**南水北调中线一期工程安全风险评估**

**大宁管理所风险防控手册**

**水利部水利水电规划设计总院**

**长江勘测规划设计研究有限责任公司**

**中国水利水电科学研究院**

**2018年8月**

目 录

[前言 1](#_Toc524643489)

[1 工程概况 3](#_Toc524643490)

[2 风险等级 10](#_Toc524643491)

[2.1 风险等级标准 10](#_Toc524643492)

[2.2 风险量值分布图 11](#_Toc524643493)

[3 输水总干渠风险防控措施 15](#_Toc524643494)

[3.1 建筑物风险事件及因子 15](#_Toc524643495)

[3.2 建筑物风险预防措施 20](#_Toc524643496)

[3.3 建筑物风险控制措施 25](#_Toc524643497)

[3.4 工程运行调度 30](#_Toc524643498)

[4 综合评价及工作建议 43](#_Toc524643499)

前言

（一）本手册所述风险等级基于2018年8月完成的风险评估成果，提出的防控措施也是以本次评估成果为基础的，供运行管理单位参考。风险因子、风险事件的可能性和影响严重性在工程全寿命期内会随时间延续和条件变化而有所变化，需另行开展针对性的风险评估，风险防控措施也应及时调整修正。本手册提出的各项措施不能替代管理单位的各项管理制度、条例及规程等。

（二）基本定义

风险因子：指可能导致风险事件发生的源事件或初始事件，是发生风险事件的驱动力。

风险事件：指能够触发项目偏离目标结果的事件，即：如果风险事件发生，将对项目目标带来不确定的影响，影响工程的安全性、适用性、耐久性。

风险量值：指风险事件发生的可能性指数与风险事件后果的严重性指数的乘积，用以表示风险的高低。风险可能性和后果严重性指数均为1～5区间内的数值，风险量值为1～25之间的数值。

风险等级：根据风险的可接受程度和需采取的防控措施类型不同将风险量值区间划分为Ⅰ～Ⅳ级4个等级。

（三）风险量值分布图标识了管理处所辖范围的风险沿输水总干线分布情况，包括工程风险量值分布图、调度运行风险量值分布图、综合风险量值分布图。风险量值分布图中风险量值、风险等级、风险描述、风险对策之间的关系见第“2.1”节。

（1）工程风险量值分布图中包括管理处所辖范围的PCCP管等建筑物的风险。

（2）调度运行风险量值分布图包括调度运行系统风险、冰期调度风险、水质调度风险。

（3）综合风险量值分布图指对工程风险、调度运行风险进行集成后的综合风险。

（四）风险防控措施分为预防措施及控制措施。风险预防措施针对风险因子提出；风险控制措施针对风险事件及其后果提出。

（五）一个建筑物可能存在若干个风险事件，每个风险事件又可能由若干个风险因子引起。当风险事件尚未发生时，可根据“风险事件及风险因子一览表”对可能导致风险事件发生的风险因子进行排查监控，再根据“预防措施一览表”视情况采取相应预防措施；当风险事件已经发生时，可根据“控制措施一览表”采取相应的措施。

（六）风险防控手册中管理处起止桩号由南水北调工程设计管理中心提供，可能与个别管理处实际管辖范围略有出入。

1 工程概况

大宁管理所自惠南庄泵站出水管至大宁调压池南侧，进口位于房山区大石窝镇的惠南庄，接惠南庄泵站的出水管，经杨家庄向北穿房易公路，再穿南泉水河、牤牛河 及瓦井河，在新街和辛庄之间再次穿房易公路，然后穿琉周支线、周口河、牛口 峪水库下游，沿房山西北关穿北关环岛、燕化专用线、大石河、良陈支线、哑叭 河、京石高速公路及西长、京广铁路线，在长阳化工厂东南穿小清河后折向北， 经高佃村、大宁村东，输水干线终点至大宁水库副坝下新建的大宁调压池。

本段工程起止桩号K1199+859.8～K1256+362.8，全长56.503km，包括 PCCP 管道工程（双排内径 4.0m 的预应力钢筒混凝土管）、大宁调压池工程和分水控制闸工程。加压设计流量为50m3/s，加大流量为60m3/s，自流小流量20m3/s。输水型式主要为有压输水，均为平行2条输水PCCP干管，管径4m，管道总长度为2×56.359km，分段压力为0.8MPa、0.6MPa、0.4MPa。输水干线共设 5 处分水口，管道全线共设 3 处连通设施、排气阀井 102 座（其中设置人孔、排气阀井27处）、放空阀井 19 座、末端控制蝶阀井 1 座、事故检修井 2座。管道主要沿低山、丘陵地带暗埋，穿越隧洞2处、穿越铁路 4 处，穿越等级公路 17 处（其中 9 处为市级路，其余为 区县 2~3 级路）、27处穿越主要沟河、194处穿越各类市政地下管线。

大宁调压池起点为压力管道出口上游 58m 处，终点为下游永定河倒虹吸进口上游 18.79m 处，起点桩号为K 1256+258.8，终点桩号为K1256+347.8。调压池沿PCCP管道出口中心线为轴线对称布置，采用方形台地中央布置圆形钢筋混凝土水池的结构，内径 81m，顺水流向长度89m。起始段底高程与压力管道管内底齐平为 46.50~46.30m，长 15m，其余池底高程 46.80m。调压池周圈池壁采用扶臂式钢筋混凝土挡墙结构，高度 16.2m，池顶高程63.00。池顶外布置环形甬道，甬道宽 6m，甬道高程 62.00。甬道外侧为边长 116m 的台地，台地边距甬道外侧挡墙最近距离 10.5m，台地高程 59.00。台地外以 1:2.5 的斜坡坡向现状地面。

分水控制闸包括永定河倒虹吸进口闸、南干渠分水闸、永定河倒虹吸退水闸，其并列布置，2孔一联，其桩号范围为K1256+347.8～K1256+362.8，长15m。永定河倒虹吸进口闸、南干渠分水闸尺寸均为2孔×3.4m×3.8m，长15m，设计分水流量30m3/s，加大分水流量35m3/s。永定河倒虹吸退水闸尺寸为2孔×2.7m×3.0m。

