**南水北调中线一期工程安全风险评估**

**西四环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](#_Toc524640577)

[1 工程概况 3](#_Toc524640578)

[2 风险等级 7](#_Toc524640579)

[2.1 风险等级标准 7](#_Toc524640580)

[2.2 风险量值分布图 8](#_Toc524640581)

[3 输水总干渠 11](#_Toc524640582)

[3.1 建筑物风险事件及因子 11](#_Toc524640583)

[3.2 建筑物风险预防措施 15](#_Toc524640584)

[3.3 建筑物风险控制措施 21](#_Toc524640585)

[3.4 调度运行 28](#_Toc524640586)

[4 综合评价及工作建议 38](#_Toc524640587)

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、洪水风险量值分布图、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输水暗涵、倒虹吸等建筑物的风险。

（2）洪水风险量值分布图指总干渠及跨渠建筑物自身防洪风险，主要分析河渠交叉建筑物在总干渠防洪标准下可能造成的洪水风险。

（3）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。

（4）综合风险量值分布图指对工程风险、洪水风险、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）一段渠道或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

北京干线西四环管理处压力箱涵段自大宁调压池至团城湖水库，包括永定河倒虹吸、卢沟桥暗涵、西四环暗涵、团城湖明渠，桩号范围为K1256+362.8~K1277+629，全长21.266km，其中永定河倒虹吸长2.59km，卢沟桥暗涵长5.269km，西四环暗涵长12.641km，团城湖明渠长0.78km，四段均为自重低压箱涵或者无压箱涵。

永定河倒虹吸穿越大宁水库副坝、大宁水库、永定河右堤、永定河主河道、永定河左堤及西五环路至丰台晓月苑，桩号范围为K1256+362.8~K1258+847.8，全长2.49km。倒虹吸为4孔3.8m×3.8m钢筋混凝土箱涵，其中2孔箱涵与卢沟桥暗涵相接，另2孔箱涵与北京市配套工程南干渠相接。永定河倒虹吸有3处检修进人孔井（其中1处兼作排气孔、1处兼作放空井），1处集水井，1处排气孔。

卢沟桥暗涵位于北京市丰台区，上游接永定河倒虹吸，下游与西四环暗涵连接。暗涵经晓月苑小区、卢沟桥大队，穿越京西铁路编组站后，沿京石高速路向东，至永定路跨线桥西南侧与西四环暗涵相接，桩号范围为K1258+847.8~K1264+116.8，全长5.27km。暗涵为2孔3.8×3.8m钢筋混凝土箱涵。暗涵于京西铁路编组站与铁路交叉多次，分五段穿越京广、京沙等12条重要铁路线。穿越铁路和主要公路时采用浅埋暗挖防护结构，其余采用明挖施工。卢沟桥暗涵设置了5处排气阀井、4处排气井、1处放空井。卢沟桥暗涵与各类市政管线相交104处。

西四环暗涵穿越北京市城区的大型地下输水建筑物，上接卢沟桥暗渠，下接团城湖明渠，主要在西四环主路下通过，桩号范围为K1264+116.8~K1276+757.8，全长12.64km。暗涵主体为2孔直径4m圆涵压力输水，由永定河倒虹吸进水闸控制，单孔可独立运行。沿线设新开渠、永定河引水渠、第三水厂等三处分水口，末端设检修闸。西四环暗涵沿线布置有3处分水口、1座调压塔、3对排气阀井、11对通气孔（其中6对兼作排水检修孔）、2处检修井。

团城湖明渠位于中线总干渠末端，颐和园南侧，是北京段唯一的一段明渠，也是南水北调与颐和园过渡连接的景观工程。工程起点与西四环暗涵出口闸相接，经过金河、金河路和船营村，穿过颐和园围墙后进入团城湖下游京密引水渠昆南段，桩号范围为K1276+757.8 ~K1277+629，总长为0.87km，主要包括明渠、出口团城湖闸、分水闸、金河排水倒虹吸、船营公路桥等。

