

DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2013.06.020

高寒环境下涵洞边顶拱高性能混凝土衬砌加固技术

马 军

(新疆水利厅头屯河流域管理处,新疆 昌吉 831100)

摘要:以新疆头屯河水库为例,介绍高寒环境下涵洞压力段结构加固过程中边顶拱高性能混凝土的衬砌加固技术。在头屯河水库除险加固施工过程中,经历了新疆60年一遇严寒的极端气候,为保证混凝土衬砌加固质量和工期要求,在混凝土拌制、输送及浇筑过程中采取了多项温控措施,并采用钢模台车对边顶拱用30 cm厚的二级配C40F200W8高性能混凝土(掺粉煤灰及矿粉)进行衬砌加固。该工程经质量验收评定,工程质量等级达到优良,表明在高寒环境下,涵洞边顶拱高性能混凝土衬砌加固技术对提高施工功效、保证施工质量发挥了重要的作用。

关键词:高寒环境;涵洞压力段;高性能混凝土;衬砌加固;头屯河水库

中图分类号:TV521;TU528.57 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)06-0091-04

High-performance concrete lining reinforcement technology for side and top arch of culvert in alpine environment//MA Jun (*Toutun River Basin Management Office of Xinjiang Water Resources Bureau, Cangji 831100, China*)
Abstract: Taking the Toutun River Reservoir in Xinjiang as an example, the high-performance concrete lining reinforcement technology for the side and top arch of a culvert during the structural reinforcement of the culvert pressure section in the alpine environment is introduced. During the construction process of the Toutun River Reservoir, extremely cold weather of 60-year return period occurred in Xinjiang. To ensure high quality of concrete lining reinforcement and timely completion, multiple measures were taken for temperature control during the processes of concrete stirring, transferring, and pouring, and the C40F200W8 second-grade high-performance concrete with a thickness of 30 cm, mixed with fly ash and slag, was selected for lining reinforcement using a steel form jumbo. According to the results of quality inspection and assessment, the project's construction achieves excellent quality. Practice has proved that this technology plays an important role in enhancing the construction efficiency and guaranteeing the construction quality in the alpine environment.
Key word: alpine environment; culvert pressure section; high-performance concrete; lining reinforcement; Toutun River Reservoir

1 头屯河水库涵洞压力段基本情况

在头屯河水库除险加固前,涵洞进口无事故检修门,涵洞压力段洞内和洞外水压力处于平衡状态。该水库于2007年1月被列入第二批全国病险水库除险加固工程专项规划^[1],在涵洞进口增加了事故检修门,改变了原涵洞压力段的运行状态,即在事故检修门关闭时,洞内无水,洞外有水压力,涵洞压力段原结构设计不再满足要求,需进行加固,衬砌加固厚度为30 cm。涵洞全长300.2 m,其中洞身段长213.7 m,中间设工作闸门井,工作弧门以上为有压洞段,以下为明流段。涵洞压力段长93.2 m,包括进口渐变段、6个压力段管节及出口渐变段,断面为城门洞形(图1),净宽4.0 m,侧墙高2.0 m,圆拱内半径2.0 m,底板纵向坡比1:100^[2]。此次混凝土衬砌加固部位

主要在6个压力段管节的边顶拱处,在底板浇筑完成并形成工作面的基础上进行衬砌加固^[2]。

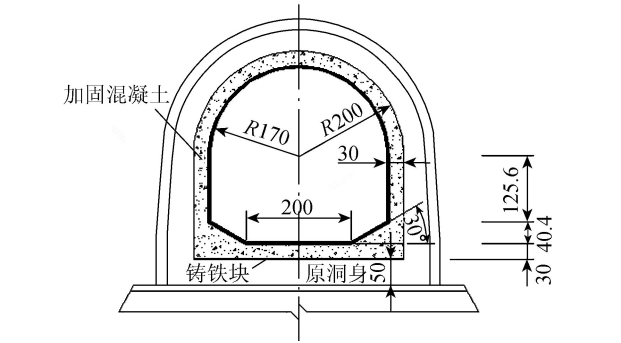


图1 涵洞压力段断面示意图(单位:cm)

