

# 三屯河水库除险加固设计

朱军伟

昌吉市三屯河流域管理处

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5275

**[摘要]** 三屯河水库经除险加固后运行近20年,产生了坝前防渗体失效、后坝坡护坡板冻融脱落,坝体及廊道裂缝、混凝土露筋,溢洪道混凝土开裂、错缝、露筋,放水洞启闭平台柱开裂、剥蚀。洞身混凝土磨损严重,并存在开裂、露筋现象。现有泄水建筑物(溢洪道、放水隧洞)泄流能力不足,需新建泄洪排沙洞增加泄流能力。基于此,本文针对大坝各种病害进行加固设计,尤其对坝体防渗进行了方案比较论证,推选浆砌石重力坝采用混凝土防渗面板和基础防渗帷幕;对溢洪道拆除重建,放水隧洞进行改建并新建一条泄洪排沙洞,其设计可为类似浆砌石坝工程加固提供参考。

**[关键词]** 浆砌石重力坝; 防渗; 钢筋混凝土防渗体; 溢洪道; 泄洪排沙洞; 放水洞; 加固设计

**中图分类号:** TV331 **文献标识码:** A

## Santunhe reservoir reinforcement design

Junwei Zhu

Changji City Santun River Basin Management Office

**[Abstract]** Santunhe Reservoir has been in operation for nearly 20 years after the reinforcement, resulting in the failure of impervious body in front of the dam, freeze-thawing off of the slope protection plate of the rear dam slope, cracks in the dam body and gallery, concrete reinforcement exposure, spillway concrete cracking, joint and reinforcement exposure, cracking and denudation of the opening and closing platform column of the original drainage tunnel. The concrete of the cave body is seriously worn, and there are cracks and exposed tendons. The discharge capacity of existing drainage structures (spillway, discharge tunnel) is insufficient, so it is necessary to build a new discharge and sand drainage tunnel to increase the discharge capacity. According to various diseases of the dam, the reinforcement design is carried out, especially the seepage prevention scheme of the dam body is compared and demonstrated, and the concrete seepage prevention panel and foundation seepage prevention curtain are selected for the slurry masonry gravity dam. The reconstruction of the spillway, the reconstruction of the drainage tunnel and the construction of a new spillway and sand drainage tunnel can provide reference for the reinforcement of similar grouting stone dam projects.

**[Key words]** grout masonry gravity dam; anti-seepage; reinforced concrete anti-seepage body; spillway; flood discharge and sand drainage tunnel; drainage tunnel; reinforcement design

### 前言

三屯河水库位于昌吉市以南32km处,是一座以灌溉为主,兼有防洪、生态综合效益的中型水库,总库容2699.12万 $m^3$ ,工程等级III等,主要建筑物级别3级,抗震设防烈度8度。水库洪水标准为50年一遇设计,设计洪水位1034.58m;500年一遇校核,校核洪水位1037.94m。枢纽工程由大坝、溢洪道和放水隧洞组成。大坝为浆砌石重力坝,最大坝高52m,坝长144m。溢洪道为开敞式有闸控制型式,堰顶高程1033.28m,弧形闸门,最大泄量246 $m^3/s$ 。放水隧洞采用钢筋混凝土衬砌结构型式,进口底高程989.40m,全长284m,设计最大过流量200 $m^3/s$ 。

三屯河水库1970年动工兴建,工程建设至1987年先后完成了浆砌石重力坝、放水隧洞和溢洪道等工程。整个建设过程处于“边设计、边施工、边收益”状态。1992年4月经论证为病险水库,并列入全国第二批重点病险库加固工程。1993年开始除险加固,加固内容包括:加大坝体下游断面,上游防渗补强;封闭和完善坝基帷幕,对坝基上游16m范围实施固结灌浆;在廊道的下游侧设一道排水设施;下游冲坑处理。2001年除险加固工程通过竣工验收。

根据2017年南京水利科学研究所《三屯河水库大坝安全鉴定报告书》、水利部大坝安全中心《关于三屯河水库三类坝

安全鉴定成果核查意见》(坝函[2019]2579号),确定三屯河水库为三类坝,属病险水库,亟需进行除险加固处理。

### 1 存在的问题

问题一:坝顶路面冻融剥蚀严重,坝体上部存在横向裂缝,主坝段有8条裂缝,裂缝长度5.1~6.0m,缝宽0.4~3.0mm;左右副坝共9条裂缝,裂缝长度4.8~5.5m,缝宽0.5~2.5mm,上游面防渗层局部剥落,因渗水导致冻融破坏。下游面有较大面积护坡板脱落。坝体廊道有环向和纵向裂缝,其中灌浆廊道共有45条环向裂缝,10条纵向裂缝;观测廊道共有17条环向裂缝,5条纵向裂缝,有渗水和溶蚀析出物,局部露筋;地震工况坝体应力不满足规范要求;坝趾处冲坑常年渗水。