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~8度。

西四环管理所总干渠工程特性见表1-1。

表1-1 西四环管理所总干渠工程特性及风险量值表

| 序号 | 输水渠系建筑物名称 | 起点桩号 | 终点桩号 | 长度 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 永定河倒虹吸 | K1256+362.8 | K1258+847.8 | 2485 | 穿永定河倒虹吸，4孔×3.4m×3.8m |
| 2 | 卢沟桥暗涵 | K1258+847.8 | K1260+831.8 | 1984 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 3 | 卢沟桥暗涵 | K1260+831.8 | K1260+897.8 | 66 | 穿越铁路箱涵1#处，下穿丰西~京广下行联络线、丰西~丰沙下行联络线、丰Ⅰ~丰Ⅴ联络线，防护结构1孔8.8m×4.6m箱涵 |
| 4 | 卢沟桥暗涵 | K1260+897.8 | K1261+207.8 | 310 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 5 | 卢沟桥暗涵 | K1261+207.8 | K1261+238.8 | 31 | 穿越铁路箱涵2#处，下穿大型机械公司专用线，防护结构1孔8.8m×4.6m箱涵，暗挖法 |
| 6 | 卢沟桥暗涵 | K1261+238.8 | K1261+262.8 | 24 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 7 | 卢沟桥暗涵 | K1261+262.8 | K1261+299.8 | 37 | 穿越铁路箱涵3#处，下穿丰Ⅰ~丰Ⅴ联络线单条铁路，防护结构1孔8.8m×4.6m箱涵 |
| 8 | 卢沟桥暗涵 | K1261+299.8 | K1261+324.8 | 25 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 9 | 卢沟桥暗涵 | K1261+324.8 | K1261+359.8 | 35 | 穿越铁路箱涵4#处，下穿京广线，双轨线路，防护结构1孔8.8m×4.6m箱涵 |
| 10 | 卢沟桥暗涵 | K1261+359.8 | K1261+498.8 | 139 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 11 | 卢沟桥暗涵 | K1261+498.8 | K1261+537.8 | 39 | 穿越铁路箱涵5#处，下穿丰西~京广上行联络线、丰西~丰沙上行联络线、丰沙上行线，防护结构1孔8.8m×4.6m箱涵 |
| 12 | 卢沟桥暗涵 | K1261+537.8 | K1261+617.8 | 80 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 13 | 卢沟桥暗涵 | K1261+617.8 | K1261+767.8 | 150 | 暗挖穿越公路箱涵1#处，穿越丰台西路和卢沟桥路段、三条上、下京石高速路的辅路 |
| 14 | 卢沟桥暗涵 | K1261+767.8 | K1263+942.8 | 2175 | 明挖箱涵2孔×3.8m×3.8m |
| 15 | 卢沟桥暗涵 | K1263+942.8 | K1264+017.8 | 75 | 暗挖穿越公路2#处，绕过新建跨京石的丰北路匝道桥桥台，暗涵在桥墩与桥台间穿过 |
| 16 | 卢沟桥暗涵 | K1264+017.8 | K1264+116.8 | 99 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 17 | 西四环方涵 | K1264+116.8 | K1264+145.8 | 29 | 暗挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 18 | 西四环方涵 | K1264+145.8 | K1264+190.8 | 45 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 19 | 西四环方涵 | K1264+190.8 | K1264+277.8 | 87 | 暗挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 20 | 西四环方涵 | K1264+277.8 | K1264+521.8 | 244 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 21 | 西四环方涵 | K1264+521.8 | K1264+616.8 | 95 | 暗挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 22 | 西四环方涵 | K1264+616.8 | K1265+510.8 | 894 | 明挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 23 | 调压塔 | K1265+510.8 | K1265+515.8 | 5 | 方形塔，4.8m×5.6m，高14.4m |
| 24 | 西四环圆涵 | K1265+515.8 | 1269+121.8 | 3606 | 暗挖圆涵，2条×Φ4m |
| 25 | 西四环圆涵 | K1269+121.8 | K1269+321.8 | 200 | 穿越五棵松地铁站圆涵，暗涵距离车站结构底板厚约3.7m，输水干管2条×Φ4m |
| 26 | 西四环圆涵 | K1269+321.8 | K1276+474.8 | 7153 | 暗挖圆涵，2条×Φ4m |
| 27 | 西四环方涵 | K1276+474.8 | K1276+719.8 | 245 | 暗挖箱涵，2孔×3.8m×3.8m |
| 28 | 西四环出口闸 | K1276+719.8 | K1276+727.8 | 8 | 控制闸2孔×3.8m×3.8m |
| 29 | 西四环出口明渠 | K1276+727.8 | K1276+757.8 | 30 | 明渠渐变段 |
| 30 | 团城湖明渠 | K1276+757.8 | K1277+535.8 | 778 | 明渠复式梯形断面，底宽12m |
| 31 | 团城湖明渠 | K1277+535.8 | K1277+563.8 | 28 | 明渠渐变段 |
| 32 | 团城湖控制闸 | K1277+563.8 | K1277+571.8 | 8 | 控制闸2孔×3.8m×2.9m |
| 33 | 团城湖暗涵 | K1277+571.8 | K1277+627.8 | 56 | 明挖箱涵，2孔×4m×3m |
| 34 | 新开渠左分水口 | K1268+019.8 | / | / | 控制闸设计分水流量5m3/s,1孔5.7m×5.9m |
| 35 | 永引渠右分水口 | K1270+684.8 | / | / | 控制闸设计分水流量10m3/s,1孔6.3m×6.8m |
| 36 | 永引渠左分水口 | K1270+769.8 | / | / | 控制闸设计分水流量10m3/s,1孔6.3m×6.8m |
| 37 | 水源三厂分水口 | K1273+421.8 | / | / | 控制闸设计分水流量1.8m3/s,蝶阀，管径1.6m |
| 38 | 金河倒虹吸 | K1277+210.8 | / | / | 场内排水倒虹吸1孔3.0×2.0m（宽×高），排涝标准10年一遇，设计流量7m3/s |
| 39 | 船营桥 | K1277+290.8 | / | / | 场内跨渠交通桥，四级路，桥长25m，宽6.2m |