2 高寒环境下主要施工保温措施

头屯河水库位于新疆寒冷地区,属大陆性气候。

每年11月下旬至来年3月上旬有110d日平均气温在-3℃以下,元月气温最低,月平均气温为-17.5℃,极端最低气温为-38℃^[3]。水库除险加固工程于2009年11月10日进入冬季施工,根据总工期安排,2009年11月16日至2010年3月30日为涵洞施工期,期间经历了新疆60年一遇严寒,气温在-20℃以下有49d,气温在-25℃以下有11d,气温在-30℃以下有7d,最低气温达-38℃。因此施工过程中采取冬季施工保温措施至关重要。

第1道保温层(作业区外):涵洞进口检修闸门井紧邻涵洞压力段,在空间上属上下游关系,在施工安排上,检修闸门井基础紧前施工,涵洞压力段紧后施工。使用8号和16号钢丝绳纵横交叉做骨架,在顺水流方向基坑外上游949m高程处和下游957m高程处用16号钢丝绳(间隔1m)纵跨80m地锚锚固好,在垂直水流方向顺基坑外地势用8号钢丝绳(间隔1m,搭在16号钢丝绳上面)横跨60m地锚锚固好。骨架搭设好后,用复合土工膜铺盖做保温层,再用帆布覆盖,复合土工膜和帆布周边均锚固好以防风吹掀起。检修闸门井基础面积为20m×16m。暖棚搭设面积约5000m²,棚内空间最高16m,最低8m,平均高度约为12m,总空间为3900m³,棚内有80cm口径的火炉及烟管40套,保证棚内温度在5℃以上。为防止煤烟中毒和防火,在棚内设6套干粉消防灭火器,暖棚在火炉处开有通风和通气孔,暖棚进口处设有棉被门帘,每隔1h由专人开帘通风、通气。

第2道保温层(作业区内):在涵洞压力段进口、工作闸室、明流段出口三处搭设帆布和加厚棉毡以形成门帘封闭洞身,门帘顶部预留排烟口,浇筑仓面前后封闭,采用炉火和电暖气加温,温度保证在5~14℃之间。为防煤烟中毒和防火,仓内设2套干粉消防灭火器,由专人24h随时开帘通风、通气。

3 施工流程

混凝土衬砌施工工序如下^[4]:凿毛→钻孔→插筋→浇筑面清理→涂刷水泥净浆→钢筋制作安装→预埋灌浆管→止水安装→测量放样→钢模台车安装→涂刷脱模剂→模板安装及校核→堵头模板封堵→混凝土浇筑(泵送)→脱模→涂刷养护剂。施工时,自下游往上游进行,即从第6管节压力段开始到第1管节压力段结束。

4 主要施工方法及技术措施

4.1 钢筋制作安装

插筋制作安装:插筋纵、横向间距均为1m,均匀布置于涵洞压力段内,插入原混凝土50cm深,采

用手风钻钻孔,插筋采用直径为18mm的螺纹钢筋^[5]。插筋孔注浆前要进行清洗,其直径大于插筋直径。水泥砂浆采用高抗硫酸盐硅酸盐水泥,水泥砂浆强度等级不低于20MPa,并掺入UEA型膨胀剂,掺量为水泥质量的10%,砂浆配合比为1:1.5,水灰比为0.45,砂子采用最大粒径不超过2.5mm的细沙。初凝前将插筋插入到设计深度,并振动或轻敲,以确保砂浆密实。边顶拱钢筋按DL/T 5169—2002《水工混凝土钢筋施工规范》^[6]要求进行制作安装。

4.2 钢模台车安装

根据本工程特点,选用14m长的边顶拱钢模台车。钢模台车由钢模板、台车、轨道、支承四部分组成。钢模包括顶模和侧模;台车及轨道为钢模安装、拆卸及行走工具;支承为钢模的定位支承。台车为半自行式,台车行走需要铺设轨道,轨道铺设好后由2台5t电动葫芦作为牵引动力。涵洞压力段底板混凝土达到设计强度后,由厂家铺设行走轨道并组装台车。台车安装流程为:铺设轨道→安装行走轮架总成→安装底部两侧纵梁→安装门形架→安装顶部上纵梁→安装上立杆、顶模→安装侧模板→安装侧模纵梁和支撑系统→安装液压及电器系统→安装附件及其他设备→验收、使用。

