**南水北调中线一期工程安全风险评估**

**穿黄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](#_Toc524644149)

[1 工程概况 3](#_Toc524644150)

[2 风险等级 5](#_Toc524644151)

[2.1 风险等级标准 5](#_Toc524644152)

[2.2 风险量值分布图 6](#_Toc524644153)

[3输水总干渠风险防控措施 10](#_Toc524644154)

[3.1 输水渠道 10](#_Toc524644155)

[3.2 建筑物 16](#_Toc524644156)

[3.3 工程运行调度 27](#_Toc524644157)

[4 综合评价及工作建议 37](#_Toc524644158)

# 

# 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、冬季调度风险、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

穿黄管理处所辖渠段位于河南省郑州市西30km，自荥阳市王村化肥厂南，与中线总干渠荥阳段相接，终点为温县南张羌乡马庄东，与温博段工程连接，输水线路总长19.3km，起止桩号K474+277～K493+582，包括南岸深挖方渠道段4.6km、隧洞洞身段4250m、南岸退水洞790m、北岸高填方渠道段9968m以及穿渠桥梁、渡槽、倒虹吸等。主要建筑物地震设计烈度为7度。

穿黄隧洞结构为双层衬砌的复合衬砌形式，外衬为盾构施工过程形成的管片环，外直径8.7m，管片厚度40cm，由7块C50预制的管片拼装构成，内衬为C40预应力钢筋混凝土结构，内径7.0m，厚度45cm，标准分段长度9.6m。内衬底部设3.1m宽车道平台，下方与外衬插筋相连，浇筑为一整体，内置3根250～300mm排水管，排水管出口位于北岸竖井泵房集水井；内衬与外衬间由弹性排水垫层分隔，垫层由排水格栅和两侧土工无纺布组成，理论厚度7mm，环向设环向给水管与底部排水管相接。管片环单环宽度1.6m，相应内衬标准分段9.6m长度范围内有6环管片环。

本渠段主要建筑物共计21座。其中河渠交叉建筑物3座，包括穿黄隧洞（包括进口建筑物、洞身段、出口建筑物和退水洞）、新蟒河倒虹吸及老蟒河倒虹吸;渠渠交叉建筑物共计2座，包括李村南干渠渡槽及李村北干渠渡槽；左排建筑物1座，包括南北张羌排涝倒虹吸；跨渠桥梁共15座，其中生产桥8座，公路桥7座。

穿黄管理处总干渠工程特性见表1-1。

表1-1 穿黄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 | 挖深(m) | 填高(m) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 渠道K474+278～K478+906 | 黄土状粉质壤土，其中K478+406～K478+906具有弱湿陷性。 | 4629 | 19.3～46.6 | / |
| 2 | 穿黄隧洞K478+906～K483+614 | 隧洞，包括进口建筑物、洞身、出口建筑物和退水洞。 | 4708 | / | / |
| 3 | 渠道K483+614～K485+747 | 砂壤土或壤土，砂土液化，液化等级为轻微～中等。挤密砂桩。 | 2133 | / | 9～13 |
| 4 | 新蟒河倒虹吸K485+747～K486+394 | 2孔1联，单孔尺寸6.9m（宽）×6.9m（高） | 647 | / | / |
| 5 | 渠道K486+394～K489+705 | 高填方 | 3311 | / | 小于10 |
| 6 | 渠道K489+705～K490+597 | 挖方 | 892 | 小于10 | / |
| 7 | 渠道K490+597～K492+176 | 黄土状粉质壤土，弱湿陷性黄土。强夯处理。 | 1579 | 0～11.0 | / |
| 8 | 渠道K492+176～K493+582 | 黄土状粉质壤土，弱湿陷性黄土。强夯处理。 | 1406 | / | 3～6.6 |

