**南水北调中线一期工程安全风险评估**

**穿漳管理处风险防控手册**

**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

1 工程概况 3

2 风险等级 4

2.1 风险等级标准 4

2.2 风险量值分布图 5

3 输水总干渠风险防控措施 9

3.1 输水渠道 9

3.2 建筑物 13

4综合评价及工作建议 30

# 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渠段的风险沿渠线分布情况，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渠道、输水建筑物、分水口、排水建筑物、其他穿越建筑物、跨渠桥梁等建筑物的风险。

（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

穿漳段工程全长1.082km，设计流量235m3/s，进口设计水深7m，出口设计水深6m，建筑物3座，其中河渠交叉倒虹吸1座、节制闸1座、退水排冰闸1座。

穿漳管理处总干渠工程特性见表1-1。

表1-1 穿漳管理处总干渠工程特性表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 地基特性及处理措施 | 长度 | 建筑物尺寸 | 填高(m) |
| 1 | 渠道K730+595～K730+689 | 高填方 | 94 |  | 12.7 |
| 2 | 漳河倒虹吸K730+689～K731+454 | 渠道倒虹吸 | 765 | 3孔1联，单孔尺寸6.9m（宽）×6.9m（高） |  |
| 3 | 渠道K731+454～K731+677 | 高填方 | 223 |  | 12.7 |

# 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，对策措施主要为关注、维持正常的监测频次和日常巡视。

Ⅱ级风险为一般风险，属于可容忍风险，对策措施主要为监控、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，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，对策措施主要为及时采取措施，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

