

# 苏洼龙水电站导流隧洞衬砌混凝土监理质量控制

吴令凯, 王东

(中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:**苏洼龙水电站导流隧洞混凝土施工具有衬砌断面大、工期紧张、混凝土浇筑强度高特点,由于本电站采用单洞导流,对隧洞施工质量要求较高。在导流隧洞身混凝土衬砌施工过程中,通过遵循设计以及相关规范的具体要求,全方位对衬砌混凝土施工过程进行质量控制,使导流隧洞身混凝土衬砌施工的质量得到了较好的提高。

**关键词:**导流隧洞;混凝土施工;特征以及难点;控制质量手段

中图分类号[TM622];TV551.1+2;TV431

文献标识码: C

文章编号:1001-2184(2018)06-0100-04

## 1 工程概况

苏洼龙水电站导流隧洞工程布置于金沙江上游河段四川巴塘县和西藏芒康县界河的右岸,由进口明渠、洞身及出口明渠组成。进口明渠长约476.2 m,渠底宽25.0~100.5 m。左侧边墙扩散角为25°,右侧边墙扩散角为8°;进口明渠道0-362.3 m~导0-498.2 m底高程为2 386.5 m,进口明渠道0-230.0 m~导0-362.3 m纵坡为1.98%,进口明渠道0-080.9 m~导0-230.0 m底高程为2 384.0 m;进口明渠道0-032.0 m~导0-080.9 m设置2 385.0 m高程到2 379.0 m高程的反坎,进口明渠道0-022.0 m~导0-032.0 m底板高程为2 379.0 m。洞身断面型式为15 m×19 m(宽×高)的圆拱直墙型,顶拱中心角为120°,洞身堵头段前采用全断面钢筋混凝土衬砌,堵头段及堵头段后Ⅱ类、Ⅲ类围岩洞段顶拱不衬砌,洞身长度896.53 m,其中明洞段长10.68 m;平面上布置一弯道,转弯半径100 m,转弯角度60°。出口明渠长约336.5 m,出口明渠道0+896.53 m~导0+954.57 m为明渠内异形反台阶消力池,底板高程为2 367.0 m,共设置5级台阶,台阶高程分别为2 370.0 m、2 374.0 m、2 378.0 m、2 382.0 m和2 386.0 m;出口明渠道0+954.57 m~导0+985.85 m为消力池后护坦,护坦厚1 m,顶高程2377.0 m;护坦后明渠底高程为2 380.0 m。

## 2 导流隧洞洞身混凝土施工的特征及难点

(1)导流隧洞的洞径比较大,导致混凝土衬

砌面积和方量都较大,并且从导0+114.0 m以后一直到出口段混凝土衬砌厚度均小于1 m,存在较多的薄壁混凝土结构衬砌施工,施工难度大,强度高,周期长,造成施工时对混凝土的浇筑质量有着较高的要求。

(2)导流隧洞导0+000.0~导0+0.042.0 m为渐变段区域,由正方形渐变为城门洞型的衬砌型式,该部位混凝土衬砌厚度为3.2 m,钢筋量和混凝土浇筑量较大,同时由于该部位中墩必须采用定型模板浇筑,底板又要作为进口明渠施工的临时通道,且该部位和进水塔的工期都较紧凑,导致不同方面的施工在进行交叉作业时受到的干扰较大。

(3)导流隧洞洞身的结构以及形状比较复杂(如导流隧洞进口导0+000.0~导0+0.042.0 m和堵头部位导0+402.0~导0+0.432.0 m均为渐变段,导流隧洞出口导0+848.0~导0+869.0 m为下卧扩散段),施工时采用多种模板(如定型模板、翻转模板及组合模板等)进行施工,施工难度较大。

## 3 控制导流隧洞洞身混凝土施工质量的手段

混凝土工程的质量,关系到建筑物及构筑物的结构安全,对于混凝土来说,质量就是生命。混凝土质量的好坏,直接影响到成型结构的稳定性和使用寿命,因此,如何控制好混凝土的质量,就成为工程建设者既常见而又非常重要的工作。

监理部严格按照国家相关法律、法规、行业标准及相关合同文件与设计图纸,从事前、事中、事后全面开展导流隧洞混凝土施工质量控制。

收稿日期:2018-10-17

### 3.1 事前控制

#### 3.1.1 施工方案审查及质量管理体系审查

一般性施工方案,监理部根据国家相关法律法规、合同文件及设计图纸,并结合现场施工环境等情况,由监理部工程技术部对施工单位上报的施工方案进行初步审查,并经项目总工程师复审后,总监签字批准执行;对于超过一定规模、技术复杂、危险性较大的专项施工方案,监理部要求施工单位严格按照国家强制性条文规定,组织专家进行分析论证、审查,并将论证分析结果作为附件,一并报送监理部批准后,方可实施。