# 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

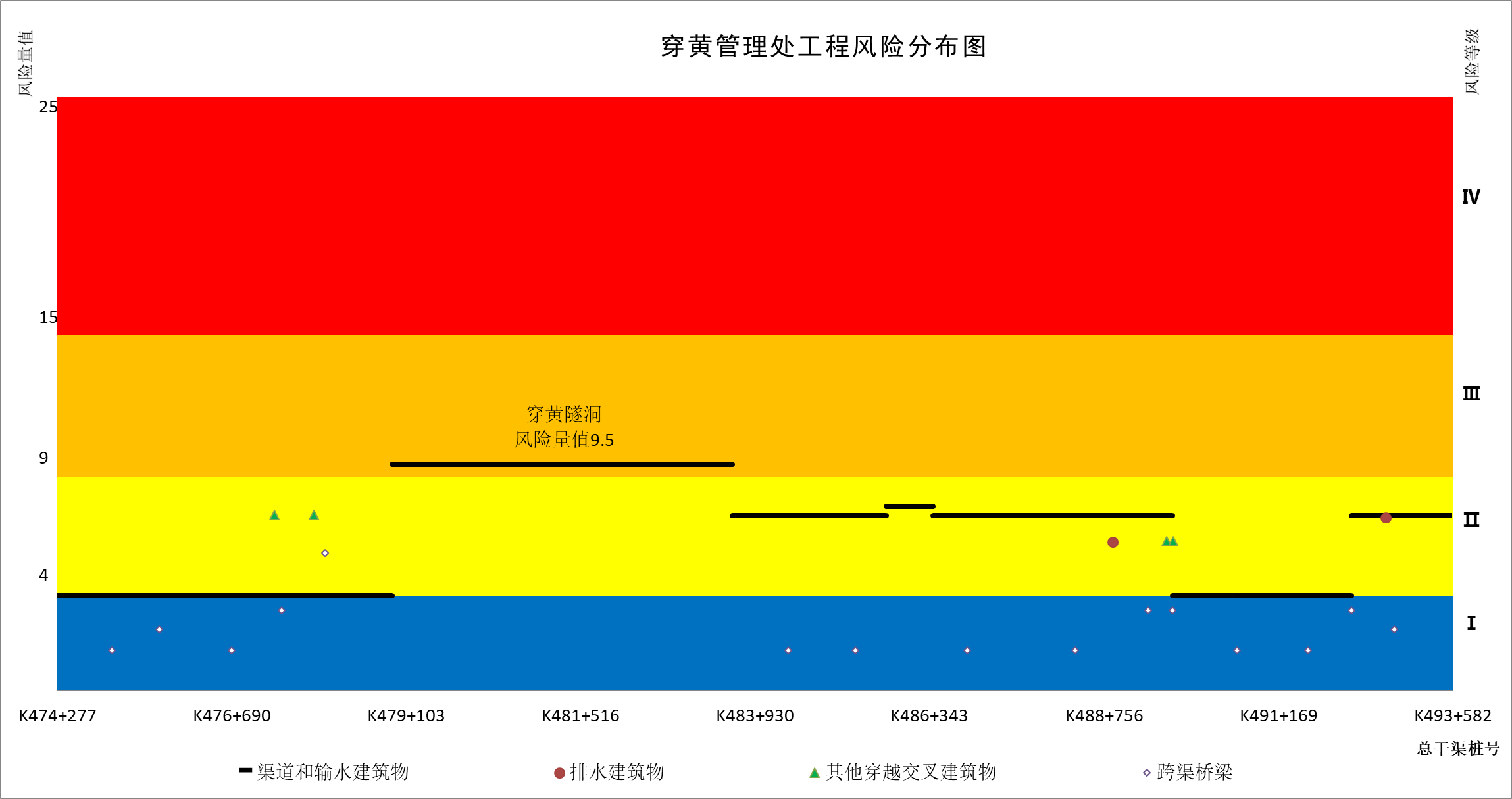


图2-1 工程风险量值分布图

2.2.2 洪水风险量值分布图

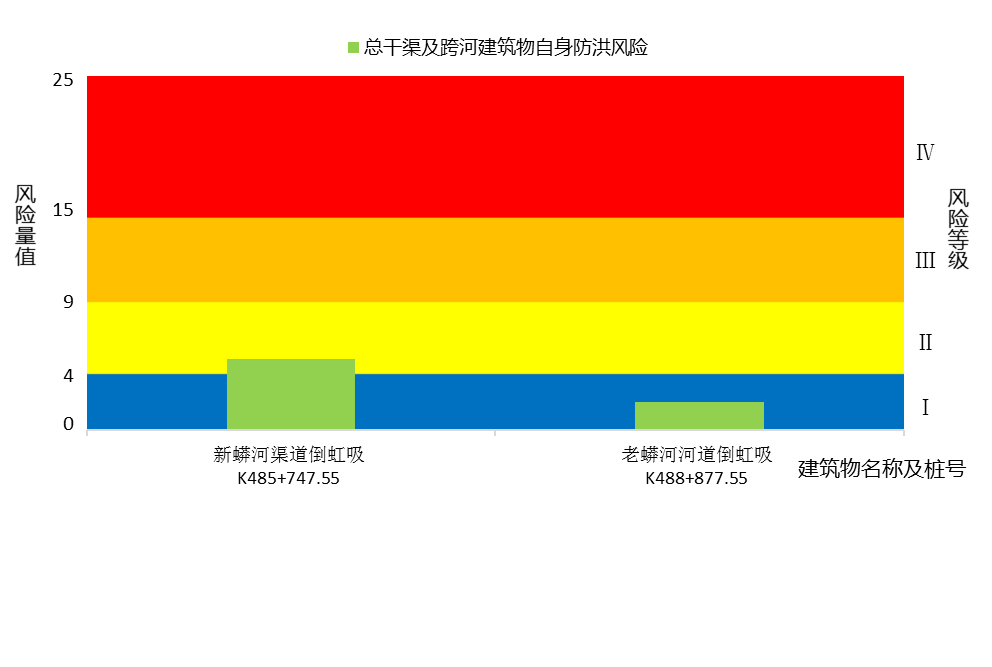


图2-2 洪水风险量值分布图

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

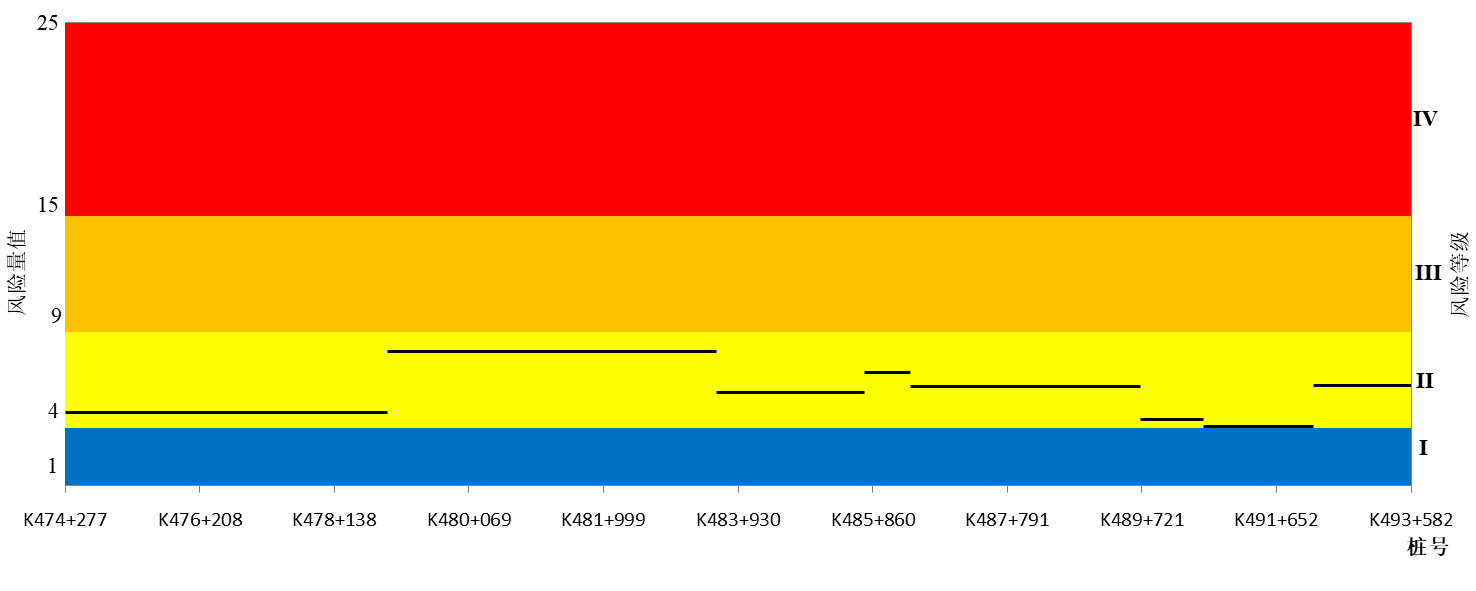


图2-4 综合风险量值分布图

# 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） | 对应风险预防措施编号 |
| 1  2  3 | K483+614～K485+747  K486+394～K489+705  K492+176～K493+582 | 7.4  7.4  7.4 | 渠坡失稳 | 地震 | / |
| 暴雨洪水 | 1-1 |
| 渠道渗漏 | 1-4 |
| 渠道沉降变形 | 1-3 |
| 渗流破坏 | 渠道渗漏 | 1-4 |
| 白蚁、鼠洞危害 | 1-2 |
| 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 |

（2）不良地质条件渠道风险事件及风险因子

表3.1-2 不良地质条件渠道风险事件及风险因子一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 桩号 | 风险量值 | 可能产生的风险事件 | 风险因子（按重要性排序） | 对应风险防控措施 |
| 1  2  3  4 | K474+278～K490+598  K483+614～K485+747  K492+177～K478+906  K492+598～K493+502 | 6.3  6.8  4.8  4.8 | 渠道边坡开裂、塌滑 | 边坡变形 | 2-2 |
| 地下水位超过设计水位变幅 | 2-1 |
| 排水孔堵塞 | 2-3 |
| 衬砌板局部隆起、开裂、位移 | 边坡变形 | 2-2 |
| 地下水位超过设计水位变幅 | 2-1 |
| 排水孔堵塞 | 2-3 |
| 边坡冲刷破坏 | 外水入渠 | 2-4 |
| 边坡开裂、滑坡 | 边坡变形 | 2-2 |
| 边坡坡面渗水、溃口等。 | 边坡变形 | 2-2 |

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3.1-3 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 | 白蚁、鼠洞危害 | （1）加强对存在白蚁、鼠洞危害渠段的巡查巡视；  （2）针对存在白蚁危害的渠段，采用“诱杀法”杀灭白蚁；  （3）在“诱杀法”基础上，采用“挖巢法”处理白蚁蚁巢，必要时可对蚁巢空洞和鼠洞进行灌浆处理。 |
| 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。 |

（2）不良地质条件渠道风险预防措施

表3.1-4 不良地质条件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 |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程因素 | 2-1 | 地下水位超过设计水位变幅 | （1）加强地下水位监测，分析地下水位变化规律；  （2）对边坡出现的渗水点，分析产生原因和对边坡变形的影响；  （3）对局部个别衬砌板隆起现象，分析附近地下水位监测和渗压计监测资料是否超标；  （4）对于地下水位超标的渠段，及时采取有效的降、排水措施，补打排水孔、排水井，疏通排水管路。必要时增加抽排措施。 |
| 2-2 | 边坡变形 | （1）加强边坡变形监测，对出现裂缝的边坡，结合监测断面资料，分析变形属于浅部变形还是深部变形，根据边坡情况，制定相应工程措施；  （2）对个别部位衬砌板隆起、开裂情况，分析原因，制定相应工程措施；  （3）边坡裂缝，采取封堵措施，避免地表水渗入加速边坡变形破坏；  （4）边坡出现较大变形、采取补打抗滑桩、减载和加强排水措施；  （5）衬砌板隆起、开裂和位移采取压重、打排水孔减压处理。 |