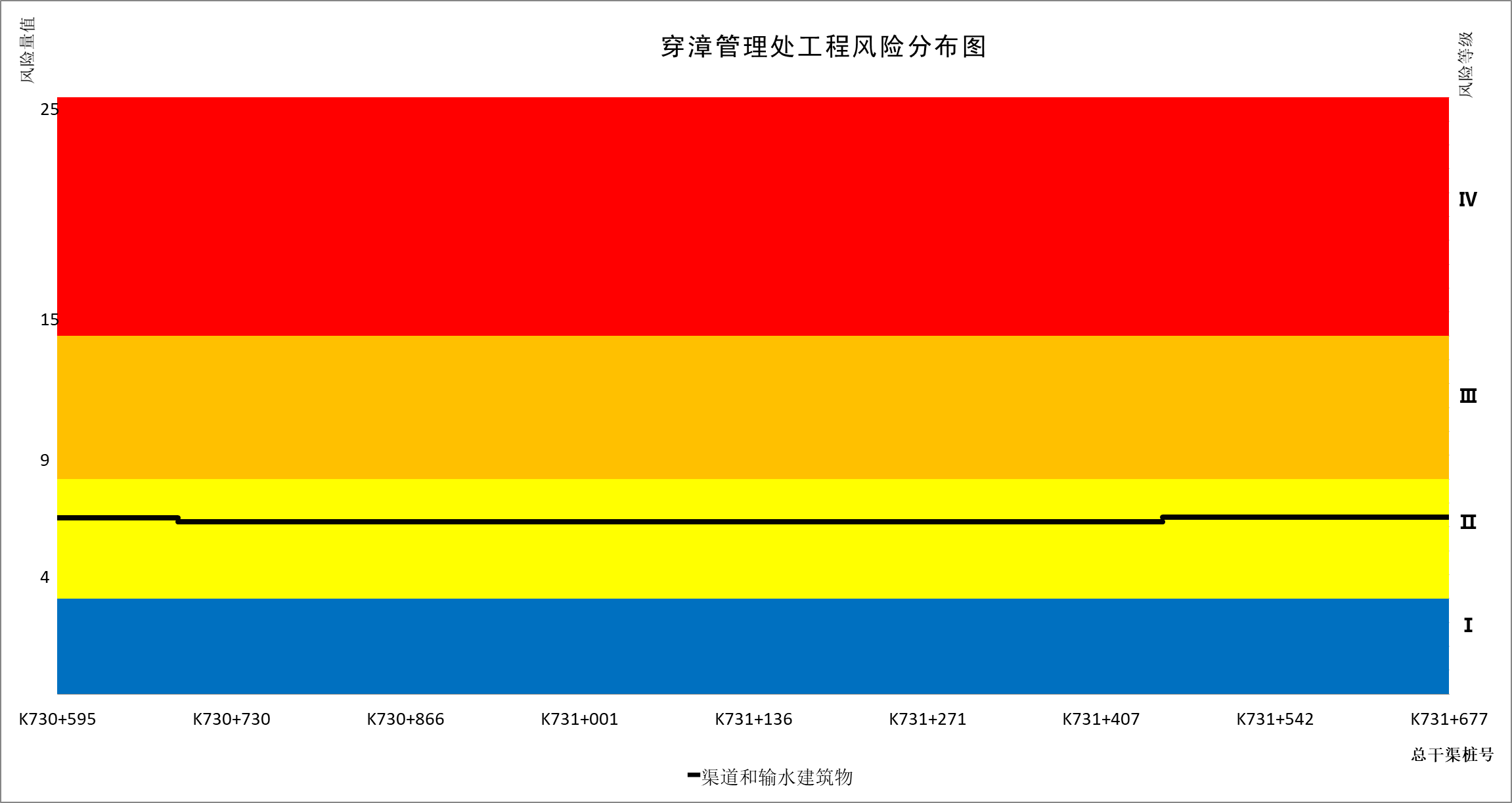


图2-1 工程风险量值分布图

2.2.2 洪水风险量值分布图

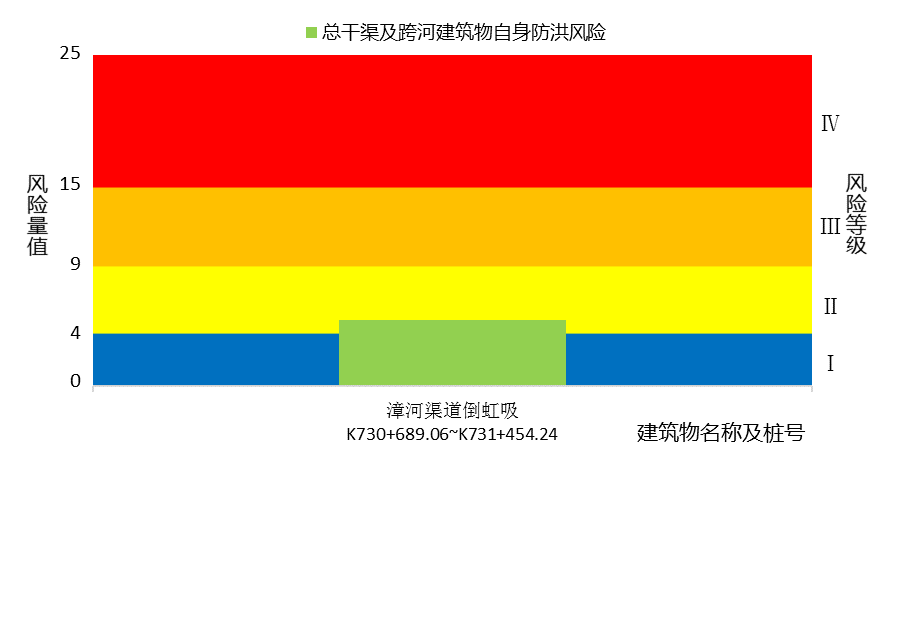


图2-2 洪水风险量值分布图

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

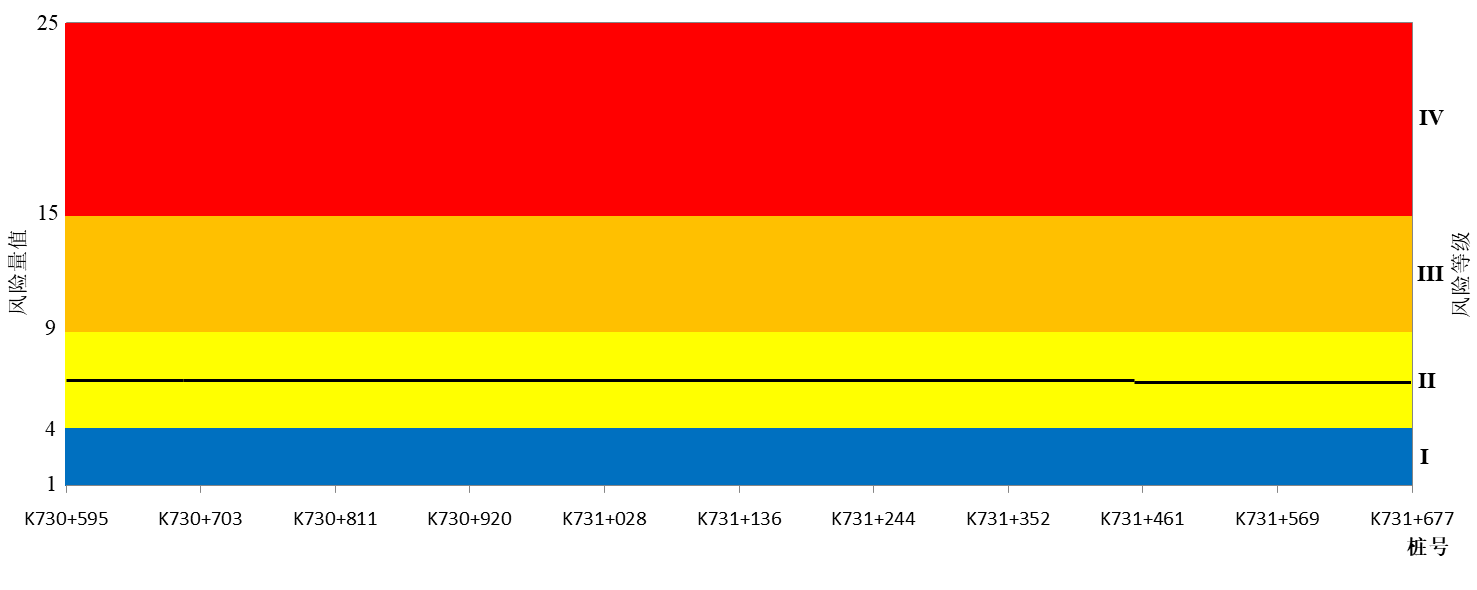


图2-4 综合风险量值分布图

# 3 输水总干渠风险防控措施

3.1 输水渠道

3.1.1输水渠道风险事件及因子

（1）高填方渠道风险事件及风险因子

表3.1-1 高填方渠道风险事件及风险因子一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 桩号 | 风险量值 | 主要风险事件 | 主要风险因子（按重要性排序） | 风险预防措施编号 |
| 1  2 | K730+595～K730+689  K731+454～K731+677 | 7.4  7.4 | 渠坡失稳 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 渠道渗漏 | 1-4 |
| 调度运行 | 1-6 |
| 地震 | / |
| 渗流破坏 | 渠道渗漏 | 1-4 |
| 渠堤漫顶溃决 | 调度运行 | 1-6 |
| 渠道沉降变形 | 1-3 |
| 地震 | / |
| 洪水浸泡渠堤外坡 | 暴雨洪水 | 1-1 |

3.1.2输水渠道风险预防措施

（1）高填方渠道风险预防措施