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 调度运行风险量值分布图



图2-2 调度运行风险量值分布图

2.2.3 综合风险量值分布图

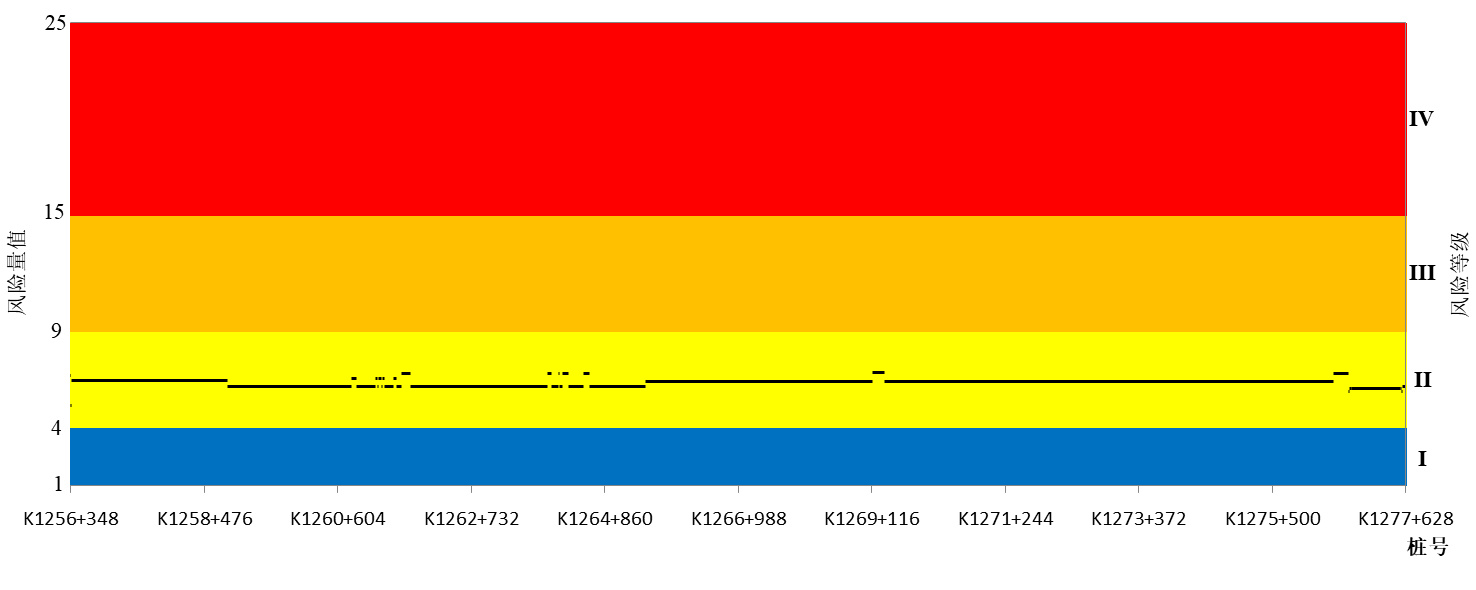


图2-3 综合风险量值分布图

3 输水总干渠

3.1 建筑物风险事件及因子

表3.1-1 输水渠道主要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 | 永定河倒虹吸（输水） | 1256+362.8~1258+847.8 | 8.3 | 管顶覆土冲刷破坏 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 违章采砂活动 | 1-4 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 箱涵破裂失效 | 违章采砂活动 | 1-4 |
| 工程自身 | 1-7 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 箱涵整体错位变形失稳 | 违章采砂活动 | 1-4 |
| 暴雨洪水 | 1-1 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 过流能力下降 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 涵身渗漏 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 违章采砂活动 | 1-4 |
| 2,3 | 卢沟桥暗涵（明挖箱涵） | 1258+847.8~1260+831.8，1260+897.8~1261+207.8 | 7.8,7.8 | 箱涵破裂失效 | 违章超载 | 1-6 |
| 4,5 | 卢沟桥暗涵（明挖箱涵） | 1261+238.8~1261+262.8，1261+299.8~1261+324.8 | 7.8,7.8 | 保护范围内违章活动 | 1-5 |
| 6,7 | 卢沟桥暗涵（明挖箱涵） | 1261+359.8~1261+498.8，1261+537.8~1261+617.8 | 7.8,7.8 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 8,9 | 卢沟桥暗涵（明挖箱涵） | 1261+767.8~1263+942.8，1264+017.8~1264+116.8 | 7.8,7.8 | 箱涵整体错位变形失稳 | 保护范围内违章活动 | 1-5 |
| 10,11 | 西四环方涵（明挖箱涵） | 1264+145.8~1264+190.8，1264+277.8~1264+521.8 | 7.8,7.8 | 违章超载 | 1-6 |
| 12 | 西四环方涵（明挖箱涵） | 1264+616.8~1265+510.8 ， | 7.80 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 13 | 团城湖暗涵（明挖箱涵） | 1277+571.8~1277+627.8 | 7.80 | 过流能力下降 | 运行调度和养护 | 1-8 |
|  |  |  |  | 涵身渗漏 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 14 | 穿越丰台西路和卢沟桥路段（暗挖箱涵） | 1261+617.8~1261+767.8 | 8.80 | 隧洞衬砌结构失稳 | 工程自身 | 1-8 |
| 15 | 绕过新建跨京石的丰北路匝道桥桥台（暗挖箱涵） | 1263+942.8~1264+017.8 | 8.80 | 地质灾害 | 1-2 |
| 16，17 | 西四环方涵（暗挖箱涵） | 1264+116.8~1264+145.8，1264+190.8~1264+277.8 | 8.8，8.8 | 穿越段防护结构变形 | 1-3 |
| 18,19 | 西四环方涵（暗挖箱涵） | 1264+521.8~1264+616.8，1276+474.8~1276+719.8 | 8.8，8.8 | 过水能力下降 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 20,21 | 西四环圆涵（暗挖圆涵） | 1265+515.8~1269+121.8，1269+321.8~1276+474.8 | 8.2，8.2 | 隧洞漏水 | 工程自身 | 1-8 |
| 22 | 穿越五棵松地铁圆涵 | 1269+121.8~1269+321.8 | 8.90 | 穿越段防护结构变形 | 1-3 |
| 23 | 穿丰西~京广、丰西~丰沙下行铁路联络线 | 1260+831.8~1260+897.8 | 8.40 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 24 | 下穿大型机械公司专用铁路线 | 1261+207.8~1261+238.8 | 8.40 |
| 25 | 下穿丰Ⅰ~丰Ⅴ联络线单条铁路 | 1261+262.8~1261+299.8 | 8.40 |
| 26 | 下穿京广铁路线 | 1261+324.8~1261+359.8 | 8.40 |
| 27 | 下穿丰西~京广、丰西~丰沙上行铁路联络线 | 1261+498.8~1261+537.8 | 8.40 |
| 28 | 调压塔 | 1265+510.8~1265+515.8 | 7.10 | 调压塔内水外溢 | 工程自身 | 1-7 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 调压塔局部变形失稳 | 工程自身 | 1-7 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 调压塔渗漏水 | 运行调度和养护 | 1-8 |
| 调压塔被淹 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 保护范围违章活动 | 1-5 |
| 运行调度和养护 | 1-8 |