| 2-3 | 排水设施堵塞 | （1）针对边坡局部渗水和个别衬砌板隆起开裂情况，检查边坡排水设施堵塞情况；  （2）分析地下水位监测资料，分析衬砌板下渗压数值是否超标；  （3）对于排水措施存在问题的渠段，预防措施包括：疏通排水设施、补打排水孔和排水井等；  （4）找出排水设施失效原因，针对衬砌板隆起、开裂情况，采取压重和补打排水孔措施；  （5）对边坡存在的渗水部位，结合渠道边坡的土层结构，是否存在多层地下水位问题，或者是换填土层下部排水设施失效问题，在边坡补打排水孔，及时排除边坡地下水，降低地下水位。 |
| 自然因素 | 2-4 | 外水入渠 | （1）经常检查、疏通地表排水沟，保持排水沟畅通；  （2）经常检查渠道外侧地形是否因当地工程建设，改变地表水的排泄通道，造成汇流面积的改变，原有排水沟规模是否满足要求；  （3）渠道开挖边坡外部设置排水沟，及时导走地表水流；  （4）对存在外溢风险的排水渡槽采取控制措施。 |

3.1.3输水渠道风险控制措施

表3.1-5 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。 |
| 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。 |
| 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 | 洪水入渠冲刷渠坡 | 防洪堤漫顶 | （1）采用编织土袋加高原防洪堤顶高程；  （2）在防洪堤外侧砌筑编织土袋到加高高程，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；  （3）疏通排洪通道，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缺口；  （2）然后在其外侧采用粘土或编织土袋堵漏。 |
| 排水渡槽漫溢 | （1）在排水渡槽进口上游一定距离（一般不小于100m）的天然河道，设置临时或永久拦沙坎，防止含泥量极高的水流进入排水渡槽，造成渡槽淤塞；  （2）在洪水期间应加强渠道沿线天然河流水流状态的巡查，随时打捞聚集在渡槽进口处的漂浮物；  （3）疏通排洪通道，降低局部区域洪水位；  （4）加高排水渡槽上下游的防洪堤，排水渡槽下部渠坡采用混凝土硬化处理，加强坡面防护；  （5）加强汛期水位监测，当洪量较大、水位上涨过快时，可采取临时抽排措施进行紧急处理。 |
| 4 | 衬砌抗浮失稳 | | （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井降低局部区域地下水位，降水井内置排水反滤装置，井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。 |
| 5 | 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。 |
| 6 | 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 | | （1）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；  （2）疏通排洪通道，降低局部区域洪水位；  （3）疏通堵塞涵管：①准备体积直径约0.6～0.8m，比重约0.8～0.9的浮球，浮球系结在尼龙绳的一端，尼龙绳另一端与钢丝绳连接，尼龙绳长度约为1.5倍涵管展开长度；②洪水期间，将浮球放入需要清理的通道井口涵管内，随水流穿过涵管在出口浮出水面；③利用纤维绳将钢丝绳从倒虹吸输水通道中穿过；  ④钢丝绳中部安装一定重量的带有爪牙或钢丝刷钢丝网；⑤在进出口两端适当位置，利用绞车来回拉动钢丝绳，挠动淤积物，使其通过流水带出排洪涵管；  （4）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；  （5）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。 |