4.3 模板安装及校核

台车安装好后,进行模板校验,模板合格后进行侧模板安装和堵头模板封堵。堵头模板采用3cm厚木板、10cm×40cm方木作为背枋及背挡。在台车模板端部焊制钢筋套环,将10cm×10cm背枋穿入钢筋套环并固定在钢模台车上,另一端用直径为12mm的拉筋固定,使整个堵头模板稳固。拉筋沿边顶拱布置2排,排距约为50cm,拉筋焊接在牢固插筋或钢筋上。为防止漏浆,堵头模板应拼接严密,靠模板边的缝隙环向衬1圈10cm宽的3层板。

4.4 施工窗口及下料口

台车总长14m,底板以上1.5m的两侧模板上各开有3个窗口(窗口尺寸40cm×40cm,窗口间距5m,窗口边距2m),用于观察及辅助振捣。沿顶拱中心线开3个孔(孔间距5m,孔边距2m),此3孔与混凝土泵送管末端软管连接(设有卡锁),作为混凝土入仓口,当一孔浇筑时,其他两孔锁闭防止漏浆。在堵头模板顶拱最高处预埋一短制钢管,作为仓面混凝土是否满实的观察孔,此孔同时也是排气孔,保证混凝土浇筑时仓面空气全部排出。浇筑过程末期,随时观察此孔,一旦出现浆液溢流,说明仓面混凝土已满实,立即停泵浇筑。

4.5 混凝土浇筑

4.5.1 混凝土配合比

边顶拱混凝土为掺粉煤灰及矿粉的二级配 C40F200W8,混凝土配合比如下:水泥标号为 42.5,水灰比为 0.32%,砂率为 40%,坍落度为 220 mm,含气量为 5.7%,水泥、水、砂、小石(粒径 5~20 mm)、中石(粒径 20~40 mm)、粉煤灰、矿粉的用量分别为 217 kg、129 kg、720 kg、432 kg、648 kg、73 kg、73 kg。水泥采用新疆屯河水泥有限责任公司生产的 42.5R 高抗硫酸盐硅酸盐水泥,粉煤灰采用新疆新华天粉煤灰技术开发有限责任公司生产的一级粉煤灰,矿粉采用新疆西域水泥有限责任公司生产的矿渣微粉,减水剂(DF-1)、引气剂(DF-9)均由北京鑫源科建科技有限公司生产,膨胀剂(ZYH 型)由新疆研科节能科技有限公司生产。根据混凝土骨料的超逊径及含水量指标进行施工配合比的调整。

4.5.2 混凝土拌制及温控措施

根据现场布置,在拌和站 15 m 处搭设 600 m² 的砂石骨料场钢架暖棚,暖棚内设 80 cm 口径火炉及烟管 8 套,保证棚内温度为 10~18℃。根据混凝土浇筑总量,足量砂石骨料在上冻 1 个月前在室外摊晒堆放备料,入冬时,用复合土工膜和棉毡覆盖料场,浇筑时提前 1 星期将砂石骨料(按每仓混凝土浇筑所用量的 1.5 倍考虑)装运至棚内预热。拌和用水采用 5 m³ 钢制水罐(用厚棉毡包裹)加热至 60~70℃(根据外界气温变化进行调控)。

混凝土拌和站采用 HZS-60 型拌和设备,配料由磁铁式自动计量装置配送(料斗为 JS-1000 型),用 JS-2000 自动计量强制式搅拌机拌制混凝土^[5]。混凝土配料机与搅拌机配合使用,理论生产能力为 25~30 m³/h。配料机除了主要工作外露部位,其他部位均用棉毡围护,并在运料皮带下方设炉火加温。为防止烟火,各工作点均设有干粉消防灭火器,由专人监管使用。

混凝土拌制时,水温控制在 60~70℃,水泵从水罐中抽取热水进入搅拌机,投料顺序为:先投入砂石骨料和热水,再投入水泥、粉煤灰、矿粉及外加剂,搅拌时为防止水泥的假凝现象,先使水和砂石搅拌一定时间,然后再加入水泥^[7]。水泥自动计量上料,粉煤灰、矿粉及外加剂严格按照施工配合比采用质量法配置并人工上料,砂石骨料使用 ZL30 装载机上料至配料机。混凝土搅拌时间不少于 3 min,在机口除正常的温度监测外,每 4 h 检测 1 次混凝土拌和物的坍落度,每 2 h 检测 1 次含气量。

拌制时温度监测:室外及砂石骨料棚内温度每 2 h 测量 1 次;水温及砂石骨料温度每 1 h 测 1 次;混凝土机口温度每 1 h 监测 1 次,温度计插入深度不小

