

吉牛水电站引水隧洞开挖与混凝土衬砌 平行作业施工技术

吴高明, 何承俊, 刘涛

(四川革什扎水电开发有限责任公司, 四川 丹巴 626302)

摘要:引水隧洞为吉牛水电站的关键工程,隧洞沿线地质情况差、云母含量高,致使隧洞开挖单循环进尺短。为提高洞内施工的效率,经综合考虑,确定在吉牛水电站引水隧洞工程全线推行隧洞开挖与混凝土衬砌平行作业施工技术,取得了较好的效果。

关键词:引水隧洞;开挖;混凝土衬砌;平行作业;吉牛水电站;施工技术

中图分类号:TV7;TV52;TV512;TV554

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)01-0027-03

1 概述

吉牛水电站位于四川省甘孜州丹巴县革什扎河干流上,是革什扎河“一库四级”水电开发方案的最后一级,为日调节低闸引水式电站,由首部枢纽、引水系统、厂房枢纽组成,装配2台冲击式机组,总装机容量240 MW。电站发电工期为32个月。引水隧洞为该工程的关键线路,全长22.377

km,为亚洲最长的引水发电隧洞之一,沿线设有1#~10#共计10条施工支洞(隧洞特性详见表1)。隧洞断面为城门洞形,开挖断面尺寸为(5.9~6.8)m×(5.95~6.8)m(宽×高),Ⅱ、Ⅲ类围岩段采用底板浇筑素混凝土,边顶拱为锚喷支护,Ⅳ、Ⅴ类围岩采用钢筋混凝土衬砌,衬砌后成型断面为5.6 m×5.6 m。

表1 吉牛水电站引水隧洞特性表

项 目	标 段					备 注
	隧洞 I 标	隧洞 II 标	隧洞 III 标	隧洞 IV 标	调压井及压力管道标	
起始桩号/m	65.71	5 160	11 150	15 150	21 400	
结束桩号/m	5 160	11 150	15 150	21 400	22 377.32	
控制长度/m	5 094.29	5 990	4 000	6 250	977.32	
隧洞总长度/m	22 377.32					含前期已开挖的65.71 m,
支洞数量/条	2	2	2	3	1	共10条支洞
支洞名称及其与主洞交叉处的桩号	1#支洞 (179.008) 2#支洞 (3 785.853)	3#支洞 (6 701.506) 4#支洞 (9 495.292)	5#支洞(含上下两条岔洞,5上岔 (11 905),5下岔 (12 865.04) 6#支洞 (14 330)	7#支洞 (16 168.36),8#支洞 (17 993.186),9#支洞(含上下两条岔洞,9上岔 (20 700.9)下岔 (21 076.71)	10#支洞 (22 310)	
围岩类别及比例	Ⅱ、Ⅲ类 78%/61% Ⅳ、Ⅴ类 22%/39%	61%/46% 39%/54%	54%/17% 46%/83%	46%/52% 54%/48%	16%/30% 84%/70%	招标/实际
承包单位	成都水利水电建设有限责任公司	中国水利水电第七工程局有限公司	中国水利水电第六工程局有限公司	中国水利水电第十一工程局有限公司	中国水利水电第七工程局有限公司	

引水隧洞布置于河道左岸,沿线山体雄厚,先后穿越燕窝沟断层、大桑断层和水子断层共三条

区域性断层,线路布置主要受筒历沟、大桑滑坡控制。

收稿日期:2013-01-13

沿线出露地层主要有震旦系、志留系部分岩

组,地质情况复杂,除筒历沟以上洞段主要为较坚硬的厚~巨厚层变粒岩外,其余洞段岩性一般软硬相间,具互层状结构。

经现场取样进行云母含量测定得知,岩石样本中云母平均含量为28%,最高含量达39%。

2 施工方案及控制要点

2.1 施工方案

在对吉牛水电站引水隧洞施工方案和工期进行深入细致的分析和论证的基础上,确定了引水隧洞施工采用“开挖与混凝土衬砌平行作业”的施工方案,以缩短直线工期。该方案的总体思路主要是以开挖为主,衬砌为辅,即在隧洞施工过程中,以隧洞钻爆开挖施工为中心,辅以混凝土衬砌。为使方案能够得以顺利实施,必须选定合适的底板栈桥及钢模台车。