开工前,监理部根据国家相关法律、法规及合同文件等,全面检查施工单位质量管理体系是否健全、人员配置是否到位,体系运行是否正常。

#### 3.1.2 原材料的质量控制

##### 3.1.2.1 砂石骨料的质量控制

本工程砂石骨料由葛洲坝砂石标在场内进行生产供应,投入使用前,监理工程师根据相关规范及设计要求对砂石骨料进行细度模数、颗料级配以及含水量等进行抽样检测,对不合格的砂石骨料坚决予以清除,不准使用。

##### 3.1.2.2 钢筋、水泥、止水片及外加剂等原材料的质量控制

钢筋、水泥、止水片及外加剂等原材料进场前,施工单位必须提交原材料进场报验单,监理部安排试验监理在材料进场时进行进场检验,查验原材料的类别、规格、数量、质量保证文件、材料的外观等,当查验无误后准许原材料进场使用。同时在材料进场后,督促施工单位按规范要求进行试验取样,然后按规范要求进行各项试验工作,监理按不低于施工单位取样数量10%的比例抽样检测。

##### 3.1.2.3 混凝土的生产用水

监理部根据相关规范要求,不定期对混凝土的生产用水进行抽样检测,如果水质或者水源出现变化时应该通过试验砂浆强度的方法对生产用水的指标进行对比检测。倘若采用水源样品审查的砂浆的总体抗压能力比合格的砂浆抗压能力要低时,那么则要求施工单位更换生产用水,确保混凝土质量满足要求。

### 3.2 事中控制

#### 3.2.1 混凝土浇筑前准备工作的质量控制

#### 3.2.1.1 混凝土钢筋施工

钢筋加工前,由施工单位技术人员根据设计图纸,绘制填报钢筋料表,经审核无误后下发钢筋加工厂进行钢筋加工作业。钢筋加工首先对钢筋调直和清除污染,切割和打弯可在加工厂或现场进行;采用弯曲机打弯,不允许加热打弯。加工完成后,要求施工单位做好储存保护措施,避免发生锈蚀和污染,影响钢筋质量。

钢筋安装前,监理部派相关监理人员监督施工单位组织施工人员进行技术交底培训,并形成文件留存,同时监理人员检查特种工人(如电焊工)持证上岗情况;钢筋安装过程中,不定期对钢筋类别、规格、数量及钢筋间距、保护层、连接部位进行检查,发现问题及时以现场通知的形式要求施工单位进行整改,确保钢筋安装质量能够满足设计要求。

#### 3.2.1.2 混凝土模板施工

根据导流隧洞的设计结构及其形状特征,导流隧洞进口渐变段中墩采用定型模板、其余边顶拱均采用定型钢模台车(钢模台车长度为6 m)及组合模板进行衬砌、无顶拱衬砌段采用翻转模板进行衬砌。为保证拆模后混凝土外观质量,根据设计要求,模板安装前需要进行形体轮廓线模板定位,并根据规范要求对模板的平整度进行检查,清除模板上的污垢、涂刷脱模剂,保证模板的光洁度,同时严禁施工单位在模板上开孔,防止混凝土砂浆外漏,确保混凝土施工质量。

#### 3.2.1.3 混凝土预埋件施工

要求施工单位严格按照设计图纸安装监测仪器、止水片以及灌浆管等预埋件。在预埋件埋设之前,认真做好测量放线工作,同时做好相应的记录以及标记,在埋设预埋件时,应该要确保预埋件的可靠性,在浇筑混凝土时,严格执行规范及设计标准,避免混凝土在进行浇筑时造成预埋件损坏以及移动等情况。

#### 3.2.1.4 基础面或施工缝处理

基础面应采用人工为主、设备为辅的方式,清除表面松软岩石,并用高压水枪进行冲洗,若粘有灰浆或杂物,可用金属丝刷刷洗,直至洁净为止,最后再用高压风吹至岩面无积水。

老混凝土表面采用电镐或高压水枪将混凝土表面乳皮清除,并使表面石子半露,形成有利于层

间结合的毛面。施工缝面凿毛或冲毛后,应用压力水冲洗干净,使其表面无渣、无尘、无积水后方可开仓浇筑。

### 3.2.2 混凝土浇筑过程中的质量控制

#### 3.2.2.1 绘制仓面设计

混凝土开仓浇筑前,要求施工单位根据现场实际施工情况,绘制仓面设计(包括资源配置、入仓手段等),并经监理工程师批准后,方可验收浇筑。浇筑过程中,现场旁站监理人员严格按照仓面设计检查资源投入情况,严禁施工单位将部分人员、设备等资源撤走。