主要工程建筑物为1级，防洪标准为100年一遇洪水设计，小型河流200年一遇洪水校核，大型河流300年一遇洪水校核。主要建筑物地震设防烈度为7度。

大宁管理所工程特性见表1-1。

表1-1 大宁管理所工程特性表

| 序号 | 输水渠系建筑物名称 | 起点桩号 | 终点桩号 | 长度 | 工程特性 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | PCCP管道 | 1199+859.8 | 1204+707.8 | 4848 | 穿越农田 |
| 2 | PCCP管道 | 1204+707.8 | 1204+773.8 | 66 | 穿越房易路公路,顶管长32m |
| 3 | PCCP管道 | 1204+773.8 | 1205+101.8 | 328 | 穿越农田 |
| 4 | PCCP管道 | 1205+101.8 | 1205+181.8 | 80 | 穿越南泉水河段PCCP管,限制管顶覆土深度≤10m |
| 5 | PCCP管道 | 1205+181.8 | 1205+319.8 | 138 | 穿越农田 |
| 6 | 1#连通 | 1205+319.8 | 1205+399.8 | 80 | 连通设施，南泉水河北岸 |
| 7 | PCCP管道 | 1205+399.8 | 1207+264.8 | 1865 | 穿越农田 |
| 8 | PCCP管道 | 1207+264.8 | 1207+324.8 | 60 | 穿越下房村沟河流 |
| 9 | PCCP管道 | 1207+324.8 | 1209+203.8 | 1879 | 穿越农田 |
| 10 | PCCP管道 | 1209+203.8 | 1209+223.8 | 20 | 穿越岔子南沟河流 |
| 11 | PCCP管道 | 1209+223.8 | 1209+569.8 | 346 | 穿越农田 |
| 12 | PCCP管道 | 1209+569.8 | 1209+589.8 | 20 | 穿越岔子北沟河流 |
| 13 | PCCP管道 | 1209+589.8 | 1209+912.8 | 323 | 穿越农田 |
| 14 | PCCP管道 | 1209+912.8 | 1209+950.8 | 38 | 穿越云居寺路公路 |
| 15 | PCCP管道 | 1209+950.8 | 1210+330.8 | 380 | 穿越农田 |
| 16 | PCCP管道 | 1210+330.8 | 1210+390.8 | 60 | 穿越北泉水河河流 |
| 17 | PCCP管道 | 1210+390.8 | 1211+294.8 | 904 | 穿越农田 |
| 18 | PCCP管道 | 1211+294.8 | 1211+354.8 | 60 | 穿越西甘池北河河流 |
| 19 | PCCP管道 | 1211+354.8 | 1211+919.8 | 565 | 穿越农田，限制管顶覆土深度≤10m |
| 20 | PCCP管道 | 1211+919.8 | 1211+969.8 | 50 | 穿越北甘池北河河流 |
| 21 | PCCP管道 | 1211+969.8 | 1212+449.8 | 480 | 穿越农田 |
| 22 | 洞内埋管PCCP管 | 1212+449.8 | 1212+739.8 | 290 | 穿越西甘池隧洞 |
| 23 | PCCP管道 | 1212+739.8 | 1213+342.8 | 603 | 穿越农田 |
| 24 | PCCP管道 | 1213+342.8 | 1213+387.8 | 45 | 穿越龙下路公路 |
| 25 | PCCP管道 | 1213+387.8 | 1214+441.8 | 1054 | 穿越农田 |
| 26 | PCCP管道 | 1214+441.8 | 1214+511.8 | 70 | 穿越牤牛河区间河流 |
| 27 | PCCP管道 | 1214+511.8 | 1215+730.8 | 1219 | 穿越农田 |
| 28 | PCCP管道 | 1215+730.8 | 1215+770.8 | 40 | 穿越岳圣路公路 |
| 29 | PCCP管道 | 1215+770.8 | 1215+908.3 | 137.5 | 穿越农田 |
| 30 | PCCP管道 | 1215+908.3 | 1215+973.3 | 65 | 穿越西周各庄南沟河流 |
| 31 | PCCP管道 | 1215+973.3 | 1216+424.8 | 451.5 | 穿越农田 |
| 32 | PCCP管道 | 1216+424.8 | 1216+494.8 | 70 | 穿越东周各庄北沟河流 |
| 33 | PCCP管道 | 1216+494.8 | 1218+882.8 | 2388 | 穿越农田，东周各庄东侧HD17+310~HD17+431，废石坑及废窑基础处理 |
| 34 | PCCP管道 | 1218+882.8 | 1218+952.8 | 70 | 穿越红光厂南沟河流 |
| 35 | PCCP管道 | 1218+952.8 | 1219+817.8 | 865 | 穿越农田 |
| 36 | PCCP管道 | 1219+817.8 | 1219+861.8 | 44 | 穿越红新路公路，岩溶地基 |
| 37 | PCCP管道 | 1219+861.8 | 1220+235.8 | 374 | 穿越农田，岩溶地基 |
| 38 | PCCP管道 | 1220+235.8 | 1220+315.8 | 80 | 穿越河流，穿越瓦井河段PCCP管，岩溶地基 |
| 39 | PCCP管道 | 1220+315.8 | 1220+719.8 | 404 | 穿越农田，岩溶地基 |
| 40 | 2#连通设施 | 1220+719.8 | 1220+799.8 | 80 | 连通设施，辛庄西南 |
| 41 | PCCP管道 | 1220+799.8 | 1221+195.3 | 395.5 | 穿越农田，HD20+941~HD21+150段岩溶地基 |
| 42 | PCCP管道 | 1221+195.3 | 1221+282.3 | 87 | 穿越房易公路公路,顶管长43m |
| 43 | PCCP管道 | 1221+282.3 | 1222+048.8 | 766.5 | 穿越农田 |
| 44 | PCCP管道 | 1222+048.8 | 1222+090.8 | 42 | 穿越琉周支线铁路 |
| 45 | PCCP管道 | 1222+090.8 | 1222+241.8 | 151 | 穿越农田，周口店河HD22+350~HD22+382，阻隔地下水 |
| 46 | PCCP管道 | 1222+241.8 | 1222+301.8 | 60 | 穿越周口店河段河流 |
| 47 | PCCP管道 | 1222+301.8 | 1223+922.8 | 1621 | 穿越农田，周口店河HD22+442~HD22+650，阻隔地下水 |
| 48 | PCCP管道 | 1223+922.8 | 1224+002.8 | 80 | 穿越京周路公路,顶管长80m |
| 49 | PCCP管道 | 1224+002.8 | 1224+326.8 | 324 | 穿越农田 |
| 50 | PCCP管道 | 1224+326.8 | 1224+356.8 | 30 | 穿越云峰寺沟河流 |
| 51 | PCCP管道 | 1224+356.8 | 1225+397.8 | 1041 | 穿越农田 |
| 52 | PCCP管道 | 1225+397.8 | 1225+457.8 | 60 | 穿越马刨泉河河流 |
| 53 | PCCP管道 | 1225+457.8 | 1226+565.8 | 1108 | 穿越农田 |
| 54 | PCCP管道 | 1226+565.8 | 1226+585.8 | 20 | 穿越地震台沟河流 |
| 55 | PCCP管道 | 1226+585.8 | 1227+539.8 | 954 | 穿越农田 |
| 56 | PCCP管道 | 1227+539.8 | 1227+639.8 | 100 | 穿越西沙河河流 |
| 57 | PCCP管道 | 1227+639.8 | 1228+668.8 | 1029 | 穿越农田 |
| 58 | PCCP管道 | 1228+668.8 | 1228+738.8 | 70 | 穿越东沙河河流 |
| 59 | PCCP管道 | 1228+738.8 | 1228+792.8 | 54 | 穿越农田 |
| 60 | PCCP管道 | 1228+792.8 | 1228+892.3 | 99.5 | 穿越万窑路公路 |
| 61 | PCCP管道 | 1228+892.3 | 1229+290.8 | 398.5 | 穿越农田 |
| 62 | PCCP管道 | 1229+290.8 | 1229+350.8 | 60 | 穿越燕化专用支线铁路 |
| 63 | PCCP管道 | 1229+350.8 | 1231+214.8 | 1864 | 穿越农田，其中丁家洼村南HD30+150~HD30+545段为深挖方包封管段 |
| 64 | PCCP管道 | 1231+214.8 | 1231+304.8 | 90 | 穿越丁家洼河段PCCP管 |
| 65 | PCCP管道 | 1231+304.8 | 1231+768.8 | 464 | 穿越农田 |
| 66 | PCCP管道 | 1231+768.8 | 1231+848.8 | 80 | 穿越顾八路公路,顶管长38m |
| 67 | PCCP管道 | 1231+848.8 | 1231+937.8 | 89 | 穿越农田 |
| 68 | PCCP管道 | 1231+937.8 | 1232+031.8 | 94 | 穿越大件路公路,顶管长39m |
| 69 | PCCP管道 | 1232+031.8 | 1234+601.8 | 2570 | 穿越农田 |
| 70 | PCCP管道 | 1234+601.8 | 1235+113.8 | 512 | 穿越大石河段PCCP管 |
| 71 | PCCP管道 | 1235+113.8 | 1236+753.8 | 1640 | 穿越农田 |
| 72 | PCCP管道 | 1236+753.8 | 1236+783.8 | 30 | 穿越良陈支线铁路 |
| 73 | PCCP管道 | 1236+783.8 | 1237+040.3 | 256.5 | 穿越农田 |
| 74 | PCCP管道 | 1237+040.3 | 1237+104.8 | 64.5 | 阎东路公路 |
| 75 | PCCP管道 | 1237+104.8 | 1237+769.8 | 665 | 穿越农田 |
| 76 | 洞内埋管PCCP管 | 1237+769.8 | 1238+249.8 | 480 | 穿越崇青隧洞隧洞 |
| 77 | PCCP管道 | 1238+249.8 | 1239+778.8 | 1529 | 穿越农田，崇青隧洞出口~崇青西干渠段，其中HD38+900~HD39+030段为深挖方包封管段 |
| 78 | PCCP管道 | 1239+778.8 | 1239+798.8 | 20 | 穿越岗上南沟河流 |
| 79 | PCCP管道 | 1239+798.8 | 1240+019.8 | 221 | 穿越农田 |
| 80 | 3#连设施 | 1240+019.8 | 1240+099.8 | 80 | 连通设施，界各庄西 |
| 81 | PCCP管道 | 1240+099.8 | 1241+057.8 | 958 | 穿越农田 |
| 82 | PCCP管道 | 1241+057.8 | 1241+093.8 | 36 | 穿越阎吕路公路 |
| 83 | PCCP管道 | 1241+093.8 | 1241+576.8 | 483 | 穿越农田 |
| 84 | PCCP管道 | 1241+576.8 | 1241+606.8 | 30 | 穿越刺猬河西支1河流 |
| 85 | PCCP管道 | 1241+606.8 | 1241+968.8 | 362 | 穿越农田，刺猬河段阻隔地下水 |
| 86 | PCCP管道 | 1241+968.8 | 1242+018.8 | 50 | 穿越刺猬河西支2河流 |
| 87 | PCCP管道 | 1242+018.8 | 1242+214.8 | 196 | 穿越农田 |
| 88 | PCCP管道 | 1242+214.8 | 1242+284.8 | 70 | 穿越刺猬河东支河流 |
| 89 | PCCP管道 | 1242+284.8 | 1242+595.8 | 311 | 穿越农田 |
| 90 | PCCP管道 | 1242+595.8 | 1242+631.8 | 36 | 穿越良坨路公路 |
| 91 | PCCP管道 | 1242+631.8 | 1245+343.8 | 2712 | 穿越农田 |
| 92 | PCCP管道 | 1245+343.8 | 1245+393.8 | 50 | 穿越米粮屯沟河流 |
| 93 | PCCP管道 | 1245+393.8 | 1246+197.8 | 804 | 穿越农田 |
| 94 | PCCP管道 | 1246+197.8 | 1246+261.8 | 64 | 穿越良三路公路 |
| 95 | PCCP管道 | 1246+261.8 | 1247+120.8 | 859 | 穿越农田 |
| 96 | PCCP管道 | 1247+120.8 | 1247+200.8 | 80 | 穿越哑叭河段河流 |
| 97 | PCCP管道 | 1247+200.8 | 1248+114.3 | 913.5 | 穿越农田 |
| 98 | PCCP管道 | 1248+114.3 | 1248+195.3 | 81 | 穿越京石高速路公路,顶管长81m |
| 99 | PCCP管道 | 1248+195.3 | 1248+942.3 | 747 | 穿越农田 |
| 100 | PCCP管道 | 1248+942.3 | 1248+993.3 | 51 | 穿越京保路公路,顶管长51m |
| 101 | PCCP管道 | 1248+993.3 | 1249+707.8 | 714.5 | 穿越农田 |
| 102 | PCCP管道 | 1249+707.8 | 1249+843.8 | 136 | 穿越西长、京广支线铁路，防护结构内穿PCCP管 |
| 103 | PCCP管道 | 1249+843.8 | 1251+399.8 | 1556 | 穿越农田 |
| 104 | PCCP管道 | 1251+399.8 | 1251+609.8 | 210 | 穿越小清河段PCCP管 |
| 105 | PCCP管道 | 1251+609.8 | 1253+857.8 | 2248 | 穿越农田 |
| 106 | PCCP管道 | 1253+857.8 | 1253+919.8 | 62 | 穿越新长韩路公路 |
| 107 | PCCP管道 | 1253+919.8 | 1254+244.8 | 325 | 穿越农田 |
| 108 | PCCP管道 | 1254+244.8 | 1254+280.8 | 36 | 穿越旧长韩路公路 |
| 109 | PCCP管道 | 1254+280.8 | 1256+188.8 | 1908 | 穿越农田，其中HD54+538~HD54+708段为深挖方混凝土包封埋管段 |
| 110 | 末端控制阀井 | 1256+188.8 | 1256+258.8 | 70 | 控制阀井，2DN3600钢管+2DN2400钢管 |
| 111 | 调压池 | 1256+258.8 | 1256+347.8 | 89 | 大宁调压池工程,圆形钢筋混凝土池 |
| 112 | 燕化和向房山分水口 | 1199+889.8 |  |  | 燕化分水口向左分水流量5m3/s；向房山分水口，右分水流量2m3/s |
| 113 | 良乡分水口 | 1243+559.8 |  |  | 向右侧分水流量3.5m3/s |
| 114 | 王佐分水口 | 1246+649.8 |  |  | 向左侧分水流量1.0m3/s |
| 115 | 长辛店分水口 | 1252+924.8 |  |  | 向左侧分水流量2.5m3/s |
| 116 | 永定河倒虹吸进口闸室 | 1256+347.8 | 1256+362.8 |  | 控制闸，2孔×3.4m×3.8m，长15m，设计分水流量30m3/s，加大分水流量35m3/s |
| 117 | 南干渠分水闸 | 1256+347.8 | 1256+362. |  | 控制闸，2孔×3.4m×3.8m，长15m，设计分水流量30m3/s，加大分水流量35m3/s |
| 118 | 永定河倒虹吸退水闸室 | 1256+347.8 | 1256+362. |  | 控制闸，2孔×2.7m×3.0m，长15m |