(1)底板栈桥的选定。在引水隧洞开挖过程中,提前进行底板混凝土浇筑,为避免混凝土浇筑对掌子面开挖交通运输产生的影响,需在浇筑仓号部位架设可移动式钢栈桥,以形成互不干扰的立体施工作业面。钢栈桥需稳固可靠,在小断面环境下要能确保各类车辆和设备通行自如,同时能保证桥下施工的安全和施工空间。

结合洞内分缝尺寸,一种方式为采用浇筑跨度为12 m的自行式栈桥,其主要优点在于栈桥在浇筑完本仓面后可自行移动至下一仓面,不需要其他辅助机械或人员的参与,机械化程度高,从而可以节约原本就显得紧张的资源,且单仓工序作业时间短,能较好的与洞挖工序相匹配;第二种方式为采用浇筑跨度为24 m的非自行式栈桥,其主要优点在于单仓面长度大,工作面大,故底板清理、钢筋绑扎等工作效率高;但施工难度大且单仓工序作业时间长,对洞挖工序衔接有一定影响。结合吉牛水电站引水隧洞工程两种栈桥的实际使用情况,并综合考虑工期、资源、底板清理及工序衔接匹配等因素,最终认定第一种方式的栈桥方案要优于第二种方式的栈桥方案,并最终选择了第一种方式。

所选定的钢栈桥的主体结构由贝雷架组成,设计承重50 t;钢栈桥长30.7 m,宽3.7 m,按浇筑一仓(12 m)底板混凝土设计;采用液压控制,具备上、下、左、右调整功能,行走采用电控专用小车,就位无需人工铺轨,1人即可操控,循环就位

时间<10 min;桥面板中间设有通长均宽80 cm的开口,用于常态混凝土的下料;高度可调节,最大高度为1.5 m,以利于钢筋绑扎、混凝土收面等施工;两端设引桥,坡度可调节。具体结构见图1。



图1 栈桥纵剖面结构图(单位:cm)

(2)钢模台车的选定。在钢模台车满足荷载刚度的条件下,充分优化支撑系统,使台车底部能自由穿行各类施工车辆和设备,同时也给通风设施预留充足的空间。

为满足各类施工车辆和设备(如挖掘机、装载机、8 m³水泥罐车等)的自由通行,结合隧洞尺寸综合考虑,最终确定的钢模台车门架尺寸为3.7 m(宽)×4 m(高)。为充分利用洞内有限的空间,同时不影响台车门架下车辆的通行,将洞挖供风、供水及排水管路布置于底板边角或悬挂于钢模台车立柱上,将电缆线布设在混凝土边墙上。具体结构见图2。

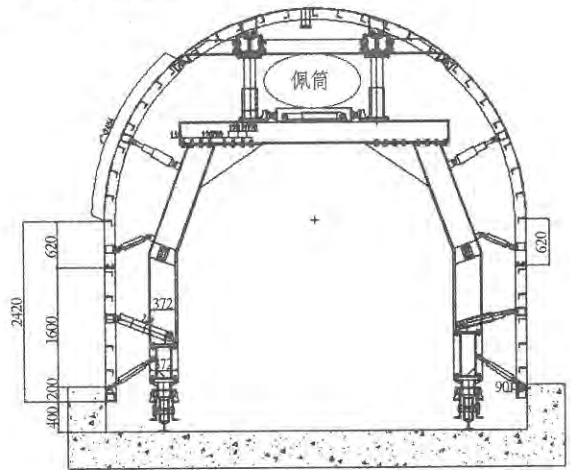


图2 台车横剖面结构图(单位:cm)

2.2 施工控制要点及说明

吉牛水电站引水隧洞工程施工采用“隧洞开挖与衬砌平行作业”的施工方案,旨在缩短工期并提高工程精细化管理水平,保证在中小型隧洞施工过程中具有良好的通过性和混凝土衬砌的整体连续性,方案控制要点主要为以下几点:

(1)严控关键线路及洞挖工序。吉牛水电站引水隧洞施工的关键线路为2下3上、3下4上、

4下5上、5下6上、6下7上、8下9上(数字:施工支洞编号;上:施工支洞上游工作面;下:施工支洞下游工作面)。洞内施工次序为:洞挖施工→底板混凝土浇筑→边墙混凝土浇筑→边顶拱衬砌。单个循环洞挖施工主要工序依次为:测量放线→钻孔→装药爆破→出渣(含通风散烟)→排险,单循环时间控制在12 h内(测量放线0.5 h、钻孔3 h、装药爆破2 h、出渣5 h、排险1 h),每天实现两个循环,确保进度要求。