于 10 cm。气象信息每周提前收集,定时监测当天气温,以掌握现场气温、温控和拌和规律。通过以上措施,机口出料温度保证在 7~12℃ 之间。

4.5.3 混凝土输送及保温措施

拌和站至涵洞进口运距为 1 000 m,使用 10 m³ 搅拌罐车运至涵洞进口。搅拌罐外包裹棉毡,在拌和站进料前先用 70℃ 热水泵入 5 m³ 钢制罐车内进行洗罐和预热,然后全部倒出再装料,料罐温度能维持在 15~20℃ 之间。为减少沿程混凝土热量散失,对运距 1 000 m 的施工路线进行调整,优化为 800 m 运距,路面用黄土和碎石进行碾压硬化,局部低洼处填平并设排水沟,配置专用装载机随时推雪和平整路面,保证了道路的畅通和运输的高效。

涵洞进口处采用 HBT80A 型混凝土泵通过管径 150 mm 泵管接入浇筑仓内。泵管总长 100 m,管径 150 mm,涵洞压力段外泵管均包裹棉毡,为减少爆管和堵管,靠近泵车的导管采用 4 m 新管,为便于拆装,仓面内接近入料口处的导管采用 1~2 m 短导管,入料口接弯管和 3 m 钢丝橡胶软管。通过以上措施,罐车出料温度保证在 5~10℃ 之间,混凝土进入仓面温度保证在 5~7℃ 之间。

4.5.4 混凝土浇筑及温控措施

台车顶拱有 3 个人仓口,采用先中间、后下游、再上游的顺序入仓,保证仓面内空气全部被排除,仓内混凝土填充满实。混凝土浇筑时先铺 1 层 5 cm 厚的同标号水泥砂浆,混凝土浇筑层厚度控制在 40 cm 以内,浇筑速度控制在 1 m/h 以内,两边墙混凝土均匀上升,浇筑高差小于 40 cm。随着浇筑高度的增加,为便于排水,每层混凝土由中部向两边分坡(仓内混凝土高差以不大于 40 m 为原则)。浇筑过程末期,随时观察堵头模板顶拱最高处预埋的短制钢管的溢浆情况,仓面由专人手持对讲机与地泵操作员进行通信联系,一旦出现浆液溢流,立即停泵浇筑。

混凝土振捣采用固定在台车上的 9 台 2.2 kW 附着式振捣器,备置 3 台 ZX-50 插入式振捣棒,辅助附着式振捣器进行振捣。附着式振捣器由专人操作,根据振捣试验结果,振捣间隔时间选用 20 s。

根据施工条件,在仓面内上、中、下游分别放 3 个温度计,由专人随时监测并记录仓内环境温度变化情况,各工作点炉火加温控制也由专人负责。现场仓内环境温度控制在 5~14℃,混凝土进仓温度控制在 5~7℃,浇筑后混凝土温度变化不大。

4.6 脱模及养护

边顶拱混凝土浇筑完成后,昼夜派专人看护,定时检查仓内温度及仓外遮盖保温情况。根据现场试验情况,36 h 以上的台车脱模时间效果较好。脱模后对边顶拱混凝土表面涂刷 2 遍养护剂进行养护,

用炉火及电暖气加温,为减少新老混凝土的温度应力,保证新老混凝土结合良好,仓面温度维持在5~14℃。养护时每日早、午、晚各测一次室外、棚内及仓内温度。涵洞压力段于2009年12月14日至2010年3月24日进行施工,2009年1月31日暂停施工,2010年2月22日复工。期间室外温度变化范围为-38~0℃;棚内(第1道保温层)温度变化范围为3~9℃;仓内(第2道保温层)温度变化范围为5~14℃。

5 施工质量检验与验收评定

涵洞压力段边顶拱衬砌加固共分6个单元工程,边顶拱混凝土抗压强度试验检验6组,根据SL176—2007《水利水电工程施工质量检验与评定规程》附录C中普通混凝土试块试验数据统计方法^[8],抗压性能合格。抗冻试验检验1组,F200弹性模量为83.4%,大于60%,质量损失率为1.5%,小于5%,抗冻性能合格。抗渗试验检验1组,加压至0.8MPa,8h内试件表面均未渗水,抗渗性能合格。经现场质量验收评定,6个单元工程合格率及优良率均为100%,外观及工程质量优良^[9]。