#### 3.2.2.2 混凝土运输控制

要求施工单位根据已批准的“仓面设计”,配置足够的混凝土运输车辆,同时为确保混凝土温度得到有效控制,要求运输混凝土的过程中应该及时的对运输车辆进行冲洗降温以及防晒保温,使运输混凝土过程中出现回升温度的情况得到有效的降低。

#### 3.2.2.3 入仓铺筑控制

导流隧洞洞身混凝土除底板部分采用溜槽配合泵送入仓外,边顶拱均采用混凝土输送泵送入仓的方式进行浇筑;混凝土浇筑前,对接缝面先均匀铺设一层厚2~3cm高标号水泥砂浆;铺料厚度控制在30cm~50cm,采用人工进行均匀平仓;为避免粗骨料堆积等情况发生,卸料高度超过1.5m时,现场要求施工单位搭设缓降平台,确保混凝土浇筑质量。

#### 3.2.2.4 混凝土振捣控制

混凝土浇筑过程中,严禁私自加水,当和易性较差时,采取加强振捣的措施;仓内泌水要及时排除,同时要避免外来水进入仓内,模板、钢筋和预埋件表面粘附的砂浆及时清理。浇筑应保持连续性,因故超过间歇时间,能重塑者,可继续浇筑,不能重塑者,按施工缝处理。

混凝土振捣时应按以下工艺施工:

(1)振捣器插入混凝土的间距,不超过振捣器作业半径的1.5倍;

(2)振捣器应垂直仓面,按顺序操作,间距均匀一致,防止漏振;

(3)将振捣器插入下层混凝土台阶5cm左右;

(4)严禁振捣器碰撞模板、钢筋及预埋件;

(5)埋件周边采用 $\phi 50$  mm软轴均匀振捣密

实,必要时人工振捣;

(6)每仓第一层浇筑时,卸料接触面和台阶边线处应加强振捣。

#### 3.2.2.5 混凝土收面控制

在混凝土开仓浇筑前,要求施工单位根据设计坡比提前做好施工收面样架,确保底板平整度满足设计要求;同时收面应保持水平、无积水、无脚印、控制浇筑高程符合要求。

#### 3.2.2.6 混凝土拆模控制

导流隧洞工程衬砌混凝土的顶部为拱形结构,且隧洞支护锚杆对钢筋及混凝土有着拉承作用,施工期间拱部混凝土仅承受自重作用,因此,其衬砌拆模时间比其它现浇钢筋混凝土结构的拆模时间短,可以在较短的时间拆除顶拱承重模板。隧洞工程的承重底模在混凝土浇完后12~14h就可拆除,大大缩短了拆模时间。

#### 3.2.2.7 混凝土温度控制及措施

导流隧洞混凝土施工温控措施从以下几个方面加强控制:

(1)混凝土生产温度控制。在成品料仓上架设防雨防晒棚,降低原材料温度及其含水率。同时成品骨料采用高堆料方式,骨料堆存高度控制在8m以上,使骨料的温度接近月平均气温。混凝土拌和时,通过地弄取料,为防止骨料输送过程中的温度回升,在运输胶带机上方架设遮阳棚,减少太阳辐射对骨料初温的影响,可通风散热,并起到防雨的作用。

(2)优化混凝土配合比。在满足设计要求的各项指标的前提下,优化混凝土的配合比。选用较小水灰比、合理添加掺和料、选用优质高效的外加剂,减少胶凝材料的用量,从而降低胶凝材料的水化热温升。

混凝土配合比经历了3个阶段,第3阶段主要目的为降低混凝土胶材用量。监理部多次组织参建各方召开专题会议,讨论混凝土配合比优化方案,会议要求中水三局采用砂石加工系统技术改造后生产的骨料、更换减水剂等措施来进行了混凝土配合比优化试验,较优化前降低了用水量,节约胶凝材料。