2 风险等级

2.1 风险等级标准

风险等级标准见表2-1。

表2-1 风险等级标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **风险等级** | I | II | III | IV |
| **风险量值** | [1,4] | （4,9] | （9,15] | （15，25] |
| **风险描述** | 低风险 | 一般风险 | 较大风险 | 重大风险 |
| 可接受风险 | 可容忍风险 | 不可接受风险 | 极高风险 |
| **风险对策** | 关注 | 监控 | 采取措施 | 采取紧急措施 |

Ⅰ级风险为低风险，属于可接受风险，对策措施为关注，维持正常的监测频次和日常巡视。

Ⅱ级风险为一般风险，对策措施为监控，加强监测和日常巡视，必要时需采取措施进行风险控制。当风险处理资金有限时，属于可容忍风险，应根据风险因子重要性排序，确保主要风险因子得以处理。

Ⅲ级风险为较大风险，属于不可接受风险，对策措施为采取措施，针对各主要风险因子分别采取预防、消除、规避、减免风险事故发生的措施，使风险等级降至可容忍或可接受的水平。

Ⅳ级风险为重大风险，属于极高风险，对策措施为采取紧急措施，减免风险，同时准备好应急预案，一旦发生险情，及时开展修复、补救等抢险措施。

2.2 风险量值分布图

2.2.1 工程风险量值分布图



图2-1 工程风险量值分布图

2.2.2 洪水风险量值分布图

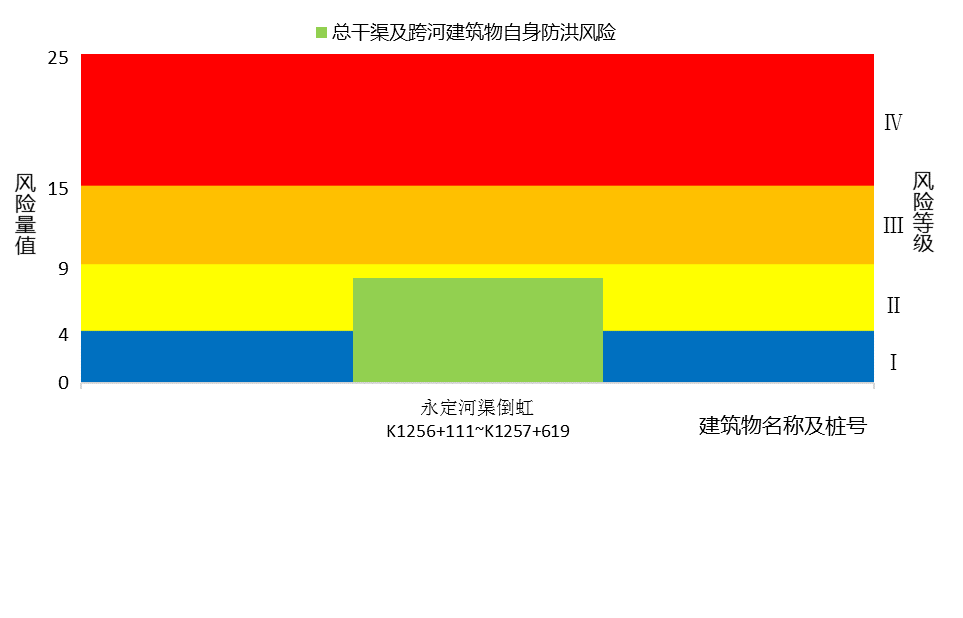


图2-2 洪水风险量值分布图

2.2.3 调度运行风险量值分布图



图2-3 调度运行风险量值分布图

2.2.4 综合风险量值分布图

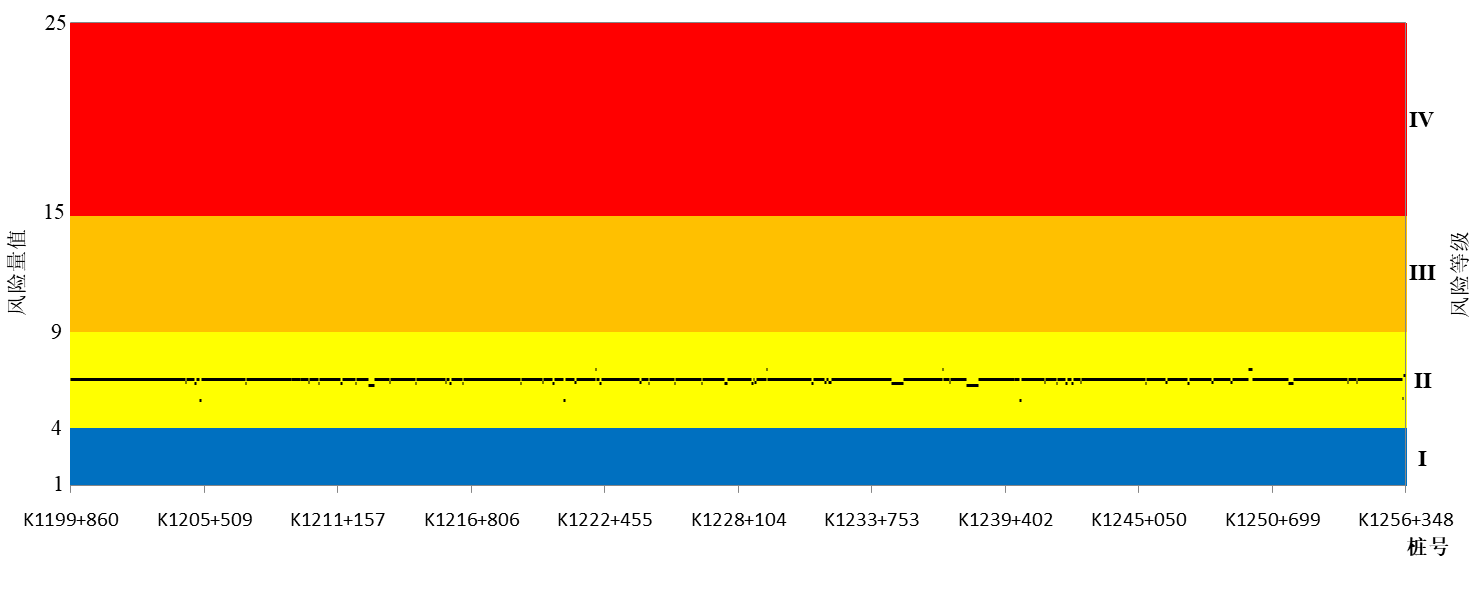


图2-4 综合风险量值分布图

3 输水总干渠风险防控措施

3.1 建筑物风险事件及因子

表3.1-1 建筑物风险事件及风险因子一览表

| 序号 | 建筑物名称 | 桩号 | 风险量值 | 主要风险事件 | 主要风险因子（按重要性排序） | 对应风险防范措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1，2 | 穿越农田PCCP管道 | 1199+859.8~1204+707.8 ，1204+773.8~1205+101.8 | 8 | 管身破裂失效 | 工程自身 | 1-7 |
| 3，4 | 1205+181.8~1205+319.8 ，1205+399.8~1207+264.8 | 管顶违章超载 | 1-5 |
| 5，6 | 1207+324.8~1209+203.8 ，1209+223.8~1209+569.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 7，8 | 1209+589.8~1209+912.8 ，1209+950.8~1210+330.8 | 保护范围内违章活动 | 1-4 |
| 9，10 | 1210+390.8~1211+294.8 ，1211+354.8~1211+919.8 | 管节整体错位变形失稳 | 保护范围内违章活动 | 1-4 |
| 11，12 | 1211+969.8~1212+449.8 ，1212+739.8~1213+342.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 13，14 | 1213+387.8~1214+441.8 ，1214+511.8~1215+730.8 | 管顶违章超载 | 1-5 |
| 15，16 | 1215+770.8~1215+908.3 ，1215+973.3~1216+424.8 | 镇墩变形失稳 | 保护范围内违章活动 | 1-4 |
| 17，18 | 1216+494.8~1218+882.8 ，1218+952.8~1219+817.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 19，20 | 1219+861.8~1220+235.8 ，1220+315.8~1220+719.8 | 过流能力下降 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 21，22 | 1220+799.8~1221+195.3 ，1221+282.3~1222+048.8 | 管身漏水 | 管顶违章超载 | 1-5 |
| 23，24 | 1222+090.8~1222+241.8 ，1222+301.8~1223+922.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 25，26 | 1224+002.8~1224+326.8 ，1224+356.8~1225+397.8 | 阀井堵塞和被淹没 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 27，28 | 1225+457.8~1226+565.8 ，1226+585.8~1227+539.8 | 低温冻融 | 1-2 |
| 29，30 | 1227+639.8~1228+668.8 ，1228+738.8~1228+792.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 31，32 | 1228+892.3~1229+290.8 ，1229+350.8~1231+214.8 | 材料老化 | 工程自身 | 1-7 |
| 33，34 | 1231+304.8~1231+768.8 ，1231+848.8~1231+937.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 35，36 | 1232+031.8~1234+601.8 ，1235+113.8~1236+753.8 |  |  |  |
| 37，38 | 1236+783.8~1237+040.3 ，1237+104.8~1237+769.8 |  |  |  |
| 39，40 | 1238+249.8~1239+778.8 ，1239+798.8~1240+019.8 |  |  |  |
| 41，42 | 1240+099.8~1241+057.8 ，1241+093.8~1241+576.8 |  |  |  |
| 43，44 | 1241+606.8~1241+968.8 ，1242+018.8~1242+214.8 |  |  |  |
| 45，46 | 1242+284.8~1242+595.8 ，1242+631.8~1245+343.8 |  |  |  |
| 47，48 | 1245+393.8~1246+197.8 ，1246+261.8~1247+120.8 |  |  |  |
| 49，50 | 1247+200.8~1248+114.3 ，1248+195.3~1248+942.3 |  |  |  |
| 51，52 | 1248+993.3~1249+707.8 ，1249+843.8~1251+399.8 |  |  |  |
| 53，54 | 1251+609.8~1253+857.8 ，1253+919.8~1254+244.8 |  |  |  |
| 55 | 1254+280.8~1256+188.8 |  |  |  |
| 56,57 | 穿越南泉水河段、下房村沟 | 1205+101.8~1205+181.8 、1207+264.8~1207+324.8 | 7.6 | 抗冲刷层破坏 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 58,59 | 岔子南沟、岔子北沟 | 1209+203.8~1209+223.8 、1209+569.8~1209+589.8 | 违章采砂活动 | 1-6 |
| 60,61 | 北泉水河、西甘池北河 | 1210+330.8~1210+390.8 、1211+294.8~1211+354.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 62,63 | 北甘池北河、牤牛河区间 | 1211+919.8~1211+969.8 、1214+441.8~1214+511.8 | 管身破裂失效 | 违章采砂活动 | 1-6 |
| 64,65 | 西周各庄南沟、东周各庄北沟 | 1215+908.3~1215+973.3 、1216+424.8~1216+494.8 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 66,67 | 红光厂南沟、瓦井河段 | 1218+882.8~1218+952.8 、1220+235.8~1220+315.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 68,69 | 穿越周口店、云峰寺沟 | 1222+241.8~1222+301.8 、1224+326.8~1224+356.8 | 管节整体错位变形失稳 | 违章采砂活动 | 1-6 |