| 29  30  31  32  33  34 | 西四环出口闸  团城湖控制闸  新开渠左分水口  永引渠右分水口  永引渠左分水口  水源三厂分水口 | 1276+719.8~1276+727.8  1277+563.8~1277+571.8  1268+019.8  1270+684.8  1270+769.8  1273+421.8 | 7.4  7.4  7.4  7.4  7.4  7.4 | （1）闸室变形失稳  （2）挡墙变形失稳 | 暴雨洪水 | 2-1 |
| 违章超载 | 2-4 |
| 运行调度和养护 | 2-6 |
| 启闭机房变形失稳 | 违章超载 | 2-4 |
| 雪灾 | 2-3 |
| 运行调度和养护 | 2-6 |
| 过流能力减小 | 低温冻融 | 2-2 |
| 运行调度和养护 | 2-6 |
| 工程自身 | 2-5 |
| 控制闸渗漏水 | 运行调度和养护 | 2-6 |
| 材料老化 | 工程自身 | 2-5 |
| 运行调度和养护 | 2-6 |
| 低温冻融 | 2-2 |
| 35  36,37 | 西四环出口明渠  团城湖明渠 | 1276+727.8~1276+757.8  1276+757.8~1277+535.8，1277+535.8~1277+563.8 | 7.6 | 渠顶漫顶 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 违章活动 | 3-4 |
| 渠坡失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 地质灾害 | 3-3 |
| 运行调度和养护 | 3-6 |
| 渠道衬砌变形失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 地质灾害 | 3-3 |
| 低温冻融 | 3-2 |
| 工程自身 | 3-5 |
| 运行调度和养护 | 3-6 |
| 渗透破坏 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 低温冻融 | 3-2 |
| 工程自身 | 3-5 |
| 运行调度和养护 | 3-6 |
| 过流能力减小 | 运行调度和养护 | 3-6 |
| 低温冻融 | 3-2 |
| 38 | 金河倒虹吸（排水倒虹吸） | 1277+210.8 | 6.7 | 排水箱涵变形失稳 | 工程自身 | 4-3 |
| 运行调度和养护 | 4-4 |
| 上部渠基变形破坏 | 工程自身 | 4-3 |
| 运行调度和养护 | 4-4 |
| 进出口挡墙变形失稳 | 暴雨洪水 | 4-1 |
| 工程自身 | 4-3 |
| 运行调度和养护 | 4-4 |
| 排水过流能力减小 | 进出口违章活动 | 4-2 |
| 暴雨洪水 | 4-1 |
| 运行调度和养护 | 4-4 |
| 上部输水明渠渗漏水 | 工程自身 | 4-3 |
| 运行调度和养护 | 4-4 |
| 39 | 船营桥（交通桥） | 1277+290.8 | 3.4 | 桥梁整体变形失稳 | 工程自身 | 5-7 |
| 暴雨洪水 | 5-1 |
| 违章超载 | 5-6 |
| 地质灾害 | 5-3 |
| 低温冻融 | 5-2 |
| 运行调度和养护 | 5-8 |
| 构件承载力破坏 | 工程自身 | 5-7 |
| 违章超载 | 5-6 |
| 运行调度和养护 | 5-8 |
| 桥墩不均匀沉降变形 | 工程自身 | 5-7 |
| 违章超载 | 5-6 |
| 运行调度和养护 | 5-8 |
| 水质污染 | 交通事故 | 5-4 |
| 危险品运输 | 5-5 |
| 运行调度和养护 | 5-8 |

3.2 建筑物风险预防措施

表3.2-1 倒虹吸、明挖箱涵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 | （1）密切关注汛期天气预报；  （2）加强雨季和汛期的风险排查，重点检查堤外坡脚、护坡、裹头、暗渠顶部保护层等部位是否出现异常情况，必要时进行抛石护脚。  （3）洪水期间，加强检查堤防背水侧边坡渗透稳定情况。  （4）每当河流经历一次洪水，需要加强对此段倒虹吸顶面河床的监测。 |
| 1-2 | 地质灾害 | 加强暗挖箱涵的土洞围岩变形监测，防止输水隧洞围岩变形，引起箱涵隧洞衬砌变形失稳和隧洞顶桥基塌陷。 |
| 1-3 | 防护结构变形 | （1）加强巡视监测和自动化监测，一旦发现异常现象，及时分析原因，必要时采取措施。  （2）联合分管穿越防护部门，加强监管穿越结构的使用。  （3）当穿越结构需要拓宽、改造，需要主管穿越结构部门提交穿越方案及对输水线路的影响评价。 |
| 人为活动 | 1-4 | 河道违章采砂 | （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。 |
| 1-5 | 保护范围内违章活动 | （1）严禁出现在输水管线保护范围内取土、盖房、打井等违章活动。  （2）定期现场巡视，并采用google earth等卫星图像或者无人机，当发现建筑物附近周边保护范围出现取土等违章活动，或者造成调压塔产汇流变化，应与当地政府沟通协调，建议制止违章活动，并复核违章取土坑对建筑物的影响。 |
| 1-6 | 管顶违章超载 | （1）加强对箱涵顶界桩和管顶以上保护范围内的管理，当在箱涵管顶两侧保护范围之内出现后期超载活动，应与当地政府沟通协调，制止违章超载活动、排除原违章建筑物。  （2）建议运行管理单位每月进行违章排查检查。 |
| 工程自身因素 | 1-7 | 设计和施工因素 | 加强对建筑物的自动化监测和巡视检查，一旦出现异常现象，及时分析原因，并提高监测频次，必要时，增加监测手段。 |
| 运行管理 | 1-8 | 运行调度和维护 | （1）做好建筑物日常检查维护工作，排除可能的风险因素。  （2）加强巡视监测，一旦出现异常现象，应分析异常变化原因。汛期和冬季提高检查频次。  （3）汛前对抢险道路、抢险设备、抢险物质进行风险排查。  （4）联合当地穿越段主管部门，加强对穿越段管理。  （5）对于新增管道、地铁、桥墩等后穿越工程，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。  （6）在输水隧洞顶部的西四环道路合适位置设置指示牌、警示牌，指示牌上标注输水暗涵的埋深、隧洞尺寸、穿越要求和管理负责人及联系方式等内容。  （7）严格执行调度和操作管理，控制水力过渡过程，以防水位变幅超过设计值。  （8）完善应急预案编制，提高应急预案的可操作性。其中包括：巡视巡查制度和具体要求、抢险道路建设、已有抢险队伍和物资的充分利用、研发专用抢险技术和装备等；  （9）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。 |

