



工培训系列丛书 1

密云水库工程技术手册

北京市密云水库管理处

二〇二〇年六月

编写人员

审 批：刘大根

审 定：霍林生 赵 龙

编 写：（按姓氏笔画排序）

于 茜 刘 宁 朱 然 刘海松

吕瑞平 周上梯 张志强 张春革

张晓军 张满印 郑 旭 罗阳春

顾 拓 郭振海 崔 昊 黄国欢

蔡 云 潘 虎

校 核：罗阳春

编 辑：潘轲旻 张 杰

前 言

为加强密云水库管理标准化、规范化、精细化建设，进一步夯实基础工作，按照“底数清、情况明、数据准”的原则，组织编写、修订了密云水库基础工作手册，作为密云水库管理处职工的内部培训教材，供职工学习工作使用。通过组织编印基础工作手册进一步规范单位教育培训工作，抓实专业知识培训，提高干部职工的专业能力，助力密云水库高质量发展。

密云水库基础工作手册共分为《密云水库工程技术手册》《密云水库水文水资源手册》《密云水库水源涵养林技术手册》《密云水库水源保护管理手册》和《密云水库基础设施手册》五册，本手册是第一册《密云水库工程技术手册》。

为便于了解工程运行管理情况，1982 年编制了《密云水库工程技术手册》，1996 年和 2009 年进行了两次修订。2009 年以来，部分建筑物加固改造，技术指标有所变动，为详实反映水库工程现状，夯实水务基础工作，在原手册的基础上补充了水库加固、工程改扩建情况，增加了自动化监测、工程管理保护范围等内容。全书共分为四章，包括密云水库概况、水工建筑物概况、水工观测方法和自动化监测系统。

由于编者学识水平和实践经验所限，加之时间仓促，书中难免有疏漏不足之处，恳请广大干部职工提出宝贵意见和建议，以便下次翻印时更正。

编 者

2020 年 6 月

目 录

第 1 章 密云水库概况.....	1
1.1 自然地理、地质和气象情况.....	1
1.2 水库主要建筑物.....	2
1.2.1 大坝.....	2
1.2.2 隧洞.....	4
1.2.3 溢洪道.....	7
1.2.4 调节池.....	8
1.2.5 白河电站.....	8
1.2.6 其它水工建筑物.....	9
1.3 工程设计标准历年变更情况.....	10
1.3.1 施工前的初步设计.....	11
1.3.2 建设时期的设计.....	11
1.3.3 工程完善时期的设计.....	12
1.3.4 抗震加固后的设计.....	12
1.4 汛限水位变更情况.....	13
1.5 水库防洪控制运用原则.....	14
1.5.1 6 月 1 日至 8 月 10 日.....	14
1.5.2 8 月 11 日至 9 月 30 日.....	15
1.5.3 标准内洪水调度.....	15
1.5.4 超标准洪水调度.....	16
1.6 水库兴利运用情况.....	16
1.6.1 原设计效益.....	16

1.6.2 累计效益.....	17
1.7 移民情况.....	18
1.8 工程运行中出现的重大事故及处理情况.....	18
1.9 水库运用以来的维修加固、改扩建情况.....	22
1.9.1 大坝.....	22
1.9.2 隧洞.....	35
1.9.3 溢洪道.....	46
1.9.4 调节池工程.....	53
1.9.5 险工统计.....	55
第 2 章 水工建筑物概况.....	59
2.1 大坝.....	59
2.1.1 白河主坝.....	59
2.1.2 潮河主坝.....	75
2.1.3 北白岩副坝.....	79
2.1.4 走马庄副坝.....	87
2.1.5 西石骆驼副坝.....	91
2.1.6 南石骆驼副坝.....	95
2.1.7 九松山副坝.....	99
2.2 隧洞.....	105
2.2.1 白河发电隧洞及泄水支洞.....	105
2.2.2 走马庄隧洞.....	111
2.2.3 白河泄空隧洞.....	114
2.2.4 潮河输水隧洞.....	118
2.2.5 潮河人防隧洞.....	120
2.2.6 潮河泄空隧洞.....	124
2.2.7 第九水厂（二期）引水隧洞.....	128

2.3 溢洪道.....	132
2.3.1 第一溢洪道.....	132
2.3.2 第二溢洪道.....	137
2.3.3 第三溢洪道.....	140
2.4 调节池.....	144
2.4.1 概述.....	144
2.4.2 地形、地质条件.....	144
2.4.3 方案比较和选择.....	144
2.4.4 始建及原工程布置.....	145
2.5 南石骆驼坝下廊道.....	147
2.5.1 概述.....	147
2.5.2 工程布置.....	147
第 3 章 水工观测方法.....	149
3.1 总则.....	149
3.2 渗流监测.....	150
3.2.1 目的与要求.....	150
3.2.2 浸润线观测方法及精度要求.....	150
3.2.3 渗流量观测方法与精度要求.....	151
3.3 变形观测.....	153
3.3.1 目的与要求.....	153
3.3.2 仪器埋设.....	154
3.3.3 观测方法及精度要求.....	154
3.4 砼裂缝、温度、应力、应变观测.....	155
第 4 章 自动化监测系统.....	159
4.1 主要监测系统.....	159

4.1.1 大坝渗流监测系统.....	159
4.1.2 图像监控系统.....	160
4.2 服务系统.....	161
4.2.1 通信系统.....	161
4.2.2 网络系统.....	162
4.3 变形监测系统.....	164
附 录.....	167
附录一 密云水库工程大事记.....	167
附录二 图表.....	189
表 1 密云水库基本情况.....	190
表 2 密云水库水位、库容、面积、泄量关系表.....	191
表 3 挡水建筑物主要技术指标（一）.....	193
表 4 挡水建筑物主要技术指标（二）.....	194
表 5 挡水建筑物质量控制表.....	195
表 6 输、泄水建筑物主要技术指标.....	196
表 7 输、泄水建筑物补充技术指标.....	198
表 8 挡水建筑物土石方工程量.....	199
表 9 挡水建筑物坝坡工程量表.....	200
表 10 输、泄水建筑物工程量表.....	201
表 11 水工建筑物观测设备表.....	202
表 13 水工建筑物开、竣工及加固日期.....	204
表 14 各种工种施工定额参考表.....	206
表 15 内湖区十座副坝主要技术指标.....	207
表 16 公路工程概况.....	208
表 17 码头工程概况.....	209
表 18 历年入库水量、供水量统计表.....	210
表 19 历年发电量统计表.....	212

表 20 水库修建后历年洪峰减免淹没耕地统计表.....	214
表 21 密云水库安置移民费开支总预算表.....	216
表 22 密云水库闸门基本情况统计表（一）	217
表 23 密云水库闸门基本情况统计表（二）	218
表 24 密云水库启闭机基本情况统计表（一）	219
表 25 密云水库启闭机基本情况统计表（二）	220
表 26 密云水库启闭机基本情况统计表（三）	221
表 27 密云水库闸门启闭机防腐情况统计表.....	222
表 28 密云水库变压器统计表.....	223
表 29 密云水库发电机统计表.....	224
表 30 密云水库高低压线路统计表.....	225
表 31 密云水库工程管理保护范围.....	226
表 32 密云水库桥梁设施统计表.....	227
表 33 电葫芦基本情况统计表.....	228
表 34 特种设备基本情况统计表.....	229
表 35 大坝渗流监测系统各端站设备分配表.....	230
表 36 大坝渗流监测系统设备统计表.....	231
表 37 图像监控系统外围端站设备分配表.....	232
表 38 图像监控系统设备统计表.....	233
表 39 通信设备统计表.....	234
表 40 网络系统设备表.....	235
表 41 密云水库大坝变形监测自动化系统仪器统计表.	236

图 1 潮河枢纽 10KV 高压供电线路及设备布置图	237
图 2 白河枢纽 10KV 高压供电线路及设备布置图.....	238
图 3 密云水库流域示意图.....	239
图 4 密云水库枢纽工程布置示意图.....	240

第 1 章 密云水库概况

密云水库坐落在燕山南麓密云区境内，距北京市区中心约 90 公里，总库容 43.75（过时了）亿立方米，为华北地区最大的水库。工程于 1958 年 9 月 1 日动工兴建，1959 年汛期拦洪，1960 年 9 月 1 日基本建成，是一座以防洪、供水为主要功能的综合利用、多年调节的大型水利枢纽，目前是首都北京最重要的地表饮用水源地。

密云水库由潮白河上游潮河、白河两大支流汇流而成。水库控制流域面积 15788 平方公里，占潮白河总流域面积 18000 平方公里的 88%。其中，潮河发源于河北省承德市丰宁县，水库以上流域面积 6716 平方公里，白河发源于河北省张家口市沽源县，水库以上流域面积 9072 平方公里。两河在密云区城南河槽村汇合而成潮白河，在天津北塘与永定新河汇流入渤海。

水库工程按千年一遇洪水设计，万年一遇洪水校核，坝顶高程 160.0 米，设计（洪）水位 157.5 米，校核（洪）水位 158.5 米，正常蓄水位 157.5 米，汛期限制水位 152.0 米，死水位 126.0 米。水库总库容 43.75 亿立方米，其中防洪库容 9.27 亿立方米，调洪库容 11.08 亿立方米，兴利库容 35.45 亿立方米，死库容 4.19 亿立方米。（1）

1.1 自然地理、地质和气象情况

水库控制流域地理位置处于东经 115°25'至 117°30'，北纬 40°20'至 41°45'之间。流域东南侧为燕山西端，南侧为军都山，北接坝上高原，中部有云雾山，除水库库区附近及燕山与军都山交接处地势稍低，高程在海拔 500 米以下外，其它地势均较高，具有山高、坡陡、沟深、



流急的特点。河道比降较大，潮河河源至坝址全长 220 公里，平均比降为 1.78‰，白河河源至坝址全长 248 公里，平均比降为 4.87‰。流域内基本上属于土石山区，一般土层较薄，植被较好，但流域内各地差异较大，不少地方岩石裸露，裂隙较发育。

水库库区位于燕山断裂带中部偏南，主要为太古代变质岩系及震旦纪中下部断层分布，褶皱断裂均较发育。断层以北东及西北两组发育，而以北东方向为主，分布有黑山寺、石井、北白岩等断层。本区地震基本烈度为七度。

本区属中纬度大陆性季风气候，降水量主要集中在 6~9 月，尤其集中在 7、8 月份，汛期降水量约占全年降水量 84%。流域多年平均降水量为 465 毫米。本流域暴雨中心多出现在流域南侧，并由东南向西北递减。历年洪水常发生在 7 月下旬。（2）

（这段内容直接三段文本，如：密云水库->自然地理情况->第一段内容(文本块)）

1.2 水库主要建筑物

密云水库建筑物较多，分布较广，枢纽布置比较复杂，西起北白岩副坝，东至第三溢洪道，沿线长 25 公里。1960 年水库初步建成时主体工程包括七座大坝、两座溢洪道、三条输泄水隧洞。建成以来，根据水库功能的变化，防洪标准提高和工程运用实际情况进行了工程改扩建。

1975 年 8 月河南大洪水造成板桥等多座水库失事后，为增加水库的泄洪能力，1976 年 4 月开工修建第三溢洪道，1983 年汛前完工。1976 年 7 月 28 日唐山地震波及密云水库，白河主坝出现大面积滑坡震害，放空白河库区对白河主坝进行抗震加固。为提高人防标准和保证水库安全运行，增建潮河人防隧洞、潮河泄空隧洞、白河泄空隧洞。为满足向北京城市供水要求，1995 年 5 月建成第九水厂引水隧洞。

水库经过数次改、扩建后，现有主要建筑物包括七座大坝、七条隧洞、三座溢洪道、一座电站和一座调节池。（更适合事件抽取）

1.2.1 大坝

白河、潮河两座主坝，北白岩、走马庄、西石骆驼、南石骆驼、九松山五座副坝。坝顶宽 8 米，总长 4559.5 米，总填筑量 1914 万立方米。

1.2.1.1 白河主坝

该坝坐落在覆盖层厚达 44 米的砂卵石层地基上，以下为震旦纪片麻岩及中生代火成岩，坝下有一条平行坝轴线的断层，有四条垂直坝轴线的断层。坝长 960.2 米，坝高 66.4 米，最大坝底宽 390 米，填筑量 1145.23 万立方米，坝高和填筑量均为各坝之最，坝型为碾压式斜墙土坝。坝基覆盖层较厚且透水性大，采用混凝土防渗墙、粘土水泥灌浆和壤土齿槽联合防渗的基础处理措施。

1.2.1.2 潮河主坝

该坝坐落在覆盖层厚达 14 米的砂砾石地基上，以下为太古代片麻岩。坝长 1008 米，坝高 56 米，最大坝底宽 310.5 米，填筑量 509.28 万立方米。坝型为碾压式斜墙土坝，坝基采用壤土齿槽防渗。

1.2.1.3 北白岩副坝

该坝坐落在碎石夹粘土层上，下伏岩盘为石英岩。坝长 120 米，坝高 15.7 米，最大坝底宽 74 米，填筑量 3.92 万立方米。坝型为碾压式斜墙土坝，坝基为壤土齿槽与混凝土防渗墙联合防渗。



1.2.1.4 走马庄副坝

该坝坐落在半风化的片麻岩上，由五座副坝组成，从左到右编号为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号副坝。总长 519.3 米，最大坝高 39 米，最大坝底宽 287.3 米，填筑量 70.03 万立方米。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号副坝坝型为塑性心墙土坝，Ⅴ号副坝为均质土坝，坝基采用壤土齿槽防渗。

1.2.1.5 西石骆驼副坝

该坝坐落在碎石夹粘土层上，下伏岩盘为石英岩。坝长 220 米，坝高 20.1 米，最大坝底宽 111.2 米，填筑量 8.88 万立方米。沿坝轴线桩号 0+000~0+070 米的北垭口为壤土心墙坝，桩号 0+070~0+220 米的南垭口为壤土斜墙坝，坝基采用壤土齿槽防渗。

1.2.1.6 南石骆驼副坝

该坝坐落在半风化的片麻岩上，坝下有一条近垂直坝轴线的断层穿过，故地震设防烈度提高到 8.5 度。坝长 637 米，坝高 26.9 米，最大坝底宽 226.9 米，填筑量 43.85 万立方米。沿坝轴线桩号 0+000~0+290 米为壤土均质坝，桩号 0+290~0+390 米为厚斜墙坝，0+390~0+637 米段高程 153.0 米以下为均质坝，高程 153.0 米以上为斜墙坝，坝基采用壤土齿槽防渗。

1.2.1.7 九松山副坝

该坝坐落在半风化的片麻岩上，横跨五个垭口，自西向东分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号垭口，各垭口之间的山脊高程均低于坝顶高程，在高程 160.0 米连成一体。坝长 1095 米，为各坝之最，最大坝高 35.5 米，最大坝底宽 239 米，填筑量 133.24 万立方米。坝型为碾压式斜墙土坝，坝基采用壤土齿槽防渗。（3）

1.2.2 隧洞

白河发电隧洞、走马庄隧洞、白河泄空隧洞、潮河输水隧洞、潮河人防隧洞、潮河泄空隧洞、第九水厂引水隧洞共七条输泄水隧洞。

1.2.2.1 白河发电隧洞

位于白河主坝右岸，主要任务是输水发电。圆形压力隧洞，围岩为石英岩，洞径6米，长421.36米，进口高程116.0米，最大发电流量228立方米/秒。进口为岸塔式，设有事故检修门一扇，孔口尺寸5米×6米，2×80吨固定卷扬式启闭机一台。

在主洞桩号0+376.75米处与白河泄水支洞（原白河发电隧洞施工支洞，根据水库防洪及人防的要求，将之改建成永久性泄水建筑物）相接。泄水支洞出口闸门上游段为圆形断面，有压隧洞，洞径5.5米；下游段为城门洞形无压隧洞，支洞总长120米，洞底埋设两排DN1800钢管，出口设有潜孔式弧形钢闸门一扇，孔口尺寸3.5米×2.1米，50吨固定电动卷扬式启闭机一台。

1.2.2.2 走马庄隧洞

位于走马庄副坝，原设计主要任务是宣泄千年一遇以上洪水，为圆形压力隧洞，洞径6米，长137米，进口高程125.0米，最大泄量482立方米/秒，进口为岸塔式，设有检修门一扇，孔口尺寸5米×6米，2×15吨固定电动卷扬式启闭机一台，出口设有4.5米×5.8米弧形工作门一扇，60吨固定电动、手摇两用卷扬式启闭机一台。隧洞现已不参加泄洪，以输水功能为主，兼顾应急放空功能。2014年12月~2016年7月，南水北调来水调入密云水库调蓄工程施工时对走马庄隧洞进行加固，在桩号0+080~0+095段新建检修闸门井，内设事故检修闸门，闸门为潜孔式平面闸门，孔口尺寸2.6米×2.6米，底板顶高程125.92米，底板厚1.5米，侧墙厚1米，出口拆除弧形工作门一扇，增设



DN2600 蝶阀。库水位为 130 米时，泄量为 21.9 立方米/秒，作为输水功能使用时，具备不小于 100 万吨/日（11.6 立方米/秒）的输水能力。

1.2.2.3 白河泄空隧洞

位于白河主坝左岸，主要任务是泄空白河库区，同时也担负人防泄空水库的任务。该隧洞闸门井上游前 130.29 米为圆形有压洞，内径 3.7 米；闸门井下游 449.89 米为城门洞形无压洞，高 3.5 米，宽 4.1 米。隧洞总长 580.18 米，进口高程 101.5 米，最大泄量 110 立方米/秒。竖井内设有两道闸门，上游侧为检修闸门，孔口尺寸 3 米×3.5 米，下游侧为工作闸门，孔口尺寸 3 米×3 米，分别设有 2×40 吨的固定电动卷扬式启闭机一台。

1.2.2.4 潮河输水隧洞

位于第一、第二两座溢洪道之间，主要任务是泄洪、灌溉供水。该隧洞圆形压力隧洞，洞径 4 米，长 233.5 米，进口高程 130.0 米，最大泄量 208 立方米/秒。原设计进口高程 117.0 米，2003 年 9 月～2004 年 9 月，实施密云水库输泄水建筑物除险工程，对隧洞进口进行改建，原 130.0 米高程以下的明拱段、小塔架及斜卧式进水塔废弃，改为龙抬头形式，进口为岸塔式，高程 130.0 米，最大泄量 208 立方米/秒，设有事故检修门一扇，孔口尺寸 4 米×4.2 米，配备单吊固定卷扬式 QPQ-1×125 型启闭机一台。距隧洞进口 91.7 米处，设有事故闸门井（2004 年停用），内装事故闸门一扇，孔口尺寸 3 米×4.2 米，2×100 吨固定电动卷扬式启闭机一台。隧洞出口设有弧形工作门一扇，孔口尺寸 3.5 米×3 米，50 吨液压式启闭机一台。靠近隧洞末端伸出两条支管（2001 年封堵），分别接 3000 千瓦机组两台，即潮河电站（1997 年停用）。

1.2.2.5 潮河人防隧洞

位于第一溢洪道和潮河输水隧洞之间，主要任务是为了满足库水位 140.0 米以下时的“人防”泄水要求，同时担负百年一遇以上洪水的下泄任务。圆形压力洞，围岩为片麻岩，洞径 8.2 米，长 200 米，进口高程 120.0 米，最大泄量 924 立方米/秒。进口为竖井式，内设检修门一扇，孔口尺寸 7 米×7.5 米，2×125 吨固定电动卷扬式启闭机一台，出口设弧形工作门一扇，孔口尺寸 6.2 米×7 米，160 吨固定电动卷扬式启闭机一台。

1.2.2.6 潮河泄空隧洞

位于潮河主坝右坝头，主要是泄空潮河库区。隧洞进口采用了岩塞爆破技术，圆形压力隧洞，洞径 3.1 米，长 628.46 米，进口高程 106.5 米，最大泄量 105.98 立方米/秒。进口为竖井式，内设平板检修门一扇，孔口尺寸 2.8 米×3.7 米，160 吨固定电动卷扬式启闭机一台，出口设弧形工作门一扇，孔口尺寸 2.9 米×2.0 米，50/15 吨螺杆式启闭机一台。

1.2.2.7 第九水厂引水隧洞

位于九松山副坝以东约 1 千米处，是北京市第九水厂二期取水工程。圆形压力洞，洞径 3.5 米，洞长 3078 米，进口高程 117.0 米，下游支洞出口高程 106.0 米，设计最大日供水能力 100 万立方米，设计供水保证率为 97 %。进口设有平板定轮检修钢闸门一扇，孔口尺寸 4 米×4 米，125 吨固定单吊点电动卷扬式启闭机一台。检修门上游 175 米长的隧洞为有压段，采用钢筋混凝土衬砌。检修门下游侧设有拦污栅两扇，孔口尺寸 5 米×4 米，一扇检修，一扇备用，2×6 吨固定电动卷扬式启闭机两台。此洞进口采用了岩塞爆破技术。

桩号 2+695 处设有一条检修支洞，洞径 2.5 米，洞长 87 米，支洞



末端上游侧设平板检修闸门一扇，孔口尺寸 2 米×2.2 米，30/15 吨螺杆式启闭机一台。下游侧设有弧形工作钢闸门一扇，孔口尺寸 2 米×2.2 米，50/25 吨螺杆式启闭机一台。

1.2.3 溢洪道

第一溢洪道、第二溢洪道和第三溢洪道，三座溢洪道位于潮河黄各庄薄弱山脊一带，均修建在花岗片麻岩上，为密云水库主要泄水建筑物，水库校核水位下总泄量达到 15530 立方米/秒。

1.2.3.1 第一溢洪道

原设计河岸深孔式，溢流面高程 140.0 米，最大泄量 4490 立方米/秒。闸首设五孔弧形闸门，孔口尺寸 10 米×6 米，2×40 吨固定电动、手摇两用的卷扬式启闭机五台，平板检修门一扇，孔口尺寸 10 米×9.5 米，2×25 吨移动式启闭机一台。2019 年，根据 2017 年安全鉴定结论，对第一溢洪道进行改建，在原闸室下游 5 米处新建泄洪闸，闸首设五孔弧形闸门，孔口尺寸 9 米×8 米，2×80 吨液压启闭机五台；事故闸门共 1 扇，为 9.0×8.75-17.5 米潜孔平面闸门。

1.2.3.2 第二溢洪道

河岸开敞式，溢流堰高 3 米，为真空剖面堰，堰顶高程 148.5 米，最大泄量 4250 立方米/秒。闸首设五孔弧形闸门，孔口尺寸 12 米×9.2 米，2×25 吨的固定电动、手摇两用卷扬式启闭机五台，并设有 11 根叠梁组成的检修门一扇，以 2×3.75 吨的移动式启闭机启闭。

1.2.3.3 第三溢洪道

河岸开敞式，溢流堰高 3.5 米，堰型为 WES 型实用堰，堰顶高程 145.0 米，最大泄量 6790 立方米/秒。闸首设六孔弧形闸门，孔口尺寸

12米×12.7米，2×37.5吨的固定电动、手摇两用的卷扬式启闭机六台，并设有13根叠梁组成的检修门一扇，以2×5吨的移动式启闭机启闭。

1.2.4 调节池

白河电站尾水渠以下设调节池一座，总库容503万立方米(已淤积约160万立方米)，蓄能有效库容210万立方米，堤顶高程94.5米，死水位91.2米，堤顶总长8507.95米。其南端建有泄水闸一座，为向津、冀供水及泄洪之用，堰顶高程88.0米，堰型为非真空实用剖面堰，闸门采用两孔钢结构弧形闸门，孔口尺寸8米×6米，设计水头为5.7米。泄水闸右侧建有京密引水渠进水闸和小电站一座，由京密引水管理处管辖。东堤南端设泄空管道，任务为泄空调节池，管道直径1.45米，总长26.33米，进口高程84.5米。调节池小西库北端设有的挡水闸两扇，闸门尺寸3.5米×5.5米(孔口尺寸)，非汛期常闭，用以挡水，防止池水倒灌；汛期常开，用以排黑山寺局部山洪于池内，进而至白河故道。

1.2.5 白河电站

位于白河发电隧洞出口，设有六台机组，其中四台常规机组，单机容量1.5万千瓦，两台蓄能机组，单机容量1.275万千瓦，发出的电能投入华北电网。

白河电站主要技术参数：

(1) 电站尾水位：

最低尾水位：(全部机组停机) 91.5米

计算尾水位：(单机满出力 $Q=38.3$ 立方米/秒) 91.84米

正常尾水位：(全部机组满出力， $Q=229.8$ 立方米/秒) 93.5米

最高尾水位： 94.6米

(泄洪支洞尾水与电站尾水同时发电， $Q=507$ 立方米/秒)



(2) 电站水头：

计算水头：41.2 米
最大工作水头：65.1 米
最小工作水头：27.8 米

(3) 电站动能参数：

保证出力：8800 千瓦
多年平均发电量：1.14 亿千瓦时
平均年利用小时数：1200 小时
装机容量： 4×1.5 万千瓦 + 2×1.275 万千瓦

1.2.6 其它水工建筑物

南石骆驼坝下廊道、内湖二号坝过水涵闸、北石骆驼副坝群、白河廊道、恒河涵闸、金沟围堰等。

1.2.6.1 南石骆驼坝下廊道

位于南石骆驼副坝中部，主要为供给下游密云区域北农田灌溉用水而设，现已退出运行。廊道位于半风化的云母花岗片麻岩岩基上，全长 175 米，进口高程 139.0 米，最大流量 3.54 立方米/秒。廊道上游 83 米为内径 80 厘米的钢筋混凝土管，下游 92 米为内径 70 厘米的铸铁管，廊道出口设两道 $\Phi 70$ 厘米阀门，用于控制廊道的放水流量。

1.2.6.2 内湖二号坝过水涵闸

内湖二号坝位于密云水库大库与内湖之间，坝顶高程为 154.0 米，在坝底高程 141.0 米处埋设了一条 2×3 米的混凝土涵洞，用以连通大库与内湖，洞长 41 米，进口高程 141.0 米，设有一道平板滑动钢闸门，孔口尺寸 2 米 \times 3 米，由一台 16 吨的手电两用固定卷扬式启闭机操作，闸门自重 2.5 吨，启闭机重 2.5 吨。

1.2.6.3 北石骆驼副坝群(废弃)

密云水库设计选址时，勘探部门勘测石骆驼盆地地下可能蕴藏富铁矿，为保矿藏采用了北石骆驼 10 座副坝的方案。但 1959 年汛期北石骆驼十座副坝都已修到 150.0 米高程以上时得知盆地矿藏并不丰富，品位也不高，开采价值不大。为此，放弃北石骆驼 10 座副坝，另建西石骆驼、南石骆驼两座副坝，两坝坝顶高程均为 160.0 米。在库水位低于 150.0 米时石骆驼库区形成内湖。

1.2.6.4 白河廊道

位于白河主坝左坝头的东坡下，为主坝施工导流时的临时建筑物，完工后封堵。1976 年曾重新打开用于泄空白河库水。廊道全长 410 米，直径 3 米，进口高程 95.5 米。2019 年对廊道桩号 0+095.3 ~ 0+410.0 米进行砼回填封堵处理，退出运行。

1.2.6.5 恒河涵闸

原设计功能是检修加固两主坝时分库蓄水保证下游用水。工程包括泄水涵洞、引渠、竖井、进出口、消力池、海漫等，竖井内设钢闸门。**现已报废，退出运行。**

1.2.6.6 金沟围堰

位于库区内潮、白河天然分水岭处，1958 年水库兴建时，曾利用此处做围堰将潮白两库临时隔开。1976 年白河主坝上游坡加固时再次修筑金沟围堰，放空白河库区，保留潮河库区。围堰全长 4050 米，其中密云恒河段长为 550 米，金沟段长为 3500 米。最大堰高 12 米，堰顶高程 140.0 米，堰顶宽不小于 5 米。



1.3 工程设计标准历年变更情况

密云水库是治理潮白河水系的一项根本措施。根据水库的位置、规模、效益等情况，水库工程按Ⅰ等工程设计，设计洪水重现期为一千年，校核洪水重现期为一万年，土坝按Ⅰ级建筑物设计，溢洪道按Ⅱ级建筑物设计，隧洞、电站按Ⅲ级建筑物设计。（1995年建设第九水厂引水隧洞洞身按Ⅰ级建筑物设计，进出口结构按Ⅲ级建筑物设计）

水库地区地震基本烈度为Ⅶ度。土坝及溢洪道按Ⅷ度设防，南石骆驼副坝由于有二甲峪大断层穿过，设防烈度为Ⅷ.5度，其它建筑物为Ⅶ度。

水库工程开工前后，随着人们主观认识的提高和客观情况的变化，水库设计曾作过几次较大修改变更，简述如下：

1.3.1 施工前的初步设计

1958年初，水库初步设计要点报告中考虑到水库副坝较多的特点（初设时有13座副坝），决定采取百年一遇洪水作为设计标准，千年一遇洪水作为校核标准，当发生万年一遇特大洪水时，扒开副坝泄洪以保主坝安全。泄水建筑物设计有永久溢洪道一座，非常溢洪道三座，坝顶高程160.0米，设计洪水位高程157.5米，校核洪水位高程159.1米，汛期限制水位高程152.9米。考虑到上游水土保持的效益，百年一遇洪水时下泄流量不超过700立方米/秒。

1.3.2 建设时期的设计

1959年汛后，原水电部根据当年水情，对水库的防洪设计作了如下修改：原防洪设计标准（百年一遇）不变，不再考虑水土保持效益，永久溢洪道增加为两座，取消原设计中的非常溢洪道，遇万年一遇洪

水仍扒开副坝泄洪，千年一遇校核洪水位高程改为 158.2 米，相应总库容为 41 亿立方米，百年一遇洪水时下泄可达 1000 立方米/秒，汛期限制水位高程降为 150.5 米。

副坝座数也有较大变动。初设选定副坝坝址时，曾经比较过北石骆驼的 10 座副坝与西石骆驼、南石骆驼两座副坝的方案。当时密云县估测，石骆驼盆地蕴藏着约 1 亿吨富铁矿，为保矿藏，决定采用北石骆驼 10 座副坝方案。

1959 年汛期，北石骆驼 10 座副坝都已修到 150.0 米高程以上。当时得知盆地矿藏并不丰富，品位也不高，开采价值不大。为此，经原修建工程总指挥部研究决定，放弃北石骆驼 10 座副坝，另建西石骆驼与南石骆驼两座副坝。变更后，总库容可增加 1 亿立方米，库水位高程在 150.0 米以下时，石骆驼盆地形成一个“内湖”。

在“人防”方面和泄洪方面变更也较大，1960 年原水利电力部指示，密云水库应列为一等水利水电枢纽工程，其防洪标准应提高为千年一遇洪水设计，万年一遇洪水校核，后来，又提出了“人防”要求。为此，在枢纽中增设了走马庄泄水隧洞，并将白河发电隧洞的施工支洞改建成泄水支洞，第一溢洪道的堰顶高程由 145.0 米降到 140.0 米，第二溢洪道堰顶高程由 150.5 米降至 148.5 米。变更后遇万年一遇洪水时，全部采用永久性溢洪道泄洪，无需扒开副坝。同时，设计洪水位高程提高为 158.2 米，校核洪水位高程提高为 159.5 米，洪水预见期按 12 小时考虑，汛期限制水位降为 148.0 米高程。变更后，总库容加大为 43.75 亿立方米。

1.3.3 工程完善时期的设计

水库初步设计时，白河水电站总装机容量为 6×1.5 万千瓦常规机组。1964 年后，经水电部批准改为 4×1.5 万千瓦常规机组和 2×1.275 万千瓦蓄能机组。其原因是：水库放水主要服从下游工农业用水，发电处于



从属地位。一年当中，除灌溉季节给下游供水时电站带基荷运行外，其它时间机组只能作调相运行和事故备用，不能发挥调峰作用。另外原设计时，潮河水电站为一台 3000 千瓦的常规机组，1972 年底，又增加了一台 3000 千瓦的常规机组（1997 年退出运行）。

1.3.4 抗震加固后的设计

1975 年河南“75.8”大水后，水利电力部指示，按可能最大洪水（P.M.P）分析方法，对密云水库防洪能力进行复核，复核后千年设计洪水位高程为 157.5 米，可能最大洪水的最高调洪水位为 158.5 米，相应库容为 41.9 亿立方米，其中防洪库容为 18.52 亿立方米，兴利库容为 35.7 亿立方米，汛期限制水位 147.0 米。为满足宣泄万年洪水于 1977 年修建了第三溢洪道。1976 年唐山“7.28”地震后，密云水库白河主坝上游保护层发生滑坡，随后进行抗震加固，首先为放空白河库区蓄水，在潮白河分水岭上抢筑金沟围堰，同时打开白河主坝坝下施工期导流廊道泄水，并同时增建白河泄空隧洞，而后考虑到潮河库区的泄空问题，增建了潮河泄空隧洞。为了满足库水位 140.0 米以下时的“人防”泄水要求，同时担负百年一遇以上洪水的下泄任务，增建潮河人防隧洞，并对不符合“三防”要求的主要建筑物，进行了全面加固处理，其中包括：白河主坝、南石骆驼副坝、西石骆驼副坝、走马庄副坝 II 号、III 号坝、九松山副坝。

1.4 汛限水位变更情况

1958 年原设计水库汛期限制水位为 152.9 米，1959 年汛后，根据当时的实际情况，经水电部、北京市委同意，对原设计做了部分修改汛期限制水位由原设计的 152.9 米将至 150.5 米。1961 年 3 月，由于决定水库采用全部永久性泄水建筑物泄洪，万年一遇校核洪水时水库最

高水位为 159.50 米，汛限水位为 148.00 米。1962 年 8 月，经清华大学设计院核算后，汛期限制水位由 148.0 米将至 145.0 米，并报水电部审定。

1991 年 6 月的暴雨洪水，密云水库的调度运用面临库水位超出汛期限制水位弃水的实际问题，为此，经北京市政府批准，市防汛指挥部及时呈报国家防总，请求临时抬高汛期控制水位到 151.0 米，以解决防洪与兴利的矛盾。经实际运行，拦截了当年全部入库洪水，避免下游的洪灾损失，并多蓄水 2.9 亿立方米。为进一步解决密云水库防洪调度与兴利蓄水的矛盾，原市水务局委托清华大学水利水电工程系对密云水库设计洪水进行复核计算。通过延长洪水系列，求得系列的洪水频率计算成果，并推荐水库主汛期限制水位为 150.3 米，按重新复核后采用的设计洪水，在不改变原泄流方式的情况下，求得 50 年一遇洪水的最高水位为 157.0 米，百年、千年一遇洪水的最高水位为 157.5 米，万年一遇洪水的最高水位为 157.8 米。经国家防总批准复核，1991 年以后，汛期限制水位抬至 150.0 米，千年一遇设计洪水位为 157.5 米，万年一遇洪水的最高调洪水位为 158.5 米，相应库容为 41.45 亿立方米，其中防洪库容为 12.37 亿立方米，兴利库容为 35.45 亿立方米。

由于抗震加固后提高了工程标准，遇到超过万年一遇洪水库水位可短时间蓄到 159.5 米，总库容 43.75 亿立方米。

20 世纪 80 年代以来，来水量相对偏少。而由于受汛限水位的限制，1994~1998 年汛期水库仍发生了十几亿立方米的弃水。为更合理地进行防洪调度，充分地利用水资源，2002 年 10 月，北京市防汛办公室委托清华大学承担密云水库汛限水位研究项目，结合密云水库的特点以及对北京城市供水的特殊重要性开展工作。2006 年 3 月，经水利部批准，水库主汛期（6 月 1 日~8 月 10 日），汛限水位升至 152.0 米；后汛期（8 月 11 日~9 月 30 日），汛限水位 154.0 米，并在后汛期增加一段过渡期（8 月 11 日~20 日），库水位控制在 152.0 米~154.0 米，在过渡期内逐步抬高。（汛限水位等同于防洪限制水位）



1.5 水库防洪控制运用原则

(应该有专门的防洪调度文件,是否需要结合)

密云水库洪水调度以白河、潮河主坝坝前水位为主,以入库洪水流量为辅。

6月1日至8月10日水库限制水位为152.0米。8月11日至9月30日水库限制水位为154.0米。其中,8月11日至8月20日为过渡期,库水位控制在152.0米至154.0米,在过渡期内逐步抬高。

1.5.1 6月1日至8月10日

正常调度规程:

- 1.当水库水位未达到汛限水位152.00米时,不泄洪。
- 2.当水库水位已达到或超过汛限水位152.00米但低于154.32米时,水库控泄流量600立方米/秒(包含京密引水渠引水流量50立方米/秒)。
- 3.当水库水位达到154.32米但低于157.50米时,水库控泄流量1550立方米/秒(包含京密引水渠引水流量50立方米/秒)。
- 4.当水库水位超过157.50米时,输、泄水建筑物闸门全部开启,不控泄。

错峰调度规程:

实施错峰调度的判别条件:下游苏密区间任一雨量站前24小时内降雨量大于100毫米,且在本次降雨前10天内累计降雨量超过50毫米。

- 1.入库流量超过1000立方米/秒并满足错峰判别条件,实施错峰调度。在错峰调度期间控制下泄流量为600立方米/秒。
- 2.下游大雨过后,当苏庄断面实测洪水有明显下降趋势,继续观察4小时后,可加大下泄流量,最大控泄流量1550立方米/秒。
- 3.密云水库为下游错峰时间不超过26小时。

4.错峰过后按正常调度方案运行。

1.5.2 8月11日至9月30日

8月11日至8月20日为过渡期。在水库实际调度过程中，根据当时水文气象条件、水库蓄水情况及下游河道状况，库水位控制在152.00米至154.00米，在过渡期内逐步抬高。

1.当水库水位未达到汛限水位154.00米时，不泄洪。

2.当水库水位已达到或超过汛限水位154.00米但低于157.50米时：

1) 入库流量小于等于600立方米/秒，按入库流量下泄。

2) 入库流量大于600立方米/秒，按600立方米/秒下泄。

3.当水库水位大于等于157.50米时：

1) 入库流量小于等于15300立方米/秒，按入库流量下泄。

2) 入库流量大于15300立方米/秒，输、泄水建筑物闸门全部开启，不控泄。

1.5.3 标准内洪水调度

当水库发生标准内洪水时，密云水库泄洪建筑物使用次序为：白河发电隧洞、第三溢洪道、第二溢洪道、第一溢洪道、潮河人防隧洞和潮河输水隧洞。在洪水调度过程中，根据水库水位、反推入库流量和泄洪建筑物使用次序选择泄洪建筑物泄洪。

1.5.4 超标准洪水调度

当水库发生超标准洪水时，敞开各输、泄水建筑物泄洪。



1.6 水库兴利运用情况

密云水库曾是京津冀地区工农业生产和生活用水的重要水源。上世纪 80 年代初，由于水资源紧张，为保证首都生活、城市环境、工业用水，从 1982 年起，不再向天津、河北省供水，密云水库成为北京城市供水的重要水源地。

1.6.1 原设计效益

1.6.1.1 防洪

出现百年一遇洪水时，削减洪峰 90 %。保证下游不发生水灾，即入库洪峰 9850 立方米/秒，下泄流量 1500 立方米/秒，保护京津地区免受潮白河洪水灾害，保护下游农田 600 万亩，增加耕地 100 万亩。

1.6.1.2 灌溉

截止 2019 年底设计灌溉 400 万亩旱地。

1.6.1.3 供水

保证率 50 % 时，供京津冀部分工农业及生活用水 33.6 立方米/秒 (10.6 亿立方米/年)，其中供京、津工业及生活用水 28.1 立方米/秒 (8.86 亿立方米/年)，农业用水 5.5 立方米/秒 (1.73 亿立方米/年)。

1.6.1.4 发电

两座电站装机容量 9.15 万千瓦，年发电量 1.15 亿度。

1.6.1.5 养鱼

水库水体可发展水产养殖事业。

1.6.2 累计效益

1.6.2.1 防洪

据 1960 年到 2019 年的统计资料，拦蓄大于或等于 1000 立方米/秒以上的洪峰 36 次，其中 2000 立方米/秒~3000 立方米/秒之间的有 5 次，大于 3000 立方米/秒的有 6 次。据经验公式算得累计减淹土地 3210.78 万亩。

1.6.2.2 供水

1960 年到 2019 年累计供水 388.68 亿立方米(其中向天津市、河北省供水 113.97 亿立方米)。

1.6.2.3 灌溉

1960 年至 2008 年底累计灌溉供水 164.5 亿立方米。

1.6.2.4 发电

截止 2019 年底累计发电 31.47 亿度。

1.6.2.5 养鱼

由当地水产部门管理。

1.7 移民情况

根据水库设计，洪水位高程 159.5 米以下约 188.1 平方公里面积为淹没区，是移民拆迁的范围。白河、潮河地区共需迁移 65 个村庄，原



有居民 11704 户，56780 人，房间 53818 间，耕地 169000 亩，树木 1000 多万棵。

第一批于 1959 年 6 月底以前迁出 57 个村，共 9900 户，47386 人，拆除房屋 45195 间，第二批 8 个村。移民费每人 150 元，为拆迁移民先后盖房 35400 多间，用去近 800 万元，其余部分按人口多少搬迁损失情况以及迁坟开支等，分别发放到户，具体情况见表 21。

1.8 工程运行中出现的重大事故及处理情况

1.1963 年 12 月 30 日，配合白河电站五号机试运转时，将白河发电隧洞进口闸门第五节拉杆拉断。分析原因：一是洞内未完全平压；二是拉杆焊接质量差，从拉开的断面上可以明显的看到大部分未焊透。事后对所有焊缝进行了补强处理。

2.1964 年 8 月 30 日，发现走马庄 II 号副坝坝顶桩号 0+155~0+185 米范围内有一条近于平行坝轴线的裂缝。同时发现桩号 0+150、0+155、0+185 米处防浪墙有垂直裂缝，9 月 2 日发现与裂缝相应的上游坝坡 146.0~153.0 米高程范围内的块石护坡有架空及明显的沉陷、局部隆起变形，随库水位的升高，裂缝又有些发展。为弄清原因，会同设计单位进行了一系列的检查观测和试验研究，认为裂缝原因是：

(1)由于坝体砂砾料含泥($d < 0.1$ 毫米)量达 13%—15%，浸水后引起坝体变形。

(2)由于坝体的沉陷变形，心墙顶部向上游伸出的帽缘成为悬臂梁。在上部荷重的作用下，使心墙顶部产生较大的拉应力，因而产生了裂缝。

1965 年 5 月至 7 月，对桩号 0+120~0+280 米范围内的裂缝进行了处理，处理方法：先挖掉 155.0 米以上心墙土料和上游代替料，然后对高程 147.0~155.0 米范围内的砂砾料进行了人工浸水预沉，最后重新

回填土料。

3.1964年10月26日，在走马庄Ⅲ号坝坝顶桩号0+313.6~0+340米范围内发现一道纵向裂缝，同时69号灌浆孔(0+320)的水泥浆自缝内溢出，计7处。裂缝在平面上呈直线，位于心墙中心线附近，最大裂缝宽16.5毫米(0+315)。发现坝顶冒浆后，立即停灌，此时已灌干灰37.4吨。裂缝出现后，立即进行观察，经分析认为，产生裂缝的原因是由于灌浆不当引起的，其垂直深度和裂缝的起点无法探知，从开挖的探坑检查，自心墙中心冒出的灰浆与两侧粘土结合良好，故未进行处理。

4.1965年1月26日，发现南石骆驼副坝坝下廊道的进口塔架受冰盖的膨胀作用而被挤坏，不能继续使用。随即把塔架拆除，改为在岸坡上设置轨道，以手摇卷扬设备启闭闸门。

5.1971年7月22日为配合白河电站三号机作抽水试验，在开启进口闸门时拉杆被拉断，分析事故原因：一是洞内没有完全平压，二是拉杆焊接质量差。此次断裂面发生在轴销孔至止轴板螺栓孔截面上，由于轴销孔的两侧帮板未能与翼板焊成一个整体，而是呈点焊状态，成为拉杆的薄弱环节，鉴于拉杆焊接质量较差，加之这次拉断时摔撞变形较大，不易拉直加固，故新制作了一套。

6.1976年7月28日凌晨，唐山丰南发生7.8级强烈地震，波及密云水库，白河主坝上游保护层发生滑坡。

滑坡情况：滑坡范围桩号0+050~0+950米。滑坡的上边线在当时库水位上下2~3米范围内，属水下滑坡。滑出高程严重地段在铺盖顶面（高程107.0米），一般高程在120.0米附近。全部滑坡面积达6万平方米，塌滑方量达15万立方米。严重地段为桩号0+200~0+425米范围内，滑坡起点在高程140.0~142.0米处，滑裂面形状上段与水平面成下俯角30~40度，至斜墙表面，然后顺斜墙而向下延伸至120.0米以下（严重部位直到铺盖顶面）滑出。滑出角很平缓约5~8度，滑裂面上残留砂砾料不多。局部范围斜墙裸露并受到损伤。裸露长度可



达 10~15 米，擦伤深度在 1 米以内；一般地段在桩号 0+100~0+200 和 0+425~0+700 米范围内，擦伤较轻，滑坡起点在当时库水位 138.0 米附近，滑裂面形态与第一类相似，但范围小，一般在 120.0 米以上滑出，贴近斜墙面的滑裂长度较短，斜墙擦伤较轻，残留的砂砾料较厚，轻微地段为桩号 0+050~0+100 米和 0+700~0+950 米，起点在水下 130.0~133.0 米高程处，深度浅，属表层局部塌滑。

滑坡原因：保护层砂砾料的砂料($d < 5$ 毫米)含量过大，达 40%~50%，颗粒过细而均匀，平均直径 $D_{50}=0.24$ 毫米，不均匀系数为 3.7。在饱和水和地震力作用下产生液化是内因。其次，地震持续时间长达 114 秒，强震周期数 60 次以上，加之白河主坝覆盖层较厚，坝下基岩有大断层穿过，均对砂砾料保护层的稳定起着不利的作用。

加固措施：放空白河库区，全部清除斜墙面上易液化的砂砾料，加厚了斜墙及铺盖，使斜墙底部加厚 3.1 米，顶部加厚 0.7 米，铺盖加厚 4 米，以进一步提高防渗体抗裂抗渗性能，保护层改用级配较好的石碴料，在石碴与粘土斜墙间采用 1 米厚的砾石过渡层。上游坝坡放缓为 1:2.85、1:3.15、1:3.5，同时还加固了东坝头和西坝头与两岸山体的连接处。

7.1987 年 11 月 3 日，走马庄隧洞进口充水门钢丝绳在向下游供冬灌水时拉断，原因是钢丝绳水下部分锈蚀严重。

8.1988 年 1 月 27 日凌晨，白河泄水支洞左侧 $\Phi 700$ 供水管道所设的两个阀门，靠下游侧阀门冻裂，位置在法兰盘处，约有 $2/3$ 环向裂缝，裂缝从上到下，由大变小，最宽约 1 厘米。28 日上午，将隧洞进口闸门关闭，提支洞闸门，放空洞内存水，用棉被套及一块钢板、8 袋石英砂封堵 $\Phi 700$ 阀门进口，4 月 12 日，由水电二局水利水电安装公司将阀门焊接修复，同时取消一个阀门，代以伸缩节。

9.1993 年 5 月 24 日，在向下游农田灌溉供水时，走马庄隧洞进口充水门钢丝绳时隔六年再一次拉断。随后关闭下游弧形门，用充水门漏水平压，然后提起进口大平板门，及时对钢丝绳进行了更换。

10.1995年11月30日，走马庄隧洞平板门之充水门事故。走马庄隧洞进口平板检修门之充水门改造工程系密云水库高水位度汛的七项重点工程之一，由清华大学水利系设计，密云水库管理处白河管理所安装调试，水电二局安装公司负责部分构件的加工。工程于1995年7月20日开始现场制安，至10月19日安装完毕，随后对出口弧门进行防腐更换水封。全部工程于11月29日完工。11月30日，做隧洞充水平压试验时，发生充水门拉杆断裂事故。充水门破坏情况：充水门(塞子)拉杆在锥形阀底缘处断裂(两个拉杆均为同一部位)，断裂面光滑如削。右侧充水门断裂的拉杆和螺母仍卡在锥形阀底缘压板的拉杆孔处长不足20厘米。左侧的拉杆底部断裂段已不知去向。值得说明的是锥形阀主体为橡皮结构，上下部有 $\Phi 500 \times 20$ 压板，用 $\Phi 12$ 螺栓固定，大部分固定螺母松动。且左侧锥形阀上下压板中心拉杆孔被拉杆切削成丝扣，从中可判断锥形阀在破坏过程中有旋转。拉杆上固定锥形阀上部螺母的弹簧垫圈(钢制)被压入压块中。

处理情况：将原 $\Phi 42$ 拉杆改为 $\Phi 190$ 空心、壁厚16毫米无缝不锈钢管，钢管表面镀铬后刨光，并改善了充水门进口过流条件。工程于1996年5月20日完工。

11.2005年3月30日16时30分，潮河输水隧洞出口液压启闭机左侧机座一个螺栓发生断裂，其余三个及右侧螺栓不同程度损坏，启闭机座钢板与基础拉开距离，左侧约5厘米，右侧约1厘米。油缸及活塞杆一起向右侧倾斜与垂直方向成 5° 角左右；活塞杆上部向左侧轻微弯曲；启闭机与机座左侧连接轴只有小部分连接，右侧连接轴也有5毫米左右的滑脱；启闭机座左侧与基础的连接螺栓一个全部拉断。

潮河输水隧洞是“密云水库输泄水建筑物除险工程”加固改造的建筑物之一，出口闸门启闭机在工程改造中全部更新。

处理情况：厂家将启闭机及配件拉回生产厂家处理后继续使用，再次安装前出具该台启闭机的出厂详细报告。由于对损坏启闭机仅进行修复处理而未更新，我处要求启闭机安装后，组织专业机构进行安



全检测，但厂家未履行安全检测。

12.2006年12月29日，白河泄水支洞 $\Phi 500$ 供水管道闸室出现漏水现象，关闭管道上游侧闸阀，停止供水。检查发现管道下游侧闸阀法兰内侧出现环状裂缝，总长度1100毫米，最宽处在闸阀上方，宽度5毫米。

处理情况：2007年1月5日将原来 $\Phi 500$ 闸阀更换为 $\Phi 500$ 蝶阀，恢复供水。

1.9 水库运用以来的维修加固、改扩建情况

1.9.1 大坝

1.9.1.1 白河主坝

1.1967年4月~11月白河主坝右坝头岩石灌浆。右坝头岩石破碎，地下水位较高，本次施工延长帷幕使与弱透水层正长斑岩连接，防止渗透水头对坝头粘土贴坡的破坏。共设计7个灌浆孔，孔距3米，分两个次序施工。灌浆材料为500#普通硅酸盐水泥，浆液配比分8级，压力以进浆表控制，但段内最大压力不能超过20公斤/平方厘米。经施工证实，该处没有较大的正长斑岩侵入体，而岩层破碎主要是由于小块斑岩的侵入和表面风化严重造成的。地下水位较高也主要是由于岩层裂隙水的存在。

2.1976年12月~1977年11月白河主坝抗震加固。1976年7月28日凌晨，唐山丰南发生7.8级强烈地震，波及密云水库，白河主坝上游保护层发生滑坡。滑坡情况、原因及具体加固措施详见“工程运行中出现的重大事故及处理情况”。

3.2006年9月~12月白河主坝下游坝坡修整工程。白河主坝下游坝坡上坝台阶由于年久失修，绿化挡墙多处块石脱落，台阶出现不同

程度的破损，挡墙砼盖板老化、断裂、破损较严重，两侧路灯锈蚀，线路老化，灯具受损，存在一定的安全隐患。在保持原工程格局不变的情况下对下游坝坡上坝台阶进行了修整。

工程措施：拆除上坝台阶两侧挡墙和灯柱基座，并对台阶剔缝；挡墙、路灯基座和基础按原貌重新砌筑并勾缝；更换或修复其余破损预制砼台阶和平台，并对台阶进行重新勾缝；翻新了路灯。

4.2011年8月4日~2012年6月19日，进行密云水库白河主坝西侧山体削坡工程，工程量为6329立方米。工程由北京禹冰水利勘测规划设计有限公司设计，北京金河水务建设有限公司施工，北京首发工程监理有限公司监理。

本次削坡周长110米，山体高度40多米，山体现有坡度将近90度，个别山体岩石还有倒坡，需要削坡的山脚下均有茂盛的乔灌木。山体的削坡要求是将山体凸起的岩石按图纸要求削坡处理，由于紧邻公路为保证车辆和行人的正常通行，此次施工不能使用大型机械，只能用小型机械和人工处理。工程总投资为298.88万元。

5.2018年12月17日~2019年8月20日，白河主坝坝下廊道封堵工程。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京京水建设集团有限公司施工，安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心监理。依据中国水利水电科学研究院完成的《密云水库白河主坝安全评价报告》，在1976~1977年白河主坝加固后，施工导流廊道进行了局部封堵，并增建了白河泄空隧洞，导流廊道已无使用功能。廊道桩号0+095.3~0+410.0段一直处于未封堵状态，因运行时间长，多处拱顶出现较大面积的脱落和露筋。经分析预测，密云水库未来将长期在152.0~154.0米的高水位运行，届时白河主坝多年的低水位挡水工况也将有所改变。因导流廊道横穿于白河主坝之下，其未封堵段的混凝土衬砌老化病害可能会因此进一步加剧，并进而造成廊道垮塌，影响主坝安全。基于上述考虑，2018年实施廊道坝下廊道封堵工程。



1.9.1.2 潮河主坝

1.1975年9月~1976年7月，潮河主坝北段坝基粉细砂层处理。1975年3月抗震复查时，认为主坝北段坝基粉细砂层的相对密度值应进行校对，遂沿滤水坝趾下游排水沟位置挖了8个深坑，并分别取样做了物性试验，试验结果认为：桩号0+580~0+620米段砂层及砂壤土密度低，级配均匀，颗粒细且饱和度高，在地震作用下比较不利，因此认为这一段应进行排水围封和压重处理。压重范围自桩号0+520~0+715米，其中0+560~0+640米为需要压重的范围，两端为波及部分，压坡高程122.5米。排水深度挖入透水层1米左右，沟上游与滤水坝趾端相接，下游与地面相连。沟内铺设3层反滤，并满槽堆填块石形成排水。

2.1995年北京市政府、原市水务局委托清华大学水利水电工程系对密云水库进行了首次全面安全检查，从检查的主要结论看潮河主坝在遭遇8度地震时，坝上游坡砂砾料保护层抗滑稳定安全系数均不满足《碾压式土石坝设计规范》（SDT218—84）的要求，需要加固。考虑到加固期间水库水位较高，北京又严重缺水，放空水库是不现实的最后采取措施的总体原则是：水上部分换料，水下部分抛石压坡。对于坝前底部淤泥，直接在淤泥面上抛石压淤的方法，即在淤泥范围内先均匀抛填2.5米厚的石料，使其均匀沉降固结后，再填到设计高程。

1998年8月潮河主坝加固工程开工。在上游坝坡高程152.0米以下采用进占法水中抛石，对坝前底部淤泥抛2.5米厚石料压淤，使其均匀沉降固结后，再抛填到设计高程，抛石边坡为1:2.0，桩号为0+045~1+015米。上游坝坡换料高程152.0米，桩号0+040~1+031米，即将高程152.0米以上斜墙上游保护层全部挖除，换成抗剪强度较高的碴石料，在与斜墙接触处选用碎石过渡料，碎石过渡层厚1米，干砌石护坡厚0.5米。在上游高程152.0米处设宽度为8米的平台，平台以上坝坡为1:2.5，以下为1:3.8。新建防浪墙采用花岗岩条石砌筑，为矩形

断面，长度为 1338 米，比原防浪墙长 300 米，坝顶下游路肩石恢复后总长 920.15 米，直段部分采用花岗岩条石，弯道部分采用水泥砂浆砌块石局部加高。之后根据库水位情况，对换料高程以下至 143 米未做护坡的外露部分坝坡进行抛石面削坡和干砌石护坡，干砌石护坡厚 0.5 米。

3.2002 年 5 月～2003 年 2 月，潮河主坝坝前抛石体护砌工程。库水位持续下降，至本次抛石体护砌工程开工前已降至高程 138.50 米左右，抛石体已大面积露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石，抛石自由坠落，形状不规则，抛石体长期受风浪淘刷后，因细粒流失，易造成大坝失稳，同时严重影响坝体外观。

工程措施：本次加固范围为水面高程 138.50 米以上至 143.00 米坝坡进行整理护砌。坡面整理，为保证砌石厚度，下挖 500 毫米，并对表面进行挖填修整。干砌石护砌，石料采用花岗岩块石，质地坚硬，无风化，石料中值粒径 360 毫米，砌石厚度 500 毫米。护坡坡度桩号 0+023.45～0+800.00 段 1:3.80，桩号 0+800.00～0+883.08 段 1:4.00。主要工程量：坡面整理 23314.8 平方米，干砌石护坡 10024.4 立方米，斜坡道路铺设及挖除 4130.65 立方米。施工单位为北京市第二水利工程处，监理单位为北京燕波水利建设监理有限责任公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，此工程包括九松山副坝、走马庄副坝在内总投资 297.30 万元。

4.2003 年 9 月～2003 年 11 月，实施潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝坝前抛石体护砌工程（138.50 米～132.00 米段）。因库水位持续下降，高程 138.50 米以下抛石体已大面积露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石，抛石自由坠落，形状不规则，抛石体长期受风浪淘刷后，因细粒流失，易造成大坝失稳，同时严重影响坝体外观。

工程措施：本次护砌范围为高程 132.00 米至 138.50 米段，在坡脚高程 132.00 米处修建防滑齿墙，护坡厚度为 50 厘米。为保证齿槽及以



上坝坡稳定，在齿墙上游侧削坡形成 1 米宽抛石料平台，以 1:1.5 坡比与抛石体相接。桩号 0+023.45 ~ 0+800 米段护砌坡度 1:3.8，桩号 0+800 ~ 0+883.08 米段护砌坡度 1:4.0。本次护砌整理工程共完成干砌石护坡 11245 平方米，坡面整理 23615 平方米，设计单位为北京市水利规划设计研究院，施工单位为北京通城达水务建设有限公司，监理单位为北京奥腾博宇工程咨询有限责任公司。

5.2011 年 5 月 ~ 2011 年 6 月，实施潮河主坝上游翻坡工程。2010 年 ~ 2011 年冬季，潮河主坝上游坝坡发生严重冰胀破坏，桩号 0+300 ~ 0+1000 米，高程 136.0 ~ 137.2 米范围内的护坡块石及部分保护层级配砂粒料因大库冰盖挤压造成隆起变形，本次翻坡共完成干砌石翻坡 2500 平方米，施工单位为北京质诚捷讯水利工程有限公司，工程总投资 41.23 万元。

6.2015 年 8 月 26 日 ~ 2015 年 11 月 23 日，实施潮河主坝右坝肩山体边坡防护工程。潮河主坝右侧山体北面上部岩体节理裂隙受风化、雨水浸泡、冻胀影响，表层 2 米左右较为破碎，影响岩石的强度及边坡的稳定性，易出现崩塌、掉块等现象；西侧岩体受岩脉贯入及构造影响，影响带内岩石泥质含量较高，受风化、雨水浸泡、冻胀影响，且局部坡体为倒坡，垂直节理裂隙在风化、荷载、雨水浸泡冻融作用下易产生崩塌、掉块等地质动力现象，需进行加固处理。

加固措施：对潮河主坝右坝肩山体边坡坡面进行防护，抑制崩塌和风化剥落溜坍的发生，限制局部或少量落石运动范围。防护范围坡面长度 64~96 米左右，水平长度 122 米左右，坡面面积约 11146 平方米。坡面加固采用设防护网措施对陡峭山体表面进行防护。防护网选用 GPS2 柔性主动防护网，该防护系统是以钢丝绳网为主的柔性网，覆盖包裹在所需防护斜坡或岩石上，以限制坡面岩石土体的风化剥落或破坏以及围岩崩塌（加固作用），或将落石控制于一定范围内运动（防护作用）。施工单位为北京翔鲲水务建设有限公司，监理单位为安阳润安工程咨询监理公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，工

程总投资 189.78 万元。

1.9.1.3 北白岩副坝

1.1963 年 10 月北白岩副坝左坝头一期帷幕灌浆。因左岸石英岩裂隙发育，自桩号 0+027 米开始沿齿槽上边线设置基岩灌浆帷幕，在桩号 0-4.8 米以垂直坝轴线方向折向下游，与正长斑岩相接，共布置了 18 个孔，孔距 3 米，帷幕深度至高程 148.0~150.0 米。

2.1965 年 5 月北白岩副坝左坝头二期帷幕灌浆。一期灌浆后，检查孔第一段单位吸水率值较大，第二段单位吸水率值较小，但由于帷幕太浅，未能起到阻水作用，致使在水库蓄水运用后，发现左岸 1#、2#、3#测压管水位很高，且随库水位上涨而升高，为此进行了二期帷幕灌浆。帷幕线在桩号 0-4.8 米处与坝轴线成 45° 角，向下游延伸至正长斑岩岩脉（桩号 0-22.8 米）。

3.1974 年 4 月~10 月北白岩副坝增建砼防渗墙。该坝坝体在 1964、1968、1974 年三次挡水后，左坝肩测压管水位很高，与库水位只差 0.5~1 米，右坝肩测压管水位在前两次挡水时都很低，而在 1974 年水位骤升，与库水位只差 2~3 米，坝脚下游地面开始出水，并发生大面积沼泽化，排水沟护底大卵石局部发生下陷现象，在水位继续升高时，很可能引起坝基覆盖层土壤的渗透变形，进而出现险情。1973 年 12 月 19 日，水电部和北京市政府组织有关人员到水库检查工程安全，经过现场查看和充分讨论，一致同意穿过坝体和覆盖层修建一道砼防渗墙，基岩进行灌浆。

砼防渗墙位于坝轴线上游 8 米处，墙厚 0.8 米，嵌入基岩 0.8 米，阻水面积 1.59 万平方米，砼 0.18 万立方米。

4.1978 年 3 月~1979 年 8 月北白岩副坝灌浆工程。由于该坝修建在夹碎石的坡积物和风化严重的石英岩上，建库以来，漏水严重，曾先后进行过部分防渗处理，但由于防渗设施的连贯性不佳和防渗处理范围不够，需进行补充防渗处理。