表3.1-2 高填方渠道风险预防措施一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风险因子归类 | 编号 | 风险因子 | 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，重点对挖方渠道检查防洪堤及堤外积水情况，对填方渠道检查外坡雨淋沟情况；  （3）根据暴雨预警信息，及时进行抢险人员、物料的布防。 |
| 1-2 | 极端气象 | 密切关注天气情况及总干渠冰情，必要时需配合冰期输水调度方案。 |
| 工程因素 | 1-3 | 渠道沉降变形 | （1）分析监测数据，判断渠道沉降变形是否收敛；  （2）必要时采取工程措施，若为土质地基可植入树根桩加固，若为砂砾石或砾质土地基则采用灌浆方式。 |
| 1-4 | 土工膜、结构缝渗漏 | （1）对填方渠道，在渗漏出口设置压浸平台，防止水土流失；  （2）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。 |
| 1-5 | 衬砌板隆起或裂缝 |
| 管理因素 | 1-6 | 调度运行 | 密切关注渠道水位，防止水位骤降及渠水漫溢。 |
| 1-7 | 抢险道路、设施 | （1）对交通不便利的渠段增加沿渠抢险道路；  （2）沿渠增设级配砂砾料备料区；  （3）总干渠门禁系统自动化；  （4）汛前对抢险道路进行风险排查，检查抢险设备调用、抢险物资的备料情况；  （5）编制防汛应急预案。 |
| 人为因素 | 1-8 | 保护范围内违规打井、取土、挖塘等 | （1）发现有相关违规行为，应及时上报；  （2）与地方政府联系，拆除违规设施，制止违规施工；  （3）对已存在的取土坑进行填平处理或在总干渠坡脚加强防护措施。 |
| 1-9 | 渠道内有阻水障碍物 | 在确保衬砌板稳定的情况下，对渠道内抢险物资、设施进行清理。 |