| 70,71 | 马刨泉河、地震台沟 | 1225+397.8~1225+457.8 、1226+565.8~1226+585.8 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 72,73 | 西沙河、东沙河 | 1227+539.8~1227+639.8 、1228+668.8~1228+738.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 74,75 | 穿越丁家洼、大石河段 | 1231+214.8~1231+304.8 、1234+601.8~1235+113.8 | 镇墩变形失稳 | 违章采砂活动 | 1-6 |
| 76,77 | 岗上南沟、刺猬河西支1 | 1239+778.8~1239+798.8 、1241+576.8~1241+606.8 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 78,79 | 刺猬河西支2、刺猬河东支 | 1241+968.8~1242+018.8 、1242+214.8~1242+284.8 | 过流能力下降 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 80,81 | 米粮屯沟、穿越哑叭河 | 1245+343.8~1245+393.8 、1247+120.8~1247+200.8 | 管身漏水 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 82 | 小清河 | 1251+399.8~1251+609.8 | 违章采砂活动 | 1-6 |
| 83,84 | 穿越房易路、云居寺路 | 1204+707.8~1204+773.8 、1209+912.8~1209+950.8 | 8.5 | 管身破裂失效 | 地质灾害 | 1-3 |
| 85,86 | 穿越龙下路、岳圣路 | 1213+342.8~1213+387.8 、1215+730.8~1215+770.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 87,88 | 穿越红新路、房易公路 | 1219+817.8~1219+861.8 、1221+195.3~1221+282.3 | 箱涵套管变形失稳 | 管顶违章超载 | 1-5 |
| 89,90 | 穿越京周路、万窑路 | 1223+922.8~1224+002.8 、1228+792.8~1228+892.3 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 91,92 | 穿越顾八路、大件路 | 1231+768.8~1231+848.8 、1231+937.8~1232+031.8 | 过流能力减小 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 93,94 | 穿越阎东路、阎吕路 | 1237+040.3~1237+104.8 、1241+057.8~1241+093.8 | 管身漏水 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 95,96 | 穿越良坨路、良三路 | 1242+595.8~1242+631.8 、1246+197.8~1246+261.8 |
| 97,98 | 穿越京石高速路、京保路 | 1248+114.3~1248+195.3 、1248+942.3~1248+993.3 |
| 99,100 | 穿越新长韩路、旧长韩路 | 1253+857.8~1253+919.8 、1254+244.8~1254+280.8 |
| 101 | 穿越琉周支线铁路 | 1222+048.8~1222+090.8 | 8.4 | 管身破裂失效 | 地质灾害 | 1-3 |
| 102 | 穿越燕化专用支线铁路 | 1249+707.8~1249+843.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 103 | 穿越良陈支线铁路 | 1236+753.8~1236+783.8 | 箱涵套管变形失稳 | 管顶违章超载 | 1-5 |
| 104 | 穿越西长、京广支线铁路 | 1249+707.8~1249+843.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  | 过流能力减小 | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  | 管身漏水 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 105 | 穿越西甘池隧洞PCCP管 | 1212+449.8~1212+739.8 | 8.2 | 管身破裂失效 | 地质灾害 | 1-3 |
| 106 | 穿越崇青隧洞PCCP管 | 1237+769.8~1238+249.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  | 进出口洞脸边坡失稳 | 地质灾害 | 1-3 |
|  |  |  | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  | 过流能力减小 | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  | 洞口漏水 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 107 | 大宁调压池 | 1256+258.8~1256+347.8 | 7.8 | 调压池水溢流池顶 | 暴雨洪水 | 2-1 |
| 运行调度和养护 | 2-3 |
| 输水箱涵变形失稳 | 地质灾害 | 2-2 |
| 挡墙变形失稳 | 地质灾害 | 2-2 |
| 暴雨洪水 | 2-1 |
| 运行调度和养护 | 2-3 |
| 底板不均匀沉陷变形 | 地质灾害 | 2-2 |
| 运行调度和养护 | 2-3 |
| 井台填筑体渗透失稳 | 运行调度和养护 | 2-3 |
| 井台填筑体边坡失稳 | 运行调度和养护 | 2-3 |
| 调压池漏水 | 地质灾害 | 2-2 |
| 运行调度和养护 | 2-3 |
| 108 | 1#连通 | 1205+319.8~1205+399.8 | 6.5 | 管身破裂失效 | 低温冻融 | 3-2 |
| 109 | 2#连通设施 | 1220+719.8~1220+799.8 | 运行调度和养护 | 3-3 |
| 110 | 3#连设施 | 1240+019.8~1240+099.8 | 阀井变形失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
|  |  |  | 运行调度和养护 | 3-3 |
|  |  |  | 过流能力减小 | 低温冻融 | 3-2 |
|  |  |  | 运行调度和养护 | 3-3 |
|  |  |  | 管身漏水 | 运行调度和养护 | 3-3 |
|  |  |  | 阀井被淹 | 暴雨洪水 | 3-1 |
|  |  |  | 运行调度和养护 | 3-3 |
| 111  112  113  114 | 燕化和向房山分水口  良乡分水口  王佐分水口  长辛店分水口 | 1199+889.8  1243+559.8  1246+649.8  1252+924.8 | 6.6 | 管身破裂失效 | 低温冻融 | 3-2 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 阀井变形失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 过流能力减小 | 低温冻融 | 3-2 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 管身漏水 | 运行调度和养护 | 3-3 |
| 阀井被淹 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 115 | 末端控制阀井 | 1256+188.8~1256+258.8 | 6.8 | 管身破裂失效 | 低温冻融 | 3-2 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 阀井变形失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 过流能力减小 | 低温冻融 | 3-2 |
| 运行调度和养护 | 3-3 |
| 管身漏水 | 运行调度和养护 | 3-3 |
| 阀井被淹 | 暴雨洪水 | 3-1 |
|  | 运行调度和养护 | 3-3 |
| 116  117  118 | 永定河倒虹吸进口闸室  南干渠分水闸  永定河倒虹吸退水闸室 | 1256+347.8 ~1256+362.8  1256+347.8 ~1256+362.8  1256+347.8 ~1256+362.8 | 7.4 | 闸室变形失稳 | 暴雨洪水 | 4-1 |
| 违章超载 | 4-5 |
| 运行调度和养护 | 4-7 |
| 启闭机房变形失稳 | 违章超载 | 4-5 |
| 雪灾 | 4-3 |
| 运行调度和养护 | 4-7 |
| 过流能力减小 | 低温冻融 | 4-2 |
| 运行调度和养护 | 4-7 |
| 工程自身 | 4-6 |
| 控制闸渗漏水 | 运行调度和养护 | 4-7 |
| 材料老化 | 工程自身 | 4-6 |
| 运行调度和养护 | 4-7 |
| 低温冻融 | 4-2 |