工程措施：分两次序对该坝进行帷幕灌浆工程，共进尺 832.71 米，灌浆 722.26 米。在基本完成 1、2 序孔工程的同时，开始左坝头 1#~16#孔灌浆，共钻孔 370.5 米，灌浆 297.8 米。根据 1、2 序孔灌浆资料及检查孔压水结果分析，未能在坝基形成一条理想的帷幕线，于是补做了 3 序孔灌浆工程。

5.1998 年北白岩副坝加固工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝加固工程”。

加固措施：上游坝坡高程 152.0 米处设一宽度为 7 米的平台，152.0 米以下采用进占法水中抛石压坡，抛石边坡为 1:3.23，水面以上坝面用 0.5 米厚干砌石护坡；152.0 米以上斜墙上游砂砾料保护层挖除，换成抗剪强度较高的石碴料。填筑坝坡与原坝坡相同，为 1:2.5；同时，在上游坝坡高程 158.5 米处设一宽 2 米的平台。之后对换料高程以下至 143 米未做护坡的外露部分坝坡进行抛石面削坡和干砌石护坡，并恢复了防浪墙和下游地袱小墙。

右坝肩断层破碎带防渗处理措施：在上游距坝轴线 8 米处，平行坝轴线设置砼防渗墙，与 1974 年修建的砼防渗墙相连，桩号 0+084~0+125 米。砼防渗墙顶高程 157.5 米，厚 0.8 米，深入风化岩石约 1 米，破碎带处砼防渗墙处理深度根据断层破碎带勘探钻孔压水试验资料，深入微透水层以下 1 米，防渗墙底高程为 126.3~155.0 米。

贴补砼防渗墙：在桩号 0+030.6~0+041.4 米处距“已建砼防渗墙”轴线上游侧 0.80 米处建一道长 10.8 米，深 30 米，厚度为 0.8 米的防渗墙，墙顶高程 157.5 米，墙底高程 127.5 米。

6.2014 年 9 月 15 日~2014 年 11 月 5 日，进行北白岩副坝下游坝坡修复。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京市通成达水务建设有限公司施工，北京中水利源工程咨询有限公司监理。工程总投资 80 万元。

施工内容：拆除原卵石护坡、新做干砌块石护坡、豆石灌缝、原台阶拆除重建，观测点、测压管修复。

1.9.1.4 走马庄副坝

1.1974年8月~1975年7月走马庄Ⅳ号副坝加固工程。Ⅳ号坝下游坡及坝脚岩坡坡度均较陡，下游坝坡 1:1.85，陡岩岩坡 1:0.55~1:1.11，隧洞出口闸室周围岩坡 1:0.3 左右。坝基系由角闪云母片麻岩和正长斑岩组成，岩石风化极为严重，全风化厚度 9~12 米。岩层中节理裂隙发育，且沿节理面充有夹泥层，使岩层抗剪强度降低，削弱了陡岩的稳定性。此外，高达 18 米的陡岩长期处于饱和状态下，且受地下水动水压力的作用，对坝坡和陡岩的稳定极为不利。为解决Ⅳ号坝的稳定问题，在同年汛前增建一条 40 米长的丁字形排水洞，通过观察，地下水位略有下降，但不甚显著。为确保水库的安全运用，经原水电部、原北京市水利局审查，决定对该坝进行加固。

加固措施：拱盖压坡，即在隧洞 0+155.5~0+196 米布置一道长 40.5 米的钢筋砼圆筒形双铰拱，拱跨 17.3 米，矢高 4 米，内半径 10 米，中心角 111 度，拱厚 1 米，拱座坐落在泄槽两侧基岩上。拱顶上填土压坡，并自坝顶开始将整个坝坡填成 1:2.5 的坡度，坝的稳定安全系数达 1.4。

2.1975年7月~1977年11月走马庄Ⅱ、Ⅲ号坝抗震加固。1975年抗震鉴定时，认为走马庄Ⅱ、Ⅲ号坝抗滑稳定安全系数偏低，建议加固。

加固措施：对上游坡，将高程 153.0 米以上的 1:2.21 的边坡放缓到 1:2.5，并将Ⅲ号坝上游 153.0 米高程以上的风化岩代替料挖除，改填河床砂砾料。加固后，坝轴线向下游移 2.03 米，上游坝坡的抗震稳定满足要求(当时未认识到砂砾料有液化问题)。将下游坝坡高程 150.0 米以上由 1:2.172 改缓为 1:2.5，150.0 米高程以下改为 1:2.75。高程 136.0 米以下填筑的是河床砂砾料，136.0 米以上填筑的是风化岩代替料。

3.1977年11月~1978年4月走马庄Ⅲ号坝上游坝坡抗震加固。1976年唐山地震后，在抗震鉴定时，认为Ⅱ、Ⅲ号坝上游虽经上次换



料及放缓坝坡等措施，但仍应吸取白河主坝砂砾料震动液化的教训。原定对Ⅱ、Ⅲ号坝加固，但由于施工力量不足，只对Ⅲ号坝进行石碴压坡，坝坡放缓为 1:4.0，Ⅱ号坝未进行加固。

4.1994 年密云水库高水位下紧急安全检查发现走马庄Ⅰ号坝安全系数偏小，应进行加固。

加固措施：1994 年 10 月～12 月，对走马庄副坝Ⅰ号坝上游做了抛石护坡，抛石方量 600 立方米，护坡面积 500 平方米，护坡顶高程 154.25 米。1995 年 6 月 5 日～7 月 29 日，再次对上游抛石 1541 立方米，坝坡 1:2.25，顶高程 155.5 米，上游浆砌石挡土墙砌至 157.53 米，浆砌石墙以上边坡为 1:3.0，下游将原坝坡 1:1.75 放缓至 1:2.25。

5.1998 年走马庄副坝加固工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝加固工程”。

1998 年 3 月走马庄Ⅱ、Ⅳ号副坝加固工程。

Ⅱ号坝加固措施：换料高程为 150.0 米，在考虑施工期心墙稳定的条件下，将心墙上游侧高程 150.0 米以上坝壳砂砾料部分挖除，换填抗剪强度较高的石碴料。高程 154.0 米处向上游填筑宽 14 米平台，154.0 米至坝顶填筑坝坡不变，仍为 1:2.5，154.0～140.0 米段坝坡为 1:4.0，140.0 米以下坝坡为 1:3.5，坝体表面水上部分用 0.5 米干砌石护坡，水下部分水中抛石压坡。

Ⅳ号副坝的加固措施：换料高程 150.0 米，由于Ⅳ号副坝坝高约为 10 米，上游坝体大部分在换料高程 150.0 米以上，将心墙上游侧高程 150.0 米以上坝体砂砾料部分挖除，高程 157.0 米处设置宽 5.8 米平台，157.0 米以上坝体边坡为 1:2.5，以下为 1:2.25，均换填石碴料，水上部分坝面仍用 0.5 米厚干砌块石护坡，150.0 米以下的坝体部分采用水下抛石，并恢复了防浪墙和下游地袱小墙，更新了坝顶灯具，坝顶采用现浇砼刚性路面。

1999 年 4 月初～5 月底走马庄Ⅲ号副坝加固工程。加固桩号为 0+290.28～0+327 米，在上游坝坡 0+310～0+327 米处段设置了一扭面，

扭面坝坡由 1:2.5 变为 1:4.0。上游侧换料高程 150.0 米，水上部分用石碴料替换现有可液化砂砾料，水下部分水中抛石压坡。

6.2002 年 5 月 ~ 2003 年 2 月，走马庄副坝坝前抛石体护砌工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝坝坡削坡护砌工程”。大坝加固工程完工后的几年，库水位持续下降，至本次抛石体护砌工程开工前已降至高程 138.50 米左右，抛石体已大面积露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石，抛石自由坠落，形状不规则，抛石体长期受风浪淘刷后，因细粒流失，易造成大坝失稳，同时严重影响坝体外观。

工程措施：本次加固范围为水面高程 138.50 米以上至 143.00 米坝坡进行整理护砌。坡面整理，为保证砌石厚度，下挖 500 毫米，并对表面进行挖填修整。干砌石护砌，石料采用花岗岩块石，质地坚硬，无风化，石料中值粒径 360 毫米，砌石厚度 500 毫米。护坡坡度，走马庄 II 号副坝高程 140.00 米以上为 1:4.00，以下为 1:3.50，IV 号副坝不需护砌。主要工程量：坡面整理 5781.89 平方米，干砌石护坡 2400.21 立方米，斜坡道路铺设及挖除 916 立方米。施工单位为北京市第二水利工程处，监理单位为北京燕波水利建设监理有限责任公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，此工程包括潮河主坝、九松山副坝在内总投资 297.30 万元。

7.2003 年 9 月 ~ 2003 年 11 月，实施潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝坝前抛石体护砌工程（138.50 米 ~ 132.00 米段）。因库水位持续下降，走马庄副坝高程 138.50 米以下抛石体部分露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石，抛石自由坠落，形状不规则，抛石体长期受风浪淘刷后，因细粒流失，易造成大坝失稳，同时严重影响坝体外观。

工程措施：本次护砌范围为 II 坝全部及部分 III 坝上游坝坡高程 132.00 米至 138.50 米段，护坡厚度为 50 厘米，护砌坡度 1:3.5。本次护砌整理工程共完成干砌石护坡 4750 平方米，坡面整理 9975 平方米，



设计单位为北京市水利规划设计研究院，施工单位为北京通城达水务建设有限公司，监理单位为北京奥腾博宇工程咨询有限责任公司。

8.2014年9月13日~2014年10月31日，密云水库实施走马庄副坝坝顶维修工程。走马庄坝顶道路为混凝土路面，风化剥蚀严重，局部存在裂缝、破损和孔洞，且混凝土路面因温差变化引起胀缩，导致路面上游侧的防浪墙和下游侧的坝肩墙受顶推倾斜，对墙体的稳定性存在安全隐患，急需进行改造维修。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京通成达水务建设有限公司施工，北京正细工程监理有限公司监理。工程总投资为157.73万元。

工程措施：坝顶下游坝肩墙拆除后重新砌筑，破坏的下游坝坡及坝体按原设计标准恢复，走马庄副坝坝顶道路改造为沥青路面，全长670米。砌筑砂浆采用M7.5水泥砂浆，勾缝砂浆采用M10水泥砂浆。沥青巡河路石灰、粉煤灰基层的密实度 ≥ 0.95 ，二灰稳定集料7d无侧限抗压强度 $\geq 0.6\text{MPa}$ 。沥青混凝土压实度大于94%，路面平整度以3米直尺测量为准，直尺与路面的最大间隙不大于5毫米。

9.2015年6月5日~2015年9月30日走马庄副坝上游护坡翻砌。走马庄副坝Ⅰ号坝上游157.53米平台以上坝坡由于多年灌木生长及石料风化，坝坡毁损。因此需清除坝坡灌木根系，更换新鲜耐风化的块石，加强坝坡的坚固性。走马庄副坝Ⅱ号坝坝坡石料风化严重，影响到坝坡坚固性。

工程措施：走马庄副坝Ⅰ号坝上游157.53m高程以上护坡翻砌343.35平方米；走马庄副坝Ⅱ号坝上游护坡翻砌6004.02平方米。施工单位为北京通成达水务建设有限公司，监理单位为安阳润安工程咨询监理公司，设计单位为淮安市水利勘测设计研究院有限公司，工程总投资230.09万元。

1.9.1.5 西石骆驼副坝

1.1976年4月~12月，西石骆驼副坝防渗加固。原设计桩号

0+185 米以左长 35 米的一段齿槽未挖至基岩，为防止坝体浸润线抬高后坝体风化代替料浸水，从而增大坝体沉陷和降低坝坡稳定，经水电部和北京市革委会批准，进行加固。

加固措施：在上游坝脚桩号 0+180~0+220 米增建防渗齿槽，齿槽底宽 2 米，底部挖至基岩，基岩为比较坚硬的风化岩。

2.1998 年西石骆驼副坝加固工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝加固工程”。

加固措施：采用进占法对上游坝坡 150.0 米以下部分抛石压坡，抛石桩号为 0+080~0+195 米，抛石压坡体外坡比为 1:3.75，并在 150.0 米处设一水平宽度 7.41 米的平台，平台以上坝坡为 1:2.75。在桩号 0+020~0+088 米的上游坝脚处设浆砌石挡土墙，顶高程 157.0 米，墙后填石碴至高程 156.5 米，压实后，砌筑 50 厘米的干砌石。上游 0+081.5~0+220 米坝段高程 150.0 米以上进行换料，将高程 150.0 米以上斜墙上游风化砂砾料保护层挖除，用抗剪强度较高的碎石过渡料代替，碎石过渡层厚 1 米；水面以上采用 0.5 米厚的干砌石护坡。下游坝坡采用堆石压坡，桩号为 0+040~0+189 米，表面为 35 厘米厚的干砌石护坡，压坡顶部高程 150.0 米，坝顶路面全部拆除翻新。水位下降后对露出水面的坝坡进行了修整和砌护，并完成了防浪墙及下游地袱小墙的恢复，新建防浪墙由粗料石砌筑，地袱小墙恢复除路面以上内侧由粗料石砌筑外，其余全部用块石砌筑。

1.9.1.6 南石骆驼副坝

1.1965 年南石骆驼副坝补充坝基处理。

工程措施：桩号 0+240~0+637 米采用了砼截水墙，并在墙下进行基岩灌浆。即在上游坝脚处浇筑砼，再回填粘土和原斜墙连成一防渗整体。截水墙布置范围为桩号 0+240~0+612 米，墙高在冲沟段为 1.7 米，台地段为 0.6~1 米，左岸坝头处做成了砼板。为了保证砼截水墙底板和基岩连接好，在底板下增设了深 2 米，底宽 0.6 米的砼齿槽，和



砗截水墙连在一起形成了一个十字形的截水墙，桩号 0+390~0+415 米段基岩比较好，砗齿槽深度为 0.5 米。

2.1975 年 12 月~1976 年汛前南石骆驼副坝右岸台地增建防渗齿槽。由于上游防渗墙自桩号 0+240 米以西未做，不能起到很好的防渗作用，对坝的稳定很不利，因此必须加固。

加固措施：新建防渗齿槽，桩号为 0+010~0+240 米，与 1965 年所做的齿墙西端点（0+240 米）相接，形成闭合的防渗线。齿槽 0+040~0+240 米底宽为 2 米，0+010~0+040 米底宽为 1 米，开挖坡比坝基部分为 1:1.0 与 1:0.75，粘土部分为 1:1.5，保护层以上部分为 1:1.0，齿槽底部高程一般为基岩下 0.5 米。

3. 1975 年 12 月~1977 年 5 月南石骆驼副坝抗震加固。1975 年 3 月水电部组织的密云水库抗震鉴定会议上提出密云水库地区基本烈度为七度，但考虑到坝下有二甲峪断层通过，地震时有可能产生烈度异常，提高到八度半设防。据此算得，桩号 0+180 米附近和 0+290~0+390 米两段下游坝坡地震抗滑稳定不够，原设计上游防渗齿墙自桩号 0+240 米以右，未达到基岩面，为防止高水位时覆盖层中细粒土的不稳定，需进行加固。

加固措施：桩号 0+150~0+210 米下游压坡，压坡高程 148.0 米，0+235~0+450 米段做贴坡体，将坝坡从 1:2.25 和 1:2.5 放缓为 1:2.75，与东西两坝段变为同一坡比，坝坡放缓后，坝脚向下游延伸 8.75 米。

4.1998 年南石骆驼副坝加固工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝加固工程”。

加固措施：在上游坝坡桩号 0+420~0+617 米坝段，高程 150.0 米以下采用进占法水中抛石压坡，水面以上坝坡用 0.5 米厚的干砌块石护坡。高程 150.0 米以上坝坡换料，将斜墙上游高程 150.0 米以上原风化岩渣保护层全部挖除，换成抗剪强度较高的碎石过渡层，碎石过渡层厚 1 米，高程 152.0 米以上坝坡变为 1:3.0，152.0 米以下不同坝段坝坡分别为 1:3.0，1:3.5 和 1:6.2。水位下降后对露出水面的坝坡进行了修整

和砌护，并恢复防浪墙及下游地袱小墙，新建防浪墙采用粗料石砌筑地袱小墙采用块石砌筑并用砼预制板压顶。

5.2012年10月18日~2013年4月15日，对南石骆驼副坝下游坝坡进行维修改造。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京质诚捷讯水利工程有限公司施工，安阳市润安工程咨询监理公司监理。工程总投资为527.62万元。

工程主要概况：桩号0+450~0+535坝段组合坝体在153.0米高程处下游坝坡出现隆起、变形现象，设计对0+390~0+595段坝体下游坝坡渗流出逸处采用贴坡式排水，即拆除现状表面块石，贴坡设置排水设施，共三层，反滤层第一层为500毫米厚砂层， $d=0.2-2$ 毫米；反滤层第二层为500毫米厚砂砾石， $d=2-50$ 毫米；在反滤层外层设置不小于500毫米厚表面贴坡块石排水层，坡比1:2.75。

1.9.1.7 九松山副坝

1.1978年5月~1979年8月九松山副坝抗震加固。九松山副坝地震设防烈度8度，原设计地震荷载未计动力放大。此次对上游保护层、斜墙和下游坝体进行了抗震稳定校核。校核计算表明：上游保护层局部稳定安全系数不足；下游坝体砂砾料在坝口较低部位有一部分长期处于饱和状态，属于可能液化的材料；下游坝体的抗震能力较低，必须加固。

加固措施：考虑上游保护层在143.0米高程以上，坝面已做较厚的浆砌石护坡，暂不进行加固；Ⅲ号、Ⅳ号、Ⅴ号坝口下游坝体浸润线较低，坝口狭窄，坝体较小不进行加固。仅对较高的Ⅰ、Ⅱ号坝口采用石碴压坡，Ⅰ号坝口（长124米）从139.0米高程开始压坡，Ⅱ号坝口（长134米）从140.0米高程开始压坡，坡顶宽40米，边坡坡度1:2.5。

2.1998年九松山副坝加固工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝加固工程”。



加固措施：Ⅰ号垭口上游坝坡换料高程为 150.0 米，Ⅱ～Ⅴ号垭口换料高程为 152.0 米，在换料高程以上将原斜墙上游保护层全部挖除，用抗剪强度较高的石碴料替换，在石碴料与土料斜墙之间设有 1 米厚的碎石过渡层，水面以上用 0.5 米厚的干砌块石护坡，换料高程以下采用进占法水中抛石，对Ⅰ号垭口前底部淤泥先均匀抛填 2.5 米厚的石料，使其均匀沉降后，再抛填到设计高程。高程 152.0 米以上坝坡为 1:3.0 和 1:2.75，152.0 米以下不同坝段坝坡不相同，都比原坝坡有大幅度放缓。水位下降后对露出水面的坝坡进行了修整和砌护，并恢复防浪墙及下游地袱小墙，新建防浪墙采用粗料石砌筑，地袱小墙采用块石砌筑。

3.2002 年 5 月～2003 年 2 月，九松山副坝坝前抛石体护砌工程开工，工程隶属于“潮河主坝及几座副坝坝坡削坡护砌工程”。大坝加固工程完工后的几年，库水位持续下降，至本次抛石体护砌工程开工前已降至高程 138.50 米左右，抛石体已大面积露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石，抛石自由坠落，形状不规则，抛石体长期受风浪淘刷后，因细粒流失，易造成大坝失稳，同时严重影响坝体外观。

工程措施：本次加固范围为水面高程 138.50 米以上至 143.00 米坝坡进行整理护砌。坡面整理，为保证砌石厚度，下挖 500 毫米，并对表面进行挖填修整。干砌石护砌，石料采用花岗岩块石，质地坚硬，无风化，石料中值粒径 360 毫米，砌石厚度 500 毫米。护坡坡度，Ⅰ号垭口高程 142.00 米以上为 1:4.50，以下为 1:3.50，Ⅱ号垭口为 1:4.25，Ⅲ号垭口不需护砌，Ⅳ号垭口为 1:4.25，Ⅴ号垭口为 1:4.00。主要工程量：坡面整理 6418.8 平方米，干砌石护坡 3093.64 立方米，斜坡道路铺设及挖除 4690.66 立方米。施工单位为北京市第二水利工程处，监理单位为北京燕波水利建设监理有限责任公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，此工程包括潮河主坝、走马庄副坝在内总投资 297.30 万元。

4.2003年9月~2003年11月,实施潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝坝前抛石体护砌工程(138.50米~132.00米段)。因库水位持续下降,九松山副坝高程138.50米以下抛石体露出水面。由于水中抛石是由自卸式开体抛石船水上定位抛石,抛石自由坠落,形状不规则抛石体长期受风浪淘刷后,因细粒流失,易造成大坝失稳,同时严重影响坝体外观。

工程措施:本次护砌范围为Ⅰ、Ⅱ号垭口全坝段高程132.00米至138.50米段,护坡厚度为50厘米,Ⅰ号垭口护砌坡度1:3.5,Ⅱ号垭口护砌坡度1:4.25。本次护砌整理工程共完成干砌石护坡3061平方米,坡面整理6428平方米,设计单位为北京市水利规划设计研究院,施工单位为北京通城达水务建设有限公司,监理单位为北京奥腾博宇工程咨询有限责任公司。

1.9.2 隧洞

1.9.2.1 白河发电隧洞

1.1977年3月~1978年8月白河发电隧洞进口改建。白河发电隧洞承担任务重,又紧邻主坝,洞身地质条件差,衬砌质量存在隐患,而进口只有一扇平压启闭的斜卧式检修门,这样一旦洞身或支洞闸门发生问题,闸门不能关闭,库水失去有效控制,将会造成严重的损失根据水电部和北京市的指示,决定在加固白河主坝的同时,对白河发电隧洞进口进行改建。

工程措施:将平压启闭的闸门改为动水闭静水启的事故检修闸门。改建工程包括斜卧式闸门轨道改建为铅垂型式,更换主轨及其它埋件按动水关闭要求更换闸门、启闭机,重建启闭机房。

2.2013年12月~2016年11月,实施南水北调来水调入密云水库调蓄工程施工第十四标段溪翁庄泵站出水口及白河发电隧洞加固工程工程由北京市水利规划设计研究院设计,北京市南水北调办公室建设



管理，中铁五局（集团）有限公司施工，安阳市润安工程咨询监理公司监理。工程总投资 3821.41 万元。

工程主要措施：对发电隧洞配筋不足、应力及混凝土强度不满足要求的洞段采用粘贴碳纤维布进行补强加固，对混凝土衬砌裂缝、衬砌与围岩脱空、围岩破碎、围岩空洞洞段进行化学灌浆加固，对隧洞腰线及底板混凝土剥蚀部位采用聚合物水泥砂浆修复。溪翁庄泵站出水口钢管安装，其中洞穿管段 66 米，白河发电隧洞维修加固 407 米，白河泄水支洞有压段维修加固 54 米；泄水支洞出口闸门更新，白河隧洞进水口闸门防腐；进口启闭机维修等。

3.2018 年 12 月～2019 年 12 月，根据 2017 年大坝安全鉴定结论，对白河发电隧洞及泄水支洞存在的安全隐患问题进行消隐加固，实施了 2018 年密云水库水利工程维修项目（含潮河人防洞维修消隐内容）工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京通城达水务有限公司施工，安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心监理。

工程主要任务：修补进口闸室及泄水支洞裂缝、露筋缺陷；对泄水支洞无压段洞身衬砌进行防护；对主洞进口闸室进行防碳化处理；更新进口及支洞出口启闭机，并对进口闸室进行修缮。工程总投资 998.25 万元。

1.9.2.2 白河泄水支洞

1978 年 1 月～1979 年 6 月白河泄水支洞改建。白河泄水支洞原系白河发电隧洞的施工支洞，隧洞完工后改为宣泄万年一遇洪水的永久性建筑物，1976 年抗震防汛工程加固后，由于增加了第三溢洪道、潮河人防隧洞，此洞不再承担泄洪任务。1977 年 6 月将原来担任地区供水任务的白河廊道完全封堵废弃，由白河支洞引水，供地区使用。改建工程的具体做法是将工作门后的隧洞底板抬高 1.3 米，洞底两侧埋设 $\Phi 500$ 、 $\Phi 700$ 铸铁管道各一条，两管道与原有供水网络相接。

2013 年南水北调来水调入密云水库调蓄工程中对白河发电隧洞及

泄水支洞进行了加固改造。泄水支洞改造主要内容为穿两排 DN1800 钢管，洞穿长度 66.0 米（轴线长）。拆除支洞桩号支 0+054.00 ~ 支 0+120.00 段底板后期改造浇筑混凝土及埋设的钢管，铺设两排 DN1800 钢管，更换泄水支洞闸门，更新后的闸门为潜孔式弧形钢闸门，数量 1 孔，孔口尺寸 3.5 米×2.1 米。

1.9.2.3 白河泄空隧洞

1.1976 年 8 月 ~ 1977 年 6 月增建白河泄空隧洞。密云水库原修建的输水隧洞进口高程与库底高程相差十几米，要放空库区相当困难。另外，今后水库还可能发生一些问题，需要将水库放空施工修补，设置放空水库的底洞是完全必要的。为此，决定在白河和潮河各修建一条泄水隧洞。白河泄空隧洞由清华大学水利系设计，水电部第二工程局施工。

2.1995 年 7 月 ~ 8 月，为了对白河发电隧洞进行检查，在泄空隧洞闸门原有的 $\Phi 150$ 毫米阀门处接出一套 970 米的管道，作为发电隧洞检修时的备用水源，与白河地区生活用水管网连接。其中洞内 490 米，直径 300 毫米，洞外 480 米，直径 250 毫米，沿渠道右岸布置，埋深 1 米，在横渠东桥一侧过渠，与原输水管网连接。工程由清华大学设计管理处行政科施工。

3.2000 年 10 月 ~ 2001 年 12 月白河泄空隧洞加固工程。加固原因：1) 原下游检修门结构设计不够合理、局部结构强度不足；2) 上游工作门不能有效控制水流，水流条件极为不利；3) 原设计没有考虑上游闸门在高水位进行检修的条件；4) 工作门上加装的供水截门损坏需要检修。

加固内容：1) 更换上、下游闸门（上游检修闸门因淤积问题目前未更换）；2) 启闭机设计、制造、安装，上下游闸门均采用 2×40 吨固定卷扬式启闭机；3) 土建工程及电器设备采购安装，启闭机室改建同时进行，将原检修平台抬高 2 米至 154.5 米，启闭机平台提升 1 米至



162.0 米。

4.2016 年 8 月 24 日~2017 年 5 月 20 日白河泄空隧洞尾水渠及交通桥维修。白河泄空隧洞尾水渠破损严重，作为泄空隧洞泄水时的重要渠道，当泄水时流速较大，极易对尾水渠衬砌破损的地方造成二次破坏。工程总投资 657.14 万元。

工程措施：尾水渠拆除重建，起点为泄空隧洞出口下游围栏处，终点为调节池闸上游翼墙处，治理长度为 585 米。对两座交通桥进行修复。设计单位为北京禹冰水利勘测规划设计有限公司，施工单位为北京华昊水利水电工程有限责任公司，监理单位为安阳市润安工程咨询监理公司。

1.9.2.4 走马庄隧洞

1.1974 年走马庄隧洞出口闸室边墩垂直裂缝处理。出口闸室边墩承受弧门水压依靠自重得到稳定，由于水平向配置的钢筋太少，在浇制的当年冬天就出现了垂直的裂缝，裂缝在边墩的中间位置，逐年发展，已接近整个墩高，并漏水冒浆，说明边墩被分割成上下游两块，整体稳定性不够，为此在墩顶上加设锚锭拉杆及大体积砼压重，以维持边坡的抗滑稳定性并减少山岩对边墩的侧压力，减少所配主钢筋的负担。

2.1995 年 7 月中旬~11 月底走马庄隧洞检修闸门充水门改造。自运行以来，隧洞一直在做供水洞使用，提供下游 7000~8000 亩农田的灌溉用水，供水方式为手动开启充水门至全开，隧洞充满水处于承压状态，供水流量由尾部弧形门调节，这种运用情况不利于走马庄副坝及隧洞的安全，充水门又不能调节流量，矛盾很突出。

改建内容：1) 拆除、封堵原检修门的充水小门，重新设计开度可调的充水门，用以调节灌溉用水量，弧形门不再参与流量的调节，使隧洞为无压运行；2) 在原闸门已有拉杆的基础上，重新设计拉杆和吊梁。

1995年11月30日做隧洞充水门平压试验时，发生充水门拉杆断裂事故。1996年3月25日~5月20日进行处理，将原 $\Phi 42$ 拉杆改为 $\Phi 190$ 空心、壁厚16毫米无缝不锈钢管，钢管表面镀铬后刨光，对拉杆与吊梁、压板的连接部位进行了加固处理，并改善了充水门进口过流条件。

3.2014年12月~2016年7月，实施走马庄隧洞加固工程。本工程属南水北调来水调入密云水库调蓄工程施工第十四标段。主要内容有进口山体护坡整修加固；原进水塔及交通桥病害处理；在桩号0+080~0+095段新建检修闸门井，内设事故检修闸门，闸门为潜孔式平面闸门，孔口尺寸2.6米 \times 2.6米，底板顶高程125.92米，底板厚1.5米，侧墙厚1米；输水隧洞改造包括隧洞进口渐变段改造，进口渐变段内穿5米 \times 6米~DN2600渐变钢管，管厚22毫米、洞身加固，在原隧洞内套DN2600钢管，管厚22毫米、隧洞出口渐变段改造，出口渐变段内穿DN2600钢管，管厚22毫米；隧洞出口闸室改造，拆除走马庄隧洞出口弧形闸门，增设DN2600蝶阀，同时改造隧洞出口闸室为蝶阀井；拱盖及泄槽段混凝土病害修补。施工单位为中铁五局（集团）有限公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，监理单位为安阳市润安工程咨询监理公司，工程投资2971.16万元。

4.2018年10月21日~2019年1月21日走马庄隧洞维修。2017年《密云水库大坝安全鉴定报告书》中指出：走马庄隧洞进口检修闸门启闭机投运时间长，设备简陋，老化损坏现象严重，设备整体状况较差，存在影响安全运行的重大隐患。此外，2013年南水北调来水调入密云水库调蓄工程对走马庄隧洞进水塔高程133.0米以上（结合当时库水位确定）、启闭机平台以下的混凝土缺陷进行了修补及防碳化处理而高程133.0米以下（库水位以下）的混凝土病害未做处理，存在安全隐患。

工程措施：检测并修补进水塔水下(高程133.0米以下)的混凝土剥蚀缺陷，更换进口检修闸门启闭机及配电控制系统，修缮进口检修闸



启闭机室，对出口闸室边坡进行防护，检修闸房增设玻璃采光顶。施工单位为北京金河水务建设集团有限公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，监理单位为安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心工程投资 143.20 万元。

1.9.2.5 潮河泄空隧洞

1.1977 年 6 月 ~ 1980 年 7 月，为了以备必要时泄空潮河库区增建潮河泄空隧洞。

1980 年 7 月 4 日，潮河泄空隧洞采用水下岩塞爆破新技术，取得了预期的效果。当时，在 60 米高的土坝附近进行水下岩塞爆破，还没有可以借鉴的安全措施资料。后经多次研究，爆破的设计、施工等都做了周密的安排。爆破时做了大量的观测工作，取得了不少有参考价值的数据。参加这项工作的有水电部天津水利勘测设计院、水电部黄河水利委员会、水电部第二工程局、哈尔滨工程力学研究所、水电部长江流域规划办公室所属的科学院防护所、水电部东北水利勘测设计院、水电部水利水电科学研究院、水电部北京水利勘测设计院、北京市水利科学研究所。隧洞在水库蓄水的情况下开挖，由水电部第十三工程局设计，水电部第二工程局施工。

2.2000 年 2 月 ~ 2002 年 8 月潮河泄空隧洞除险加固工程。进口事故检修门一直处于挡水状态，无法提门检修，且闸门锈蚀严重，水封等已破坏，且不具备检修更换水封的条件，进洞检查，发现闸门漏水量大，已超出标准甚多，必须进行加固。

加固措施：拆除进口老闸门，更换新闸门（包括压重箱）以及启闭机设备维修。闸门井结构缺陷处理重点为高程 106.0 ~ 121.5 米，主要工程措施是修复剥蚀区、对井筒内壁进行修补封堵以及内壁用防水涂料涂刷处理；对闸门井后隧洞段在原衬砌内增设 0.3 米厚的钢筋砼衬砌，使洞身段衬砌由原 0.5 米增至 0.8 米，洞身内径变为 3.1 米；出口闸室：更换出口弧门，孔口尺寸缩小为 2.9 米×2.0 米，维修启闭设备。

出口闸室上游5米的底板、边墙及门楣均用钢筋砼加厚30厘米。

3.2015年9月11日~2015年10月31日，潮河泄空隧洞出口混凝土缺陷修复。潮河泄空隧洞出口处闸室和消力池段的混凝土结构至今已运行三十余年，在外界环境因素的作用下，混凝土表面已发生碳化局部有错台和凹坑。若不采取修复措施，必将导致越来越多、越来越严重的缺陷，从而影响建筑物正常使用。

工程措施：对潮河泄空隧洞出口闸室和消力池底板、边墙的表层混凝土进行缺陷修复和表面防碳化处理，缺陷修复面积约659平方米，防碳化处理面积约1318平方米，伸缩缝处理约100米。设计单位为中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司，施工单位为北京通成达水务建设有限公司，监理单位为安阳市润安工程咨询监理公司。

1.9.2.6 潮河输水隧洞

1.1963年汛前潮河输水隧洞分叉渐变段加固工程。加固原因：出口渐变段部分断面配筋不够，出口弧门的钢筋砼牛腿里的抗剪、抗弯配筋不够，且作为锚拉牛腿梁的墩内扇形抗拉配筋也不够。出口闸室的整体抗滑稳定安全系数偏低，闸室的边墩迎水面出现了竖向裂缝。

加固措施：在弧形门支撑横梁后面浇筑一块自重达340吨的钢筋砼；同时对隧洞灌浆压力较低的地方补做了固结灌浆，将两侧墙与两边山岩间的空隙用砼填满，并且用压力灌浆固结山岩，以使一部分侧向的内水压力传递到山岩上去。

2.1965年~1966年6月潮河输水隧洞增建事故闸门及闸门井。1964年库水位略高于132.0米，隧洞放水运行时，出现了从山上通气孔管口处喷水的奇怪现象，经观察分析认为，这是在该库水位条件下泄流出现的明满流过渡状态，因不稳定水流使压力震荡，对隧洞安全是很不利的。整条隧洞、岔洞、弧门以及发电支洞等一旦出现险情，都需要紧急停水空洞进行检查，进口斜卧式检修门不能胜任紧急事故下门任务。山顶出现冒水喷泉事件引发设计人员进行思考，认为进口



段没有一扇能高水位断流的事故门，当隧洞某个部位环节出现事故，则会处于不能检修的被动状态，这与水库的重要地位很不相称。此后决定在中间位置增建事故闸门井，设置事故门，提高了隧洞的安全运行能力。

3.2003年9月~2004年9月，实施潮河输水隧洞改建工程，该工程隶属于密云水库输泄水建筑物除险工程。2001年根据安全检查提出的问题：①进口明拱拱内拉应力计算值达13千克/平方厘米，超过原设计混凝土标号（100号）的允许拉应力值；②进口检修门门槽前后无渐变段，呈矩形的门槽嵌入圆形洞中，门槽两侧底角处很容易为杂物所堵塞，对检修门封水极为不利，造成底止水因门体不能落底而漏水，漏量超1.0立方米/秒。门槽上游胸墙只修筑到高程130米，库水位超过130米，库水自胸墙顶部跌入闸门槽，这股水流夹带空气进入洞内与由明拱入流的主水流掺和，发生干扰影响泄流量；③进口检修门门槽埋件只设有两根主轨，无侧轨、反轨，也无封水板及平压管，封水条件极差，门槽尺寸为0.8米×0.3米，尺寸偏小，门槽混凝土中未放置剪力筋，高水位挡水时，门槽抗剪强度不够，设计要求限制在150.0米以下运用；④隧洞桩号0+040~0+140米为素混凝土衬砌，岩体虽然进行了固结灌浆处理，但高水位下混凝土抗裂不能满足要求，安全系数低。对该洞进水口斜卧闸门井做了局部水工模型试验，研究闸门井过水上下两股水流（即双层进流）问题，并对明拱段的应力等作了计算。在安全检查和试验研究的基础上，作出彻底更新改建的决定。

改建工程废弃了130.0米高程以下的明拱段、小塔架及斜卧式进水塔，新建进水建筑物。将进口底板抬高至130.0米高程，设龙抬头段与原主洞衔接，进口新建垂直闸门井，安装规格为4×4.2-27.5米的事故检修闸门，配备固定式QPQ-1×125型启闭机。1965年增建的中段事故门井及其闸门、启闭机全部停用。与此同时，更换出口闸门规格为3.5×3-42.0米的弧形工作门、改用50吨液压式启闭机，闸室地面由原来的126.08米降至124.31米，重建出口泄槽等。对洞身围岩进行固结

灌浆，提高变形模量，使之承担更多的内水压力。在潮河输水隧洞进口增设一台 125 千伏安变压器，与原有 125 千伏安变压器组成双路供电系统。

4.2018 年 10 月 23 日~2019 年 4 月 21 日，实施潮河输水隧洞维修工程。2017 年《密云水库大坝安全鉴定报告书》中指出：潮河输水隧洞出口溢流面和挑坎存在冻融剥蚀，隧洞龙抬头段混凝土衬砌存在龟裂区，有白色析出物；出口工作闸门启闭机存在无法关闭或突跳异常现象。建议：修补出口溢流面剥蚀区，对出口闸室和泄槽段进行防碳化处理；报废更新出口工作闸门启闭机。设计单位为北京市水利规划设计研究院，施工单位为北京通成达水务建设有限公司，监理单位为安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心。工程总投资 350.25 万元。

维修加固主要内容：修补出口闸室和洞身段裂缝，修补溢流面表面剥蚀缺陷；对出口闸室和泄槽段进行防碳化处理；处理隧洞衬砌变形裂缝缺陷；重建挑坎下游护底；更换出口启闭机及配套设施；拆除原进口事故闸门；出口闸室及进口原事故闸门启闭机室修缮。

1.9.2.7 潮河人防隧洞

1.1978 年 6 月~1985 年增建潮河人防隧洞。1976 年抗震加固中，根据提高人防设计标准的精神，必须做到在不同时期、不同水位情况下的战时短期内迅速将库水泄至安全水位，原有的输、泄水建筑物泄流能力均感不足。另外溢洪道底坎高程 140.0 米下，尚有 4.6 亿立方米库水靠潮、白河输水隧洞及走马庄隧洞宣泄，也满足不了人防的要求因此，决定增建潮河人防隧洞，汛期也可以用来泄洪，最大泄洪流量 924 立方米/秒。

水库运用以来，潮河一般是供潮河灌区用水，在白河放水不足的情况下，向河北和天津供水也需由潮河下放，这样，除潮河原有的两台发电机组运用发电外，有时仍有多余的水量下泄不能利用发电。鉴于此，决定在隧洞末端安装 1 万千瓦发电机一台，但由于 1982 年后密



云水库不再向河北、天津供水，发电机组没有安装。

潮河人防隧洞是在水库蓄水的情况下修建的，修建时在进水口填筑一条拱形围堰，堰顶高程 145.7 米，围堰中间修一道长 126.7 米、厚 0.7 米、高 20 米的混凝土防渗墙，墙顶高程 143.5 米。围堰及防渗墙的防渗效果良好，保证了进水口的开挖和砼衬砌的顺利进行。

隧洞工程竣工后，砼防渗墙拆除，为检验墙体质量和有无薄弱环节，水电部第二工程局、水电部北京勘测设计院物探队和北京市水利工程基础总队利用超声波检测技术，在裸露的墙壁上进行了测试技术与浇筑方法的研究，均取得了有益的成果。隧洞由水电部北京勘测设计院设计，水电部第二工程局施工。

2.2018 年 12 月 ~ 2019 年 12 月，实施了 2018 年密云水库水利工程维修项目（含白河发电隧洞维修消隐内容）。2017 年《密云水库大坝安全鉴定报告书》中指出：潮河人防隧洞出口闸室和泄槽段混凝土存在裂缝、冻融剥蚀老化病害；进口事故闸门启闭机开式齿轮副大小轮齿面咬合损伤严重；右侧减速器低速级传动齿轮副大齿轮存在点蚀及挤压损伤变形；进口事故闸门采用了胶木滑块，工程运行三十多年滑块老化情况下摩擦系数增大，致使启门力、闭门力增加。建议：处理出口闸室和泄槽段混凝土裂缝、冻融剥蚀等混凝土老化病害；对进口事故闸门启闭机进行大修，更换开式齿轮副；恢复出口工作闸门启闭机相应附属系统功能；更换进口事故闸门胶木滑块。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京通城达水务有限公司施工，安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心监理。工程总投资 998.25 万元。

工程主要措施：修补混凝土裂缝、剥蚀缺陷；处理洞身衬砌变形缝缺陷并刷涂防冲耐磨涂料；出口泄槽及桥梁防碳化处理；进口启闭机更新、出口启闭机维修，事故检修闸门更换滑块；进口闸室修缮和山体加固等。

1.9.2.8 第九水厂引水隧洞

1.1992年10月~1995年5月增建水源九厂二期引水隧洞。为解决北京城市生活供水问题，市政府投资兴建了首座以地表水为水源的第九水厂工程。1987年初完成了直接由怀柔水库引水的一期工程，日取水能力为50万立方米，但工程完成后，仍不能满足城市供水的需要。随后，动工修建水源九厂二期工程，直接由密云水库潮河库区引水，设计日最大取水能力100万立方米。取水工程由一条长3078米的引水隧洞（包括3027米的砼段和51米的钢管段）及其附属工程组成。该洞进口采用了岩塞爆破技术，爆破时洞内集碴，关闭进口门后再从洞内出碴，避免了爆破时对下游的淹没损失。该工程由北京市水利设计院和清华大学水利系设计，由北京市第二水利工程处、北运河安装队北京市水利基础处理总队、延庆县水利局、铁十六局一处和铁三局四处施工。

2.2001年穆家峪万亩节水工程主管路与预留口对接工程。工程内容包括53米 $\Phi 1000$ 毫米引水管铺设、控制闸房建设、电磁流量计和手动闸阀安装、排气阀和压力表安装及其它附属工程。工程由穆家峪镇世行节水灌溉项目办公室委托密云水库管理处组织落实施工。

3.2001年11月中旬~12月中旬第九水厂引水隧洞全面停水检修。工程检查情况如下：1) 洞内局部砼轻微剥落，无坍塌；2) 桩号1+100米以下施工质量较好，出水点少，仅有几处灌浆孔未封严，1+100米以上环向裂缝较多且存在部分纵向裂缝；3) 多处灌浆孔、伸缩缝、冷缝漏水且溶出白浆，有十几处小孔喷水，说明外水压力较大；4) 事故门闸室段胸墙与竖井砼接缝漏水较大，且130.0米高程附近集中漏水；5) 进口事故门水封较严密，四个主轮轮套不同程度漏水，左侧充水门严重漏水，经实测隧洞总漏水量为0.027立方米/秒。

检修工作共完成九大项：进口检修门门槽中杂物清理和岩塞爆破口探测；隧洞洞身检查、洞身砼强度及裂缝检测；出口检修门、弧形



门及钢管防腐；各管道闸阀及水封更换； $\Phi 600$ 闸房改建；对进口胸墙及洞身裂缝、伸缩缝进行了处理；启闭机检测；出口两台启闭机更新。

4.2002 年 4 月 ~ 2002 年 5 月下旬第九水厂引水隧洞进出水口闸室配电改造工程。隧洞进出水口闸室修建于 1994 年，配电室内的元件陈旧老化，已达不到现行标准，急需改造。

工程内容：1) 配电室土建部分，拆除并更换出口配电室的地下动力管线；2) 配电室电器安装部分，拆除原有配电设备，更换配电力线缆，安装新配电柜、数字式闸门开度仪、保护接地装置及接地线；3) 敷设新电缆。

5.2003 年 8 月中旬 ~ 2004 年 5 月底第九水厂引水隧洞岩塞口洞脸保护工程。本工程位于隧洞进口北侧，工程内容：清除边坡上的堆积物及松动风化岩石，对整个开挖坡面进行喷砼防护，根据开挖后的情况进行支护，包括清理岩石、植锚杆、挂网、喷砼、钢筋砼挡墙。保护范围为底部（132.0 米高程）宽度 70 米，沿着两侧的山脊向上直至山顶 163.0 米高程左右，约 4000 立方米。

6.2009 年 5 月 18 日 ~ 2009 年 6 月 29 日，第九水厂引水隧洞停水检修，根据《水库工程管理通则》、《水库大坝安全鉴定办法》要求，应每隔 6 ~ 10 年对大坝进行安全检查和鉴定。

完成工作项目有：洞线检查、洞身清洗、洞身砼和钢管段检测、洞口水下清淤、洞身混凝土裂缝及出水点的处理、钢管段内表面防腐、洞身析出物分析、支洞出口工作闸门和检修闸门防腐、支洞出口洞脸护砌、消力池清淤、浇筑混凝土路面、进口检修闸门防腐等。6 月 29 日完成洞内检修工作，正式恢复供水。工程投资 280.5 万元。

1.9.2.9 南石骆驼坝下廊道

1.1965 年 1 月 26 日，发现南石骆驼坝下廊道的进口塔架受冰盖的膨胀作用而被挤坏，不能继续使用。

加固措施：将原有损坏的塔架及进水口拆除后，重新修建进口，

沿坝坡设定轮闸门，生铁铸成，为防止门被卡住而关不到底，设置了反拉装置。闸门轨道坡度为 1:3.5，轨道中心距为 110 厘米，为减少坝体沉降及温度变化引起轨道高低不平，在轨道底下设有钢筋砼的凹形垫座，并在纵向每隔 9 米用永久沉陷缝分开，轨道每隔 7 米用永久缝分开，以适应坝的变形。在上游坝面高程 155.0 米处设有检修闸门平台，轨道中间设台阶，供上下交通用。

2.2001 年 3 月~12 月南石骆驼坝下廊道进出水口改造工程。工程存在的主要问题：1) 1965 年改造后的斜卧轨道过于平缓，反拉装置难以实现事故门动水关闭的要求，起不到事故门作用，运行多年后，反拉导向装置锈蚀严重，闸门无法彻底关严，致使坝下廊道长期处于有压状态，危及土坝的安全；2) 由于闸门关闭不严、止水破损及其它因素，廊道漏水严重，每年损失水量 300 多万立方米；3) 启闭机设备运行老化破损，应更新换代；4) 闸门通气孔过长，通气不畅，漏气严重；5) 卷扬启闭机为单一手动方式，准确性、可靠性不高；6) 出口处阀门止水老化，漏水严重。

改造内容：1) 进水口改造，将斜拉式进口结构型式改建成塔架式结构型式，制作安装垂直平板闸门和启闭机；2) 新建进水塔通往坝顶的交通桥；3) 电源增容，设置电动启闭机。

1.9.2.10 内湖二号坝过水涵闸

1.1978 年修建内湖二号坝过水涵闸。于北石骆驼二号副坝坝下修建了打通大库到内湖的钢筋砼过水涵闸，称之为内湖二号坝过水涵闸。

2.2000 年 7 月~12 月内湖二号坝过水涵闸改造工程。为了提高涵闸对大库到内湖调蓄洪水的能力，根据工程需要，对旧涵闸进行改造。

工程措施：拆除闸门、门槽和启闭机平台；新建 152.0 米高程平台 155.0 米高程平台、交通桥、管理房及启闭机等。

1.9.3 溢洪道



1.9.3.1 第一溢洪道

1.1964 年第一溢洪道弧形门支承牛腿加固。由于原设计配筋太少，按正常的安全系数计，在一个闸墩两侧的牛腿均匀受力的条件，牛腿只能承受在库水位 152.0 米以下的水压力，因此需要加固。加固方法简称为加支撑及夹板法，即在牛腿两侧各加三根钢梁，用螺栓对拉形成夹板，在牛腿及闸墩尾端各加两根钢支撑，顶住闸墩。

2.1973 年 12 月～1974 年 6 月第一溢洪道维修加固。根据观测资料分析，闸首扬压力比设计假定的高，按测压管水位与库水位关系线推测，库水位达到 157.5 米时，闸首的抗滑稳定安全系数较小，需采取加重措施。另外，泄槽底板砼冻融风化日益严重，风化剥蚀面达 70%～80%，原施工泄槽线型和设计线型出入较大，且纵横接缝普遍凹凸不平，为保证安全泄水必须进行维修加固。

加固措施：工程由两部分组成，第一部分为闸首加重，采用每孔胸墙后加重 264 吨，每个中墩尾部由 155.0 米高程加至 160.0 米高程，加重 169 吨，总计浇筑砼 886 立方米；第二部分为泄槽底板的维修，面积 9898 平方米，将原有风化剥蚀的表层砼凿除，回浇 30 厘米厚钢筋砼，一般凿深 10～15 厘米，共凿除砼 1400 立方米，补浇 300 号钢筋砼 3600 立方米。新老砼之间铺浓砂浆，并插筋、挂网。施工单位采用滑模、锯缝等技术施工，使新浇表层砼具有光滑的表面及较高的抗冻能力。

3.1975 年第一溢洪道闸墩裂缝处理。第一溢洪道闸墩裂缝最早发现于 1973 年 3 月，1974 年 11 月上旬又发现了大量裂缝。当时的裂缝情况是：边墩裂缝比中墩严重，四个中墩又以 1[#]中墩最为严重；东西边墩各有一条从底板一直贯穿到墩顶的长缝，上部呈树枝状，发生在扇形筋前面，其后各有 2～8 米的短缝，右边墩在闸门的上游侧有 2 条 3～5 米的短缝，边墩最大裂缝宽度 0.7 毫米；1[#]中墩左侧有 4 条竖向裂缝，右侧有 3 条竖向裂缝，裂缝最大宽度 0.5 毫米左右；从裂缝的部

位看，多分布在闸门导板和闸墩扇形筋之间，并且靠近闸墩中间部位的裂缝延伸较长，缝较宽，另外中墩上若干裂缝的位置在墩的两侧也互相对应。

水利电力部科学研究所和清华大学水利水电工程系承担了裂缝分析和处理工作，经过原型电测试验、闸墩应力计算和裂缝成因分析，得出如下结论：闸墩裂缝的主要成因是温度产生的拉应力导致砼产生裂缝，而闸墩砼的干缩对裂缝的产生和发展起了促进作用。

裂缝处理采用环氧灌浆，灌缝长约 300 米。另外为监测钢筋应力和裂缝的发展情况及趋势，在左边墩及 1# 中墩中，共埋设了钢筋应力计 9 支，测缝计 7 支，小型应变计 8 支，电阻温度计 8 支。整个仪器埋设工作于 1975 年 10 月完成。

4.2003 年 9 月下旬~2004 年 9 月下旬第一溢洪道除险加固工程，该工程隶属于密云水库输泄水建筑物除险工程。第一溢洪道修建时间较长，山体出现浮石，测压管出现淤堵现象。限于当时的设计标准和技术水平，砼出现冻融破坏，局部钢筋已外漏等，需要加固。

加固措施：1) 山体防护：山坡清理主要从坡顶往下清除浮石、松动石及有裂隙不稳定的岩石；溢洪道原有两侧浆砌石挡墙加高 0.8 米，宽 0.8 米，以遮挡可能落入泄槽内的山石；挡墙顶部为 C15 的现浇砼帽石，宽 1 米，厚 0.1 米；修复泄槽被偷盗损坏的钢筋栏杆。2) 测压管改造：在 2# 中墩、3# 中墩分别增设 1 个测压管，对 6# 测压管进行淤堵处理，对新建和原有的共计 20 个测压管进行注水试验。3) 砼病害处理：砼剥蚀碳化处理范围包括泄槽挑流坎、闸室底板、闸墩（底板以上 1.0 米范围）以及局部破坏严重的范围，采用聚合物水泥砂浆进行修补；结构防碳化处理范围包括公路桥、工作桥、闸墩及胸墙等结构表面，采用防碳化涂料进行处理；贯穿裂缝处理范围主要为闸墩部位，对缝宽大于 0.2 毫米的贯穿性裂缝通过环氧砂浆进行封堵处理。4) 检修门盖板及公路桥桥面：盖板砼标号为 C30F150 采用商品砼；沥青砼型号为 AC-13 细粒式；桥面伸缩缝材料为 60 型橡胶伸缩板、BW - 11



止水条，伸缩缝外围及下部通过角钢和钢板保护，缝内填充聚硫密封胶和低发泡聚乙烯板。

5.2014年9月5日~2014年12月5日，完成了第一、三溢洪道工作闸门水封更换工程，工程由北京翔鲲水务建设有限公司施工，安阳市润安工程咨询监理公司监理。工程总投资41万元。

6.2017年9月17日~2017年10月24日，实施第一溢洪道渗漏封堵工程。2017年8月30日，工程监测人员在日常巡视检查中发现，第一溢洪道2号中墩右侧墩体出现渗漏现象。现场观测为点状漏水，漏水共计2处，均位于工作闸门下游一、二期混凝土接缝处，距底板高度分别为0.5米和0.4米。实测两处总渗漏量约0.5升/分。经专家多次现场查勘，初步认定渗漏是闸门导轨附近一、二期混凝土结合处出现裂缝、形成渗漏通道所致。

工程措施：通过渗漏通道的排查和渗漏原因的初步判断，采取化学灌浆和表面柔性防渗涂料封闭的方案进行处理。对四座中墩和两座边墩渗漏问题进行封堵及混凝土缺陷处理。施工单位为北京中水科海利工程技术有限公司，设计单位为北京市水利规划设计研究院，监理单位为北京燕波工程管理有限公司，工程总投资46.22万元。

1.9.3.2 第二溢洪道

1. 1975年1月~1976年7月第二溢洪道维修加固，该工程隶属于密云水库输泄水建筑物除险工程。弧形门后的溢流堰堰面产生了局部的冻融破坏，面积约为100平方米，其最大深度4~5厘米，墩尾也有局部冻融破坏现象，以2#闸墩最为严重；泄槽底板纵横缝普遍凹凸不平，特别是横缝错合可达5厘米，高速水流作用下会产生负压气蚀，同时砼指标太低，表面冻融破坏十分严重，其表面积5000平方米，其中1000平方米剥蚀深度3~4厘米，1700平方米剥蚀深度2厘米，砼衬砌厚度30厘米，比较单薄，纵横排水沟埋深也比较浅。

工程措施：凿除溢流堰堰面和墩尾部分风化冻融剥落的砼，补浇

豆石砼，凿除深度 5~10 厘米，砼的指标为 300[#]S6D100；泄槽底板增设一条丁字形排水，断面尺寸 80 厘米×80 厘米，内设直径 50 厘米的预制砼管；提高泄槽砼的指标，改善泄槽不平整度，增加抗冲和抗冻的能力，砼标号为 250[#]S6D100；底板厚由 30 厘米增大为 50 厘米，纵横缝设止水，砼表面设温度筋。

2. 2003 年 9 月下旬~2004 年 9 月下旬第二溢洪道除险加固工程。第二溢洪道弧形闸门局部结构强度不足，闸墩及泄槽底板出现局部冻融破坏，威胁建筑物行洪安全，需要加固。

工程措施：工作桥及检修桥部位闸墩加高 50 厘米，凿除工作门及检修门二期砼，安装二期砼埋件；新建闸房、管理房、检修门库，更换启闭机；对闸墩下部、闸室和泄槽底板以及挑坎表面破坏部位，采用局部凿除并回填聚合物砼（水泥砂浆）的方法进行处理；挑坎出口右侧冲沟用铅丝石笼和干砌石回填加固；用聚合物水泥砂浆修补工作桥主梁碳化部位；交通桥原砼面层凿除，新铺设沥青砼面层。另外，弧形工作闸门更新工程也同期展开，2001 年 2 月开始制作，2004 年完成。

3. 第二溢洪道移动式启闭机更换（2010 年机闸岁修）。2010 年 6 月 22 日~2010 年 11 月 15 日，根据《密云水库金属结构安全检测》结果，启闭机为非标产品，设备简陋，系拼凑而成，设备运行可靠性差启闭机投运近 50 年，设备整体状况差，附属设施不健全，老化损坏现象严重，难以进行正常维护。运行控制功能不健全，启闭机机（门）架及梁系结构系构件截面普遍偏小，构件排列紊乱，结构整体刚度和稳定性差，不能满足安全运行要求。

工程措施：第二溢洪道检修门槽盖板防腐、水封更换、拆除原有旧移动式启闭机，安装新的移动式启闭机。工程总投资为 141.08 万元。

4. 2013 年 9 月 15 日~2013 年 11 月 7 日，根据 2008 年桥梁安全检测结果，第二溢洪道交通桥桥梁状况等级评定为三类，需要采取工程措施对其进行维修加固。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京



通成达水务建设有限公司施工，安阳市润安工程咨询监理公司监理。

工程措施：对交通桥 T 梁腹板、横板梁及翼板出现的宽度大于 0.2 毫米的裂缝采用化学灌浆方法进行处理。裂缝灌浆之后，为提高桥梁的结构安全性，消除桥梁裂缝存在的安全隐患，本工程采用碳纤维复合材料粘贴对桥梁主体混凝土结构进行加固、补强。每跨主梁用钢筋混凝土横系梁加强横向联系，梁中横系梁高 0.6 米，宽 0.49 米，全桥 150 片。梁端横系梁高 0.8 米，宽 0.49 米，全桥共 100 片。横系梁预埋钢板，钢板之间仅以钢筋连接，不满足规范要求。本次维修改造将现状联系钢筋剔除，对混凝土及钢板外表面打磨，增设 10×70×130 毫米的钢板与两侧主梁钢板焊接，焊缝厚度为 10 毫米。全桥增加钢板 100 块。工程总投资 140.45 万元。

5.2014 年 8 月 25 日~2015 年 4 月 15 日进行第二溢洪道泄槽边墙修复。潮河第二溢洪道泄洪槽边墙混凝土剥蚀严重，露出骨料，伸缩缝间灌木丛生，严重部位钢筋外露，抗冲刷能力降低，需进行修复。工程由北京市水利规划设计研究院设计，北京翔鲲水务密云分公司施工安阳市润安工程咨询监理公司监理。工程总投资 98 万元。

工程措施：将两侧边墙表层破损混凝土凿除，凿除深度不小于 5 厘米，挂 $\Phi 4@100$ 铅丝网，并设 $\Phi 16$ 锚筋与原墙体连接，锚筋采用植筋型式，植筋深 0.5 米，间距 0.9 米，外抹 5 厘米厚聚合物砂浆及防碳化涂料。

1.9.3.3 第三溢洪道

1.1976 年 4 月~1983 年汛前增建第三溢洪道。1975 年 8 月河南发生特大暴雨后，按照水电部郑州会议《关于复核水库防洪安全的几点规定》，清华大学水利系对密云水库出现可能最大洪水及水库防洪安全进行了复核。根据修订的水文成果核算，水库原有的防洪标准仅能达到 3000 年一遇，如遇到可能最大洪水，最高洪水位将超过坝顶高程因此，决定增建第三溢洪道以确保水库安全。

可能最大洪水数据是采用清华大学 1976 年提出并经水电部审定的修正水文分析成果，这个数据和水库地区的万年一遇洪水接近。根据调洪计算，遇到可能最大洪水，第三溢洪道的最大泄量为 6790 立方米/秒。

第三溢洪道的位置经水电部、北京市及其他有关单位多次现场勘察，共同研究，最后选定在第二溢洪道以东的分水岭上。始由清华大学水利系进行设计，1976 年第二季度，北京市水利工程总队及通县、顺义民工施工。7 月 28 日唐山地震后，施工力量转移到白河库区，参加抢筑白河主坝，第三溢洪道施工暂停。

1977 年初，水电部天津勘测设计研究院接替清华大学进行第三溢洪道的设计工作，1978 年初，北京市水利工程总队等第二次进场施工，至 1983 年汛前完工。共开挖石方 74.3 万立方米，浇筑砼 4.87 万立方米。

2.1995 年 5 月～1996 年第三溢洪道检修叠梁配套工程。1995 年 5 月 29 日至 6 月 23 日由北京市水利工程安装处完成四根丁型叠梁共计 17.36 吨的制安，投资 32.3 万元。1995 年 7 月至 9 月，由河南省新乡市中原起重机械总厂完成一台移动式吊车（与第二溢洪道吊车相同）的制安，投资 31.4 万元。另外，1996 年进行的工程还有：对检修门启闭机钢轨进行修整，投资 5.1 万元；检修门洞口铁篦子防腐工程，投资 7 万元；原有叠梁防腐面积 1190 平方米，投资 31.2 万元；新建叠梁存放库。

3. 1997 年 3 月下旬～12 月下旬第三溢洪道闸门防腐。对六孔闸门进行了喷砂除锈、喷锌防腐及环氧树脂封闭等工作，并更换了六孔闸门的底水封，在 L 型水封后加 P 型水封，更换了六孔闸门的钢丝绳，每孔四根，每根 36 米，共计 864 米。

4. 2001 年 2 月中旬～2003 年 8 月底第三溢洪道加固改造工程。1995 年水库安全检查结论认为该工程存在一些安全隐患：叠梁检修门与第二溢洪道共用一套，管理运用极不方便，且提升运输设备不完善结构裂缝、砼剥蚀严重；部分观测设备失灵（电测），无完整的安全



监测系统；闸门、启闭设备应全面维护检查保养。

工程措施：对排水廊道、堰面、边墩下游直墙以及泄槽底板等处的裂缝进行修补，以堵漏止水、防止钢筋锈蚀、加强结构的整体性；增设叠梁门、叠梁门库及电梯机房；完成六扇弧形工作闸门的防腐；拆除原门轨轨道，重新埋设新轨道；加固并改造启闭机房；恢复完善观测系统。

5.2013年8月12日~2013年9月30日，我处委托河南省东方集团防腐有限公司负责完成第三溢洪道启闭机电动机、制动器更新项目，该项目共完成更换 YJZ42-8 型电动机 6 台，JZ-300 型制动器 6 台，联轴器 6 套。工程投资 56.72 万元。

6.2015年9月15日~2015年10月31日第三溢洪道移动式启闭机改造。根据 2009 年《密云水库金属结构安全检测报告》，第三溢洪道移动式启闭机为非标产品，设备简陋拼凑而成，运行可靠性差，不能满足安全运行要求；启闭系统不健全，存在严重安全隐患，需进行更新改造。

工程措施：对移动式启闭机和抓梁全部更新，叠梁吊耳配套改造，叠梁防腐、局部更换橡皮止水。设计单位为北京中水科工程总公司，施工单位为江苏省水利机械制造有限公司，工程总投资 67.35 万元。