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 穿黄隧洞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 | 风险因子（按重要性排序） | 对应风险预防措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 进口建筑物 | K478+906～K479+136 | 9.0 | 进口闸基础失稳 | 地震 | / |
| 结构缝渗漏 | 3-5 |
| 进口段边坡坍塌 | 暴雨洪水 | 1-1 |
| 地震 | / |
| 地下水位变幅 | 2-1 |
| 沉砂池淤积 | 极端气象 | 3-4 |
| 过流能力减小 | 拦污栅堵塞 | 3-11 |
| 闸门、机电设备故障 | 3-8 |
| 极端低温 | 3-4 |
| 贝类繁殖 | 3-12 |
| 洞身段 | K479+136～K483+386 | 9.9 | 基础失稳、管节错位 | 地震 | / |
| 河床冲刷 | 3-3 |
| 止水失效、排水不畅、渗漏量增加 | 3-6 |
| 邙山边坡坍塌 | 地震 | 3-2 |
| 暴雨洪水 | 1-1 |
| 过流能力减小 | 隧洞淤积 | 3-11 |
| 出口建筑物 | K483+386～K483+614 | 9.3 | 出口闸基础失稳 | 地震 | / |
| 结构缝渗漏 | 3-5 |
| 泵房淹没 | 止水失效 | 3-6 |
| 机电设备故障 | 3-8 |
| 过流能力减小 | 闸门、机电设备故障 | 3-8 |
| 极端低温 | 3-4 |
| 调度运行 | 3-9 |
| 贝类繁殖 | 3-12 |
| 退水洞 | / | 5.4 | 边坡坍塌 | 地震 | / |
| 暴雨洪水 | 3-1 |
| 结构破坏 | 地震 | / |
| 调度运行 | 3-9 |

表3.2-2 新蟒河倒虹吸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 | 风险因子（按重要性排序） | 对应风险预防措施编号 |
| 新蟒河倒虹吸 | K485+747～K486+394 | 7.8 | 整体失稳、结构破坏 | 暴雨洪水 | 3-1 |
| 地震 | / |
| 过流能力减小 | 隧洞淤积 | 3-11 |
| 贝类繁殖 | 3-12 |

（2）排水建筑物风险事件及风险因子

表3.2-3 排水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  2 | 老蟒河河道倒虹吸  南北张羌排涝倒虹吸 | K488+877  K492+657 | 6.3  7.3 | 整体失稳、构件破坏 | 暴雨洪水 | 4-1 |
| 止水渗漏 | 4-4 |
| 上部渠基破坏 | 止水渗漏 | 4-4 |
| 洪水浸泡渠坡 | 暴雨洪水 | 4-1 |
| 管身淤积 | 4-7 |
| 进口堵塞 | 4-9 |

（3）其他穿越交叉建筑物风险事件及风险因子

表3.2-4 其他穿越交叉建筑物风险事件及风险因子一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 建筑物名称 | 桩号 | 类型 | 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  2 | 李村南干渠渡槽  李村北干渠渡槽 | K477+280  K477+827 | 渠渠交叉渡槽  渠渠交叉渡槽 | 7.4  7.4 | 整体失稳、构件破坏 | 暴雨洪水 | 5-1 |
| 地震 | / |
| 外水入渠 | 暴雨洪水 | 5-1 |
| 灌渠淤积 | 5-4 |
| 3 | 新洛石油管道  温县天然气管道 | K489+627  K489+710 | 开挖埋管  定向钻穿越 | 6.3  6.3 | 管道泄漏爆炸 | 结构破损导致气体泄漏 | 5-5 |
| 燃放鞭炮 | 5-7 |

（4）跨渠桥梁风险事件及风险因子

表3.2-5 跨渠桥梁风险事件及风险因子一览表

| 序号 | 建筑物  类型 | 建筑物名称 | 桩号 | 风险量值 | 风险事件 | 风险因子及（按重要性排序） | 对应预防措施编号 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1  2  3  4  5  6  7  8 | 生产桥 | 王村至新店生产桥  前白杨生产桥  4号路生产桥  3号路生产桥  司马路生产桥  辛堂路生产桥  陈家沟西路生产桥  南张羌生产桥 | K475+034  K476+690  K484+391  K485+316  K486+869  K488+362  K490+598  K491+576 | 1.7  1.7  1.7  1.7  1.7  1.7  1.7  1.7 | 构件破坏 | 车辆超载 | 6-10 |
| 混凝土裂缝 | 6-4 |
| 衬砌板破坏 | 车辆超载 | 6-10 |
| 基础沉降 | 4-5 |
| 水质污染 | 检修维护 | 6-6 |
| 车辆坠渠 | 交通事故 | 6-8 |
| 9  10  11  12  13  14  15 | 公路桥 | 河沟北公路桥  石化路公路桥  314省道公路桥  陈家沟旅游路公路桥  1号路公路桥  老新孟路公路桥  新朱路公路桥 | K475+690  K477+378  K477+978  K489+365  K489+708  K492+177  K492+771 | 2.6  3.4  5.8  3.4  3.4  3.4  2.6 | 构件破坏 | 车辆超载 | 6-10 |
| 交通事故 | 6-8 |
| 混凝土裂缝 | 6-4 |
| 衬砌板破坏 | 车辆超载 | 6-10 |
| 基础沉降 | 4-5 |
| 水质污染 | 危化品运输 | 6-9 |
| 交通事故 | 6-8 |
| 检修维护 | 6-6 |
| 车辆坠渠 | 交通事故 | 6-8 |