3.2 建筑物风险预防措施

表3.2-1 PCCP管风险预防措施一览表

| 风险因素类型 | 序号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 自然因素 | 1-1 | 暴雨洪水 | 密切关注汛期天气预报；加强汛前风险排查，重点检查部位为阀门井超高、穿越河道PCCP管沿线抗冲刷保护层、穿越公路铁路箱涵进出口稳定、调压井井台边坡稳定和周围排水沟等是否存在风险现象。 |
| 1-2 | 低温冻融 | 检查阀井保温层，对存在保温层破坏部位，需要及时修复； |
| 1-3 | 地质灾害 | （1）加强巡视检查穿越公路、铁路箱涵套管进出口。当套管出现不均匀沉降变形和漏水，需要采取修复和校正套管、PCCP管措施。  （2）加强进出口洞脸的地质灾害监测，重点巡视检查和排查坡顶截水沟畅通、坡面排水孔堵塞、坡面裂缝和滑裂、坡底渗水逸出点等险情情况。当存在以上险情，需要采取加固边坡等针对性措施。 |
| 人为活动 | 1-4 | 保护范围内违章活动 | 严禁在输水管线保护范围内取土、盖房、打井等违章活动。 |
| 1-5 | 管顶违章超载 | （1）当在PCCP管顶边线两侧保护范围内出现堆土超载时，应与当地政府沟通协调，及时排查管顶盖房、弃渣等超载活动。  （2）联合当地交通管理部门，严防公路车辆超载和公路路面加高现象。 |
| 1-6 | 河道违章采砂活动 | （1）与河道主管部门沟通、协调，加强河道管理，严禁河道工程影响范围内的采砂活动，对于已有的影响输水线路冲刷和运行安全的采砂坑应进行回填平整。  （2）对于穿越河道地形变化较大的河段，建议复测地形，复核水位流量关系、穿河建筑物防冲深度和防冲措施。 |
| 工程自身 | 1-7 | 设计、管节制造、施工安装因素 | （1）对在通水验收中提出的管节制造和施工缺陷段，采取有效监测手段长期实时监测PCCP管断丝及压力变化情况，对断丝严重埋管段，需要委托设计单位复核，必要时更换PCCP管。  （2）定期更换惠南庄泵站出口10km范围内的PCCP管安全阀，防止极端工况PCCP管出现负压引起爆管。  （3）对在通水验收中提出的阴极保护和防腐涂层薄弱部位，加强监测。  （4）高压PCCP管道寿命低于一级工程设计年限100年，评估PCCP使用年限和更换管道时期。 |
| 运行管理 | 1-8 | 运行调度和养护 | （1）严格按照操作规程，启闭泵站和阀门时间，防止增加水锤。  （2）加强自动化监测和巡视检查，及时分析异常监测数据现象的原因。汛期和冬季提高监测和检查频次。及时更换失效的监测仪器和破损的告示牌、保护桩等。  （3）联合当地主管穿越段部门，加强对穿越段加强管理。  （4）对于新增后穿越工程，加强监管，穿越工程穿越方案和影响评价应经中线主管部门批准。。  （5）对于巡视不便的输水线路段，建议增加巡视道路。  （6）定期养护阀门井内阀门，防止阀门锈蚀。  （7）定期对运行管理人员业务培训学习，加大对当地群众的南水北调保护管理条例的宣传。  （8）编制PCCP漏水和爆管等突发事故的应急预案，定期应急预案排练。 |

表3.2-2 调压池风险预防措施一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风险因素类型 | 序号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| 自然因素 | 2-1 | 暴雨洪水 | （1）加强天气预报和汛前风险排查。做好井台外排水，及时疏通排水通道，防止暴雨洪水壅高，造成坡脚冲水坑，导致井台坡脚冲刷。  （2）准备应急抢险石料，对井台边坡坡脚失稳部位及时处理。 |
| 2-2 | 地质灾害 | 加强监测，编制地震应急预案。 |
| 管理因素 | 2-3 | 运行调度和养护 | （1）定期自动化监测和巡视检查，及时分析异常现象的原因，重点关注井壁周围变形和应力监测、井台地下水位和渗漏、井台填筑体边坡稳定和渗透稳定。  （2）及时清除阀井内飞落的废弃物。 |

表3.2-3 分水口、连通设施、控制阀井风险预防措施一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风险因素类型 | 序号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| 自然因素 | 3-1 | 暴雨洪水 | 密切关注汛期天气预报；加强汛前风险排查，重点关注周围排水是否畅通。 |
| 3-2 | 低温冻融 | 冬季期间，加强对阀井内压力钢管的保温，防止出现冻胀爆管现象。对于冬季无需分水的钢管，应放空钢管。 |
| 管理  因素 | 3-3 | 运行调度和养护 | （1）加强巡视监测和自动化监测。  （2）定期养护阀门井内阀门，防止阀门锈蚀。  （3）编制钢管漏水和爆管等突发事故的应急预案，定期应急预案排练。 |

表3.2-4 控制闸风险预防措施

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风险因素类型 | 序号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| 自然  因素 | 4-1 | 暴雨洪水 | 加强巡视检查，确保水闸周边排水畅通，防止外水入闸。 |
| 4-2 | 低温冻融 | 加强天气预报。在低温冰凌之前，加强浮筒拦冰，及时破除已经形成的冰盖。及时清除水面线以上的闸墩和闸门上的积雪和雨水，防止结冰，导致无法开启闸门。 |
| 4-3 | 雪灾 | 当屋顶积雪厚度达到≥7cm（设计雪荷载0.5kN/m2），及时清除启闭机房房顶上的雪荷载。 |
| 人为  因素 | 4-5 | 违章超载 | 严禁启闭机房、交通桥上超载运行；当吊装检修时，遵守闸门检修使用指南，必要时应委托原设计单位进行复核检核施工荷载。 |
| 工程自身因素 | 4-6 | 设计和施工因素 | （1）在闸门前设置防冰装置和除冰设施，防止冻融引起闸门无法启闭。  （2）对于混凝土碳化引起钢筋的锈蚀，需要在裸露钢筋表面喷涂保护层。 |
| 管理  因素 | 4-7 | 运行调度和养护 | （1）严格按照水闸调度规则进行运行管理，对称开启水闸，并控制水闸启闭速度，防止冲毁闸后底板。  （2）检查退水闸出口及下游出水渠排水通畅，确保出水归槽，防止淹没房屋和农田。  （3）加强自动化监测和巡视检查，及时分析异常监测数据现象的原因。汛期和冬季提高监测和检查频次，及时更换失效的监测仪器。  （4）定期检查闸顶栏杆牢固情况，必要时更换腐锈的栏杆。定期刷栏杆防腐措施。  （5）编制闸门冻融等突发事故的应急预案，定期进行应急预案排练。 |