7.2015年9月11日~2015年10月31日第三溢洪道及潮河泄空隧洞出口混凝土缺陷修复。第三溢洪道已运行三十余年，混凝土表面产生不同程度的碳化和蜂窝麻面、剥蚀、凹坑、钢筋露头等缺陷。若不采取修复措施，必将导致越来越多、越来越严重的缺陷，从而影响建筑物正常使用。

工程措施：对第三溢洪道闸首和引渠翼墙、泄槽的底板与边墙、挑坎的底板与边墙表层混凝土进行缺陷修复和表面防碳化处理，缺陷修复面积约 6600 平方米，防碳化处理面积约 19800 平方米，伸缩缝处理约 547 米。设计单位为中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司，施工单位为北京通成达水务建设有限公司，监理单位为安阳市润安工

程咨询监理公司，工程总投资 415.69 万元。

1.9.4 调节池工程

1.1964 年 ~ 1967 年 12 月调节池第一次改建。原调节池总库容 858 万立方米，坝顶高程 94.5 米，由总长 1930 米的主坝、东副坝、西副坝及泄水闸、进水闸组成。主副坝均为粘土斜墙坝，主坝前有 100 米长的铺盖，副坝前有 20 ~ 30 米长的铺盖。由于调节池地基已被破坏，对较大的卵石堆积坑，部分做了处理，但未铺垫反滤料粘土，又加上施工质量不够，水位到 89.0 米高程时，已建的铺盖在短期运用以后又发生了塌坑、穿孔、管涌等现象，漏水严重，根据 1961 ~ 1962 年实际观测资料计算结果，平均日渗透流量达 8 ~ 10 立方米/秒，工程不能在设计水位蓄水。

为维持正常运用，进行了第一次改建。这次改建从泄水闸左岸至反渠 1+500 米处修建一条中堤，坝顶高程 94.0 米，坝型为粘土斜墙坝。反渠渠底和西库（铁路桥以西）全部用粘土防渗，粘土厚 0.5 米，并加高铁路路基至高程 94.5 米。改建后的调节池包括主坝西段、西副坝、中堤、泄水闸和进水闸，蓄水最高水位 93.5 米，库容 256 万立方米。

2.1967 年 12 月 ~ 1969 年 9 月调节池工程第二次改建。由于水库放水主要服从下游工农业用水需要，发电处于从属地位。除灌溉季节为给下游供水，电站带基荷运行外，机组只能作调相运行和事故备用，不能发挥调峰作用。为改变这一情况，1964 年经水电部决定，将 I、II 号机坑改装成两台抽水蓄能机组。这样在电网系统尖峰负荷时，可用白河电厂发电，通过机组放下来的水，再用电网系统中低谷的电量，以抽水蓄能机组将水抽回水库。为此，必须将原调节池加以扩建。

扩建后情况：扩建后的调节池工程包括反渠、东堤、中堤、西堤、南堤、东堤泄水管道、西库北堤及挡水闸、泄水闸、进水闸。总库容 503 万立方米，蓄能有效库容 210 万立方米，占地面积约 71 万多平方



米，运行最高水位 94.0 米，最低水位 91.2 米，有效水深 2.8 米，池底最低高程 84.5 米，堤顶高程 94.5 米，池底和堤坡全部用粘土和砗板衬砌防渗。

3.1991 年 5 月初~7 月底调节池东堤、南堤砗路面铺筑工程。原调节池东堤和南堤路面泥泞不堪，凹凸不平，给调节池工程抢险带来极大不便，因此铺筑长 5 公里、宽 5 米、厚 15 厘米的砗路面。

4.1997 年调节池南堤护坡工程。调节池南堤护坡翻修部分总长 250 米，其中包括 220 米缓坡段（泄水闸西侧）和 30 米陡坡段（进水闸附近）。

工程措施：先拆除原浆砌石面板缓坡段，铺上一层级配好的砾石并夯实，缓坡段浇筑砗，急坡段采用铅丝挂网砂浆。

5.2003 年 6 月中旬~9 月中旬调节池防护网工程。沿调节池外堤修建防护网，该工程包括调节池东西两岸、环小西库段、白河泄空隧洞下游横渠段。工程量共计钢制防护网 9451 米，大门三座，浆砌石墙 80 米，左岸防护网下水泥砂浆铺卵石 3650 米，防护网内土方平整、清除 17350 平方米。

6.2006 年 5 月 16 日~26 日调节池泄洪闸西侧南堤防渗维修工程。3 月份和 5 月份两次输水运行时，发现调节池泄洪闸下游二级消力池西边墙排水孔均有水排出，渗水清澈无杂物，现场开挖观察分析，认为渗水从右岸坝坡与翼墙相接处砗面板进入，形成渗漏通道。

工程措施：拆除原防浪墙、护坡砗面板、浆砌石，清除渗流冲刷的砂石料，换填抗渗粘土坝体材料，重新浇筑防浪墙、护坡砗面板。

7.2008 年 10 月 6 日~12 月 31 日密云水库调节池泄洪闸公路桥改建工程。该公路桥担负着重要的防汛和运输任务，使用频率较高，运行已达 40 多年，桥墩产生不均匀沉降，钢筋混凝土结构出现病害，经检测，该桥荷载等级已远低于原设计标准，存在安全隐患。经北京市水务局批准，对该桥进行改建。

工程措施：将原公路桥上部结构拆除，新建闸桥分离的交通桥；

新建桥梁汽车荷载等级为公路-1级，单跨，桥长27.50米，宽8.07米，桥面高程94.88米；上部结构采用4片27.44米长、1.5米高的预应力砼T型梁，下部结构由盖梁和4棵桩径为1.2米的钻孔灌注桩组成。

8.2016年4月至2017年8月，实施调节池堤坡修复及小西库挡水闸更新工程。调节池堤坡砼防渗板接缝处破损严重，缝内长有大量的灌木根，伸缩缝内材质老化，不能满足防渗要求；铁路桥两侧栏杆及桥板破损严重，且部分丢失，桥板支撑锈蚀，给工程巡视人员出行带来安全隐患；小西库闸门及启闭机安装年代久远，2009年《密云水库金属结构安全检测报告》中指出：根据《水利水电工程金属结构报废标准》（SL226-1998），为确保小西库挡水闸安全运行，现有启闭机应报废更新。工程总投资502.93万元。

工程措施：修复调节池东堤坡伸缩缝3642米、西堤坡伸缩缝4256米、南堤坡伸缩缝171米。安装铁路桥金属栏杆127.12米、预制混凝土板5.25立方米。小西库挡水闸闸墩、闸室拆除重建，更换启闭机、闸门。设计单位为北京市水利规划设计研究院，施工单位为北京金河水务建设有限公司，监理单位为安阳市润安工程咨询监理公司。

1.9.5 险工统计

1995年，经北京市政府批准原市水务局委托清华大学水利水电工程系对密云水库进行了一次全面安全检查。2015年，委托中国水利水电科学研究院对密云水库大坝进行安全鉴定。根据清华大学提出的安全检查报告、密云水库安全鉴定报告的结论及工程存在问题的轻重缓急，近年来，北京市水务局拨付资金对部分工程进行了除险加固，改善其运行条件。但是，目前还有部分在安全鉴定中提出的重要问题未安排解决。存在的主要问题具体如下：

1.9.5.1 北白岩副坝

北白岩副坝防渗墙顶部与防浪墙之间存在4米宽的缺口，缺口采



用三油两毡处理。1998 年重新更换 0+006~0+085.5 的隔水层，其它部位已使用 40 多年，一直没有更换。建议对这一局部防渗结构重新设计和处理。

右岸坝基桩号 0+090~0+120 之间存在较透水的挤压破碎带，运行过程中出现过渗透异常和渗漏，虽然经过两次防渗墙加固治理，但 1998 年后仍没有经过高水位运行的检验。随着南水北调工程引水进京，今后水库将逐渐向高水位运行变化，超过历史最高水位后，应特别关注测压管水位的变化和下游坝基渗水情况，如出现明显变化，要及时分析原因，必要时采取工程措施。

1.9.5.2 第二溢洪道

泄槽混凝土老化病害普遍，修补工程量较大，施工难度大，新老混凝土结合难等问题，建议拆除重建下游泄槽。检修机房和工作闸室连接处混凝土存在变形，造成检修启闭机轨道断裂，建议对启闭机轨道维修。对上游弧形翼墙进行裂缝注浆和防碳化处理。检修门机无锁定装置（夹轨器），存在运行安全隐患，建议增加锁定装置。增加溢洪道闸墩变形监测点。

1.9.5.3 白河泄空隧洞

2000 年根据安全检查报告中提出的问题已对泄空隧洞上下游闸门及启闭设备进行了更新，但考虑更换上游闸门时门前存在淤积可能导致新闸门不能落底造成永久漏水现象，新闸门放在检修平台上一直未安装，仍为旧闸门挡水运行。在对泄空隧洞洞身衬砌外观检查中发现在全洞长 451 米内存在 61 条裂缝，其中绝大部分为环向缝，缝宽一般小于 1 毫米，个别的宽达 5~10 毫米，长度一般为 0.6~0.7 米，多为湿裂缝，有白色钙质析出物，其中 0+104.3 米及 0+245 米两处有滴水现象，分析原因是洞外地下水位高于洞底板所致。自桩号 0+200 米以后为干裂缝，表明洞外地下水位已低于底板高程。又由于该洞位于白河主坝

东坝头坝肩，山体单薄，地质条件不好，为保障该洞运行安全，应对上述发现的裂缝进行补强处理。

2015年10月8日~21日，密云水库白河泄空隧洞 ROV 水下探测工程。主要工作内容为潜水员对洞口进行水下探测，水下机器人 ROV 探测闸门井前 130 米有压段洞内情况进行探测。通过现场检查，发现泄空洞内堆积大量淤泥，在洞口到洞内 117 米处淤泥逐渐变厚，由 2.2 米逐渐变化到超过 3.4 米，致使距离洞口 117-130 米段 ROV 无法进入检查，洞内淤积量约 927 立方米。工程总投资：48.96 万元。

2017 年《密云水库大坝安全鉴定报告书》中指出：检修闸门已运行 40 年，表面防腐涂层质量差，局部涂层脱落，主要构件和零部件存在严重锈蚀，局部锈损，且锈蚀有继续发展趋势；闸门焊缝内部存在少量制造缺陷。建议报废更新。隧洞进口段淤积严重，由洞口至洞内 117.0 米 淤积厚度为 2.2 米~3.4 米。择时清理上游洞口及洞内淤积的大量淤泥。对隧洞衬砌工作缝渗漏问题，可采用合理措施进行处理。出口段墙体疑似存在内外贯通裂缝，建议进行处理。

1.9.5.4 调节池

调节池泄洪闸闸墩局部受拉区的扇形局部受拉钢筋截面面积不满足规范要求，混凝土强度不满足现行规范对结构耐久性的要求，且主要承载结构梁出现明显挠度变形，混凝土结构存在各种老化病害，建议进行彻底的除险加固，拆除闸首重点隐患结构。调节池泄洪闸闸门和启闭机存在严重的安全隐患，依据《水利水电工程金属结构报废标准》（SL226-1998），调节池泄洪闸闸门和启闭机应报废更新。东西堤顶道路不平整，破损严重，内坡护坡混凝土结构存在裂缝等现象建议重新铺设路面，对护坡结构进行修补。



第2章 水工建筑物概况

2.1 大坝

2.1.1 白河主坝

1 地质、地貌、岩层原始资料

坝址为一阶地的箱形河谷，两岸陡立，左岸坡 $85^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，右岸坡 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。河床高程 94~98 米，两岸山顶高程约 250~260 米，岸高约 150 米。河谷底宽 900~1000 米，顺河方向长约 700 米。

坝址岩层有前震旦纪片麻岩，震旦纪石英岩，中生代火成岩及第四纪砂卵石层。岩层是倒转的片麻岩在上，石英岩在下。片麻岩风化很深，渗透性小，石英岩节理发育，渗透性强，火成岩多呈岩脉状侵入岩层。两岸岩层倒转，倾向上游。由于构造发育，断层，挤压破碎带和裂隙很发育。河床砂卵石覆盖层最深达 44 米，平均渗透系数范围为 500~800 米/日。

2.1.1.2 筑坝材料技术指标的确定

白河主坝筑坝材料包括：壤土、砂砾石等斜墙和坝体材料，还有堆石排水的石料、反滤料、护坡块石和卵石，斜墙护坡的垫层材料等。

1. 壤土技术指标的确定

(1) 塑性指数 M_n 为 9~17。

(2) 按重量比，有机物含量小于 3%，可溶盐数小于 3%，以免发生渗水通道。

(3) 壤土种含砾量不超过 10%，以免填筑时产生砾石集中，含砾量大于 3% 时，压实干容重要加调整，以免土壤压实不密。施工中，土料含砾量都小于



3%。

(4)斜墙、齿槽、厚铺盖的填土压实干容重为 1.7 吨/立方米；薄铺盖的则用 1.65 吨/立方米。

(5)壤土的渗透系数要求小于 10^{-6} 厘米/秒，内摩擦角大于 $C=22^{\circ}30'$ ，凝聚力大于 $\Phi=0.2 \text{ kg/cm}^2$ (2 吨/平方米)。

2. 砂砾石技术指标的确定

(1)压实干容重按照压实标准表 6~13。含砾量为 10~70%，压实容重 1.71~2.07 吨/立方米。

(2)含砾量为 10~70%，只有在坝轴线下游的高程 120 米以上部分允许用含砾 70~80% 的砂砾石。含砾量小于 10% 的砂砾石不易压实，不予采用。

(3)粒径小于 0.1 毫米的含泥量，按重量比，应小于 10%。含泥量高时，会降低砂砾石的透水性，在施工时碾压洒水，在层面上会形成薄泥层，降低砂砾石的强度。含泥量超过 10% 时，坝体浸水后，将产生较大的沉降。

(4)自然休止角大于 35° 。

3. 垫层材料

在斜墙、厚铺盖、贴坡、以及壤土与砂砾石连接处，要求铺设 0.5 米厚的垫层，其技术指标如下：

(1)用含砾量小于 30% 的粗砂、砾石料。

(2)料中最大卵石直径小于 5 厘米。

(3)压实标准与坝体砂砾石相同。

(4)不均匀系数小于 10。

(5)内摩擦角小于 35° 。

(6)含泥量小于 10%。

4. 反滤料

在坝体砂砾石与堆石排水及坝基砂砾石之间应设置反滤层，反滤料的技术要求如下：

(1)反滤料的颗粒坚硬、未风化、耐侵蚀。

(2)小于 0.1 毫米的细粒含量按重量比小于 3%。

- (3)砂料洁净，不带有泥块等杂质。
- (4)50 次冻触循环后。重量损失小于 5 %。
- (5)超径颗粒按重量比小于 5 %。

5.排水块石及护坡块石

- (1)质地坚硬、无节理裂隙、无尖角锐边、未风化的石料。硬度大于摩氏硬度 3。
- (2)25 次冻触循环后，抗压强度大于 400 公斤/平方厘米。
- (3)尺寸要求：
排水及上游护坡块石，d=30~40 厘米
排水及上游护坡卵石，d=19~20 厘米及 d=20~30 厘米
下游护坡块石，d=20~30 厘米
下游护坡卵石，d=20~30 厘米

2.1.1.3 坝轴线及坝型选择

1. 三条比较坝轴线，Ⅰ—Ⅰ、Ⅱ—Ⅱ、Ⅲ—Ⅲ

表 3-1 三条比较坝轴线

坝轴线	Ⅰ—Ⅰ	Ⅱ—Ⅱ	Ⅲ—Ⅲ
坝长	1023	942	1143
壤土方	224.8 万立方米	210 万立方米	229.8 万立方米
砂砾方	754.9 万立方米	700 万立方米	821.4 万立方米
地质条件	两岸坝头为良好的石英岩强度大，稳定性好。帷幕线的基岩左半部为片麻岩，风化稍深，不透水。右半部为石英正常斑岩，强度好，风化浅，透水性弱。	两岸坝头为质量较差的石英岩，两岸坡脚有较大的坡积体。帷幕线的基岩为石英岩，坚硬，耐风化，裂隙发育，透水性较大。	两岸坝头为良好的石英岩强度大，稳定性好。帷幕线的基岩为石英岩，坚硬，耐风化，裂隙发育，透水性较大。
施工条件	覆盖层地基处理与填筑大坝很少干扰。	覆盖层地基处理与填筑大坝很少干扰。	覆盖层地基处理与大坝填筑在两坝头部分有干扰。
削坡	工程量稍少	工程量稍少	工程量稍多



2. 坝型的选择

由于当时经济和地质等条件所限，放弃了堆石坝、混凝土坝。

斜墙坝与心墙坝的比较：

(1)斜墙坝比心墙坝的优点：

填筑砂砾石坝体和填筑壤土斜墙可分别进行，互不干扰。

斜墙坝的坝体填筑可与地基处理同时进行。

斜墙坝在斜墙下游砂砾石坝体中的浸润线很低。

(2)斜墙坝比心墙坝的缺点：

壤土斜墙躺在砂砾石坝体上，如后者不均匀沉降，斜墙将产生裂缝。

斜墙与岩岸连接的构造比较复杂，不易做好。

斜墙在坝体上游面，在人防上不如心墙安全。

斜墙坝比心墙坝填筑量大。

2.1.1.4 土坝构造

1.坝顶

白河主坝坝顶高程 160.0 米，估计白河主坝沉降超高为 0.3。坝顶建筑高程为 160.3 米。坝顶公路上游边设浆砌条石防浪墙，高 1 米，墙顶高程 161.0 米。墙底与壤土斜墙连接，构成统一的防渗体。浆砌条石墙每 15 米长作一沉降缝，缝内垫油毡，坝顶公路下游侧设路边条石保护，高 0.3 米。

2.坝坡及马道

白河主坝的上、下游坝坡的确定，是根据筑坝材料的特性、坝坡的稳定要求等。下游坝坡自坝顶向下分为三段：1:2、1:2.25 及 1:2.5。上游坝坡要保证壤土斜墙稳定，坡度要适当放缓，自坝顶向下分为三段；1:2.85、1:3.0 及 1:3.25。

上游坝面自高程 160 米到 143 米，采用 1:2.85；高程 143 米到 124 米，采用 1:3.0；在高程 124 米处设一马道，宽 1.5 米，支承坝面护坡。高程 124 米到 105 米，采用 1:3.25。高程 105 处为厚铺盖顶部。

下游坝面自高程 160 米到 120 米，采用 1:2.2；在高程 120 米处设一马道，

马道宽 1.5 米。高程 120 米到 102 米，采用 1:2.5。在高程 102 米处为斜卧排水体顶部，宽 6 米。斜卧排水体下游坡采用 1:8。

3. 斜墙的确定

采用薄斜墙，经计算，斜墙内坡为 1:2.25，渗透梯度为 5.15，计算出斜墙底部厚度为 $(158.2-95.0)/5.15 = 12.3$ 米，垂直于斜墙内坡的厚度。斜墙顶部厚度根据施工便利最小为 1.5 米，水平宽度为 3 米。因此斜墙外坡在高程 149.5 米以下为 1:2.25，在高程 149.5 米以上为 1:2.25。

白河主坝坝基砂砾石覆盖层深达 44 米，采用混凝土防渗墙及粘土水泥灌浆帷幕等综合防渗处理方案。为了使地基处理与大坝填筑同时进行，大部份地基处理还要在拦洪度汛以后进行，垂直防渗必须离开斜墙上游脚一定距离。向工人师傅请教后，这一距离至少 15 米，采用 17.5 米，斜墙底水平宽 36.7 米。所以垂直防渗中心线定在斜墙下游脚的上游 54.4 米，用 8 米厚的水平铺盖把垂直防渗与斜墙连起来。地基垂直防渗在一九五九年汛前做不完，为保证大坝拦洪度汛安全，在厚铺盖上游做水平薄铺盖，长 203.5 米，厚度向上游逐渐变薄，由 3.5 米变到 1 米。

4. 护坡及保护层

大坝上游护坡保护坝坡不被波浪冲刷。护坡下面做垫层，起反滤层作用，防止斜墙上面的保护层砂砾石的细颗粒被波浪淘刷。斜墙上砂砾石保护层防止壤土斜墙干缩裂缝和冰冻，还起人防作用。大坝下游护坡防止下游坝面被雨水冲刷。护坡下面做垫层防止水流沿护坡底流动时造成冲刷。

(1) 上游护坡尺寸：高程 124 米马道以上护坡为；第一层厚 30 厘米干砌块石，第二层厚 10 厘米紧砌块石，砾石垫层改为 20 厘米厚。在高程 124 米马道以下；采用单层立砌卵石护坡，厚 0.3 米。

(2) 上游保护层厚度：白河地区冻土深度约 1 米，也满足防干缩裂缝的要求。为了施工运料减少，保护层尽量做薄一些，在坝顶处采用厚 1.5 米，在坝半高处采用 3.0 米，在坝底处采用 5.0 米。这样保护层厚度，连同护坡厚度，不能完全满足人防要求。较合理的办法是紧急降低水库水位。

(3) 下游护坡尺寸：采用单层干砌块石或卵石护坡，厚 20~30 厘米，下面设



10 厘米卵石垫层。水库运用以后，发现垫层嫌薄，级配不好，坝坡有局部地点发生雨水淘刷，护坡塌陷，经修补后未再发展。

(4)对护坡、垫层做法的探讨

上游护坡和垫层对防止波浪冲刷的作用很大，必须把块石咬紧，缝隙填实。白河主坝用人工破开的河床大漂石作护坡石，为了使表面平整，将破并的粗糙面迎水，圆滑面接缝，这样石块不稳定，全凭垫石嵌紧，石块容易松动，降低了抗冲刷能力。最好将石块粗糙面接缝。

下游护坡也要有足够厚的垫层，以防雨水沿护坡底冲刷坝体砂砾石。

块石护坡直径 30 厘米，砌筑时已需两人才能搬动，但水库风浪冲击力很大，易把护坡冲坏，目前一般公式算出的石块尺寸嫌小，不够安全。而石块过大，又不好施工。白河主坝在初期蓄水水位到达 130 米左右时，曾遇到一次七级左右的大风，左岸迎风面处，在 1 米高的范围内，冲坏护坡长约百余米，后来采用官厅水库土坝的经验，用水泥砂浆嵌缝，把三、四块护坡块石连成一大块浆砌块石，对防浪很有效。

5.坝面排水沟和坝头截流沟

在上、下游坝面与两岸山坡连接处，设浆砌块石截流沟，底宽 0.8 米，深 0.6 米，做成直线沟，转弯处做成圆滑曲线，使水流通畅。在两岸山坡冲沟末端与坝面连接处做了浆砌石跌台，分散水流，防止山洪冲刷。

下游左岸坝脚处，利用一部分坡积物作为坝基。为了防止坡积物中土和碎石被雨水冲下，堵塞截流排水沟，该段用直径 1.5 米的混凝土管截开成四分，盖在截流沟上，形成拱形盖板。

2.1.1.5 坝的防渗设备设计

白河主坝防渗措施包括三部分；坝体防渗、坝基防渗和坝头防渗。

坝体防渗：采用壤土斜墙。

坝基防渗：采用多种措施结合的综合方案。在靠近两岸覆盖层较浅部分：右岸桩号 0+072 ~ 0+158 米，左岸桩号 0+932.86 ~ 1+025 米，全长 178.14 米，采用壤土齿槽。自桩号 0+148 ~ 0+298.17 米，及自桩号 0+524 ~ 0+942.86 米，

两段全长 569.03 米，采用混凝土防渗墙。自桩号 0+291 ~ 0+531 米，长 240 米，采用粘土水泥灌浆帷幕，这一段砂砾石颗粒较粗，可灌性较好。

大坝斜墙到垂直防渗之间用厚铺盖相连，自斜墙下游脚至垂直防渗中心长 54.4 米。为了拦洪度汛，在垂直防渗线上游做薄铺盖，长 203.5 米。

坝头防渗：坝两头河岸坡度较陡，断层、挤压破碎带及节理裂隙较发育。为了防止岩岸中绕坝渗透引起渗透破坏，减少河岸渗漏量，防止渗流进入坝体，抬高浸润线，进行坝头河岸劈坡，并把斜墙与河岸连接处局部加厚。在斜墙下游做壤土内贴坡，把斜墙与坝轴线之间的山坡包起来。在斜墙上游视岩岸情况采用水泥灌浆、水泥喷浆、水泥砂浆勾缝、浆砌石防渗护面等措施。

1. 坝体防渗措施

(1) 壤土斜墙

墙尺寸的确定：斜墙内坡为 1:2.25，斜墙外坡在高程 149.5 米以上为 1:2.25，在高程 149.5 米以下为 1:2.815。

垫层：壤土斜墙下砂砾石垫层厚 0.5 米。

(2) 壤土斜墙与岸岩的连接

连接方案的比较：

- 1) 斜墙至坝头处变成心墙，以心墙与岸岩连接
- 2) 斜墙至坝头处扩大为均质坝
- 3) 斜墙至坝头处局部加厚，并在斜墙下游到坝轴线做包山的壤土贴坡。

斜墙局部加厚：由于有了壤土内贴坡，右坝头按照要求斜墙局部加厚 50%，左坝头因为有导流渠道，加之土料上坝困难、又要求加快施工速度所有没有进行局部加厚。

壤土斜墙与导流廊道的连接：白河主坝施工导流隧洞在左坝头山脚，位于坝下。廊道通过壤土斜墙和砂砾料坝体。一是斜墙局部加厚，二是在廊道与斜墙接触段加做十个钢筋混凝土截流环，高 1 米，间距 5 米，使得接触渗径由 41.4 米达到 85 米。

2. 坝基防渗措施

防渗线位于坝轴线上游 200 米，覆盖层一般深 30 米，最深达 43.81 米，下



面为前震旦纪片麻岩，在桩号 0+650 到 0+920 米，以辉石斜长片麻岩为主，俘虏体为石英正长斑岩；在桩号 0+650 以西，0+920 以东，以石英正长斑岩为主，有少量辉石斜长片麻岩俘虏体。

确定第四方案：自桩号 0+158 到 0+298 米，及 0+560 到 0+933 米用防渗墙。0+298 到 0+560 米为帷幕灌浆。

3. 坝基防渗线的局部修改

新防渗线自桩号 0+072 到 0+298.71 米仍用原来的防渗线，距坝轴线 200 米。其中 0+072 到 0+158 米为壤土齿槽，0+148 到 0+298.71 米为混凝土防渗墙；齿槽与防渗墙搭接 10 米。防渗墙与低标号混凝土孔柱相接，为了利用试验性施工的低标号混凝土孔柱，自桩号 0+291 到 0+531 米为灌浆帷幕，其中排孔向下游移 1.75 米。防渗墙与灌浆帷幕搭接 7.17 米，而且防渗墙插在两排灌浆孔线之间，浆液在设计的扩散范围内将防渗墙完全包住，对接头有利。灌浆帷幕利用了 0+298 到 0+430 米内的低标号混凝土孔柱，而两排灌浆孔线又都避开了这排低标号混凝土孔柱，以免钻孔困难。在 0+430 米以东，又避开了试验性施工的废槽孔，以免钻孔困难。东段混凝土防渗墙的中心线自 0+524 ~ 0+924.166 米向下游移 3.5 米，0+924.166 为一转折点，自 0+924.166 ~ 0+942.861 米为斜线，与原来的东齿槽中心线相接。灌浆帷幕与防渗墙搭接 7 米，而且防渗墙插在两排灌浆孔线之间，对接头有利。在 0+524 米以东，防渗墙又避开了试验性施工的废槽孔。在防渗线斜线上，自桩号 0+932.861 到 1+025 米为壤土齿槽。防渗墙与齿槽搭接 10 米。新帷幕线的灌浆帷幕中排孔向下游移了 1.75 米，东防渗墙中心线向下游移 3.5 米。

4. 壤土齿槽设计

(1) 齿槽中心线布置，靠近两岸坝头河床覆盖较浅，采用壤土齿槽，因为可群众性施工，缩短混凝土防渗墙的工期。根据官厅水库等工程的经验，决定齿槽最大开挖深度为 15 米，齿槽长度即据此确定。

西齿槽中心线沿着白河主坝防渗线，齿槽自桩号 0+072 到 0+158 米，长 86 米，西端与岩岸相接，东端与西混凝土防渗墙搭接。

东齿槽中心线不能沿着白河主坝防渗线，因为有上游导流渠道。齿槽中心

线在防渗线桩号 0+924.166 米处转折向下游 30 度左右，齿槽与廊道相交。因为开挖东齿槽时发现地下水太旺，开挖深度到不了 15 米，把原设计齿槽缩短了 15 米。东齿槽自桩号 0+932.861 到 1+025 米，长 92.14 米，西端与东防渗墙搭接，东端与岩岸相接。

(2) 壤土齿槽断面

壤土齿槽断面是梯形的，要确定底宽和两侧边坡。选定壤土齿槽底宽 5 米，钢筋混凝土齿墙高 2.5 米，顶厚 0.5 米，底厚 1 米，底板宽 1.4 米。

壤土齿槽边坡设计为 1:1.5（实际施工为节省工程量为 1:1），每 5 米深留一马道，宽 1 米。为了减少回填壤土方量，保证壤土齿槽内壤土厚度为 12.3 米，即斜墙底抗渗需要的厚度，上部上游侧三角形中回填了砂砾石。

(3) 齿槽底基岩灌浆

齿槽下基岩表层 5~7 米岩石透水性较大，设计中根据防渗线地质剖面图，把单位吸水率 $\omega > 0.2$ 公升/分的区域进行帷幕灌浆。这一标准偏低的，因为施工工期紧张，不允许加深帷幕。西齿槽 86 米长中钻孔 16 个，孔距 5 米，平均孔深 5.5 米。东齿槽 92 米中钻孔 23 个，间距 5 米，平均孔深 7.7 米。钻孔进尺 265 米。

(4) 齿槽与其他部分的连接

壤土齿槽与壤土铺盖之间采用平接，未做特殊处理。壤土齿槽与岩岸的连接，把岩岸削坡整平，夯紧壤土。两岸齿槽中钢筋混凝土齿槽与河岸紧接，嵌入基岩内。齿槽内齿墙在两岸中止。壤土齿槽与混凝土防渗墙搭接。

5. 壤土铺盖设计

白河主坝地基处理需要厚铺盖和薄铺盖。厚铺盖用以连接斜墙和垂直防渗的齿槽、混凝土防渗墙。灌浆帷幕，使坝体填筑和地基处理可同时施工，加快施工进度。厚铺盖是正常运用的。薄铺盖是用来保证 1959 年白河主坝拦洪度汛时的坝体安全。

(1) 厚铺盖的设计

长度：大于 $36.7+15$ ，取 54.4 米

厚度：8 米



垫层：厚铺盖下铺垫 0.5 米砂砾石，材料要求同斜墙的垫层。

保护层：厚铺盖顶铺 2 米厚的保护层，保护层适当压实以便表面行车。

与斜墙、齿槽、河岸的连接：厚铺盖与斜墙的连接直接相连形式，厚铺盖与齿槽采用平接的形式。厚铺盖与西边岩岸的连接，先把岩岸削坡为 1:0.75，填筑壤土，做坝外贴坡，即铺盖包山。在右岸，防渗线在桩号 0+924.16 米向下游转折，厚铺盖长度逐渐缩短，最后斜墙直接位于齿槽之上。

(2)薄铺盖的设计

长度：203.5 米

厚度：最大厚度 3.5 米，向上游渐薄，上游端为 1 米。

垫层：不用垫层。

保护层：薄铺盖顶铺 1 米厚的保护层

与厚铺盖、河岸的连接：与厚铺盖的连接，把薄铺盖局部加厚，在 25 米距离内由 3.5 米加厚到 8 米，表面坡度 18%。与西岸天然铺盖或基岩搭接，东岸在 0+930.58 米处都满足 200 米的要求。但东岸有施工导流渠道，事先未加防渗衬砌，距东齿槽末端最小距离为 120 米。只能把渠水位以上的渠底用壤土衬护，到廊道关门后，用草袋水中抛土护底。

2.1.1.6 坝头河岸的防渗措施

采用了局部加厚斜墙，内壤土贴坡包山头，在坝上游用外壤土贴坡包山头、水泥灌浆、水泥喷护、水泥砂浆勾缝、防渗浆砌块石等综合措施。

1.河岸岸坡的处理

目的：保持岸坡岩石的稳定；防止坝体脱离岸岩或在坝头处坝体产生裂缝。

方法：把河岸削坡，使坡度平缓些，并将岸岩修凿平整或表面抹水泥砂浆，在填筑土料前，岩石表面涂一层肥粘土，至于砂砾料坝体部分，小裂缝影响较小，岸岩不涂肥粘土。

2.坝头岸岩贴坡

(1)白河主坝斜墙与河岸连接采用斜墙局部加厚和壤土内贴坡包山方案

(2)厚铺盖与西岸连接采用外贴坡包山的方案

(3)壤土贴坡:厚度不小于 2 米

3.河岸防渗措施

(1)左岸的防渗措施

左岸坝上游透水性强的部分山坡较缓，用坝外壤土贴坡，坝头基岩灌浆。

(2)右岸的防渗措施

综合处理措施：洞脸浆砌块石护面、岸岩喷浆和水泥砂浆勾缝、岸岩帷幕灌浆及坝外贴坡。

2.1.1.7 混凝土防渗墙的设计

自桩号 0+148 ~ 0+298.17 米为西混凝土防渗墙，0+524 ~ 0+942.86 米为东混凝土防渗墙。防渗墙前缘共长 569.03 米，截水面积 15878 平米，共 68 个孔槽，总进尺以 0.8 米直径的圆孔折算为 35000.7 米，浇筑混凝土 20206.21 立方米。

1.防渗墙形式和厚度的确定

(1)防渗墙的类型

表 3-2 设备类型：冲击钻（YKC-20、YKC-22、YKC-30）

钻机类型	YKC-20	YKC-22	YKC-30
钻头重量（公斤）	1000	1300	2500
开孔直径（厘米）	50 ~ 80	50 ~ 80	91
最大钻深（米）	300	300	500

原设计：圆孔回填混凝土，连成防渗墙。相邻孔搭接 20 厘米，防渗墙有效厚度 53 厘米。

施工：采用槽形孔回填混凝土。槽孔平均长 5 米，最长达 23.0 米。相邻槽孔搭接 80 厘米，防渗墙有效厚度 80 厘米，接缝弧长 126 厘米。

槽形孔比圆形孔有以下优点：

A.提高了防渗墙的整体性和抗渗性

B.槽形孔防渗墙厚度均匀



C.槽形孔造孔施工速度比圆形孔快

D.节省了接头削凿混凝土的工作量

(2)防渗墙的厚度

厚度为 0.8 米，渗透梯度为 80。

2.防渗墙混凝土配比的选择

表 3-3 防渗墙混凝土的配比

序号	水泥品种	水泥	水	砂	石子	粘土	粉煤灰	加气剂
1	400 号水泥	375	240	579	1075			0.75/10000
2	混合 400 号水泥	325	240	580	1075			1.25/10000
3	混合 400 号水泥	300	240	580	1075			1.25/10000
4	混合 400 号水泥	280	240	580	1075	70		1.25/10000

施工中选用 1 号混凝土，因水灰比较低，初期强度低，二十八天强度不太高。混凝土弹性模数小于 200000 公斤/平方厘米。

3.混凝土防渗墙与基岩的连接

要求接触渗透梯度为 35，防渗墙插入基岩深度为 1 米。

4.混凝土防渗墙与壤土铺盖的连接

防渗墙深入铺盖接触渗透梯度要求为 5，防渗墙伸入铺盖 6 米，防渗墙顶土厚 2 米。

5.混凝土防渗墙与壤土齿槽的连接

防渗墙插入齿槽 10 米，位于齿槽钢筋混凝土齿墙的上游。

6.混凝土防渗墙两期槽形孔的连接

钻二期孔时，用冲击钻头削凿一期混凝土接头。

2.1.1.8 粘土水泥灌浆帷幕的设计

自桩号 0+291 米~0+531 米为灌浆帷幕段，前缘长 240 米，截水面积 9600 平方米，钻孔 176 个，进尺 9400 米，灌浆用水泥 9500 吨。灌浆帷幕底部到基

岩，顶部与厚铺盖相连，两侧与东西混凝土防渗墙相连。

1. 灌浆帷幕布置

灌浆帷幕厚度:10.6 米；帷幕的排数和孔距：三排灌浆孔，排距 3.5 米，孔距 4 米。帷幕厚度 $2 \times 3.5 + 2 \times (4.48 \div 2) = 11.48$ 米 > 10.6 米。

2. 灌浆帷幕的材料

粘土水泥灌浆：400 号普通水泥，当地的粉质粘土，塑性指数大于 14。两边排孔，灌水泥用量的浆液，水泥 35 % 粘土 65 %，中间排孔用水泥 20 % 粘土 80 %。浆液水灰比在 1:1 ~ 1:2 之间。

3. 灌浆帷幕与基岩的连接

采取基岩灌浆，施工中单位吸水率小于 0.2 公升/分，钻孔进入基岩 0.5 米；如单位吸水率大于 0.2 公升/分，钻孔深度要达到单位吸水率等于 0.2 公升/分的地方。基岩帷幕只在中排以下做，边排以下不做。

4. 灌浆帷幕与厚铺盖的连接

白河主坝地基表层 5 米左右为砂层，难于灌浆，且因防止铺盖被顶坏，不能采用压力灌浆。（铺盖下面 5 ~ 6 米，不进行灌浆，作为缓冲地带；在其下 2 米一段，用纯水泥灌浆，作为水泥盖板。）施工中表层用低压灌了粘土水泥浆，作为 2 米纯水泥灌浆的封顶。

灌浆帷幕与厚铺盖的连接采用：混凝土短墙。

灌浆帷幕先做好，高程 94 ~ 92 米灌水泥浆，形成水泥盖板。然后用冲击钻在厚铺盖和砂砾石层造孔，伸入砂卵石层内 8 米，即水泥盖板以下。再浇筑混凝土墙，墙伸入铺盖内 6 米。再在铺盖下砂砾石层和水泥盖板内钻孔灌浆。最后填筑上部壤土铺盖和加厚部分。

5. 灌浆帷幕与防渗墙的连接

西防渗墙在帷幕的上游两排孔之间，东防渗墙在帷幕下游两排孔之间，帷幕灌浆与防渗墙搭接长 15 米。

2.1.1.9 排水设计

白河主坝采用了完全防渗措施，渗漏量很小，而且坝体砂砾石和覆盖层砂



卵砾石都排水畅通，所以在坝下游可不设排水。但由于 1959 年拦洪度汛，当时地基防渗墙和帷幕灌浆尚未做好，在水库拦洪高度 143 米时，渗漏流量计算为 10.2 立方米/秒，地基内平均渗透梯度为 0.09，在坝址逸出渗透梯度较大，有可能在地表粉细砂和细砂砾层中发生管涌，危及坝基和坝体，所以在坝趾需要设置排水措施。

坝趾在坝轴线下游约 150 米。靠近西岸地面高程为 99 米；靠近东岸为枯水河槽，地表高程为 95 米；在坝轴线 0+310 米处河床凸起，地面高程为 100 米，向东向西倾斜，到东岸是河槽，在桩号 0+150~0+200 米有高水河槽，地面高程为 98 米。

坝趾排水形式和布置：坝趾表面斜卧式排水。

排水的断面形状和尺寸随着地形地质变化，顶部高程及距坝轴线距离一致。排水沟底高程最高处在桩号 0+360 米，分别向东西倾斜，纵坡 1:300。

2.1.1.10 观测设施

白河主坝的观测项目:坝体位移和沉降、坝体浸润线及地基、河岸的地下水位、导流廊道顶部填土的沉降、齿槽内混凝土截水墙的接触渗径、混凝土防渗墙和粘土水泥灌浆的渗透和应力。

1. 沉降位移

主要观测白河主坝坝面上的沉降和位移，没有埋设观测坝体内部和地基的沉降和位移，因为认为砂砾石坝体和地基的沉降、位移主要在施工期基本完成。

(1) 沉降和位移的布置

平行于坝轴线方向：共布置五排沉降位移点：上游坝面高程 148 米；下游坝面高程 157.5 米；下游坝面高程 140 米；下游坝面高程 120 米；下游坝脚斜卧排水顶上。

(2) 与坝轴线垂直方向：共 37 个标点。

表 3-4 与坝轴线垂直方向变形标点的分布

桩号	0+050	0+100	0+300	0+400	0+500	0+680	0+750	0+900
特征	西坝头	西坝头	最大覆盖	最大覆盖	最大覆盖	最高	最高	东坝

层深度处	盖层深度处	层深度处	剖面处	剖面处	头
------	-------	------	-----	-----	---

2. 坝体浸润线及地基、河岸地下水位

主要观测坝体、坝基的防渗效果及两岸绕坝渗透情况。

(1) 测压管的布置 测压管有下列几种：

量测坝体浸润线高程的：因浸润线较低，每个横断面只设一孔，共有三孔，16、19、24号，均布在坝轴线方向，靠近坝轴线下游，孔底高程到坝基覆盖层内约20米。

量测基岩中地下水位的：

a 坝底基岩 主要在坝下游脚附近，共有七孔，6、20、21、25、26、27、28号，孔底高程到河床下约20米，21号孔到河床下60米，观测深层地下水位。

b 河岸基岩 西岸六孔 1、2、3、4、5、12，分布从上游到下游，孔底高程在河床附近，12号孔在河床下约20米。东岸五孔，29、30、31、32、33，分布从上游到下游，孔底高程在河床附近。

量测地基覆盖层中地下水位，主要在坝脚附近和坝下游，共八孔，砂上、砂下，14、15、17、18、22、23；孔底高程在河床下10~20米。

以上共二十九个孔。

在坝轴线上游的坝体和覆盖层内没有测压孔，因为事前没有埋设，坝修成后无法补设。

一九五九年汛前，曾在铺盖底部埋设了四根测压管，观测拦洪时渗压，汛后水平管被防渗墙施工钻机打断而失效。

(2) 测压管的构造

在坝体及覆盖层的测压管，一般用泥浆固壁钻孔，然后冲洗干净，再下过滤管段和钢管，管口用管帽封闭，防止测压管被堵塞。在坝底基岩的测压孔，通过覆盖层部分用套管。在基岩内钻孔，管口也用管帽封闭，防止堵塞，在基岩内的测压孔，用钻机钻孔即可，孔口埋钢管，管口也用管帽封闭。

在坝体内没有埋设分高程的测渗压计，因为砂砾石透水性较大，而浸润线



较低。

在岩基内也未分层埋设测头，因为岩石裂隙较发育，认为是同一层地下水。

测压管观测为人工观测和自动化监测两种方式。

3.导流廊道顶部填土的沉降

主要想了解廊道顶部的土压力，但当时压力仪不凑手，而廊道上面急于填筑施工，所以采用简易的深层沉陷标点，以观测廊道顶上壤土沉降量。在廊道桩号 0+300 和 0+360 米处，设置了两排标点，都平行于坝轴线方向。每排设三个观测点，中间的位于廊道中心线的壤土表面，左右各一点，离中心线 5 米，位于壤土表面同高程的砂砾土，以便量测相对沉降。

观测点构造，下面为混凝土底板，上面装 20×20 厘米木管，中间放垂直向的钢筋。结果当钢筋不断接长后，由自重产生弯曲，无法取得精确的数据。

4.齿槽内混凝土截水墙的接触渗透

齿槽内壤土与岩基的接触渗透是一个没有很好解决的问题，因此对是否需要做混凝土截水墙有不同看法。为了解齿槽内壤土与混凝土截水墙之间接触渗透的情况，在坝轴线桩号 0+090 米处的截水墙上下游面各埋设了一个电测水压合，量测接触渗压。

电测水压力合采用电阻丝式的，由电缆引到坝顶，用电桥进行量测。

5.混凝土防渗墙和粘土水泥灌浆帷幕的应力和渗透

混凝土防渗墙和粘土水泥灌浆帷幕是新技术，缺少实际观测资料，设计方法和理论没有很好解决。因此对白河主坝防渗墙的受力情况，应力分布及变形进行观测，还对防渗墙和灌浆帷幕的防渗效果进行观测。采用电测仪器。

防渗墙槽孔宽 0.8 米，深度一般 40~30 米，孔内充满比重为 1.3 吨/立米的固壁泥浆。在浇筑砼前观测仪器处在泥浆中，要求位置正确，且不受泥浆影响。当浇筑混凝土时，不能冲击仪器。

(1)防渗墙应力量测

混凝土应变仪：在坝轴线桩号 0+245，0+550 和 0+670 米三处，布置了三个量测断面。每个断面在防渗墙的上下游面沿深度各埋设四个混凝土应变仪，

在中间部位埋设了二个无应力的应变仪。共埋设混凝土应变仪 24 个，无应力混凝土应变仪 6 个，用来量测防渗墙在上下游面的应变，以便计算应力分布情况。

钢筋应力仪：在坝轴线桩号 0+565 米处，做了一个宽 2.5 米的钢筋架，上下游面沿深度方向各埋设了五个钢筋应力仪，以便量测钢筋的内应力，然后换算成混凝土防渗墙的应力。

(2) 防渗墙及灌浆帷幕的防渗效果

在坝轴线桩号 0+480 米处，粘土水泥灌浆帷幕上游埋设了 1 个钢弦式渗透压力合，在帷幕中心埋设了 2 个同式压力合，在帷幕下游埋设了 2 个同式压力合。在桩号 0+240 及 0+670 米处，在混凝土防渗墙下游边，各埋设了 1 个同式的压力合。共埋设了七个钢弦式渗透压力合。

以上所有电测仪器的引线用电缆，要能防水。引线穿过铺盖时作了专门的处理，以防引起铺盖漏水。后来在施工中，因没有电缆，用塑料包电线代替，由于绝缘要求不能满足，大部份仪器量测不稳定，不久根本失灵了。

白河主坝于 1998 年安装了渗流遥测设备，增加渗流自动监测手段，2015 年增设变形监测设施，增加了变形自动监测手段。

2.1.1.11 建筑设计

1. 下游坝面设计

台阶定位：两条台阶的中线位于 0+150 和 0+700 米，中间相距 550 米。坝面护坡：干砌块石和卵石。绿化：只在台阶两侧部分进行。台阶：宽度为 19 米。中间为宽 7 米的绿化带，两侧为 4.5 米宽的台阶，两边为 1.5 米的绿化石砌垂带及石墩，组成边带。设计踏步为 20×46.1 厘米及 20×41 厘米两种。

2. 坝顶设计

坝顶设计：防浪墙贯穿大坝全长，高 1 米，用花岗岩条石砌筑，厚 40 厘米，墙顶有帽石。防浪墙每 30 米设置石墩一个，墩上设 5 米高灯柱。坝顶路面暂用碎石混渣路面。坝顶下游路边石浆砌条石，水泥砂浆勾缝。坝头：坝顶在两坝头于环湖公路连接，在西端利用冲沟回填，做成较大的平台。



3.上游坝面设计

采用干砌块石和卵石，无台阶。

2.1.2 潮河主坝

2.1.2.1 概述

潮河主坝位于密云区南碱厂村西南约 100 米的河道弯曲段，坝轴线方位角为北东 10 度，潮河主坝为碾压式斜墙土坝，坝长 1008 米，坝顶高程 160.00 米，最大坝高为 56.0 米，桩号为 0+135，相应断面的坝底计算宽度为 310.5 米。

2.1.2.2 地形、地质

1.地形

坝址位于潮河南碱厂村西 S 形河道弯段上。坝址处河床宽约 400 米，左侧为 200 米宽的阶地，左岸山坡较缓，约为 20°。右岸山坡较陡，约为 40°。河床底高程 104.0 米左右，阶地高程 106.0~110.0 米，河道纵坡 1/1000。

2.地质

整个库区的基岩全为变质岩系的片麻岩，坝址处左岸山头由花岗片麻岩、角闪花岗片麻岩组成。河床基岩主要为角闪花岗片麻岩和石榴子石角闪片麻岩。左岸坝肩岩石风化较深，平均大于 6.0 米，右岸则不超过 3.0 米。

坝址附近，地质构造简单，顺河方向无较大的断裂存在。

基岩透水性一般较小，单位吸水率 w 均小于 0.03 公升/分·米。

河床段砂砾料覆盖层最大深度 14 米，河滩部分约为 2~5 米，渗透系数 $K=3.4 \times 10^{-2} \sim 1.8 \times 10^{-1}$ 厘米/秒。一、二级阶地由砂质粘土、砂和砂砾所覆盖，厚 2.9 米，属低压缩性土。

2.1.2.3 坝段比较

潮河主坝共有 4 个坝段方案，分别为：南沈庄坝段、南碱厂坝段、北碱厂坝段、庄头峪坝段。根据地形、地质条件、工程量、工程造价、施工难易度和

库容大小等综合比较，坝址选为南碱厂坝段。

2.1.2.4 南碱厂坝段坝轴线选择

根据南碱厂坝段的地形地质特点，以最短的坝轴线为基准，共有 3 条坝轴线方案。3 条坝轴线相离不远在地形地址条件上无明显差别，可用工程量来比较，2-2 坝轴线工程量最小，且右岸坝头能避开下游的山沟，故选其。这一坝轴线的左岸坝肩山脊比较单薄，且有贯通上下游的岩脉穿插岩石风化比较深，故在坝轴线 0+800 处，用半径为 166.75 米的圆弧向上游转弯，圆弧的中心夹角为 45° ，圆弧终点处桩号为 0+930.97 米，然后继续用直线段向左延伸到桩号 0+971 米。

2.1.2.5 坝型的选择

根据地质条件和筑坝材料等条件考虑坝型，坝址河床较宽，覆盖层深达 14 米，两岸岩基为片麻岩，裂隙和岩脉较发育，修土坝比修砼坝合理；河床和河滩上砂砾料储藏丰富，可做土坝坝体，壤土料场也不远，藏量足够土坝防渗体之用，修土坝是经济的，所以选择土坝。

潮河主坝要求在一个施工季节内达到拦洪高程，并进行蓄水。因为冬季不能填筑土料，所以要求很高的填筑上坝的强度，来修到拦洪高程，所以选择斜墙坝。另外，十三陵水库和怀柔水库等都有成功经验。

坝基防渗有壤土齿槽和水平铺盖两个方案，从砂砾石覆盖层防渗效果上看，壤土齿槽明显优于水平铺盖，而且壤土齿槽造价比较低，故选其作为坝基防渗处理方案。

2.1.2.6 两岸坝肩的处理

右坝肩将斜墙直接延长上山，为补救接触途径不够的缺陷，采用了内铺盖，自斜墙底部向下游延伸，贴住山坡。左坝肩上山的斜墙根部设置了内铺盖，并加厚斜墙，在贴坡斜墙下的岩脉上游进行了局部灌浆。



2.1.2.7 坝体构造

1. 坝顶

潮河主坝坝顶设置了双车公路交通道，路面宽 8.0 米，采用碎石路面，路面横坡为 1/100，倾向下游，以便排水。

防浪墙墙底高程 157.08 米，嵌入粘土斜墙 0.7 米，防止水库渗水，墙厚 0.5 米，每 5 米设一沉陷缝，缝中用油毡填嵌，防浪墙每 30 米设钢筋砼灯柱一根。

路面下游侧埋设有厚 0.2 米高 1.1 米的预制砼块路边石，埋入坝体 0.8 米，露出地面 0.3 米，每 10 米留有排水孔，将路面雨水排向下游坝坡。

2. 上下游坝坡

上游坝坡采用了干砌块石护坡，其外坡为，自上而下 160.0 至 143.0 米为 1:2.5，143.0 至 124.0 米为 1:3.8，124.0 米以下为 1:2.0。下游也为干砌块石护坡，坝坡采用了三种坡度，自上而下 160.0 至 125.0 米为 1:2.088，125.0 至 109.0 米为 1:2.5，109.0 米以下为 1:3.0，最后一级坝坡是排水堆石。

3. 排水措施

坝坡与两岸山头连接的地方设置了排雨水沟，一般沟底宽 0.5~1.0 米，沟深 0.4~0.5 米，纵坡随着地形而定。

坝下游采用了表面卧式堆石排水，桩号为 0+105 至 0+700，河床部分排水体高程为 109.0 米，在一级阶地部分为 118.0 米，堆石排水内坡为 1:2.5，外坡为 1:3.0；左岸二级阶地设置了深入坝体内的管式排水，用堆石堆成棱柱体代替排水管，深入坝体 65.0 米，纵向逐渐伸向坝址，与桩号 0+647 的表面排水相连。坝坡与河岸连接的地方，设浆砌石排水沟。

4. 防渗体

(1) 防渗墙

该坝采用粘土斜墙防渗，斜墙尺寸：斜墙顶部高程为 158.5 米，其余 1.5 米为防冻保护层，斜墙顶部厚度为 1.2 米，其下游侧与坝体砂砾石接触处增设了一层垂直厚度为 0.5 米的粗砂垫层。高程 157.5 至 151.3 米斜墙用 1.2 米等厚坡度为 1:2.0，151.3 米至 130.0 米，坡度为 1:2.55，斜墙厚度直线变化，130.0

米以下坡度为 1:2.75。

(2) 防渗齿槽

坝基覆盖层的防渗采用粘土齿槽，最大深度达 14 米，齿槽上部与斜墙连接，下部与基岩连接，在槽底设置钢筋砼齿墙，高度不超过 3 米。齿槽底部的基岩中做水泥帷幕灌浆。斜墙在右岸与山头连接的地方向下游延伸，做成很长的壤土贴坡，以增加接触渗径，并防止山脊漏水，斜墙左岸也向上游转弯延伸，做壤土贴坡增加渗径。

截水齿槽中设置了钢筋砼截水墙，其目的在于增加壤土接触渗径，改善与基岩的连接，从而使得坝肩部分的渗透比降小于 1 并作为地底基灌浆的压重。砼截水墙中配置了钢筋。

齿槽两侧的开挖边坡砂砾石中为 1:1.5，价地粘性土中为 1:1.0，风化岩石中为 1:0.5。

5. 土石方量

潮河主坝施工时实际填筑土石方工程总量为 506.2 万立方米。1958 年 8 月 22 日开始施工准备，同年 9 月 1 日正式开工，1959 年汛期填筑至拦洪高程 143.0 米，并拦洪蓄水，全部工程在 1959 年底完工，历时仅一年余。

潮河主坝右岸坝体下设置一条施工导流廊道，用毕已予堵塞。

2.1.2.8 监测设施情况

1. 渗流监测

该坝设有 29 个测压管，其中 14 个基岩孔，15 个坝体孔；2 个浸润线横断面，桩号分别为 0+510、0+710，1 个浸润线纵断面；下游有 1 个三角形量水堰，桩号 0+516，堰顶高程 108.452 米。潮河主坝于 1998 年 5~6 月安装了遥测设备，增加渗流自动监测手段。

2. 变形监测

共有变形标点 32 个，其中上游有高程在 158 米和 152 米左右的标点两排 13 个；下游有高程在 157、140、125、117 米左右的标点四排 19 个，仅下游最高一排观测位移。2015 年安装变形遥测设施，增加了变形自动监测手段。



3.地震监测

1978 年在主坝 0+250 断面及右坝头设强震观测仪一台，共 5 个拾震器墩，高程分别是 160.985，158.981，136.008，114.463，106.998 米，1979 年完成了仪器安装。

2.1.3 北白岩副坝

2.1.3.1 概述

北白岩副坝位于白河主坝以西 1.5 公里的北白岩垭口处。

北白岩副坝最大坝高 15.7 米，坝顶长度 120 米，坝顶高程 160 米，坝顶宽 8 米，为壤土斜墙碎石透水料坝体的碾压式土坝，斜墙底部通过壤土齿槽与坝基土层相接，并利用坝前天然铺盖作为坝基防渗。北白岩副坝挖填总工程量为 45800 立方米，其中壤土斜墙及齿槽填筑约 10000 立米，碎石坝体、反滤层等 29000 立方米，清基及齿槽开挖约 6800 立方米。

白河主坝及走马庄副坝施工时，北白岩副坝是连接水库上下游的主要通道，故施工期放在最后。自 1960 年 5 月 3 日开始清基施工，于 7 月 6 日完成，历时 75 日。因左岸石英岩裂隙非常发育，曾于 1963 年 10 月在左坝头进行了帷幕灌浆。但从测压管水位分析，由于帷幕较浅，未能起到阻水作用，因而又于 1965 年 5 月进行了补充地质勘探和第二期帷幕灌浆工作。

北白岩副坝第四坝轴线是在密云水库施工后期确定的，由于时间及勘探条件限制，当时仅作了一些坑槽勘探工作，对坝基的工程地质及水文地质情况未能完全摸清，且整个坝体都建筑在第四纪覆盖层上，坝基仅靠坝前天然铺盖防渗，未做其他处理，因此在运用过程中必须加强观测，避免在高水头作用下发生渗透破坏，从而危及坝体安全。

1964、1968、1973、1974 年四次直接挡水，左坝肩测压管水位很高，与库水位只差 0.5~1 米，右坝肩测压管水位在前两次挡水时都很低，而在 1974 年水位骤升，与库水位只差 2~3 米，坝脚下游地面开始出水，并发生大面积沼泽化，局部排水沟护底大卵石发生下陷现象。1973 年 12 月 1 日，水电部和北

京市政府组织有关人员进行现场查看，决定穿过坝体和覆盖层修建一道混凝土防渗墙，砼防渗墙位于坝轴线上游 8 米处，主墙桩号 0+004.7 米~0+085.0 米，长 80.03 米，顶部通过三油两毡和防浪墙连接，对基岩进行灌浆，组成北白岩副坝新的防渗帷幕，构成新的坝体。

1996 年进行水库安全检查，通过渗漏、变形、稳定计算，发现坝体防渗存在安全隐患，原设计的防渗材料三油两毡接近坝体表面，受外界气温变化影响较大，很可能出现老化、脆裂等现象。建议对这一局部防渗结构重新设计和处理。

1998 年 8 月“密云水库潮河主坝及几座副坝安全加固工程”开工，将北白岩副坝高程 150.0 米以上斜墙上游砂砾料保护层挖除，用抗剪强度高的石碴料替换，填筑坝坡与原坝坡相同为 1:2.5；高程 150.0 米处设置宽 7.5 米的平台。水下部分水中抛石压坡，抛石边坡为 1:2.5，水面以上坝面用 0.5 米厚干砌石护坡。桩号 0+084~0+125 砼防渗墙、右坝肩断层破碎带防渗处理措施：在坝轴线上游距坝轴线 8 米处，平行坝轴线设置防渗墙，与 1974 年修建的混凝土防渗墙相连，桩号从 0+084 米~0+125 米。桩号 0+030.6~0+041.4 贴补砼防渗墙长度 10.8 米，深度 30 米，厚度 0.8 米；防渗墙恢复及照明灯恢复。

2.1.3.2 地形地质条件

北白岩副坝区是由震旦纪石英岩系构成的峡谷地带，第四坝轴线为垭口分水岭的最高点，由此向上下游高程逐渐降低，地势变缓；本坝区沟谷纵横，大多为北东东向，系沿构造线侵蚀而成，石英岩区山脊峻峭，相对高差约 100 米，灰岩、页岩区山顶多呈穹窿状，山坡较缓。由于两组沟谷发育的结果，使山脊多不连续，地形较单薄，对防止绕坝渗流较为不利，第四坝轴线之右坝肩尤为单薄。

本坝区主要岩层为结晶的以及粘结的沉积岩，包括下震旦纪长城统石英岩系及第四纪洪积物；火成岩以中生代后期沿石英岩层面入侵之正长斑岩为多见。

下震旦纪长城统包括长城石英岩、串岭沟页岩以及大洪峪硅质灰岩，岩层



总厚约 500 米，自第一比较坝线至第三比较坝线(第四比较坝线位于二、三线之间)岩相由石英岩过渡到硅质页岩、灰岩层。长城石英岩本身有高度的化学结合性，有极强的抗风化性能，但因多次外力作用结果，岩层完全倒转，构造、风化裂隙甚为发育。硅质页岩虽岩质坚硬，但岩层多不连续、较破碎，对基础防渗不利。灰岩风化剧烈，呈现密集裂隙，其内充填土状物质，基础灌浆不易进行，且沿裂隙有溶蚀现象。

火成岩主要为正长斑岩及安山岩。正长斑岩表部风化剧烈，全风化带深达 2 米，至粘土状；安山岩风化不太剧烈。

第四纪岩层包括重砂质性土层及亚粘土夹碎石层，主要分布于坡脚及沟谷地带。其中坡积残积层分布于平缓山坡及山谷垭口处，由亚粘土、碎石组成，厚 1 至 3 米，强烈透水，洪积层厚约十米左右，最厚达 20 米，系砂壤土、碎石、砂质粘土互层，砂质粘土层构成了一、二坝址的天然铺盖，但碎石层强烈透水须加适当处理。第四坝轴线附近的主盖层表层 5 米左右为砂质粘土，砂质粘土夹碎石、粘土碎石等层，一般渗透系数为 $1.3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-5}$ 厘米/秒左右，但左岸壤土碎石层透水性较大。

1965 年补充钻探探明第四坝址处覆盖层深度一般为 15~20 米，覆盖层表面均分布有厚约 0.5~5 米亚粘土，土质较软。在左岸(0+040 以左)覆盖层主要多碎石夹亚粘土层和碎石层，该层碎石含量达 50~90% 左右，一般粒径为 1~3 厘米，最大的 6~8 厘米，分布有少量直径 1~2 米的大孤石，该层透水性大，最大单位吸水率达 17.6 公升/分。此外在这一地段还以透镜体形式分布有弱透水性亚粘土夹碎石层，该层碎石含量一般为 5~15%。在 0+040 以右的覆盖层主要由亚粘土夹碎石层组成，该层碎石含量为 5~30% 左右，碎石粒径一般为 0.1~0.5 厘米，最大 5~8 厘米，单位吸水率为 0.007~0.33 公升/分，亚粘土干容重为 1.4~1.55 吨/立方米，塑性指数为 9~13，该层透水性较小，能起防渗作用。

本坝区构造较为复杂，火成岩活动频繁，由于断裂影响而形成的岩层不连续现象很多，主要构造线为北东东向。第一比较线岩层多倾向下游，形式不利，第二、四比较线岩层倾向上游且走向与坝轴线近于平行，较为有利，第三比较

线处，岩层虽倾向上游，但岩层走向与坝轴线交角较大($40^{\circ} \sim 60^{\circ}$)。

第四坝轴线附近构造裂隙主要有两组，其中一组走向为 $NE50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，倾角为 $NW<70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，另一组与坝轴约成 60° 角，两组张开裂隙宽度一般为 0.2 ~ 0.5 毫米，最宽达 1 厘米，对绕坝渗流极为不利。