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3.2-6 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，尤其是易受冲刷和浸透边坡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 | 地震 | 对洞顶以上邙山加强监测，必要时采用削坡或支挡等加固措施。 |
| 3-3 | 河床冲刷 | 定期-特别是黄河调水调沙及洪水过后进行河床断面测量，提前预备砂石料。 |
| 3-4 | 极端气象 | （1）密切关注天气预报，尤其在冬、夏季节；  （2）对进出口采用融冰和扰冰措施；  （3）对沉砂池定期清理淤沙、淤泥。 |
| 工程因素 | 3-5 | 结构缝渗漏 | （1）加强地下水位和结构位移监测；  （2）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。 |
| 3-6 | 止水失效 | 加强渗压、渗漏量监测，对隧洞结构和防水定期检查、维修。 |
| 3-7 | 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。 |
| 3-8 | 闸门、机电设备故障 | 定期对电气和抽排设备维护检修。 |
| 管理因素 | 3-9 | 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。 |
| 3-10 | 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。 |
| 3-11 | 退水闸前淤积、拦污栅堵塞、隧洞淤积 | （1）对拦污栅加强巡视，定期清理；  （2）对闸前淤积严重的部位采用泥浆泵定期进行抽排处理；  （3）对隧洞淤积采用调度运行手段。 |
| 3-12 | 贝类繁殖 | 定期对建筑物过流面上附着的贝类进行清理。 |
| 人为因素 | 3-13 | 人类活动影响引起河势变化 | （1）复测工程区河道地形，重点探测采砂坑的范围、分布、深度情况等；  （2）针对河道地形变化较大情况，交叉断面的水位流量关系可能已发生改变，建议根据复测的河道地形资料，对水位流量关系进行复核。 |

（2）排水建筑物风险预防措施

表3.2-7 排水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 | 4-1 | 暴雨洪水 | （1）密切关注汛期天气预报；  （2）汛前对槽身和管身淤积进行清理；  （3）加强汛前风险排查，对上下游通道进行疏通；  （4）根据暴雨预警信息，及时进行抢险人员、物料的布防。 |
| 4-2 | 设计洪水增大 | （1）建议重新复核设计洪水； （2）加强与水利实时雨水工情信息的共享，开展沿线暴雨洪水的预报预警工作； （3）疏通下游排水通道，提高下游河道过流能力；  （4）必要时在渡槽进口采取工程措施进行分流处理，将水流通过截流沟导入附近过流能力富裕较大的排水建筑物；  （5）加强汛期水位监测，当洪量较大、水位上涨过快时，可采取临时抽排措施进行紧急处理。 |
| 4-3 | 下游地势高或无排水通道，排水不畅 | 疏通下游排水通道，提高下游河道过流能力。 |
| 工程因素 | 4-4 | 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灌浆处理。 |
| 4-5 | 排水渡槽槽墩裂缝、桩基沉降变形 | （1）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；  （2）对槽墩裂缝进行水下灌浆处理；  （3）在桩基周围对地基进行灌浆处理，加大桩土间摩阻力。 |
| 4-6 | 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。 |
| 管理因素 | 4-7 | 槽身、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）汛前对槽身和管身淤积进行清理，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。 |
| 4-8 | 抢险道路、设施 | （1）对交通不便利的建筑物局部增设抢险道路；  （2）总干渠门禁系统自动化；  （3）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；  （4）编制防汛应急预案。 |
| 人为因素 | 4-9 | 排水建筑物进口堵塞（生活垃圾、柴草漂浮物、滑坡泥石流等） | （1）清理进口附近工程弃渣、堆土、生活垃圾、柴草、树木等风险源； （2）在建筑物进口布设拦漂设施； （3）在洪水期间应加强渠道沿线天然河流水流状态的巡查，随时打捞聚集在排水建筑物进口处的漂浮物；  （4）在排水建筑物进口修建布设拦砂桩、拦沙坎、沉砂池等，防止建筑物进口堵塞； （5）汛期可在排洪倒虹吸进口上游一定距离用铅丝石笼、拦砂桩等设置临时拦挡措施，防止砂石等固体物进入倒虹吸；  （6）在上游河道进行分流，利用附近其他排水建筑物来分担部分流量；  （7）汛期采用临时抽排措施。 |
| 4-10 | 下游存在阻水建筑物，减小过流能力 | （1）出口下游行洪疏通，拆除阻水路涵或扩大过流断面，恢复河道行洪能力；  （2）加强工程巡查，与当地河道管理部门加强沟通联系，确保工程行洪通畅。 |

（3）其他穿越交叉建筑物风险预防措施

表3.2-8 其他穿越交叉建筑物风险预防措施一览表

| 建筑物类型 | 风险因子归类 | 编号 | 风险因子 | 预防措施 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 其他穿越交叉建筑物 | 自然因素 | 5-1 | 暴雨洪水 | 密切关注汛期天气预报；加强汛前风险排查。 |
| 5-2 | 极端气象 | 与穿越工程运管单位沟通，必要时对输电线路采用融冰设施进行处理。 |
| 工程因素 | 5-3 | 渠渠交叉建筑物混凝土裂缝、钢管破裂、接缝渗漏 | （1）在渠坡渗漏出口设置压浸平台，防止水土流失；  （2）必要时对结构缝进行临时灌浆处理；  （2）在灌溉渠道无水情况下，进行结构加固、补强处理或接缝防渗处理。 |
| 5-4 | 灌渠、排污管道等淤堵 | 与穿越工程运管单位联系，协调管涵的清淤工作。 |
| 5-5 | 其他穿越工程混凝土裂缝、钢管破裂、结构缝破损 | 与穿越工程运管单位联系，协调工程的加固处理。 |
| 管理因素 | 5-6 | 抢险道路、设施 | （1）对交通不便利的建筑物局部增设抢险道路；  （2）总干渠门禁系统自动化；  （3）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；  （4）编制防汛应急预案。 |
| 人为因素 | 5-7 | 燃放鞭炮 | 与地方政府联系，禁止在易燃易爆设施附近燃放鞭炮。 |
| 5-8 | 违规取土、堆土 | 与穿越工程建设单位联系，协调解决。 |

