

# 玉瓦水电站小断面引水隧洞单工作面 双台车衬砌施工的组织与管理

陈波

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司,四川成都 610072)

**摘要:**玉瓦水电站引水隧洞具有线路长(14.3 km)、衬砌断面小(4 m×4.8 m)、衬砌工期紧等特点。施工过程中,为保证工程质量与进度,采用了单工作面、双台车衬砌方案。结合小断面引水隧洞单工作面双台车衬砌实践,探索了在其施工过程中存在的主要问题、采取的解决方案以及施工组织与管理过程中的重点控制环节。

**关键词:**小断面;引水隧洞;衬砌;双台车;组织;管理;玉瓦水电站

中图分类号:TV7;TV554;TV52;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)增1-0054-04

## 1 概述

玉瓦水电站引水隧洞设计总长度为14.3 km(0+000~14+298)。隧洞Ⅲ类围岩洞段开挖断面为4.2 m×5.1 m(宽×高)门洞形,边顶拱采用系统喷锚支护,喷混凝土厚10 cm,底板素混凝土

厚20 cm。Ⅳ类围岩洞段开挖断面为4.6 m×5.4 m(宽×高)门洞形,衬砌厚度为30 cm。Ⅴ类围岩洞段开挖断面为4.8 m×5.6 m(宽×高)门洞形,衬砌厚度为40 cm。

本工程引水隧洞关键线路衬砌工作量见表1。

表1 关键线路混凝土衬砌工作量统计表

工作面	桩号范围	围岩类别	段长/m	衬砌类型
4#洞下游	(引)8+985.990~ (引)10+336.000	Ⅲ	821.4	锚喷支护
		Ⅳ	617.61	衬砌30 cm厚混凝土
		Ⅴ	84	衬砌40 cm厚混凝土
5#洞下游	(引)12+082.487~ (引)13+080.450	Ⅲ	411.5	锚喷支护
		Ⅳ	562.481	衬砌30 cm厚混凝土
		Ⅴ	89.5	衬砌40 cm厚混凝土
6#洞上游	(引)13+080.450~ (引)14+084.696	Ⅳ	940.246	衬砌30 cm厚混凝土
		Ⅴ	64	衬砌40 cm厚混凝土

## 2 选择单工作面双台车衬砌方案

### 2.1 关键施工线路衬砌工作总量巨大

从表1所列数据可以看出:5#洞下游~6#洞上游段需要采用混凝土衬砌Ⅳ、Ⅴ类围岩洞段总长度为1 656.227 m,衬砌任务最重;4#洞下游段需要采用混凝土衬砌Ⅳ、Ⅴ类围岩洞段总长度为701.01 m,虽然衬砌任务相对较小,但其存在贯通时间晚、Ⅲ类围岩需锚喷支护的洞段与混凝土衬砌交叉干扰等因素。

综上所述,5#洞下游~6#洞上游段及4#洞下游段均属于混凝土衬砌阶段的关键施工线路。

### 2.2 工期紧迫,关键线路施工强度高

处于关键线路中的4#洞下游、5#洞下游、6#洞上游混凝土衬砌要求分别于2016年11月30日和10月31日完成,边顶拱混凝土衬砌的开始时间计划为8月1日、9月1日和7月16日,混凝土衬砌月平均强度极高,单工作面使用1套台车根本无法满足工期要求,具体情况见混凝土衬砌强度分析表(表2)。

## 3 小断面引水隧洞单工作面双台车衬砌施工遇到的主要难题

小断面引水隧洞单工作面双台车衬砌施工遇到的主要难题有以下几方面:

(1)两套台车的任务划分及仓位布置成为影响两套台车是否能正常运转的关键因素。

收稿日期:2017-04-25

表2 关键线路混凝土衬砌强度对比分析表

序号	施工项目	工 期		衬砌强度 /m·月 <sup>-1</sup>	台车配置计划
		计划开始时间	计划完成时间		
1	4#洞下(701.01 m)	20160801	20161130	175.3	2套台车,1个工作面,双台车强度为175.3 m/月
2	5#洞下(651.981 m)	20160901	20161130	217.3	2套台车,1个工作面,双台车强度为217.3 m/月
3	6#上(1 004.246 m)	20160716	20161031	279	2套台车,1个工作面,双台车强度为279 m/月