北东东向断裂群为本坝区主要构造变动征象。主要断层有七条，其中 F2 断层为本区最大断裂带，横穿一、二、四坝线，走向 $NE50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ， $NW<75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，断层带组成物为粘性断层泥及角砾碎块，微弱透水， $\omega \leq 0.02$ 公升/分。

本区水文地质情况：由于坝区频多出露的北东向裂隙群穿越了所有结晶岩层是本区冰文地质的主要特征。并将导致坝肩的绕坝渗流。但坝基部分因有土粒充填，故渗透性不大， <0.02 公升/分，坝肩基岩无充填物则渗水性要大得多，覆盖层中夹有碎石的残积层强烈透水，洪积层则透水性较弱。地下水有两种类型：裂隙水一般水深、坡降大、自库里流向库外，洪积层潜水流向库里，坡降 3/100，水量不大，为大气降水所补给。

2.1.3.3 坝轴线及坝型选择

1. 坝轴线的选择

北白岩副坝共比较了四条坝轴线，经过比较选用第四坝轴线。

第一坝轴线地势低，工程量大，施工时期坝趾后可能形成积水坑。坝趾处具有强烈透水的洪积坡积物，挖方大，坝址岩层倾向下游，坝肩地形单薄，绕坝渗流问题较大。

第二坝轴线左岸基岩较破碎，裂隙发育，存在绕坝渗流之可能，地势较低，工程量大。

第三坝轴线之基岩为灰岩、页岩，有溶蚀现象，岩石破碎，岩层虽倾向上游，但走向与坝轴交角较大，两岸较陡，工程量仍较大。

第四坝轴线地质条件较为有利，位于分水岭之最高处，工程量最小，对后期抢工有利，故选用第四坝轴线。

2. 坝型选择

北白岩副坝位于白河主坝土料场附近，上游为尖岩土场，下游为北白岩土



场，运距近，上下游都能供料，施工条件方便，且坝趾处有较厚的壤土覆盖，采用均质土坝是较好的。

由于北白岩坝址处是白河枢纽库内外之交通要道，必须等 1959 年春季库内施工机械撤退后才能进行该坝的施工，而在五月到七月间填筑坝体，此时正值雨季，土料填筑困难较大。因而选用了壤土斜墙碎石坝体的碾压式土坝。

2.1.3.4 土料设计

斜墙土料及保护层的砂砾料均采用白河主坝的同一料场，其性能指标与技术要求皆同于白河主坝，本节不再赘述。

仅对碎石料及过渡层分述于后：

碎石透水料：

坝址附近缺少砂砾料，采用附近开山碎石筑坝既能解决运输困难，又可利用修筑公路的石渣，故确定用碎石填筑坝体，在坝址上游及两岸山头处共选了五个山头作为料场，运距一般在 100 米至 300 米。储量约为 45000 立方米。

碎石料有两种，一是白色石英岩，一是正长斑岩。

白色石英岩碎石料坚硬，不易风化，含砾率较大，压实密度较低，，根据砾石含量不同，要求压实干容重由 1.72~1.87 克/立方厘米，正长斑岩碎石料较软，风化剧烈，碾压后细砾状，压实密度较前者为大，由于此种料性质较差，比重低，采用比重为 2.5~2.55 克/立方厘米时的干容重标准，根据不同砾石含量，要求干容重由 1.67~1.93 克/立方厘米，过渡层砂砾料采用白河主坝砂砾料的压实标准，按砾石含量不同，干容重由 1.71~2.07 克/立方厘米，壤土斜墙采用干容重为 1.65 克/立方厘米。

过渡层的选择：

在斜墙与碎石坝体之间设置一层过渡层，过渡层平均粒径 $D_{50}=1\sim2$ 毫米，粒径范围 $d=0.25\sim10$ 毫米，允许有少量粒径 50 毫米以下的卵石，不均匀系数 ≤ 10 ，与坝身碎石料之间的层间系数 ≤ 15 ，坝身碎石料与过渡层相接部分水平宽 1 米范围以内要求砾石含量小于 70%，且不能有碎石集中现象。

过渡层粒径的核算如下：

根据坝体材料之筛分曲线 $D_{50\max}=21$ 毫米，层间数数=15，过渡层平均粒径毫米，不均匀系数 <10 ，上述过渡层料可以满足这一要求。

北白岩副坝壤土塑性指数一般皆大于 10，饱和度 $G>0.85$ ，过渡层之不均匀系数 ≤ 10 。当过渡层平均粒径 $d_{50} \leq 40$ 毫米时，就能防止斜墙渗透变形，而坝体碎石料 $D_{50\max}=21$ 毫米，这样斜墙和碎石坝体之间可不设过渡层。但考虑到碎石粒径不均匀，砾石含量高，易出现碎石集中现象，故仍设置一层厚 0.8~1.5 米的过渡层。

2.1.3.5 坝剖面描述

北白岩副坝为壤土斜墙碎石坝体的辗压式土坝，最大坝高 15.7 米，坝顶长 124.8 米（在《关于密云水库北白岩副坝增设砼防渗墙的报告》中北白岩副坝坝长 124.8 米，在《密云水库北白岩副坝补强砼防渗墙施工技术总结》中北白岩副坝坝长 120 米），坝顶高程 160 米，坝顶宽 8 米。上游坝坡为 1:2.5，下游坝坡 1:2。壤土斜墙与碎石透水料坝体之间设置一层过渡层，过渡层厚度在高程 150 米以下为 1.5 米(垂直斜墙内坡计算)，高程 150 至 154 米之间为 1 米厚，高程 154 米以上为 0.8 米厚。在斜墙上游面为 0.2 米厚的砂砾保护层，其外为 0.3 米细粒碎石料及 0.7 米的一般碎石料，最外层为 0.3 米的干砌块石护坡。下游设 0.2 米块石护坡，不设排水体。

两岸坝体与山坡连接处，设置山坡截流沟，以便保护坝脚免受山水冲刷。

坝顶上游面设置高 1 米的浆砌石防浪墙，基础埋置深度为 2 米，与斜墙相连。坝顶下游侧设置高 0.3 米，厚 0.3 米的路边石，埋置深度为 0.6 米，底宽 0.5 米。坝顶在上游侧设有单排路灯，间距 40 米。坝顶采用水结碎石路面。坝体沉陷加高为 15 厘米。

壤土斜墙上游坡 1:2.5，下游坡 1:2，斜墙顶高程 158 米，顶部水平宽 6.27 米，最大厚度 4.3 米，通过斜墙的渗透坡降 $J=3$ 。斜墙底部以壤土齿槽与坝基天然铺盖相接，齿槽嵌入坝基深度为 1~4 米，边坡 1:1，最小底宽 1 米。



2.1.3.6 坝基与两岸的处理

由于坝基覆盖层表层 5 米左右分布有砂质粘土及砂质粘土夹碎石等洪积坡积物，一般渗透系数较低为 $1.3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-5}$ 厘米/秒，在坝前向上游延伸约 50 余米，可作为天然铺盖加以利用，为坝基切渗处理提供了有利条件。同时考虑到坝基覆盖层一般深度为 15 ~ 20 米，若进行大开挖，将齿槽作在基岩上，在当时施工期仅 2—3 个月条件下是不现实的，因而采用壤土齿槽与天然铺盖相连接的坝基防渗处理措施。但左岸 0+020 以左有长约 120 米的一般基岩在高程 144 米以上出露，由于修筑环湖公路开挖的石碴将它掩盖，形成天然铺盖的一个缺口，同时这部分岩石极为破碎，张开裂隙非常发育，对绕坝渗流极为不利，故在石碴上用壤土铺护一米厚的贴坡，并在左坝头进行了帷幕灌浆，帷幕自桩号 0+027 开始沿齿槽上边线设置基岩灌浆帷幕，自柱号 0-004.8 米以垂直坝轴线方向折向下游，与正长斑岩相接，共布置 18 个孔，孔距 3 米，帷幕深度至高程 148 ~ 150 米。施工过程中因 0₂、1、3、4、5 号钻孔未见基岩而没进行灌浆，0₁、0、2 号孔未钻孔，从 6 号孔开始灌浆，共完成基本孔 10 个，检查孔 4 个。

检查孔第一段（孔深小于 1 米处）单位吸水率 ω 值较大，由于地表相当破碎，冒浆严重所致，第二段岩石单位吸水率 ω 值已小于 0.05 公升/分。但由于帷幕太浅，未能起到阻水作用，致使在水库蓄水运用后，发现左岸 1、2、3 号侧压管水位很高，且随水位上涨而升高。为此又进行了第二期帷幕灌浆工作。

2.1.3.7 第二期灌浆帷幕的设计

1.帷幕线的确定：帷幕线从坝轴线桩号 0-004.8 米处为转点，分为两段，左段与坝轴线呈 45°角，向下游延伸至正长斑岩岩脉(终点桩号 0-022.8 米)。右段沿齿槽中心线至桩号 0+060 米，如在灌浆过程中证明覆盖层吃浆量很大，应将帷幕延伸至 0+080。共布置灌浆孔 40 个。后因库水位较高，只在汛前完成左坝肩 14 个基岩孔，灌浆(29 号至 40 号孔) (包括一个勘探孔，一个检查孔)。

2.灌浆孔距的确定：根据 1963~1964 年所作 14 个灌浆孔资料分析，认为

原设计孔距 3 米是合适的，故仍采用孔距 3 米。

3.排数的确定：作用水头 $H=27.5$ 米，帷幕厚度 $\delta=0.75 \times 3=2.25$ 米，穿过帷幕的平均坡降 $J=\frac{H}{\delta}=12.2$ ，小于允许渗透坡降，故采用单排灌浆幕。

4.帷幕深度的确定：

(1)当岩石单位吸水率 $\omega > 0.05$ 公升/米时，帷幕深度不超过一倍水头，灌浆孔底高程定为 137.5 米。

(2)当灌浆孔末端耗灰量仍大于 30 公斤/米时，则需加深至耗灰量小于 30 公斤/米或高程至 127 米终孔。

5.灌浆压力：

(1)靠近帷幕顶部灌浆压力不小于一倍水头，并不小于 1 公斤/厘米²；

(2)不小于地层的允许灌浆压力。地层允许灌浆压力 P_{np} 按下式计算：

$$P_{np} = p_o + mZ$$

式中： P_o —决定于地质条件的表层岩石的起始压力，取 $P_o=1.5$ 公斤/厘米²；

M —岩层深度每增加一米时所增加的压力值，取 $m=0.3$ 公斤/厘米²·米；

Z —止浆塞距岩面深度。

采用灌浆压力自 2.25 公斤/厘米²至 8.55 公斤/厘米²。

6.灌浆成果

将灌浆成果分析进行统计，(共分析 10 个孔，不包括 37—1，检查孔及 40 号孔，并不考虑段长 1 米的第一段)

可看出第一次序孔的总平均每米耗灰量为 798 公斤/米，第二次序孔已下降至 50.8 公斤/米，虽然如此但大于 30 公斤/米的孔段仍占 50%。且经检查孔压水试验得知除第一段注水试验不吸水外，第二段单位吸水率 $\omega=0.2$ 公升/米，第三段 $\omega=0.28$ ，且第三段钻进时有不返水现象发生，因此又进行了加密灌浆工作。

左坝头基岩部分经两期帷幕灌浆后，防止绕坝渗流的条件得到很大改善，但覆盖层部分未进行防渗处理，左坝头附近的天然铺盖的缺口问题仍未解决，因此在水库蓄水运用时须应加强观测。



右坝头在桩号 0+090 至 0+120，高程 150 米以上有一断层挤压破碎带；直通库区，在此范围内铺设一米厚的壤土铺盖并与坝体斜墙相连接。

2.1.3.8 监测设施情况

1. 渗流监测

该坝设有 23 个测压管，其中 18 个基岩孔，4 个覆盖层孔；2 个浸润线横断面，桩号分别为 0+040、0+060；下游有 1 个三角形量水堰，桩号 0+018.1 米，堰顶高程 143.818 米。北白岩副坝于 2012 年 8 月安装了遥测设备。

2. 变形监测

共有变形标点 6 个，其中上游在高程 158 米左右设标点 1 排 3 个；下游在高程 153 米左右设标点 1 排 3 个，上下游 2 排均观测水平和沉陷位移。

2.1.4 走马庄副坝

2.1.4.1 概述

走马庄副坝由五座副坝组成，从左到右编号为 I、II、III、IV、V 号副坝。走马庄隧洞由 IV、V 号副坝之间的山岩内穿过。

走马庄副坝于 1958 年 9 月 22 日开工至 1960 年 7 月 31 日竣工。1959 年因考虑宣泄施工洪水在副坝预留缺口，曾于 1959 年 5 月 1 日至同年 12 月 31 日暂时停工。当时 III 号副坝为了泄洪，下挖至高程 126 米，缺口底宽 4 米，边坡 1:1.5。1959 年汛期由 III 号副坝缺口泄流 30 立方米/秒。

走马庄副坝总土石方为 56.05 万立方米，其中填筑工程量为 50.8 万立方米。

密云水库蓄水运用后，于 1964 年 8 月 30 日在 II 号副坝桩号 0+155 至 0+185 米坝顶发现一条裂缝，在九、十月间又出现两条裂缝。同年 10 月在 III 号副坝进行基岩水泥灌浆时，于 10 月 26 日发现 III 号副坝坝顶出现一条裂缝，并有七处冒浆，即停止灌浆。于 1959 年 4 月 3 日开始进行裂缝处理施工，7 月份裂缝处理工作基本完成。

2.1.4.2 地形、地质条件

1.地形：坝址区位于白河主坝上游的片麻岩丘陵地带，地势平缓开阔，沟谷频多，地形单薄，造成许多垭口，副坝就坐落在这些垭口上。其中Ⅲ号副坝横跨一条大沟，沟底高程 121.0 米，沟底岩石裸露，雨季为小溪，沟下游山坡较上游平缓，且高程较高，约为 135 米左右，对坝的稳定及基础渗透性等都是有利的。

2.地质情况：由角闪石、黑云母、长石为主要矿物成分所组成的古老基底岩系一片麻岩，以及后期频繁入侵的碱性火成岩为构成走马庄副坝的主要岩层。

3.地质构造：片麻岩由于构造运动多次干扰，岩相多变，片理不够规则，大致产状为 $NW45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ ， $NE50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，以及 $NW70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 与坝轴线成 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 交角，倾向上游，较为有利。沿片理方向的裂隙为主要裂隙，多闭合，不会形成渗水通道。

4.水文地质条件：

坝址区无泉水出露，仅雨季在坝下游 125 米处有裂隙水出现，且高于河水位。

2.1.4.3 坝轴线及坝型选择

1.坝轴线选择

初步设计阶段共比较了三条坝轴线：

第Ⅰ坝轴线基本上是沿北部的山脊布置，该处地质条件较好，方量少，且有较合适的高程和宽度布置溢洪道，但施工条件稍差。

第Ⅱ坝轴线在Ⅰ线下游(以南)约 200 米处，优点是施工条件好但方量大，地质条件不太好，岩石风化厉害，没有适合的溢洪道位置。

第Ⅲ坝轴线在沟的南面出口处，亦即Ⅱ线下游，距走马庄村约 100 米，缺点是坝较高，方量大，缺口多而低，没有合适的溢洪道位置。

经比较采用了第Ⅰ坝轴线。

2.坝型选择



根据走马庄副坝处的地形特点，料场分布情况以及坝体工程量的大小，同时考虑到规划中提出的在走马庄副坝处设置非常溢洪道的要求等条件，在初步设计阶段确定Ⅱ、Ⅲ号副坝为塑性心墙土坝，理由是：

- (1)心墙位于山脊上，土方量小，可减少施工干扰。
- (2)砂壳坡度可陡些，使总方量减小。
- (3)上游有砂卵石料，下游可采用一部分代替料。

对Ⅰ、Ⅵ、Ⅴ号副坝采用均质土坝，理由是：

- (1)坝本身方量不大。
- (2)土料运输条件好。
- (3)Ⅰ、Ⅳ号副坝设有非常溢洪道，用均质坝较合适。

由于水库整体规划的修改，取消了走马庄Ⅰ、Ⅳ号副坝的非常溢洪道，因而这两座副坝相应地改为塑性心墙土坝，仅Ⅴ号副坝为均质土坝。

2.1.4.4 坝体构造描述

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号副坝为壤土心墙土坝，Ⅴ号副坝为均质坝，坝顶高程160米，坝顶宽8米，坝顶采用0.1米厚的水结碎石路面，上游侧设1米高，0.4米宽的浆砌石防浪墙，基础深1.5米，宽0.8米，与防渗心墙向上游延伸“帽缘”相连接，下游侧设0.3米高、0.2米宽的路边石，基础深0.6米，宽0.4米。防渗心墙顶高程159.15米，顶宽1.5米，心墙上下游边坡为1:0.3。心墙与上下游坝壳之间均设0.25米垫层。Ⅴ号坝壤土顶高程158.7米，其上为1米厚的砂砾石保护层，0.2米碎石垫层和0.1米水结石路面。上游护坡为0.3米厚的干砌块石，下设0.2米厚粒径2~5厘米的碎石垫层，下游设0.2米干砌块石护坡，其中Ⅴ号坝上游护坡下尚有1米厚砂砾石保护层，下游坡在干砌石下设有0.1米厚砂砾料垫层。

Ⅰ号副坝在平面上弯向下游，呈反拱形。上游157.53米浆砌石挡土墙，浆砌石墙以上边坡为1:3.0，挡墙以下上游坝坡为1:2.25，在高程156米以下为高4.5米、上游边坡1:0.4、内坡1:0.2、顶宽1.9米的浆砌石挡土墙，下游坝坡为1:2.25，在高程150米以下坝脚处设0.5米厚双层干砌块石表面排水；及0.1米

厚粒径 2~5 厘米的反滤层。I 号副坝上下游坝壳均用风化山皮料填筑。

II 号副坝上游坝坡自高程 160 米至 154 米为 1:2.5，高程 154 米至 140 米为 1:4.0，高程 140 米以下为 1:3.5，下游坝坡自高程 160 至 144 米为 1:2.172，高程 144 米以下为 1:2.5，在各变坡处均设 1.5 米宽的马道。下游坝脚在高程 139 米以下设表面排水，做法与 I 号副坝相同。上游坝壳在高程 150 米以下为砂砾料，150 米以上为石渣料，下游坝壳内沿坝基表面铺设 1 米厚的砂砾石排水带，其上为 0.5 米厚的过渡层(粒径小于 5 厘米的砂卵石)，过渡层以上为风化砂砾料，在高程 150 米以上为石渣料。

III 号副坝上下游坝坡及坝脚排水的做法均与 II 号副坝相同。但下游坝壳自高程 130.5 米至 133 米设一厚 2.5 米的砂卵石排水带，其下为粗粒风化砂砾料，其上为 1 米厚的过渡层(粒径小于 5 厘米的砂卵石)，自高程 134 米至 137 米为风化砂砾料，137 米以上为山皮料；上游坝坡 0+310~0+327 米处段设置了一扭面，扭面坝坡为 1:4.0，上游坝壳在高程 150 米以下为砂砾料，150 米以上为石渣料。III 号副坝坝高最大，心墙底部最大厚度为 24.4 米，渗透水力坡降也是各副坝中最大的， $I = 1.5$ 。

IV 号副坝坝顶长 53 米，最大坝高，10 米，高程 157.0 米处设置宽 5.8 米平台，157.0 米以上坝体边坡为 1:2.5，以下为 1:2.25，上游坝用石渣料填筑。

V 号副坝为均质土坝，在 1959 年停工前坝体已填至 149.22 米，1960 年复工后将坝轴线向上游平移 13 米，在左坝头处以半径为 40 米的弧线与山岩相连接，在一上游高程 150 米留出一宽 8 米的平台。上游坝坡 1:2.75，下游坝坡 1:2。下游在高程 156 米以下坝脚处做堆石排水体及两层反滤层，第一层为厚 0.15 米的粗砂，第二层为厚 0.2 米粒径 0.5~1 厘米的砾石，堆石排水体为粒径 2~10 厘米的碎石。

2.1.4.5 监测设施情况

1. 渗流监测

该坝共设测压管 28 个，5 个坝体管，20 个基岩管，3 覆盖层管。量水堰 3 个，排水洞桩号 0+457 米，堰顶高程 130.53 米；二号坝桩号 0+164 米，堰顶高



程 131.925 米；三号坝桩号 0+384.2 米，堰顶高程 130.556 米。两个浸润线横断面，桩号为 0+165 米和 0+345 米，一个纵断面坝基渗水压力。

2. 变形监测

该坝现正常观测标点 11 个，高程为 158 米左右，其中上游 1 排 8 个标点观测水平位移和垂直位移，下游 1 排 3 个变形标点观测垂直位移。

2.1.5 西石骆驼副坝

2.1.5.1 概述

西石骆驼副坝位于白河主坝东约 5 公里处，坝身跨原石骆驼盆地西边的两个垭口上，坝顶全长 220 米，坝顶高程 160.0 米，坝顶宽 8.0 米。桩号 0+000 至 0+070 的北垭口为壤土心墙坝，坝高仅 7.0 米；桩号 0+070 号至 0+220 的南垭口为壤土斜墙坝，最大坝高 20.1 米。

2.1.5.2 地形

坝址位于石骆驼盆地西垭口分水岭处，垭口窄，工程量小，是选择坝轴线的有利位置。

坝轴线方向系南北向，横跨两个垭口。南垭口顶宽 150 米，底宽 10 米，底部高程 140.3 米，两岸边坡较陡，左右岸分别为 1:2 和 1:0.6，开成 V 字形河谷。北垭口顶宽 70 米，底部高程 153.0 米，沿坝轴线剖面形状近似于抛物线。

左岸(即南岸)坝肩高且厚，右岸坝肩缓而薄。右岸在坝轴线的上下游各有一近乎平行坝轴线的山沟，沟内皆为耕作的梯田和谷坊。上游山沟距坝轴线 25 米左右，即使内湖水位很低时，山沟雨水对上游坝脚亦无影响，下游山沟距坝轴 30 米左右，雨水流向下游坝脚；流向和坝轴线成 30° 夹角，须采取适当措施，将水流引至坝脚以外，避免冲刷坝脚。

2.1.5.3 地质

坝址区有几种岩层交错会合，岩层属于单斜，倾向上游。坝轴线上游 60

米以东(向上游)是盆地太古代花岗片麻岩区。整个南垭口属于震旦纪长城石英岩层,在南垭口上游左岸(省公溪公路边上的片麻岩层内)有一条正长斑岩侵入体,向下游穿过坝轴线切入南垭口右岸石英岩层内,宽达两米,风化较剧,节理发育。岩石成块状。整个北垭口系震旦纪灰岩,在灰岩和石英岩的交界面有一逆掩断层,断层方向近乎垂直于坝轴线,并向下游延伸。断层的挤压破碎带宽达2米,倾向南东,倾角 7° 左右。

破碎带影响范围宽达30~40米,在深2~3米内灰岩风化剧烈,已成泥土状,容重很小,浸水稳定性极差,但不透水性能良好。

2.1.5.4 坝轴线选择

在进行坝轴线选择时,曾选了两条坝轴线进行比较,坝线Ⅰ—Ⅰ为东坝轴线(即最后采用轴线),坝线Ⅱ—Ⅱ为西坝轴线(在第一轴线下游)其南端和Ⅰ—Ⅰ线重合,北端和另一小山头相接,两轴线间成 42° 夹角。这两条轴线在地形上均相似。经过对两条轴线的地形、地质、工程量、基础处理的难易、施工条件等方面的比较后,决定选用第一条轴线,其理由为:

- 1.坝线Ⅰ—Ⅰ坝体方量比坝线Ⅱ—Ⅱ方量少5000立米左右;
- 2.坝线Ⅱ—Ⅱ的左岸坝头覆盖层和坡积物较浅,因此基础处理以及坝身防渗设备与基础连接的方式比坝线Ⅰ—Ⅰ方便,简单,工程量也小,齿槽深度约4米即可,而坝线Ⅱ—Ⅱ齿槽深度则须在6米以上;
- 3.上游不透水性能较好的花岗片麻岩层距选用方案轴线仅60米左右,坝体斜墙坡脚正好坐落在片麻岩层上,而距坝线Ⅱ—Ⅱ则达104米以上。若用铺盖与之连接,只将增加土方工程数量;
- 4.采用方案的坝轴线和今后水库主要交通公路垂直,布置道路方便,第二坝轴线和公路成 70° 夹角,角度过小,行车不便。

2.1.5.5 坝型选择

沿坝轴线桩号0+070到0个220段(南垭口)选用斜墙坝,主要有以下几点理由:



- 1.便于施工并适应冬季施工条件(付坝是 59 年 12 月开始动工,正是冬季);
- 2.从料场分布情况来看,粘性土料多在上游,透水风化砂砾料多在下游,且都有足够的储量;
- 3.坝轴线上游 60 米处即为不透水性能较石英岩为好的花岗片麻岩,选用斜墙坝能使坝体防渗墙和花岗片麻岩连接起来。

沿坝轴线桩号 0+000 到 0+070 段(北垭口)选用心墙坝,主要是考虑到与垭口内断层破碎风化带的处理方法相结合,为了使破碎风化带处理工程量最小,且最有效,在沿坝轴线处开挖深达 4 米以上的齿槽,回填壤土,相当于一壤土防渗墙。坝身防渗设备和壤土齿槽连接以心墙最为方便。北垭口段坝高仅 7 米,长度 70 米,坝体总方量不大,壤土心墙的工作量亦不大,不致给施工带来困难。

2.1.5.6 坝基处理

坝底基岩未作灌浆防渗帷幕。无论北垭口的心墙坝或南垭口的斜墙坝,均在心墙或斜墙的底部设壤土齿槽与基岩连接。考虑到北垭口的断层破碎带,要求心墙底部齿槽切入基岩 2~6 米深。

原设计总结中曾叙述过桩号 0+150 至 0+220 长 70 米一段,齿槽未达基岩,成了悬挂式(见密云水库设计总结 2 第 200 页)。根据 1960 年 6 月的齿槽施工地质展示图,桩号 0+150 至 0+185 一段,2 米宽的齿槽底部全是正长斑岩岩脉,这里基岩最大挖深达 4 米左右,并注明基岩呈半风化,裂隙发育,多闭合或充填土。这样,仅桩号 0+185 以左的壤土齿槽未建在基岩上。此段岩面以上为粘土碎石(碎石含量>50%)层、粘土夹碎石及砂质粘土层。在 1975 年以前,在运行过程中还未发现此处产生集中渗漏现象。但为安全起见,1976 年 4 月,在桩号 0+180 至 0+220 坝段未达基岩的齿槽上游,再建一道直达基岩的壤土齿槽,并与壤土斜墙及其右侧已有的壤土齿槽相连,构成连续的防渗体。

由于北垭口心墙坝段泥灰岩受断层带影响,风化强烈,其浸水稳定性极差,本段基础处理除在壤土心墙底部做了最大深度为 6 米的壤土齿槽外,还在心墙至上游坝脚这段的基础表面铺设了厚 0.5 米的壤土层,形成内铺盖以增加渗径

长度使渗透水流沿壤土与灰岩之间的接触渗透坡降减小。

从北垭口桩号 0+060 号至南垭口桩号 0+115 段加做了厚 1 米的坝前壤土铺盖，铺盖前端与前面的天然覆盖土相连接，设计的意图是为了保护坝前裸露的破碎带。此处底部壤土齿槽是放在表层裂隙较发育的石英岩上。石英岩透水性较大，坝前铺盖也加长了壤土齿槽和石英岩之间的渗径长度。

南垭口 0+180 至 0+220 段，于 1976 年做的壤土齿槽也直接坐落在基岩上。这就截断了沿此坝段覆盖层的渗漏。

2.1.5.7 坝体构造

1. 坝顶

西石骆驼副坝坝顶设置了双车交通道，路面宽 8 米，采用水结碎石路面，路面横坡为 1/100，倾向下游，以便排水。

浆砌石防浪墙顶高 161 米，路面下游侧埋设有路边石，路边石沿坝轴线方向每 10 米间距设置一排水孔，将路面雨水排向下游坝坡。

2. 上下游坝坡

上游在 150.0 米处设一水平宽度 7.41 米的平台，平台以上坝坡为 1:2.75，149.5 米处设一水平宽度 1.5 米的平台，两个平台间坝坡为 1:3.6，在高程 148 米处设一水平宽度 7.5 米的平台，平台以上坝坡为 1:3.6，平台以下坝坡为 1:3.35。下游坝坡均为 1:2.25，在高程 150.0 米高程设置一 5.0 米平台。

上游保护层及护坡总厚 1.3 米(垂直坝坡向)，其中砌块石厚 0.3 米，卵石碎石层 0.2 米，透水料保护层 0.8 米。下游坝坡做法同上游，仅在斜墙坝段的下游护坡取消了透水料保护层。

3. 排水设施

采用表面式排水，顶部高程 143.0 米，设置了两层反滤层，第一层厚 15 厘米，平均粒径为 1~2 毫米的粗砂，第二层厚 25 厘米，平均粒径为 5~10 毫米的砾石，排水堆石层厚 1 米。

4. 防渗体

在南垭口段采用粘土斜墙，顶部高程 158.6 米，考虑到机械碾压方便，以



及由于坝体风化砂砾料沉陷性较大，为确保斜墙工作可靠，斜墙稍厚，平均垂直厚度 3.2 米，平均渗透坡降 3.1。斜墙底部的最大渗透坡降为 4.92，该处坝体沉降小，所以用较大允许渗透坡降。斜墙下设有一层垫层，垂直厚度 30 厘米，垫层材料选用平均粒径为 1~2 毫米的粗砂。

在北垭口段采用粘土心墙，顶部高程 158.5 米，考虑到人工夯实的方便以保证施工质量，心墙顶部宽选用 2 米，最大底宽 4 米，上下游为设垫层。

2.1.5.8 监测设施情况

1. 渗流监测

该坝共设测压管 14 个，5 个坝体管，9 个基岩管。量水堰 1 个，桩号 0+130，堰顶高程 141.214 米。一个浸润线横断面，桩号为 0+145，一个浸润线纵断面。

2. 变形监测

该坝现正常观测标点 12 个，上游 2 排 7 个标点，高程分别为 150 米和 159 米左右，下游 1 排 5 个标点，高程为 158 米左右，下游 1 排观测水平位移。

2.1.6 南石骆驼副坝

2.1.6.1 概述

南石骆驼副坝位于潮、白河间原石骆驼盆地南部二甲峪村北台地上(故有时亦叫二甲峪副坝)，在白河主坝东南约 7.5 公里处。坝顶全长 637 米，最大坝高 26.9 米，一般坝高 12~15 米，坝顶宽 8.0 米，桩号 0+000~0+290 为壤土均质坝；桩号 0+290~0+390 为厚斜墙坝；0+390~0+637 段，高程 153.0 米以下为均质坝，高程 153.0 米以上为斜墙坝。

为解决密云区域北耕地灌溉任务，在坝身 0+350 处埋设了出口直径为 70 厘米廊道一条。

2.1.6.2 地形、地质

1. 地形

南石骆驼坝段位于石骆驼盆地南部垭口分水岭上，垭口为一台地，台地东西向宽 520 米，南北向长 500~700 米坝址地形有三个特点：

坝体全长的 85% 是建在台地上，地面平坦，施工场地宽阔，但这部分坝体的工程量只占总工程量的 50%，其施工布置方便，施工进度亦快。

坝体中间段冲沟窄而深，填筑工作量占总工程量的 50%，冲沟中且有泄水廊道穿过，在施工安排上有一定的干扰，因此施工条件差，并控制工程进度。

冲沟右岸坡陡，冲沟和台地坝体填筑高差较大，可能导致坝体的不均匀沉降。

2. 地质

桩号 0+070 以西岩层为白色石英岩，走向北东，倾向南东，倾角 60 度~65 度；桩号 0+070 至 0+290，岩石为灰岩，并夹有钙质页岩岩脉右岸台地覆盖土多为碎石粘土、砂质粘土、粘土及砂质垆母的水平互层，厚度 5 米以上。

桩号 0+290 以东多为云母花岗片麻岩、云母角闪片麻岩及花岗片岩互层，走向南北，近乎垂直于坝轴线，倾向东南，倾角 80~85 度。地表除冲沟部分为全为风化覆盖层外，其余大部分为强烈风化至半风化岩石。根据桩号 0+390 上游 20 米处钻孔资料，地表以下 5~10 米范围内，岩石单位吸水率为 0.68 升/分，这相当于渗透系数 $k = 1.7 \times 10^{-3}$ 厘米/秒，10 米以下减少到 10^{-5} 厘米/秒。冲沟内岩石风化强烈，浸水后稳定性极差，地表以下 15 米范围内仍属强风化带。左岸台地覆盖土多为红色粘土和碎石粘土，厚 2~3 米。

桩号 0+136 至 0+198 为二甲峪断层带，从齿槽施工地质展视图上可知带内岩石风化剧烈，岩性难以鉴别，断层带内一些小断层均属华夏系构造。

2.1.6.3 坝轴线选择

坝轴线是在二甲峪村北的台地末端两个山头间，内湖盆地南垭口分水岭以南 200 米左右处，所选轴线长度上比较短一些，坝体方量亦较少。



2.1.6.4 坝型选择

从料场分布情况看，坝址具有数量足够的壤土，并且运距近，开采面积大，施工布置方便。而坝址附近又缺少透水粗粒料。根据施工计划拟于冬季前竣工。故采用了均质土坝坝型。

1959年11月施工进入冬季阶段给大面积粘性土施工带来很大困难，而土料一般含水量也较大，且由于坝体冲沟段廊道施工较晚，以致该段土料填筑至高程137.0米时，两岸台地土料已填筑至148.0~150.0米左右，而坝体工程量的一半却集中在冲沟段，形成了不利的形势。经进一步调查透水料后，得知上下游尚有部分风化砂砾料可用作筑坝材料，因此将桩号0+290至0+390段(即冲沟段)的坝型改成厚斜墙坝，斜墙后填筑风化砂砾料。

1959年12月下旬，根据当时冬季施工条件，又将桩号0+390~0+637左岸台地段，高程153.0米以上，由均质坝改成斜墙坝，斜墙后回填风化岩碴。

2.1.6.5 坝基处理

左右台地段沿坝轴线开挖一道粘土齿槽伸入坝基覆盖层中，桩号0+035~0+150和0+400~0+580两段齿槽深0.5米，底宽2.0米边坡1:1.5，0+150和0+250段齿槽深1.0米，底宽3.0米，0+250~0+300段齿槽伸至基岩表面，底宽3.0米。

桩号0+300~0+400间的冲沟部分，将表层的耕植土、粉细砂及岩层表面全风化的岩块和岩粉全部取消干净后再回填壤土。本段齿槽深度为2.5米，底宽7米，并取消了原设置的厚0.15米的砼垫层。

根据分化片麻岩的渗透变形校核计算，将桩号0+400以左的风化片麻岩露头用人工铺盖护衬，增加接触渗径，确保其渗透稳定性。

2.1.6.6 坝体结构

1. 坝顶

南石骆驼副坝坝顶设置了双车交通道，路面宽8.0米，采用水结碎石路面，

路面横坡为 1/100，倾向下游，以便排水。

浆砌石防浪墙顶高 161.0 米，路面下游侧埋设有路边石，路边石沿坝轴线方向每 10 米间距设置一排水孔，将路面雨水排向下游坝坡。

2. 上下游坝坡

坝坡上游高程 152.0 米以上坝坡为 1:3.0，152.0 米以下不同坝段坝坡分别为 1:3.0、1:3.5 和 1:6.2，下游坝坡均为 1:2.75。

上游高程 150.0 米以上为 1 米厚的碎石过渡层和 0.5 米厚的干砌块石护坡。

下游保护层及护坡总厚 1.3 米(垂直坝坡向)，其中砌块石厚 0.3 米，卵石碎石层 0.2 米，透水料保护层 0.8 米，在斜墙坝段的下游护坡取消了透水料保护层，在桩号 0+390~0+595 米段坝体共三层，反滤层第一层为 0.5 米厚砂层，反滤层第二层为 0.5 米厚砂砾石，在反滤层外层设置不小于 0.5 米厚表面贴坡块石排水层。

3. 排水措施

下游坝坡和山坡连接处设有坝脚排水沟。

坝身排水采用暗沟式、褥垫式和贴坡式，坝体在冲沟段考虑到坝体较高，为了更有效的降低坝体浸润线，选用褥垫式排水，后因该段坝型改成厚斜墙坝，随即将排水顶面已填筑的粘土层挖穿，形成平行于坝轴线的沟槽，并填以砂砾透水料和反滤层，使坝体风化砂砾料内的渗水能通畅进入排水体排向下游。桩号 0+450~0+535 坝段组合坝体在 153.0 米高程处下游坝坡出现隆起、变形现象，对桩号 0+390~0+595 段坝体下游坝坡渗流出逸处采用贴坡式排水，即拆除现状表面块石，贴坡设置排水设施。坝体在两岸台地段选用暗沟排水。

4. 防渗体

坝体在冲沟段为厚斜墙坝，斜墙平均厚度为 14.0 米，斜墙后设厚 0.3 米的粗砂垫层，坝体用风化砂砾料填筑，但在高程 137.0 米以下为壤土填筑，和斜墙连成整体形成内铺盖。

右岸桩号 0+000~0+290 段为均质坝。左岸桩号 0+390 至 0+637 段为均质坝和斜墙坝相结合的形式。高程 153.0 以下为均质坝，以上为斜墙坝，斜墙后为风化岩块填筑成的坝体，斜墙平均厚度为 20 米左右。



2.1.6.7 监测设施情况

1. 渗流监测

南石骆驼副坝共设有测压管 25 个，其中 13 个基岩管，12 个坝体管；一个浸润线纵断面；1 个量水堰，桩号为 0+339，堰顶高程为 133.418 米。

2. 变形监测

该坝现正常观测标点 32 个，上游 2 排 15 个标点，高程分别为 150 米和 158 米左右，下游 2 排 17 个标点，高程分别为 150 米和 159 米左右，下游最高 1 排观测水平位移。

2.1.7 九松山副坝

2.1.7.1 概述

九松山副坝位于密云区九松山村南部，距潮河主坝约 2500 米。

副坝坝址为一宽约 1000 米的沟谷，两端为高程 170 米以上的山丘，副坝轴线沿东西方向延伸，跨过五座垭口，自西向东分别定为 I、II、III、IV、V 号垭口，各垭口之间的山脊高程均低于坝顶高程，因而在高程 160 米连成一体，统称这五个垭口的副坝为九松山副坝。

九松山副坝系碾压式斜墙土坝，坝顶全长 1095 米，坝顶高程为 160 米，I 号垭口底高程最低，坝轴线处为 124.5 米，相应的最大坝高为 35.5 米，其底宽为 207 米。

2.1.7.2 地形、地质

九松山副坝位于密云区九松山村南部，坝址有 5 个垭口，各垭口均呈 V 字型，各垭口间的山丘顶高程不同，均低于坝顶高程 160 米，靠垭口两侧山坡一般较陡，最陡可达 40 度左右，各垭口上游除 I 号外陡呈峡谷形状，下游大多也比较狭窄，因此运输道路和施工场地布置比较困难。其地形特征指标如下表

表 3-5 各垭口地形特征指标

垭口编号	I	II	III	IV	V
垭口底高程(m)	124 . 5	131 . 7	140 . 8	141 . 9	136 . 9
垭口坝高(m)	35 . 5	28 . 3	19.2	18 . 1	23 . 1
山丘顶高程(m)	148 . 0	153 . 0	156 . 0	147 . 0	

坝区基岩均为震旦纪太古代片麻岩，主要有云母角闪片麻岩、角闪花岗片麻岩，和石榴子石斜长片麻岩。坝基主要是细粒角闪花岗片麻岩。

坝基岩石全部被风化岩所覆盖，风化岩层厚度一般 6 米左右，I 号垭口最厚达 17 米，结构疏松，强度低，透水性小。

坝区地下水以裂隙水形式存在，在齿槽开挖过程中，发现裂隙水稍有承压现象。基岩透水性较小。

2.1.7.3 坝轴线选择

在设计过程中，据根九松山副坝坝址地形特点选定了三条坝轴线进行比较，现就三条坝轴线方案分述如下：

第一坝轴线：在布置这一轴线时系按照如何使工程量最小为依据，因而随各垭口的地形分别布置坝轴线，形成了互不连通的四段坝轴线，但据根这样布置的结果，在 II、IV 号垭口处上游坝脚有一部分座蔽在坡度陡的风化岩深沟中，且 II 号垭口的破碎带也不能躲开，从而影响坝坡的稳定。该方案的填筑工程量，按斜墙坝计算为 1212000 立米。

第二坝轴线：将第一坝轴线移向下游，并将各垭口联成一个整体，布置成两个直线段和一个折线段，这样做成一条完整的连通的坝轴线，在日后运用上较方便，且可躲开 II、IV 号垭口的风岩深沟的地形和 II 号垭口的破碎带，本方案的填筑工程量较第一坝轴线增加 70000 立米。

第三坝轴线，本坝轴线布置在一、二坝轴线之间，坝顶在两端仍为两直线段，但在两直线段之间即桩号 0+392 米和 0+463 米之间，用直径 $R = 200$ 米，中心角 $\alpha = 20^{\circ}33'$ 的圆孤曲线连接，此时由于中心角小，半径较大，因而坝顶基



本上近乎直线，从而使坝顶布置的比较平缓且美观，便于日后运用，且可大体上躲开Ⅱ、Ⅳ号垭口的深沟和Ⅱ号垭口的破碎带，但坝身填筑方量较第一轴线多 30,000 立方米。

由于三条坝轴线工程量相差不大，因此选择九松山副坝轴线主要是考虑到日后运用方便，使密云水库环湖公路与坝顶公路能布置成一整体，并考虑到美观上的要求，最后选定了第三方案。

2.1.7.4 坝型选择

确定九松山副坝坝型主要是考虑筑坝材料料场分布及筑坝材料的性质。在设计过程中曾比较了斜墙坝与均质坝两种坝型，经比较后，采用了斜墙式土坝，其理由为：

- 1.若采用均质坝势必加缓下游坝坡，从而增加土方工程量；
- 2.密云水库要求一年拦洪，副坝必须在冬季施工，而壤土在冬季施工较困难，难于满足施工进度要求；
- 3.填筑土料工效较低，影响施工进度，且需要的土料碾压机械亦较多；
- 4.虽然副坝上下游土料储量较多，但用做均质坝尚嫌不足；
- 5.斜墙坝可以更好地就地取材，根据副坝附近筑坝材料特性及其分布，在下游坝体浸润线以下用河床砂砾料填筑，在浸润线以上利用坝址附近山头的风化岩填筑，这样运输上坝及填筑碾压均较方便，从而加速了施工进度。

2.1.7.5 坝基处理

九松山副坝斜墙与坝基连接采用了嵌入坝基的壤土齿槽方式。设计根据各处岩石风化情况和作用的上下游水头差求出齿槽尺寸。在设计中根据岩石的透水率试验结果，由于以下理由除极个别的构造地带的地下水泉眼进行局部灌浆外，其余地段均未进行灌浆处理。

- 1.坝基岩石的单位吸水率一般都很小(大部分小于 0.05 公升/分)渗水量不大，且由于裂缝过细，难于灌浆。
- 2.由于坝基风化岩较厚，因此坝基处理的主要问题是防止坝基风化岩的机

械管涌问题。因此只要所设计的齿槽尺寸足以满足坝基风化岩的允许渗透比降要求即可，

3.在副坝施工时期，密云水库钻机和灌浆设备不能及时供应，亦无法设置水泥灌浆帷幕。

根据风化岩浸水崩解后的不均匀系数利用苏联的研究成果，选择了允许渗透比降为 $1/1.5$ ，据此确定了各缺口的齿槽开挖深度。当坝高小于 10 米时，槽深 6 米，底宽 2 米，坝高 10~50 米时，槽深 5 米，槽底宽为 2~4 米，当坝高为 15~20 米时，槽深 6 米，槽底宽为 4~6 米，当坝高大于 25 米时，槽深 6~8 米，槽底宽为 6 米左右，在 I 号缺口局部地段还设置小的内铺盖以满足允许比降的要求。

齿槽起始点为桩号 0+017 处(高程为 156.5 米)，终止桩号为 1+112 处(高程为 153.5 米)。齿槽开挖边坡一般为 1:0.75，个别地段用 1:0.5。

在最大坝高的 I 号缺口处，云母片磨岩风化最为严重，当齿槽开挖至 8.0 米深时，槽底云母片麻岩仍然风化比较严重。并在开挖过程中有地下水沿片理和片理挤压破碎带中流出，使风化岩泡水，并使风化岩的细屑形或流砂，以致开挖时有边坡崩塌现象发生，为此当时在 0+800 处进行了浅孔灌浆，但其效果不大，又因该处为潮河枢纽上游对外交通的联络线，副坝最后的拢口，当时施工形势极为紧急，为此未继续进行深挖，只在齿槽下游侧设置壤土内铺盖，以增加接触渗径，保证风化岩的渗透稳定性。内铺盖尺寸见下表：

表 3-6 铺盖尺寸

坝轴桩号 (米)	0+790	0+800	0+820	0+831.5
内铺盖长度 (米)	0	10	19	0
内铺盖厚度 (米)	0.2	2.0	2.0	2.0



2.1.7.6 坝体构造

1. 坝顶

九松山副坝坝顶采用了和潮河主坝相同的构造。坝顶设置了双车公路交通道，路面宽 8.0 米，采用碎石路面，路面横坡为 1/100，倾向下游，以便排水。

防浪墙墙底高程 157.08 米，嵌入粘土斜墙 0.7 米，防治水库渗水，墙厚 0.5 米，每 5 米设一沉陷缝，缝中用油毡填嵌，防浪墙每 30 米设钢筋砼灯柱一根。

路面下游侧埋设有厚 0.2 米高 1.1 米的预制砼块路边石，埋入坝体 0.8 米，露出地面 0.3 米，每 10 米留有排水空，将路面雨水排向下游坝坡。

2. 上下游坝坡

上游坝坡采用双层干砌块石护坡，以防风浪冲刷，双层干砌块石护坡尺寸为：在高程 144 米以下部分外层块石直径为 35~50 厘米，内层块石直径为 10~25 厘米，两层块石总厚度为 60 厘米，为了减少石料方量，将高程 144.0 米以上的双层干砌石减薄为 50 厘米，在砌石下设一层厚为 25 厘米，直径为 2~10 厘米的砾石垫层。护坡石及保护层包括干砌石、砾石垫层及其下的砂砾石层，总厚度不小于 1.5 米，以防斜墙受冻。上游坝坡在 154.2 米以上为 1:2.75，其下为 1:3.0。

在水库蓄水后曾几次风浪将 I、II 号埡口部分坝坡护坡石冲毁，最严重的是 1964 年 10 月当时库水位 146.7 米，发生 7 级风，浪高约 1.8 米，I 号埡口在水面附近 2 米范围护坡约冲毁 50%，II 号埡口在水面附近 0.6 米范围护坡约冲毁 20%。分析其原因主要是块石直径太小，砌筑方法不当，有的块石平砌，嵌缝不紧，因此于 1964 年、1965 年用砼灌填石缝，将 5~6 块块石连成一体，以提高其抗冲能力，经运用结果证明这一处理方法是较好的。

下游护坡为单层干砌卵石保护，卵石直径为 20~30 厘米，在坝体下部砂砾料部分，不设砾石垫层，卵石直接砌于砂砾料上，而在坝体上部风化岩填筑区，则在卵石下增设一层直径为 2~10 厘米，厚为 15 厘米的砾石垫层。下游坝坡在 143.0 米以上为 1:2.0，其下为 1:2.5。

3. 排水措施

九松山副坝采用卧式堆石表面排水排除坝体渗水，在下游坝脚与山坡连接处还设置排水沟以拦截由坝面和两岸山坡流下的雨水。

卧式表面排水顶部高程是根据渗透计算求得的下游出逸高程并加 1.5 米的防冻和安全超高确定的，Ⅰ～Ⅴ堰口的排水顶部高程分别为 129.0 米，131.0 米，141.0 米，137.0 米，137.0 米。

排水堆石所用的石料为直径 7～30 厘米的卵石，厚为 1 米。堆石与坝体砂砾料之间投有两层反滤，第一层直径为 2～10 毫米，厚度为 20 厘米，第二层直径为 10～70 毫米，厚度为 30 厘米。

4. 防渗体

九松山副坝斜墙下部厚度为了减小坝身砂砾料方量并考虑到南沈庄土料场土料塑性指数较低，采用了厚斜墙，其厚度为作用水头的 $1/3$ 。但在 1959 年汛后，由于上游土料场已被淹没，下游土料场储量不足，为减少土料，将斜墙上部予以减薄，使其厚度不小于各作用水头的 $1/3.5$ ，为此将斜墙上游面收进一平台，形成一马道，Ⅰ号堰口马道高程为 144.0 米，水平宽度为 9.84 米，Ⅱ号堰口高程为 145.0 米，水平宽度为 8.84 米，Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号高程为 152.0 米，水平宽度为 5.34 米。斜墙上游面坡度为 1:3.0，下游坡度为 1:2.0。

为了保护斜墙不受渗透水流的剥蚀，在斜墙与坝体透水料之间设置有垂直厚度为 50 厘米的中粗砂垫层。

为了保护斜墙免于冰冻，在斜墙上游面设置了厚度大于 1.5 米的护坡和保护层。

2.1.7.7 土石方量

九松山副坝设计总工程量为 127 万立方米，实际施工总方量为 132.6 万立方米，其中土料填筑 280331 立方米，透水料填筑 949221 立方米，反滤料填筑 22189 立方米，石料和其他填筑 72949 立方米。该坝于 1958 年开始施工，1959 年汛期筑至拦洪高程 143.0 米，并于 1960 年 1 月 5 日完工，历时一年多。



2.1.7.8 监测设施情况

1. 渗流监测

该坝共设有测压管 28 个，其中 19 个基岩管，9 个坝体管；3 个浸润线横断面，分别为 0+599.5、0+820、0+870，1 个浸润线纵断面。5 个量水堰，1 号堰桩号为 0+790，堰顶高程为 126.134 米，2 号堰桩号为 0+600，堰顶高程为 125.731 米，3 号堰桩号为 401，堰顶高程为 135.588 米，4 号堰桩号为 0+217，堰顶高程为 132.670 米，5 号堰桩号为 0+187，堰顶高程为 132.031 米。

2. 变形监测

该坝共有变形观测基点 13 个，标点 18 个。上游 10 个标点于 1998 年埋设，下游 8 个标点于 1960 年埋设。下游一排还兼测位移。

2.2 隧洞

2.2.1 白河发电隧洞及泄水支洞

2.2.1.1 概述

白河发电隧洞是白河枢纽的一个重要组成部分，位于白河主坝右岸山岩中，主要任务是输水供白河电站发电及向下游供水。隧洞后半段在桩号 0 + 376.75 处利用施工导洞建成一条泄水支洞，原设计为供特大洪水及紧急需要时泄水时用，现功能为：当电厂机组检修或故障时向京密引水渠供水及隧洞检查时作为入洞检修的通道。

白河发电隧洞为圆形压力隧洞，承受的最大内水压力水头为 48.7 米，承受的最大外水压力水头按 18.7 米设计，洞径 6.00 米，长 421.36 米，进口高程 116.00 米，检修平台高程 155.00 米，启闭机平台高程 164.60 米。设计水位 157.50 米下相应泄量 181 立方米/秒，146.00 米水位下最大发电流量 228 立方米/秒。

白河泄水支洞内径 5.50 米，长 120.00 米，进口高程 113.297 米，最大泄量

80.00 立方米/秒。洞底两侧各有 $\varnothing 500$ 、 $\varnothing 700$ 管道一条，设计为附近农业和生活供水。

2.2.1.2 地形地质条件

白河发电隧洞所经过的右岸山头，其最高高程约为 250 米左右，山势较陡峭。进水塔基础横跨震旦纪底部红色石英岩及早期入侵的正长斑岩两种岩石上，二者在抗压能力和弹性模量上均有较大的差异。隧洞洞脸岩石为层状构造裂隙已经剧烈风化的红色石英岩。隧洞洞身所穿越的地层，曾受倒转褶皱的作用，岩石很不完整，山岩牢固系数 f 及弹性抗力系数 K 均甚低，因此白河发电隧洞的一个主要特点是全线地质条件较差。

支洞附近山顶高程约为 205 米，支洞底高程约为 113 米，与主洞交叉处顶厚达 90 米左右，洞口处顶厚只有 4~5 米。洞口附近白河河床高程约为 101 米，水流出洞后还有十多米的落差到河床。

整个支洞位于中厚层白色石英岩体内。支洞洞线与岩层走向交角只有 10° ，沿洞线节理相当发育，统计共有 18 条节理裂隙，多为北东走向，倾向南西，倾角 $50^\circ \sim 70^\circ$ 。洞脸岩石有两组主要节理，一组走向为北西，倾向北东，倾角约 80° ；另一组走向北东，倾向南东，倾角也比较大。这两组节理相交形成一个破碎带，恰好位于支洞出口上面。

2.2.1.3 洞线选择和方案比较

设计中，白河发电隧洞在隧洞洞线位置的确定上，有左右岸两种布置方案的比较，根据地质构造及岩层分布情况，左右两岸均可布置隧洞，但右岸相对左岸而言，洞短，尾渠也短，有适宜的调压井位置，地质条件稍好，施工时较为方便，与其他建筑的干扰少，最终选用了右岸洞线。右岸洞线又比较了三条线路，当时主要考虑的是：地质条件要好；施工要方便；工程量要少；线路平直，水头损失少；有适宜的施工支洞位置。经过比较，最后采用第三条线路。洞线确定后，在进口高程、隧洞直径和进口建筑物型式上又进行了比较，最终选定进口高程 116.0 米，洞径 6 米，进口建筑物采用斜塔式。



泄水支洞是将已开挖成形的施工支洞改建成永久性建筑物，因而其主要轮廓尺寸，包括洞线、标高、纵坡及洞径都按施工支洞现状而定。对支洞的闸室位置曾比较过三个方案：一是开挖竖井，将闸室放在竖井内；二是洞口劈坡，将闸室放在洞口；三是开挖水平交通洞，将闸室放在山体内部。方案一难于实现，因需要陡岩处开挖竖井，容易造成塌方事故；方案二的缺点是洞口一旦塌方将使支洞无法控制，势必造成放空水库的严重事故；方案三比较安全可靠，因此采用方案三。

2.2.1.4 工程布置

白河发电隧洞的组成部分包括：进口引渠、进水塔、隧洞洞身、洞身末端连接有调压井及高压管道。

1. 进口引渠

引渠渠底宽 10 米，渠长 43 米，高程与进口相同，均为 116.0 米，渠底采用混凝土衬砌，最小厚度 0.5 米。引渠左岸与白河主坝的西坝头相连，为了避免坝坡脚伸入引渠之内，在引渠左岸贴山麓筑有混凝土重力式挡土墙，挡土墙迎水面坡度为 1:0.5，填土面坡度为 1:0.2，墙顶高出该处坝面约 1.0 米，亦即墙顶高程最高处约 117.7 米，然后向上游逐渐变矮。靠近引渠的坝坡做浆砌石护面，以免水流冲刷坝坡。引渠的右岸边坡，在高程 130 米以下为块石混凝土的挡土墙及护坡，高程 122.0 米以下坡度为 1:0.5，高程 130.0 米以上开挖边坡 1:1.5。在高程 130 米以上直至 161.0 米处，沿岩石面做浆砌石护坡，在高程 161 米处做一马道，并有 1.0 米高的砌石矮墙。浆砌石护坡一直砌至离隧洞进口前 65 米处。

2. 进水塔

进水塔系斜卧的支墩式塌架，由三个钢筋混凝土墩墙支承着三层平台及喇叭口组成，三层平台的高程分别为 164.60 米（启闭机平台）、155.00 米（检修平台）、130.00 米。洞脸劈坡坡度为 1:0.5，进水塔的混凝土墩子亦做成倾斜的，斜坡坡度 1:0.5。

喇叭形进口在垂直面上由一个 $1/4$ 的椭圆曲线组成，在平面上，两侧边墙

以 1:3 坡度向上游倾斜,使进口宽度加大至 9.0 米。为了减少拦污栅及喇叭口顶板的跨度,在进口部分又加设厚度为 1.0 米的中墩,进口净宽 8.0 米,为了支撑拦污栅,中墩与边墩间又设流线型的横梁三根。为了防止漂浮物由喇叭口顶板以上绕流经过闸门槽进入隧洞,喇叭口以上设拦污板,板厚 1.0 米,板上设有纵横间距 2.0 米,直径 10 厘米的通水孔,以便透水减压。

进水塔底板厚度 1.2 米,洞脸处混凝土挡墙厚度 1.0 米,喇叭口曲线的混凝土板厚为 2.0 米。在高程 130.0 米处又加设一层平台,板厚 2.0 米,高程 130 以下塔架两旁均用块石混凝土回填。

进水塔中设有一扇平板事故检修门,孔口尺寸 5.0 米×6.0 米,主要为下游电厂调压井快速门和支洞弧形门检修或发生事故时下门挡水之用,由一台 2×80 吨的固定卷扬式启闭机操作,电机功率 28 千瓦。闸门自重 38.15 吨,配重 80.00 吨,启闭机重 16.10 吨。孔口上方设有一扇 0.4 米×0.7 米充水门,由一台 1×25 吨的固定卷扬式启闭机操作,电机功率 11 千瓦。闸门运行方式为:静水启门,动水闭门。闸门开启前下游门要关闭,先开启充水门,待隧洞充水平压后才可提门。闸门前设有 8 块 4 米×3.7 米的钢制拦污栅,栅条净距 6 厘米;在闸门后洞脸混凝土衬砌中设置了四根内径为 40 厘米的通气孔。

3.洞身

隧洞深埋入山岩之中,线路呈弯曲形状,在洞线上有两个弯段,转弯半径为 40 米,转角均为 35°。进口处底坎高程为 116.00 米,纵坡 1/100,至调压井前洞底高程 113.02 米。由进口渐变段至分岔段前长 363 米,分岔段沿主洞长 16 米,由分岔段后至调压井前长 30.16 米,三者共长 419.16 米。隧洞进口渐变段长 10 米,钢筋混凝土衬砌厚 1 米,洞身钢筋混凝土衬砌厚 0.6 米,采用双层钢筋。进水塔、渐变段及洞身三者之间共设伸缩缝两道,主洞、分岔段及调压井之间共设伸缩缝三道,其余沿隧洞全长按施工情况设纵向及环向工作缝,沿隧洞全长均做回填灌浆和固结灌浆,全洞未设排水管。

4.调压井及高压管道

调压井在隧洞的末端,为阻抗上室式,是为电站发电机组增加或丢弃负荷时调节水击压力而设。调压井下分出二支高压管道,每一支管在出山之后又分



成三条岔管，六条岔管均通入白河电站厂房。电站设有六台机组，总容量 8.55 万千瓦，其中四台常规机组，单机容量为 1.5 万千瓦，蓄能机两台，单机容量 1.275 万千瓦。

泄水支洞洞径为 5.5 米，在调压井前桩号 0+376.746 处与主洞交叉，平面夹角约 50° ，支洞轴线方位 $N48^\circ W$ ，基本呈一直线，出口处向西偏转 7° ，以使水流离开主坝坝脚。泄水支洞及泄槽总长 162.7 米（由分岔处至挑坎末端），由分岔段、压力段、闸门室、无压段、泄槽及挑水坎组成。挑水坎以下经泄水渠及三孔跌水与白河电站尾渠相连。

1. 有压段

自支 0+000 至支 0+054 为有压段，包括分岔段、圆形段及有压渐变段三段，总长 54 米。分岔段沿主洞方向长 16 米，直径 6 米，沿支洞方向长 10 米，直径 5.5 米，衬厚 1.5 米，主洞和支洞交角 $50^\circ 26' 12''$ 。圆形段直径 5.5 米，长 34 米，衬厚 0.5 米，以渐变段与闸室相连，渐变段长 10 米。三段因衬砌厚度不同，各段之间设置伸缩缝并设止水，沿洞身四周设固结灌浆孔，孔深 4 米，排距 5 米。

2. 闸室段

闸室设在支洞中间位置，长 13.5 米（自支 0+054 至支 0+067.5），宽 4.5 米，设 4.5 米×4.5 米弧形工作闸门一扇，以一台 1×60 吨固定式卷扬式启闭机操作，闸室分两层，下层为门室，高 14 米，上层为启闭机室，高 4 米。门室由两段组成，前段由支 0+054 至支 0+059.5，这段属于“三通”结构类型；后段由支 0+059.5 至支 0+067.5，这段为高度渐变的具有圆形拱顶的封闭式框架结构。后段末端顶部设置了较大的弧门支撑架，整个门室采用 1.2 米厚底板连成整体。在启闭机室右侧为 2.5 米×3.0 米交通洞，直通山外。在弧形闸门上设置了一套反拉装置，利用手动摇车及门上的反拉物架可将闸门反拉向下。当闸门出现事故时，可靠反拉装置关闭闸门。

3. 无压段

闸室末端至出口为无压段，全长 52.5 米（桩号支 0+067.5 至支 0+120）。无压段由无压渐变段、明流洞及出口超高程三段组成。整个无压段采用 1/100 的纵坡。

无压渐变段长 16 米（支 0+067.5 至支 0+083.5），起始断面高 4.7 米，宽 4.5 米，顶部是半径等于 3 米的圆拱形，中心角为 99.2° ，终止断面为高 4.7 米宽 6 米的方圆形断面。顶拱衬厚 0.875 米，底板衬厚 0.6 米，边墙衬厚由 1.25 米渐减为 0.5 米。明流洞段长 25.5 米（支 0+083.5 至支 0+109.0），采用标准方圆形断面，高 4.7 米，宽 6 米，衬厚 0.5 米。出口超高段长 11 米（支 0+109.0 至支 0+120.0），这段是平面弯段（弯曲半径 $R = 50$ 米），采用左高右低的斜底板，左右底板最大高差 1.0 米，底板衬厚 0.6 米，边墙及顶拱衬厚 1.0 米。三段之间设永久性伸缩缝，并做好止水，出口超高段边墙与底板之间做成永久性伸缩缝。为了降低地下水位，使无压段洞身全段都没有外水压力作用，自闸室，末端（支 0+067.5）开始用两根纵向排水沟引排出洞口，沿两侧墙后面设有垂直排水槽与纵沟连接，共设四对排水槽，排水槽中距 10~12 米，纵向断面 0.5×0.5 米。