3.1.3输水渠道风险控制措施

表3.1-3 输水渠道风险控制措施一览表（含高填方渠道和不良地质条件渠道）

| 风险事件分类 | | | 控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 类型 | |
| 1 | 渠坡  失稳 | 渠堤外坡 | （1）变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；  （2）沿变形体下缘设置排水反滤体；  （3）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；  （4）变形体外露区域采用防水膜覆盖。 |
| 过水断面内坡 | （1）变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；  （2）在一级马道路缘石外侧以静压方式植入钢管桩。 |
| 2 | 渗流  破坏 | 集中渗漏、  流土 | （1）在集中渗漏出口设置压浸平台，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。 |
| 管涌 | （1）在涌水口采用反滤料填压，反滤料填压厚度一般为20cm，且不小于管涌出水口尺寸2倍；填压平面直径一般为10倍管涌通道直径，且不小于1m；  （2）在反滤料上方填中粗砂，厚度一般为0.5倍的反滤料厚度，然后再填筑碎石；碎石上方压填块石，碎石厚度与反滤料厚度相同，块石厚度为反滤料厚度的2倍。  （3）在进行管涌出水口处理同时，在排水反滤体外围采用编织袋码砌形成围井或采用装配式围井；  （4）在管涌出水口处置同时，迅速查明管涌通道；  （5）靠近管涌通道入口处或渠堤迎水侧采用无毒化学堵漏材料封闭通道源头。 |
| 3 | 衬砌板隆起、开裂、位移 | | （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加固。 |
| 4 | 渠堤漫顶 | | （1）当渠水漫顶系由于降雨、渠外洪水加入原因造成时，主要通过输水调度解决；  （2）当漫顶原因系渠堤或建筑物地基沉降变形引起时，可在渠堤顶采用袋装土或其他抢险物资堆砌临时子堤挡水，然后研究处置方案。 |
| 7 | 渠堤溃决 | | （1）在口门较窄时（溃口宽度不大于1m，深度不大于1m），采用大体积物料，如蓬布、石袋、石笼等及时抢堵，以免口门扩大，阻止突发事件进一步发展；  （2）溃口口门尺寸较大时，应在第一时间采用大型石笼、大块石等抢筑裹头；  （3）在堤防迎水面安装两排的螺旋锚，然后抛沙石袋减少急流对堤防的正面冲刷，减缓堤头的崩塌速度；  （4）沿堤头包裹向背水面安装两排螺旋锚，抛沙石袋，减少急流对堤头的冲刷和回流对堤背的淘刷；  （5）待裹头初步稳定后，采用打桩等方法进一步予以加固；  （6）向龙口抛填石笼、块石护底，龙口稳定后实施封堵措施；  （7）溃口封堵首先采用立堵法，从溃口两侧按照拟定的封堵轴线快速向中间合拢；合拢至一定位置后，流速较大时，采用平堵法实现溃口合拢。溃口合拢时若流速、流量较大不宜合拢时，可采用钢管框架阻挡填料实现合拢；  （8）实现封堵进占后，首先在临水测回填粘土，再铺设复合土工膜，复合土工膜上部抛填粘土袋压重防止冲刷；  （9）外洪入渠造成渠道流量增加，可采用调度除险；  （10）闸门设备故障采取应急调度措施，配合相邻节制闸开度调整，必要时开启上游退水闸退水。 |
| 8 | 洪水浸泡渠堤外坡 | | 采用块石、编织土袋等抢险物资对渠堤外坡进行防护，防止因洪水浸泡导致渠坡失稳。 |

3.2 建筑物

3.2.1建筑物风险事件及风险因子

（1）渠系建筑物风险事件及风险因子

表3.2-1 渠系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 | 风险事件 | 风险因子（按重要性排序） | 对应风险预防措施编号 |
| 1 | 漳河倒虹吸 | K730+689～K731+454 | 7.2 | 管身冲刷失稳 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 下游河道被挤占 | 3-11 |
| 洪水漫溢渠堤溃决 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 下游河道被挤占 | 3-11 |
| 过流能力减小 | 闸门、机电设备故障 | 3-6 |
| 贝类繁殖 | 3-10 |

3.2.2 建筑物风险预防措施

（1）渠系建筑物风险预防措施

表3.2-2 渠系建筑物风险预防措施一览表

| 风险因子归类 | 编号 | 风险因子 | 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）汛期与上游水库建立联动工作机制，密切关注水库泄洪情况；  （3）汛前风险排查，尤其是裹头、承台等部位防护设施的排查；  （4）根据暴雨预警信息，及时进行抢险人员、物料的布防。 |
| 3-2 | 极端气象 | 密切关注天气预报，尤其在冬季。 |
| 工程因素 | 3-3 | 混凝土裂缝、止水破损 | （1）过流面以外的混凝土表观裂缝可采用裂缝综合测试仪，深层裂缝采用弹性CT进行检测，裂缝可采用灌注环氧树脂处理；  （2）过流面则在总干渠输水流量较小时采取单孔检修方式进行过流面裂缝及结构缝处理，并配合调度，尽量减小对建筑物输水能力的影响。对混凝土裂缝采取灌注环氧树脂、喷涂聚脲处理，修复渗漏的止水带。 |
| 3-4 | 进出口地基沉降变形 | （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加固，若为土质地基可植入树根桩加固，若为砂砾石或砾质土地基则采用灌浆方式。 |
| 3-5 | 裹头、管身防护出现局部损坏 | 核查损坏原因，修复损坏部位，重新布设防冲材料。 |
| 3-6 | 闸门、机电设备故障 | 定期进行设备维护检修。 |
| 管理因素 | 3-7 | 调度运行 | 加强调度运行硬软件设施建设和人员培训，避免操作失误。 |
| 3-8 | 抢险道路、设施 | （1）总干渠门禁系统实现自动化控制；  （2）汛前对抢险道路进行风险排查，检查抢险设备调用、抢险物资的备料情况；  （3）编制防汛应急预案。 |
| 3-9 | 退水闸、分水口前淤积 | 对闸前淤积严重的部位采用泥浆泵定期进行抽排处理。 |
| 3-10 | 贝类繁殖 | 在输水流量较小时采取单孔检修方式，定期对建筑物过流面上附着的贝类进行清理。 |
| 人为因素 | 3-11 | 下游河道被违规建筑物挤占 | （1）河道整治，清理河道内障碍物，平顺河道，对阻碍行洪的违规建筑物或堆积物等予以拆除或改建，使下游河道行洪能力与交叉断面相适应；  （2）必要时在裹头渠顶增设防洪堤。 |
| 3-12 | 河道地形发生变化 | （1）加强汛前汛后的风险排查，尤其是倒虹吸管顶覆土的变化情况；  （2）对工程区河段进行整治，平顺河道，并确保管顶覆土厚度处于结构允许范围内。 |