表3.2-2 控制闸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 | 加强巡视检查，确保水闸周边平台排水畅通，防止挡墙墙顶漫溢。 |
| 2-2 | 低温冻融 | 加强天气预报。在低温冰凌之前，加强拦冰、导冰，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。 |
| 2-3 | 雪灾 | 及时清除启闭机房房顶上过厚的雪荷载。 |
| 人为因素 | 2-4 | 违章超载 | （1）严禁启闭机房、交通桥超载运行；当吊装检修时，遵守闸门检修使用指南。  （2）严禁在挡墙后出现堆土等超占压活动。 |
| 工程自身因素 | 2-5 | 设计和施工因素 | （1）在闸门前设置除冰设施，防止冻胀引起闸门无法启闭。  （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 | 2-6 | 运行调度和养护 | （1）严格按照水闸调度规则运行管理，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。  （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）编制闸门运行突发事故的应急预案，定期进行应急预案演练。 |

表3.2-3 明渠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 | （1）密切关注汛期天气预报；  （2）加强雨季和汛期的风险排查，重点检查堤外积水和渠道外坡雨淋沟情况。  （3）及时检查排水措施，确保运行正常。 |
| 3-2 | 低温冻胀 | （1）加强天气预报。在低温冰凌之前，加强浮筒拦冰，并及时破除已经形成的冰盖。  （2）启动运行排冰闸，及时排除破除的冰块，防止冰块进入暗渠，堵塞过水断面。  （3）加强监测地下水位和渠道衬砌板冻胀错位现象。 |
| 3-3 | 地质灾害 | 加强监测渠道外地下水位变化、渠道衬砌板抗浮稳定和渠坡稳定情况。 |
| 人为活动 | 3-4 | 保护范围内违章活动 | 严格按照国务院管理条例规定，与相关部门沟通、协调，加强保护范围违章活动管理。 |
| 工程自身 | 3-5 | 设计和施工因素 | （1）及时检查渠道板冻胀错位现象，必要时，拆除冻胀错位衬砌板，增设保温措施，重新浇筑混凝土衬砌板。  （2）定期巡视检查渠堤外坡变形情况，重点关注渠堤外坡沉陷变形、渗透稳定情况。  （3）定期测量渠道淤积，必要时清淤。  （4）总干渠渠道内绿藻严重，建议增设打捞、拦截藻类措施。  （5）与相关部门沟通、协调，加强监管渠底管道运行情况。 |
| 运行管理 | 3-6 | 运行调度和养护 | （1）密切关注渠道水位，防止水位骤降及渠水漫溢。  （2）加强巡视监测，一旦出现异常现象，应分析异常变化原因。汛期和冬季提高检查频次。  （3）汛前加强抢险道路、抢险设备、抢险物资风险排查。  （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）编制突发事故的应急预案，定期进行应急预案演练。  （6）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。 |

表3.2-4 排水倒虹吸风险预防措施一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 风险因子归类 | 序号 | 风险因子 | 具体因子 | 预防措施 |
| 自然因素 | 4-1 | 暴雨洪水 | 暴雨洪水 | （1）密切关注汛期天气预报；  （2）定期清理排水倒虹吸进出口及内部淤积；  （3）加强汛前风险排查，及时对上下游流道进行疏通。 |
| 人为活动 | 4-2 | 进出口违章活动 | 进口堵塞（生活垃圾、柴草漂浮物） | 在洪水期间应加强倒虹吸进、出口的巡查，随时打捞聚集在排水建筑物进口处的树叶、污物等。 |
| 工程自身 | 4-3 | 混凝土裂缝、止水破损 | 混凝土裂缝、止水破损 | 在冬季无水情况下，或水量不大时进口临时封堵，采用左岸截流沟将水流疏导至其他排水建筑物，然后对混凝土裂缝采取灌注环氧树脂、喷涂聚脲处理，更换或修复渗漏的止水带或对结构缝进行处理。 |
| 下穿排水建筑物地基沉降变形 | 下穿排水建筑物地基沉降变形 | （1）分析监测数据，判断地基沉降变形是否收敛；  （2）必要时采取工程措施，例如灌浆、打围护桩等。 |
| 运行管理 | 4-4 | 运行调度和养护 | 管身泥沙淤积 | （1）在排水建筑物进口布设拦沙桩、拦沙坎、沉沙池等。  （2）汛前对管身淤积进行清理，对于人员和设备无法进入的涵管，可以利用洪水期间，将浮球放入需要清理的涵管内，随水流穿过涵管在出口浮出水面，浮球通过尼龙绳与钢丝绳连接，利用绞车来回拉动钢丝绳，挠动淤积物，使其通过流水带出涵管。 |
| 养护监管 | 汛前加强巡视检查排水倒虹吸进出口畅通和地形情况。 |