4. 泄槽及挑水坎

无压段以下为泄槽，泄槽中心线为 $Y=0.016X^2$ 抛物线，无压隧洞与泄槽连接处在平面上呈一弯段，因此这段泄槽底板呈左高右低轮廓。泄槽宽度为 6~14.5 米，边墙高度 3.5~5.0 米，采用整体钢筋混凝土结构 U 型截面，底板厚度 1.0 米，边墙顶宽 0.5 米，迎水面竖直，背水面坡度 1:0.2，采用双层钢筋，混凝土标号 200 号。在桩号支 0+130、0+140、0+150 三处设置三个永久伸缩缝，并做止水。泄槽底板下游设两条排水纵沟，通过挑水坎内的排水管排到下游。挑水坎坎顶高程 99.0 米，反弧半径 $R=15$ 米及 13 米，挑射角 30° 。挑水坎两边墙顶高程 101.0 米，边墙背面回填石渣到墙顶以下 0.5 米处，表面干砌卵石。挑水坎末端两侧做一混凝土耳墙以与泄水渠边坡连接。泄水渠长约 80 米，底宽 40 米，纵坡 1/1500，经 $R=133$ 米弯段与三孔净宽 8 米的跌水将水泄入电站尾渠。

5. 2013 年 12 月~2016 年 11 月，实施南水北调来水调入密云水库调蓄工程第十四标段溪翁庄泵站出水口及白河发电隧洞加固工程。对发电隧洞配筋不足、应力及混凝土强度不满足要求的洞段采用粘贴碳纤维布进行补强加固，对混凝土衬砌裂缝、衬砌与围岩脱空、围岩破碎、围岩空洞洞段进行化学灌浆加固，



对隧洞腰线及底板混凝土剥蚀部位采用聚合物水泥砂浆修复。溪翁庄泵站出水口钢管安装，其中洞穿管段 66 米，白河发电隧洞维修加固 407 米，白河泄水支洞有压段维修加固 54 米；泄水支洞出口闸门更新，白河发电隧洞进水口闸门防腐；进口启闭机维修等。

2013 年南水北调来水调入密云水库调蓄工程中对白河发电隧洞及泄水支洞进行了加固改造。泄水支洞改造主要内容为穿两排 DN1800 钢管，洞穿长度 66.0m（轴线长）。拆除支洞桩号支 0+054.00～支 0+120.00 段底板后期改造浇筑混凝土及埋设的钢管，铺设两排 DN1800 钢管，更换泄水支洞闸门，更新后的闸门为潜孔式弧形钢闸门，数量 1 孔，孔口尺寸 3.5 米×2.1 米。

2.2.2 走马庄隧洞

2.2.2.1 概述

走马庄隧洞设置在白河走马庄地区，原设计有两个任务：一是当发生千年一遇及大于千年一遇洪水时，担负泄洪任务；二是非常情况下担负泄水任务，以尽快降低库水位，避免发生事端。隧洞现已不承担泄洪任务。隧洞为圆形压力隧洞，原设计为内径 6.00 米，长 137.00 米，进口高程 125.00 米，最大泄量 482 立方米/秒。2016 年南水北调工程改造，在原隧洞内套 DN2600 钢管，出口改为蝶阀。

2.2.2.2 地形、地质条件

走马庄隧洞位于走马庄Ⅳ号及Ⅴ号副坝中间，从两座副坝间的山包下穿过。上游地形为一天然冲沟，冲沟右岸坡较陡，左岸坡较缓。下游是一条较大的山沟，为走马庄副坝以下的天然排水道。走马庄隧洞泄水时将在金叵罗村前经过三公里多的耕地而后在调节池上游注入白河河道。

隧洞所经山包岩石为震旦纪的云母角闪片麻岩和中生代的正长斑岩。前者风化严重，全风化厚层约 10 米，后者呈不规则的脉状嵌在片麻岩内，正长斑岩较新鲜坚硬，片麻岩片理产状为 $N70^{\circ}E$ ， $NW \angle 40^{\circ}$ ，主要节理

N20°E，WN \angle 30°及N40°E，NW \angle 75°两组。山包下游侧出口附近有两条沿洞轴线方向的挤压破碎带，一条产状N50°WNE \angle 50°，宽0.5~1.0米，走向与轴线呈20°交角，为挤压岩石及粘土充填；另一条产状N74°W，NE \angle 62°，距洞轴线5米左右，破碎带宽2~2.5米，为挤压岩石及粘土充填。出口处有两组主要节理，一组N85°E，NW \angle 30°，另一组N56°E，SE \angle 60°。

2.2.2.3 洞线选择和方案比较

根据该处的地质地形等条件，选择了两条洞线进行比较，Ⅰ线位于Ⅳ号副坝右岸，通过两个山包，形成两条隧洞中间夹着一段廊道。Ⅱ线引水渠位于Ⅰ线以西8米处，采用弯折的洞线以尽量适应进出口地形条件减少工程量。根据当时施工力量和工期要求，决定采用Ⅱ线。

在设计中隧洞经过有压方案和无压方案的比较。有压方案系在进口设置堵水闸门，经常挡水工作，使隧洞经常处于无压状态，放水时需先将隧洞充水平压，先提进口门再开出口弧门以放水，进口需设置进水塔，出口需设置闸门室；无压方案系在进口设置工作闸门，隧洞在任何情况下都处于无压状态。在工程量方面和地形的适应能力方面，有压方案都占优，决定采用有压方案。

2.2.2.4 工程布置

走马庄隧洞由进口建筑物、洞身及出口建筑物组成。具体划分桩号见表3-6。

表 3-7 走马庄隧洞工程布置表

名称	引渠	喇叭口	闸室段	前渐变段	洞身	后渐变段	出口	泄槽
桩起	0-66.7	0+002	0+008	0+014	0+024	0+127	0+135	0+151
号止	0+002	0+008	0+014	0+024	0+127	0+135	0+151	0+258
长度米	68.7	6	6	10	103	8	16	107

1.进口建筑物



引渠：渠底高程为 125.0 米，边坡 1:2，全长约 69 米。在平面上由一直段及一弯段组成，直段长 35 米，弯段长 31 米，转弯半径 30 米。弯段后有一 3 米长的直段和喇叭口相连。引渠位于风化的片麻岩地段，采用浆砌块石以保护边坡及渠底，砌厚 25 厘米。

进水口建筑物：包括喇叭口及塔架。塔架上游为进水的喇叭口段，长 6 米，底高程为 125 米，进口面积为 10 米×10 米，渐变至塔架处为 6 米×6 米。塔架的平面轮廓尺寸为 8 米×6 米，自高程 144.7 米以上到塔顶（高程 161.5 米）由四根支柱组成。高程 144.7 米以下四周设拦污板，厚 0.5 米。高程 136.0 以下做成框架，前墙与后墙厚 0.8 米，左墙及右墙厚 1.5 米。整个塔基嵌固于围岩内，以增加侧向稳定性。塔架中间设一扇 5.0 米×6.0 米平板检修闸门，主要为下游弧形工作门检修时挡水之用，闸门上设有两孔柱塞式充水门，检修平台高程 153.00 米，启闭机平台高程 161.50 米。由一台 2×15 吨的固定卷扬式启闭机操作，电机功率 7.5 千瓦。闸门自重 16.00 吨，启闭机重 3.39 吨。闸门运行方式为：静水启闭，设计最高挡水位 157.50 米。正常运用状态为常闭，闸门开启前下游门要关闭，先开启充水门，待隧洞充水平压后才可提门。

2.洞身

隧洞进口底部高程 125.0 米，纵坡 1/150，包括进口渐变段、圆形洞身段及出口渐变段三部分。隧洞进口方向 S36°E，出口方向 S76°E，洞身平面上有两个弯段。半径分别为 50 米和 100 米。进口渐变段和进水塔相连，长 10 米，尺寸由 5 米×6 米矩形断面渐变成直径 6 米的圆形断面；圆形洞身直径 6 米，全长 103 米；出口渐变段长 8 米，由直径 6 米的圆形断面渐变为 4.5 米×5.8 米的矩形断面，和出口闸室相连。渐变段与圆形洞身均用钢筋混凝土衬砌，纵向做成整体，中间不设伸缩缝。在圆形洞身和进出口渐变段之间设伸缩缝，缝内做止水。隧洞周围设有 5 米深的固结灌浆孔，排距 5 米，以增加岩石的整体性。为降低隧洞出口处地下水位，增加岸坡的稳定性，在桩号 0+075 至 0+079 处有深 25 米的帷幕灌浆孔一排，方向与Ⅳ号副坝坝轴线一致，上部与Ⅳ号副坝坝轴线相连。在出口 0+111.5 至 0+135 长 23.5 米一段做有环状排水和纵向排水，以降低出口处的地下水位，减少出口山体的负担。

3.出口建筑物

出口建筑物包括出口闸室、泄槽及挑水坎三部分。

出口闸室：闸室由底板、边墙及启闭机室等所组成。底板高程为 124.00 米，长 16 米，宽 4.5 米，厚 1.2 米，上下游两端做泄齿坝插入基岩。闸室设一扇 4.5×5.8 - 33 米弧形工作门，底坎高程 124.10 米，启闭机平台高程 141.00 米。由一台 1×60 吨的手电两用固定卷扬式启闭机操作，电机功率 16 千瓦。闸门自重 30.40 吨，配重 17.00 吨，启闭机自重 6.20 吨。闸门运行方式为：动水启闭，设计最高挡水位 157.50 米。

泄槽及挑水坎：全长 107 米，共分三段，即明渠渐变段、泄槽段和挑水坎段。明渠渐变段是个过渡段，长 45 米，断面由底宽 4.5 米的矩形渐变为底宽 7.5 米边坡 1:1.5 的梯形断面。泄槽段全长 52 米，为梯形断面，底宽 7.5 米，边坡 1:1.5，采用钢筋混凝土衬砌。挑水坎段全长 10 米，采用差动挑流消能型式，高坎坎顶高程 126.58 米，挑射角 35°，反弧半径为 16.6 米，低坎坎顶高程为 125.32 米，挑射角 25°，反弧半径 18.3 米。挑水坎后设有尾渠，以引导水流沿原有的临时排洪渠泄入白河河槽。尾渠长 400 米，两岸边坡 1:1.5，靠近挑水坎处底宽 50 米，中间段底宽由 30 米减至 22 米，在距挑水坎 300 米处设置一座浆砌石溢流坝。泄流时，水流自溢流坝溢流后先横穿潮白公路由金叵罗村前流向西南方向，再穿密溪公路由调节池东侧进入白河河槽，全长 3600 米。

4.2014 年 12 月～2016 年 7 月，走马庄隧洞加固工程

主要建设内容有进口山体护坡整修加固；原进水塔及交通桥病害处理；在桩号 0+080～0+095 段新建检修闸门井，内设事故检修闸门，闸门为潜孔式平面闸门，孔口尺寸 2.6 米×2.6 米，底板顶高程 125.92 米，底板厚 1.5 米，侧墙厚 1 米；输水隧洞改造包括隧洞进口渐变段改造，进口渐变段内穿 5 米×6 米～DN2600 渐变钢管，管厚 22 毫米、洞身加固，在原隧洞内套 DN2600 钢管，管厚 22 毫米、隧洞出口渐变段改造，出口渐变段内穿 DN2600 钢管，管厚 22 毫米；隧洞出口闸室改造，拆除走马庄隧洞出口弧形闸门，增设 DN2600 蝶阀，同时改造隧洞出口闸室为蝶阀井；拱盖及泄槽段混凝土病害修补。



2.2.3 白河泄空隧洞

2.2.3.1 概述

白河泄空隧洞位于白河大坝左岸，建于 1976 年抗震加固时期。1976 年 7 月唐山大地震，白河大坝受到损伤，为了对大坝进行加固处理，需放空库内存水，决定增建这条泄空隧洞。1977 年 4 月 18 日打通，6 月 3 日具备过水条件，6 月 7 日开始使用导流，同时在白河主坝加固期间担负向北京市供水任务。7 月 12 日大坝加固高程达到 130 米，将进口闸门关闭，使水库蓄水。在大坝加固完成之后，该洞作为永久泄空洞，在库水位 130 米以下时允许使用。该洞的设计运用条件是：

正常挡水位 157.5 米 校核挡水位 158.5 米

正常泄水位 126.0 米 校核泄水位 130.0 米

最大泄量 110.0 立方米/秒。

设计规定，本隧洞不参加调洪运行，也不承担灌溉、供水任务，作为永久性泄空洞的单项任务是泄空水库专用。

该隧洞闸门井上游前 130.29 米为圆形有压洞，内径 3.70 米；闸门井下游 449.89 米为无压洞，城门洞型断面，高 3.50 米，宽 4.10 米，隧洞进口高程 101.50 米。

2.2.3.2 地形、地质条件

0+122 ~ 0+050 辉石斜长片麻岩和正长斑岩，岩石坚硬致密，较新鲜，呈微~弱风化状。正长斑岩整体中局部有石英岩和片麻岩的俘虏体。该段大断层不发育，且较大断裂均与洞线交角较大，对洞室稳定影响不大，洞顶成型较好。

0+050 ~ 0+140 石英岩与正长斑岩，棕红色中粒石英岩及层状正长斑岩整脉，风化较重，强度降低。本段断裂发育且相互切割，岩体完整性差。

0+140 ~ 0+310 石英岩，白色，巨厚~中厚层状，细粒，致密坚硬，较新鲜。本段顺层裂隙发育，且为红色粘土充填，局部有正长斑岩小型顺层岩脉侵入。该段洞壁均较稳定，洞顶成型较好，仅局部地段受构造影响，洞壁稳定性

较差。

0+310~0+450 正长斑岩和石英砂岩，前者风化裂隙发育，后者顺层裂隙发育，均为次生红色粘土充填。本段受断裂交汇造成洞顶成型较差，洞壁稳定性较差。

2.2.3.3 洞线选择及方案比较

白河泄空隧洞只能布置在白河左坝头山岩中，因为右岸已经有白河发电隧洞。在设计过程中，曾比较了两个方案。方案 1：距坝肩较近，约 60~70 米，洞径较小。方案 2：距坝肩较远，约 150~180 米，洞径较大。经比较，方案 1 洞线短，洞径小，工程量小，不影响坝体安全，可早日建成通水，选定方案 1。

2.2.3.4 工程布置

白河泄空隧洞工程布置见表 3-7。

表 3-8 白河泄空隧洞工程布置表

名称	进水口	进口渐变段	有压段	闸门井前 渐变段	闸门井	闸门井后 渐变段	无压段
桩号	0- 130.294	0-123.794	0- 115.794	0-012.000	0-004.500	0+005.00 0	0+015.00 0
	0- 123.794	0-115.794	0- 012.000	0-004.500	0+005.00 0	0+015.00 0	0+449.89 0
长度(m)	6.5	8.0	103.794	7.5	9.5	10.0	434.89

1. 进水口

进口布置在白河廊道上游 80 米处陡坡下。进口段长 6.5 米，进口闸门利用了廊道进口闸门，高 5.1 米，宽 4.5 米。为了启闭闸门，设二层的进水塔架，下层高程 119.0 米，上层高程 127.0 米，以上又设一钢架，顶部高程 134.0 米，可以在死水位 126.0 米时将闸门提至 127.0 米的平台上。进口闸门和塔架现处在水下。闸门后 3.7 米隧洞尺寸由 4.5 米×4.9 米渐变为 3.7 米×3.7 米，由于砼很厚，基本上是构造配筋。



2.进口渐变段

桩号 0-123.794~0-115.794 一段长 8 米，3.7 米×3.7 米方形断面渐变成 D = 3.7 米圆形断面，衬砌厚度 1.0 米。

3.有压段

有压段为圆形断面，自桩号 0-012~0-115.794，共长 103.794 米（不包括前后渐变段），桩号 0-026.686~0-066.360 为一弯段，转弯半径 30 米，转角 $75^{\circ}46'25''$ ，钢筋砼衬砌厚 0.5 米。

4.竖井前渐变段

竖井前渐变段长 7.5 米，衬砌厚 1.0 米，由 3.7 米圆形断面渐变为宽 3.0 米高 3.5 米的矩形。

5.闸门井（竖井）

闸室段长 9.5 米，闸门井深约 40 米，采用干井，主要荷载为外水压力，采用圆形断面，内径为 6.3 米，衬砌厚度 0.6~0.85 米。地面以上做成圆塔，塔顶平台高程为 161 米，平台上修建闸门启闭机室。

闸门井上游侧设一扇 3.0 米×3.5 米平板定轮检修闸门，底坎高程 101.40 米，检修平台高程 154.50 米，启闭机平台高程 162.00 米。由一台 2×40 吨的固定卷扬式启闭机操作，电机功率 11 千瓦。闸门自重 15.90 吨，启闭机重 8.99 吨。闸门运行方式为：设计挡水位 157.50 米，校核挡水位 158.50 米。运用标准为 154.00 米水位下动水启门、静水闭门。正常运用状态为常闭，闸门启闭时必须全开全闭。

闸门井下游侧设一扇 3.0 米×3.0 米平板定轮工作闸门，底坎高程 101.40 米，检修平台高程 154.50 米，启闭机平台高程 162.00 米。由一台 2×40 吨的固定卷扬式启闭机操作，电机功率 11 千瓦。闸门自重 15.10 吨，配重 8.00 吨，启闭机重 8.99 吨。闸门运行方式为：设计挡水位 157.50 米，校核挡水位 158.50 米。具备 157.50 米水位下动水启闭能力。当高水位检修上游闸门时，此门必须关闭；上游门检修结束正常挡水后，开启此门将闸门井内水放空。

6.竖井后渐变段

竖井后渐变段长 10 米，由 3.0 米×3.5 米矩形渐变为宽 4.1 米高 3.5 米的城

门洞型，衬砌厚度 1 米。

7. 无压段

无压段全长 449.89 米，采用高 3.5 米，宽 4.1 米的城门洞型断面。无压段前 160 米，位于大坝隔水层上游，承担外水压力较大，衬砌厚度 0.6 米，中间 210 米，衬砌厚度 0.4 米，靠近出口 80 米，衬砌厚度 0.5 米。无压段底坡为 1/125，出口处洞底高程 97.846 米。

8. 明渠段及消力池

为保证泄水时不影响坝脚安全，并避免开挖出口处高山坡，隧洞出口后接一段长 40 米的明渠段，矩形断面，宽 4.1 米，底坡 1/125。明渠末端有一弯段，转弯半径为 40 米，转角 12° 。消力池建在岩基上，扩散段长 22 米，底坡 1:3，由 4.1 米扩散至 7.0 米。消力池池身长 32 米，宽 7.0 米，底部高程 90.8 米。消力池末端呈梯形状，坎顶高程 93.3 米，再经 59 米海漫与尾渠相连。

9. 尾渠

尾渠纵坡 1/1000，底宽 4 米，泄量 110.0 立方米/秒时水深 3.4 米，超高 0.6 米，砼块衬砌，边坡 1:1.75。

2.2.4 潮河输水隧洞

2.2.4.1 概述

潮河输水隧洞是潮河枢纽中最先施工和最早投入运用的建筑物。

隧洞总工期为：从明渠开挖 1958 年 7 月 28 日至进出口闸门安装 1959 年 12 月 6 日。电站与 1959 年 11 月 10 日至 12 月 31 日完成。

输水隧洞始建时任务：施工导流、泄水、发电及灌溉用水。当水位高程为 157.5 米时，隧洞的最高内水压力水头为 48.2 米，下泄流量为 212 立方米/秒。

2.2.4.2 洞线选择及方案比较

修建隧洞时有两种设计方案，一种是在潮河主坝左岸坝头的基岩中建洞，但是由于地址条件差，工程量大，工期长被放弃了。第二种方案就是现在运用



的。第一种方案的洞线长，工程量大，工期长。同时会主坝上游施工场地面积减小。好处就是可以将主坝上游来水全部经隧洞下泄，不必再修建其它导流建筑物。第二种方案的优点在于主坝上游河道于下游河道在此只隔了一道单薄山脊，隧洞长度短，工程量减小，工期短。缺点是在进口至主坝之间还有 37 平方公里的区间面积，这个区域的径流及经围堰地基的渗透水量，必须在主坝下另设导水设施。

2.2.4.3 工程布置

进口引渠自上游河床过水段开始与进口明拱段相接，全长 1170 米，断面为梯形。它的作用主要是在施工导流时将潮河河道中的水流引向隧洞，然后经隧洞泄至大坝下游的河道中。进口引渠的末端开挖深度逐渐加大，为了防止两岸塌方，因此由明渠末端至隧洞进水塔处做一明拱。明拱全长 60.15 米，进口处底部高程为 117.15 米。明拱为圆形断面，内径 4.0 米。明拱进口处设有检修明拱用的叠梁门，可以在高程 127 米的工作台上操作。

隧洞的进口控制建筑物为一斜卧式墩墙进水塔，设有宽 4 米，高 4.75 米的平面钢闸门一扇，这扇闸门为静水启闭的滑动门，在隧洞或管道等结构需要检修时可以关闭闸门。在进水塔 153 米有检修平台，在 160 米设卷扬式启闭机，双吊点，启门力 30 吨，有活动式拦污栅一扇，4 米×4.75 米，与闸门共用同一门槽。

隧洞为压力隧洞，内径 4.0 米，进口底部高程 117 米。洞身全长 248 米，纵坡 1/150，隧洞均在山岩之间，钢筋混凝土衬砌厚度达 30 至 50 厘米。桩号 0 + 040 至 0 + 140 段衬砌为素混凝土，靠近出口 50 米的一段在钢筋混凝土内表面还加做钢丝网喷浆。混凝土在桩号 0 + 200~0 + 248 为 250 号，其余均为 150 号。桩号 0 + 208 处底拱两侧设置排水，排水管用内径 10 厘米的缸瓦管做成，一直通向下游出口。隧洞出口处，桩号 0 + 248 以后由圆形断面渐变为矩形断面，宽 3.5 米，高 3.0 米，并且在 0 + 248 处右侧分出内径为 1.8 米的发电引水支管一道。

出口建筑物渐变段末设宽 3.5 米高 3.0 米的弧形钢闸门一扇，以控制下泄

流量。装有电动螺杆式启闭机一台，启闭力 50 吨。

出口挑水坎为差动式，出射角为 25 度和 35 度。

电站压力管道全长 108.5 米，管内径 1.8 米至 1.75 米，其中钢筋混凝土管道段长 78 米，纵坡 1:10，钢管段长 30.5 米，纵坡角 30 度。钢管与混凝土管接头处有上填墩，钢管下部进入厂房前亦有弯道，有下填墩，全部压力管道均用土砂料回填。

泄槽及挑水坎全长 30 米，泄槽在平面上是扩展形的，起始处即桩号 0+263 处，宽度为 3.5 米，两边边墙均按 1:8 扩展，至挑水坎末端扩散至 11 米，这样单宽流量由起点处为 58.2 立方米/秒，至末端减为 18.5 立方米/秒。

2.2.4.4 加固改造变更情况

2003 年 9 月~2004 年 9 月潮河输水隧洞进行改建，该工程隶属于密云水库输泄水建筑物除险工程。2001 年根据安全检查提出的问题，(①进口明拱拱内拉应力计算值达 13 千克/立方厘米，超过原设计混凝土标号(100 号)的允许拉应力值；②进口检修门门槽前后无渐变段，呈矩形的门槽嵌入圆形洞中，门槽两侧底角处很容易为杂物所堵塞，对检修门封水极为不利，造成底止水因门体不能落底而漏水，漏量超 1.0 立方米/秒。门槽上游胸墙只修筑到高程 130 米，库水位超过 130 米，库水自胸墙顶部跌入闸门槽，这股水流夹带空气进入洞内与由明拱入流的主水流掺和，发生干扰影响泄流量；③进口检修门门槽埋件只设有两根主轨，无侧轨、反轨，也无封水板及平压管，封水条件极差，门槽尺寸为 0.8 米×0.3 米，尺寸偏小，门槽混凝土中未放置剪力筋，高水位挡水时，门槽抗剪强度不够，设计要求限制在 150 米以下运用；④隧洞桩号 0+040~0+140 米为素混凝土衬砌，岩体虽然进行了固结灌浆处理，但高水位下混凝土抗裂不能满足要求，安全系数低。)对该洞进水口斜卧闸门井做了局部水工模型试验，研究闸门井过水上下两股水流(即双层进流)问题，并对明拱段的应力等作了计算。在安全检查和试验研究的基础上，作出彻底更新改建的决定。

改建工程废弃了 130.0 米高程以下的明拱段、小塔架及斜卧式进水塔，新



建进水建筑物。将进口底板抬高至 130.0 米高程，设龙抬头段与原主洞衔接，进口新建垂直闸门井，安装规格为 $4 \times 4.2 - 27.5$ 米的事故检修闸门，配备固定式 QPQ-1 \times 125 型启闭机。1965 年增建的中段事故门井及其闸门、启闭机全部停用。与此同时，更换出口闸门规格为 $3.5 \times 3 - 42.0$ 米的弧形工作门、改用 50 吨液压式启闭机，闸室地面由原来的 126.08 米降至 124.31 米，重建出口泄槽等。对洞身围岩进行固结灌浆，提高变形模量，使之承担更多的内水压力。在潮河输水隧洞进口增设一台 125 千伏安变压器，与原有 125 千伏安变压器组成双路供电系统。

2.2.5 潮河人防隧洞

2.2.5.1 建设原因及背景

潮河人防洞是一条大泄量的低位洞。密云水库位于北京市上游，有近 44 亿立方米库容，全部挡水建筑物都是土坝，人防标准受到各方面的重视。已有的三座溢洪道，总泄流能力达 14000 立方米/秒，具备中高水位时的预泄或降低水位的能力。抗震加固工程之后虽有了五条隧洞（白河枢纽三条，潮河枢纽两条），但泄水能力都嫌太小，如潮河两条隧洞只能泄 300 立方米/秒，其中泄空隧洞还不得参与预泄任务。白河发电洞及白河泄空洞两洞合计也只有 300 立方米/秒的能力，其中白河泄空洞也不便于参与预泄任务。走马庄泄洪隧洞虽有 500 立方米/秒的人防泄流能力，但出流进入白河原河道会引发许多矛盾。总之，密云水库的表孔泄流能力强而底孔泄流能力差。这种情况早已引发人们的关注。到了抗震后期，终于将开挖大泄量低位洞问题提到日程。根据部领导要求作了规划设计。经研究，拟在潮河黄各庄南山，第一溢洪道和潮河输水隧洞之间布置这条潮河人防洞，担任预泄、防洪及发电任务。

总而言之，潮河人防隧洞是由于在库水位 140 米以下原泄水建筑物泄量不能满足“人防”要求而增设此洞，同时担负百年以上洪水的下泄任务，增设该洞后非汛期库水位由 153 米在 15 天内降至 135 米安全水位；汛期库水位由 143 米在 15 天之内降至 135 米。

2.2.5.2 建设情况

人防隧洞及其附属发电系统工程于 1978 年春由水电部第二工程局水电二公司施工，1985 年土建工程基本完成。根据指挥部的安排土建尾工自 1986 年由潮河管理所承担，机电安装由水电部二局安装公司承担。

1986 年底水电部发文下达停止附属电站的装机决定。同年北京设计院提出了在发电钢管中浇筑混凝土堵头的通知。

潮河人防隧洞为圆形压力隧洞，隧洞内径 8.20 米，长 200 米，进口高程 120.00 米，出口高程 118.50 米。洞身衬砌厚度 0.8 米，渐变段衬砌 2.0 米。

金属结构基本上分为三部分，进口堵水门、事故检修闸门、出口弧形工作闸门，两扇闸门、两台启闭机。闸门总重 91.5 吨，启闭机总重 42.3 吨。

设计水位 157.5 米下相应泄量 911 立方米/秒，校核水位 158.5 米下相应泄量 924 立方米/秒。

在潮河库区蓄水运行条件下进行大底孔的施工，遇到许多困难，特别是上游高围堰遇到许多实际问题，难以实现洞位更低的设想。根据当时的实际情况，将进口底板高程由 115.0 米提高到 120.0 米，为了保证人防效益不变，洞径由 7.8 米扩大到 8.2 米。

进口前引渠开挖遇到难以克服的困难，只能在进口处保住了 40 米长一段挖到设计高程，40 米以外只能归入“二期施工”搁置下来，最终没有施工。因此形成引渠渠底高程在 130 米左右、高于洞顶 128.2 米的失常情况。

潮河人防洞是利用高围堰作出的一条低位、大泄量隧洞。不但洞身设有闸门并可操控事故检修门，而且还作了一个进口小塔架，使闸门井上游 60 米长压力洞在库水位 136.0 米时具备进洞检修的条件。相对于靠岩塞爆破的洞，只有洞口没有进口的情况要有利不少。进口小塔架虽有门槽及埋件，但没有相应的门及启吊设施，需作相应的配套工作才能实现预期的目标。

潮河人防隧洞由于担任防洪、预泄重要任务，是水库唯一的大泄量底孔，理应发挥主力隧洞作用。由于该洞在蓄水条件下施工，使该洞有些遗留工作，需作好这些遗留工作，才能使此洞得以发挥主力隧洞作用。



2.2.5.3 建筑物技术数据

隧洞出口为 40 米的引渠段，引渠开挖高程为 119.6 米，引渠底部衬砌设计厚度 40 厘米，边坡也进行了混凝土衬砌。

人防隧洞从桩号 0+000~0+200.0，由喇叭口、1 号渐变段、圆洞段、2 号渐变段、井座段、3 号渐变段、压力圆洞段、钢岔管段、出口圆洞段及 4 号渐变段十部分组成。

进口喇叭口段：本段是为水流进洞平顺，减小局部水头损失而设置的，段长 7 米，低高程 120.0 米，底板及边墙的设计厚度均为 2 米，由于超挖大库边墙的实际厚度很大。在喇叭口段设置了检修叠梁的门槽，并在顶部设置了操作叠梁的小排架，在正对洞脸的护坡上预埋了固定滑轨（运输叠梁）的螺栓。需要指出的是叠梁只容许在库水位低的情况下挡水，叠梁挡水后，0+063.45 以前的洞体将处于库水外压作用之下，此时所产生的内力不得超过各段的设计承受能力。

1 号渐变段：进口断面宽 7 米，高 8.906 米，出口为内径 8.2 米的圆断面，段长 7.2 米，衬砌厚 1.2 米。

圆洞段：长 33.3 米，内径 8.2 米，衬砌厚 0.8 米，由 6 个标准洞长（5 米）段及一个 3.3 米段组成。

2 号渐变段：长 12 米，进口为 8.2 米圆洞段，出口为宽 7 米、高 7.5 米的矩形断面，衬砌厚度由 1.2 米渐变到 2 米。

井座：长 6 米，矩形孔口，净尺寸宽 7 米高 7.5 米，衬砌厚 2 米，由上下游框架及介于期间的 U 形段组成的整体。

3 号渐变段：体型尺寸与 2 号渐变段相同，只是方向相反。

压力圆洞段：洞径 8.2 米，衬砌 0.8 米，横向结构缝间距 5 米，缝中设一道塑料止水。洞纵坡 1/133.33，本洞段进行了回填灌浆和固结灌浆。

岔管段：主管长 15.5 米，内径 8.2 米，支管内径 3.7 米，中心线为水平，长约 6 米。主、支管中心线在主管中心相交，水平交角为 45 度。

由于围岩为花岗片麻岩岩体比较完整，而且没有大的断裂结构，除在进出

口、井口、井洞交汇处局部采用了锚杆和混凝土临时支护外，大部分均未支护，未发生任何开挖事故。

进出口建筑物：竖井位于桩号 0+063.0 米，顶高程为 167.0 米，井身总高 38 米，井身采用圆断面，内径 8.4 米，壁厚 1 米。井身坐落在井座顶板及 2、3 号渐变段的顶板上。由于事故检修门为下游水封，因此在井圈内水封线下游设置一道厚度为 1 米的胸墙，胸墙前的井身与库水相通，胸墙后的井身则为“干井”，与 3 号渐变段顶板上设置的 0.6 米×5.0 米的通气孔相通。

进口地面建筑物为进口启闭机排架，位于排架上的启闭机室及后山坡处理等工程。

人防隧洞出口建筑物范围为桩号 0+200 至 0+551.955，上游与 4 号渐变段连接，下游与潮河原河道相通。由 0+223 到 0+327.2 为泄槽段，共 104.2 米。扩散段全场 81 米，宽度由 6.2 米扩散至 20 米，挑坎长 13.2 米，连续式，圆弧半径 13.66 米，挑角 30 度。尾水渠全长 224.8 米。

观测设施：出口闸墩预埋有钢筋应力计，电缆集中于左侧闸墩上的 2.0 米×1.5 米的观测房内。启闭机平台高程 143.8 米。

2.2.6 潮河泄空隧洞

2.2.6.1 概述

潮河泄空隧洞为圆形压力隧洞，设计功能为泄空潮河库区，同时担负人防泄空水库任务。洞身长 628.59 米，闸门井前隧洞内径 3.70 米，闸门井内径 4.30 米，闸门井后隧洞内径 3.10 米。隧洞进口高程 106.50 米，出口高程 104.80 米。设计水位 157.5 米下相应泄量 104.95 立方米/秒，校核水位 158.5 米下相应泄量 105.98 立方米/秒。

2.2.6.2 地形、地质条件

潮河泄空隧洞位于潮河主坝右坝头，洞身距坝肩 30 米，进出口距坝轴线分别为 300 米和 260 米。进口处为原河流的侵蚀岸，基岩裸露，地形陡峻，一



般岸坡 50~60 度到直立，甚至出现倒坡。出口地形坡度一般 40°~50°，局部 60°~70°。覆盖层由片麻岩碎块碎屑夹土组成，厚度约 3~4 米。隧洞出口以下为河漫滩，砂卵石覆盖层厚度为 5~6 米。总的说来，地形上游陡峻，下游低而较为平缓。隧洞桩号 0+250 以上洞身上部的岩石厚约 60~90 米，桩号 0+350 至出口上部岩石较薄，约为 30 米。桩号 0+250~0+350 之间的冲沟部位岩石最厚处只有 20 米左右。

隧洞洞线分布的地层为太古界密云群片麻岩系，岩性多样，计有混合岩化花岗片麻岩、角闪花岗片麻岩、角闪斜长或斜长角闪片麻岩、石榴子石角闪斜长片麻岩等七大层。岩石大都属坚硬的块状岩石，工程地质性质差别不大。岩层中常有辉绿岩脉和正长斑岩脉侵入。沿洞线岩石的风化程度不甚严重，但不均一。进口岩石风化较浅，出口附近及斜坡地段大都有 1~2 米甚至 4~6 米厚的全风化和强风化层。洞身都在微风化和弱风化岩层内。冲沟地段由于经常遭受雨水冲刷，一般没有强风化层，直接出露弱风化地层。

洞线地质构造行迹复杂，其中以东北向和北北西向压性或压扭性构造线较明显。较大断层和挤压破碎带共计十五条。基岩构造裂隙较发育，延伸长，分布均匀。

2.2.6.3 洞线选择和方案比较

为满足泄空要求，新建隧洞的位置应尽可能将库水位放得最低。根据地形，选择在潮河主坝南坝头处，靠近原潮河主河槽，附近库底高程 105~106 米，淤积高程 109.5 米左右。隧洞进口根据地形和岩塞爆破要求，选在坝轴线上游约 300 米处，距现有上游坝脚 130 米。出口位置在坝轴线以下约 260 米处。

泄空隧洞的布置形式曾比较了全有压和半有压布置方案。半有压方案即闸门井以上为有压段，闸门井以下为无压段，最后选用了全有压布置方案，其主要优点是洞线不受直线要求的限制，布置比较灵活，便于使洞线避开地质条件不利的地段，而且洞线短，洞身断面小，工程量省，对坝肩安全也比较有利。

闸门布置也比较过三种方案。方案一：在隧洞进口设进水塔，进水塔中设一道检修门，闸门井中设一道工作门，优点是闸门井以上洞身可以检修，但由

于进水塔水下施工困难，难以实现。方案二：在闸门井中设两道平板门，优点是井后洞身承受水头较小，但闸门井工程量大，且局部开启时水流条件较差。方案三：闸门井中设一道检修门，出口设一道弧形工作门，优点是闸门井工程量小，水流条件好，但闸门井后洞身承受水头要大些，增加了洞身及出口闸室工作量。经比较，方案三水流条件好，运用灵活，施工方便，所以采用方案三。

2.2.6.4 始建及原工程布置

1976年唐山大地震波及密云水库，使白河主坝上游保护层发生滑坡等险情，经国家批准，同年9月水库加固工程开工。关于潮河枢纽工程，1977年提出《密云水库加固工程潮河枢纽工程初步设计》报审，同年8月经水电部审查批准，同意修建泄空隧洞、第三溢洪道、人防隧洞等工程。增建泄空隧洞的目的是供加固潮河主坝上游坝坡时放空水库之用，并承担人防条件下降低库水位，在枯水年还可以使库水位122.0米以下约1.0亿立方米水量能够得到利用。泄空洞工程于1977年8月开工，1978年完成开挖并开始浇筑砼，1979年6月完成隧洞砼衬砌，至1980年7月进口岩塞爆破成功，主体工程竣工。始建工程量见表3-8。

表 3-9 始建工程量表

项目	明挖土方	明挖石方	洞(井)挖石方	钢筋混凝土	浆砌块石	填渠土石方	回填灌浆	固结灌浆	金属结构安装	主体工程投资
单位	立米	立米	立米	立米	立米	立米	平米	m	吨	万元
数量	66000	10140	16400	11200	1000	100000	1850	3800	130	335.5

1.进口

进口底坎高程106.5米，采用岩塞爆破方案，泄渣方式，岩塞轴线与水平夹角 30° ，中心桩号为0-153.570米，高程108.882米。塞体为上大下小的喇叭形，顶部开口直径13.5米，塞底直径5.5米，塞体厚度5.0米，总爆破方量530立方米，总装药量757.3公斤。其后接27.5米长的缓冲段，缓冲坑底部高程



104.7 米，其底坡用缓坡过渡，长 12 米，该段衬砌内径由 5.5 米收缩到标准内径 3.7 米。

2. 洞身

进口段轴线走向北西 315° ，桩号 0-061.74 ~ 0-040.27 为上游弯段，弯道半径 20.0 米，转角 61.5° ，弯道后洞线走向北东 73.5° 。桩号 0+000 为检修闸门井中心，距进口 159.95 米，闸门井以上隧洞底坡为 0.0033。闸门井至出口洞底坡度为 0.0035，在桩号 0+397.94 ~ 0+406.14 处为下游弯道，弯道半径为 20.0 米，转角 23.5° ，弯道后洞线折向北东 50° 至出口。在闸门井上、下游及出口处均设 8.0 米的渐变段，衬砌厚 1.0 米。

3. 闸门井

闸门井井筒衬砌内径 4.3 米，开挖直径 5.5 米，井下闸室长 5.7 米，内设平板直开门一扇，作为经常挡水之用，最高挡水位 158.5 米。闸门孔口尺寸 2.8 米×3.7 米（宽×高），闸门检修平台设在 161.0 米高程，检修室高 9.0 米，平面尺寸 7.0 米×7.5 米。井口位于南坝头上游公路西测的山脚下，高程 170.0 米，以上建启闭机房，房内设 160 吨的固定卷扬式启闭机一台。

4. 出口闸室

出口闸室长 12 米，底板高程 104.5 米，底板厚 1.0 米，边墙为重力式，与闸室底板连成整体，边墙顶高程 110.5 米。闸室内设弧形钢闸门一扇，孔口尺寸 3.5 米×2.6 米（宽×高），选用 50/15 吨螺杆式启闭机。

出口闸室下接消力池，中间用扩散斜坡段连接，该段长 19.0 米，水平扩散率为 1:8，底坡为抛物线，下接 1:3 斜坡。消力池长 23 米，宽 10 米，底板高程 99.0 米，底板厚 1 米。池内设三个高宽各为 1.5 米的梯形消力墩，顺水流布置成三角形，边墙采用混凝土贴坡砌护与重力式墙相结合的型式。底坡和边墙均用锚筋加固，并设排水以减少扬压力。池尾用二级台阶与尾水渠相连。

5. 尾水渠

尾水渠傍山修建，长 2.7 千米，底宽 14.0 ~ 26.0 米，边坡用 1:2 的梯形断面，纵坡为 1/1000，渠首底高程 102.5 米，渠内最大流速 2.0 米/秒。

6. 衬砌

由于隧洞进口不设闸门，闸门井以上洞身段长期承受水压力，最大水头 52.40 米，相应库水位 158.5 米；闸门井以下最大水头 38.5 米，相应库水位 143.0 米。隧洞全部采用钢筋砼衬砌，洞身衬砌内径 3.70 米，衬砌厚度 0.5 米，根据不同洞段围岩单位抗力系数不同，衬砌分别设置单层或双层钢筋，衬砌分段一般为 8.0 米，缝内设一道环形塑料止水。

7.运用方式

根据原设计运行条件，泄空隧洞的运用机会很少，具体运用方式如下：平时利用闸门井平板门挡水，最高挡水位 158.5 米，最高动水启门水位 143.0 米，最高动水闭门水位 133.0 米，闸门在 143.0 米水位以下检修，提门检修时，先关闭出口弧门，将平板门少许提起，使隧洞充水平压后，再将平板门提出检修；出口弧门最高挡水位和最高动水启闭水位均为 143.0 米，一般情况将弧门关闭，但为了排除洞内积水，门下应经常留有空隙；当上游水位 143.0 米时，最大泄量 133 立方米/秒，需要控制下泄时，应稍提平板门，关闭弧门，待隧洞充满水，将平板门全部提起，再调节弧门开度来控制下泄流量。

2.2.6.5 加固改造变更情况

始建洞身衬砌内径 3.70 米，衬砌厚度 0.5 米，出口孔口尺寸 3.5 米×2.6 米（宽×高），选用 50/20 吨螺杆式启闭机。2000 年 2 月～2002 年 8 月潮河泄空隧洞除险加固工程对闸门井后隧洞段在原衬砌内增设 0.3 米厚的钢筋砼衬砌，使洞身段衬砌由原 0.5 米增至 0.8 米，洞身内径变为 3.1 米；更换出口弧门，孔口尺寸缩小为 2.9 米×2.0 米，出口闸室上游 5 米的底板、边墙及门楣均用钢筋砼加厚 30 厘米。

2.2.7 第九水厂（二期）引水隧洞

2.2.7.1 概述

第九水厂（二期）引水隧洞为圆形压力隧洞，是北京市第九水厂的源头引水工程，任务是向北京城市输水。隧洞内径 3.50 米，进口高程 117.00 米，主



洞长 3079.784 米（含 51.184 米钢管），设计最大引水流量 12.0 立方米/秒，在桩号 2+695 处设有检修支洞，洞长 87 米。

2.2.7.2 地形、地质条件

隧洞工程沿线为山前丘陵区，绝对高程为 $\nabla 110 \sim 240$ 米，相对高差 10 ~ 140 米，山脊和沟谷走向为北北东向及北东向，洞线上有七条较大的冲沟，沟深一般 30 ~ 40 米。隧洞横穿山脊，基本上属越岭式隧洞，仅在穆家峪出口段傍山。主、支洞通过地段岩性主要为花岗片麻岩，其次为角闪斜长片麻岩及辉绿岩。洞顶以上岩石覆盖层厚度约为 10 ~ 120 米，一般为 50 ~ 60 米。片麻岩的片麻节理走向为北东 $10^\circ \sim 70^\circ$ ，倾角 $40^\circ \sim 90^\circ$ 。断层和挤压破碎带主要走向北东，多为压性，少数为压扭性和强扭性，断层带宽多为 0.5 ~ 3 米。F1 断层走向 $NE12^\circ$ ，倾角 64° ，宽 1.5 ~ 3.0 米，挤压带主要走向为北西，倾角 $70^\circ \sim 90^\circ$ 。岩石为微风化 ~ 新鲜，或弱风化 ~ 微风化，节理较发育，但贯通性不强。洞线与多处挤压破碎带交叉，一般宽度 1.5 ~ 4.5 米，岩石硬度系数为 4 ~ 8，少部分为 2。岩石透水性一般不大，渗透系数一般为 0.007 ~ 0.008 米/昼夜，最大为 0.013 米/昼夜。隧洞进口段三面环水，水头高达 35 米，又有岩脉构造穿插开挖中渗水量较大，属于不良地质条件段。

2.2.7.3 洞线选择和方案比较

设计初选两个隧洞方案，即九松山副坝方案和潮河主坝方案。九松山副坝隧洞方案洞线全长约 2.7 千米，隧洞进口初选于水库环南线 15.7 千米处的潮河库盆内，拟采用水下岩塞爆破施工方法，隧洞出口位于穆家峪沟内；潮河主坝隧洞方案洞线全长约 1.1 千米，隧洞进口初选于潮河主坝右坝肩下游距坝头约 300 米的水库泄空洞出口，隧洞出口初选于牛郎峪沟沟口。两条隧洞方案均为圆形有压隧洞，直径为 3 ~ 4 米，隧洞内水压力为 53 米水头，九松山副坝隧洞方案洞底高程 110.00 米，潮河主坝隧洞方案洞底高程为 106.00 米。经地形地质条件、施工条件、工程安全性等方面综合比较，最终选定九松山副坝方案。

2.2.7.4 工程布置

1. 主洞洞身

隧洞起点桩号 0+176.600，尾端桩号 2+903.184，下接第九水厂取水站。主洞全长 3079.6 米，洞径 3.5 米，纵坡 0.0031。主洞在平面上由三个直线段和两个弯段组成，0+176.600 ~ 0+047.742 为第一个直线段，长 224.342 米，方向 NE19°11'35"；0+067.055 ~ 0+580.562 为第二直线段，长 513.507 米，方向 NE45°27'32"；0+592.838 ~ 2+903.184 为第三直线段，长 2310.346 米，方向 NE27°52'29"。两个弯段特征值见表 3-9。

表 3-10 弯段特征值一览表

弯段编号	转角	方向	半径 m	圆弧起点	圆弧最高点	圆弧终点
IP2	26°15'57"	右	40	0+047.742	0+057.398	0+067.055
IP3	17°35'03"	左	40	0+580.562	0+586.700	0+592.838

桩号 0+176.600 ~ 0+147.133 为 29.467 米长的缓冲坑段，桩号 0+002.100 ~ 0+007.600 为闸门井段，总长 9.70 米。在闸门井上游为 8 米长、圆(D=3.5 米)变方(4 米×4 米)渐变段，下游为方(4 米×5 米)变圆(D=3.5 米)渐变段，长度 10 米。桩号 2+691 ~ 2+703 为 12 米长的三岔管段。

2. 进水口

隧洞进口采用岩塞爆破，岩塞设计单位为清华大学水利系，施工单位是北京市第二水利工程处。岩塞体为一截头圆锥，大头断面直径 7.5 米，浸泡在库水内；小头断面直径 3.5 米，在洞内为掌子面。岩塞工程于 1994 年 10 月 9 日正式开钻施工，10 月 28 日合闸起爆成功，是全国第 11 个岩塞爆破，经专家鉴定，达到国际先进水平。

3. 闸门井

闸门井底板高程 115.00 米，顶部高程 164.30 米。闸门井地上部分为三层框架结构，檐高 16.2 米，一层为半地下检修间，地下深 3.8 米，建筑面积 505 平方米。闸门井内设有一道检修门孔和两道拦污栅孔。闸门为一扇 4.0 米×4.0



米平板事故检修门，底坎高程 115.00 米，检修平台高程 164.30 米，启闭机平台高程 172.70 米。由一台 1×125 吨的固定卷扬式启闭机操作，电机功率 30 千瓦。闸门自重 24.64 吨，启闭机重 17.00 吨。闸门运行方式为：静水启门，动水闭门。闸门开启前下游门要关闭，先开启 $\Phi 300$ 充水阀，待隧洞充水平压后才可提门。两道拦污栅位于闸门后边，两者尺寸相同，均为 4 米×5 米，上游侧为工作拦污栅，下游侧为备用拦污栅。单扇拦污栅重 4.16 吨，由一台 2×5 吨的固定卷扬式启闭机操作。

4.出口钢管段

引水隧洞工程出口桩号 2+852~2+903.184 为钢管段，钢管直径 3.5 米，用 A3 钢板卷制，板厚 16 毫米。钢管内防腐为 SZ-1 防腐涂料，外部为防腐漆一道，外包掺 UEA 膨胀剂砼，砼设计强度 C20。钢管外围设有由 20[#]槽钢制成的 26 道加劲环，由 26 个钢支架支承。在桩号 2+900 处管顶部有一直径 0.6 米的支管，管高 0.8 米，为钢管试压所需。在钢管两端及支管出口处设有大小封头三件，使钢管形成一密封容器。钢管的工作压力为 0.6MPa，试验压力为 1MPa。钢管的生产厂家是北京市第二水利工程处机械队。

5.支洞

在主洞桩号 2+695 处，左向 53°，为泄水支洞 0+000 桩号，支洞尾端桩号支 0+087.0，支洞全长 87 米，洞径 2.5 米。桩号支 0+000.0~支 0+016.0 为分岔段，长 16 米。支 0+081.0~支 0+087.0 为渐变段，长 6.0 米，支洞由洞径 2.5 米的圆形断面渐变为 2.2 米×2.0 米的方形断面。

引水隧洞工程支洞出口建筑物，由闸室段、陡坡段、消力池段、扭曲连接段、交通桥和退水渠组成。扭曲连接段为浆砌石，其它几段均为砼。

支洞闸室上部为两层框架结构，檐高 10.05 米，建筑面积 170 平方米。闸室段长 12.5 米，桩号支 0+087.0~支 0+099.5，设有两道闸门。上游侧为一扇 2.0 米×2.2 米平板检修门，底坎高程 106.00 米，检修平台高程 111.50 米，启闭机平台高程 115.60 米。由一台 30/15 吨的手电两用固定螺杆式启闭机操作，电机功率 7.5 千瓦。闸门自重 2.63 吨。闸门运行方式为：静水启闭。正常运用状态为常闭，闸门开启前要先开启平压管道充水平压。下游侧为一扇 2.0 米×2.2

米弧形工作门，底坎高程 106.00 米，启闭机平台高程 115.60 米。由一台 50/25 吨的手电两用固定螺杆式启闭机操作，电机功率 15 千瓦。闸门自重 5.71 吨，启闭机重 6.30 吨。闸门运行方式为：动水启闭。正常运用状态为常闭，启门前要保证支洞检修门已完全提出孔口。

桩号支 0+099.5 ~ 支 0+115.5 为陡坡段，长 16.0 米。桩号支 0+115.5 ~ 支 0+136.5 为消力池段，长 21.0 米。桩号支 0+136.5 ~ 支 0+148.5 为扭曲连接段，长 12.0 米。

6.衬砌及灌浆

引水隧洞工程缓冲坑段衬砌厚度 0.70 米；闸门井上游至缓冲坑段和支洞洞身段的衬砌厚度为 0.40 米；主洞洞身衬砌厚度，视岩石情况分为 0.25 米、0.30 米、0.40 米、0.50 米、0.60 米和 1.00 米不等，其中主洞出口浅埋段衬砌厚度 0.60 米，三岔管段为 1.00 米。

按照设计要求，全线沿洞顶均进行回填灌浆，并在Ⅲ类围岩以上的洞段进行固结灌浆。另外，为防止隧洞开挖时渗漏，保证岩体稳定安全，为隧洞施工时创造良好条件，在 1992 年 1 月至 9 月，对隧洞进水口岩体进行了帷幕及固结灌浆加固。

2.3 溢洪道

2.3.1 第一溢洪道

2.3.1.1 概述

第一溢洪道位于潮河黄各庄南单薄分水岭上，潮河输水隧洞以西约 600 米的垭口处，距第二溢洪道约 750 米。第一溢洪道为水库宣泄洪水的主要建筑物之一，闸首设有 5 孔，每孔净宽 10 米。设计水位 157.50 米下相应泄量 4300 立



方米/秒，校核水位 158.50 米下相应泄量 4490 立方米/秒。

2.3.1.2 地形、地质条件

第一溢洪道位于潮河黄各庄南山单薄山脊最西部垭口中，这一带山脊全长约 2 公里，走向东西，呈长条状，北坡较缓，南坡较陡。溢洪道所在的垭口，其轴线方向大体上为北西 40° ，与薄弱山脊走向成 50° 交角。垭口在上游侧进口处天然地形开阔，呈喇叭口的型式，地表亦较平坦，进口处地面底坡坡角为 11° 向北倾斜。垭口南部为一山沟地形，底坡坡角约 $7^\circ \sim 8^\circ$ ，长 300 米，后与高程在 120~115 米的二级阶地相接，然后以较缓的地表坡角经 400m 以后没于潮河河道。垭口原地面最低高程只有 126.5 米，左侧山头高程为 185.0 米，右侧山头高程为 200.0 米，坡角皆约为 28° 。

溢洪道所处的薄弱山脊系由太古代片麻岩系及中生代酸性侵入岩所组成，岩石主要为花岗片麻岩、角闪斜长片麻岩两种，前者岩石坚硬，组织致密，后者片麻构造不明显，风化程度较深，分布亦不够规则。在上述片麻岩中有中生代的酸性岩脉穿插其间，主要为正长斑岩。溢洪道的控制建筑物布置在垭口脊部，风化带深度一般在 14~18 米左右。溢洪道范围没有大的断裂，片麻岩片理走向北东 $70^\circ \sim 80^\circ$ ，倾向西北，倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$ ，产状整齐，为完整的倾向上游的单斜构造。

本地区构造裂隙普遍发育，其中以北 $20^\circ \sim 30^\circ$ 西、倾向北东、倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$ 的一组裂隙较为发育。其次是走向接近于水平的节理裂隙较为发育，这些裂隙互相串通使得岩石的完整性遭到了一定的破坏。溢洪道所在地区及其附近的地形基本上受着这些裂隙控制的。

2.3.1.3 溢洪道轴线的选择布置

第一溢洪道的位置在初设时根据地质与地形条件选在北碱厂与黄各庄通道的山隘中，此处垭口较低，地形上为一深沟，迎水与背水面边坡也平缓，下游侧有谷地。此处虽有纵横向岩脉穿插，但无大的构造，岩石抗渗性能好。

溢洪道中心线选择时，以水流平顺、挖方较少为原则，基本上按照山沟的

方位选择，使两岸开挖深度尽量相近，以减少开挖方量和深挖方的困难。溢洪道中心线定为北西 $42^{\circ}30'00''$ ，引渠准线也顺沿深沟方向选为北东 $0^{\circ}30'00''$ ，两轴线交角为 $43^{\circ}00'00''$ ，交点里程为 0+047.63，两轴线间以半径 $R = 93.0$ 米圆弧相连，弧长 $L = 69.80$ 米。溢洪道纵坡的选择按下列原则进行：沿中心线与边线的纵坡面上，各横断面均应在挖方上；各剖面均应将风化岩石挖至一定的深度，使混凝土浇筑在较好的岩基上；开挖方量、深度力求最小；坡度不宜过陡，以减少衬砌施工时的困难。

2.3.1.4 工程布置

第一溢洪道主要由引渠、首部、泄槽、挑水坎及尾渠等部分组成。

1. 引渠

引渠长度自桩号 0+170 起至 0+011 与首部相接，共长 159 米，渠底宽度由 71.8 米渐减至 58.8 米。两岸开挖边坡根据岩石风化情况与原地面坡度按不同地段、高程分别采用 1:0.5、1:2.0 及 1:3.0，衬砌保护长度 69 米，其中 0+080 至 0+035 长 45 米一段采用浆砌块石护坡护底；0+035 至 0+011 采用钢筋混凝土护底，两岸做矮的混凝土导水墙，其迎水面为扭曲面，以利导流，背水面为 1:0.2 斜坡面，中央填石渣，搭配部分块石护坡护顶，以利冲刷。闸前混凝土护底厚度设计为 15 厘米，选配 $\Phi 12$ 钢筋，纵横间距 30 厘米，每块面积约 100 平方米，块间做平缝不留止水。

2. 首部

溢洪道底坎高程 140.0 米，净宽 50 米，采用深式进水闸型式，以四个中墩及两边墩分成五孔，设五扇 10 米×6 米弧形工作闸门，启闭机平台高程 155.50 米，由 5 台 2×40 吨手电两用固定卷扬式启闭机启闭，电机功率 22 千瓦。单扇门重 46.8 吨，启闭机单台重 16.2 吨。弧门为双主梁平行支臂结构，采用普通圆柱形铰轴，面板半径 11 米，支铰中心高程 148 米。支承弧门支铰的钢筋混凝土牛腿长宽厚为 3.6 米×2.0 米×1.32 米。闸门运行方式为：对称启闭。溢洪道在工作闸门前设有一扇 10.0 米×9.5 米检修闸门，底坎高程 140.00 米，启闭机平台高



程 160.00 米。在弧型工作闸门检修时用以挡水，由上、下两块组成，放置在工作闸门左右两岸检修门库内，由 1 台 2×25 吨的移动门式启闭机启闭，电机功率 13.5 千瓦。闸门自重 36.00 吨，启闭机重 26.00 吨。闸门运行方式为：静水平压启闭。

首部迎水面设挡水胸墙，高 13.2 米，下唇做成椭圆曲线，形成进水的喇叭口。

中墩厚 2.2 米，与底板相连。边墩长 26 米（0+011 上 ~ 0+015），下部为实体浇筑的大体积混凝土体，上部为厚 2.0 米的重力式墩墙，其上游翼墙和下游翼墙皆插入两岸 1 米，在上游翼墙的下游坡面上做浆砌块石平台，高程 153.5 米，宽 1.2 米，以贮放检修闸门。

墩顶 160.0 高程设公路桥一座，并与检修门吊车工作桥合并为交通桥，净宽 8.0 米，总宽 9.5 米。工作桥放在靠下游侧，高程 155.5 米，总宽 9 米，至东西边墩处设悬臂桥通过边墩墩顶踏步与交通桥相接。

为减少闸底板下面的浮托力，以满足首部抗滑稳定要求，在上游侧布置了两排帷幕灌浆孔，下游布置了纵横排水沟网。

3.泄槽

泄槽在闸首下游，宽度由 58.8 米逐渐缩减为 40 米（自桩号 0+015~0+100），0+140 后又逐渐开扩至泄槽出口（0+239）宽为 62.54 米，纵坡自桩号 0+015~0+065 为 0.01，0+065~0+140 为 0.02，0+140 至 0+160 为连接段，0+160~0+225 为 0.15。泄槽采用混凝土衬砌，厚度 0.4 米，在纵横方向均设置 $\Phi 12$ 钢筋，间距 30 厘米。在边墙及底板下面均设 $\Phi 20$ 毫米的锚筋，伸入岩石 1.0 米。

4.挑水坎及尾渠

挑水坎为差动式，反弧半径 18 米，射水角度分别为 35° 及 25° ，高坎宽 2.0 米，低坎宽 1.5 米，坎顶高程分别为 129.65 米及 127.65 米，坎的末端做成齿墙，嵌入岩石 5 米深。挑水坎两侧做有反翼墙，插入山岩 1.5 米。挑水坎后即为尾水渠，首段底宽为 68.0 米，进行了 10 米长的混凝土衬砌保护。两岸边坡与泄槽段相同，采用 1:0.75，尾水渠底高程为 124.9 米。

2.3.1.5 安全评价情况

中国水利水电科学研究院于 2017 年 10 月完成的《密云水库大坝安全鉴定》提出第一溢洪道建成至今已经 50 余年，虽然运行期间进行过多次加固，但主要是一些修补工作，没有从根本上解决问题。第一溢洪道存在以下安全隐患：

(1) 混凝土结构安全性差

1) 主要结构安全不满足规范要求

本次安全评价对混凝土结构闸室稳定、受力钢筋截面积、闸墩受拉区裂缝控制等方面进行了复核计算分析，主要结构存在如下不满足规范要求之处：根据历史监测数据的分析结果分别复核了 1#~4#闸墩的稳定性，其中 1#闸墩的观测资料显示扬压力偏高，采用以此推算的扬压力系数复核得到的抗滑稳定性及基底应力不满足《溢洪道设计规范》（SL253-2000）要求。原设计中闸墩混凝土标号为 R28150 号，相当于新标准中 C13 的混凝土强度等级，本次检测中墩强度低于 R28150 号。按此复核闸墩结构表明，闸室中墩的弧门支座附近闸墩局部受拉区裂缝控制不满足《溢洪道设计规范》（SL253-2000）要求，闸墩局部受拉钢筋截面面积在单侧弧门推力作用下不满足规范要求。闸墩牛腿结构虽然经过加固，剪跨比及截面尺寸、弧门支座受力钢筋截面面积符合规范要求，但牛腿加大后边缘靠近闸墩尾部，整体应力分布不利于受力部位的安全。

2) 混凝土老化病害问题突出

闸首混凝土外部缺陷以裂缝为主，闸墩部位竖向分布。右边墩和 1#中墩分别存在较严重的 C 类或 D 类裂缝。主要结构闸墩和梁的碳化深度较大，均超过混凝土保护层厚度，属于 C 类的严重碳化。与闸墩混凝土保护层相邻的钢筋存在锈蚀问题。2#闸墩存在渗漏，水流呈喷射状态，渗漏位置位于工作闸门导轨一期和二期混凝土结合处。

3) 建设期间工程质量不满足现行规范要求

由于建设年代早，受当时技术经济条件的限制，在结构设计方面既考虑了安全要求又兼顾了经济条件。采用的主要结构混凝土标号偏低，原 150#混凝土



土对应 C13 低于现行规范中混凝土主要构件的要求，同时本次现场检测得到的闸墩和胸墙混凝土强度低于原设计要求。根据《第一溢洪道竣工报告》（1963 年）记载，施工期间对不同规格钢筋取样 5 组进行了力学性能试验，试验结果表明 $\Phi 25$ 钢筋屈服强度不满足要求，仅达到设计值的 92%。由于 $\Phi 25$ 钢筋在闸墩和梁等主要结构中均有使用，造成这些结构存在安全隐患。泄槽底板缺陷以裂缝和横向分缝周边挤压破碎为主，底板共 68 块，其中 48 块底板存在问题，在高速水流的作用下易造成冲蚀破坏。泄槽两侧边墙缺陷主要为裂缝和表面龟裂，其中左侧和右侧 1 号边墙存在多条 D 类竖向裂缝和大面积的表面龟裂区。

(2) 金属结构陈旧

工作闸门焊接质量较差，焊缝缺陷多。主横梁、支臂和纵梁的强度均超过容许应力，支臂稳定计算应力超过容许应力，建议报废更新。启闭机存在影响安全运行的重大隐患，建议报废更新。检修门机整体状况较差，设备老化陈旧，机械部件老化损坏严重，存在影响安全运行的重大隐患，应报废更新。