（4）跨渠桥梁风险预防措施

表3.2-9 跨渠桥梁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 | 6-1 | 地震 | 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。 |
| 6-2 | 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。 |
| 6-3 | 恶劣气象 | 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。 |
| 工程因素 | 6-4 | 混凝土裂缝 | 桥梁运管单位对桥梁结构定期进行检测维护，对存在问题的部位及时进行加固修复。 |
| 6-5 | 超标准荷载 | 对超载现象严重、交通流量大的桥梁实行限高、限宽、限重等交通管制措施；定期对桥梁结构定期进行检测维护。 |
| 管理因素 | 6-6 | 检修养护 | 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。 |
| 6-7 | 应急预案 | 完善交通事故类及危化品泄露等应急预案的编制。 |
| 人为因素 | 6-8 | 交通事故 | 对于一般交通事故引发的汽车撞击，应加强防撞设施维护，对于损坏部位及时更换维修；对于重大交通事故导致车辆坠渠、引发火灾等应制定相应的应急预案，确保及时处置；对于危化品的运输，应从运输通过制度上予以制度化控制，严格执行国家危险品运输管理条例，增加相应限制要求，并制定好危化品泄露处置的应急预案；在车流量大、超载严重、危化品运输频繁的跨渠桥梁上安设具备夜视功能的监控摄像头，确保在交通事故发生后能及时进行处置。 |
| 6-9 | 危化品运输 |
| 6-10 | 车辆超载 | 可考虑在引道接线区段建立具有测控、录像、警告提示和执法联动系统，或制定其他特殊管理办法进行管制；同时需注意超载现象严重的桥梁进行定期检测和维护。 |

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3.2-10 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 | 围绕基础进行压力注浆。 |
| 2 | 进口建筑物抗浮失稳 | | （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）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，降水孔内置排水反滤装置，孔深根据地层条件确定；  （4）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。 |
| 3 | 进口边坡失稳 | | （1）疏通马道排水沟和坡面排水管；  （2）汛期加强监测边坡地下水水位情况，必要时启动抽排措施；  （3）对于已出现的管涌、流土甚至边坡塌滑现象，采用削坡减载、底部支挡、加强排水、清理、换填等措施。 |
| 3 | 出口边坡失稳 | | （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。 |
| 4 | 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。 |
| 5 | 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。 |

（2）跨、穿渠建筑物风险控制措施

表3.2-11 跨、穿渠建筑物（包括排水建筑物、其他穿越交叉及跨渠桥梁、下穿通道等）风险控制措施一览表

| 编号 | 风险事件分类 | 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 | 渠渠交叉渡槽淤堵或下游过水不畅导致外水入渠 | （1）在排水渡槽进口上游一定距离（一般不小于100m）的天然河道，设置临时或永久拦沙坎，防止含泥量极高的水流进入排水渡槽，造成渡槽淤塞；  （2）在洪水期间应加强渠道沿线天然河流水流状态的巡查，随时打捞聚集在渡槽进口处的漂浮物；  （3）疏通排洪通道，降低局部区域洪水位；  （4）加高排水渡槽上下游的防洪堤，排水渡槽下部渠坡采用混凝土硬化处理，加强坡面防护；  （5）加强汛期水位监测，当洪量较大、水位上涨过快时，可采取临时抽排措施进行紧急处理。 |
| 4 | 穿渠建筑物地基沉降导致整体失稳 | （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地基进行加固处理。 |
| 5 | 穿渠建筑物构件破坏 | 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。 |
| 6 | 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。 |
| 7 | 排水（过水）涵管淤堵或下游排水（过水）不畅导致洪水浸泡渠坡 | （1）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；  （2）疏通排洪通道，降低局部区域洪水位；  （3）疏通堵塞涵管：①准备体积直径约0.6～0.8m，比重约0.8～0.9的浮球，浮球系结在尼龙绳的一端，尼龙绳另一端与钢丝绳连接，尼龙绳长度约为1.5倍涵管展开长度；②洪水期间，将浮球放入需要清理的通道井口涵管内，随水流穿过涵管在出口浮出水面；③利用纤维绳将钢丝绳从倒虹吸输水通道中穿过；  ④钢丝绳中部安装一定重量的带有爪牙或钢丝刷钢丝网；⑤在进出口两端适当位置，利用绞车来回拉动钢丝绳，挠动淤积物，使其通过流水带出排洪涵管；  （4）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；  （5）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。 |
| 11 | 油气管道泄漏爆炸 | 根据爆炸对输水渠道造成的后果采取相应紧急处理措施，为防止渠水外溢，必要时立即中断总干渠输水。 |
| 12 | 车辆超载、基础沉降导致衬砌板破坏 | （1）严禁跨渠桥梁超载；  （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。 |
| 13 | 车辆坠渠 | 应急措施包括坠落车辆打捞、坠落物资打捞、水质污染处理、渠道衬砌及防排水系统水下修复、桥梁修复等多方面内容，需要进行专门研究。 |

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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 穿黄节制闸 | K483+471 | 5.9 | 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 |
| 黄河退水闸 | K479+082 | 3.8 | 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 冬季调度

表3.3-4 冬季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  2 | K474+277  K483+471 | K483+471  K493+582 | 2.4  2.4 | 异常冰情 | 气象条件 | 8-1 |
| 水温 | 8-2 |
| 调度方案 | 8-3 |
| 输水设施破坏 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-4 |
| 冰荷载 | 8-5 |
| 建筑物特征 | 8-6 |
| 渠道布置 | 8-7 |
| 设备适应性 | 气象条件 | 8-1 |
| 冻融 | 8-4 |
| 冰荷载 | 8-5 |