(3)混凝土运输温度控制。①混凝土采用搅拌罐车运输,根据拌和站、搅拌罐车、混凝土输送泵的生产能力,以及仓面浇筑的情况,合理安排搅

拌车数量,加快入仓速度;同时搅拌罐车罐体表面覆盖帆布或麻袋片湿润降温。②做好运输道路规划、标示和疏通,缩短运输时间,避免混凝土运输在受料斗前长时间等候。③加快混凝土运输、入仓及平仓振捣速度,合理安排开仓时间,在日平均气温大于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和日最高气温大于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,应将混凝土浇筑安排在早晚和夜间施工,避免在高温时段浇筑,若需要连续浇筑的仓号,提前在仓面上方搭设防雨防晒棚。

(4)混凝土分层(分块)及间歇期。①在满足浇筑计划的同时,为了充分利用浇筑间歇期混凝土层间散热,混凝土施工采用薄层均匀连续上升进行浇筑。②在基础和老混凝土强约束区,分层浇筑厚度应不大于 $1.0\text{ m}\sim 2.0\text{ m}$ ,基础约束以外最大浇筑高度控制在 $3\text{ m}$ 以内,上、下层间浇筑间歇时间一般为 $5\text{ d}\sim 10\text{ d}$ 。

(5)混凝土养护。混凝土浇筑完成后,及时洒水养护。高温季节的混凝土浇筑完成后,采用水泵抽水或罐车拉水对已浇筑混凝土进行不间断洒水养护,并覆盖保温材料,保持仓面湿润,使混凝土充分散热。①新老混凝土终凝后即进行表面流水养护,水流覆盖整个仓面,保持整个混凝土表面湿润,避免新养护干湿交替。同时做好排水工作,防止养护水影响混凝土施工。②对上下游混凝土面及暴露的侧面采用淋水养护。③用于养护的设备处于常备状态,需要时可立即使用。④混

(上接第92页)

多积极因素。苏洼龙分公司在电站筹备和建设过程中高度重视与电站区域内土登尼夏林寺的关系,坚持政治上团结合作,信仰上相互尊重,过程中相互帮助,在促进社会和谐等重大问题上切实履行中央企业的社会责任。同时,针对电站建设所涉及乡村百姓及寺庙信众对水电开发建设的不认识、不理解、不支持等问题,寺庙堪布等积极协助地方政府和苏洼龙分公司对信众讲政策、讲佛法,帮助疏导地方百姓的思想,使当地信众逐渐接受水电开发理念,为苏洼龙水电站核准开工建设作出了贡献,逐步形成了各方良好的邻里关系。

### 3 结 语

苏洼龙水电站是金沙江上游梯级电站中第一

混凝土养护配备专人负责,并做好养护记录。

### 3.3 事后控制

导流隧洞衬砌混凝土模板拆除后,监理工程师积极组织参建各方对外观质量进行全面检查,并将缺陷(蜂窝麻面、挂帘、裂缝、错台及裂缝等)标识、记录备案,形成缺陷备案表;同时要求施工单位严格按照已批复的缺陷处理方案进行修复处理,把好最后一道质量关。

### 4 结 语

苏洼龙水电站导流隧洞混凝土施工具有衬砌断面大、工期紧张、混凝土浇筑强度高等特点,由于本电站采用单洞导流,对隧洞施工质量要求较高。在导流洞洞身混凝土衬砌施工过程中,通过遵循设计以及相关规范的具体要求,全方位对衬砌混凝土施工过程进行质量控制,使导流洞洞身混凝土衬砌施工的质量得到了较好的提高。苏洼龙水电站导流隧洞工程顺利施工完成并通过“质量监督总站”和“安全鉴定”专家组验收。2017年11月18日9时,导流隧洞成功实现大江过流。

#### 作者简介:

吴令凯(1993-),男,贵州水城人,大专学历,现供职于中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司,主要从事监理服务;

王 东(1970-),男,山东禹城人,本科学历,高级工程师,现供职贵阳勘测设计研究院有限公司,主要从事工程监理。

(责任编辑:卓政昌)

个获得核准开发的项目,工程地处藏族聚居地,移民安置环境与内地截然不同,为了有效破解苏洼龙水电站移民安置工作中的各种难题,华电金沙江上游水电开发有限公司与苏洼龙分公司共同创新、攻坚克难,采取了一系列行之有效的办法,得到了地方各级政府的信任和支持,稳步推进了苏洼龙水电站移民安置工作,为金沙江上游水电项目移民工作积累了宝贵经验。

#### 作者简介:

马武林(1983-),男,汉族,陕西西安人,大学本科,助理工程师,现于华电金沙江上游水电开发有限公司苏洼龙分公司移民工作部从事苏洼龙水电站移民管理工作。

(责任编辑:卓政昌)