(3) 运行管理不便

启闭机管理房位于交通桥下，不利于启闭机的运行及维护，而且管理房出现雨水渗漏。

(4) 泄槽高边坡岩石崩塌

现场检查发现溢洪道左岸岩石崩塌现象，需要注意防护。

根据《水库大坝安全评价导则》SL258-2017 和相关技术规范，对第一溢洪道进行了现场检查、现场检测、工程质量、渗流安全、结构安全、抗震安全和金属结构安全等方面安全评价工作，分项评价结果为工程质量不合格、渗流安全 C 级、结构安全 C 级、抗震安全 C 级、金属结构安全 C 级。即所有评价项目的安全级别为不安全。

2.3.1.6 改建主要内容

本工程 2019 年 7 月 1 日开工，计划工期 2 年，目前正在施工。

(1) 旧闸桥拆除

现状闸门施工期用作围堰，拆除旧闸、保留闸墩。

(2) 新建泄洪闸

在现状水闸下游新建水闸，新建闸共5孔，每孔净宽9米，高8米，闸门采用潜孔式弧形闸门，启闭设备采用液压启闭机。

(3) 改建交通桥

利用旧闸桥墩，更换T梁，改建交通桥。

(4) 新建泄槽

现状泄槽拆除重建。

(5) 附属设施及其他

新建液压设备间、安全监测、自动化系统以及配套建设厂区交通、绿化等。

2.3.2 第二溢洪道

2.3.2.1 概述

第二溢洪道位于潮河黄各庄南单薄分水岭上，在潮河输水隧洞以东约120米的垭口处，是密云水库重要的泄水建筑物之一，为2级建筑物。闸首设有5孔，每孔净宽12米。设计水位157.50米下相应泄量3650立方米/秒，校核水位158.50米下相应泄量4250立方米/秒。

2.3.2.2 地形、地质条件

第二溢洪道位于黄各庄南狭长的单薄山脊上，山脊高程156.0米，宽度约为40米，东岸山头高程170.0米，西岸山头高程180.0米，两岸皆较单薄，东岸因有挤压破碎带穿插影响，岩石较风化破碎，较西岸更单薄些。前坡较平缓，后坡较陡峭。单薄山脊系由太古代片麻岩系和中生代酸性侵入岩组成。构造断裂及裂隙较发育，主构造线多为东西及近于南北向，主要为挤压破碎，内为粘土及破碎岩石充填，出露范围4~8米，而影响范围达数十米。风化裂隙多分布于山脊前坡与山脊上，深达10余米，内有砂土充填，重力裂隙多在山脊后坡，较发育，形成后坡地形较陡。在第二溢洪道东坡以东30~40米处，有一



大型挤压破碎带，方向北 20° 西，宽约 8 米，影响带宽约 2~5 米，内为泥土充填。另一支则是从闸墩尾部边缘横跨溢洪道而过，宽度 1~4 米，由东向西逐渐变窄，影响带 2~3 米，内为粘土、风化高岭土充填，岩石软弱破碎。首部东边墩至四号墩为细~中粒花岗片麻岩，西边墩及西边孔（五号孔）为角闪斜长片麻岩，首部下游部分及泄槽处为角闪花岗片麻岩。

2.3.2.3 轴线选择

溢洪道纵向轴线（建筑物中线及引渠中线），根据地质、地形条件及工程量与进水泄水时对潮河输水隧洞的影响等诸因素的考虑，选定引渠中心线方向为 $186^{\circ}27'22.7''$ ，建筑物中心线为 $171^{\circ}28'22.7''$ ，两中线间以半径 150 米的单弧线相接。为求得较少的开挖方量，建筑物中线布置在垭口的中间，为减少泄水时对输水隧洞的影响，中线方向几乎与隧洞平行。引渠中心线即沿用冲沟的方向位置，以便进水前缘较宽阔而开挖方量不多。根据第二溢洪道的断裂构造裂隙走向、倾向倾角、延伸长度、贯穿情况、岩石矿物成分、风化深度和性质以及开挖深度等地质条件，横断设计中采用东岸坡 1:0.9，西岸坡 1:0.8，其中西岸坡 0+248.0 以下采用 1:0.9。

2.3.2.4 始建及工程布置

第二溢洪道 1958 年初步设计，开挖工程于 60 年 2 月 20 日开始，9 月 20 日完成，共开挖 22 万立方米。混凝土工程于 60 年 9 月 15 日开始浇筑，至 11 月中旬基本完成，实浇混凝土 25000 立方米。基础灌浆处理工程 60 年 11 月下旬开工，12 月下旬完成，总钻孔 107 个，总孔深 955.9 米，灌浆钻孔 61 个，共 95 段，孔深 418 米。工作桥与公路桥吊装工程 61 年 1 月开始，3 月上旬完成，共吊装 48 个预制件，每个约重 20 吨。弧形闸门及检修门埋设件 61 年 3 月开始，5 月上旬完成，总共安装量约 250 吨。

1. 引渠

渠底高程 145.5 米，底宽 68.8 米，东边坡为 1:0.9，西边坡 1:0.8。由桩号 0+030.0 起至 0+194.0 与闸首相接共长 164 米。其中 0+180 至 0+194.0 一段长 14

米加衬钢筋混凝土护底及护坡；0+175.0至0+180.0一段长5米不做护底，只两岸做浆砌块石护坡。两岸做半径20米的圆弧形导水墙，由0+175.0开始至0+194.0与直边墩前缘衔接，墙后填渣至高程153.0米，并做低标号混凝土衬砌护坡至高程158.0米。护底宽68.8米，长14米，原设衬厚25厘米，超挖15厘米，共计40厘米，分五块浇筑，护底前端做0.5米深齿槽。导水墙为混凝土结构，墙顶高程159.0米。

2.首部

首部由五个溢流堰、五孔弧形闸门、四个中墩、东西两边墩、工作桥、公路桥、五套固定式启闭机、一扇检修门及一台活动吊车组成。闸墩与溢流堰连接处设置永久伸缩缝。

溢流孔净宽12米，采用低坎式真空剖面堰，堰顶高程148.5米，堰面采用椭圆曲线，上游为1:1斜坡，下游以1:1.5斜坡与半径8米的反弧衔接。溢流堰顺流向共长23米（0+194.0~0+217.0），宽度每孔为12米，其中中间3孔堰体净宽12米，两侧边孔堰体宽11米，还有1米与边墩联成一体以保证边墩的稳定性。堰体上游做有2米深的齿槽，布置深帷幕与浅帷幕各一排。下游为纵坡10%的1米厚的泄水板，板下设有两排排水孔与纵横向排水沟。

中墩厚2.2米，长23.5米，与溢流堰分缝隔开成独立墩。中墩上游于0+196.8处设有100×50厘米的检修门槽，下游牛腿长4米，宽1.2米，厚0.9米。中墩墩顶高程上下游分别为160.0米及158.98米。中墩为大体积混凝土体，混凝土标号150号。

边墩在平面上为宽U形的整体墩墙，中间满填石渣，150.0以下为大体积混凝土体，高程150.0米以上为钢筋混凝土悬臂式挡土墙，呈梯形剖面，顶宽1米，底宽1.70米。上下翼墙水平向插入河岸1.25米，采用带宽底板的钢筋混凝土悬臂式挡土墙。

工作桥桥面高程161.0米，总宽7.0米，大梁采用预制件，每孔五件，最大单件重25吨，长13.2米，宽1.3米。公路桥桥面高程160.0米，净跨12米，净宽7米，两边人行道各宽0.75米，总宽9.5米，采用预制件，单件重25吨，长13.3米，宽1.4米，共24件。



第二溢洪道采用 12 米×9 米的弧形闸门作为工作门，以五台固定电动卷扬式启闭机操纵。检修闸门五孔共用一扇平板钢闸门，检修水位 154.0 米，孔宽 12 米，门坎高程 145.5 米，门顶高程 154.0 米，闸门总高 8.8 米，分成高度 1 米的闸叶共 9 扇。

3.泄槽

桩号 0+217.0~0+300.0 水平方向长 83 米为泄槽段，其中 0+217.0~0+248.0 长 31 米为渐变段，纵坡采用 10%，边坡由竖直渐变成 1:0.9，边墙高为 7 米，槽宽由 68.8 米渐变为 60.0 米，收缩比例为 1:7；由 0+248.0~0+300.0 水平向长 52 米为泄槽槽身，底宽 60 米，纵坡 40%，边坡 1:0.9，边墙高度 7.0 米减至 5.1 米下与挑水坎衔接。泄槽内设有纵向排水沟 6 根，横向排水沟 8 根。

4.挑水坎

挑水坎采用差动式，由 16 个高坎（坎顶高程 123.60 米，反弧半径为 18 米及 12 米）、17 个低坎（坎顶高程 121.60 米，反弧半径为 18 米及 10 米）、2 个边坎（也为高坎，与边墙联成一体）组成，总宽 60 米，长 14 米，分成五快，分缝处做止水。

挑水坎末端做深槽，深 5 米，顶宽 2 米，底宽 1 米，嵌入基岩以防冲坑反淘危及齿坎，此处两岸边墙末端嵌入岩石 2 米。挑水坎始端 0+300.0 处衬砌下部做一较浅齿槽插入岩石，深 0.6 米，宽 1 米，以增加挑水坎结构的稳定性。挑水坎内设排水管和通气管，以排除积水和避免水舌下部出现真空。

2.3.3 第三溢洪道

2.3.3.1 概述

第三溢洪道位于第二溢洪道以东，是密云水库重要的泄水建筑物之一，为 2 级建筑物。闸首设有 6 孔，每孔净宽 12 米。设计水位 157.50 米下相应泄量 6060 立方米/秒，校核水位 158.50 米下相应泄量 6790 立方米/秒。

2.3.3.2 地形、地质条件

第三溢洪道位于第二溢洪道以东的一个山体不大的分水岭上，山脊高程在160~180米之间，地形上较平缓，有近似南北的冲沟平行排列，自北向南伸至分水岭。下游濒临潮河，为河流冲刷岸，山势陡峻。建筑物两侧为两条冲沟，其中右侧一条深度较大，左侧沟深较浅。潮河紧靠坡脚，河床开阔，地面高程在100米上下，基岩面高程在90米左右。

溢洪道地层由太古界密云群片麻岩组成，按其岩性可分为斜长角闪片麻岩、角闪花岗片麻岩、角闪斜长片麻岩等三大层。建筑物区片麻岩呈东西向分布，性质坚硬均一，节理裂隙发育，混合岩化现象比较明显。本区岩脉由三种：长英岩、辉绿岩及正长斑岩，多出露在引渠及建筑物两侧，仅在泄槽部位有一条10厘米宽的辉绿岩细脉。溢洪道建筑物地区，主要存在近东西、北北东两个构造带，前者发育完整，在本区起控制作用，后者多在建筑物东西两侧，规模较小。

总之，建筑物地区虽然构造复杂断裂发育，岩石完整性较差，但主要建筑物还是座落在弱风化的坚硬片麻岩上，对不良地质体均进行了处理，溢洪道地基还是较好的。

2.3.3.3 工程布置

第三溢洪道位于第二溢洪道左侧，中心线距第二溢洪道中心线287.0米，全长360米，走向 $SW173^{\circ}03'02''$ ，由引渠、闸首、泄槽、挑坎和护坦五部分组成。

1. 引渠

溢洪道引渠长约170米，宽度在闸室前为86米，在桩号0+086米处，两边各以 $11^{\circ}19'$ 的角度向上游扩展。渠底高程141.5米，边坡为1:1。桩号0+098至0+013米为浆砌石护底，桩号0+113至0+133米为钢筋砼防渗板，桩号0+125米处设有防渗帷幕。

闸室与溢洪道上游岸坡用翼墙相接，翼墙半径为20米，中心角为120度，



以后以直墙型式和两岸山体相连。

2. 闸首

桩号 0+133~0+160.5 米处为闸首段，闸首堰体采用 WES 型式，堰顶高程 145.0 米。

闸室总宽为 86 米，分 6 孔，每孔净宽 12 米，设有 6 扇 12.0 米×12.7 米弧形闸门，底坎高程 145.00 米，启闭机平台高程 164.00 米。由 6 台 2×37.5 吨的手电两用固定卷扬式启闭机操作，电机功率 16 千瓦。单扇门重 73.00 吨，启闭机单台重 55.00 吨。闸门运行方式为：两两对称启闭。

中墩厚 2.8 米，边墩为重力式挡土墙型式。为了减少结构内力，增加闸墩的稳定性，闸墩下部做成一型。在中墩两侧和边墩的迎水侧 1.5 米处分缝与堰体分开。

闸墩在 0+135.4 米桩号处设有检修门槽，检修门为叠梁型式，由十三根叠梁组成，在弧型工作闸门检修时用以挡水。闸门底坎高程 141.50 米，下游溢流堰顶高程 145.00 米，启闭机平台高程 160.25 米。按照叠梁由下而上的使用次序分别编为 1#~13#，组成闸门的叠梁按结构不同分为四种规格：其中 1#~7#为重梁，每根重 4.83 吨；8#~10#为轻梁，每根重 4.28 吨；11#为乙梁，每根重 3.26 吨；12#~13#为甲梁，每根重 2.58 吨。四种规格叠梁的外形尺寸均为：12.7 米×0.8 米×1.0 米（长×宽×高）。闸门由一台 2×5 吨的移动门式启闭机启闭操作，电机功率 4.5 千瓦。启闭机自重 6.10 吨。检修门检修水位 154.00 米。

闸首上游有检修桥，桥面宽 5.65 米，桥面高程 160.25 米。在检修桥的下游侧为启闭机桥，桥面高程 164.0 米。在闸体的下游侧为公路桥，桥面净宽 7.0 米，桥面高程 160.12 米。

3. 泄槽

桩号 0+160.5 至 0+242.789 米为泄槽段，其平面投影长 82.289 米。泄槽的平面布置在在桩号 0+160.5 米处底宽 86.0 米，到桩号 0+205.5 米缩为 77 米，收缩角为 6 度，再以下均为 77 米。顺水流的泄槽可分为缓坡段、抛物线段和陡坡段。桩号 0+160.5 至 0+191.23 米为缓坡段，坡度为 1:50；桩号 0+191.23 至 0+220.64 为抛物线段，方程为 $Y=0.02X+0.011X^2$ ；0+220.64 至 0+242.789 米为

1:1.5 的陡坡段。

4.挑坎及护坦

桩号 0+242.789 至 0+264.43 米为挑坎部分，长 21.64 米，为连续式挑坎，由半径为 10.0 米和 20.0 米的两个半圆弧组成，弧底高程为 112.325 米。为了加强消能效果，挑坎在立面上采用中间低两边高的型式，中间部分高程为 115.0 米，挑角 30° ；两边高程为 117.5 米，挑角 $42^\circ 10' 45''$ ，在平面上挑坎下缘呈八字形，中间部分桩号 0+261.0 米，两边为 0+271.0 米。

挑坎下游为防止小流量贴坡冲刷，设置 10.0 米长的钢筋砼护坦。由于右侧岩石比较破碎，对基础做了局部固结灌浆。泄槽两侧大部分为贴坡式边墙，局部地方因超挖过多采用重力式，边墙坡度为 1:0.5。

5.防参与排水

为了延长渗径，降低向下的渗透压力，在闸室上部设置长 20.0 米的钢筋砼防渗板，于桩号 0+125 米处设置防渗帷幕。帷幕布孔两排，前排孔深 20.0 米，后排孔深 10.5 米，孔距 2.0 米，排距 1.5 米。帷幕横贯防渗板，在闸室两端沿左右翼墙布孔，插入两岸山脊的新鲜岩石内。在桩号 0+142 米的堰体和闸墩下设有排水廊道。廊道为城门洞型，宽 2.0 米，高 2.8 米，内部设排水沟和排水孔，以降低扬压力。排水孔深 12.0 米，孔距 2.0 米。在桩号 0+150.5 米处，设第二道排水沟，沟内设排水孔，孔深 8.0 米，孔距 2.0 米。在闸墩堰体接缝下均设有纵向排水沟与横向排水沟相连，将渗水导向下游。泄槽底板下设纵横排水沟，纵向排水沟深 40.0 厘米，底宽 40.0 厘米，边坡 1:0.1；横向排水沟深 35 厘米，底宽 35 厘米，边坡 1:0.1。为了能使闸基渗水通畅排出，在泄槽桩号 0+160.5 至 0+205.5 米之间设了三道深 1.0 米，底宽 50 厘米的深式纵向排水沟。在泄槽边墙下面按一定距离也设有排水沟与泄槽底板排水沟相连。

溢洪道的止水可分为单层止水和双层止水两种，在桩号 0+113 米至溢流堰顶的闸门埋件之前，所有纵横缝均为双层止水，即上部为沥青槽止水，下部为 651 型塑料止水带。在闸门埋件之后，闸墩和堰体间的纵缝、泄槽边墙间的接缝、泄槽底板间的纵横缝和挑坎间的纵缝均设单层止水，即 651 型塑料止水带。另桩号 0+125 米处防渗板纵横交汇接缝处的垂直向设沥青井，翼墙与翼墙、翼



墙与边墙的分缝处也设沥青井，其后为 651 型塑料止水带。

2.4 调节池

2.4.1 概述

调节池工程位于白河主坝下游约四公里处，总库容约 503 万立方米（已淤积约 160 万立方米），有效库容 210 万立方米，坝顶高程 94.0 米，死水位 91.2 米。原设计功能为：泄放白河电站的抽蓄水量、白河支洞的宣泄洪水及调节池右侧北白岩的洪水，通过调节池放水给京密引水渠为北京工农业供水，以及通过调节池的溢洪道向天津市供水。现主要功能是：调节白河电站尾水，并通过京密引水渠向北京提供城市供水。

2.4.2 地形、地质条件

坝址位于白河河床，河谷宽约 1400 米，覆盖层厚约 40~50 米，平均渗透系数为 600 米/天，表层为粉细砂，渗透系数为 10~100 米/天，下层为细砂、砂卵石等大颗粒组成。根据白河主坝坝基抽水试验结果，渗透系数一般在 500~800 米/天左右。坝址地区原为白河主坝的取料场，地貌已被破坏，堆积大量的卵石废料堆。两岸山岭为石灰岩，有溶洞存在，右岸因受白河河水切割，地形较陡。调节池控制的集流面积为 26.3 平方公里，多年平均降水量 829.7 毫米，并且 80% 的雨量集中在汛期 6 月到 9 月。

2.4.3 方案比较和选择

关于调节池的坝址，除现有布置外，还考虑过李各庄方案和龚庄子下游坝址方案（距现坝址 500 米左右）。在比较李各庄和龚庄子两个地段的方案时，龚庄子方案具有如下优点：施工方便，可以利用白河主坝工地及施工现场布置；工程集中，距白河枢纽较近，将来便于管理、运用和维护；总效益比较高，偿还年限比较短；工程量相对较少。

在比较龚庄子上下坝址时，上游坝址具有以下优点：可以大大减少泄水闸

的下泄流量；公路、铁路不再通过库区，可减少路基土方填筑；避开了一部分白河主坝取料场所造成河床地貌严重破坏的地区，减轻了施工时做铺盖清基的难度，同时减少了漏水量；建筑物集中，管理方便；西副坝可以利用现有的临时铁路路基，节省土方。经过比较，最终选定龚庄子上游坝址方案。

2.4.4 始建及原工程布置

始建工程主要包括主坝、东副坝、西副坝、泄水闸和进水闸。调节池东接溪蓊庄公路，西和京密引水渠相通，设计最高水位 93.1 米，死水位 91 米，总库容 858 万立方米，其中死库容 315 万立方米，调节库容 483 万立方米，淤沙库容 60 万立方米。调节池坝型采用粘土斜墙土坝，地基防渗设计了 50 厘米厚 80~100 米长粘土防渗铺盖，以防地基管涌。始建工程 1960 年 8 月 31 日开工，至 1960 年底完成第一期工程，1961 年冬至 62 年春季继续完成下游排水工程。始建主要工程量见表 3-11。

表 3-11 始建主要工程量表

工程项目	总计	开挖	土方填筑	石方填筑	单位：立方米
					混凝土
土坝	358059	75287	265796	16976	
泄水闸	9310	3518		938	4854
完成总计	367369	78805	265796	17914	4854

1. 主坝

主坝横跨白河河床，西起团山，东至东副坝，全长 740 米。坝顶宽 7 米，可行驶汽车，东和永久公路相连，西和滨河路相接。坝顶高程 94.0 米，最大坝高 11.6 米，最大坝底宽 63 米，上游坝坡 1:2.5，下游坝坡为 1:1.75。坝型为粘土斜墙坝，采用粘土铺盖防渗，设计铺盖长度 400 米，厚度由 1 米变至 0.5 米，实际施工只有 100 米。料土斜墙最小厚度为 0.5 米，最大厚度为 2.6 米，水力梯度为 1/3。为了节省工程量，施工过程中利用了大量的卵石筑坝，但卵石只用于坝体浸润曲线之上，卵石和料土斜墙之间，有垂直厚度为 1.5 米厚砂砾料 0.3 米厚的砾石过渡层，并且在下游坝脚处，用 1:6 的缓坡和堆石排水相连，增加



墙体和坝坡的稳定性。

2.东副坝

利用原有的走马庄泄洪道围堤，进行加高加厚。全长 620 米，最大坝高为 9 米，坝宽 4 米，坝型为斜墙土坝。

3.西副坝

利用改线后的铁路路基，迎水面加做防渗斜墙。该段路基长 600 米，顶宽 5 米，顶高程 93.5 米。最大高度为 6 米，上游坡为 1:2.5，下游坡为 1:1.75，利用粘土斜墙防渗，料土斜墙和天然铺盖相连接。

4.泄水闸

泄水闸布置在主坝的西坝头，两端与主坝相连，溢流坎和两岸边墩均为混凝土和钢筋混凝土结构，最大泄量为 500 立方米/秒，溢流堰宽 17.5 米，设置两孔，每孔净宽 8.0 米，中间闸墩厚 1.5 米，堰顶高程 87.5 米，堰型为非真空实用剖面堰。闸门采用两孔 6 米×8 米的钢结构弧形闸门，设计水头为 5.7 米。闸墩及边墩上设有工作桥与公路桥。工作桥宽 4.0 米，高程 94.0 米。公路桥按汽 - 18 设计，拖 - 60 校核。闸墩与桥梁均用钢筋混凝土结构。泄水闸采用消力池消能，消力池底高程 82.5 米，长 23.0 米，边墙以 1:8 扩散，首部每孔闸做了两个长 2.5 米高 1.5 米的分流墩，沿泄水闸中心线对称布置。消力池后两边修建导堤，护坦段长 20 米，由混凝土段和浆砌石段组成，各长 10 米，混凝土尺寸 2.5 米×2.5 米×0.8 米，浆砌卵石厚 0.4 米，护坦顶高程为 85.0 米，海漫段全长 40 米，用直径 20~30 厘米的干砌卵石保护，尾部设有防冲槽。

5.京密引水渠进水闸

原京密引水渠设计流量 30 立方米/秒，最大过流量可达 70 立方米/秒。进水闸底坎高程 87.0 米，胸墙底高程 89.0 米，两扇平板门尺寸为 2.5 米×4 米（宽×高），下游止水。门顶高程 91.0 米，最低闸前水位 90.5 米，设计水位 93.0 米。原闸门检修平台高程为 93.0 米，启闭机平台高程 96.0 米，主闸门前有检修门槽，但未放检修门。

2.5 南石骆驼坝下廊道

2.5.1 概述

南石骆驼坝下廊道是为供给下游密云区域北农田灌溉用水而设的。廊道位于半风化的云母花岗片麻岩岩基上，方向北东，和坝轴线成 83 度夹角，交于坝轴线桩号 0+350 米处，全长 175.00 米，进口高程 139.00 米。最大流量 3.54 立方米/秒。

2.5.2 工程布置

进口上游两侧设浆砌石导墙，墙顶高程 142.0 米，墙长 3 米，导墙外侧接 35.3 米长的浆砌石前渠。

廊道进水口设进水塔一座，进口底高程为 139.00 米，进口两侧及顶缘均采用椭圆曲线，进口处设固定式拦污栅一道，进水塔高程 141.5 米以下为钢筋混凝土封闭结构，围墙厚 0.8 米，外围尺寸 4.55 米×4.5 米，四角接截面尺寸 0.8 米×0.8 米的钢筋混凝土塔架立柱，直至高程 152 米检修平台。高程 152 米检修平台以上，立柱尺寸为 0.6 米×0.6 米。从进口断面的大体积混凝土起至高程 152 米间布置有门槽柱，截面尺寸 0.3 米×0.7 米。在高程 143 米、149 米、156 米处分别设三道圈梁，截面尺寸为 0.4 米×0.6 米。在高程 146 米和高程 152 米分别设两道检修平台，尺寸为 5.5 米×5.5 米的正方形。高程 160 米启闭机平台上安装固定卷扬启闭机一台，设有 4 米×4 米的启闭机房一座，现地控制柜安装在启闭机房内。

进水塔内一扇 0.65 米×0.8 米平板定轮事故检修门，启闭机平台高程 160.00 米。由一台 1×6 吨的手电两用固定卷扬式启闭机操作，电机功率 2.2 千瓦。闸门自重 1.50 吨，启闭机自重 1.00 吨。闸门底坎高程为 139.0 米，设计水位为 157.5 米。该门动水闭门，小开度充水平压后启门，闸门采用下游止水方式，滚轮支承，轴承采用自润滑套。在启闭机排架 152 米和 146 米设置了闸门检修平台，当水位在 146 米以下时可不拆卸拉杆直接将闸门吊至 146 米检修平台上



进行检修维护，当水位 146 米以上 152 米以下时可拆卸拉杆后将闸门吊至 152 米检修平台上进行检修维护。当闸门长期处于关闭状态时，可通过拉杆将闸门锁定在 152 米检修平台上，且使启闭机与拉杆脱离，以便检修或调试启闭机。

进水塔设有两个通气管，每根管内径为 10 厘米，高程 152 米以下埋置在门槽柱内，出高程 152 米平台后建成明管通到 160 米启闭机平台。

进水塔与坝顶连接设交通桥一座，共六跨，单跨长 13.40 米，总长 78.50 米。桥面高程 160.00 米，桥面宽 3.00 米，设计为通过一辆运输启闭设备的轻型货车。

进水塔后为钢筋混凝土龙抬头矩形廊道，龙抬头廊道下与水平廊道相接，仰角 45 度，内尺寸 0.8 米×0.65 米（高×宽），墙厚 0.4 米，上下连接圆弧段外半径 2.0 米，内半径 1.2 米。水平廊道上游 83 米为内径 80 厘米的钢筋混凝土管，下游 92 米为内径 70 厘米的铸铁管，廊道出口设两道 $\Phi 70$ 厘米阀门，用于控制廊道的放水流量。

第3章 水工观测方法

3.1 总则

水工建筑物观测工作是工程管理工作的耳目，是保证工程安全，充分发挥工程效益的一项重要基本工作。实践证明：加强观测工作，可以及时发现问题，采取有效措施，确保建筑物安全。

水工建筑物观测工作要求：

1.现场观测：根据规定的测次、时间在现场进行观测记载，并要求做到“四无”：无缺测，无漏测，无不符精度，无违时；“四随”：随观测，随记录，随计算，随校核；“四固定”：固定人员，固定仪器，固定测次，固定时间。

2.观测资料整理分析：现场观测成果要进行校对，防止差错。及时绘制过程线和关系曲线，进行分析。如发现异常情况，应找出原因，采取措施。如原因一时查不清，应加强观测。分析成果及时报上级主管部门。

3.定期进行资料整编，并对观测工作进行技术总结。对建筑物工作状态作出评价定，提出工程运用和维修意见。

4.观测设备系统变动后，应尽可能保持新旧观测设备系统同时工作一个时期，找出新旧系统关系，以保证观测资料的连续性。

5.当水工建筑物受到烈度5度以上的地震或相当于5度以上震动以后，应立即对水工建筑物进行全面观测工作。

6.当水库高水位运行或水位骤升骤降时，应加强观测频率，并对水工建筑物进行全面观测。

7.已建工程监测设施不全或毁坏、失效的，应根据情况予以补设和更新改造。



3.2 渗流监测

3.2.1 目的与要求

1.为监视土坝在渗透作用下是否正常和稳定，以便采取正确的运用方式或进行必要的处理，保证工程安全，应进行渗流观测。

2.土坝渗流观测主要包括以下几项：断面上的压力分布、土坝浸润线、土坝的渗流流量、绕过建筑物两岸的渗流情况、土坝坝基的渗流压力、导渗降压效能、渗流水的透明度及化学分析。

3.2.2 浸润线观测方法及精度要求

1.观测测压管水位的仪器：采用电测水位器(微安表)法和测压表法测量。

2.电测水位器的工作原理：电测水位器适用于管中水位低于管口高程的情况，利用水能导电的原理制成。

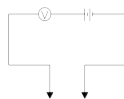


图 4-1 电测水位器原理图

3.构造:提匣、吊索、测头三部分组成。

提匣:小木箱，内装干电池、微安表(或其它指示器)和手摇滚筒，滚筒上绕电线(兼吊索)，电线末端装测头。

吊索:用来投送和启吊测头，并量测距离，采用电线当吊索。要求电线柔软、坚韧、不易因温度影响而伸缩，且整根中间不许有接头，在吊索上每隔 1 米应有长度标志，注明米数(自下而上编注)。

测头：主要用来促使电极在水面处接通电路。为使吊索拉直，准确量距，测头必须有一定的重量，采用金属短棒，上下两端均呈半球面，以防在测压管中升降时受到卡阻。

4.观测方法：将测头徐徐放入管内，与水面接触，趁指示器开始反应瞬时捏住与管口相平处吊索，量读管口至管中水面的距离，米数可由吊索直接读得，厘米数用钢卷尺量得。

测压管水位高程=测压管管口高程-管口至管中水面距离(测绳读数)

5.精度要求

(1)用电测水位器(微安表)观测时，两次读数差不大于1厘米。

(2)测绳长度标记，每隔1~3个月用钢卷尺校正一次，误差大于1厘米时应改正。

(3)测压管管口高程每年至少校测一次。

(4)每年汛前鉴别测压管灵敏性，有怀疑的用注水或抽水试验鉴别。

(5)每年汛后量测管内淤积厚度，当淤积超过沉淀管1米及其它原因引起灵敏性降低时，应及时处理。

6.数据处理

(1)数据观测完成后，立即在现场检查作业方法是否符合要求，有否缺漏现象，各项检查成果是否在限差以内，观测值是否符合精度要求，数据记录是否准确、清晰、齐全。

(2)经检验合格后的观测数据，应换算成观测物理量，记入记录表内。

3.2.3 渗流量观测方法与精度要求

1.观测设备：采用三角形量水堰观测渗流量(根据水利部有关规范要求，我处采用直角三角形量水堰)，并要求与上下游水位、测压管水位观测同时进行。

2.渗流量观测设备的布置：观测坝身、坝基、绕坝渗流量时，在坝趾下游能汇集水的地方设集水沟，在集水沟出口处设量水设备，若集水沟后有排水沟，则可以设在排水沟内。渗水可以分区拦截时，亦可分区设量水堰，分区观测渗



流量。所有集水和量水设施均应避免客水干扰，量水堰应设在不受建筑物泄水影响及坝面、两岸排泄雨水影响的地方。

3.量水堰制安

(1)量水堰应设在排水沟直线段的堰槽段。该段应采用矩形断面，两侧墙应平行和铅直。槽底和侧墙应加砌护，不漏水，不受其它干扰。

(2)堰板应与堰槽两侧墙和来水流向垂直。堰板应平整和水平，高度应大于5倍的堰上水头。

(3)堰口的水流形态必须为自由式。

(4)测读堰上水头的水尺，应设在堰口上游3~5倍堰上水头处。尺身应铅直，其零点高程与堰口高程之差不得大于1毫米。水尺刻度分辨率应为1毫米，必要时可在水尺上游设栅栏稳流。

(5)量水堰安装完毕，应详细填写考证表，存档备查。

4.观测方法及精度要求

(1)用水尺法观测，水尺读至毫米，如果水尺处水面有起伏，应读上限和下限，取两数的平均值。渗流量计算公式(直角三角形量水堰)：

$$Q=1.4H^{5/2}$$

Q：渗流量，立方米/秒

H：堰上水头，米

渗流量的温度校正公式：

$$Q_T=(V_t/V_T)Q$$

T、t：分别表示标准水温和实测水温，摄氏度；

V_T 、 V_t ：分别为相应水温时的运动粘滞系数，平方厘米/秒；

Q_T 、 Q ：分别为标准水温渗流量和实测水温的渗流量，立方米/秒；

V值可以根据水温查表或用下式计算：

$$V_t=0.4/(t+20)$$

当取标准温度 $T=10^{\circ}\text{C}$ 时， Q_T 的计算公式为：

$$Q_{10}=Q/(0.67+0.033t)$$

(2)精度要求：观测渗流量，水尺的水位读数应精确至1毫米，堰上水头两

次观测值之差不得大于1毫米。连续进行两次观测，取两次观测的平均值为计算成果。

5. 渗水透明度观测(必要时加测)

(1)观测仪具：透明度管一个，汉语拼音字母5号铅印字体纸一片。透明度管通常采用高35厘米，直径为3厘米的平底玻璃管，管壁刻有厘米刻度，下部设有一个控制阀门。

(2)观测方法：在渗水的出口处用玻璃瓶取水样摇匀后注入透明管中。从管口上端通过管中水柱观看铅印字体，铅印字体应放在透明度管下4厘米处白色底板上。如看不清字体，则打开放水阀门，降低管中水柱，直到在管口上端看清字体时，关闭放水阀门。从管中刻度上读出管中水柱高度，即为渗水透明度，透明度大于30厘米，即为清水。

(3)渗水透明度观测操作要求：透明度观测应固定专人负责进行，以免因不同视力而引起误差。透明度观测应在同等光亮条件下进行，但应避免阳光照射字板。如果渗水透明度经常大于30厘米，即改为检查观测。

3.3 变形观测

3.3.1 目的与要求

1.为了解水工建筑物在施工和运用期间是否稳定和安全，对水工建筑物进行变形观测，及时掌握其变形规律，研究其有无裂缝、滑坡、滑动、倾覆等趋势。

2.表面竖向和水平位移观测共用一个标点，竖向位移和水平位移观测要配合进行，并同时观测上下游水位。

3.变形观测正负号规定：

水平位移：向下游为正，向左岸为正；其余为负。

垂直位移：向下为正，向上为负。

4.垂直位移观测，用水准仪根据起测基点高程，测定标点高程变化。水平



位移观测，用经纬仪按视准线法，根据工作基点测定标点水平位置变化。

3.3.2 仪器埋设

1.垂直位移观测：水准基点——起测基点——观测标点。

(1)每一个水工建筑物，应在附近地基稳固可靠而又便于引测的地方安设 1~3 个水准基点，据以引测和校测起测基点高程，位置合适的水准基点也可以作为起测基点。

(2)起测基点布置在建筑物两岸便于对建筑物进行观测的岩石或坚硬的土基上，一般每一纵排标点的一端岸坡上各设一个，用以测观测标点高程。

(3)观测标点埋在坝体中，用以观测坝体变形。

2.水平位移观测：校核基点——工作基点——观测标点

(1)用视准线法观测水平位移时，在大坝两端工作基点延长线上，各安设 1~2 个校核基点，以校核工作基点在垂直坝轴线方向的变化。

(2)工作基点布设在坝两端不受任何破坏而又便于观测的岩石或土基上，用以形成视准线。

(3)观测标点埋设在坝体上，用以观测坝体的水平位移。

3.3.3 观测方法及精度要求

3.3.3.1 垂直位移

1.观测方法：由水准基点校测起测基点的垂直位移，按二等水准测量方法进行；标点垂直位移观测，按三等水准测量方法进行，为增大观测精度，尽量做到固定观测人员、固定仪器、固定转点和测站。

2.精度要求：由水准基点引测、校测起测基点，其往返闭合差不得大于 $\pm 0.72\sqrt{n}$ 毫米(n 为测站数)，由起测基点观测标点，其闭合差不大于 $\pm 1.4\sqrt{n}$ 毫米。

3.3.3.2 水平位移

1.观测方法：视准线法，即以建筑物两端两个工作基点所控制的视准线(两个工作基点连线)为基准，来测量建筑物上位移标点的水平位移量。

观测方法：在工作基点 A(或 B)上架设经纬仪，整平后，后视工作基点 B(或 A)，固定上下盘，然后用望远镜瞄准建筑物上的位移标点。在位移标点处，一个人随司镜者的指挥，沿垂直于视准线方向移动觇标，直至觇标中心线与视准线重合为止，读出偏移量，记入记录表内。通知司镜者用倒镜再读一次，正倒镜各测一次为一个测回，至少两个测回，符合精度后施测另一个标点。为测读便利，也可以在一纵排的标点上，用几个活动觇标同时观测完正镜，再用倒镜依次观测，至两个测回的结果符合精度为准。

2.水平位移观测的工作基点，每五年校核一次，但对水平位移观测成果有怀疑时，立即对工作基点校测。工作基点水平位移量，对土石坝，小于 4 毫米观测成果可以不加改正。

3.精度要求：用视准线法校测工作基点时，允许误差不大于 2 毫米(取二倍中误差)。观测水工建筑物位移标点时，各测回允许的误差不大于 4 毫米(取二倍中误差)。

3.3.3.3 观测及时做好记录，外业工作完毕后，必须及时进行内业整理，如发现问题及时复测。

3.3.3.4 观测设备必须经常进行维修，基点、标点必须严加保护，观测仪器如经纬仪、水准仪、觇牌等要有档案表。观测前要检查，观测后要保养。对观测所用经纬仪、水准仪必须专人专用，每 2~3 年进行一次全面检查和校正，以确保仪器的精度。

3.4 砼裂缝、温度、应力、应变观测

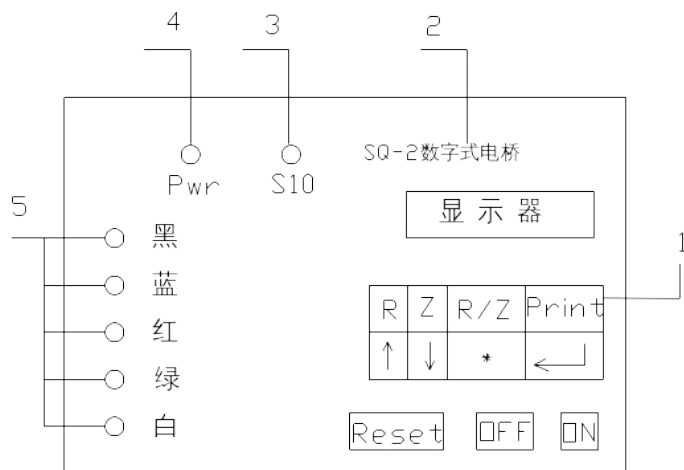
1.目的：为监测钢筋砼结构受力、变形是否在设计允许的范围内，进行砼裂缝、温度及应力、应变观测。



2.对第一、二、三溢洪道底板裂缝,应做出长度标记,用红油漆注明日期,观察其长度是否发展。对重要裂缝,应选择有代表性位置,设定固定标点,观测其缝宽的变化规律。根据观测成果绘制下列曲线:裂缝分布图,裂缝发展过程线(包括缝长、缝宽)。

3.第一溢洪道及第三溢洪道堰下廊道伸缩缝观测。采用游标卡尺进行量测,读数精确到0.01毫米;根据观测结果绘制缝宽变化过程线、缝宽与气温的关系线。

4.第一、第三溢洪道砼结构内部情况的观测。采用SQ-2型水工比例电桥测量。



1.操作键盘 2.液晶显示窗 3.计算机接口 4.充电及外电源接口 5.传感器接线柱

图4-2 SQ-2比例电桥表盘示意图

水工比例电桥使用方法如下:

(1)开机,操作面板上“ON”键。

(2)连接好电桥率定器,然后操作“RST”键一次,待仪表完成复位后校准电阻和电阻比精度。

(3)将四芯线按黑、红、绿、白顺序分别接在相应颜色的接线柱上,操作“↓”“↑”键后显示出现“4”;对仪器作三芯检测,则将黑、红、白芯线依次接在相应接线柱上,操作“↓”“↑”键后显示出现“3”。

(4)操作“R”键显示器显示的稳定值即为传感器电阻值，操作“Z”键显示的稳定值即为电阻比。

(5)操作“Print”两次，再操作“↓”“↑”调整到要输出的箱号和点号，操作“←”键输出所测数据。

(6)测量完毕关机，按“OFF”键切断电源。

5.数据处理：根据观测值(电阻、电阻比)按以下公式计算钢筋应力、应变、温度和裂缝宽度。

(1)钢筋计： $\delta = \Delta Z \times f's + \Delta T \times bs$

δ ：钢筋应力

ΔZ ：电阻比变化值

$f's$ ：修正灵敏度

bs ：温度补偿值

ΔT ：温度变化

(2)应变计： $\Sigma_m = \Delta Z \times f + \Delta T \times b$

Σ_m ：应变实值

ΔZ ：电阻比变化值

f ：仪器灵敏度

ΔT ：温度变化值

b ：温度补偿系数

(3)温度计： $T = a \times \Delta R$

a ：温度灵敏度

$\Delta R = (R - R_0)$ ， R 为实测电阻值， R_0 为电阻基值

(4)测缝计： $J = \Delta Z \times f'$

f' ：修正灵敏度

$\Delta Z = Z - Z_b$ ， Z 为实测电阻比， Z_b 为基础电阻比

根据计算结果绘制以下曲线：

测缝开合度过程线，钢筋计应力过程线，码温度过程线，应变实值过程线，码温度与气温关系过程线，裂缝开合度与气温关系线，裂缝开合度与库水位关



系线，钢筋应力与库水位关系线，砼应力与库水位关系线。

6.精度要求及注意事项

(1)精度要求：温度变化取 0.1 摄氏度，电阻比取 0.0001，应力取 1 千克/平方厘米，应变取 1 毫米，测缝宽取 0.01 毫米。

(2)比例电桥应定期率定，除平常用率定器率定外，每年应将比例电桥与电桥率定器一同送厂家率定一次，为了不中断测量，一般应备置比例电桥二台。

(3)电压显示低于 11V 时及时充电，充电时严禁开机，否则可能损坏仪表。充电完成后，若要开机必须先拔去“PWR”处的插头。

(4)仪表工作时的出错信号：

ER0：仪表没有接传感器或传感器不通；

ER15：仪表校准数据丢失，需重新校准；

ER16：内存数据读完。

(5)仪表的保管：使用比例电桥时应轻拿轻放，安放平稳，用毕保管在干燥清洁无腐蚀性气体且无剧烈振动的地方；仪表长时间不使用，应定期 1~2 月充电一次，5 小时左右；严禁用兆欧表测各接线柱绝缘电阻，以免击穿集成电路。

第4章 自动化监测系统

密云水库工程自动化监测主要有3个监测系统：渗流监测、图像监控和变形监测；2个服务系统：通信系统、网络系统。

4.1 主要监测系统

4.1.1 大坝渗流监测系统

4.1.1.1 建设历程

1998年中国与加拿大政府合作《中国大坝安全监测和管理工程》项目，选择在密云水库白河主坝、潮河主坝和第一溢洪道等3座水工建筑物建设5个渗流自动采集监测站，建立了一个监测中心和一个分中心。

2003年2月~2005年5月，在一期的基础上拓展建设二期大坝渗流监测系统（2002年自动化部分），实现了对北白岩副坝、走马庄副坝、西施骆驼副坝、南石骆驼副坝、九松山副坝、第二溢洪道和第三溢洪道的测压管水位的监测。由于系统建设初期没能做好避雷措施，导致大部分设备遭受雷击损坏，系统无法正常运行。

2007年，在MCU房加装了防雷设施。

2010年5月~9月，由南京南瑞公司进行施工，对南石骆驼副坝各监测站点渗流设备进行改造。

2011年7月~10月对潮河主坝、2012年2月~8月南京南瑞公司对白河主坝、北白岩副坝、走马庄副坝、西石骆驼副坝、九松山副坝、第一溢洪道、第二溢洪道和第三溢洪道等处进行渗流监测设备改造并升级系统软件。

2016年3月~10月，北京金惠利科技有限公司对通信线路进行更新改造。



2019年3月~11月，由北京万邦拓源科技有限公司对系统设备进行全部更新改造。

4.1.1.2 系统组成

大坝渗流监测系统共有1个中心站、12个前端采集端站、230个监测站点。中心站在白河办公楼一层通信机房，12个端站分别在水库大坝的MUC房或闸室内，230个监测站点分别在230个测压管井内。

4.1.1.3 系统功能

根据工作需要，可以进行定时（或不定时）数据采集和强制数据采集。

主要实现对密云水库2座主坝、5座副坝以及3座溢洪道进行渗流自动监测和管理，包括资源浏览、数据采集、数据查询、数据管理、监测报表、文档管理、图形组态、综合查询、监测报警、系统维护、离线分析和综合评估、重点部位监测12个模块。

4.1.1.4 设备情况

大坝渗流监测系统由采集模块、渗压计、气压计、信号转换模块、串口服务器、采集服务器和采集软件组成。

4.1.2 图像监控系统

4.1.2.1 建设情况

2001年10月，北京市发展和改革委员会批准密云水库自动化系统（简称02自动化）建设，密云水库图像监控系统是其中一个子系统，2004年建成投入使用，2007年，由于系统设备老化，系统故障率增多，引入社会化服务单位对系统进行维护。目前，系统运行较为稳定。

4.1.2.2 系统组成

图像监控系统包含 1 个中心站（处办公楼安防监控室），1 个图像接收汇总站（处办公楼通信机房），21 个前端图像监控点。

21 个图像监控点包括：小西库挡水闸、白河电厂、北白岩副坝、白河主坝左岸、白河主坝右岸、走马庄副坝、西石骆驼副坝、荞麦峪防火塔、南石骆驼副坝、九松山副坝、九松山防火塔、水九进口、潮河主坝左岸、潮河主坝右岸、潮河输水洞出口、潮河人防洞出口、第一溢洪道、第二溢洪道、第三溢洪道、下会水文站、张家坟水文站。安装有 23 套监控设备（九松山副坝、水九进口各两套设备）。

4.1.2.3 系统功能

利用摄像机采集监控区域内图像信息，通过光纤传输至中心站，实时监测主要水工建筑物和防火塔的运行状况；中心站通过键盘对摄像机进行控制，通过硬盘录像机对前端采集的视频信息进行存储（最长存储 90 天）、查询和备份，为密云水库管理处、溪翁庄镇派出所、密云水库联合执法大队的安全管理提供视频资料。

4.2 服务系统

4.2.1 通信系统

4.2.1.1 建设情况

2001 年 10 月北京市发展和改革委员会批准密云水库自动化系统（简称 02 自动化）建设，密云水库通信系统是其中一个子系统，2004 年建成投入使用，2007 年，由于系统设备老化，系统故障率增多，引入社会化服务单位对系统进行维护，目前系统运行正常。



4.2.1.2 系统功能

通信系统为大坝渗流监测系统、图像监控系统、计算机网络系统和办公电话等业务系统提供高效信息传输通道，主要负责传输数据、图像、电话和计算机网络信息。

4.2.1.3 系统组成

通信系统由一个中心站（白河办公楼）、一个分中心（潮河办公楼）、20个外围站组成。

中心与分中心之间通过 OTN 平台和光缆连接，中心和白河通信站点、分中心和潮河通信站点通过光缆连接。通信站均设在相关业务系统的监测站内。白河地区有 11 个通信站，包括：后山中继站、小西库挡水闸、白河电厂、北白岩副坝、白河主坝左岸、白河主坝右岸、白河输水隧洞、走马庄副坝、西石骆驼副坝、荞麦峪防火塔、南石骆驼副坝；潮河地区有 9 个通信站，包括：九松山副坝、九松山防火塔、水九进口、潮河主坝左岸、潮河主坝右岸、潮河输水洞出口、第一溢洪道、第二溢洪道、第三溢洪道。

4.2.1.4 光缆租用

在多年的运行过程中，通信光缆多次被其他单位施工损坏，虽然经过维修，系统能恢复使用，但随着时间的推移，光缆的衰减逐渐增大，影响系统的正常运行，且原设计光缆芯数无法满足不断增加的业务需求。因此，自 2019 年起，我处开始租用中国联通的光缆进行数据、图像传输。

4.2.2 网络系统

4.2.2.1 建设历程

2001 年 10 月北京市发展和改革委员会批准密云水库自动化系统（简称 02 自动化）建设，网络系统是其中的一个子系统，2004 年 5 月建设完成。共建设

网络设备 5 台，其中核心交换机 1 台、楼层交换机 3 台，路由器 1 台。办公楼综合布线采用星型拓扑结构，安装 617 个信息点。根据办公楼特点，交换机房设于二层，布放 2 台 2 米机柜，二层东北角设交换分机房，放置 1 台 2 米机柜。网络专线共有两条，一条为 2M 防汛专线作为报汛专用线路，另一条为 8M 微波专线满足日常办公连接互联网的需求。

因业务需要，网络系统局域网覆盖范围逐年扩大，增加了楼层交换机和防火墙。

2009 年网络设备增加至 15 台，其中核心交换机 1 台、楼层交换机 11 台、路由器 2 台，防火墙 1 台。设交换机房、东交换机房、车队机房、工会机房、医院机房、潮河机房、宾馆机房共 7 个。网络专线带宽不变。

2010 年将单核心拓扑改为双核心热备拓扑，增加了 1 台核心交换机，避免了因单核心故障造成网络的瘫痪，提高了网络的稳定性和冗余性。

2012 年 5 月，市防办所辖怀柔至密云段微波信号传输衰减严重，导致微波网络丢包率增大，时断时续，微波网络停止作为互联网接入使用，仅用于向市防办传输水工建筑物监控图像使用。为满足办公需要，局信息中心增加一条由市水务局至密云水库的 4M 专线，并将原 2M 防汛专线带宽提高到 4M。

2013 年对网络系统进行改造。第一，增加专线接入，满足互联网带宽需求。第二，实现内网访问和互联网访问数据分立，最大程度提升防汛专线有效利用率，保证通信质量。第三，管理处内部局域网优化，减少网络层级，提高内网交换效率，重新规划 IP 地址段使用规则，划分 VLAN，增加 2 台汇聚交换机。第四，提升网络安全性，完成互联网与内网的边界防护，增加了 3 台安全设备。改造后的网络系统共有网络设备 30 台，包括核心交换机 2 台，路由器 5 台，汇聚交换机 2 台，楼层交换机 18 台，防火墙 1 台，瑞星防毒墙 1 台，安全网关 1 台，深信服行为管理 1 台。网络专线变为 1 条 15M 互联网专线，2 条 4M 局专线。

2013 年以后，因为网络的发展和业务的需要，又增加了网络带宽和部分网络设备。



4.2.2.2 系统功能

网络系统为密云水库自动化系统中各个业务系统的工作数据和图像信息提供网络基础，实现管理处内部、管理处与局信息中心之间的网络互联。

4.2.2.3 系统现状

现在，网络设备共 37 台，其中核心交换机 2 台，汇聚、接入交换机 27 台，路由器 5 台，防火墙 1 台，安全设备 2 台。互联网带宽由 15M 提高至 40M，2 条 4M 局专线带宽提高至 8M。

4.3 变形监测系统

该系统于 2014 年 10 月 8 日开工，2015 年 7 月完工，2015 年 7 月 24 日通过初步验收，2015 年 11 月 12 日通过最终验收。监测项目为潮河主坝和白河主坝表面变形监测，分为垂直位移和水平位移监测。测次：坝体表面水平变形 1 次/天，坝体表面垂直变形 3 次/天。测量精度为水平变形精度 ± 3 毫米，垂直变形精度 ± 1 毫米。

项目采用 GPS 法进行坝体表面水平位移的监测，采用水准测量进行坝体垂直位移的监测。主要设备有 GPS56 套、静力水准仪 178 套、现场主控单元 30 套以及相应配套工程。

坝体水平位移监测网点分布情况：白河主坝上布设 3 个纵断面、9 个横断面，坝体上游左右岸各 1 个监测点，共 29 个 GPS 监测点，坝体下游左右岸各布置 1 个 GPS 基站；潮河主坝上布设 3 个纵断面、7 个横断面，坝体上游左右岸上各布设 1 个监测点，共 23 个 GPS 监测点，坝体下游左右岸各布置 1 个 GPS 基站。坝体垂直位移监测网点分布情况：白河主坝上布设 5 个纵断面、9 个横断面，横断面监测点间距 50~100 米，局部点间距为 125 米，表面垂直位移监测点共 44 个，基准点 10 个；潮河主坝上布设 5 个纵断面、7 个横断面，监测点间距 50~100 米，表面垂直位移监测点共 35 个，基准点 10 个。

监控中心实现对各现场主控单元管理、数据库存储、监测数据的分析、监测成果报表输出、预警模型的管理、预警信息的发布等功能；现场主控单元是现场传感器的管理中心，完成静力水准仪的供电、数据采集、预处理、暂存、发送等，并可接收监控中心指令；GPS 测量子系统由一至两个基准站和多个测量站组成，通过接收 GPS 卫星星历解算出测量站在三维空间内的坐标变化，用于大坝表面测点变形监测。

附录

附录一 密云水库工程大事记

1958 年

6 月，国务院做出修建密云水库的决定。

1958 年 9 月 1 日，密云水库动工兴建。1959 年 8 月胜利拦洪。1960 年 9 月 1 日基本建成并投入使用。

1960 年

8 月～11 月，密云水库调节池修建完成。

11 月，调节池投入使用后，渗漏严重，主坝下游局部有集中渗漏，东副坝河床段下游有管涌现象，上游铺盖穿孔 11 处。

1963 年

3 月～6 月，对潮河输水隧洞分叉渐变段进行了加固。

10 月，对北白岩副坝左坝头进行了帷幕灌浆。

12 月 30 日，配合白河电站五号机试运转时，将白河发电隧洞进口闸门第五节拉杆拉断，后进行了补强处理。

1964 年

年初，第一溢洪道弧形门支承牛腿加固。

8 月 30 日，发现走马庄副坝 II 号坝坝顶出现裂缝，9 月 2 日发现上游坝坡的块石护坡有架空及明显的沉陷、局部隆起变形。1965 年 5 月～7 月进行加固处理。



10月26日，走马庄副坝Ⅲ号坝坝顶发现一条纵深裂缝，原因为灌浆压力控制不当引起，当即停止灌浆，裂缝未再发展，未进行处理。

经水电部决定，将密云电厂Ⅰ、Ⅱ机坑改装2台抽水蓄能机组。1973年11月第一台抽水蓄能机组投入运行，1974年第二台抽水蓄能机组投入运行。

1965年

1月26日，发现南石骆驼副坝坝下廊道塔架受不平衡冰压力，结构遭破坏，随即拆除塔架，改在坝坡上设置轨道，以手摇卷扬机启闭闸门。

1月26日，库水位首次达到147米，走马庄副坝Ⅱ号坝段坝体浸水，坝顶产生一条和坝轴线平行的长30米、深5米的裂缝。1965年5月~7月，对Ⅱ号坝段产生裂缝的部位进行换料、预浸处理。

3月~7月，对南石骆驼副坝坝基进行了防渗加固。

4月，调节池工程第一次改建开工，1967年12月完工。改建后的调节池包括主坝西段、西副坝、中堤、泄水闸和进水闸。工程设计总投资92.4万元。

5月，北白岩副坝进行了补充地质勘探和第二期帷幕灌浆。

1965年~1966年6月，增建潮河输水隧洞事故闸门及闸门井，2004年废弃。

1966年

6月18日~11月12日，南石骆驼副坝进行坝基灌浆。

7月17日，北白岩副坝进行左岸山头灌浆，1967年5月完工。

11月，西石骆驼副坝坝脚下游埋设直径0.5米、长300米混凝土排水暗管。

1967年

1月~3月底，走马庄副坝Ⅲ号坝坝顶灌浆。

4月~11月，白河主坝右坝头岩石灌浆。

6月9日，发现白河发电隧洞进口检修门有一条水平裂缝。事后进行了加固并改进了操作方式。

12月，调节池工程第二次改建开工，1969年9月竣工。改建后的调节池包括反渠、东堤、中堤、西堤、南堤、东堤泄水管道、西库北堤及挡水闸、泄水闸、进水闸。工程设计总投资1150万元。

1968年

9月，密云水库电站尾水渠全部用混凝土衬砌。

1971年

7月，调节池试蓄水，发现老渠堤严重漏水，西堤铁路桥两侧塌坑，遂进行了第一次加固。

7月22日，为配合白河电站三号机作抽水试验，在开启进口闸门时拉杆被拉断。后更换一套新件。

1972年

潮河主坝南坝头上游拐弯段重新做浆砌石护坡。

九松山副坝I号垭口上游坡重新做浆砌石护坡。

1973年

汛期，调节池试蓄水，当水位蓄至高程93.5米时发现多处漏水，又进行了局部加固。1974年全部完成。

9月27日，走马庄副坝II号坝坝顶再次发生裂缝，未专门处理。

11月9日~10日，遇7级西北风，潮河主坝上游坝坡及右坝头公路有不同程度的破坏，随即进行了维修。

12月，第一溢洪道维修加固开工，1974年6月竣工，工程总投资104万元。

1974年

1月，走马庄副坝增建一条40米长的丁字形排水洞，通过观察，地下水位略有下降，但不甚显著。



4月~10月，北白岩副坝增建混凝土防渗墙，基岩进行灌浆。总投资36.36万元。

8月，走马庄副坝Ⅳ号坝维修加固开工，采取拱盖压坡，1975年7月竣工，工程总投资70万元。

走马庄隧洞出口闸室边墩垂直裂缝处理。

走马庄副坝Ⅰ号坝上游坝脚做浆砌石挡土墙。

1975年

1月，第二溢洪道维修加固开工，1976年7月竣工，工程由清华大学水利工程系设计，总投资41.57万元。

7月，走马庄副坝Ⅱ、Ⅲ号坝抗震加固开工，1977年11月竣工，总投资131.08万元。

9月，潮河主坝北坝段粉细砂层处理开工，1976年7月竣工。设计总造价88.07万元。

12月，南石骆驼副坝右岸台地增建防渗齿槽工程开工。1976年汛前竣工。

12月，南石骆驼副坝抗震加固开工，1977年5月竣工，工程总投资78.76万元。

第一溢洪道闸墩裂缝处理。

潮河电站增设一台容量3000千瓦机组，1976年11月投入运行。

1976年

4月，西石骆驼副坝上游坝脚增设混凝土防渗齿槽，1977年汛前完工，工程总投资6.38万元。

6月，增建第三溢洪道工程开工。7月28日，唐山地震发生后，工程暂停，1978年继续施工，1983年汛前完工，工程总投资2474万元。

7月28日凌晨，唐山丰南发生7.8级强烈地震，波及密云水库，白河主坝上游保护层发生滑坡。

8月12日，为把潮河库区的存水引入京密引水渠，向北京供水，抢修金沟

围堰，修建恒河涵闸。

8月，增建白河泄空隧洞工程开工，1977年6月竣工，工程总投资795万元。

11月10日，北京市水利工程总队打通白河廊道。

12月6日，白河主坝抗震加固工程开工，1977年11月竣工，总投资0.5亿元。

1977年

3月中旬，白河发电隧洞进口改建，工程由北京市水利工程总队、密云民兵三个民兵连承担，1978年8月16日竣工，工程总投资27.5万元。

6月，将原来担任地区供水任务的白河廊道完全封堵废弃，由白河泄水支洞引水，供地区使用。

6月，增建潮河泄空隧洞工程开工。隧洞在水库蓄水的情况下开挖，由水电部第十三工程局设计，水电部第二工程局施工，1980年7月竣工，工程总投资663万元。

11月，走马庄副坝Ⅲ号坝上游坝坡抗震加固开工，1978年4月竣工，工程总投资432.44万元。

1978年

1月，白河泄水支洞改建开工，将工作门后的隧洞底板抬高1.3米，洞底两侧各埋设Φ500毫米、Φ700毫米铸铁管道一条，两管道与原有供水网络相接。1979年6月竣工。

4月，对北白岩副坝右岸桩号0+060~0+160米及左岸自原帷幕向下游延伸进行灌浆。1979年汛前完工。

5月，九松山副坝抗震加固开工，1979年8月竣工，工程总投资118.91万元。

6月，增建潮河人防隧洞工程开工。隧洞由水电部北京勘测设计院设计，水电部第二工程局施工。1985年竣工，工程总投资2484万元。



1981 年

3 月，对调节池泄水闸两侧坝头的塌坑开挖检查及回填加固，1982 年 6 月完工。

1983 年

8 月 10 日~8 月 26 日，走马庄副坝 II 号坝修建量水堰。

1986 年

3 月 19 日~6 月 2 日，走马庄副坝 I 号坝下游干砌石坝坡翻修及 II、III 号坝之间上游坡山包护坡。

5 月 12 日~7 月 25 日，南石骆驼副坝下游排水沟挡水墙修建，长 5839.4 米。

7 月 5 日~11 月 20 日，白河主坝下游坡翻修。

1987 年

3 月 12 日~5 月 30 日，调节池东堤修建一条 $\Phi 700$ 毫米管道，供果园浇水。

4 月，调节池泄水闸交通桥原枕木部分拆除，改为混凝土桥。

11 月 3 日，走马庄隧洞进口充水门钢丝绳在向下游供冬灌水时拉断，随即进行了更换。

1988 年

1 月 27 日凌晨，白河泄水支洞 $\Phi 700$ 毫米供水管道下游侧阀门冻裂，随即进行了更换。

6 月~7 月，潮河主坝增设一个量水堰。

1989 年

4 月~5 月，第一溢洪道桥面加厚 12~15 厘米。

1992 年

10月，增建水源九厂二期引水隧洞工程开工，该工程由北京市水利设计院和清华大学水利系设计，由北京市第二水利工程处、北运河安装队、北京市水利基础处理总队、延庆县水利局、铁十六局一处和铁三局四处施工，1995年5月竣工，工程总投资6800万元。

1993年

5月24日，在向下游农田灌溉供水时，走马庄隧洞进口充水门钢丝绳时隔六年再一次拉断，随即进行了更换。

1994年

8月16日，密云水库首次达到建库以来最高水位153.02米，且水位在继续上涨，为确保水库在高水位运行下的安全，清华大学水利水电工程系受原北京市水利局委托，对水库进行了一周的紧急安全检查，提出七项影响工程安全的重大问题，1995年以后陆续进行了加固。