表3.2-5 跨渠交通桥风险预防措施一览表

| 风险因子归类 | 序号 | 风险因子 | 风险预防措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 自然因素 | 5-1 | 暴雨洪水 | 加强预报，汛前对桥头排水进行排查，可考虑在桥头设置挡水坎、排水篦子，避免桥头洪水冲刷渠坡。 |
| 5-2 | 低温冻融 | 加强预报，桥头设置车辆缓行警示标志，对道路结冰段采取除冰措施。 |
| 5-3 | 地质灾害 | （1）对桥梁所采用的隔震结构、设施进行定期检查及维护，及时进行震后检查。  （2）加强对桥基沉降变形监测。 |
| 人为活动 | 5-4 | 交通事故 | 当天气恶劣、车辆超载或者有危险品运输时，交通车辆尽量绕行。 |
| 5-5 | 危化品运输 |
| 5-6 | 车辆超载 |
| 工程自身 | 5-7 | 设计、施工 | 加强巡视监测和自动化监测，一旦发现异常现象，及时分析原因，必要时委托设计单位复核交通桥承载能力和验算裂缝宽度。 |
| 运行管理 | 5-8 | 运行调度和养护 | （1）桥梁运管单位定期对桥梁结构进行检测维护，尤其需要加强桥头伸缩缝、PVC排水管构件的巡检，对破损的伸缩缝、排水管构件及时进行更换，避免水质污染；进行全桥标高测量，检查与大桥建成投入使用时的线形是否有较大变化等）和特殊检测（建议每10年进行一次全面鉴定评估）。对存在问题的部位及时进行加固修复。  （2）完善交通事故类及危化品泄露等应急预案的编制。 |

3.3 建筑物风险控制措施

表3.3-1 输水倒虹吸、明挖箱涵、穿越铁路、调压塔风险控制措施一览表

| 序号 | 风险事件 | | | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 箱涵顶部冲刷破坏 | | | （1）对于输水渠道附近的冲坑，采取抛石、格宾石笼、钢筋石笼、混凝土四面体等抢护措施，防止洪水直接冲击暗渠，及时清除河道内堆砌物，避免流态恶化，在合适的部位抢修丁坝以改变流态，阻止洪水对建筑物或裹头岸坡的冲刷。  （2）当输水渠道保护范围河道出现采砂活动、违建、人工缩窄行洪断面等违章活动，应与河道主管部门及时沟通、协调，加强河道管理，清除河道内违建、违章活动，适时开展河道整治。  （3）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。 |
| 2 | 输水箱涵构件破坏 | 局部破损 | | （1）拆除涵顶上的超载建筑物，或者禁止超占压、保护范围内的违章活动。  （2）采用砂袋临时堵漏。  （3）可采用内衬加固、外包加固、钢丝网水泥喷浆和喷射混凝土修复等。在内衬加固中，可采用内衬钢板、钢丝网水泥，或者在箱涵内套钢筋混凝土预制管，额外增设一条箱涵。外包加固式在箱涵裂缝可以采用钢丝网水泥喷浆或喷射混凝土补强加固。 |
| 整体破损 | | 当箱涵涵身出现塌陷，拆除原箱涵，重新浇筑箱涵。 |
| 3 | 输水箱涵整体变形失稳 | 洪水淘刷、不对称加载或者减灾 | | 由于洪水淘刷、一侧取土占压等引起箱涵整体变形时，但还未引起结构缝止水破坏，即渗漏量不大，降低沉陷侧地面高程，在地面隆起侧采用加载纠偏、顶升纠偏、综合法等进行纠偏箱涵。 |
| 地基沉陷 | | 采用灌浆等措施加固地基，或者增设沉降缝。 |
| 4 | 过流能力减小 | | | （1）清淤或清除表面藻类；  （2）采用环氧砂浆对溢流面进行抹平。 |
| 5 | 箱涵渗漏 | 结构缝漏水 | | （1）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）当箱涵涵身混凝土振捣不密实，出现集中渗水通道，凿除保护层，重新浇筑混凝土。  （3）当箱涵涵身出现表面裂缝，采用防水涂料进行防渗加固。  （4）当箱涵涵身出现贯穿性裂缝引起渗水，建议委托设计单位重新复核箱涵工况，采取加固措施。 |
| 箱涵浅缝及剥蚀处理 | | 对于一些Ⅰ、Ⅱ类的表明细小龟裂和浅层裂缝，数量不多，可采用表面涂抹（喷涂）修补、表面贴补、凿槽镶嵌等方法进行修补和防水处理。 |
| 深缝修复 | | 当箱涵重要部位Ⅱ类以上的裂缝可以考虑灌浆修复。混凝土裂缝灌浆处理有水泥灌浆和化学灌浆两种。 |
| 箱涵有贯穿性裂缝 | | （5）当箱涵涵身出现贯穿性裂缝引起渗水，建议复核箱涵结构，采取加固措施。箱涵涵身补强加固包括内衬加固、外包加固、钢丝网水泥喷浆和喷射混凝土修复等。 |
| 6 | 暗挖隧洞衬砌变形失效 | | | （1）关闭上游控制闸门，开启下游退水闸门，放空箱涵，维修加固。  （2）及时通知主管穿越防护结构部门，降低或者停止穿越结构的运行使用。 |
| 7 | 隧洞衬砌渗漏 | | 地下水位上升 | 在隧洞出口设置排水孔，降低地下水位； |
| 隧洞内裂缝发展渗水 | 停水加固，对隧洞裂缝进行防渗补强等加固处理。 |