表3.3-5 冬季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 | （1）一般冬季以关注气象预报为主，尤其是中、长期气温预报； （2）极端情况渠道出现流冰时，管理处中控室应开展气温观测。 |
| 8-2 | 水温 | （1）一般冬季调度室应记录水温过程； （2）极端气候出现冰情时，管理处中控室应将水温观测纳入调度参数观测中，及时上报总控中心。 |
| 8-3 | 冬季调度方案 | （1）一般冬季不结冰，按正常方式运行； （2）极端情况结冰时，管理处加强监测，实时掌握冰情，上报总调中心；中线局应组织专家会商，评估冰情严重程度；应急情况下，中线局应调整调度方式。 |
| 8-4 | 冻融 | （1）一般冬季无冰，不做观测；  （2）极端情况结冰时，指定冰情观测人员，对穿黄隧洞出口节制闸冻融巡视，针对冰情严重情况，调度科和工程科应配合在建筑物前应布设拦冰和扰冰设施。 |
| 8-5 | 冰负荷 | （1）一般冬季无冰，不做观测； （2）极端情况结冰时，指定冰情观测人员，加强穿黄隧洞出口节制闸附近巡查；开展冰盖、流冰观测，视冰情严重程度，调度科和工程科应配合在建筑物进口应布设扰冰设施。 |
| 8-6 | 建筑物特征 | （1）一般冬季无冰，不做观测； （2）极端情况结冰时，冰情观测人员应结合冻融、冰盖观测开展建筑物冰情的巡查。 |
| 8-7 | 渠道布置 | （1）一般冬季无冰，不做渠道冰情观测； （2）极端情况结冰时，指定冰情观测人员，对渠道的冰情、冻胀巡视，渠道巡视可结合工程安全巡视开展，尤其是渠池下游流冰、冰盖厚度观测； （3）应急情况下，调度科和工程科采取拦冰索、扰冰等防护措施。 |

表3.3-6 冬季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 | 异常冰情 | 1）异常冰情危害，一般冬季不结冰。极端气候时，渠道可能结冰，影响该渠段输水能力和安全。  2）极端情况出现异常冰情时：（1）冰情不严重时，指定冰情观测人员，以观测为主；（2）冰情严重时，工程科上报中线局，由中线局组织专家会商，评估冰情严重性；（3）紧急情况下，中线局应及时调整调度方案，由中线局通知受水区，调整各分水口口门的流量；（4）根据冰情发展动态，由总调统一恢复正常供水。 |
| 输水设施破坏 | 1）输水设施破坏危害，一般冬季不结冰。极端气候条件，结冰可能引起渠道边坡冻胀危害。 2）极端气候条件下，（1）指定冰情观测人员增加对渠道冰情巡视，可结合工程巡视；（2）应对渠道边坡衬砌板冻胀渠段开展检查巡视；（3）出现较多数量衬砌板冻胀时，一方面增加检查频次；另一方面逐级上报，组织设计、施工人员现场查勘，协商应对处置方案；（4）冬季结束后，进行全面检查，条件具备时，对受损渠段及时修复更换。 |
| 2 | 节制闸 | 设备适应性 | 1）设备适应性：一般冬季不结冰。极端气候出现结冰时，可能影响节制闸控制的灵活性和水情测量系统精度。 2）极端气候结冰时，（1）现场闸站值班人员对设备运行按时观测；（2）在必要时，工程科在节制闸附近布设扰冰、加热设施，防止闸门冻结、操作失灵；（3）测量设备失效时，闸站值班人员采用人工观测，保持水位稳定；（4）节制闸发生冻胀等事故时，应逐级上报中线局，紧急采取增加扰冰、采购热水等措施；（5）及时联系节制闸维护单位，尽快恢复节制闸正常工作。 |
| 3 | 退水闸 | 设备适应性 | 1）设备适应性危害：一般冬季不结冰。极端气候结冰时，退水闸冻胀无法正常操作。  2）极端气候结冰时，（1）现场闸站值班人员按时对退水闸设备运行观测；（2）在必要时，工程科在闸前应急布置扰冰、加热等措施，防止闸门冻胀无法开启；（3）退水闸无法正常开启时，及时上报上级部门，联系退水闸维护单位，积极联系融冰热水；（4）冬季结束后，调度科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）一般冬季不结冰。极端气候条件，退水闸前可能出现流冰堆积，形成局部冰盖。  2）极端气候结冰时，（1）指定冰情观测人员增加对退水闸冰情观测；（2）避免闸前堆积大量流冰，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）增加水情监测设施和防冰措施。 |
| 4 | 隧洞 | 设备适应性 | 1）一般冬季不结冰，不影响设备适应性，极端气候结冰时，闸控系统、水情测量系统精度降低。 2）极端气候出现结冰时，（1）现场闸站值班人员对设备运行按时观测；（2）工程科在隧洞前应急布置拦冰索，闸控系统应准备防冰措施，防止闸门操作失灵；（3）冬季结束后，调度科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）一般冬季不结冰。极端气候条件，结冰可能造成隧洞附属结构破坏。  2）极端气候结冰时，（1）指定冰情观测人员增加对隧洞附属结构巡视，可结合工程巡视；（2）在必要时，工程科在隧洞前布置拦冰索设施；（3）冬季结束后，调度科应对隧洞进行全面检查，出现问题及时修复。 |