(2) 因受隧洞断面尺寸限制,台车无法加工成下部可穿行结构,势必造成其中一套台车始终被关闭在施工工作面内部,除人员和部分小型机具、材料可勉强进入外,其余施工资源均无法按常规施工方案组织。

(3) 由于底板与边顶拱浇筑不能一次成形,需要穿插工序,同时还与 III 类围岩喷锚支护存在一定程度交叉,施工干扰极大。隧洞内长期处于多工序交叉混合施工状态,因此,如何有效组织施工成为重大难题。

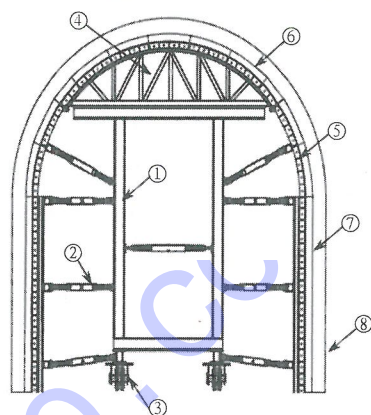
(4) 混凝土水平入仓将面临长距离输送混凝土的难题。

#### 4 衬砌台车系统

每套边顶拱钢模台车长 12 m,主要由以下部分组成:主桁架、支撑丝杆、行走机构、顶拱桁架、模板加强肋、顶拱模板、边墙模板、堵头模板等,单套台车总重量约为 25 t,详见图 1。

#### 5 现场施工组织与管理

##### 5.1 针对主要技术、组织难题采取的解决方案



①主桁架,②支撑丝杆,③行走机构,④顶拱桁架,⑤模板加强肋,⑥顶拱模板,⑦边墙模板,⑧堵头模板

图1 钢模台车结构示意图

5.1.1 方案的选择及材料、混凝土输送的解决方案  
单工作面双台车衬砌混凝土的任务分工与仓段划分方式对施工组织方式起着决定性作用,为此,拟定了两种划分方式:

(1) 方案一:1#台车与 2#台车小间距同向交替跳仓施工方案(图 2)。

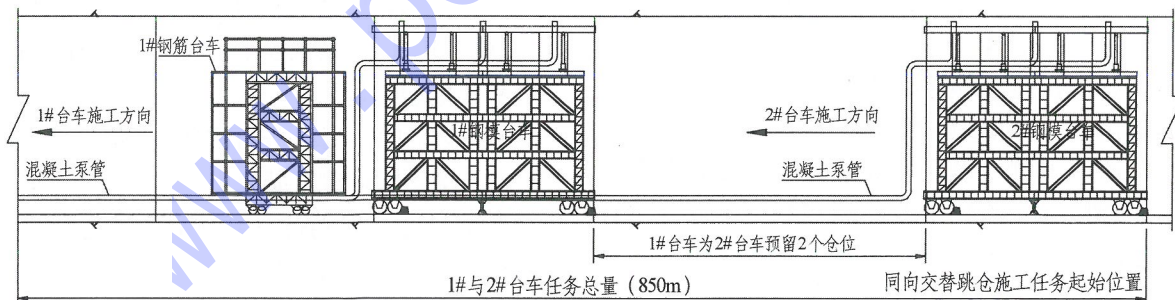


图2 双台车小间距同向交替跳仓施工方案示意图

图 2 所示双台车小间距同向交替跳仓施工方案的主要缺点是两套台车同向近距离施工,相互干扰相对较大,在任务分配上,两套台车基本承担相同的工作量,其对施工期间的合理组织要求极高,主要优点为:

① 两套台车同向交替跳仓施工,1#台车在前方领进,始终给 2#台车预留 2 个未浇仓段,2#台车利用 1#台车浇筑后混凝土等强的时间浇筑混

凝土,形成不间断施工,在底板混凝土浇筑约 4 个仓段后,即可进行 2#台车的安装。

② 混凝土输送难题更容易得到解决。该方案只需在 1#台车前方布置 1 台混凝土输送泵,在 2#台车混凝土入仓时,只需倒换泵管即可实现输送入仓。

③ 仅需要将 1 台钢筋台车布置于 1#台车前方持续领进,2#台车虽封闭于内部,但其工作任务



相对更加单纯,有利于提高效率。

(2)方案二:1#台车与2#台车背靠背逆向独立施工或大间距同向独立施工方案的主要优点是两套台车各自独立施工,但不易解决以下重大难题:

①由于2#台车被封闭于工作面内部,在1#台车未拆除前,2#台车衬砌施工所需的钢筋必须全部运至洞内,导致其内部交通条件进一步恶化。

②混凝土输送需要从1#台车出口方向通过泵管长距离输送方式送往2#台车工作面,并在2#台车附近增加1台混凝土泵进行接力输送入仓。

综合对方案一和方案二进行分析:方案一所述的双台车小间距同向交替跳仓施工方案相对可行,但在实施过程中对组织和工序协调要求极高,需要精心策划并组织实施。

### 5.1.2 单个工作循环内多工序交叉作业的时间安排

(1)各工序与仓段的关系。钢模台车长度为12 m,假定2#台车衬砌起始桩号为000,各仓段的工序顺序排列为:

- ①第一段,2#台车衬砌段 000 ~ 012;
- ②第二段,1#台车为 2#台车预留段 012 ~ 036;
- ③第三段,1#台车衬砌段 036 ~ 048;
- ④第四段,钢筋台车绑扎段 048 ~ 072;
- ⑤第五段,混凝土底板领进段 072 ~ 096;
- ⑥第六段,混凝土泵及罐车停放段 096 ~ 108 (建基面清理及垫层混凝土提前全部浇筑完毕)。

(2)多工序交叉作业的时间安排。在双台车工作模式下,单个工作循环是指两台钢模台车分别浇筑完成一次混凝土、根据衬砌强度分析并考虑一定程度的富余,拟定每2 d(24 h)浇筑一个工作循环,即:每个月浇筑15个工作循环(1#与2#台车各浇筑15仓),单个工作面每月可完成360 m 隧洞衬砌(360 m/月 > 279 m/月),可满足总体进度计划要求,各工序在24 h内的作业顺序与时间安排见图3。

## 5.2 施工组织与管理中的重点管控环节

### 5.2.1 资源配置宜保证其富余量及机动性

(1)拌和站资源配置上,在不增加拌和站资源的情况下,加强拌和站设备的维护和保养,易损易耗零配件应具备有富余。

工序名称	消耗时间(h)	时段安排											
		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
领进段底板钢筋绑扎(072~096)	4	■											
领进段底板浇筑(072~096)	4		■										
钢筋绑扎(072~096)	8			■	■								
1#台车衬砌段备仓(036~048)	4						■						
1#台车衬砌段浇筑(036~048)	8						■	■					
1#台车衬砌段等强(036~048)	12								■	■	■		
1#台车衬砌段拆模、行进(036~048)	4												■
2#台车衬砌段备仓(000~012)	4				■								
2#台车衬砌段浇筑(000~012)	8				■	■							
2#台车衬砌段等强(000~012)	12							■	■	■			
2#台车衬砌段拆模、行进(000~012)	4												■

图3 双台车单个工作循环(48 h)内各工序时间安排表

(2)适当增加运输设备的投入,厂区拌和站距5#洞洞口运距约为2 km,混凝土罐车除每个工作面至少保证2台外,还需单独配置2台做为机动力量,以备不时之需。

(3)在人员配置方面,需充分考虑2班24 h连续作业高强度施工的需求,特别是因洞内环境相对恶劣、可能引起生病等“非战斗性减员”影响,专业工种如电工、钢筋工、模板工、混凝土泵工等应配置机动力量。

### 5.2.2 狠抓工序衔接、班组沟通与协调

(1)双台车衬砌混凝土在一个工作循环内,位于靠里侧的2#衬砌台车混凝土应先浇筑,在其浇筑完成后,应立即开始1#衬砌台车混凝土浇筑,以减少混凝土泵管安装、拆除及清洗工作量,从而大大节省工序循环时间。