表3.3-2 控制闸风险控制措施一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 风险事件 | 风险控制措施 |
| 1 | 闸室整体变形失稳 | （1）当水闸基础和地基发生不均匀沉降，可采用地基处理措施，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、闸室上游增设阻滑板等措施，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。 |
| 2 | 闸室局部破损 | 及时采取混凝土加固补强措施；当启闭闸室梁、板、柱、闸墩出现横向裂缝、纵向裂缝或者斜向裂缝，可采用粘钢加固、外包钢加固。 |
| 3 | 启闭机房变形失稳 | （1）降低活荷载；  （2）建议复核启闭排架的承载能力，如有必要，可采用粘钢加固、外包钢加固原启闭排架。 |

表3.3-3 明渠风险控制措施一览表

| 风险事件 | | | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | |
| 1 | 一级边坡以上渠堤漫顶 | 堤顶漫溢 | （1）堤外洪水入渠，在渠顶顶外侧用砂袋等布置临时子堰挡水，子堰坡脚处宽度根据洪水预报需要加高幅度确定，一般为需要加高高度的1.5～2倍。  （2）及时疏通堤外排水通道，降低局部区域洪水位。 |
| 防洪堤溃决 | （1）先采用编织土袋或铅丝石笼先封堵溃口口门；  （2）然后在其外侧采用粘土或编织土袋堵漏。 |
| 2 | 渠坡  失稳 | 渠堤外坡 | （1）在渠堤外坡脚采用当地材料填筑压脚戗台，压脚戗台高度约为变形体最高处至剪出口最低处竖向高度的1/3，压脚戗台沿变形体滑动方向的顶宽度约为变形体破裂面顶底缘水平投影距离，顺渠堤轴线方向长度覆盖变形体，两侧外延距离各3m；  （2）变形体外露区域采用防水膜覆盖。 |
| 过水断面内坡 | （1）在变形体及其周边铺防水土工膜，上铺砂袋，压脚稳定。  （2）水下浇筑膜袋混凝土。  （3）不停水时设置围堰或者停水时，修正边坡，铺设保温板和衬砌护面板。 |
| 渠堤内一级马道以上边坡 | （1）变形体位于坡顶：变形体上部开挖减载；变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理，变形体表面和坡顶采用防水膜覆盖。  （2）变形体位于坡中部：变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；整个变形体采用塑料防水膜覆盖；在变形体中下部布置土钉、土锚或伞型锚，亦可配合树根桩加固。  （3）变形体位于一级马道附近：变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；整个变形体采用塑料防水膜覆盖；在变形体中下部以静压方式植入钢管桩。  （4）边坡整体失稳，清除松动滑坡；渠堤外边坡培厚加固，并做好土工膜防渗和护坡；渠堤内削坡并做好护面，加宽一级马道。 |
| 3 | 渠堤内一级边坡渗流破坏 | 集中渗漏 | （1）在渠堤内一级马道以上集中渗漏出口用砂袋堵压，防止水土流失。  （2）迅速查明渗漏通道；  （3）靠近渗漏通道入口处（靠近迎水侧、建筑物结构缝、贯穿性裂缝）采用粘土、土工膜封闭渗源。 |
| 散渗 | （1）及时疏通渠堤外洪水，堤内边坡采用土工膜封闭；  （2）采用粘土、土工膜+砂袋临时铺设渠堤外坡，延长渗径。  （3）检查渠堤外坡土工膜封闭情况，有必要时，重新焊接土工膜搭接或者更换土工膜。  （4）堤外坡堤顶进行灌浆、高压旋喷或者防渗墙等方法防渗加固。 |
| 4 | 衬砌变形失稳 | 抗浮失稳 | （1）抬高渠道运行水位平压；  （2）在渠堤周边或一级马道以上坡面设置排水减压孔降低局部区域地下水位，降水孔直径800～600mm，内置排水反滤装置，孔深根据地层条件确定；  （3）疏通原设计布置的所有排水孔道，使其正常工作。 |
| 冻胀破坏 | （1）必要时采用小型围堰进行水下浇筑模袋混凝土和不分散混凝土局部修复；  （2）待总干渠停水检修期间统筹考虑，按照原设计结构及标准恢复或增设保温板再铺筑衬砌板，进行加固。 |
| 5 | 过流能力减小 | | （1）当有冰凌时，用机械或者加热破除冰盖、冰坝。  （2）当渠内有泥沙淤积，定期清理泥沙。  （3）当渠内岸坡塌方，导致过流断面减小，尽快加固岸坡，恢复到原设计断面。  （4）加固堤后，清除抢险物料或者施工废弃料。 |