3.2.3建筑物风险控制措施

（1）渠系建筑物风险控制措施

表3.2-3 渠系建筑物风险控制措施一览表

| 风险事件分类 | | | | 控制措施 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 类型 | | |
| 1 | 建筑物地基失稳 | | 地基承载能力不足 | （1）首先在距建筑物外轮廓边界约2m的周边采用钻孔方式垂直植入树根桩，间距1～2m，分两序间隔施工；  （2）周边垂直向树根桩施工完毕后，在矩建筑物外轮廓边界约0.5～1.0m的周边，采用钻孔方式斜向植入树根桩，桩底插入建筑物基础下部，间距1～2m，分三序间隔施工；  （3）树根桩桩底高程根据地基条件，一般插入承载能力较高地层1～2m。 |
| 填土地基边坡失稳所致 | （1）变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；  （2）沿变形体下缘设置排水反滤体；  （3）当填土地基外侧临河侧，边坡失稳系水流掏刷所致，采用抛石或铅丝石笼固脚，抛石范围为整个掏刷区域；  （4）在坡脚采用块石或编织土袋砌筑压脚戗台，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。  （5）变形体外露区域采用防水膜覆盖。 |
| 集中渗漏导致地基土水土流失 | （1）在集中渗漏出口设置压浸平台，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。  （4）采用植入树根桩方式进行地基加固处理。 |
| 2 | 建筑物抗滑失稳 | | 有效重量减少 | （1）修复结构缝止水和土工膜，防止渗漏；  （2）在周边设置排水减压孔降低基底扬压力，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。 |
| 滑动力增加 | （1）设置临时支撑或采用其他平压方式，先控制墙体滑移变形；  （2）疏通或增设排水减压孔，孔内采取反滤措施；  （3）有条件时可适当降低建筑物外侧填土高度；  （4）当上述措施均无法有效解决问题时，可对建筑物外侧填土进行加固，加固方式可采用抗滑桩（填土高度大于10m）或植入树根桩（填土高度小于10m）。 |
| 摩擦系数不足 | （1）设置临时支撑或采用其他平压方式，先控制墙体滑移变形；  （2）根据建筑物结构受力钢筋布置，在临空侧布置斜孔或在建筑物底板顶面或结构顶布置垂直孔，钻孔穿过建基面插入地基2～3m（当地基存在深层稳定问题时可与地基加固协调考虑），孔径D200～400mm；  （3）孔内植入钢筋束（3～5根Φ40）；  （4）采用C50高标号细石混凝土填充。 |
| 3 | 建筑物抗浮失稳 | | 闸、挡墙等 | （1）临时在建筑物上方采用土袋增加压重，稳定上浮变形；  （2）疏通原设计布置的所有排水孔道，使其正常工作；  （3）当地基透水性较强时，对于穿渠建筑物进出口底板可直接增设排水孔，降低扬压力，排水孔直径100～70mm；  （4）对于进出口渐变段底板，在周边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；  （5）对于强透水地基，仅采用降水难以在短期内满足抗浮稳定要求时，可在降水井外围（距降水井轴线2～3m）设置防渗墙或延长降水时间，本报告按延长降水时间考虑，具体实施时可考虑租赁相关设备。 |
| 倒虹吸、涵管等 | （1）避免高地下水位期检修；  （2）恢复原设计在建筑物上方的地形条件，稳定上浮变形；  （3）在周边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。 |
| 4 | 建筑物裹头边坡失稳 | | | （1）抛石护岸，砂砾石反滤；  ①水流冲刷区外有渗漏：砂砾排水层+填土或土工袋压脚；  ②水流冲刷区外无渗漏：填土或土工袋压脚；  ③水流冲刷区：当河道为土质河床时，沿填筑体坡脚周边压入D200钢管桩；控制变形进一步恶化，然后在钢管桩外侧抛石护脚；对于砂砾石河床，在河岸一定范围直接进行抛石或抛投铅丝笼护脚，稳定河岸；  （2）变形体顶沿滑裂面进行封闭防渗处理；  （3）在建筑物基础周边对建筑物基础进行加固处理，其加固措施视地基土质而定，若为土质地基可植入树根桩加固，若为砂砾石或砾质土地基则采用灌浆方式。 |
| 5 | 裹头冲刷 | | | （1）关闭输水建筑物上游进口控制或节制闸，随时监控闸前渠道水位变化情况；  （2）输水建筑物上游渠道第一个退水闸根据节制闸闸前水位变化配合开启，以保持渠道水位基本稳定为原则；  （3）采用大体积料物，大块石、石袋、石笼等及时护岸，保持河岸稳定，以免河岸冲刷危及输水建筑物进出口安全；  （4）当河道中部发生超标准冲刷时，有条件应调集驳船，在输水建筑物上、下游距建筑物边界3～5m部位抛石护床；部分宽浅式河流，在不影响当地防洪抢险条件下，可在下游适当位置采用块石或土袋、或石笼束窄河床抬高建筑物所在河段水位，降低流速，减少冲刷。 |
| 6 | 结构  破坏 | 输水通道、排架 | | 需要中断相关输水通道输水，减载或设置支撑除险，然后研究加固方案。 |
| 其他 | | 先减载或设置支撑除险，然后研究加固方案。 |
| 7 | 过流能力减小 | | | 配合调度运行，增大其他闸门开度或抬高运行水位。 |