(2)4#洞下游及5#洞下游工作面均存在衬砌混凝土与喷混凝土交叉作业问题,协调工作由施工单位项目部专人分片区负责,总体原则是支线任务让位于主线任务并同时确保支线任务总体进度受控。

5.2.3 重视验收程序和薄弱环节对工程质量的影响

(1)建基面的检查验收,应在承包人自检合格的基础上,由监理工程师组织,业主或总承包、设计、施工单位四方共同联合验收,应重视基础资料的提前准备,如隐蔽工程验收签证单并附测量断面图和相关影像资料等,四方签署意见均同意进入下道工序施工后,才可开始后续工序施工。

(2)钢筋验收。因洞内施工空间狭窄,钢筋工序完成后、台车就位前,应对钢筋工序进行单独验收。

(3)钢模台车脱模后,因其内部空间小且无照明设施,其模板表面的清理、维护和保养容易被忽视,监理工程师应在质量控制过程中做到每仓检查。

## 6 实施效果评价

玉瓦水电站引水隧洞混凝土衬砌关键施工线路全部采用单工作面双台车衬砌混凝土,虽然实际开始衬砌的时间晚于原计划时间,但通过工序的合理安排和有效组织,总体工期得到了保障。

(1)4#洞下游实际开始衬砌时间为9月15日,完成时间为11月30日,衬砌强度为280.4 m/月,比原计划强度175.3 m/月高105.1 m/月。

(上接第53页)

的方式未作明确规定,质量监督单位、管理体系外审机构等也已提到这一问题,因此,需要有针对性地研究解决途径。

(3)推行EPC总承包的项目,亦可尝试监理机构成为总承包商的一个部门,融入到总承包商的统一管理。

## 5 结语

玉瓦水电站实行以设计为龙头的EPC总承包建设模式,其执行预算在概算基础上调减了22%,在项目启动时明确了工期、投资的刚性目标。从项目启动、全过程策划、工程推进与控制,经过三年时间的建设管理模式创新实践和参建各方的密切合作,安全、优质、成功地实现了“工期不突破、投资不突破”的双控目标。

推行以设计为龙头的EPC总承包模式,在水

(2)5#洞下游实际开始衬砌时间为10月6日,完成时间为11月30日,衬砌强度为348.7 m/月,比原计划强度217.3 m/月高131.4 m/月。

(3)6#洞上游实际开始衬砌时间为7月24日,完成时间为10月30日,衬砌强度为304.3 m/月,比原计划强度279.0 m/月高25.3 m/月。

## 7 结语

利用钢模台车进行引水隧洞混凝土衬砌,已经是引水式电站建设中的常规成熟技术方案,但在一些中、小型引水式电站隧洞衬砌施工中,由于其隧洞结构尺寸小、交通条件差、工期压力大、施工队伍力量相对薄弱等问题客观存在,因此,如何科学组织与管理已成为影响工程质量、进度的关键因素。玉瓦水电站引水隧洞关键线路采用的单工作面双台车小间距跳仓施工方案获得成功,在类似工程施工中具有较强的指导和借鉴意义。

作者简介:

陈波(1980-),男,四川仁寿人,项目副经理,工程师,注册监理工程师,从事水利水电工程建设技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

电、交通和PPP融资的基础设施等公共项目上得到了逐步推广,在总承包商委托工程监理模式下,监理工作具有新的特点,监理企业应主动适应、寻求发展,以合同为基础,组织高素质监理人员构建高效现场机构,为总承包商提供优质服务。

随着我国EPC总承包模式的实践和不断发展以及制度的持续完善,以设计为龙头的EPC总承包模式和此模式下的工程监理一定能够探索出一条适合设计和咨询企业转型升级、开拓创新的发展道路。

作者简介:

申涛(1979-),男,黑龙江鸡西人,经济师,注册监理工程师,从事水利水电工程监理工作;

陶益民(1964-),男,四川盐亭人,高级工程师,注册监理工程师,从事水利水电工程监理工作。

(责任编辑:李燕辉)