表3.3-4 排水倒虹吸工程风险事件控制措施一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 风险事件分类 | | 风险控制措施 |
| 1 | 排水箱涵变形失稳 | 地基沉降 | （1）配合调度运行，降低上部渠道的运行水位，必要时中断输水；  （2）采取灌浆、打围护桩等工程措施对排水箱涵地基进行纠偏或者加固处理。 |
| 承载力破坏 | 先降低上部渠道的运行水位，必要时中断输水，然后研究加固方案 |
| 2 | 穿渠建筑物渗漏导致上部渠基破坏 | | （1）对下穿建筑物结构缝进行临时灌浆处理；  （2）采用灌浆、植入树根桩等方式对渠基进行加固。 |
| 3 | 进出口挡墙变形失稳 | 整体变形失稳 | （1）疏通或增设渠内水面线以上的排水设施，以减小墙后水压力。  （2）增加墙趾宽度；  （3）墙趾抛石，增加抗滑力；  （4）在墙趾旁边增设阻滑桩。 |
| 4 | 局部变形失稳 | 由于挡墙厚度或者配筋不足，出现抗剪斜裂缝或者正向裂缝时，加固方案可为如下：  （1）疏通或增设渠内水面线以上的排水设施，以减小墙后水压力  （2）降低墙后回填土高度；在墙后增加输水渠道以上高程砂砾石排水垫层。  （3）降低墙后回填土高度，在墙后外贴混凝土，增加墙厚。  （4）从墙顶增设向下锚筋，穿透挡墙裂缝，并延伸锚固长度40d（d为锚筋直径）。 |
| 5 | 排水过流能力减小 | | （1）疏通排洪通道，降低局部区域洪水位；  （2）疏通堵塞涵管进出口。拆除进口或者出口通水后期增加的拦坎。  （3）在排洪倒虹吸进口上游一定距离（一般不小于100m）的天然河道较宽位置下游，用铅丝石笼设置临时拦沙坎，铅丝石笼采用钢丝绳固定在河道岸边，防止沿水流进入倒虹吸；条件允许时可考虑在倒虹吸出口采取适当措施减缓入涵水流流速予以配合；  （4）在洪水期间应加强渠道沿线天然河流水流状态的巡查，特别注意防止大型漂浮物进入左岸排水倒虹吸涵管，随时打捞聚集在进口处的漂浮物。 |
| 6 | 输水明渠、箱涵渗漏水 | | 如排水箱涵整体变形，或者排水箱涵两侧回填土未密实引起上部渠道沉降裂缝，导致渠道漏水，加固方案如下：  （1）采用钻孔灌浆，对排水箱涵进行纠偏或者加固地基处理。  （2）对排水箱涵两侧未回填密实的填筑料进行灌浆加固密实，填补沉降变形的空腔。  （3）对输水明渠或者箱涵采用聚丙乙烯砂浆或者灌浆，填补裂缝。  （4）输水箱涵裂缝漏水量较大部位，可采用土工膜进行补充防渗。 |

表3.3-5 跨渠交通桥工程风险事件控制措施一览表

| 编号 | 风险事件分类 | 风险控制措施 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 桩基沉降变形导致跨渠建筑物整体失稳 | （1）先减载或设置支撑除险；  （2）采用小型围堰，在渠道输水条件下，在槽墩周围形成局部静水环境；  （3）在桩基周围对地基进行灌浆处理，加大桩土间摩阻力。 |
| 2 | 跨渠建筑物构件破坏 | 先减载或设置支撑除险，然后研究加固方案 |
| 3 | 车辆超载、基础沉降导致桥墩不均匀沉降变形、衬砌板破坏 | （1）跨渠桥梁禁止通行；  （2）采用小型围堰，在渠道输水条件下，在桥墩周围形成局部静水环境；  （3）在桩基周围对地基进行灌浆处理，加大桩土间摩阻力；  （4）采用水下浇筑模袋混凝土和不分散混凝土局部修复衬砌板及防排水系统，或待总干渠停水检修期间统筹考虑，按照原设计结构及标准恢复或加固。 |
| 4 | 水质污染 | 参见水质风险事件处理措施一览表 |

3.4 调度运行

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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 团城湖节制闸 | K1277+338 | 4.0 | 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 |
| 新开渠左分水口  永引渠左分水口  永引渠右分水口  水源三厂分水口 | K1267+793  K1270+458  K1270+543  K1272+925 | 3.1  3.1  3.1  3.1 | 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 | 螺杆元件失效 | 7-4 |
| 螺杆主构件异常 |
| 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 |
| 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 | 闸门故障 | 7-4 |
| 异动 | 闸门未接收指令自动下滑或开启 | 金结故障 | 螺杆主构件破坏 | 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 |

表3.4-2 调度运行系统风险因子预防措施一览表

| 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）加强重要分水口备用电源配置。 |
| 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）对重要节制闸、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 调度运行系统风险事件控制措施一览表

| 建筑物类型 | 风险事件 | 控制措施 |
| --- | --- | --- |
| 节制闸 | 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口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口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。 |
| 分水口 | 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，水位、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，水位、流量变幅达到上报要求，积极准备，按总调中心调令执行。 |

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 | K1256+348 | K1277+628 | 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 冰期调度风险因子预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 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）冬季开展分水口、节制闸等闸控系统防冰冻巡视；  （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 冰期调度风险事件控制措施一览表

| 序号 | 建筑物类型 | 风险事件 | 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。冬季低温多对分水口、节制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口、团城湖节制闸。  （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。 |

3.4.3 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 | K1256+348 | K1277+628 | 2.0 | 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 水质风险因子预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 9-1 | 含油管路、含油仪器 | （1）对团城湖节制闸（分水口）、水源三厂分水口、永引渠右分水口、永引渠左分水口、新开渠左分水口内含油管路、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 | （1）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。 |

4 综合评价及工作建议

本次评估，西四环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）西四环管理所部分排水口排水出路不畅，建议根据工程自身和周边自然条件现状，研究各排水口检修期排水方案，疏通排水出路。

（二）西四环管理所所辖工程位于市区，穿越市政设施较多，对于新增管道、地铁、桥墩等后穿越工程，应加强监管，后穿越工程应及时上报中线主管部门，穿越方案和对输水箱涵的影响评价应经过中线主管部门批准。

（三）西四环管理所所辖工程位于市区，人口密集，应注意按照国务院管理条例要求，加强对工程保护范围内生产活动监控，加强分水口等露出地面的建筑物和工程周界安防。