问题二:溢洪道闸室边墩及边墙混凝土存在裂缝及冻融剥蚀现象,左边墩存在2条竖向裂缝,一条裂缝长3.5m,宽0.45mm,另一条裂缝长1.5m,宽0.05mm,边墩拉应力不满足规范要求;泄槽边墙最大正应力及抗倾覆安全系数不满足规范要求,边墙存在变形、砌块松动,底板存在冻融剥蚀和裂缝,剥蚀深度20mm~30mm;进水口与出水口护砌存在不同程度损坏;闸门卡阻,启闭设备简陋、老化,超过使用折旧年限,无启闭机房;溢洪道左岸山体施工遗留圆坑影响安全管理。

问题三:放水隧洞内缘应力不满足规范要求;检修闸门及启闭平台存在严重冻融剥蚀及露筋,启闭平台柱剥蚀深度10mm~100mm,启闭平台梁结构性断裂,启闭机平台第二根梁存在两条环向裂缝,缝宽5mm,工作闸间闸井底板、明流洞段混凝土有严重磨损,磨损深度260mm,局部存在裂缝、钢筋外露;工作闸门存在腐蚀、卡阻现象,启闭设备陈旧且超过使用折旧年限;检修闸门启闭困难,充水平压阀不能正常使用;工作闸门启闭机室左侧山体破碎,破碎岩体滑落堆积于门口。

问题四:供、配电设备陈旧老化;大坝安全监测系统不完善,水库大坝有外部变形、扬压力、强震等观测设施,目前外部变形、强震、扬压力监测的自动观测都无法使用,仅扬压力在人工观测,不能满足水库安全运行要求;防汛交通与坝后维修检测道路条件差。

## 2 工程除险加固方案设计

### 2.1 方案研究及比选

#### 2.1.1 方案研究

针对坝体上游面防渗及坝体廊道裂缝、坝基帷幕灌浆的病险情及坝体自身防渗结构形式,防渗加固方案研究比较了在坝体上游喷涂聚脲弹性体材料(方案一)和增设钢筋混凝土防渗面板(方案二)。

方案一:三屯河水库大坝上游迎水面采用喷涂聚脲弹性体材料进行防渗,将坝体上游面全部铲除破损的砂浆和防水层后,喷涂聚脲弹性体材料,喷涂厚度为1.5mm,水位变动区考虑冰拔力,可适当增加喷涂厚度。

方案二:坝体上游面防渗采用钢筋混凝土防渗体,钢筋混凝土防渗体具有耐久性强,受水位变幅影响较小,防渗性能效果好,要彻底改善坝体下游渗漏情况,需把整个坝体上游面进行钢筋

混凝土防渗,对坝基上游基础进行清理,对整个坝体上游面进行钢筋混凝土防渗处理,现状坝体上游面EL1006.0m高程处有一0.7m宽的混凝土台阶,从坝顶高程EL1039.5m到EL1006m紧贴坝体上游面范围内设置一道C30钢筋混凝土防渗体,防渗体顶宽0.3m,1006.0m高程处防渗体宽0.6m,1006.0m高程以下到坝基防渗体等厚0.7m,坝体结合面将混凝土面凿毛处理,结合面整体增设 $\Phi$ 25砂浆锚杆,锚杆间排距2.0m,长1.8m,锚杆与防渗体内钢筋连接。防渗体底部坐落在坝基上游基岩上。

#### 2.1.2 方案比选

上游迎水坝面喷涂聚脲弹性体材料,能起到很好的防渗效果,为无毒、环保材料。喷涂聚脲弹性体材料物理力学性能好,粘结强度、抗老化、抗渗、抗冻均能满足设计要求,而且能带水作业,施工不受环境限制,操作简单,施工周期短。但施工过程中最适宜的气温是+10~15℃。聚脲防渗受水位变幅影响较大,冰块冻融很容易被冰拔落,耐久性相对较差。在新疆还没有成功的工程范例。

坝体上游防渗采用钢筋混凝土防渗体,耐久性强,防渗性能效果好,本工程死水位1013m,水位变动区为1013m~1032.94m,防渗体耐久性受水位变动区结冰、冻融影响较小,优于喷涂聚脲弹性体材料方案。考虑除险加固后坝体防渗及耐久性要求,坝体上游防渗采用钢筋混凝土防渗体方案。