3.3 工程运行调度

3.3.1 调度运行系统

表3.3-1 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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 漳河节制闸 | K731+366 | 4.6 | 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 | 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 |
| 漳河退水闸 | K730+599 | 3.9 | 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3.3-2 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）在沿线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）加强单回路供电节点升级改造。 |
| 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门库；  （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3.3-3 调度运行系统风险控制措施一览表

| 建筑物类型 | 风险事件 | 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上、下游节制闸及辖区内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上、下游节制闸及辖区内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。 |
| 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，并做好调节辖区内节制闸的准备工作，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，并做好调节辖区内节制闸的准备工作，保持渠段水位平稳；  （4）故障消除后，逐级上报。 |

3.3.2 冰期调度

表3.3-4 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 | K730+595 | K731+677 | 3.6 | 冰塞 | 气象条件 | 8-1 |
| 建筑物特点 | 8-2 |
| 水温 | 8-3 |
| 冰盖特性 | 8-4 |
| 冬季调度方案 | 8-5 |
| 渠道运行方式 | 8-6 |
| 人工误操作 | 8-7 |
| 冰坝 | 气象条件 | 8-1 |
| 建筑物特点 | 8-2 |
| 水温 | 8-3 |
| 冰盖特性 | 8-4 |
| 冬季调度方案 | 8-5 |
| 渠道运行方式 | 8-6 |
| 人工误操作 | 8-7 |
| 异常冰情 | 气象条件 | 8-1 |
| 水温 | 8-3 |
| 渠道调度方案 | 8-5 |
| 输水设施破坏 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-8 |
| 冰盖静冰荷载 | 8-9 |
| 流冰荷载 | 8-10 |
| 人工误操作 | 8-7 |
| 设备适应性 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-8 |
| 冰盖负荷 | 8-9 |
| 流冰荷载 | 8-10 |
| 人工误操作（检查遗漏） | 8-7 |

表3.3-5 冰期调度风险预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 8-1 | 气象条件 | 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 | 建筑物特征 | 1）控制建筑物  （1）穿漳河渠道倒虹吸重点巡视，主要建筑物制定专门负责人；  （2）主要开展流冰、冰盖厚度、冰塞堆积等巡视观测。  2）渠道布置  （1）完善渠道冬季检查制度，入冬前和结冰期应定期对渠道边坡进行专项检查；  （2）冰情应巡查渠道冰情、冻胀，重点关注建筑物进口、渠池下游、弯道、束窄断面、高填方渠段等，主要巡查流冰、冰盖厚度和冰塞堆积情况；  （3）重点渠段能布设拦冰索、扰冰等防护措施。 |
| 8-3 | 水温 | （1）完善水情监测断面水温观测资料，将冬季水温观测纳入自动化观测参数中；  （2）水温资料共享，总控中心、管理处运行人员实时掌握水温发展动态；  （3）完善水温对冰情生消演变预报技术。 |
| 8-4 | 冰盖特征 | （1）开展结冰期、封冻期、开河期冰盖长度、厚度原型观测；  （2）重点部位为控制建筑物、闸控系统附近和高填方渠段。 |
| 8-5 | 冬季调度方案 | （1）制定安全可靠的调度方案，明确冬季冰期输水的时间、范围和输水计划；  （2）调度方案中输水流量应保证渠道流速不大于流冰下潜的临界流速；  （3）根据不同的气象条件制定不同的冬季调度方案。 |
| 8-6 | 调度运行方式 | （1）冬季运行应保持渠道水位-流量稳定，采取合理的冬季运行方式；  （2）结冰期宜抬高渠道水位，促使冰盖尽快形成；  （3）封冻期应保持应保证冰盖稳定，不破裂；  （4）融冰期促使冰盖就地融化，减小流冰量，避免因调度失误引起水位抬高，冰盖鼓起破裂。 |
| 8-7 | 人工误操作（检查遗漏） | （1）制定严格的操作制度，严格按流程操作；  （2）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；  （3）自动化操作后，现场闸站人员应及时校核，尽早发现问题。 |
| 8-8 | 冻融 | （1）开展渠道、建筑物、仪器设备附近低温和冰盖冻融原型观测；  （2）重点为闸控系统、仪器设备、跨河设施等断面；  （3）建筑物前冰盖厚度大于历史数据后，加强观测，及时采取机械、人工方法破冰或融冰；  （4）在仪器设备周围应布设加热或破冰措施，防止岸冰对设备布设结构的冻融破坏。 |
| 8-9 | 冰盖负荷 | （1）开展冰厚观测，实时掌握冰盖厚度发展动态；  （2）建筑物附近冰盖厚度大于历史数据后，加强观测，及时采取机械、人工方法破冰或融冰。 |
| 8-10 | 流冰荷载 | （1）开展流冰观测，记录流冰位置、流冰厚度、密度等参数；  （2）重点部位为控制建筑物渠段。 |