3.3 建筑物风险控制措施

表3.3-1 PCCP管风险控制措施一览表

| 序号 | 风险  事件 | 具体  类型 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 管身破裂失效 | PCCP 爆管 | （1）根据爆管点所处的纵断位置，实施爆管附近的停水调度。在爆管点周围临时设置挡水围堰和排水沟，及时把水排到水塘或者河道内，防止大面积淹没农田或者附近房屋。  （2）清除积水后，开挖埋管基坑，更换PCCP管。 |
| 2 | 管节整体变形失稳 | 管顶覆土出现异常裂缝 | （1）清除管顶不对称的覆土荷载，或者回填管节一侧土坑，平衡管两侧水平压力。  （2）在裂缝侧管顶适当覆土加载，进行纠偏处理。 |
| 3 | 镇墩变形失稳 | | 对镇墩和支墩沉陷和倾斜明显或者异常，需要采取纠偏加固措施。 |
| 4 | 过流能力减小 | | （1）当低温时过流能力减小，增加PCCP管顶覆土厚度，防止冻胀。  （2）定期清理淤积泥沙或藻类。  （3）增大加压泵站台数或者提高加压泵站出力。 |
| 5 | 管身漏水 | | （1）查明管顶表面是否有打井、钻孔等违章活动。  （2）当钻孔导致PCCP管局部破损漏水，经现场鉴定可修复时，破损管道可进行不停水加固，另一条管道宜小流量自流运行。（3）在漏水点，同时进行排水和开挖探坑，如由于承插口漏水，就近关闭检修阀，在管端进行管箍加固封闭。  （4）漏水点较大，加固修复难度大时，应更换PCCP管道。 |
| 6 | 阀井堵塞和被淹没 | 阀井被淤泥堵塞 | 定期清理阀井内的淤泥。 |
| 阀井被淹没 | 抽排阀井内的积水，适当降低阀井周边地形，或者增加阀井井顶高程。 |
| 7 | 材料老化 | | 在PCCP管达到评估使用年限后，更换PCCP管道。 |
| 8 | 河道抗冲刷层破坏 | | （1）平整输水线路附近河床地形，联合当地河道主管部门，进行河道整治。  （2）委托设计单位验算管道抗冲刷深度，必要时采取抗冲刷保护措施。 |
| 9 | 箱涵套管变形失效 | 构建承载力局部失效 | （1）采用钢支撑进行临时加固。  （2）在套管内壁采用内贴钢筋混凝土，进行加固。 |
| 整体裂缝变形失效 | 对不均匀沉降的箱涵套管采取纠偏加固措施，如对沉降明显的箱涵底板进行灌浆，打桩等。 |
| 10 | 进出口洞脸边坡失稳 | | 清除洞脸边坡滑裂松散体，放缓边坡，沿进行喷锚挂网支护或者框格草皮护坡。 |

表3.3-2 调压池风险控制措施一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 风险事件 | 风险控制措施 |
| 1 | 调压池水溢流池顶 | （1）当最高涌波越过池顶，引起溢流现象时，在调压池井台周围排水盲沟挖一条明沟，尽快排走溢流水，减轻对周围环境影响。  （2）降低闸门的启闭速度，降低水锤涌波。 |
| 2 | 箱涵套管变形失稳 | （1）减少输水箱涵顶部覆土厚度，降低顶部荷载。  （2）由于地基沉陷变形，导致输水箱涵整体变形失稳，需要采用灌浆等纠偏措施，矫正箱涵不均匀沉陷。 |
| 3 | 挡墙变形失稳 | （1）在池内加设临时钢横梁对向支撑，限制挡墙变形破坏。  （2）委托原设计单位进行承载力计算；  （3）停水检修，对挡墙混凝土进行加固。  （4）调压池挡墙或者底板出现不均匀沉陷变形引起漏水现象，先关闭调压池上游检修阀门，待调压池蓄水池水清空后，对挡墙沉陷部位采用采用灌浆矫正挡墙或者底板。 |
| 4 | 底板不均匀沉陷变形 | 停水和排水，拆除底板，对基础进行夯实加固，重新浇筑混凝土底板。 |
| 5 | 井台填筑体渗透失稳 | 在井台顶进行帷幕灌浆，在井台填筑体边坡坡脚铺设反滤层。 |
| 6 | 井台填筑体边坡失稳 | 当调压池井台出现不均匀沉陷现象，降低水位，清除井台松散体，重新回填夯实，并加固边坡。 |
| 7 | 调压井渗漏水 | （1）当调压池井台出现渗清水现象，应在调压池周围挖一条排水沟，尽快排除井台填筑体的渗水。  （2）当井台出现渗浑水现象，应在井台外边缘外加反滤层和井台填筑料，加长压重铺盖，直至渗清水。  （3）不得在井台填筑挖探坑，试图查明渗水通道，防止挖坑回填不密实，反而进一步恶化井台渗透稳定性和边坡稳定性。 |

表3.3-3 分水口、连通设施、控制阀井风险控制措施一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 风险  事件 | 具体  类型 | 风险控制措施 |
| 1 | 管身破裂失效 | 钢管爆管 | （1）钢管爆管时，根据爆管点所处的纵断位置，实施爆管附近的停水调度。在爆管点周围临时设置挡水围堰和排水沟，及时把水排到水塘或者河道内，防止大面积淹没农田或者附近房屋。  （2）清除积水后，开挖埋管基坑，进行外邦钢板加固或者更换钢管。 |
| 2 | 阀井变形失稳 | | （1）清除管顶不对称的覆土荷载，或者回填管节一侧土坑，平衡管两侧水平压力。  （2）在裂缝侧管顶适当覆土加载，进行纠偏处理。  （3）在阀井外挖减压井，降低井外水位。 |
| 3 | 过流能力减小 | | （1）当低温时过流能力减小，增加钢管顶覆土厚度，防止冻胀；阀井内钢管增加保温层。  （2）开启阀门开度。 |
| 4 | 管身漏水 | | （1）当开挖后查明钢管管道局部破损漏水，经现场鉴定可修复时，破损管道可进行不停水外邦加固。  （2）漏水点较大，加固修复难度大时，应更换钢管管道。 |
| 5 | 阀井堵塞和被淹没 | 阀井被淤泥堵塞 | 定期清理阀井内的淤泥。 |
| 阀井被淹没 | 抽排阀井内的积水，适当降低阀井周边地形，或者增加阀井井顶超过。 |

表3.3-4 控制闸风险控制措施一览表

| 序号 | 风险  事件 | 具体类型 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 闸室变形失稳 | 整体变形失稳 | （1）当水闸基础和地基发生不均匀沉降，可采用地基处理、基础托换进行基础加固，也可以调整荷载分布进行纠偏。  （2）当水闸向下游整体滑移变形，可在闸墩下游布设抗滑桩，也可在底板下游进行固结灌浆或者锚杆。  （3）当水闸向垂直水流向出现变形位移，水闸两侧水压力、土压力大小不均，可把闸后墙回填料换为易于透水的砂性土，两侧回填高度对称相等。 |
| 局部构建承载力失效 | 当启闭闸室梁、板、柱出现横向裂缝、纵向裂缝或者斜向裂缝，梁板设计强度不足，可采用粘钢加固、外包钢加固。 |
| 2 | 启闭机房变形失稳 | | （1）降低活荷载；  （2）建议委托原设计单位复核启闭排架的承载能力，如有必要，加固原启闭排架。 |
| 3 | 过流能力减小 | | （1）当有冰凌时，温水破除闸门和闸墩上的冰凌，用机械或者开水破除闸门前的冰盖或者冰塞。  （2）当溢流堰前有泥沙淤积，定期清理泥沙。  （3）当溢流面有空蚀破坏，增大糙率，需要采用环氧砂浆对溢流面进行抹平。 |
| 4 | 控制闸渗漏水 | | （1）检查结构缝止水，如止水破损，对结构缝缝面采用柔性材料进行加固，或者采用防水涂料加固。  （2）溢流面或者闸墩有空蚀破坏，建议用环氧砂浆抹平空蚀凹槽，并涂抹防水涂料。  （3）当闸室两岸出现绕渗破坏，可在闸肩增设防渗刺墙或垂直防渗设施，如构筑防渗墙、高压喷射灌浆建造防渗帷幕、垂直铺塑等。 |
| 5 | 材料老化 | 裂缝修补 | 根据裂缝宽度、长度和深度情况，决定表面修补、凿缝填充修补、锚固、灌浆等修补方法。 |
| 混凝土碳化或者低温冻融引起钢筋锈蚀的修补 | （1）钢筋锈蚀发展前期，在保护层表面喷一层涂料；  （2）锈蚀发展中期及后期，清除保护层混凝土，补强钢筋。 |
| 混凝土碱骨料反应的破坏 | 当发生碱骨料反应的破坏，应凿除混凝土，重新浇筑。 |