### 2.2 防渗面板设计

坝体上游面防渗采用钢筋混凝土板,钢筋混凝土板具有耐久性强,受水位变幅影响较小,防渗性能效果好,要彻底改善坝体下游渗漏情况,需把整个坝体上游面进行钢筋混凝土防渗,对坝基上游基础进行清理,对整个坝体上游面进行钢筋混凝土防渗体防渗,现状坝体上游面EL1006.0m高程处有一0.7m宽的混凝土台阶,从坝顶高程EL1039.5m到EL1006m紧贴坝体上游面范围内设置一道C30钢筋混凝土防渗体,防渗体顶宽0.3m,1006.0m高程处防渗体顶宽0.6m,1006.0m高程以下到坝基防渗体等厚0.7m,坝体结合面将混凝土面凿毛处理,

结合面整体增设 $\Phi$ 25砂浆锚杆,锚杆间排距2.0m,长1.8m,锚杆与防渗体内钢筋连接,防渗板缝采用铜片止水处理。防渗体底部坐落在坝基上游基岩上,防渗体与基岩间底部设置厚0.5m,宽3.0m的混凝土连接板,防渗体底部与混凝土连接板间设一道铜片止水。

#### 2.3 灌浆帷幕设计

坝体坝基防渗处理方式帷幕灌浆,利用坝前混凝土连接板进行基础帷幕灌浆,混凝土连接板沿上游坝前坝基底部布置,延伸到左右坝肩两岸,坐落在岩石基础上,基础不平时,采用局部开挖或回填混凝土处理。

大坝坝基分布泥钙质粉砂岩及其与粉砂岩互层、泥质粉砂岩、粉砂质泥灰岩,为弱透水性岩石。从1993年第一次除险加固施工期帷幕灌浆检查孔、试验孔资料可知,第一次除险加固帷幕灌浆深度为15~30m,帷幕灌浆线以下基岩透水率小于3Lu,本次除险加固帷幕灌浆深度的确定依据第一次除险加固帷幕灌浆深

度,在坝前连接板设2排浅层防渗帷幕灌浆,基础灌浆深8m,孔距为2.0m,排距1.0m,帷幕灌浆深度按透水率不小于5Lu线以下5m控制。结合第一次帷幕灌浆检查孔的资料,河床段深20m~25m,宽约11m范围内,检查孔压水值为5~10Lu,本次帷幕灌浆进行局部加深到28m,右岸岸坡段局部加深到12~15m,整个坝体及左右两岸坝肩全部进行帷幕灌浆,灌浆深度由施工期先导孔的压水试验最终确定。

通过以上坝体上游的混凝土防渗体及基础的帷幕灌浆防渗,形成完整的防渗体系,对减少坝体渗漏起到明显效果。

#### 2.4 坝体下游面护坡板恢复设计

三屯河大坝为考虑耐久性的需要,并使坝下游坝坡整齐美观,把下游坝面未脱落的预制混凝土板全部拆除,坝体结合面将混凝土面凿毛处理,紧贴坝体下游面锚挂厚0.2m的C30F300混凝土板,内设一层双向 $\Phi 16$ 的温度筋,结合面整体增设 $\Phi 25$ 砂浆锚杆,锚杆间排距2.0m,长1.5m,锚杆与混凝土板内钢筋连接。混凝土板每5m分一道结构纵缝,每隔5m设一道横缝。

#### 2.5 坝体及廊道内裂缝、混凝土面露筋处理设计

##### 2.5.1 坝体及廊道内裂缝处理

针对混凝土结构所出现的裂缝进行修补,应恢复其整体性和使用功能。坝体混凝土表面裂缝渗水部位及基础廊道内裂缝,采用水溶性聚氨酯化学灌浆处理。

##### 2.5.2 混凝土露筋处理

灌浆廊道及观测廊道内部局部混凝土有剥落破损、露筋现象,把破损混凝土凿除,采用环氧砂浆封填捣实。

#### 2.6 溢洪道加固设计

将原溢洪道结构拆除进行重建,采用开敞式进水口,由引渠段、控制段、泄槽段及出口消能段组成。根据调洪演算成果,设计洪水位时下泄流量为 $99.73\text{m}^3/\text{s}$ ,校核洪水位时下泄流量为 $210.08\text{m}^3/\text{s}$ 。