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  2 | K474+277  K483+471 | K483+471  K493+582 | 4.7  4.7 | 交通事故导致的水污染 | 危化品运输 | 9-1 |
| 违反交通规则 | 9-2 |
| 道路 | 9-1 |
| 气象 |
| 车况 |
| 地表水污染 | 生活污水 | 9-3 |
| 畜禽养殖 |
| 垃圾 |
| 工矿企业 |
| 汛期外水入渠 | / |
| 穿跨越和邻接工程 | 9-6 |
| 运维养护施工 | 9-7 |
| 地下水污染 | 地下水污染 | 9-5 |
| 防水失效 | 9-4 |
| 大气污染 | 大气沉降 | 9-9 |
| 藻类 | 温度 | 9-10 |
| 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 | 9-8 |
| 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 | 危化品运输、道路、车况、气象 | 组织人员加强对石化路公路桥、314省道公路桥、陈家沟旅游路公路桥、1号路公路桥、老新孟路公路桥、新朱路公路桥等易发交通事故桥梁进行巡查，并在易发交通事故桥梁设置视频监控和警示牌。 |
| 9-2 | 违反交通规则 | 与当地有关部门合作，在易发交通事故桥梁处加强法规宣传。 |
| 9-3 | 污染源 | 加强排查新增污染源，同时重点关注已知存在地表水污染的位置，与当地环保部门沟通协调处理，控制污染源。 |
| 9-4 | 防水失效 | （1）对渠道水量进行定期检测，发现水量异常，及时与有关部门进行协调处理；  （2）完善相关监测设备，可采用瞬变电磁法、高密度电阻率法、地质雷达、浅层地震法、流场法等对渠道渗漏进行监测，发现异常及时上报。 |
| 9-5 | 地下水污染 | 协调当地政府相关部门，对污染源进行排查和处理。 |
| 9-6 | 穿跨越和邻接工程 | （1）配合上级部门对穿跨越和邻接工程施工方案进行审核，发现问题及时与有关部门协调处理；  （2）加强对穿跨越和邻接工程的巡查，发现异常及时与施工单位及当地政府部门协调处理；  （3）大力宣传环境保护知识，树立施工人员的环保意识。 |
| 9-7 | 运维养护施工 | （1）配合上级部门对运维养护施工方案进行审核，发现问题及时与有关部门协调处理；  （2）加强对运维养护施工过程的监督，发现异常及时与施工单位及当地政府部门协调处理；  （3）大力宣传环境保护知识，树立施工人员的环保意识。 |
| 9-8 | 含油管路、含油仪器 | （1）对穿黄隧洞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。 |
| 9-9 | 大气沉降 | （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。 |
| 9-10 | 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 | 交通事故导致的水污染 | （1）事故发生后，立即核实水质污染状况、发展趋势及实际危害程度，并按照《水污染事件应急预案》相关程序和要求进行上报；  （2）组织抢险人员赶往现场，按《水污染事件应急预案》相关要求开展先期处置工作，控制污染源扩散；  （3）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。 |
| 2 | 地表水污染 | （1）事故发生后，立即核实水质污染状况，查明事件起因、发展趋势及实际危害程度，并按照《水污染事件应急预案》相关程序和要求进行上报；  （2）配合水质应急部门赶赴现场进行应急监测，及时向上级单位和部门报告水污染事件监测和初步调查及相关进展情况；  （3）组织抢险人员赶往现场，开展先期处置工作，并与地方政府相关部门合作协调尽最大可能的切断污染源，控制污染物入渠；  （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。 |
| 3 | 地下水污染 | （1）事故发生后，立即核实水质污染状况，查明事件起因、发展趋势及实际危害程度，并按照《水污染事件应急预案》相关程序和要求进行上报；  （2）配合水质应急部门赶赴现场进行应急监测，及时向上级单位和部门报告水污染事件监测和初步调查及相关进展情况；  （3）组织抢险人员赶往现场，开展先期处置工作，并与地方政府相关部门合作协调尽最大可能的切断污染源，控制污染物入渠；  （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 | 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。 |
| 5 | 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，建议通过机械打捞、过滤等物理方法除藻。 |
| 6 | 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、分水口等现场值班人员，立即寻找漏油点并进行堵漏；  （3）按照《水污染事件应急预案》相关要求开展先期处置工作，控制污染源扩散；  （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，穿黄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）穿黄隧洞

（1）进口建筑物

进口建筑物位于南岸深挖方段，最大挖深达50余米，边坡坡度为1：0.7-1：2.25，天然状况下地下水位远高于渠道水位，受暴雨和地下水位变幅影响较大，存在发生边坡失稳、衬砌板隆起等风险事件的可能，同时为保证长期正常输水，在进口闸前设计有截石坑、拦污栅等预防隧洞淤积和淤堵等设施，需要定期维护和清理。

针对地区暴雨和地下水位变幅影响，需要具备如下防范措施：

（a）密切关注汛期天气预报，对于暴雨引起的边坡冲刷和浸透应提前预防；

（b）定期维护和检修进口闸室的融冰和扰冰设施，保证在极端情况下可及时投入使；

（c）定期检查沉砂池淤泥、淤沙厚度和拦污栅拦污情况；

（d）定期巡视边坡排水情况，避免发生排水沟堵塞，积水漫顶现象；

针对该段过流能力减小、边坡浸透时间长和地下水位明显升高导致边坡塌滑的问题，应及时采取如下解决措施：

（a）疏通马道排水沟和坡面排水管；

（b）清理截石坑淤泥、淤沙，人工或机械清理拦污栅上的树枝、塑料袋等杂物，保证输水畅通；

（c）汛期加强监测边坡地下水水位情况，必要时启动抽排措施；

（d）对于已出现的管涌、流土甚至边坡塌滑现象，采用削坡减载、底部支挡、加强排水、清理、换填等措施。

（2）隧洞洞身

隧洞埋置于黄河河床以下，隧洞围土为泥质、沙质河床土，洪水冲蚀河床，会造成隧洞管片外压减小、外压偏载等风险。隧洞内水压力远大于黄河河水压力，故渠水渗漏可能造成围土损失、基础破坏。邙山边坡高度达到90余米，深层滑动可能会危及南岸段隧洞洞身。

针对上述风险，主要防范措施如下：

（a）定期-特别是黄河调水调沙及洪水过后进行河床断面测量，提前预备砂石料；

（b）加强渗压、渗流监测，运行调度过程中避免隧洞内水压变幅过大、过快或频率过高；

（c）对洞顶以上邙山加强监测，必要时采用削坡或支挡等加固措施；

（d）采用工程手段和调度手段对隧洞淤积进行清理；

（e）对隧洞结构和防水定期检查、维修，保证止水效果；

（f）采用高分子材料和工程手段，减少和消除贝类在洞壁聚集；

（g）与地方政府协调，禁止在总干渠和河道上下游保护范围内采砂。

（三）出口建筑物

隧洞出口建筑物位于北岸高填方段，基础位于黄河滩地近期沉积沙土上，存在基础变形、地震液化等问题，当发生超标洪水时，可能导致外坡冲刷。隧洞洞身采用多种方式防水，根据目前监测成果，两洞均存在少量渗漏，止水失效可能导致渗漏量加大，抽排负荷升高；排水泵房位于北岸竖井内底部，整个隧洞（4.25km）的渗漏水均由排水泵房内的排水泵连续抽排，对电力和抽排设备保证率要求高。

针对上述风险，主要防范措施如下：

（a）加强汛期风险排查，尤其填方外坡坡脚防护工程；

（b）加强渗压、渗流监测，对隧洞结构和防水定期检查、维修，保证止水效果；

（c）定期对电气和抽排设备维护检修。

（二）汛期加强左岸排水建筑物的巡查，确保排水通道畅通。

（三）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。