3.4 工程运行调度

3.4.1 调度运行系统

表3.4-1 调度运行系统风险事件及风险因子一览表

| 建筑物名称 | 桩号 | 风险量值 | 风险事件 | 特征 | 风险因子类别（按可能性排序） | 风险因子细化 | 对应风险预防措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 永定河控制闸 | K1256+119 | 3.8 | 无法动作 | 正常指令下达后无任何动作 | 通信系统故障 | 信号拥挤、外部干扰等造成的数据丢包（无物理中断） | 7-1 |
| 通信线路中断 |
| 程控交换设备故障 |
| 供配电故障 | 启闭机供配电故障 | 7-2 |
| 闸控系统供配电故障 |
| 通信系统供配电故障 |
| 计算机网络故障 | 计算机网络相关设备（路由器、交换机、服务器等）故障 | 7-3 |
| 金结故障 | 液压元件失效 | 7-4 |
| 液压主构件异常 |
| 机电故障 | 压力、液位异常等造成的启闭机电气及控制模块失效 | 7-5 |
| 电气元件、传感器故障 |
| 闸控系统故障 | 闸控系统异常（死机、卡滞） | 7-6 |
| 非远程状态 |
| 卡阻 | 闸门执行指令过程中出现卡阻 | 金结故障 | 左右开度超差 | 7-4 |
| 闸门故障 |
| 异动 | 闸门未接收指令自动下滑或开启 | 金结故障 | 液压主构件破坏 | 7-4 |
| 闸控系统故障 | 闸控系统异常（死机、卡滞等） | 7-6 |
| 误动 | 闸门接收错误指令大幅度调整，持续时间短 | 数据采集失真 | 数据采集失败 | 7-7 |
| 数据采集错误 |
| 运行管理软件故障 | 调度运行模型误差 | 7-8 |
| 调度运行程序逻辑缺陷 |
| 燕化分水阀  房山分水阀  良乡分水阀  王佐分水阀  长辛店分水阀  南干渠分水阀 | K1229+849  K1229+849  K1243+544  K1246+634  K1252+909  K1256+119 | 2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  3.6 | 无法动作 | 正常指令下达后无任何动作 | 通信系统故障 | 信号拥挤、外部干扰等造成的数据丢包（无物理中断） | 7-1 |
| 通信线路中断 |
| 程控交换设备故障 |
| 供配电故障 | 电动阀供配电故障 | 7-2 |
| 闸控系统供配电故障 |
| 通信系统供配电故障 |
| 计算机网络故障 | 计算机网络相关设备（路由器、交换机、服务器等）故障 | 7-3 |
| 金结故障 | 金结元件失效 | 7-4 |
| 金结主构件异常 |
| 机电故障 | 电气及控制模块失效 | 7-5 |
| 电气元件、传感器故障 |
| 闸控系统故障 | 阀控系统异常（死机、卡滞） | 7-6 |
| 非远程状态 |
| 卡阻 | 阀门执行指令过程中出现卡阻 | 金结故障 | 闸门故障 | 7-4 |
| 异动 | 阀门未接收指令自动下滑或开启 | 金结故障 | 金结主构件破坏 | 7-4 |
| 闸控系统故障 | 阀控系统异常（死机、卡滞等） | 7-6 |
| 误动 | 阀门接收错误指令大幅度调整，持续时间短 | 数据采集失真 | 数据采集失败 | 7-7 |
| 数据采集错误 |
| 运行管理软件故障 | 调度运行模型误差 | 7-8 |
| 调度运行程序逻辑缺陷 |
| 永定河退水闸 | K1256+111 | 3.3 | 无法关闭  无法开启 | 开启状态在解除紧急状态后无法关闭  关闭状态在紧急情况无法开启 | 通信系统故障 | 信号拥挤、外部干扰等造成的数据丢包（无物理中断） | 7-1 |
| 通信线路中断 |
| 程控交换设备故障 |
| 供配电故障 | 启闭机供配电故障 | 7-2 |
| 闸控系统供配电故障 |
| 通信系统供配电故障 |
| 机电故障 | 启闭机电气及控制模块失效 | 7-5 |
| 电气元件、传感器故障 |
| 计算机网络故障 | 计算机网络相关设备（路由器、交换机、服务器等）故障 | 7-3 |
| 闸控系统故障 | 闸控系统异常（死机、卡滞） | 7-6 |
| 非远程状态 |
| 金结故障 | 固卷元件失效 | 7-4 |
| 固卷主构件故障 |
| 闸门故障 |
| 数据采集失真 | 数据采集失败 | 7-7 |
| 数据采集错误 |
| 运行管理软件故障 | 调度运行模型误差 | 7-8 |
| 调度运行程序逻辑缺陷 |

表3.4-2 调度运行系统风险预防措施一览表

| 编号 | 风险因子类别 | 预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 7-1 | 通信系统 | （1）在闸站通信线路附近设置通信光缆或通讯线路标识，提醒附近开挖或施工注意；  （2）根据通信系统运行与维修养护管理办法，定期开展通信线缆、管道巡视检查、检修维护；  （3）及时更换老旧设备；  （4）加强巡视人员管理培训，定期开展考核与监督检查。 |
| 7-2 | 供配电 | （1）根据供配电系统运行维护检修规程，定期开展巡视检查、维护检修；  （2）定期对运维人员进行安全教育和安全规程考核；  （3）加强重要分水阀备用电源配置。 |
| 7-3 | 计算机网络 | （1）定期对中控室和现地站交换机、路由器设备、服务器等设备进行巡检；  （2）保持环境清洁、避免鼠害；  （3）加强避雷设备的管理和检查，雷雨天气前期对避雷设备进行预防检查；  （4）及时更换老旧设备。 |
| 7-4 | 金结 | （1）严格遵循金属结构运行规程、工作手册；  （2）根据金属结构运行与维修养护管理办法定期开展日常、专项维护、应急维修组织实施；  （3）执行金属结构报废规定，及时更换老旧设备，加强备品备件管理；  （4）加强现地人员管理培训，定期开展考核与监督检查；  （5）检修闸门使用后按规定及时放入指定位置；  （6）完善闸门自动纠偏程序和功能。 |
| 7-5 | 机电 | （1）严格遵循机电设备运行规程执行机电设备操作；  （2）根据机电运行与维修养护管理办法定期开展日常、专项维护、应急维修组织实施；  （3）执行机电设备报废规定，及时更换老旧设备，加强备品备件管理；  （4）加强现地人员管理培训，定期开展考核与监督检查。 |
| 7-6 | 闸控系统 | （1）定时巡视检查闸控系统运行状态；  （2）发现状态长时间未更新检查通信网络，及时重启系统；  （3）及时更新、改造、升级闸控系统；  （4）避免同时对不同闸孔进行调节操作。 |
| 7-7 | 数据采集 | （1）对重要控制节点增加标准水尺及远程监控设备，便于人工水位观测并与水位自动观测设备进行互校；  （2）定期对水位计、流量计、开度仪进行巡视检查、维护和率定；  （3）定期对水位、流量、开度数据进行人工复核，发现数据严重偏差及时上报，通知相关厂家进行技术维修；  （4）加强数据采集设备的管理和升级，完善断电数据保存功能；  （5）定期更换干燥剂，保持设备内部干燥。 |
| 7-8 | 运行管理软件 | （1）定期对调度运行模型参数进行率定和修正，发现指令决策内容严重偏差及时上报；  （2）定期开展常规工况和应急调度模拟，发现指令决策内容严重偏差及时上报；  （3）增加大幅度闸门调整指令决策值班长复核制度；  （4）避免同时对不同闸孔进行调节操作。 |