9月16日，密云水库达到历史最高水位153.98米，相应蓄水量为33.58亿立方米。

10月~12月，对走马庄副坝Ⅰ号坝上游做了抛石护坡。

1995年

1995年~1996年，实施第三溢洪道检修叠梁配套工程。

(1) 5月29日~6月23日，北京市水利工程安装处完成四根丁型叠梁共计17.36吨的制安，投资32.3万元。

(2) 7月~9月，由河南省新乡市中原起重机械总厂完成一台移动式吊车（与第二溢洪道吊车相同）的制安，投资31.4万元。

(3) 1996年进行的工程：

对检修门启闭机钢轨进行修整，投资5.1万元；检修门洞口铁篦子防腐工程，投资7万元；原有叠梁防腐面积1190平方米，投资31.2万元；新建叠梁存放库，投资17.7万元。



6月5日~7月29日,再次对走马庄副坝上游抛石加固,将下游原坝坡放缓。

7月~8月,在白河泄空隧洞闸门原有的 $\Phi 150$ 毫米阀门处接出一套970米的管道,作为白河发电隧洞检修时的备用水源,与白河地区生活用水管网连接。工程由清华大学设计,管理处行政科施工,总投资47万元。

7月20日~11月29日,走马庄隧洞进口检修闸门充水门改造。工程总投资42.8万元。

11月30日,走马庄隧洞做充水门平压试验时,发生充水门拉杆断裂事故。1996年3月25日~5月20日进行处理。

北京市政府、原北京市水利局委托清华大学水利水电工程系对密云水库进行了首次安全检查。历时一年半,共编写专题报告四十余本。

1997年

3月21日~12月21日,第三溢洪道闸门防腐,由原北京市水利局北运河管理处施工,工程总投资108万元。

7月,走马庄副坝II、IV号坝加固开工,1998年5月竣工。

调节池南堤护坡工程,工程总投资7万元,由白河所施工完成。

1998年

1月~11月,同加拿大政府合作,对密云水库白河主坝、潮河主坝、第一溢洪道的渗流监测设备以及白河出库雨量计、潮河和白河库水位计进行了遥测改造,加方提供设备,中方提供配套资金240万元。

8月,潮河主坝及几座副坝安全加固工程开工,工程包括对潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝II号坝、走马庄副坝IV号坝、西石骆驼副坝、南石骆驼副坝、北白岩副坝的坝体上游护坡进行稳定性加固,西石骆驼副坝下游坡稳定性加固,以及北白岩副坝在70年代构筑部分防渗墙的基础上续构砼防渗墙。2001年8月竣工,工程总投资4.0865亿元。

1999 年

4 月 4 日~5 月 17 日,实施潮河人防隧洞出口闸门防腐、水封更换工程。工程投资 18 万元。

10 月 23 日~12 月 18 日,实施潮河输水隧洞进口、事故井闸门防腐、水封更换工程。两项总投资 28 万元。

2000 年

2 月,潮河泄空隧洞除险加固工程开工。2002 年 8 月竣工。

7 月 13 日,内湖二号坝过水涵闸改造工程开工,2001 年 3 月 29 日竣工并通过验收,工程投资为 100 万元。

8 月 5 日~11 月 7 日,白河地区 $\Phi 700$ 毫米供水管道改造工程完工,工程总投资 43 万元。

9 月 15 日~11 月 10 日,潮河输水隧洞通气孔防腐工程完工,工程总投资 45 万元。

10 月 10 日,白河泄空隧洞加固开工,工程由北京水利水电安装公司负责施工,2001 年 12 月 12 日竣工,工程总投资 216.27 万元。

2001 年

2 月 15 日,第三溢洪道加固改造工程开工。该工程设计单位为天津水利勘测设计研究院和中国水利水电建设工程咨询渤海公司,施工单位为水电二局北京水利水电安装公司。2003 年 8 月 31 日竣工,工程总投资 436.66 万元。

2 月,第二溢洪道弧形工作闸门更新工程开工,施工单位为中国水利水电第二工程局,2004 年完成。

3 月 18 日~11 月 18 日,完成南石骆驼坝下廊道进出水口改造工程。施工单位为北京通成达水务建设有限公司,总投资 227.10 万元。

11 月 20 日~12 月 20 日,经北京市政府批准,对第九水厂引水隧洞进行了全面的停水检修。12 月 27 日恢复供水。



完成了穆家峪万亩节水工程主管路与第九水厂引水隧洞预留口对接工程。工程由穆家峪镇世行节水灌溉项目办公室委托密云水库管理处组织落实施工，总造价 26 万元。

2002 年

4 月 3 日~5 月 25 日，完成了第九水厂引水隧洞进出水口配电改造工程。由北京市水利建筑工程处电器安装队施工，总投资 32.11 万元。

5 月 24 日，密云水库潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝（高程 138.5~143.0 米）坝前抛石体护砌工程开工，2003 年 2 月 20 日竣工。

2003 年

2003 年 2 月至 2005 年 5 月，在一期的基础上拓展建设二期大坝渗流监测系统（02 自动化的一个子系统），实现了对北白岩副坝、走马庄副坝、西石骆驼副坝、南石骆驼副坝、九松山副坝、第二溢洪道和第三溢洪道的测压管水位的监测。由于系统建设初期没能做好避雷措施，导致大部分设备雷击故障，系统无法正常运行。

6 月 20 日，密云水库调节池防护网工程开工，8 月 10 日完成主体工程，9 月 20 日工程全部完工，11 月 6 日通过竣工验收。共完成防护网 9451 米，工程总投资 271.58 万元。

8 月 20 日，第九水厂引水隧洞岩塞口洞脸保护工程开工。由北京市水利规划设计研究院设计，北京水利水电工程安装公司施工，2004 年 5 月 31 日竣工，总投资 140 万元。

9 月 1 日，密云水库潮河主坝、九松山副坝、走马庄副坝（高程 132.0~138.5 米）坝前抛石体护砌工程开工，工程于 11 月 30 日完工。

9 月，密云水库输泄水建筑物除险工程开工，北京市水利规划设计研究院设计，北京市京水建设工程有限责任公司和北京市通成达水务建设有限公司施工，工程包括第一溢洪道交通桥面防渗、测压管处理、混凝土修复，第二溢洪道闸门启闭机及闸室更新、混凝土建筑物修补，潮河输水隧洞进口改建、更换进出口闸门启闭机、废弃事故井闸门等。2004 年 9 月 25 日竣工。

2004 年

4 月份，调节池水位井修复工程完工。调节池水位自动监测设施及水位监测井房在 2003 年 7 月 18 日因雷击损坏。

5 月 20 日~7 月 30 日，实施密云水库三孔桥修复工程。

2005 年

3 月 30 日，潮河输水隧洞出口液压启闭机左侧机座一个螺栓发生断裂导致启闭机发生倾斜。随后将设备运回原厂进行了修复。

6 月~12 月，实施密云水库第一溢洪道闸门防腐工程，工程总投资 85.13 万元。

11 月 21 日，调节池泄洪闸、小西库挡水闸闸门防腐工程完工，12 月 12 日通过验收。

2006 年

1 月 17 日~26 日，实施潮河泄空隧洞出口监控系统工程。

4 月 1 日~7 月 9 日，实施第九水厂引水隧洞进出口闸室修缮改造工程。

5 月 16 日~26 日，实施调节池泄洪闸西侧南堤防渗维修工程。

6 月 20 日~8 月 20 日，实施潮河人防隧洞出口溢流面修补工程。

8 月 21 日~12 月 31 日，实施密云水库白河主坝下游坝坡修整工程。次年 4 月 13 日，竣工验收。施工单位为北京通成达水务建设有限公司。工程总投资 238.8 万元。

8 月 25 日~10 月 10 日，实施测压管管口保护设施改造工程。该工程由中国水利水电第二工程局金属结构厂承揽，总计改造测压管保护设施 124 套。

12 月 29 日，白河泄水支洞 $\Phi 500$ 毫米供水管道下游侧闸阀法兰内侧出现环状裂缝造成闸室大量漏水，2007 年 1 月 5 日修复。

2007 年



4月1日,密云水库内湖水质改善工程开工。工程内容是在密云水库内湖三号坝处建设水质净化工程,施工单位为北京市水利科学研究所。11月20日,工程通过竣工验收。工程总投资612.54万元。

5月20日~6月30日,实施第三溢洪道检修闸门改造工程。施工单位为中国水利水电第二工程局,工程总投资4.9万元。

6月7日,调节池引水期间泄洪闸下游消力池排水管再次发生出水现象,在南堤上游侧混凝土面板上做探坑开挖试验,经勘查未发现渗漏通道。

12月10日~20日,进行白河发电隧洞流量计安装和隧洞检修工作。施工单位为青岛清方华瑞电气自动化有限公司。

2007年,在MCU房(前端站点)增建了防雷设施。

2008年

1月27日,发现走马庄隧洞出口闸门漏水,4月更新进口闸门水封后,漏量已达到允许范围。

5月4日,密云水库第九水厂引水隧洞进口围隔工程开工,6月4日竣工。

7月30日,密云水库水工建筑物防雷工程开工,施工单位为中国华云技术开发有限公司,8月30日竣工。

7月22日,密云水库桥梁检测项目开始实施,北京瑞通路桥工程试验有限公司对水库所属15座桥梁进行检测,8月22日检测完成并出具检测报告。

9月24日,密云水库测压管淤堵处理工程开工,处理问题测压管34个,10月24日竣工。

10月4日,调节池泄洪闸交通桥改造工程开工,12月31日竣工。

2009年

4月21日,密云水库闸门启闭机安全检测项目开始实施,检测单位为水利部水工金属结构安全监测中心,对43台启闭机、41扇闸门、2扇拦污栅进行安全检测,6月完成密云水库金属结构安全检测报告。工程总投资57.5万元。

2010年5月~9月,由南京南瑞公司进行施工,对南石骆驼副坝各监测站

点进行改造。

5月6日，潮河人防隧洞充水平压，准备对进口闸门进行检测时，发现出口闸门水封漏水，漏量为0.029立方米/秒，之后，对出口闸门水封进行了更换。工程总投资4.24万元。

5月18日，实施第九水厂引水隧洞停水检修工程，完成工作项目有：洞线检查、洞身清洗、洞身砼和钢管段检测、洞口水下清淤、洞身混凝土裂缝及出水点的处理、钢管段内表面防腐、洞身析出物分析、支洞出口工作闸门和检修闸门防腐、支洞出口洞脸护砌、消力池清淤、浇筑混凝土路面、进口检修闸门防腐等。6月29日完成洞内检修工作，正式恢复供水，7月28日完成洞外检修工程。工程总投资280.5万元。

6月，水利工程岁修维护工作开始实施代维护管理模式，分别委托北京云电电气有限公司、北京丰水源建筑技术有限责任公司、北京质诚捷讯水利工程有限公司实施电气设备、白河枢纽水利工程、潮河枢纽水利工程代维护工作。截至年底共完成了白河地区变压器更新、潮河10千伏架空线路25#杆更换等34项岁修维护工程。工程总投资114.27万元。

8月26日~9月10日，在潮河主坝和九松山副坝进行上游坝坡勾缝实验。实验面积为1200平方米。10月~11月，对潮河主坝、北白岩副坝、走马庄副坝、西石骆驼副坝、南石骆驼副坝、九松山副坝上游坝坡137.0米高程以上干砌块石部分坝坡进行豆石混凝土灌缝，面积共计10.63万平方米。工程总投资334.44万元。

10月~12月，完成潮河人防隧洞进口检修闸门、白河泄水支洞出口工作闸门金属结构防腐处理。工程总投资31.98万元。

2010年

4月，委托北京丰水源建筑技术有限责任公司、北京质诚捷讯水利工程有限公司分别负责白河及潮河枢纽水利工程代维工作，截至年底共完成白河主坝西山观测路修整、10座闸室粉刷修缮、九松山副坝翻坡修复等50项岁修工程。总投资144.91万元。



5月7日,为深入研究南石骆驼副坝下游坡滑坡问题,对其下游坡进行探坑勘察,分别在桩号0+440和0+484,高程153.0米处挖掘3米×3米探坑两处,并委托北京市水利科学研究所取样试验。根据现场勘察及取样分析结果,北京市水利规划设计研究院提出了初步设计改造方案。

6月,实施第九水厂引水隧洞停水检修的后续工程,完成出口弧门更新,工程总投资19.76万元。

6月,委托河南省中原矿山设备有限公司对第九水厂引水隧洞进口、第二溢洪道、第三溢洪道、潮河输水隧洞进口等四处共计6台电葫芦和一台天车进行安全鉴定和注册登记,总投资4万元。

6月22日,委托河南长兴设备防护有限公司负责密云水库机闸岁修工作,截至年底共完成第二溢洪道移动式启闭机更新、潮河输水隧洞进口检修门开式齿轮副及减速器更换、8台启闭机防腐、9台启闭机钢丝绳更新等12项工程,总投资141.08万元。

8月~11月,委托中国水利水电科学研究院对白河发电隧洞及白河泄空隧洞进行安全检测,检测内容分为一般检查、专项检测和复核计算分析,工程总投资34.76万元。

9月~12月,委托北京云电电气有限责任公司对潮河35KV变电站大北坝支线T接进行改造,工程在原有T接处建铁塔一座,并更新原架空线路,总投资26.58万元。

2011年

3月10日,密云水库库区地形图测量及库容曲线修正工程通过竣工验收。该项目于2005年5月管理处委托河北省第二测绘院进行实施,2006年10月完成并通过初步验收,工程总投资198.347万元。

5月,对北白岩副坝下游地袱石以下3米内护坡进行翻修,此处护坡受雨水冲刷部分塌陷、缺失,本次翻修共完成干砌石翻坡330平方米,工程总投资5.37万元。

5月~6月,委托北京质诚捷讯水利工程有限公司承担潮河主坝上游翻坡

工程。2010 年~2011 年冬季，潮河主坝上游坝坡发生严重冰胀破坏，桩号 0+300~0+1000 米，高程 136.0-137.2 米范围内的护坡块石及部分保护层级配砂粒料因大库冰盖挤压造成隆起变形，本次翻坡共完成干砌石翻坡 2500 平方米，工程总投资 41.23 万元。

6 月~8 月，委托河南长兴建设集团有限公司承担潮河泄空隧洞进口工作闸门的防腐工作，防腐工艺为人工除锈、喷涂二道环氧云铁底漆、二道丙烯酸聚氨酯面漆。施工准备过程中发现闸门在悬停状态下启闭力不足无法起升，随后更换了变频器，问题得以解决。该工程总投资 19.65 万元。

7 月~12 月，完成密云水库白河主坝西侧山体削坡工程除绿化部分的所有施工。工程总投资 315.89 万元，由北京禹冰水利勘测规划设计有限公司设计，北京首发工程监理有限公司监理，北京金河水务建设有限公司施工完成。

8 月 4 日，调节池泄洪闸公路桥自改建后经 2 年试运行，工程质量合格，运行正常，顺利通过竣工验收，工程总投资 228 万元。

8 月 30 日~9 月 30 日，对走马庄副坝锈蚀严重的护网全部进行更换，共计 720 米，总投资 18.15 万元，由河南长兴建设集团有限公司施工完成。

8 月~12 月，对密云水库纪念碑进行翻建。工程总投资 198.65 万元，由国都建设（集团）有限公司设计，北京首发工程监理有限公司监理，北京金河水务建设有限公司进行施工。10 月 8 日，在白河主坝纪念碑原址举行密云水库纪念碑翻建工程奠基仪式。

9 月，潮河 35KV 变电站变压器因老化损坏进行更新，变压器厂家为北京密云华鑫水电技术开发总公司，工程总投资 14.43 万元。

9 月 27 日~10 月 28 日，更换白河主坝锈蚀严重的护网，共计 1100 米。工程总投资 35.16 万元，由河南长兴建设集团有限公司施工完成。

9 月~12 月，实施张家坟水文站山体险石处理工程。工程位于张家坟水文站缆道测流断面河道左岸，总计清理松动岩石 665 立方米，安置防护网 2218 平方米。工程总投资 111.43 万元，施工单位为北京通成达水务建设有限公司。

10 月 24 日，与南京南瑞集团公司签订《密云水库水工建筑物渗流监测系统工程》合同，工程包括更换 9 个数据采集站的采集单元、渗压计及中心站软



件等。工程总投资 252.6 万元。

10 月 ~ 12 月，委托河南长兴建设集团有限公司承担第二、三溢洪道共计 11 扇工作闸门的防腐工作，防腐工艺为喷砂除锈、喷锌、喷涂二道环氧云铁底漆、二道丙烯酸聚氨酯面漆。该项目于 2011 年 9 月完成招投标工作，招标代理单位为北京隆宇达招标代理有限公司。工程总投资 319.89 万元。

2012 年

3 月，完成密云水库水利工程基本情况普查。

3 月 ~ 4 月，针对水库水工建筑物部分测压管等渗流监测设备在运行过程中出现淤堵、长期水位异常等情况，委托北京京水建设工程有限公司对存在问题的测压管进行了清淤、注水试验及新建工程，共完成测压管清淤 22 孔、注水试验 22 孔、新建 2 孔，保障了渗流监测数据的准确性和设备的正常运行。工程投资 26.97 万元。

5 月，为提高闸门启闭机手摇机构的工作效率，在第二、三溢洪道配备全环境便携式闸门启闭装置 6 台。生产厂家为北京通成达水务建设有限公司通州分公司，工程总投资 23.98 万元。

7 月 ~ 10 月，对潮河主坝，2 月 ~ 8 月对白河主坝、北白岩副坝、走马庄副坝、西石骆驼副坝、九松山副坝、第一溢洪道、第二溢洪道和第三溢洪道等处进行相同改造并升级系统软件。

9 月 ~ 12 月，委托北京密云华鑫水电技术开发总公司负责完成潮河 35 千伏变电站改造项目，该项目完成主要工程量为更换隔离刀闸 1 组、安装计算机监控系统 1 套、视频监控系统 1 套、更换避雷针 1 座、拆除新建油池 1 座、拆除新建围墙 380 平方米、硬化地面 400 平方米、配电室和监控室装修及线路改造、新建标识墙及大门。该工程设计单位为北京国电德安电力工程有限公司。工程总投资 210.57 万元。

9 月 ~ 2013 年 7 月，委托北京密云华鑫水电技术开发总公司负责完成密云水库 10 千伏高压线路更新项目，委托北京安泰华维电力工程监理有限公司对该项目实施监理，该项目共完成更换导线、电杆、变压器、控制开关、氧化锌

避雷器、保险器、防震锤等附属设施。该工程设计单位为北京广联惠供用电工程设计有限公司。工程总投资 327.75 万元。

9 月~2013 年 7 月，委托北京质诚捷讯水利工程有限公司负责完成密云水库南石骆驼下游坝坡维修改造工程项目，委托安阳市润安工程咨询监理公司对该项目实施监理，该项目设计对桩号 0+390~0+637 段坝体下游坝坡渗流出逸处贴坡式排水，即拆除现状表面块石，贴坡设置排水设施，共三层：反滤层第一层为 500 毫米厚砂层；反滤层第二层为 500 毫米厚砂砾石， $d=2\sim 50$ 毫米；在反滤层外层设置不小于 500 毫米厚表面贴坡块石排水层，坡比 1:2.75。该工程设计单位为北京市水利规划设计研究院。工程总投资 593.55 万元。

9 月，为保证水工建筑运行安全对西石骆驼副坝下游坝坡出现塌陷坝坡进行翻坡修理，采用干砌毛石翻坡，桩号 0+049-0+085 米，高程 156.8 米至 160 米，桩号 0+020-0+049，沿坝坡向下 1.5 米，翻坡总面积 637.5 平方米。施工单位为北京天惠建筑有限责任公司，工程总投资 11.86 万元。

11 月，为保证白河船队浮箱码头及配套设施安全运行，对其进行防腐施工。将三个码头进行内外喷砂除锈、修复损坏部位、更换栏杆、修复损坏彩钢房等。外表面防腐面积 1416.84 平方米，内表面防腐面积 2423.14 平方米。施工单位为河南长兴设备防护有限公司。工程总投资 96.72 万元。

2013 年

7 月，完成了对走马庄副坝 III 号坝坝顶裂缝的坑探工作，通过勘察分析原因为：坝顶雨水渗入挡墙基础后导致基础细颗粒流失沉降变形所致；坝顶水泥路因温差变化引起胀缩，导致两侧墙体受顶推倾斜；1999 年加固时保留了建坝时的挡墙基础，尺寸偏小，施工质量较差。

9 月~12 月，委托北京市水科学技术研究院负责完成密云水库第二、三溢洪道联合泄洪能力试验研究项目，该项目工程内容为：(1) 通过模型试验分别确定第二、三溢洪道单独开启时，闸门不同开度、开启不同闸孔情况下的水位泄量关系曲线；(2) 分析溢洪道前水流流态变化；分别确定第二、三溢洪道单独开启并敞泄时，泄流关系曲线，并分别验证第二、三溢洪道最大泄流量；分



析溢洪道前水流流态变化。(3) 确定第二、三溢洪道联合泄流并全部敞泄条件下泄流关系曲线,验证第二、三溢洪道联合开启时的最大泄量;研究溢洪道前水流流态变化规律,分析两个溢洪道间的影响程度。工程总投资 127.59 万元。

9 月~12 月,委托河南省东方集团防腐有限公司实施第三溢洪道工作闸门启闭机电动机、制动器更新项目,该项目共完成更换 YJZ42-8 型电动机 6 台, JZ-300 型制动器 6 台,联轴器 6 套。工程总投资 56.715 万元。

9 月~11 月,委托北京通成达水务建设有限公司负责完成第二溢洪道交通桥维修加固工程,委托安阳市润安工程咨询监理公司对该项目实施监理,工程完成主要内容包括:T 梁裂缝处理,T 梁混凝土表面碳纤维修补加固,T 梁横系梁加固,桥面人行道及栏杆维修处理,桥梁下部墩台混凝土表面防碳化处理。该项目设计单位为北京市水利规划设计研究院。工程总投资 140.45 万元。

2013 年南水北调来水调入密云水库调蓄工程中对白河发电隧洞及泄水支洞进行了加固改造。泄水支洞改造主要内容为穿两排 DN1800 钢管,洞穿长度 66.0 米(轴线长)。拆除支洞桩号支 0+054.00~支 0+120.00 段底板后期改造浇筑混凝土及埋设的钢管,铺设两排 DN1800 钢管,更换泄水支洞闸门,更新后的闸门为潜孔式弧形钢闸门,数量 1 孔,孔口尺寸 3.5 米×2.1 米。

2014 年

7 月,走马庄副坝 I 号坝上游护坡施工;II 号坝上游高程 140 米以下、IV 号坝高程 137.5 米以下勾缝翻修。

9 月~11 月,走马庄副坝坝顶原混凝土路面拆除,更换为沥青路面。

9 月至 11 月下游坝坡重新翻坡,将原有鹅卵石护坡改为干砌石护坡;同时上游坡局部勾缝。

9 月~12 月,完成第一、三溢洪道工作闸门水封更换工程,工程总投资 41 万元。

10 月~12 月,实施北京市密云水库大坝变形监测自动化系统工程。由北京市水利规划设计研究院设计,航天科工惯性技术有限公司施工,北京国研信息工程监理咨询有限公司监理。在密云水库白河主坝和潮河主坝上建立一套大

坝变形监测（垂直和水平）自动化系统，实现大坝安全监测的实时采集和分析。工程总投资 520.15 万元。

南水北调在调节池工程范围内进行施工，在池内新建 3 座丁字水坝；东堤距七孔桥南 100 米附近处，堤坡及堤顶施工挖除；东堤堤顶左侧，距离堤顶路面 0.5 米处，南水北调施工，挖一条从南闸门至七孔桥处的电缆沟，沟深 1 米左右，埋设网络光缆，铺设完成后回填完毕。

8 月～2015 年 4 月，第二溢洪道泄槽边墙防碳化处理，总面积 2091 平方米。

12 月～2016 年 7 月，在南水北调来水调入密云水库调蓄配套工程中，对走马庄隧洞进行加固，该隧洞改造包括进、出口渐变段改造，洞身加固，在原隧洞内套 DN2600 钢管，管厚 22 毫米；在桩号 0+080～0+095 段新建检修闸门井；原出口闸室改建为蝶阀井，拆除原弧形闸门，并增设 DN2600 蝶阀。

2015 年

6 月～9 月，完成走马庄副坝上游护坡翻砌工程，走马庄副坝 I 号坝上游 157.53m 高程以上护坡翻砌 343.35 平方米；走马庄副坝 II 号坝上游护坡翻砌 6004.02 平方米，工程总投资 230.09 万元。

9 月 11 日，南水北调来水调入密云水库调蓄工程投入使用，经白河发电隧洞向密云水库输水。

9 月～11 月，实施潮河枢纽金属结构维修改造工程，北京市新港永豪水务工程有限公司施工。工程主要内容为对潮河第三溢洪道检修叠梁进行除锈防腐及水封更换，对人防隧洞钢管段进行除锈、防腐，工程投资 72 万元。

9 月～12 月，实施密云水库潮河主坝右坝肩山体边坡防护工程，坡面加固采用布设防护网措施对陡峭山体表面进行防护，防护范围坡面长度 64~96 米左右，水平长度 122 米左右，坡面面积约 11146 平方米。工程总投资 189.79 万元。

9 月～12 月，实施第三溢洪道及潮河泄空隧洞出口混凝土缺陷修复工程，对第三溢洪道闸首和引渠翼墙、泄槽的底板与边墙、挑坎的底板与边墙表层混凝土进行缺陷修复和表面防碳化处理，缺陷修复面积约 6600 平方米，防碳化处理面积约 19800 平方米，伸缩缝处理约 547 米。对潮河泄空隧洞出口闸室和



消力池底板、边墙的表层混凝土进行缺陷修复和表面防碳化处理，缺陷修复面积约 659 平方米，防碳化处理面积约 1318 平方米，伸缩缝处理约 100 米。工程总投资 415.69 万元。

9 月～11 月，实施第三溢洪道移动式启闭机改造工程，对移动式启闭机和抓梁全部更新，叠梁吊耳配套改造，叠梁防腐、局部更换橡皮止水。工程总投资 67.35 万元。

10 月，完成密云水库白河泄空隧洞 ROV 水下探测工程。

10 月至年底，完成密云水库量水堰改造工程，拆除并新建潮河主坝、九松山副坝、北白岩副坝、走马庄Ⅱ副坝、走马庄Ⅲ副坝、西石骆驼副坝、南石骆驼副坝量水堰及相应管理房共 11 座，新建量水堰选用可观测渗流流量在 0.8 升/秒～32 升/秒的直角三角形量水堰形式。

11 月 4 日，对白河泄空隧洞进行检查。

11 月中旬，南水北调在调节池内工程正式完工。

11 月 7 日，委托中国水利水电科学研究院对密云水库开展大坝安全鉴定，合同工期为 2015 年 11 月 8 日至 2017 年 9 月 6 日，项目总投资 887.90 万元。

2016 年

3 月～10 月，北京金惠利科技有限公司对通信线路进行更新改造。

4 月～9 月，实施调节池堤坡修复及小西库挡水闸更新工程。修复调节池东堤坡伸缩缝 3642 米；西堤坡伸缩缝 4256 米；南堤坡伸缩缝 171 米。安装铁路桥金属栏杆 127.12 米、预制混凝土板 5.25 立方米。小西库挡水闸闸墩、闸室拆除重建，更换启闭机、闸门。工程总投资 502.93 万元。

8 月～2017 年 5 月，实施白河泄空隧洞尾水渠及交通桥维修工程，尾水渠拆除重建，对两座交通桥进行修复。工程总投资 657.14 万元。

2017 年

7 月 17 日 9 时 30 分，提起内湖二号坝涵闸闸门连通大库与内湖。

9 月～10 月，实施第一溢洪道渗漏封堵工程，通过渗漏通道的排查和渗漏

原因的初步判断，采取化学灌浆和表面柔性防渗涂料封闭的方案进行处理，对四座中墩和两座边墩渗漏问题进行封堵及混凝土缺陷处理。工程总投资 46.22 万元。

9 月 6 日，北京市水务局组织专家组对密云水库大坝安全鉴定评价报告进行了技术审查。2018 年 4 月 17 日北京市水务局印发《密云水库大坝安全鉴定报告书》。

2018 年

1 月 31 日，市水务局向市委、市政府报送《关于报请审定密云水库维修改造消隐工作方案的请示》。2 月 11 日，北京市委办文第 196 号批复《密云水库维修改造消隐工作方案》。

6 月 1 日~6 月 30 日，经潮河输水隧洞对潮河河道进行生态补水，总输水量为 397.74 万立方米。

7 月 23 日~10 月 9 日，经调节池泄洪闸对白河河道进行生态补水，总补水量 7220.01 万立方米。7 月 23 日~9 月 21 日，经潮河输水隧洞对潮河河道进行生态补水，总输水量 2443.48 万立方米。

8 月 13 日~14 日，邀请水库原设计单位、安全鉴定单位及后期加固项目设计单位的 15 位水利专家组成专家组，召开了密云水库高水位运行安全论证专家咨询会。专家组讨论形成《密云水库高水位运行安全论证专家咨询意见》。

10 月~2019 年 1 月，完成走马庄隧洞维修工程。检测并修补进水塔水下(高程 133.0 米以下)混凝土剥蚀缺陷，更换进口检修闸门启闭机及配电控制系统，修缮进口闸室。工程总投资 143.20 万元。

11 月~12 月，委托北京路桥瑞通科技发展有限公司对密云水库 15 座桥梁进行检测，工程总投资 78.28 万元。

12 月 17 日~2019 年 8 月 20 日，实施白河主坝坝下廊道封堵工程，对廊道桩号 0+095.3~0+410.0 段进行回填封堵处理。工程投资 160.60 万元。

12 月 17 日~2019 年 8 月 20 日，实施第九水厂输水隧洞进、出口变压器更新工程，更换变压器 4 台。工程投资 99.81 万元。



12月17日~2019年8月20日,针对水库水工建筑物测压管等渗流监测设备在运行过程中出现淤堵、长期水位异常等情况,委托北京金河水务建设集团有限公司对存在问题的测压管进行了清淤及注水试验,共完成测压管清淤43孔、注水试验185孔。由安徽省阜阳市聚星水利工程建设监理中心监理。工程投资103.49万元。

12月~2019年12月,实施了2018年密云水库水利工程维修项目。潮河人防隧洞检修闸门进行维修,更换滑块,检修闸门启闭机更新等;白河发电隧洞进口进行事故闸门和充水闸门启闭机更新,泄水支洞出口工作闸门仅进行启闭机更新等。

2019年

3月~11月,由北京万邦拓源科技有限公司对系统设备进行全部更新改造。

3月~12月,按照市水务局统一部署,我处完善各项标准制共102项,对工程设施、水文水资源、水质水环境、水源涵养林以及水电气暖等基础数据进行重新梳理,编制完善各种岗位职责和 workflows。

5月10日,在密云水库水库召开密云水库第一溢洪道改建工程合同签订暨开工动员会。

5月15日~5月27日,开启潮河输水隧洞出口闸门,向潮河河道进行生态补水,总补水量487.66万立方米。

7月1日,密云水库第一溢洪道改建工程进行设计交底;监理签发开工令,工程正式开工。

9月19日10时至9月28日16时30分提起调节池泄洪闸对白河河道进行生态补水,补水总量为396.15万立方米。

10月3日~24日,南水北调建管中心委托施工单位对调节池渗漏区域进行了防渗处理,主要内容为在渗漏区域铺设土工膜防渗。

11月29日,市水务局组织召开密云水库潮河主坝及几座副坝安全加固工程竣工验收会,验收委员会听取参建单位工作报告和查阅有关资料后,同意工程通过竣工验收。

附录二 图表

本次共收录图表 45 个，内容涵盖水工、机、闸、电等多个方面，时间跨度从始建、历次扩改建、维修加固到工程现状，主要包括密云水库基本情况、挡、输、泄水建筑物主要技术指标及工程量、水工建筑物开、竣工及加固日期、公路及码头工程概况、水库累计效益统计、机闸电基本情况统计等。

表 1 密云水库基本情况

建设地点		北京市密云区	设计水文特征	多年平均降水量		466mm
所在河流		潮白河		多年平均径流量		8.59 亿 m ³
集雨面积		15788km ²		多年平均输沙量		154 万吨
设计单位		清华大学水利系		设计	重现期	1000 年
施工单位		密云水库修建总指挥部			洪峰流量	16500m ³ /s
建设日期	开工	1958 年 9 月			洪水总量	30 天 56.7 亿 m ³
	竣工	1960 年 9 月		校核	重现期	10000 年
设计抗震烈度		坝溢洪道 8 度其它 7 度 (南石骆驼副坝 8.5 度)			洪峰流量	23300m ³ /s
高程基准面		大沽			洪水总量	30 天 77.7 亿 m ³
工程总投资		43900 万元		调节性能		多年调节

续表 1 水库特征值

项 目	原设计	1975 - 1990	1991 - 2005	2006 -
校核洪水位	159.5m	158.5m	158.5m	158.5m
设计洪水位	158.2m	157.5m	157.5m	157.5m
正常蓄水位	157.5m	157.5m	157.5m	157.5m
防洪限制水位	148.0m	147.0m	150.0m	152.0m
死水位	126.0m	126.0m	126.0m	126.0m
总库容	43.75 亿 m ³	41.896 亿 m ³	41.454 亿 m ³	41.454 亿 m ³
其中内湖库容	0.965 亿 m ³	0.965 亿 m ³	0.965 亿 m ³	0.965 亿 m ³
防洪库容	16.566 亿 m ³	16.701 亿 m ³	12.369 亿 m ³	9.270 亿 m ³
调洪库容	18.974 亿 m ³	18.516 亿 m ³	14.183 亿 m ³	11.084 亿 m ³
兴利库容	35.709 亿 m ³	35.709 亿 m ³	35.450 亿 m ³	35.450 亿 m ³
死库容	4.37 亿 m ³	4.37 亿 m ³	4.19 亿 m ³	4.19 亿 m ³
淤积量	1.7 亿 m ³ (截至 1996 年底)			



表2 密云水库水位、库容、面积、泄量关系表

水位(m)	库容 (亿 m ³)			面积 (km ²)	泄水建筑物泄量 (m ³ /s)							
	原设计	1982年修正	1996年修正		白河发电 隧洞	第三 溢洪道	第二 溢洪道	第一 溢洪道	潮河人防 隧洞	潮河输水 隧洞	潮河泄空 隧洞	白河泄空 隧洞
116	1.206	1.032	1.032	18.760							60.5	62.0
117	1.405	1.228	1.228	21.090							65.0	65.0
118	1.628	1.457	1.457	23.460							68.0	68.0
119	1.875	1.690	1.690	25.930							71.0	70.0
120	2.147	1.968	1.968	28.601					0		74.0	72.0
121	2.447	2.281	2.281	31.268					16.5		77.0	74.0
122	2.773	2.605	2.605	34.040					35		80.0	76.0
123	3.128	2.960	2.960	36.912					57		82.5	78.0
124	3.512	3.342	3.342	39.898					84		85.0	80.0
125	3.926	3.740	3.740	43.034					117		87.5	82.0
126	4.372	4.190	4.190	46.150	185				164		90.0	84.0
127	4.850	4.670	4.670	49.450	187				229		92.3	86.0
128	5.362	5.170	5.193	52.980	189				281		94.5	88.0
129	5.910	5.700	5.731	56.570	191				318		96.8	90.0
130	6.494	6.260	6.299	60.270	193				348		99.0	92.0
131	7.119	6.870	6.919	64.700	196				379		101	130 以上 不参与泄水
132	7.789	7.500	7.560	69.250	199				406		103	
133	8.505	8.180	8.253	73.970	202				436		105	
134	9.270	8.880	8.967	79.020	205				460		107	
135	10.086	9.630	9.733	84.230	208				495	136.6	109	
136	10.952	10.390	10.511	88.850	211				522	140.3	111	
137	11.863	11.280	11.420	93.480	213				549	144	113	
138	12.820	12.220	12.381	97.780	216				573	147.6	115	

附录二 图表

139	13.819	13.200	13.383	102.150	218				597	151.1	117	
-----	--------	--------	--------	---------	-----	--	--	--	-----	-------	-----	--

续表 2 密云水库水位、库容、面积、泄量关系表

水位(m)	库容 (亿 m ³)			面积 (km ²)	泄水建筑物泄量 (m ³ /s)							
	原设计	1982 年修正	1996 年修正		白河发电 隧洞	第三 溢洪道	第二 溢洪道	第一 溢洪道	潮河人防 隧洞	潮河输水 隧洞	潮河泄空 隧洞	白河泄空 隧洞
140	14.861	14.210	14.417	106.300	220			0	620	154.5	119	130 以上 不参与泄水
141	15.946	15.270	15.503	110.560	223			40	642	157.9	121	
142	17.073	16.370	16.631	114.880	225			110	661	161.2	123	
143	18.244	17.510	17.799	119.820	226			230	680	164.4	125	
144	19.460	18.700	19.020	123.860	227			420	699	167.5		
145	20.721	19.930	20.281	128.400	228	0		705	717	170.6		
146	22.028	21.200	21.584	132.940	228	129		1060	734	173.7		
147	23.380	22.520	22.939	137.540	223	380		1400	751	176.7		
148	24.779	23.880	24.335	142.140	215	718		1750	768	179.6		
149	26.223	25.290	25.782	146.750	208	1110	55	2150	785	182.5		
150	27.714	26.740	27.271	151.360	202	1560	230	2500	801	185.3		
151	29.245	28.800	28.800	154.890	197	2050	490	2800	817	188.1		
152	30.811	30.370	30.370	158.430	193	2590	870	3100	832	190.9		
153	32.413	31.970	31.970	161.950	190	3150	1320	3360	847	193.6		
154	34.051	33.610	33.610	165.510	187	3750	1780	3580	862	196.3		
155	35.724	35.280	35.280	169.110	185	4370	2260	3800	876	199		
156	37.434	36.990	36.990	172.930	184	5040	2760	4000	890	201.6		
157	39.184	38.740	38.740	177.200	182	5720	3350	4200	904	204.1		
157.5	40.081	39.640	39.640	179.330	181	6060	3650	4300	911	205.4		
158	40.980	40.540	40.540	181.470		6430	3950	4400	918	206.7		
158.5	41.900	41.454	41.454	183.659		6790	4250	4490	924	208		
159	42.814	42.370	42.370	185.747		7180	4550	4580	931	209.2		



159.5	43.753	43.309	43.309	187.890		7530	4840	4670	938			
160	44.693	44.250	44.250	190.035		7900	5130	4750	945	210.5		

表 3 挡水建筑物主要技术指标 (一)

单位: m

项目名称	位置	坝型	最大坝高	坝底高程	最大坝底宽	上游坝坡	下游坝坡
白河主坝	溪翁庄村	斜墙	66.4	94.0	390	2.85、3.15、3.5	2.2、2.5
潮河主坝	碱厂村	斜墙	56	104.0	310.5	2.5、3.8、2.0	2.088、2.5、3.0
北白岩副坝	北白岩村	斜墙	15.7	144.3	74.0	2.5	2.0
走马庄副坝	走马庄村						
I 号		心墙	8.5	151.5	42.0	3.0、0.4、2.25	2.25
II 号		心墙	22.2	137.8	203.7	2.5、4.0、3.5	2.5、2.75
III 号		心墙	39.0	121.0	287.3	2.5、4.0、3.5	2.5、2.75
IV 号		心墙	10.0	150.0	60.5	2.5、2.25、2.6	2.5
V 号		均质	6.0	154.0	92.0	2.75	2.0
西石骆驼副坝	白草洼村	斜墙	20.1	139.9	111.2	2.75、3.6、3.35、	2.25
南石骆驼副坝	石马峪村	均质及大斜墙	26.9	133.1	226.9	3.0、3.5、6.2	2.75
九松山副坝	九松山村						
I 号		斜墙	35.5	124.5	239	2.75、3.0、5.1、3.5、2.1	2.0、2.5
II 号		斜墙	28.3	131.7	200	2.75、3.0、4.2、5.5、6.84	2.0、2.5
III 号		斜墙	19.2	140.8	83.5	2.75、3.0	2.0、2.5
IV 号		斜墙	18.1	141.9	99.5	2.75、3.0、4.2	2.0
V 号		斜墙	23.1	136.9	109.0	2.75、3.0、3.8	2.0、2.5
调节池	溪翁庄村						
东堤		砼板	10.0	84.5	44.5	2.0	1.75
西堤		浆砌石				2.0	1.5
南堤		砼板	10.5	84.0	50.0	2.5	1.75
中堤		砼板	6.0	84.5		2.0	2.0
北堤		浆砌石	4.6	89.9	3.5		0.5



表 4 挡水建筑物主要技术指标 (二)

项目 名称	位置	坝顶 长 (m)	滤水坝趾			斜 (心) 墙		基础处理
			层数	层间系数	不均系数	底部 厚度	梯度	
白河主坝	溪翁庄村	960.2	3	<8.5、4、6	<10	15.4	5.15	壤土齿槽、砼防 渗墙、粘土水泥 灌浆帷幕
潮河主坝	碱厂村	1008.0	2	<5	≤10	12.0	5.0	壤土齿槽
北白岩副坝	北白岩村	120.0				4.3	3.0	砼防渗墙
走马庄副坝	走马庄村	519.3						
I 号		63.3	3	<10	<10		0.83	壤土齿槽
II 号		200.5	3	<10	<10		1.55	壤土齿槽
III 号		123.5	3	<10	<10	24.4	1.5	壤土齿槽
IV 号		53.0	3	<10	<10		1.08	壤土齿槽
V 号		79.0	3	<10	<10			壤土齿槽
西石骆驼副 坝	白草洼村	220	3	<10	<10	4.5	3.1	壤土齿槽
南石骆驼副 坝	石马峪村	637.0	3	<10	<10	16	1.25	壤土齿槽
九松山副坝	九松山村	1095						
I 号		415.0	2	<10、13.7	5.5、7.7	13	3.5	壤土齿槽
II 号		230.0	2	<10、13.7	5.5、7.7		3.5	壤土齿槽
III 号		110.0	2	<10、13.7	5.5、7.7		3.5	壤土齿槽
IV 号		120.0	2	<10、13.7	5.5、7.7		3.5	壤土齿槽
V 号		220.0	2	<10、13.7	5.5、7.7		3.5	壤土齿槽
小计		4559.5						
调节池	溪翁庄村	8298.0						
东堤		2653.0				砼板 0.15	63.3	
西堤		2755.0				浆砌 石		
南堤		100.0	2	<10	<10	砼板 0.15	66.7	
中堤		2550				砼板 0.15	40	
北堤		240				砼 0.5	8.2	

表 5 挡水建筑物质量控制表

项目 名称	土 料					砂 砾 料				
	干容重 g/cm ³	渗透系数 10 ⁻⁶ cm/s	凝聚力 kg/cm ²	内摩擦角	合格率 %	干容重 g/cm ³	渗透系数 10 ⁻³ cm/s	内摩擦角		合格率 %
								水上	水下	
白河主坝	1.70	1	0.20	22.5	99.3	2.0	6	35	30	97.9
潮河主坝	1.70	0.5	0.20	22.5	98.4	2.0	2	35	32	99.2
北白岩副坝	1.65	1.5	0.20	21.5	99.8	2.0	100	35	30	99.7
走马庄副坝	1.70	4	0.20	20	99.2	2.0	1	35	32	97.4
西石骆驼副坝	1.70	3.3	0.20	20	98.7	1.96	1	40		98.0
南石骆驼副坝	1.70	3.3	0.20	20	98.7	1.8	1	34		98.0
九松山副坝	1.70	5	0.20	22.5	98.3	1.95	5	35	32	98.9
内湖工程	1.70	1	0.15	20	99.7	2.0		35		100
备注	砂砾料干容重为含砂量 50 % 的数值									



表 6

输、泄水建筑物主要技术指标

项 目 名 称	位置	内径或 宽度 (m)	长度 (m)	进口 高程 (m)	挑水坎 高程 (m)	泄槽坡度	最大泄量		型式	用途
							流量 (m ³ /s)	水位 (m)		
第一溢洪道	碱厂村	10×5	250	140.0	129.65 高 127.65 低	0.006, 0.0 2, 0.15	4490	158.5	河岸深孔式	泄百年及以上洪水
第二溢洪道	碱厂村	12×5	120	148.5	123.60 高 121.60 低	0.1, 0.4	4250	158.5	河岸开敞式	泄百年及以上洪水
第三溢洪道	碱厂村	12×6	131.43	145.0	115-117.5	0.02, 0.66 7	6790	158.5	河岸开敞式	泄百年及以上洪水
白河发电隧洞	溪翁庄村	6.0	421.36	116.0			228	146.0	岸塔式进口 有压洞	输水、发电、泄洪
白河泄水支洞	溪翁庄村	闸 门 前 圆 形 5.5, 闸 门 后 城 门 洞 高 4.7 宽 6.0	120.0	113.30	一级消力池长 18 米 二级消力池长 20 米		80		有压、无压	原泄万年洪水, 现 不承担泄洪任务
白河泄空隧洞	溪翁庄村	闸 门 前 圆 形 3.7, 闸 门 后 城 门 洞 高 3.5 宽 4.10	580.18	101.50	93.30 高 90.80 低	0.333	限泄 110	130.0	井式进口 有压、 无压洞	泄空白河库
走马庄隧洞	溪翁庄村	6.0	137.0	125.0	126.58 高 125.32 低	0.005			塔式进口 有压洞	原泄万年洪水, 现 不承担泄洪任务
潮河人防隧洞	碱厂村	8.2	200	120.0	108.0 高 107.0 低		924	158.5	井式进口 有压洞	人防 泄百年及以上洪水
潮河输水隧洞	碱厂村	4.0	233.5	130.0	110.7 高 109.8 低	0.333	208	158.5	井式进口 有压洞	输水, 泄洪

续表 6

输、泄水建筑物主要技术指标

项 目 名 称	内径或 宽度 (m)	长度 (m)	进口 高程 (m)	挑水坎 高程 (m)	泄槽 坡度	最大泄量		型式	用途	位置
第九水厂输水隧洞	3.5	3078	117.0	消力池长 21 米		15.05	158.5	井式进口 有压洞	输水	九松山村
潮河泄空隧洞	3.1	628.59	106.5	消力池长 23 米		105.98	158.5	井式进口 有压洞	泄空潮河库	碱厂村
南石骆驼坝下廊道	0.8, 0.7	175.0	139.0			3.54	159.5	塔式进口 有压管道	输水, 灌溉	石马峪村
白河廊道	3.0	410.0	95.5			1978 年封堵至 0+97 米, 2019 年完全封堵		有压洞	施工导流	溪翁庄村
调节池泄洪闸	8×2	93.0	88.0	消力池总长 45.5 米		500	94.0	河道 开敞式	泄洪, 输水	溪翁庄村
调节池挡水闸	3.5×2	23.5	88.5	消力池长 17.5 米				开敞式	挡水, 泄洪	溪翁庄村
调节池泄空管道	1.45	26.33	84.5			7.7	限 88.0	有压管道	泄空调节池	溪翁庄村
恒河涵闸	3×1.8	47.38	128.96			70.0	139.0	有压管道	低水位连通潮白河 库	内湖地区
内湖二号坝涵闸	3.0	41.0	141.0					有压管道	连通内湖与大库	内湖地区
备注	第九水厂输水隧洞选用高程系为北京高程系, 其它建筑物高程系为大沽高程系, 北京地方高程系高程 +0.94m=大沽高程系高程。									



表 7 输、泄水建筑物补充技术指标

项目 名 称	洞身衬砌厚度 (m)	隧洞坡度	工作平台高程 (m)	检修平台高程(m)
白河发电 隧洞	0.6	1/140	事故检修门 164.6	155.0
白河泄水 支洞	0.5	1/100	工作门 126.98	无
白河泄空 隧洞	0.35 , 0.45 , 0.6	1/1600 1/125	进口塔架 127.00 工作门 162.00 检修门 162.00	无 工作门 154.50 检修门 154.50
走马庄隧洞			检修门 161.50 事故门 161.31	检修门 153.00 检修平台 154.30
潮河人防 隧洞	0.8	1/133.33	事故检修门 180.20 工作门 143.50	事故检修门 167.00 无
潮河输水 隧洞	0.3	1/150	事故检修门 162.50 工作门 126.10	事故检修门 154.00 无
第九水厂 输水隧洞	0.4 , 0.5 , 0.7	1/4000	事故检修门 172.70 支洞工作门 115.60 支洞检修门 115.60	事故检修门 164.30 无 支洞检修门 111.50
潮河泄空 隧洞	0.8	1/303 1/285.7	检修门 170.70 工作门 115.07	检修门 161.00 无
备注	第九水厂输水隧洞选用高程系为北京高程系，其它建筑物高程系为大沽高程系，北京地方高程系高程+0.94m=大沽高程系高程。			

表 8 挡水建筑物土石方工程量

单位：万 m³

项 目 名 称	土料	砂砾料	反滤料	石料	其它	合计
白河主坝	279.19	781.13	22.2	52.71	10.0	1145.2 3
潮河主坝	82.2	409.37	12.37	5.24	0.1	509.28
北白岩副坝	1.03	2.24	0.21	0.24	0.2	3.92
走马庄副坝	5.7	47.5	1.04	15.68	0.11	70.03
西石骆驼副坝	2.19	5.44	0.8	0.4	0.05	8.88
南石骆驼副坝	27.25	11.68	3.3	1.46	0.16	43.85
九松山副坝	25.8	88.9	2.16	16.17	0.21	133.24
调节池工程		63.08		4.41	10.83	15.24
内湖工程	44.7	124.8	0.7	4.9	2.2	177.3
总计	44.7	1534.1 4	0.7	101.21	23.86	2106.9 7



表9 挡水建筑物坝坡工程量表

工程名称 项目	上游坡面积 (豆石砼勾缝) (万 m ²)	下游坡面积 (干砌石) (万 m ²)	下游排水沟总长 (m)	防浪墙长 (m)
白河主坝	23.4935	13.05	1248	1239
潮河主坝	18.9981	11.49	1132	1134
北白岩副坝	0.5412	0.27	183	120
走马庄副坝	6.2826	2.74	821	701
西石骆驼副坝	0.8173	0.6479	300	224
南石骆驼副坝	3.00	3.4669	823	603
九松山副坝	6.6103	6.80	1720	1132
调节池	池底砼板面积 58 万 m ²			8507.95
东堤	5.94(砼板)	2.68	—	2652.95
西堤	2.78(浆砌石)	1.5	—	2755
南堤	0.2(砼板)	0.21	—	100
反渠	3.36(砼板)	1.6	—	3000
合计	72.02	44.45	6227	13660.95

表 10 输、泄水建筑物工程数量表

项目	建筑物	土方 (万 m ³)	石方 (万 m ³)	砼方 (万 m ³)	合计 (万 m ³)
第一溢洪道			50.0	4.21	54.21
第二溢洪道			22.2	2.58	24.78
第三溢洪道			74.3	4.61	78.91
白河发电隧洞			8.9	2.99	11.89
白河泄水支洞					
白河泄空隧洞		3.09	2.17	2.06	7.32
走马庄隧洞		11.2	1.5	1.43	14.13
潮河人防隧洞		20.0	18.3	3.2	41.5
潮河输水隧洞		27.0	7.4	0.68	35.08
潮河泄空隧洞		6.6	2.6	1.12	10.32
南石骆驼坝下廊道			0.2	0.08	0.28
白河廊道			6.0	1.5	7.5
调节池泄水闸		28.11	0.51	0.77	29.39
调节池挡水闸			0.34	0.19	0.53
合 计		96.0	194.42	25.42	315.84



表 11

水工建筑物观测设备表

单位：个（台）

种类	测压管	量水堰	变形标点	强震仪	三向测缝仪	钢筋计	测缝计	应变计	电阻温度计	合计					
名称															
测压管	39	29	23	28	14	25	28	3	20	10	10	2	2		233
量水堰		1	1	3	1	1	5								12
变形标点	45	32	6	11	12	32	18		4		14	2		4	180
强震仪	10	5													15
三向测缝仪									10		4				14
钢筋计									9		28				37
测缝计									7		5				12
应变计									8		4				12
电阻温度计									8		4				4

表 12

水工建筑物观测项目时间表

项目	日常巡视检查		测 压 管		渗 流 量		测 缝		电 测		沉 陷		位 移	
建筑物	次数 (次/月)	日期	次数 (次/月)	日期	次数 (次/月)	日期	次数 (次/月)	日期	次数 (次/月)	日期	次数 (次/年)	日期	次数 (次/年)	日期
白河主坝	4	7、15、22、28	遥测 6 次	逢 5 逢 0							2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
白河泄空隧洞	4	7、15、22、28	备注：白河泄空隧洞和白河发电隧洞与白河主坝日常巡视检查为同一天。											
白河发电隧洞	4	7、15、22、28												
北白岩副坝	4	7、10、20、27	3	逢 3	3	逢 3					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
走马庄副坝	4	7、16、22、27	6	逢 4 逢 9	6	逢 4 逢 9					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
走马庄隧洞	4	7、16、22、27	备注：走马庄隧洞与走马庄副坝日常巡视检查为同一天。											
西石骆驼副坝	4	7、15、23、30	4	3、11、19、27	4	3、11、19、27					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
南石骆驼副坝	4	7、15、23、30	4	3、11、19、27	4	3、11、19、27					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
调节池	6	逢 5 逢 0					6	逢 5 逢 0			2	5 月 10 月		
潮河主坝	4	3、8、18、23	遥测	逢 5 逢 0	6	逢 5 逢 0					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
潮河泄空隧洞	4	3、8、18、23	备注：潮河泄空隧洞与潮河主坝日常巡视检查为同一天。											
九松山副坝	4	7、12、17、22	6	逢 1 逢 6	6	逢 1 逢 6					2	5 月 10 月	2	5 月 10 月
第九水厂引水隧洞	1	20	6	逢 1 逢 6	备注：巡视检查时进口、出口各出 2 人巡视斜井、洞顶等外观，最后在赵家峪碰面。									



第一溢洪道	12	3、8、13、18	遥测	逢5逢0			3	逢8	3	逢8			2	5月10月
第二溢洪道	4	4、14、19、24	6	逢3逢8										
第三溢洪道	4	4、14、19、24	6	逢3逢8			3	逢8	3	逢8			2	5月10月
潮河输水隧洞	4	4、14、19、24	3	逢3										
潮河人防隧洞	4	4、14、19、24	3	逢3									2	5月10月

表 13 水工建筑物开、竣工及加固日期

项目	修建		加固	
工程名称	开工日期	竣工日期	开工日期	竣工日期
白河主坝	1958.9.4	1960.8.30	1976.12.5	1977.11.21
其中基础	1959.11.7	1960.5.13		
潮河主坝	1958.8.22	1960.7.15	1975.9 1998.8	1976.7 2001.8
北白岩副坝	1960.5.3	1960.7.16	1974.4 1998.8	1974.1 2001.8
走马庄副坝	1958.9.22	1960.7.31	4 [#] 1974.8 2 [#] , 3 [#] 1975.9.28 3 [#] 1977.11 2 [#] , 3 [#] , 4 [#] 1998.8	1975.7 1977.11.28 1978.4.21 2001.8
西石骆驼副坝	1959.11.20	1960.7.31	1973.4.12 1998.8	1976.12.31 2001.8
南石骆驼副坝	1959.9.13	1960.7.31	1975.11 1998.8	1977.5.31 2001.8
九松山副坝	1958.9.23	1960.7.5	1978.5.2 1998.8	1978.10.4 2001.8
内湖工程	1958.10.1			
第一溢洪道	1959.2.16	1960.7.16	1973.12.20 2003.9	1974.6.20 2004.9
第二溢洪道	1960.2	1960.11	1975.1 2003.9	1975.7 2004.9
第三溢洪道	1976.6	1982.8	2001.2.15	2003.8.31
白河发电隧洞	1958.9.12	1960.9.30	1977.3.15	1978.8.16
白河泄水支洞	1958.9.12	1962.4	1978.1	1979.6.15
白河泄空隧洞	1976.8	1977.6	2000.10.10	2001.12.12
走马庄隧洞	1960.2	1962.7		
潮河输水隧洞	1958.7.27	1959.6.30	1965 2003.9	1966.6 2004.5
潮河泄空隧洞	1977.6	1980.7	2000.2	2002.8
潮河人防隧洞	1978.6	1984		
恒河涵闸	1976.8.12	1976.9.26		



续表 13 水工建筑物开、竣工及加固日期

项目 工程名称	修建		加固	
	开工日期	竣工日期	开工日期	竣工日期
内湖二号坝涵闸	1978.4	1978.10	2000.7	2000.12
调节池工程	1960.8.30	1960.12.31	1965.4 1967.12	1967.12 1969.9
白河大码头	1960.4	1960.8		
白河小码头	1960.4	1960.8		
潮河主坝码头	1960.6	1960.7		
九松山副坝码头	1960.6	1960.7		
第九水厂输水隧洞	1992.10	1995.5.1	2001.11.20	2001.12.20

表 14 各种工种施工定额参考表

项 目	用工数 (万工日)	平均工数		备注
		(立方米/工)	(工/立方米)	
土料填筑	1184	0.377	2.65	截至 1962 年底总生 产用工 7416 万工日
砂料填筑	2896	0.522	2.65	
反滤料	110	0.317	2.65	
护坡砌石	55	0.147	2.65	
清基	130	0.638	2.65	
劈坡	20	0.583	2.65	
溢洪道砼		0.17	2.65	
隧洞砼		0.083	2.65	



表 15 内湖区十座副坝主要技术指标

序号	坝型	坝址垭口 最低高程	设计坝 高 (m)	最大坝 高 (m)	已填筑高程 (m)	已完工程量 (万 m ³)	未完工程量 (万 m ³)
1	均质	153.6	7.4	7.4	161	1.78	已完
2	斜墙	144.5	15.5	8.7	153.2	2.04	4.6
3	均质 斜墙	118.2	41.8	31.8	150	119	18.8
4	斜墙	131.0	29.0	21.6	152.6	9.5	7.8
5	均质	152.9	7.1		152.9	0.08	0.8
6	均质	155.0	5.0		155	未做	0.4
7	均质	138.0	6.0	16.0	154	未做	2.9
8	均质	154.0	6.0		154	未做	0.8
9	均质	157.5	2.5		157.5	未做	0.2
10	均质	144.7	15.3	15.3	160	7.1	已完
内湖区最大水面面积：5.095km ²					内湖区最大蓄水量：0.965 亿 m ³		
150 米以下蓄水量：0.531 亿 m ³					141 米以下蓄水量：0.233 亿 m ³		

表 16 公路工程概况

项目 线路	长度 (km)	路面面积 (km ²)	桥梁 (座/m)	涵洞 (座/m)	隧洞 (座/m)
总计	100.17	517.98	16/873.3	174/3386	4/634
(一) 南环湖公路	38.57	198.98	1/72.8	53/1179	
1 干线	21.88	153.21		42/977	
(1) 溪翁庄—西石骆驼副坝	4.62	41.63		7/119	
(2) 西石骆驼副坝—南石骆驼副坝	2.91	15.34		10/292	
(3) 南石骆驼副坝—九松山副坝	6.77	55.62		13/244	
(4) 九松山副坝—潮河主坝	3.71	30.60		5/141	
(5) 潮河主坝—第一溢洪道	3.87	10.02		7/181	
(6) 第一溢洪道—第二溢洪道	0.87	6.1			
(7) 第二溢洪道—第三溢洪道	0.2	1.2			
2 支线	16.69	45.77	1/72.8	11/202	
(1) 东上坝路	1.93	11.58		2/26	
(2) 西上坝路	1.92	11.53		5/94	
(3) 九松山副坝上坝路	1.48	11.86		2/52	
(4) 白河主坝坝前	3.73	10.80	1/72.3	2/30	
(5) 潮河主坝—电站	3.12				
(6) 内湖	4.51				
(二) 西环湖公路 (溪—对)	28.6	143.00	3/167	45/845	4/634
(三) 东环湖公路 (密—古)	33.0	176.00	12/634	76/1362	
备 注	西上坝路：指北白岩副坝至白河主坝西坝头 东上坝路：指走马庄沟至白河主坝东坝头 九松山副坝：指坝下游东西两条上坝路				



表 17

码头工程概况

项目 码头	顶高程 (m)	底高程 (m)	台阶宽度 (m)	坡 度	护坡面积 (m ²)	台阶数量	工程量 (万 m ³)
白 河 大 码 头	160	128	10	1 : 4	6900	320	6.33
				1 : 3 1 : 10 1 : 2			
白 河 小 码 头	160	128	10		4700	120	3.8
潮河主坝码头	160	138.04	10	1 : 3	1640	170	0.66
九松山副坝码头	160	139.20	10	1 : 3.5 1 : 5	900	190	0.7
合 计					14140	800	11.49

表 18 历年入库水量、供水量统计表

单位：亿 m³

项目 年份	入库净水量	实际供水量	年初蓄水量	弃水
1960	11.779	4.929	5.688	3.076
1961	8.293	9.349	9.463	1.143
1962	10.049	9.914	7.255	0.575
1963	8.808	8.221	6.815	0
1964	19.351	3.988	7.677	0
1965	8.818	15.463	22.840	0
1966	7.880	12.420	15.710	0
1967	12.823	6.500	11.350	0
1968	6.955	16.835	17.590	0
1969	18.966	5.616	7.971	0
1970	9.862	12.748	21.210	0
1971	6.357	14.454	18.310	0
1972	6.415	8.208	10.020	0
1973	22.547	3.740	8.050	0
1974	21.062	15.950	26.680	0
1975	5.845	19.571	31.140	0
1976	10.619	9.372	18.000	11.705
1977	13.891	4.991	7.424	5.154
1978	15.163	8.601	11.067	0
1979	15.515	9.898	17.130	0
1980	5.144	16.899	22.630	0
1981	4.421	8.210	10.370	0
1982	12.590	4.639	6.368	0
1983	4.046	6.680	14.120	0
1984	2.309	6.058	11.520	0
1985	5.793	3.163	7.723	0
1986	7.608	4.670	10.310	0
1987	8.425	3.596	13.200	0
1988	5.906	4.088	17.800	0
1989	3.558	5.187	19.640	0.002