引渠段桩号0+062.819m~0+015.000m,长47.8m,引渠底板高程1032.94m,边墙及底板采用C20钢筋混凝土衬砌,厚0.3m。 $\Phi 25$ 砂浆锚杆间、排距2.0m,长4.5m,伸入基岩4.2m,外部与混凝土板钢筋进行连接;控制段桩号0+015m~0+000.000m,长15.0m,采用开敞式宽顶堰,堰宽 $2\times 6\text{m}$ (孔数 $\times$ 单宽),堰顶高程1032.94m。控制段顶平台高程1040.70m。控制段采用C25F200W6钢筋混凝土结构。控制段底部基础采用锚杆及固结灌浆进行加固处理,固结灌浆孔间、排距2.0m,伸入基岩6.0m, $\Phi 25$ 砂浆锚杆间、排距2.0m,长4.5m,伸入基岩3.5m;泄槽段桩号0+000.000m~0+239.889m:长240m,纵坡为 $i=0.04$ 。采用矩形整体式结构,底宽12.0m,边墙高度 $6.0\sim 2.5\text{m}$ ,边墙厚度0.6m;出口消能段桩号0+239.889m~0+248.889m,采用挑流消能方式,挑坎长8.0m,底宽13.0m,边墙高3.5m。出口挑坎下部岩体采用锚索+锚杆+混凝土板防护方式进行处理。

#### 2.7 新建泄洪排沙洞设计

泄洪排沙洞布置在大坝左岸,溢洪道左侧,全长378.8m,设计泄量 $235.3\text{m}^3/\text{s}$ ,校核泄量 $241.03\text{m}^3/\text{s}$ 。泄洪排沙洞由进口隧

洞段、闸井段、洞身段、出口消能段组成。

进口隧洞段进口底板高程994m,纵坡 $i=0.0$ ,断面形式采用城门洞型,断面尺寸为 $4.0\times 5.0\text{m}$ 。闸井段采用竖井布置形式,设置一扇平板检修门,一扇弧形工作门。检修门孔口尺寸 $4\times 4.5\text{m}$ ,工作门孔口尺寸 $3\times 3.5\text{m}$ 。闸顶高程1040.700m。洞身段长276m,采用 $4.0\times 5.5$ 城门洞型断面,采用C50F200W6钢筋混凝土衬砌。出口采用挑流消能。水泥均采用高抗硫酸盐水泥。

#### 2.8 放水洞改建设计

放水洞将进口闸井段、工作闸井段、有压洞段拆除重建,明流洞身段在现有结构内衬砌新的隧洞结构,由进口闸井、无压洞身段、出口消能段组成。

进口闸井桩号放0-018.000m~放0+000.000m,长18.0m,纵坡 $i=0$ ,底板高程989.9m,布置一道平板事故门,孔口(宽 $\times$ 高) $3\text{m}\times 3\text{m}$ ,布置一道弧形工作门,孔口(宽 $\times$ 高) $2.0\text{m}\times 2.5\text{m}$ ,底板及底板以上1m范围边墙结构采用C50F200W6钢筋混凝土,其余闸井结构采用C30F300W6钢筋混凝土结构。底部基础采用锚杆及固结灌浆进行加固处理,固结灌浆孔间、排距2.0m,伸入基岩4.0m, $\Phi 25$ 砂浆锚杆间、排距2.0m,长4.0m,伸入基岩3.9m。闸井后部采用回填混凝土与永久道路连接。无压洞身段桩号放0+000.000m~放0+250.980m段为无压洞身段,长250.98m,纵坡 $i=0.0193$ ,原隧洞城门洞型断面(宽 $\times$ 高) $4.0\text{m}\times 4.8\text{m}$ ,改建后隧洞采用城门洞型断面(宽 $\times$ 高) $3.0\text{m}\times 3.6\text{m}$ ,采用C40F200W6钢筋混凝土衬砌。后部与原出口消能段连接。

### 3 结语

三屯河水库浆砌石重力坝经过2000年除险加固后运行近20年,目前处于带病运行状态,对大坝安全构成威胁。根据原设计资料及坝体病害,经过详细的分析、计算和研究,对坝体防渗系统、坝体及廊道结构以及放水洞等进行了加固设计,为解决下泄能力不足的问题,新建了泄洪排沙洞,尤其是对坝体防渗设计进行了方案比较论证,推选出合理的加固方案,并据此进行了设计,可为类似浆砌石重力坝除险加固设计提供参考和借鉴意义。

#### 【参考文献】

- [1]谭界雄,高大水,周和清.水库大坝加固技术[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [2]SL25—2006,砌石坝设计规范[S].北京:水利水电出版社,2006.
- [3]朱红伟,吴香菊.论浆砌石坝的防渗问题[J].水利建设与管理,2010,30(8):48-50.
- [4]李荣之,郑灿堂,刘建生.砌石坝老化病害成因及治理加固技术[J].山东农业大学学报(自然科学版),2008,39(2):283-290.
- [5]孙志恒,关遇时,鲍志强,等.喷涂聚脲弹性体技术在尼尔基水利工程中的应用[J].水力发电,2006,32(9):31-33.

#### 作者简介:

朱军伟(1990--),男,土族,甘肃兰州人,硕士,工程师,研究方向:水工结构。