表3.3-6 冰期调度风险控制措施一览表

| 序号 | 建筑物类型 | 风险事件 | 控制措施 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 输水渠道 | 冰塞 | 冰塞可能发生在安阳管理处末端～穿漳管理处末端。根据冰塞大小类型，采取不同的应对措施；对小型冰塞应以观测为主，重点应对体积较大的冰塞。  （1）结冰期应开展渠道冰塞巡视，出现冰塞，逐级上报，调度、工程部门相互协调，配合上级单位，统一应对冰塞风险；组织专家会商，制定冰塞风险应对措施；  （2）冰塞专项观测，确定冰塞位置、长度、堆积厚度、上游壅水高程等，实时掌握冰塞发展动态；  （3）调度方面，渠道水位、流量变化量值不大时，应保持调度平稳；变化比较大时，联合调度上、下游闸门，防止渠道水位～流量值较快变化；  （4）人员组织，根据冰塞可能造成事故等级，配合上级部门及地方防汛人员组成应急抢险小组，制定应急处置方案；  （5）抢险设备，突出重点防护位置，穿漳河渠道倒虹吸进口为重点防护位置，准备应急设备，准备捞冰、运冰设备，保持输水畅通，布置冰屑堆积场地；  （6）出现冰塞堵塞、漫堤等事故时，应启动冬季应急抢险预案，及时开启退水闸。 |
| 冰坝 | 冰坝可能发生在安阳管理处末端～穿漳管理处末端。根据冰坝大小类型，采取不同的应对措施；对小型冰坝应以观测为主，重点应对体积较大的冰坝体。  （1）开河期应开展渠道冰坝巡视，出现冰坝，逐级上报，调度、工程部门相互协调，合上级单位，统一应对冰坝风险；组织专家会商，制定冰坝风险应对措施；  （2）冰坝专项观测，确定冰坝位置、长度、堆积厚度、上游壅水高程等，实时掌握冰坝发展动态；  （3）调度方面，渠道水位、流量变化量值不大时，应保持调度平稳；变化比较大时，联合调度上、下游闸门，防止渠道水位～流量值较快变化；  （4）人员组织，根据冰坝可能造成事故等级，配合上级部门及地方防汛人员组成应急抢险小组，制定应急处置方案；  （5）抢险设备，突出重点防护位置，穿漳河渠道倒虹吸进口为重点防护位置，准备应急设备，准备捞冰、运冰设备，保持输水畅通，布置冰屑堆积场地；  （6）出现冰坝堵塞、漫堤等事故时，应启动冬季应急抢险预案，及时开启退水闸。 |
| 异常冰情 | （1）冰情时间、冰盖厚度异常严重时，应逐级上报，组织专家会商，评估冰情的严重程度，制定应对预案；  （2）增加气象、水温观测，加密冰情观测频次，实时掌握冰情发展动态；  （3）冰情异常影响调水安全时，通知受水区，调整输水流量；  （4）根据冰情发展动态，由专家会商决定，根据总调中心指令统一恢复正常供水。 |
| 输水设施破坏 | 1）渠道边坡衬砌破坏：（1）根据边坡衬砌破坏程度，逐级上报；（2）对于严重的冻胀事故，组织专家，分析冻胀破坏原因及可能出现后果；（3）加强巡视，防止可能诱发的跑水事故发生；（4）在条件允许时，及时修复和更换；（5）对重点边坡冻胀渠段研究低温条件下防护措施。  2）拦冰索断裂，（1）逐级上报，加强观测，掌握拦冰索断裂对渠道冰盖稳定性影响；（2）及时更换拦冰索；预防拦冰索断裂诱发流冰堆积体、冰盖整体下移等严重次生危害；（3）出现大块冰块破裂下移时，下游及时增设拦冰索，准备应急抢险设备，防止流冰堵塞建筑物进口。  3）水情监测设施，（1）水情监测设备失效后，逐级上报上级相关部门；（2）改用人工观测方法，维持水尺断面水位平稳运行；（3）及时联系厂家，排查设备事故原因，在有条件的情况下及时更换。 |
| 2 | 节制闸 | 设备适应性 | （1）逐级上报，根据事故严重程度，不同部门组织应对；  （2）处理闸前冰屑堆积，闸前冰盖厚度大约25cm以上时应采用人工方法，减少冰盖对闸门的荷载；  （3）积极联系厂家现场查看维修，及时排查事故缘由，条件允许时，及时维修；  （4）做好应急融冰、捞冰的准备；  （5）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）低温、冰盖冻胀对闸室附属结构破坏，逐级上报；  （2）加强监测，防止事故扩大；  （3）事后，尽快修复。 |
| 3 | 退水闸 | 设备适应性 | （1）逐级上报，根据事故严重程度，不同部门组织应对；  （2）处理闸前冰屑堆积，闸前冰盖厚度大约25cm以上时应采用人工方法，减少冰盖对闸门的荷载；  （3）积极联系厂家现场查看维修，及时排查事故缘由，条件允许时，及时维修；  （4）做好应急融冰、捞冰的准备，确保退水闸正常工作；  （5）影响应急退水时，应配合总调中心，开启上、下游退水闸退水；  （6）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）低温、冰盖冻胀对闸室附属结构破坏，逐级上报；  （2）加强监测，防止事故扩大；  （3）事后，尽快修复。 |
| 4 | 倒虹吸 | 冰塞 | 冰塞可能发生在穿漳河渠道倒虹吸进口。对小型冰塞应以观测为主，重点应对体积较大的冰塞。  （1）结冰期应开展渠道冰塞巡视，出现冰塞，逐级上报，调度、工程部门相互协调，配合上级单位，统一应对冰塞风险；组织专家会商，制定冰塞风险应对措施；  （2）冰塞专项观测，确定冰塞位置、长度、堆积厚度、上游壅水高程等，实时掌握冰塞发展动态；  （3）调度方面，渠道水位、流量变化量值不大时，应保持调度平稳；变化比较大时，联合调度上、下游闸门，防止渠道水位～流量值较快变化；  （4）人员组织，根据冰塞可能造成事故等级，配合上级部门及地方防汛人员组成应急抢险小组，制定应急处置方案；  （5）抢险设备，准备应急设备，准备捞冰、运冰设备，保持输水畅通，布置冰屑堆积场地；  （6）出现冰塞堵塞、漫堤等事故时，应启动冬季应急抢险预案，及时开启退水闸。 |
| 冰坝 | 冰坝可能发生在穿漳河渠道倒虹吸进口。对小型冰坝应以观测为主，重点应对体积较大的冰坝体。  （1）开河期应开展渠道冰坝巡视，出现冰坝，逐级上报，调度、工程部门相互协调，配合上级单位，统一应对冰坝风险；组织专家会商，制定冰坝风险应对措施；  （2）冰坝专项观测，确定冰坝位置、长度、堆积厚度、上游壅水高程等，实时掌握冰坝发展动态；  （3）调度方面，渠道水位、流量变化量值不大时，应保持调度平稳；变化比较大时，总调中心应联合调度上、下游闸门，防止渠道水位～流量值较快变化；  （4）人员组织，根据冰坝可能造成事故等级，配合上级部门及地方防汛人员组成应急抢险小组，制定应急处置方案；  （5）抢险设备，准备应急设备，准备捞冰、运冰设备，保持输水畅通，布置冰屑堆积场地；  （6）出现冰坝堵塞、漫堤等事故时，应启动冬季应急抢险预案，及时开启退水闸。 |
| 输水设施破坏 | （1）低温、冰盖冻胀对闸室附属结构破坏，逐级上报；  （2）加强监测，防止事故扩大；  （3）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；  （4）事后，尽快修复。 |