续表

项目 年份	入库净水量	实际供水量	年初蓄水量	弃水
1990	9.510	5.966	17.820	0
1991	9.854	4.340	21.370	0
1992	6.294	5.988	26.620	0
1993	3.262	5.936	26.910	0
1994	15.329	6.389	24.220	0.820
1995	5.205	5.801	32.610	3.394
1996	11.080	6.000	28.816	2.075
1997	4.129	5.653	31.649	3.364
1998	9.582	5.900	26.720	1.975
1999	1.107	7.607	28.417	0
2000	0.564	6.442	21.544	0
2001	4.041	4.948	15.405	0
2002	0.839	5.420	14.355	0
2003	1.975	4.400	9.710	0
2004	4.173	2.897	7.220	0
2005	4.572	2.714	8.467	0
2006	3.741	3.117	10.308	0
2007	1.977	3.143	10.919	0
2008	4.680	3.134	9.748	0
2009	1.780	2.678	11.292	0
2010	2.934	2.671	10.394	0
2011	4.105	3.752	10.656	0
2012	3.046	3.191	11.010	0
2013	4.411	2.866	10.865	0
2014	2.411	6.434	12.410	0
2015	3.158	1.215	8.389	0
2016	6.822	0.671	10.332	0
2017	4.754	0.922	16.449	0
2018	7.193	1.767	20.281	0
2019	1.963	2.731	25.709	0
合计	445.289	388.651	935.686	33.283
年平均	7.421	6.478	15.595	0.555

表 19 历年发电量统计表

项目 年份	年发电量 (万 kwh)	水位 (m)	耗水率 (m ³ /kwh)
1960	1896	126.0	13.23
1961	4304	127.0	12.88
1962	4371	128.0	12.57
1963	3694	129.0	12.29
1964	3648	130.0	12.01
1965	13081	131.0	11.76
1966	8496	132.0	11.52
1967	4690	133.0	11.28
1968	10558	134.0	11.04
1969	3208	135.0	10.80
1970	10218	136.0	10.58
1971	9142	137.0	10.34
1972	4076	138.0	10.12
1973	3124	139.0	9.90
1974	18086	140.0	9.68
1975	21578	141.0	9.46
1976	15902	142.0	9.25
1977	3033	143.0	9.04
1978	6368	144.0	8.83
1979	8860	145.0	8.62
1980	17162	146.0	8.42
1981	5119	147.0	8.21
1982	3153	148.0	8.01
1983	6166	149.0	7.82
1984	5321	150.0	7.62
1985	2641	151.0	7.49
1986	4298	152.0	7.36
1987	3627	153.0	7.24
1988	4304	154.0	7.13
1989	5717	155.0	7.04
1990	6669	156.0	6.95
1991	5305	157.0	6.87
1992	7661	158.0	6.80

续表



项目 年份	年发电量 (万 kwh)	水位 (m)	耗水率 (m ³ /kwh)
1993	7520		
1994	9150		
1995	9224		
1996	7656		
1997	9639		
1998	7051		
1999	6386		
2000	4006		
2001	2162		
2002	2225		
2003	1521		
2004	831.6		
2005	586.98		
2006	609.24		
2007	557.37		
2008	367.41		
2009	804.24		
2010	446		
2011	1300.02		
2012	940		
2013	120.93		
2014	3374.67		
2015	21.66		
2016	0.003		
2017	0		
2018	934.95		
2019	1780.95		
合计	314692		
年平均	5245		

表 20 水库修建后历年洪峰减免淹没耕地统计表

年份	项目	洪峰流量(m ³ /s)	减淹面积(万亩)	备注
1960		921	40.46	根据建库前历年洪峰流量与潮白河下游地区淹地面积相关关系推算求得相关方程式 $A=0.0537Q-9$ 其中 Q：洪峰流量 m ³ /s； A：面积万亩
1961		254	4.64	
1962		1620	77.99	
1963		1230	57.05	
1964		3060	155.32	
1965		1210	55.98	
1966		524	19.14	
1967		417	13.39	
1968		277	5.87	
1969		1250	58.13	
1970		431	14.14	
1971		274	5.71	
1972		2510	125.79	
1973		1880	91.96	
1974		2500	125.25	
1975		579	22.09	
1976		3650	187.01	
1977		778	32.78	
1978		600	23.22	
1979		456	15.49	
1980		87.5	0	
1981		397	12.32	
1982		863	37.34	
1983		908	39.76	
1984		110	0	
1985		1510	72.09	
1986		1000	44.70	
1987		556	20.86	
1988		370	10.87	
1989		1120	51.14	
1990		1030	46.31	
1991		3610	184.86	
1992		639	25.31	

续表



年份	项目	洪峰流量(m ³ /s)	减淹面积(万亩)	备注
1993		194	1.42	
1994		3670	188.08	
1995		1222	56.62	
1996		1139	52.16	
1997		2500	125.25	
1998		3040	154.25	
1999		115	0	
2000		160	0	
2001		1400	66.18	
2002		281	6.09	
2003		201	1.79	
2004		309	7.59	
2005		618	24.19	
2006		1340	62.96	
2007		335	8.99	
2008		897	39.17	
2009		95.2	0.00	
2010		497	17.69	
2011		1990	97.86	
2012		1290	60.27	
2013		565	21.34	
2014		211	2.33	
2015		731	30.25	
2016		3180	105.38	
2017		1270	59.20	
2018		3540	88.20	
2019		3310	168.75	
合计		70721.7	3123.0	
年平均		1178.7	105.0	

表 21 密云水库安置移民费开支总预算表

日期：1964 年 4 月 25 日

		单位	数量	单价 (元)	金额 (元)	说明
基 建	民 房	间	10000	600	6000000	
	民 房	间	26000	651.74	16945240	
	马 棚	间	2000	360.71	721420	
	小 计				23666660	
	拆除旧木料	m ³	28000	120	3360000	
	合 计				27026660	
	拆房差数补助	间	2000	450	900000	有 5195 间未给补 助
	未迁 8 个村基 建				3711800	
	猪圈、厕所补	户	9900	50	495000	
打 井	机 井	眼	4	30000	120000	
	砖 石 井	眼	200	2870	574000	
赔 偿 部 分	库 内 占 地	亩	169000	55	9295000	
	库 外 占 地	亩	36139	49	1770811	
	春 苗 占 地	亩	41045	20	820900	
	库外伐柴果树	棵	130900	3.4	445060	
	迁 坟	间	410	10	4100	
	房 租 费	间	21650	32.4	701460	
总 计					45864791	



表 22 密云水库闸门基本情况统计表（一）

枢纽	建筑物名称	闸门名称	型式	底坎高程 (m)	孔数	孔口尺寸 (宽×高)	闸门尺寸 (m²)	迎水面积 (m²)	闸门重量(t)		配重重量(t)		埋件重量(t)		吊点数	吊点中心距 (m)	设计水头 (m)	水压力 (t)	运行方式	投入运行日期	制安单位	制安日期	备注
									单扇	总重	单扇	总重	单重	总重									
白河枢纽	白河发电隧洞	进口拦污栅		116.00	1		8×14.67	118.4	18.05											1960		1960	
		事故检修门	平板	116.00	1	5×6	6.48×6.44	41.73	38.15	38.15	80	80	8.39	8.39	双	5.8	41.5	1220.0	静水启动水闭	1978	水利工程总队	1978	
		充水门	平板	119.00	1	0.4×0.7	0.87×0.82	0.71	0.92	0.92	0.92	0.92			单				动水启闭	1978	水利工程总队	1978	
		支洞工作门	弧形	114.17	1	3.5*2.1	3.5*1.73	6.062	15	15					单				动水启闭	2014	河北省水利工程局机械厂	2014	
	白河泄空隧洞	进口塔架门	平板	101.50	1	4.5×4.9	4.5×5.1	22.95	20	20										1977		1977	现在上游挡水的仍为老门，新检修门放置在检修平台上
		新工作门	平板	101.40	1	3×3	4.34×3.71	16.1	15.1	15.1	8	8	11.61	11.61	双	3.8	56.1	552.6	动水启闭	2001	水利水电安装公司	2001	
		新检修门	平板	101.40	1	3×3.5	4.11×3.78	15.54	15.9	15.9					双	3.58	56.1	600.0	动水启静水闭	2001	水利水电安装公司	2001	
		老工作门	平板	101.40	1	3×3.6	4.11×4.68	19.23	15	15	28.2	28.2			双		56.1	605.0		1977		1977	
	走马庄隧洞	进口检修门	平板	125.00	1	5×6	5.7×6.1	34.77	16.1	16.1			6.6	6.6	双	5.4	32.5	913.0	静水启闭	1960		1960	
		充水门	柱塞	129.83	2	φ0.45									单					1996	白河管理所	1996	
		事故检修井门	平板	125.92	1	2.6×2.6		6.76	15	15					单				静水闭动水启	2016	湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司	2016	
		出口阀门	阀门型号：2600Ddl941X-10Mn																			2016	
	调节池	调节池泄洪闸	弧形	88.00	2	8×6	8×6.17	49.36	9.02	18.04			2.41	4.82	双	7	5.7	136.0	动水启闭	1961	水库修配厂	1961	泄空闸由于冻胀破坏已拆除
		小西库挡水闸	平板	88.50	2		3.5×5.5	12.25	7.1	14.2			0.85	1.7	双	3.5	5.5	51.6	对称启闭	2016	北京金河水务建设集团有限公司	2016	
		泄空闸	平板	84.40	1	φ1.45	2.12×1.9	4.03	0.685	0.685			0.29	0.29	双	1.6	9.5	28.0	动水开启	1969			
	南石骆驼坝下廊道	拦污栅		139.00	1				0.2	0.2										2001.1		2000	
		进口检修门	平板	139.00	1	0.65×0.8	0.78×0.87	0.68	1.368	1.368			0.5	0.5	单		18.5	11.6	动水闭，小开度充水平压启	2001.11	河北五一机械公司	2001	
		出口阀	阀门	133.01	2	φ0.5φ0.7																	
	恒河涵闸	涵闸	平板	128.96	3	1.8×1.5			1.33	3.99					单								
	内湖二号坝涵闸	工作门	平板	141.00	1	2×3	2.43×3.18	7.73	2.5	2.5			1.654	1.654	单		9.0		动水启静水闭	2000		2000	
潮河枢纽	第一溢洪道	工作门	弧形	140.00	5	10×6	10×7.2	72	46.8	234			4.52	22.6	双	8.56	17.5	1000.0	动水启闭	1960.7.16	北京锅炉厂	1960	
		检修门	平板	140.00	1	10×9.5	10.8×9.635	104.06	36	36			6.64	33.18	双	7.2	14.0		静水启闭	1960.7.16		1960	
		充水门	平板		2																		
	第二溢洪道	工作门	弧形	148.50	5	12×9.2	12×9.7	116.4	48.84	244.2			8	40	双	7.2	9.0	520.0	动水启闭	2004.9.31	北京水电安装公司	2004	
		检修门	叠梁	145.50	1	12×14.5	12.7×11	139.7	43.51	43.51			3.6	18	双	7	9.0		静水启闭	1961.10			
	第三溢洪道	工作门	弧形	145.00	6	12×12.7	12×13.24	158.88	73	438			6.41	38.44	双	7.2	12.7	1010.0	动水启闭	1982	水利局安装队	1980	
		检修门	叠梁	141.50	1	12×18.5	12.8×13	166.4	55.07	55.07					双	7	9.5		静水启闭	2003.8	水电二局	2003	
	潮河输水隧洞	进口拦污栅		130.00	1	4×4.75			10	10										2004	通成达水务公司	2004	
		进口充水阀	柱塞	134.30	2	φ0.3														2004	通成达水务公司	2004	
		事故检修门	平板	130.00	1	4×4.2	5.24×4.35	22.79	23.8	23.8			26.6	26.6	单		27.5	503.1	静水启动水闭	2004	通成达水务公司	2004	
		出口工作门	弧形	115.30	1	3.5×3	3.41×3.822	13.03	12.1	12.1			1.6	1.6	单		42.2	491.2	动水启闭	2004	通成达水务公司	2004	
	潮河人防隧洞	进口检修门	平板	119.54	1	7×7.5	8.13×7.65	62.19	46	46			11.42	11.42	双	6	38.5	1920.0	静启动闭	1984	水电二局	1984	
		出口工作门	弧形	118.50	1	6.2×7	6.2×8.66	53.69	76.43	76.43	20	20	9.34	9.34	单		39.5	1826.0	动水启闭	1984	水电二局	1984	
	潮河泄空隧洞	进口检修门	平板	106.10	1	2.8×3.7	3.28×3.96	12.99	13.3	13.3	41.1	41.1	4.97	4.97	单		52.5	566.0	静水启闭	2001.12	北京水工机械厂	2001	
		出口工作门	弧形	104.80	1	2.9×2.0	2.9×3.08	8.93	11.2	11.2			1.5	1.5	单		56.0		动水启闭	2001	北京水工机械厂	2001	
	第九水厂输水隧洞	进口拦污栅		115.00	2	4×5	4.18×5.1	21.32	4.16	8.33			2.1	4.2	双	4				1995		1995	
		进口事故门	平板	115.00	1	4×4	5.24×4.15	21.75	24.64	24.64			10	10	单		43.5	785.0	静启动闭	1995	北运河安装队	1995	
		支洞工作门	弧形	106.00	1	2×2.2	1.91×3.01	5.75	5.71	5.71			1.82	1.82	单		53.0	282.0	动水启闭	1995	北运河安装队	1995	
		支洞检修门	平板	106.00	1	2×2.2	2.26×2.33	5.27	2.63	2.63			10.91	10.91	单		52.0	286.5	静水启闭	1995	北运河安装队	1995	

表 23 密云水库闸门基本情况统计表（二）

枢纽	建筑物名称	闸门名称	顶水封			侧水封			底水封			中间水封			拐角水封		
			型式	每扇门长（m）	总长（m）	型式	每扇门长（m）	总长（m）	型式	每扇门长（m）	总长（m）	型式	每扇门长（m）	总长（m）	型式	每扇门长（m）	总长（m）
白河枢纽	白河发电隧洞	进口拦污栅															
		事故检修门	P-45	4.37	4.37	P-45	2×5.88	11.8	I-20×86	5.3	5.3	U-100×60	5.36	5.36	P-45	（工件）	
		充水门	青铜			青铜			青铜								
		支洞工作门															
	白河泄空隧洞	进口塔架门															
		新工作门	P60-A	3.32	3.32	P60-A	2×3.05	6.1	L110-16	3.32	3.32						
		新检修门	P61-A	3.1	3.1	P60-A	2×3.57	7.1	L110-17	3.1	3.1						
		老工作门	P-60	3.32	3.32	P-60	2×3.68	7.4	I-12×100	3.04	3.04						
	走马庄隧洞	进口检修门	P-60	5.2	5.2	P-60	2×6.5	13	I-16×130	5.2	5.2						
		事故检修井															
		充水门															
	调节池	调节池泄洪闸				P-60	2×6.2	24.8	P-60	8	16						
		小西库挡水闸				P-50		43.2	h16-4	3.86	7.5						
		泄空闸	P-45	1.85	1.85	P-45	1.75×2	3.5	I-10×110	1.85	1.85						
	南石骆驼坝下廊道	拦污栅															
		进口检修门	P-50	0.72	0.72	P-50	2×0.84	1.7	I-16×60	0.72	0.72						
		出口阀															
	恒河涵闸	涵闸	P-45	1.67	5.1	P-45	1.88	5.7	I-20×110	1.58	4.8						
	内湖二号坝涵闸	工作门	P-45	2.21	2.21	P-50	2×3.11	6.2	I-16×60	2.1	2.1						
潮河枢纽	第一溢洪道	工作门	P-60	10	50	P-45	2×7.2	72	I-35×125	10	50						
		检修门	P-60	10.2	10.2	P-60	2×9.6	19.2	I-16×100	10.2	10.2	U-100×60	10.3	10.3			
		充水门															
	第二溢洪道	工作门				P-60	2×9.7	97	P-60	12	60						
		检修门				P-60	2×11	22	I-30×100	12.7	12.7	I-30×100	27.48	302.28			
	第三溢洪道	工作门				T-60×80	2×13.2	159	I-22×140	11.95	71.7						
		检修门				P-60	2×13	26	I-30×100	12.7	12.7	I-30×100	27.48	357.24			
	潮河输水隧洞	进口拦污栅															
		进口充水阀															



		事故检修门	P-45	4.16	4.16	P-45	2×4.35	8.7	I-15×120	4.16	4.16						
		出口工作门	P-35	3.5	3.5	P-60	2×3.75	7.5	I-30×120	3.5	3.5						
	潮河人防 隧洞	进口检修门	P-60	6.36	6.36	P-60	2×7.11	14.2	I-20×130	9.6	9.6				P-φ60	(工件)	
		出口工作门	P-60	6.21	6.21	P-60	2×8.7	17.4	I-20×170	6.09	6.09						
	潮河泄空 隧洞	进口检修门	P-60	2.96	2.96	P-60	2×3.945	7.89	I-16×100	2.96	2.96						
		出口工作门	P-60	2.9	2.9	P-60	2×2.745	5.49	I-20×150	2.9	2.9						
	第九水厂 输水隧洞	进口拦污栅															
		进口事故门	P-50	4.16	4.16	P-50	2×4.12	8.24	L- 16×112	5.12	5.12						
		支洞工作门	P-45	2	2	P-45	6.23	6.23	I-30×140	1.91	1.91						
		支洞检修门															

表 24 密云水库启闭机基本情况统计表（一）

枢纽	建筑物名称	设置地点	闸门名称	启闭机型式	数量 (台)	容量 (t)	电机功率 (kW)	扬程 (m)	吊点距 (m)	启闭机重量 (t)		钢丝绳规格	启门速度		启门 时间 (min)	制造单位	制造 日期	安装单位	安装日期
										单重	总重		电 动 (m/min)	手 动 (m/min)					
漕	白河发电隧洞	进水口	平板事故检修门	双吊固定电动卷扬式	1	2×80	26	16	5.8			26ZAB6*36SW+1WR1870ZS	1.25			江苏省水利机械制造有限公司	2019.9	北京通成达水务建设集团有限公司	2019
		进水口	平板充水门	单吊固定电动卷扬式	1	1×25	11	13				24ZAB6*19W+1WR1770ZS	2			江苏省水利机械制造有限公司	2019.9	北京通成达水务建设集团有限公司	2019
		支洞出口	弧形闸门	单吊固定电动卷扬式	1	1×50	13	5				24ZAB6*19W+1WR1870ZS				江苏省水利机械制造有限公司	2019.9	北京通成达水务建设集团有限公司	2019
	白河泄空隧洞	闸门井	平板定轮检修门	双吊固定电动卷扬式	1	2×40	2×13		3.58	8.99	8.99							水利水电安装公司	2000
			平板定轮工作门	双吊固定电动卷扬式	1	2×40	2×13		3.8	8.99	8.99			50				水利水电安装公司	2000
	走马庄隧洞	进水口	平板检修门	双吊固定电动卷扬式	1	2×15	13	8	5.4		3.3	20ZAB6X19W+NF1870ZS			1.9	无锡市宏泰电机股份有限公司	2018	北京金河水务建设集团有限公司	2018
		事故检修井	平板事故检修门	单吊固定手动电动卷扬式	1	160	42	7				36ZAB6×36SW+FC1870ZS	1.27			湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司	2016.3	湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司	2016
		出口阀门																	2016
	调节池	小西库挡水闸	平板工作门	双吊固定手动电动卷扬式	2	2×12.5	5.5			1.06	1.06	6W(19)-20-1700	1.5			新河县兴达启闭机厂	2016	北京金河水务建设集团有限公司	2016
		泄洪闸	弧形闸门	双吊固定手动电动卷扬式	2	2×22.5	11	15	7	10.4	20.7	6×37-52-50	1.45	0.023	4.14	郑州水工机械厂	1966.5		
	南石骆驼坝下廊道	引水廊道进口	平板定轮门	单吊固定手动电动卷扬式	1	1×6	2.2	8		1	1	6×19-11-17	13.7		0.06	河北五一机械公司	2001.4	河北五一机械公司	2001.11
	内湖二号坝涵闸	涵闸进口	平板滑动门	单吊固定手动电动卷扬式	1	1×16	7.5	9.5		2.5	2.5		2.116		1.42	水利二处	2000	水利二处	2000
漕	第一溢洪道	首部	弧形闸门	双吊固定手动电动卷扬式	5	2×40	22	6.3	8.56	16.2	81	6×19+1-21.5-170	1.35		4.44	上海重型机械厂	1958.9	水电二局	1960.7.16
		首部	平板检修门	双吊移动门式	1	2×25	13.5	6	7.2	26	26	6×19-19.5-230	1.03			移动式、自制			1960.7.16
	第二溢洪道	首部	弧形闸门	双吊固定手动电动卷扬式	5	2×25	18.5	9.2	7.2	13.5	67.5	48ZAA6×375+1WR1770	1.47		6.26	天津市起重电机厂	2004.3	北京水利水电安装公司	2004.9
		首部	检修叠梁门	双吊单向门式	1	2×3.75	4.5	17	7	6.1	6.1	6×19-19.5-50	1.7			移动式、自制	2010.12		2010.12
	第三溢洪道	首部	弧形闸门	双吊固定手动电动卷扬式	6	2×37.5	16	12	7.2	55	330	6×37+1-43.5-170	1.285	0.0125	9.88	成都电力修造厂	1979.3	水利局安装队	1980
		首部	检修叠梁门	双吊移动门式	1	2×5	4.5	17	7	6.1	6.1	6×19-19.5-50	1.7			新乡起重机械总厂	2015.9	新乡起重机械总厂	2015.9
	潮河输水隧洞	进水口	平板事故检修门	单吊固定卷扬式	1	1×125	22	10		13	13	6×19-32.5-170	1.23		3.41	河北五一机械公司	2004.2	河北五一机械公司	2004
		出水口	弧形闸门	液压式	1	50/30	11	3.7		4.5	4.5		< 1.08		3.47	江苏武进液压启闭机有限公司	2019.4	北京通城达水务建设有限公司	2019.5
	潮河人防隧洞	闸门井	平板事故检修门	双吊固定电动卷扬式	1	2×125	2×30	11	6	29.5	29.5	直径 32MM	1.1			江苏省水利机械制造有限公司	2019.9	北京通城达水务建设有限公司	2019.12
		出水口	弧形闸门	单吊固定电动卷扬式	1	1×160	45	13		36	36	6×19+1-37-100	1.51		4.97	本溪重型机械厂	1978	水电二局	1978
	潮河泄空隧洞	进水口	平板事故检修门	单吊固定电动卷扬式	1	1×160	45	13		36	36	6×19-37-280	1.51		2.45		1978	水电二局	1978
		出水口	弧形闸门	固定手动电动螺杆式	1	50/15	16	3.31		6.3	6.3		0.31	0.0068	6.45	上海重型机械厂	1978	水电二局	1978
	第九水厂输水隧洞	进水口	平板事故门	单吊固定手动电动卷扬式	1	1×125	30	12		17	17	6×19-32.5-155	1.19		3.36	河南固始县机械厂	1994.1	水利局安装队	1995
		进水口	拦污栅	单吊固定手动电动卷扬式	2	2×6	7.5	5.5	4	0.5	1	6×19-21.5-155	1.427		3.5	河南固始县机械厂	1994.1	水利局安装队	1995
		支洞出口	平板检修门	固定手动电动螺杆式	1	30/15	7.5	3.5					0.213		9.39	河北五一机械公司	2002.2	河北五一机械公司	2002
		支洞出口	弧形闸门	固定手动电动螺杆式	1	50/25	16	2.8		6.3	6.3		0.323	0.0147	6.81	河北五一机械公司	2002.2	河北五一机械公司	2002



表 25 密云水库启闭机基本情况统计表（二）

枢纽	建筑物名称	设置地点	闸门名称	电动机							减速器						
				型号	功率(kw)	转速(r/min)	重量(kg)	接法	制造单位	制造日期	类型	装配形式	传动能力	传动速比	重量(kg)	制造单位	制造日期
漕	白河发电隧洞	进水口	平板事故检修门	YZ200L-6	2×26	956		Y	无锡市宏泰电机股份有限公司	2019.08	ZSY224			50		泰兴市嘉云减速机有限公司	2019.08
		进水口	平板充水门	YZ160L-6	11	953		Y	无锡市宏泰电机股份有限公司	2019.08	ZFY320			355		泰兴市嘉云减速机有限公司	2019.08
		支洞出口	弧形闸门	YZ180L-8	13.5	675		Y	无锡市宏泰电机股份有限公司	2019.08	DFY320			250		泰兴市嘉云减速机有限公司	2019.08
	白河泄空隧洞	闸门井	平板定轮检修门	YZ180L-8	2×13	875	205	Y	湖南电机厂	2001.3	ZSY250			50		常州汉森江浪减速机有限公司	
			平板定轮工作门	YZ180L-9	2×13	875	205	Y	湖南电机厂	2001.3	ZSY250			50		常州汉森江浪减速机有限公司	
	走马庄隧洞	进水口	平板检修门	YZ160L-6	13	936	152	Y	无锡市宏泰电机股份有限公司	2018.12	ZSY180-6					泰兴市嘉云减速机有限公司	2018
		事故检修井	平板事故检修门	YZR250M1-6	42	960		Y	中国长江航运集团电机厂	2016.2	CHC500-355			355	2600	湖北省咸宁三合机电制业有限责任公司	2016.3
		出口阀门															
	调节池	小西库挡水闸	平板工作门	160L-8	5.5	710	91	△	鑫珠机电设备有限公司	2016.9	ZQD500+150	9		315		山东博山鑫博减速设备厂	2016.7
		泄洪闸	弧形闸门	JZ41-8	11	694		Y/△	湘云电机厂	1961.4	三段 1000	IX		274	1750	郑州水工机械厂	1966.5
	南石骆驼坝下廊道	引水廊道进口	平板定轮门	YZ132HI-6	2.2			Y	佳木斯电机厂								
	内湖二号坝涵闸	涵闸进口	平板滑动门	YZ160M2-6	7.5	948		Y		1999.4		2	50	204	郑州水工机械厂		2004.9
漕	第一溢洪道	首部	弧形闸门	JZ-51-88	22	705	328	Y	上海五一电机厂	1968.3	PM-500			48.57		上海重型机械厂	1968.9
		首部	平板检修门	MTK42-8	13.5	682			新安电机厂	1961	齿轮		50	48.57			1962.1
	第二溢洪道	首部	弧形闸门	YZ2001-8	18.5	697	276	Y	天津起重电机厂	2004.3	ZFY-360-280 改					江苏省泰兴减速机厂	2004.3
		首部	检修叠梁门	132M2-6	3.7	912	91	Y	江苏宏达起重电机有限公司	2010.12	QSC1Q-160					泰州市国威减速机有限责任公司	2010.12
	第三溢洪道	首部	弧形闸门	JZ42-8	16	718	280	Y	重庆第二电机厂	1979.5	ZS ₂ -125	Ⅲ-5-99		248.8	2670	成都电力修制厂	1979.3
		首部	检修叠梁门	ZDYD22-4	1.5	1380	40	Y	湖北华博三六电机有限公司	2015.9	QSC10-90					泰兴减速机股份有限公司	2015.1
	潮河输水隧洞	进水口	平板事故检修门	YZ225M-8	22			Y									
		出水口	弧形闸门	1LE0001-1DB2.3-3JA4	11	1465	108	Y/△	西门子股份公司	2018							
	潮河人防隧洞	闸门井	平板事故检修门	yzr280s-10	2×30	579	351	Y	无锡市宏泰电机股份有限公司	2019.8	DFY450-280					江苏省水利机械制造有限公司	2019.8
		出水口	弧形闸门	JZR62-10	45	576	780	Y	重庆第二电机厂	1975	QPQ-160T					上海电器成套厂	1976.8
	潮河泄空隧洞	进水口	平板事故检修门	JZP ₂ 52-10	45	576	780	Y	重庆第二电机厂	1975	圆柱齿轮					上海电器成套厂	
		出水口	弧形闸门	JZ ₂ 42-8	16	710	245	Y	上海起重电机厂	1979.4	圆柱齿轮					重庆第二电机厂	1978.5
	第九水厂	进水口	平板事故门	YZ250M ₁ -	30	694	462	Y	广东顺德电机厂	1989.9							

附录二 图表

	输水隧洞			8													
		进水口	拦污栅	YZ160M ₂ -6	7.5	948	132	Y	广东顺德电机厂	1993.2							
		支洞出口	平板检修门	Y160M-6	7.5		116	△	西安电机厂	1989.2							
		支洞出口	弧形闸门	JZ ₂ -42-8	16	709	220	Y	广东顺德电机厂	1987.8	涡轮			52		河南固始县机械厂	1994.7



表 26 密云水库启闭机基本情况统计表（三）

枢纽	建筑物名称	设置地点	闸门名称	制动器				磁铁				手摇机构							
				类型	力矩(kg.m)	制造单位	制造日期	类型	力矩(kg.m)	JC(%)	制造单位	制造日期	传动型式	传动比	摇速	施力(kg)	力矩(kg.m)	制造单位	制造日期
魏	白河发电隧洞	进水口	平板事故检修门	YWZ5-315/50	400-630	焦作市虹起制动器有限公司	2019.8												
		进水口	平板充水门	YWZ5-250/30	180-315	焦作市虹起制动器有限公司	2019.8												
		支洞出口	弧形闸门	YWZ5-315/30	250-400	焦作市虹起制动器有限公司	2019.8												
	白河泄空隧洞	闸门井	平板定轮检修门	YWZ5-200/20	112-224	焦作市虹起制动器有限公司													
			平板定轮工作门	ywz5-200/23	224	焦作市虹起制动器有限公司													
	走马庄隧洞	进水口	平板检修门	YWZ5-200/30	315	南京起重电器厂	2018.11												
		事故检修井	平板事故检修门	YWZB-400/45	1000	焦作市虹起制动器有限公司	20116												
		出口阀门																	
	调节池	小西库挡水闸	平板工作门	YWZ-300/45	630	中国重型机械总公司焦作制动器厂	2016						齿轮	1:50				杭州威帆传动机械有限公司	2016
		泄洪闸	弧形闸门										齿轮	2	21.5	14	450	郑州水工机械厂	1966.4
	南石骆驼坝下廊道	引水廊道进口	平板定轮门	YWZ20/25	20														
	内湖二号坝涵闸	涵闸进口	平板滑动门																
潮	第一溢洪道	首部	弧形闸门	TJ ₂ -300	50	上海重型机械厂	1968.9	MZD ₁ -300	1000	40	上海起重电器厂	1968.6		1.86		12	720		
		首部	平板检修门	TKT300/200	36														
	第二溢洪道	首部	弧形闸门	YWZ5-315/30		焦作市虹起制动器有限公司	2004.3												
		首部	检修叠梁门	YWZ5-200/E23		上海超城机电有限公司	2010.11						齿轮	2	21.5	14	450	郑州水工机械厂	1966.4
	第三溢洪道	首部	弧形闸门	TJ ₂ -300	50	上海起重电器厂	1978.1	KZD ₁ -300	92	40	成都解放中路机电设备厂	1978.1		3918		13.8		成都电力修制厂	1979.3
		首部	检修叠梁门																
	潮河输水隧洞	进水口	平板事故检修门	YW2300/45	63	河北省黄骅市五一机械有限公司	2004.2												
		出水口	弧形闸门																
	潮河人防隧洞	闸门井	平板事故检修门	ED-80/6 电力液压推动器	63-100	焦作市虹起制动器有限公司	2019.9												
		出水口	弧形闸门	TJZ-300	50	上海起重电器厂	1975.12	KZD ₁ -301	10	40	唐山市和平机电厂	1980.1							
	潮河泄空	进水口	平板事故检修门	TJ ₂ -300	50	上海起重电器厂	1974.1	KZD ₁ -	1000	40	上海起重电器厂	1974.1							

附录二 图表

	隧洞							300				2							
		出水口	弧形闸门																
	第九水厂 输水隧洞	进水口	平板事故门	TJ ₂ -300	500	重庆起重电器厂	1993.4	KZD ₁ -300	98	40	上海起重电器厂	1993.6							
		进水口	拦污栅	TJ ₂ -200	15	重庆起重电器厂	1992.8												
		支洞出口	平板检修门																
		支洞出口	弧形闸门																



表 27

密云水库闸门启闭机防腐情况统计表

枢纽	建筑物名称	设置地点	闸门名称	闸门及拉杆												启闭机及其它								备注
				单扇面积 (m ²)	合计 (m ²)	第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		单扇面积 (m ²)	合计 (m ²)	第一次		第二次		第三次		
						涂料	日期	涂料	日期	涂料	日期	涂料	日期	涂料	日期					涂料	日期	涂料	日期	
樞	白河发电隧洞	进水口	平板事故检修门	483	483	1	196 3	2	197 1	2	198 3	4	199 8	4	200 9	4	2009	4	201 6	457.1	457. 1		表中涂料代码 内容如下: 1.防锈漆， 面漆 2.环氧沥青 3.氯碳化乙烯 4.喷漆，环氧 银粉 5.喷漆，环氧	
		进水口	平板充水门																					
		支洞出口	弧形闸门	256.5	256.5	1	196 3	1	196 8	4	198 5	4	199 9	4	200 9	4	2009	4	201 6					
	白河泄空隧洞	闸门井	平板定轮检修门	252	252	1	198 2	4	198 3	4	200 1	4	201 4											
			平板定轮工作门	246	246	4	198 2	4	200 1															
	走马庄隧洞	进水口	平板检修门	301	301	1	196 3	2	198 4	4	199 5													
		事故检修井	平板事故检修门																					
	调节池	小西库挡水闸	平板工作门	90.9	182	2	197 0	1	199 8	4	200 5		201 3			4	2013							
		泄洪闸	弧形闸门	288.1	572.2	1	198 7	4	199 5	4	200 5		201 3			4	2013							
	南石骆驼坝下 廊道	引水廊道进口	平板定轮门			4	200 1	4	201 3															
内湖二号坝涵闸	涵闸进口	平板滑动门			4	200 0	4	201 4																
樞	第一溢洪道	首部	弧形闸门	639	3195	1	196 8	1	198 1	3	199 2	4	200 5											
		首部	平板检修门	450	450	1	196 7	3	199 2	4	200 5	4	200 5											
	第二溢洪道	首部	弧形闸门	648	3240	1	197 1	1	198 2	4	200 4	4	201 1					4	200 9					
		首部	检修叠梁门	74	814	1	197 4	4	199 5	4	201 2													
	第三溢洪道	首部	弧形闸门	1133	6798	1	198 3	4	199 7	4	200 3	4	201 1											
		首部	检修叠梁门	74	962	4	199 5	4	200 3	1	201 5													
	潮河输水隧洞	进水口	平板事故检修门	123	123	1	196 7	1	197 9	2	198 2	4	200 4			4	2014	1	200 8	1	2009			
		出水口	弧形闸门	125	125	4	197 0	2	198 7	4	199 5	4	200 4			4	2014	1	200 8					
	潮河人防隧洞	闸门井	平板事故检修门	685	685	4	199 3	4	200 9															
		出水口	弧形闸门	308	308	5	198 6	4	199 9	4	201 0													
	潮河泄空隧洞	进水口	平板事故检修门	246	246	2	198	4	200	4	201													

附录二 图表

							4		2		1												
		出水口	弧形闸门	118	118	5	199 4	4	200 2	4	201 4												
	第九水厂输水 隧洞	进水口	平板事故门	271.13	271.1 3	4	199 4	4	200 2														
		进水口	拦污栅			5	200 4																
		支洞出口	平板检修门	51	51	5	199 4	4	200 2														
		支洞出口	弧形闸门	38.01	38.01	5	199 4	1	200 2														



表 28

密云水库变压器统计表

序号	名称	数量	单位	规格型号	使用单位	使用性质	存放地点	供电区域	开始使用日期	使用年限
1	变压器	2	台	ZWB-12(800/10)	白河所	动力	变电站	办公楼、水库宾馆	2002.1	20年
2	变压器	1	台	S11-200/10	白河所	动力	水库医院后门	水库医院、老办公楼区	2008.10	20年
3	变压器	1	台	S7-1-315/10	白河所	动力	家属区四号楼	家属区	2006.8	20年
4	变压器	1	台	S11-400/10	白河所	动力	东院锅炉房	东院锅炉房	2014.00	20年
5	变压器	1	台	S11-200/10	白河所	动力	白河发电隧洞进口闸室	闸室、大坝路、坝上武警船队	2017.00	20年
6	变压器	1	台	S7-160/10	白河所	动力	京溪美食城	京溪美食城	1992.4	20年
7	变压器	1	台	S7-50/10	白河所	动力	京溪美食城东院	京溪美食城东院	1998.7	20年
8	变压器	1	台	S13-160/10	白河所	动力	千亩果园	千亩果园、调节池泄洪闸闸室、水文站	2017	20年
9	变压器	1	台	S7-100/10	白河所	动力	内湖	内湖绿化队	1995.11	20年
10	变压器	1	台	S11-315/10	白河所	动力	内湖二号坝	内湖二号坝过水涵闸闸室	2007	20年
11	变压器	1	台	S13-160/10	白河所	动力	二甲峪水文站	二甲峪水文站	2019	20年
12	变压器	1	台	S13-630/10	白河所	动力	饲料厂	林业管理所	2019	20年
13	变压器	1	台	S13-200/10	白河所	动力	走马庄副坝	走马庄隧洞、闸门班	2016	20年
14	变压器	1	台	S13-160/10	白河所	动力	苗圃	园艺管理所	2019	20年
15	变压器	1	台	S13-630/10	白河所	动力	河西仓库	河西仓库、水政执法大队	2019	20年
16	变压器	1	台		白河所	动力	小西库	小西库挡水闸闸室		
17	变压器	1	台	SZ1-20	白河所	动力	北白岩副坝	老船队、白河林业班	1963.9	20年
18	变压器	1	台	S11-100/10	白河所	动力	张家坟水文站	张家坟水文站	2013	20年
19	变压器	1	台	S9-30/10	白河所	动力	张家坟水文站	张家坟水文站	1999.4	20年
20	变压器	1	台	S11-500/35	潮河所	动力	潮河变电站	潮河地区	2011.1	20年
21	变压器	2	台	S9-M-250/10	潮河所	动力	第三溢洪道	二道、三道、三道小楼、变电站,采用双路自投供电	2004.7	20年
22	变压器	1	台	S11-125/10	潮河所	动力	潮河输水隧洞进口西侧	潮河输水隧洞、人防隧洞进出口闸室	2017.7	20年
23	变压器	1	台	S9-M-125/10	潮河所	动力	潮河输水隧洞事故井	潮河输水洞人防隧洞进出口闸室,备用电源	2004.7	20年
24	变压器	1	台	S11-M-100/10	潮河所	动力	第一溢洪道	第一溢洪道闸室、警卫室	2013.1	20年
25	变压器	1	台	S11-M-315/10	潮河所	动力	潮河所老办公楼	潮河所院内、潮河武警驻军排	2013.8	20年
26	变压器	1	台	S7-100/10	潮河所	动力	潮河所新办公楼后	潮河所内的备用电源	1987.4	20年
27	变压器	1	台	S11-100/10	潮河所	动力	潮河泄空隧洞出口	潮河泄空隧洞出口闸室	2015.7	20年
28	变压器	1	台	S11-100 /10	潮河所	动力	潮河泄空隧洞进口	潮河泄空隧洞进口闸室	2015.7	20年
29	变压器	2	台	SCB10-125/10	潮河所	动力	第九水厂输水隧洞出口	水九出口闸室、值班室	2019.5	20年

附录二 图表

30	变压器	2	台	SCB10-200/10	潮河所	动力	第九水厂输水隧洞进口	水九进口闸室、值班室	2019.5	20年
31	变压器	1	台	S11-200/10	潮河所	动力	下会水文站	下会水文站	2014.7	20年
合计		35								

表 29 密云水库发电机统计表

序号	名称	数量	单位	规格型号	功率(kw)	使用单位	供电区域	存放地点	开始使用日期	制式
1	发电机	1	台	BF-V700	500	白河管理所	防汛调度中心、宾馆	白河变电站	2009.11	固定
2	发电机	1	台	BF-V275S	200	白河管理所	白河地区应急	白河发电隧洞进口发电机房	2015.11	固定
3	发电机	1	台	LSA46.2M5	180	白河管理所	走马庄闸门班	走马庄闸门班	2014.11	固定
4	发电机	1	台	75Gf4	75	白河管理所	白河地区应急	白河变电站	1998.7	移动
5	发电机	1	台	BF-V142ST	100	白河管理所	白河地区应急	白河变电站	2014.1	移动
6	发电机	1	台	GF-300	250	白河管理所	老办公楼锅炉房	老办公楼锅炉房内	2012.11	固定
7	发电机	1	台	50GT	50	白河管理所	机械滤藻船	白河船队	2003.1	移动
8	发电机	1	台	GF-50	50	白河管理所	调节池管理站	调节池管理站	2012.5	固定
9	发电机	1	台	DF-v165s	200	白河管理所	张家坟水文站	张家坟水文站	2016.7	固定
10	发电机	1	台	GF120	120	潮河管理所	潮河地区办公楼、食堂	潮河所部	2008.10	固定
11	发电机	1	台	HFV300GF	300	潮河管理所	潮河地区办公楼、食堂	潮河所部	2013.12	固定
12	发电机	1	台	6135D-3	75	潮河管理所	第一溢洪道闸室	第一溢洪道	1993.8	固定
13	发电机	1	台	GF120	120	潮河管理所	第二溢洪道、第三溢洪道闸室	第三溢洪道	2014.5	移动
14	发电机	1	台	6BTAA5.9-G2	120	潮河管理所	第二溢洪道、第三溢洪道闸室	第三溢洪道	2014.8	固定
15	发电机	1	台	WD41/9	30	潮河管理所	下会水文站	下会水文站	2011.8	固定



合 计		1 5			2370				
--------	--	--------	--	--	------	--	--	--	--

表 30 密云水库高低压线路统计表

序号	起始地点	结束地点	电压等级	长度(km)	序号	起始地点	结束地点	电压等级	长度(km)
一	白河			25.85	二	潮河			16.7
1	明湖站	东院油开关	10kv	5.5	1	潮河变电站	潮河主坝南头	10kv	5
2	东院油开关	变电站	10kv	1.5	2	三道变压器	变电站、闸室	0.4kv	0.5
3	变电站	白河发电隧洞进口闸室	10kv	2.5	3	二道变压器	人防洞出口、二道闸室	0.4kv	0.8
4	果园西门	塑料厂	10kv	1	4	二道 变压器	输水隧洞出口	0.4kv	0.5
5	变电站	千亩果园	10kv	4	5	一道变压器	一道闸室	0.4kv	0.2
6	变电站	菜地、原养殖场	0.4kv	0.67	6	所内主变压器	果园泵房	0.4kv	1
7	发电隧洞	白河坝上武警、船队	0.4kv	0.23	7	所内主变压器	办公楼	0.4kv	1.5
8	发电隧洞	泄空洞	0.4kv	1.35	8	所内主变压器	所内配电柜	0.4kv	0.2
9	医院变压器	东院老办公楼、活动中心	0.4kv	0.5	9	所内主变压器	锅炉房	0.4kv	0.5
10	家属区变压器	家属楼、平房区	0.4kv	0.3	10	所内配电柜	驻军水泵房	0.4kv	0.2
11	管理处大门低压柜	鱼池家属区	0.4kv	0.38	11	泄空洞出口变压器	泄空洞出口闸室	0.4kv	0.5
12	河西配电室	河西家属区、河西仓库、水政大队	0.4kv	0.32	12	泄空洞进口变压器	泄空洞进口闸室	0.4kv	0.5
13	张家坟配电室	基本水尺断面	0.4kv	0.6	13	主坝路灯配电柜	主坝路灯	0.4kv	1.5
14	二甲峪变压器	二甲峪低压配电箱	0.4kv	0.04	14	穆庄路 174 支路	输水隧洞进口变压器	10kv	0.8
15	内湖二号坝变压器	二号坝闸室	0.4kv	0.06	15	其它低压线路		0.4kv	3
16	调节池变压器	调节池水泵	0.4kv	0.3	备注：	高压输电线路：20.3km 低压输电线路：22.5km			
17	下会村变压器	下会水文站	0.4kv	0.1					
18	下会水文站	河边缆道房	0.4kv	1.5					
19	其它低压线路		0.4kv	5					



表 31

密云水库工程管理保护范围

工程名称	管理范围			保护范围	备注
	工程向下游	工程右岸	工程左岸		
白河主坝	由坝脚至七孔桥公路范围	西坝头以西高山的南北坡	东坝头以东的南北坡	管理范围周围 150 米	左、右岸与水库林场相接
潮河主坝	1) 自坝脚向下游 300 米地区 2) 河滩公路以南地区 3) 南碱厂村南北街以西至坝脚地区	南山分水岭以下的北坡地区长 500 米	西家沟半山坡至环湖公路地区(其中包括沟北头六个台地)	管理范围周围 150 米	
北白岩副坝	由坝脚向下游至溪-青公路范围	西坝头至溪-青公路范围	东坝头以东 50 米范围	管理范围周围 100 米	
走马庄副坝	由坝脚至下游走马庄山口(施工时爆破过的)的分水岭地区	沿环湖路南山分水岭以下(向湖面)地区	东坝头以东 50 米范围	管理范围周围 100 米	
西石骆驼副坝	1) 由坝脚至小孤山地区, 往南平行坝轴线与南山电话杆相交 2) 小孤山的北沿线杆与北山头相接	由北坝头往北 50 米范围内	沿环湖路山的分水岭以下(向湖面)地区	管理范围周围 100 米	
南石骆驼副坝	由坝脚向下游 15-40 米	沿环湖路山的分水岭以下(向湖面)地区	气象观测场地以东 20 米, 路北气象站房以东 50 米	管理范围周围 100 米	
九松山副坝	由坝脚向下游 75-165	警卫楼南山分水岭以下的北坡地区	沿环湖路南山分水岭以下(向湖面)地区	管理范围周围 250 米	
调节池	由主坝脚向下游 200 米范围	由西堤坝脚往西 50 米范围	东副坝由坝脚向东至天然排水沟的东岸范围。北旧围堰段由坝脚以东 50-935 米范围	管理范围周围 50 米	
第一溢洪道	从挑流坎向下游 200 米	从溢洪道槽边墙外延 100-244 米	从溢洪道槽边墙外延 100-127 米	管理范围周围外延 100 米	
第二、第三溢洪道	从挑流坎向下游 200 米	从溢洪道槽边墙外延 100-145 米	从溢洪道槽边墙外延 100-208 米	管理范围周围外延 100 米	
潮河人防隧洞进、出口	从出口至上游 50 米, 至下游 242 米	建筑物外延 50-241 米	建筑物外延 50-105 米	管理范围周围外延 50 米	
潮河输水隧洞进、出口	从进口建筑物至上游 50 米, 从出口至下游 80 米	建筑物边外延 50-151 米	建筑物边外延 50-97 米	管理范围周围外延 50 米	
第九水厂输水隧洞进、出口	进口东至碱厂村山场, 南至环湖路, 西至碱厂村山场, 北至水库库区; 出口东至南穆家峪山坡, 西至南穆家峪山坡, 南至南穆家峪村非耕地, 北至南穆家峪山坡			管理范围周围外延 50 米	
库区	环湖公路以内(高程 160m 以下和库中岛全部包括 160m 以上部分), 库区管理范围线村庄段进行局部调整, 将村庄调出管理范围。			管理范围周围外延 50 米	
下会水文站	测流中断面向上游 100 米, 向下游 150 米共 370 米	原河岸岸顶	原河岸岸顶	174.23 高程以下	

附录二 图表

张家坟水文站	从测流上断面至下游面 500 米	距河中心 86 米	距河中心 86 米	管理范围周围外延 50 米	
--------	------------------	-----------	-----------	---------------	--



表 32

密云水库桥梁设施统计表

单位：密云水库管理处

2019 年 9 月

序号	桥梁名称	所在河流	修建年代	桥长 m	宽度 (m)	上部结构	荷载等级	设计单位	运行状况	备注
1	第一溢洪道公路桥	潮河	1960	58.80	10.20	T 型梁桥	汽-18, 拖-80	清华大学	中修	设计加固
2	第一溢洪道检修桥	潮河	1960	58.80		T 型梁桥		清华大学	中修	设计加固
3	第一溢洪道工作桥	潮河	1960	58.80	10.00	T 型梁桥		清华大学	中修	设计加固
4	第二溢洪道公路桥	潮河	1960	68.80	7.00	T 型梁桥	汽-18, 拖-80	清华大学	良好	2018 年检测
5	第二溢洪道检修桥	潮河	1960	68.80		T 型梁桥		清华大学	良好	2018 年检测
6	第二溢洪道工作桥	潮河	1960	68.80		T 型梁桥		清华大学	良好	
7	第三溢洪道公路桥	潮河	1978	86.00	7.00	T 型梁桥	汽-20, 拖-100	天津水利水电勘测设计研究院	良好	2018 年检测
8	第三溢洪道检修桥	潮河	1978	86.00	5.65	T 型梁桥		天津水利水电勘测设计研究院	良好	2018 年检测
9	第三溢洪道工作桥	潮河	1978	86.00	5.80	T 型梁桥		天津水利水电勘测设计研究院	良好	
10	潮河人防隧洞出口交通桥	潮河	1978					清华大学	良好	2015 年检测
11	潮河输水隧洞进口交通桥	潮河	2003					北京市水利规划设计研究院	良好	2018 年检测
12	潮河输水隧洞出口交通桥	潮河	1960					清华大学	良好	2018 年检测
13	调节池七孔桥	白河	1960	94.90	14.00	双曲拱桥	汽-18, 拖-80	北京市市政工程设计院	良好	2018 年检测

附录二 图表

14	调节池三孔桥	白河	1960	37.80	14.00	双曲拱桥	汽-18, 拖-80	北京市市政工程设计院	良好	2018 年检测
15	调节池泄洪闸公路桥	白河	1960	19.00	7.60	T 型梁桥	汽-18, 拖-80	清华大学	良好	
16	调节池泄洪闸工作桥	白河	1960	19.00	7.60	T 型梁桥		清华大学	良好	
17	白河横渠东桥	白河	1977	37.86	9.12	双曲拱桥	汽-18, 拖-80	清华大学	良好	2018 年检测
18	白河横渠中桥	白河	1977	18.40	6.00	T 型梁桥	20T	清华大学	良好	2018 年检测
19	白河横渠西桥	白河	1977	18.57	9.00	圆弧拱桥	40T	清华大学	良好	2018 年检测
20	铁路桥 1	白河	1960						良好	
21	铁路桥 2	白河	1960						良好	
22	南石骆驼坝下廊道交通桥	白河	2000	78.50	3.00			天津水利水电勘测设计研究院	良好	2018 年检测
23	白河泄空隧洞交通桥	白河	2000		4.50	简支梁桥		清华大学	良好	2018 年检测
24	走马庄隧洞交通桥	白河	1960					清华大学	良好	2018 年检测
25	内湖二号坝过水涵闸交通桥	白河	2000	8.30	2.50			天津水利水电勘测设计研究院	良好	2018 年检测

表 33 电葫芦基本情况统计表

序号	名称	数量	单位	型号	工作级别	起升重量	起升高度	额定电压	运行速度	起升速度	生产厂家	使用地点	管理单位	制造时间
1	钢丝绳电动葫芦	1	台	CD1 型	M3	5T	9M	380V	20M/min	8M/min	河南省中原矿山设备有限公司	第九水厂引水隧洞进口	潮河管理所	
2	钢丝绳电	1	台	XK06-106-	JC25	3T	6M	380	20M/	8M/	南京起重机械总	第二溢洪道	潮河	2004.



	动葫芦			3029CD1 型	%			V/ 220 V	min	min	厂		管理所	2
3	钢丝绳电 动葫芦	1	台	CD1 型	JC25 %	1T	12M	380 V/ 221 V	20M/ min	9M/ min	新乡华中起重机械有限公司	潮河输水隧 洞进口	潮河 管理所	2003. 2
4	电动单梁 起重机	1	台	CD1 型	中级	3T	6M	380 V	20M/ min	8M/ min	河南省卫华起重机械有限公司	第三溢洪道 叠梁库	潮河 管理所	2002. 5
5	钢丝绳电 动葫芦	1	台	CD1 型	JC25 %	1T	12M	380 V/ 221 V	20M/ min	8M/ min	新乡华中起重机械有限公司	白河发电隧 洞进口	白河 管理所	2003. 2

表 34 特种设备基本情况统计表

序号	名称	数量	单位	型号	额定载重量	电梯额定速度	速比	悬挂比	生产厂家	使用地点	管理单位	制造时间		
1	电 梯	1	台	YJ200A	750kg	1.0m/s	75:2	1:1	苏州通润驱动设备股份有限公司	第三溢洪道	潮河管理所	2018.8		
序号	名称	数量	单位	型号	工作级别	起升重量	起升高度	额定电压	运行速度	起升速度	生产厂家	使用地点	管理单位	制造时间
1	电动单梁起重机	1	台	CD1型	中级	3T	6M	380V	20M/min	8M/min	河南省卫华起重机械有限公司	第三溢洪道叠梁库	潮河管理所	2002.5



表 35 大坝渗流监测系统各端站设备分配表

序号	站点名称	渗压计	气压计	采集模块	信号转换模块
1	白河主坝左	15	1	1	1
2	白河主坝右	24		2	1
3	北白岩副坝	23	1	2	1
4	走马庄副坝	28	1	2	1
5	西石骆驼副坝	14	1	1	1
6	南石骆驼副坝	24	1	2	1
7	九松山副坝	28	1	2	1
8	潮河主坝左	16		1	1
9	潮河主坝右	13	1	1	1
10	第一溢洪道	20	1	2	1
11	第二溢洪道	15	1	1	1
12	第三溢洪道	10		1	1
13	合计	230	9	18	12

表 36 大坝渗流监测系统设备统计表

序号	设备名称	品牌/型号	单位	数量
1	网络服务器	联想/ TinkSystemST550	台	1
2	工控机	研华/IPC-610	台	1
3	数据采集装置	基康/BGK-Micro-VR— 16	台	18
4	数据采集单元箱	万邦/WB-MCU01	箱	18
5	振弦式渗压计	基康/BGK-4500 170kPa	支	10
6	振弦式渗压计	基康/BGK-4500 350kPa	支	200
7	振弦式渗压计	南京南瑞/NVP3.5	支	20
8	气压计	富奥通/FRT AP3	个	9
9	信号转换模块	宇泰/UT-2127 RE232-485	个	12
10	数据采集装置避雷器	瑞隆源/TD20 避雷器	个	18
11	渗压计避雷器	瑞隆源/TD20 避雷器	个	230
12	便携式读数仪	基康/BGK-408	台	2
13	电测水位计	基康/BGK-101	台	2



表 37 图像监控系统外围端站设备分配表

管段	编号	站名	稳压电源	UPS 主机及电 池	摄像机	摄像杆
白 河 地 区	1	小西库挡水闸	1	1	1	
	2	白河电厂	1	1	1	1
	3	北白岩副坝	1	1	1	1
	4	白河主坝左岸	1	1	1	1
	5	白河主坝右岸	1	1	1	1
	6	走马庄副坝	1	1	1	1
	7	西石骆驼副坝	1	1	1	1
	8	荞麦峪防火塔	1	1	1	
	9	南石骆驼副坝	1	1	1	1
潮 河 地 区	10	九松山副坝	1	1	2	2
	11	九松山防火塔		1	1	
	12	水九进口	1	1	2	1
	13	潮河主坝左岸	1	1	1	1
	14	潮河主坝右岸	1	1	1	1
	15	潮河输水洞出口	1	1	1	1
	16	潮河人防洞出口			1	1
	17	第一溢洪道	1	1	1	1
	18	第二溢洪道	1	1	1	1
	19	第三溢洪道	1	1	1	1
入 站	20	张家坟水文站			1	
	21	下会水文站			1	
总计			17	18	23	17

表 38 图像监控系统设备统计表

序号	设备名称	品牌/型号	单位	数量
1	端站摄像机	派尔高/ES31CBW35-5N-X	20	20
2	入库站摄像机	海康威视/DS-2DE7223AY-A	2	2
3	水九进口夜视仪	宏源光电/KTH-IR	台	1
4	NTK 光端机	英飞拓/NTK3753	台	18
5	入库站监视器	海康威视/DS-5022FL	台	2
6	入库站硬盘录像机	海康威视/DS-7608NB	套	2
7	UPS 不间断电源	CSTK/1Kva	台	18
8	稳压电源	山特/3KVA	台	17
9	中心站硬盘录像机	海康威视/HIK/DS-8832HQH-K8	台	2
10	中心站控制键盘	英飞拓/V2115	台	3
11	中心站视频分配器	迅维/8 分 24	台	3
12	中心站矩阵	英飞拓/16/24	台	1
13	中心站光端机	锐盟/RM-16VIFD	台	2
14	中心站监视器	薇图/VT-M2150	台	3
15	机房视频分配器	迅维/4 分 32	台	3
16	机房光端机	锐盟/RM-16VIFD	台	4



表 39 通信设备统计表

序号	设备名称	品牌/型号	单位	数量
1	OTN 节点机	德国西门子/OTN600 N215	块	2
2	OTN 主控卡	德国西门子/OTN600 N215	块	2
3	OTN 电源	德国西门子/ N215	块	3
4	OTN2 线模拟语音卡	德国西门子/12L VOI-T	块	2
5	OTN2 线模拟语音卡	德国西门子/12L VOI-P	块	2
6	OTN 数据接口卡	德国西门子/R SXMM	块	2
7	OTN 铃流产生卡	德国西门子/N215	块	2
8	OTN 以太网接口卡	德国西门子/10M/100M	块	3
9	OTN4 端口图像输入接口卡	德国西门子/VID4-IN-X4	块	3
10	OTN4 端口图像输出接口卡	德国西门子/VID4-OUT- X4	块	3
11	OTN 网管系统（含一台便携电 脑）	方正电脑/邵阳 E310	台	1

表 40 网络系统设备表

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	制造厂名
1	核心交换机	Cisco 4506	台	2	思科
2	汇聚交换机	Cisco 3750	台	2	思科
3	楼层交换机	Cisco 2960	台	25	思科
4	路由器	Cisco 2600、Cisco 2800	台	5	思科
5	防火墙	Cisco 5520	台	1	思科
6	深信服行为管理	1200	台	1	思科
7	360 网神	无	台	1	思科
	合计			37	



表 41 密云水库大坝变形监测自动化系统仪器统计表

序号	设备名称	设备型号	单位	数量及安装位置	
				白河主坝	潮河主坝
1	GPS 监测站	SDM-01	套	29	23
2	GPS 基准站	SDM-01	套	2	2
3	静力水准监测站	SZZ-501	套	88	70
4	静力水准基准站	SZZ-501	套	10	10
5	现场主控单元	FCU-501	套	15	15
	小计		套	144	120
	合计			264	
6	数据处理分析服务器	IBM X3750	台	1	
7	监控中心软件	GDM-01	套	1	

潮河枢纽 10KV 高压供电线路及设备布置图

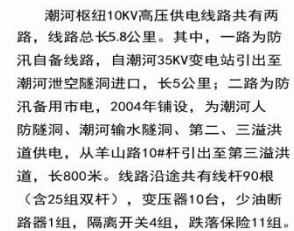




图 2

白河枢纽 10KV 高压供电线路及设备布置图

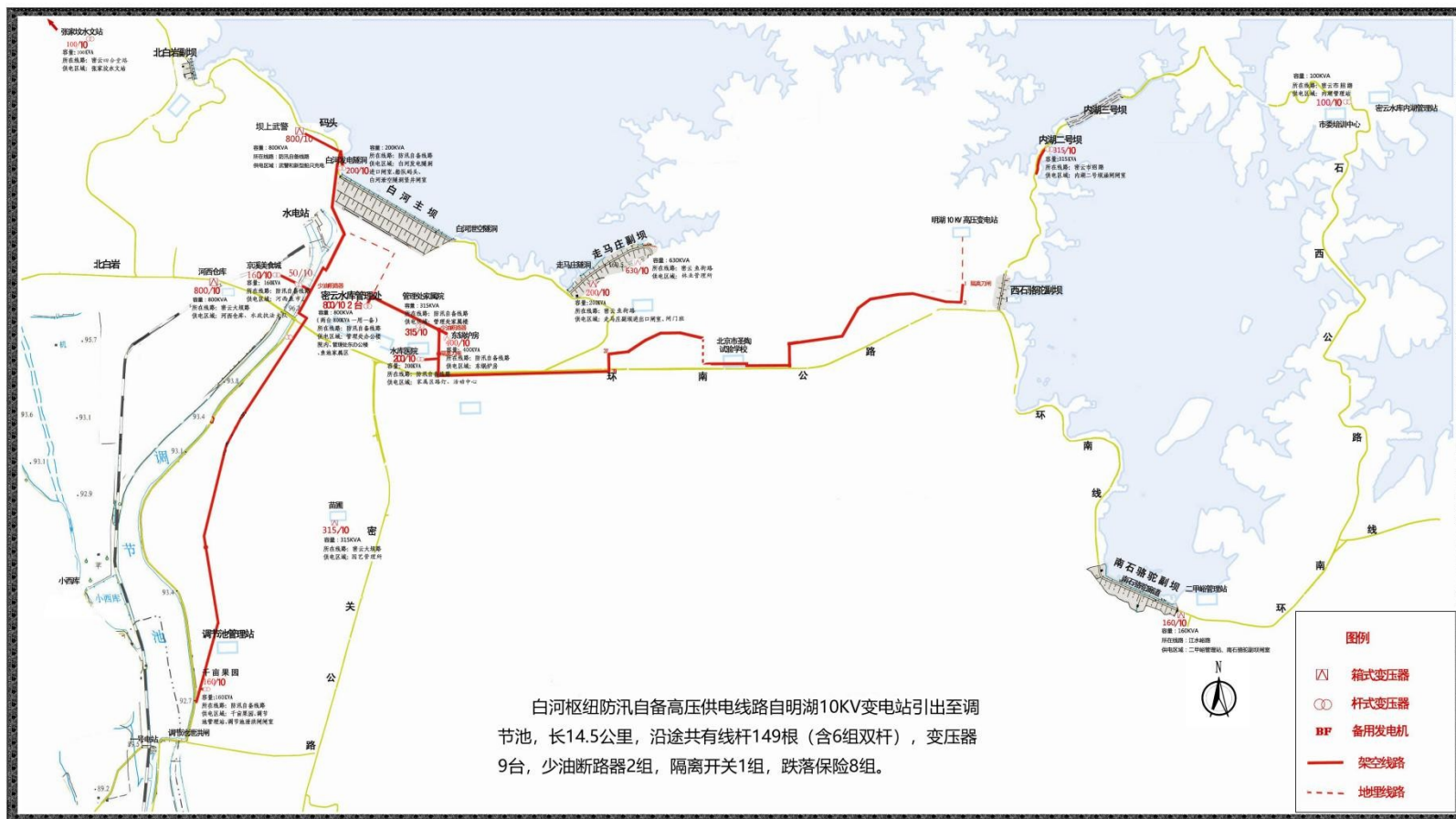


图 3 密云水库流域示意图

图 4 密云水库枢纽工程布置示意图