表3.4-3 调度运行系统风险控制措施一览表

| 建筑物类型 | 风险事件 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- |
| 控制闸 | 无法动作 | （1）按照有关调度运行管理办法、业务手册及应急预案相关程序和要求逐级上报，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查无法动作原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法动作事件监测信息和预测结果，对可能发生并达到预警程度的影响及恢复时间按规定上报；  （3）若现地可排除故障，故障修复后按照先现地自动，再现地手动的先后顺序进行现地操作；  （4）若现地不可排除故障，及时通知运维队伍进行处置，按调度应急预案申请调整其他孔闸门开度，保持过流基本不变，并逐级上报情况；  （5）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报。 |
| 卡阻 | （1）按照有关调度运行管理办法、业务手册及应急预案相关程序和要求逐级上报，开展先期处置，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查闸门卡阻原因，加强水位、流量监测，根据闸门卡阻事件监测信息和预测结果，对可能发生并达到预警程度的影响及恢复时间按规定上报；  （3）对左右开度超差，及时通知闸站值守人员纠偏，按照先现地自动，再现地手动的先后顺序进行现地操作；  （4）出现闸门金结故障，按调度应急预案申请调整其他孔闸门开度，保持过流基本不变，并逐级上报情况；  （5）通过调整其他孔闸门仍对正常过流造成影响的，及时上报，并积极配合总调中心做好调节辖区内分水阀、退水闸的应急调度处置工作；  （6）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报。 |
| 异动 | （1）按照有关调度运行管理办法及业务手册相关程序和要求逐级上报、开展先期处置，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查闸门异动原因，加强水位、流量监测，根据闸门异动事件监测信息和预测结果，对可能发生并达到预警程度的影响及恢复时间按规定上报；  （3）对异动但未卡死闸门，按调度工作要求及流程将闸门恢复至原开度，并逐级上报情况；  （4）出现闸门卡死无法恢复，按调度应急预案申请调整其他孔闸门开度，保持过流基本不变，并逐级上报情况；  （5）通过调整其他孔闸门仍对正常过流造成影响的，及时上报，并积极配合总调中心做好调节辖区内分水阀、退水闸的应急调度处置工作；  （6）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报。 |
| 误动 | （1）按照有关调度运行管理办法及业务手册相关程序和要求逐级上报，密切监测水位、流量动态，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查误动原因，加强水位、流量监测，根据闸门误动事件监测信息和预测结果，对可能发生并达到预警程度的水位、流量变动按规定上报；  （3）对认定误动操作，闸前、后水位及流量变幅未达到上报要求，按调度工作要求及流程将闸门恢复至原开度，并逐级上报情况；  （4）对认定误动操作，闸前、后水位或流量变幅达到上报要求，积极准备，按总调中心调令执行。 |
| 分水阀 | 无法动作 | （1）按照分水调度管理办法相关程序和要求上报，开展先期处置，配合上级单位和地方配套工程管理单位做好控制措施；  （2）排查无法动作原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法动作事件监测信息和预测结果，对辖区内用水户可能的供水影响按规定上报，并及时与配套工程管理单位联系沟通；  （3）若现地可排除故障，故障修复后按照先现地自动，再现地手动的先后顺序进行现地操作；  （4）若现地不可排除故障，及时通知运维队伍进行处置，根据渠段水位、流量变化情况及供水任务要求，与总调中心、地方配套工程管理单位启动水量调度专项应急预案；  （5）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报；  （6）因分水闸运行控制故障导致长期供水不足，可在恢复正常后适当加大分水，补偿前期不足。 |
| 卡阻 | （1）按照分水调度管理办法相关程序和要求上报，开展先期处置，配合上级单位和地方配套工程管理单位做好控制措施；  （2）排查无法动作原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法动作事件监测信息和预测结果，对辖区内用水户可能的供水影响按规定上报，并及时与配套工程管理单位联系沟通；  （3）根据渠段水位、流量变化情况及供水任务要求，与总调中心、地方配套工程管理单位启动水量调度专项应急预案；  （4）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报；  （5）因分水闸运行控制故障导致长期供水不足，可在恢复正常后适当加大分水，补偿前期不足。 |
| 异动 | （1）按照分水调度管理办法相关程序和要求上报，开展先期处置，配合上级单位和地方配套工程管理单位做好控制措施；  （2）排查无法动作原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法动作事件监测信息和预测结果，对辖区内用水户可能的供水影响按规定上报，并及时与配套工程管理单位联系沟通；  （3）对异动但未卡死闸门，按调度工作要求及流程将闸门恢复至原开度，并逐级上报情况；  （4）出现闸门卡死无法恢复，根据渠段水位、流量变化情况及供水任务要求，与总调中心、地方配套工程管理单位启动水量调度专项应急预案；  （5）故障恢复后回归至远程控制状态，逐级上报。 |
| 误动 | （1）按照分水调度管理办法相关程序和要求上报，密切监测水位、流量动态，配合上级单位和地方配套工程管理单位做好控制措施；  （2）排查误动原因，加强水位、流量监测，根据闸门误动事件监测信息和预测结果，对辖区内用水户可能的供水影响按规定上报，并及时与配套工程管理单位联系沟通；  （3）对认定误动操作，闸前、后水位及流量变幅未达到上报要求，按调度工作要求及流程将闸门恢复至原开度，并逐级上报情况；  （4）对认定误动操作，闸前、后水位或流量变幅达到上报要求，积极准备，按总调中心调令执行。 |
| 退水闸 | 无法关闭 | （1）按照有关调度运行管理办法、业务手册及应急预案相关程序和要求逐级上报，开展先期处置，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查闸门无法关闭原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法关闭事件监测信息和预测结果，对可能发生水量外泄、水位下降及恢复时间按规定上报，并及时与地方政府部门联系沟通；  （3）根据渠段水位、流量变化情况，与总调中心、地方政府部门启动应急调度预案，并做好调节辖区内分水阀的准备工作，保持渠段水位平稳；  （4）故障消除后，逐级上报。 |
| 无法开启 | （1）按照有关调度运行管理办法、业务手册及应急预案相关程序和要求逐级上报，开展先期处置，配合上级单位和部门做好控制措施；  （2）排查闸门无法开启原因，加强水位、流量监测，根据闸门无法开启事件监测信息和预测结果，对可能发生水量滞留、水位壅高及恢复时间按规定上报，并及时与地方政府部门联系沟通；  （3）根据渠段水位、流量变化情况，与总调中心、地方政府部门启动应急调度预案，并做好调节辖区内分水阀、开启上游临近退水闸的准备工作，保持渠段水位平稳；  （4）故障消除后，逐级上报。 |

3.4.2 冰期调度

表3.4-4 冰期调度风险事件及风险因子一览表

| 序号 | 起始桩号 | 截止桩号 | 风险量值 | 风险事件 | 风险因子（按可能性排序） | 对应风险预防措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | K1199+860 | K1256+348 | 1.4 | 输水设施破坏 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-2 |
| 人工误操作 | 8-3 |
| 设备适应性 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-2 |
| 人工误操作（检查遗漏） | 8-3 |

表3.4-5 冰期调度风险预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 8-1 | 气象条件 | 完善气象条件对冰期调度的影响预报：冰期开始时间、开河时间等，指导调度、运行管理人员有效开展冰期调度、现场冰情观测、防冰设施启动等。 |
| 8-2 | 冻融 | （1）冬季开展分水阀、控制闸、退水闸等闸控系统防冰冻巡视，重点为大宁调压池；  （2）根据设备环境温度需要，在设备附近布设加热扰冰设备。 |
| 8-3 | 人工误操作（检查遗漏） | （1）增加现场闸站、中控室操作人员冬季运行安全意识，改善现场冬季闸站工作环境；  （2）制定严格的操作制度，严格按流程操作；  （3）自动化操作后，现场闸站人员应及时校核，尽早发现问题。 |

表3.4-6 冰期调度风险控制措施一览表

| 序号 | 建筑物类型 | 风险事件 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 输水渠道 | 输水设施破坏 | （1）该单元输水建筑物为地下埋深布置，冬季受低温、冻胀影响较小。冬季低温多对分水阀、控制闸、退水闸等附近输水管道附属结构有一定影响；  （2）管道附属结构出现问题，应逐级上报，组织专家会商破坏原型，事后及时修复。 |
| 2 | 闸控系统 | 设备适应性 | 闸控系统主要包括分水阀、永定河退水闸、永定河控制闸  （1）设备故障时，应及时上报，积极联系厂家现场查勘维修，做好应急融冰、捞冰的准备；  （2）闸控设备出现局部冻结时，应布设加热设备或采用热水融冰的方法；  （3）增加水情监测设施的防冰措施，水情监测设备失效后，逐级上报至总调中心；  （4）冰期结束后，应组织设备供应单位对设备进行全面检查，对受损设备及时修复更换。 |
| 3 | 大宁调压池 | 设备适应性 | （1）设备故障时，应及时上报，积极联系厂家现场查勘维修，做好应急融冰、捞冰的准备；  （2）闸控设备出现局部冻结时，应布设加热设备或采用热水融冰的方法；  （3）增加水情监测设施的防冰措施，水情监测设备失效后，逐级上报至总调中心，改用人工观测方法，维持水尺断面水位平稳运行；  （4）冰期结束后，应组织设备供应单位对设备进行全面检查，对受损设备及时修复更换。 |
| 输水设施破坏 | （1）调压池内附属结构出现局部结冰时，应布设加热或采用热水的方法融冰；  （2）建筑物出现严重问题时，应及时上报，组织专家会商，制定抢修方案。 |

3.4.3 水质调度

表3.4-7 水质风险事件及风险因子一览表

| 序号 | 起始桩号 | 截止桩号 | 风险量值 | 风险事件 | 风险因子  （按可能性排序） | 对应风险预防措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | K1199+860 | K1256+348 | 2.6 | 藻类 | 温度 | 9-2 |
| 营养盐 |
| 水流 |
| pH |
| 微量元素 |
| 生物因素 |
| 光照 |
| 建筑物漏油污染 | 管路质量差 | 9-1 |
| 管路安装不符要求 |
| 密封件老化 |
| 密封件安装不当 |
| 密封件预压量异常 |
| 管路、仪器检修维护 |

表3.4-8 水质风险预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 9-1 | 含油管路、含油仪器 | （1）对燕化分水阀、房山分水阀、良乡分水阀、王佐分水阀、长辛店分水阀、南干渠分水阀以及永定河控制闸内含油管路、含油仪器进行巡查，发现质量问题及时更换；  （2）工作人员对含油管路、含油仪器进行检修维护时，提高警惕，并采取相应的措施，防止检修维护过程中发生漏油事故，污染水质。 |
| 9-2 | 藻类生长因子 | 加强对管道水体进行巡查，发现异常及时上报上级单位及部门 |

表3.4-9 水质风险控制措施一览表

| 序号 | 风险事件 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 藻类 | （1）对水体进行观察取样，发现异常后及时上报上级单位和部门；  （2）加强与上游管理处的沟通联系，发现上游漂浮而来的藻类较多时，及时与惠南庄管理处沟通协调处理。 |
| 2 | 建筑物漏油  污染 | （1）组织巡查人员对水体的油花情况进行巡查，发现异常及时上报上级单位和部门；  （2）分水阀、控制闸现场值班人员，立即对分水阀内含油管路及含油仪器进行检查，发现漏油点及时堵漏；  （3）加强与上游管理处的沟通联系，在上游来水发生漏油污染时，与上游管理处协调处理，控制管道内油污扩散。  （4）积极配合上级单位和部门、及有关应急救援队伍进行应急处置，控制事态发展。 |

4 综合评价及工作建议

本次评估，大宁管理所风险综合等级为II级，属于可容忍风险。

需要重点关注的风险点及工作建议如下：

（一）PCCP管存在裂缝和断丝现象，目前仍未按设计工况运行。建议加强管道巡视检查，避免管顶超载；加强管道预应力钢丝、裂缝、内水压力、外荷载和防腐监测，及时分析监测数据；做好防爆管应急预案；适时在惠南庄泵站出口增设调压塔。

（二）建议通往分水口和阀室等地表建筑物增设运行维护和防汛抢险道路。

（三）大宁PCCP管多处排泥排水阀井排水不畅，建议对排泥排水阀井进行普查，必要时疏通排水通道。

（四）大石河倒虹吸防护设施出现过被洪水冲毁险情，建议加强穿越大石河等河流部位的巡视检查；与当地河道管理部门沟通、协调，加强河道管理。

（五）本管理处所辖渠段距离市区较近、人口密集，应注意按照《南水北调工程供用水管理条例》要求，加强对工程保护范围内生产活动监控，加强工程周界安防。