3.3.3 水质调度

表3.3-7 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 | K730+595 | K731+677 | 2.8 | 大气污染 | 大气沉降 | 9-2 |
| 藻类 | 温度 | 9-3 |
| 营养盐 |
| 水流 |
| pH |
| 微量元素 |
| 光照 |
| 生物因素 |
| 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3.3-8 水质风险预防措施一览表

| 编号 | 风险因子 | 预防措施 |
| --- | --- | --- |
| 9-1 | 含有管路、含油仪器 | （1）对漳河倒虹吸出口节制闸内含油管路、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 | 大气污染 | （1）对渠道周边大气污染源进行排查；  （2）与政府进行合作，对污染源进行治理。 |
| 9-3 | 藻类生长因子 | （1）加强对渠道水体进行巡查，尤其是水流比较平缓渠段，发现异常及时上报上级单位及部门；（2）完善相关监测设备，重点关注与藻类生长相关的生长因子，与相关部门协调处理，对藻类生长因子进行控制。 |

表3.3-9 水质风险控制措施一览表

| 序号 | 风险事件 | 控制措施 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 大气污染 | （1）组织人员对水面进行定期巡查，发现异常及时上报总调中心，加大流量解决大气污染沉降对水体造成的污染。  （2）与地方政府相关部门合作协调解决污染源。 |
| 2 | 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）发生藻类事件后，通过增大流速，避开藻类适宜的生长条件；  （3）发生藻类事件后，通过机械打捞、过滤等物理方法除藻。 |
| 3 | 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）节制闸现场值班人员，立即寻找漏油点并进行堵漏；  （3）按照《水污染事件应急预案》相关要求通过拦油栅、吸油毡等技术开展先期处置工作，控制渠道内油污；  （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，穿漳管理处风险综合等级为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）加强高填方渠段的巡视检查，重点检查渠堤变形、裂缝、背水侧管涌等渗透破坏，发现问题，及时采取相应处理措施。高填方渠段建议复核抢险备料的种类、数量及位置。

（二）对于堤防洞穴危害，定期组织专业排查处理。