6 结 语

在高寒环境下,通过对头屯河水库涵洞压力段作业区内外采取多重温控措施,运用边顶拱钢模台车高性能混凝土衬砌加固技术,压力段边顶拱单循环每仓混凝土浇筑量19 m³,台车单循环工作时间平均为4 d,有效地保证了压力段衬砌加固的施工。该技术在提高涵洞压力段衬砌质量、表面光洁度和衬砌施工效率等方面的优越性在实践中得到了充分体

现,为今后类似工程积累了经验。

参考文献:

[1] 马军. 头屯河水库除险加固工程施工导截流设计[J]. 水科学与工程 技术,2012(1):21-22. (MA Jun. Design of construction diversion and river closure in Toutun River reservoir reinforcement project [J]. Water Science and Engineering Technology,2012(1):21-22. (in Chinese))

[2] 马军. 球墨铸铁衬护技术在头屯河水库涵洞底板抗冲磨加固中的应用[J]. 水利水电技术,2012,43(7):77-80. (MA Jun. Application nodular cast iron to abrasion-resistant reinforcement of bottom slab of draw-off for Toutun River[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012,43(7):77-80. (in Chinese))

[3] 陈亚宁. 新疆头屯河流域山地侵蚀与减沙治理研究[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1995.

[4] SL303—2004 水利水电工程施工组织设计规范[S].

[5] 马军,艾克拜尔·买买提. 高落差涵洞事故门井筒加固施工技术[J]. 水利水电科技进展,2012,32(4):66-69. (MA Jun,MAIMAITI A. High performance concrete lining reinforcement technology of side and top arch of culvert in alpine environment [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(4):66-69. (in Chinese))

[6] DL/T5169—2002 水工混凝土钢筋施工规范[S].

[7] DLT5144—2001 水工混凝土施工规范[S].

[8] SL176—2007 水利水电工程施工质量检验与评定规程[S].

[9] SL223—2008 水利水电建设工程验收规程[S].

(收稿日期:2012-12-20 编辑:骆超)

(上接第82页)

参考文献:

[1] 杨泽艳,周建平,蒋国澄,等. 中国混凝土面板堆石坝的发展[J]. 水力发电,2011,37(2):18-22. (YANG Zeyan, ZHOU Jianping, JIANG Guocheng, et al. Development of concrete faced rockfill dam in China[J]. Water Power, 2011, 37(2):29-34. (in Chinese))

[2] DL/T 5016—1999 混凝土面板堆石坝设计规范[S].

[3] 朱晟,顾淦臣. 建造在河床覆盖层上的面板堆石坝[J]. 水利水电科技进展,1996,16(3):9-11. (ZHU Sheng, GU Ganchen. CFRD placed on sand and grave on the riverbed [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 1996,16(3):9-11. (in Chinese))

[4] 朱孟业. 建造在深厚覆盖层上的梁辉水库面板堆石坝[J]. 浙江水利科技,1997(3):34-35. (ZHU Mengye. CFRD constructed on thick sand and grave in Lianghui Reservoir[J]. Zhejiang Hydrotechnies, 1997(3):34-35. (in Chinese))

[5] 唐新军. 混凝土面板堆石坝的趾板布置与设计[J]. 水力发电,1993,19(1):29-34. (TANG Xinjun. Layout and design of CFRD's plinth[J]. Water Power, 1993,19(1):29-34. (in Chinese))

[6] 蒋国澄,傅志安,凤家骥. 混凝土面板坝工程[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,1997.

[7] 杨晓明,张斌,黄继平. 强风化地基上的小溪口混凝土面板堆石坝趾板设计与地基处理[J]. 水利规划与设计,2004(3):70-74. (YANG Xiaoming, ZHANG Bin, HUANG Jiping. Design and foundation treatment of plinth on intensively weathered rock in Xiaoikou CFRD's [J]. Water Resources Planning and Design, 2004(3):70-74. (in Chinese))

[8] 李林枫. 横泉水库坝基风化基岩帷幕灌浆施工技术[J]. 西北水电,2011(1):30-33. (LI Linfeng. Construction technology for curtain grouting of weathered bedrock in Hengquan Reservoir [J]. Northwest Hydropower, 2011(1):30-33. (in Chinese))

(收稿日期:2012-04-15 编辑:周红梅)