(2)严控主、次要工作。隧洞施工以洞挖工作为主,在平行作业出现较大干扰时,衬砌施工为洞挖施工让路,故底板清理、钢筋绑扎、混凝土浇筑及栈桥、台车行走等均安排在洞挖钻孔期间进行。爆破后出渣时,出渣车从栈桥上通行以保护刚浇筑的底板混凝土,考虑到洞内交通能力以及烟尘较大等因素,衬砌工作面暂停施工。

(3)严控安全防护距离。龄期1~3 d混凝土的质点允许振动速度小于1.2 m/s。根据质点振动速度传播规律经验公式,计算得出其安全距离为70 m,即在不伤害混凝土质量的情况下,底板混凝土浇筑与洞挖施工距离不得小于70 m。实际施工中,考虑保险系数、避车洞设置、实际施工条件等,安全防护距离取100 m。

(4)做好已浇筑混凝土的防护。底板混凝土采用移动式钢栈桥每12 m一段进行浇筑,按1仓/3 d进行;底部边墙混凝土采用0.6 m×1.5 m定型钢模板浇筑,高度0.6 m,按1仓/3 d进行;剩余边墙及顶拱采用钢模台车每12 m一段进行浇筑,按1仓/3 d进行。

混凝土浇筑结束终凝后6~18 h须及时派专人洒水养护,养护时间不得少于14 d;底板和边顶拱堵头拆模后,根据设计要求对堵头进行施工缝处理;边顶拱钢模台车模板拆除后对混凝土缺陷要及时进行处理;设置专人对已浇筑混凝土面进行清扫,以保证混凝土面无石渣等异物,避免混凝土面的磨损破坏;已浇筑底板混凝土面须采用铺设钢板或橡胶皮带保护28 d以上。

(5)做好通风排烟工作。由于平行作业增加了部分工序(如挖掘机清基、混凝土罐车浇筑等),洞内作业机械增多,由此而导致洞内有害气体含量增加,因此,洞内应加大通风力度。通过增加接力风机、加大单台风机功率等措施,加大了通风量,保障了洞内良好的通风环境。此外,施工机

械增加了消噪除烟设备,降低了洞内油烟粉尘和杂音量,确保了洞内具备良好的施工环境。

3 实施该施工方案产生的效益

吉牛水电站引水隧洞全线推行的开挖与混凝土衬砌平行作业技术,在保证施工质量的前提下,提高了洞内施工效率,达到了预期效果,在工期、环境、经济方面效益突出。

3.1 工期效益

洞挖施工与衬砌平行作业,通过合理组织,各循环效率提高,加之衬砌后的底板可极大地改善洞内的交通条件,出渣效率明显提高,从而提高了洞挖单循环施工工效,缩短了隧洞施工直线工期约6个月。

3.2 环境效益

底板衬砌后,极大地改善了洞内交通条件,洞内文明施工程度明显改善,通过加强通风等措施,洞内排烟效率提高,空气质量大幅上升,施工环境明显改善。

3.3 经济效益

底板衬砌后,消除了富含云母岩石遇水固化后重车碾压造成底板超挖的不利影响,减少了混凝土超填量,在加速混凝土衬砌的同时,节约了投资,取得了良好的经济效益。本方案的顺利实施,减少了底板因受重车碾压泥化导致的路面碎石换填、混凝土超填损失约896万元。

4 结语

吉牛水电站于2011年8月率先在引水隧洞中采用平行作业施工,效果显著。通过一系列措施的采用,解决了洞内施工的通风排烟问题,同时保证了衬砌质量。平行作业技术已在引水隧洞各标段实施并完成,为隧洞的提前完工创造了良好条件。特别是在富含云母、软化系数较低的中小型隧洞开挖施工中积累了经验,对加快工期、改善施工环境、控制投资等有利。但需要注意的是:对成品衬砌混凝土的保护必须制定严格的方案和措施,以确保工程质量。

作者简介:

吴高明(1987-),男,四川安岳人,合同专责,学士,从事水电工程建设技术与管理工作;

何承俊(1971-),男,湖北宜昌人,处长,高级工程师,从事水电工程建设技术与管理工作;

刘涛(1985-),男,四川武胜人,副处长,经济师,工程硕士,从事水电工程建设技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)