

福堂水电站引水隧洞工程中的监理控制

王任国, 张立勇, 黄黎冰, 卓丽

(四川大学水电学院, 四川成都 610065)

摘要: 福堂水电站引水隧洞工程是目前国内最长的大型水工压力隧洞, 工程难度大, 施工方法具有代表性。在分析工程施工特点和难点的基础上, 介绍了监理工程师所采取的控制措施及所取得的效果。

关键词: 引水隧洞; 监理; 综合控制; 福堂电站

中图分类号: TV 5; TU 271

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2006)01-0075-03

1 监理概况

岷江干流上的福堂水电站采用低闸引水式, 引水洞长 19 319 m, 是迄今为止我国最长的引水洞。它沿岷江左岸山体布置, 前段长 14 309 m, 为底宽 8 0 m, 高 10 4 m 的马蹄形断面, 采用锚网喷(II、III类围岩)或钢筋混凝土衬砌(IV、V类围岩), 后段长 5 010.0 m, 为直径 9 0 m 的圆形断面, 采用钢筋混凝土衬砌。工程共 10 个标段(1~10 号洞), 由两个水电工程局、八个铁路施工单位承建。工程于 2000 年 8 月陆续开工, 同年底, 4 号支洞率先进入主洞开挖。由于地质条件的变化和洞线的调整, 最终于 2003 年 4 月初, 施工开挖难度最大的 5 号洞和 6 号洞实现全线贯通。而混凝土浇筑与锚喷混凝土永久支护大部分洞段均与开挖平行作业, 并于 2003 年 11 月隧洞工程全部完工, 提前 3 个月实现了隧洞通水发电的目标。

福堂水电站工程建设的监理工作由四川二滩国际工程咨询有限责任公司承担。引水隧洞在项目部总监的直接领导下, 按标段划分, 委派项目工程师, 实施以项目工程师为中心, 专业工程师配合的负责制, 实行全过程监理。对工程质量、进度、投资和合同进行全面控制和管理, 对重要的关键工序和隐蔽工程部位实行旁站监理。引水隧洞工程是整个工程的重点, 也是实施监理过程中难度最大的关键项目, 监理部投入的力量最多。

2 工程特点及难点分析

(1) 工程量大。引水隧洞工程无论是工程量, 还是工程投资都在福堂水电站工程中占有很大的

比重。引水隧洞主体工程共有石方洞挖 198 5 万 m^3 , 混凝土 20 96 万 m^3 , 喷混凝土 13 32 万 m^3 , 钢筋、钢材制安 2 66 万 t, 锚杆 11.51 万根, 回填灌浆 12 16 万 m^2 , 固结灌浆 9 02 万 m 。其中洞挖工程量为全工程总量的 64%, 混凝土 39.7%, 静态总投资 29.5%。因此, 引水隧洞工程项目必须作为监理重点来管理。

(2) 施工难度大。隧洞区地层受龙门山地槽后山断裂带(茂汶断裂带)影响, 沿线地质构造较复杂, 小断层发育, 断层发育洞段岩石较破碎, 施工难度较大。以 5 号洞为例, 洞段全部处于断层带上, 整个洞段采用强支撑掘进开挖, 混凝土浇筑永久支护。地貌上, 地形陡峭, 山体雄厚, 隧洞埋深大, 地应力强, 局部洞段(如 7 号洞下游)岩爆发生频繁, 给施工增加了难度。加之隧洞设计引用流量达 250 m^3/s , 承受内水压力(圆形段)最大达 1.23 MPa。其中部分洞段采用喷锚作为永久支护, 其承受内水压力达 0.84 MPa, 过水断面面积达 91 m^2 , 在国内水电工程实践中尚属少见, 这些都加大了工程的技术难度, 也加大了监理控制的难度。

(3) 工期紧张。地下工程受地质条件的影响, 施工中不可预见的因素多。根据施工总进度的安排, 从 2001 年 6 月份开始各标先后进入主洞施工, 计划于 2003 年年底工程完建, 总工期 30 个月。监理进度控制的任务十分重大, 一方面要求加快每项工序的作业时间, 提高工作效率; 另一方面, 要求合理安排工序, 充分利用平行作业以节省时间, 同时尽量避免施工干扰。这对施工管理水平提出了较高要求。

(4) 管理难度高。合同管理的难度很大。引水

隧洞施工战线总长约 21 km, 分属十个施工单位, 且其中八个单位来自铁路系统。他们缺乏水工混凝土、灌浆等方面的施工经验, 对有关规程、规范不熟悉。加之标段划分偏小, 费用不高, 因此各施工单位在技术力量、机械设备的配置上一般都不强, 加之沿 213 国道布置施工场地, 使交通运输受干扰较大。另外, 施工单位均未建立沙石骨料加工系统, 沙石骨料均由业主指定当地生产厂家供应, 监理在执行合同管理的过程中, 协调各方关系的工作量很大。

3 认识围岩, 保护围岩, 支护围岩, 监测围岩

开挖控制工程的进度和投资。在工程初期约一年时间里, 塌方发生比较频繁。一次塌方量超过百 m^3 的达 9 次, 最大一次塌方高度达 20 m, 塌方量约 3 000 m^3 , 总计增加投资超过 1 000 万元。如 8 号洞在地表无储水构造情况下开挖至 15+ 863 桩号时发生涌水和塌方, 致使全洞灌水, 抽排花费 12 d, 处理塌方段花了两个月时间。4 号洞下游 50 m 特殊洞段钢支撑严重变形, 采用强支撑置换花了两个月时间。5 号洞在全段 2 1 km 全部处于 IV、V 类不良地质条件且涌水常年保持在 200~300 m^3/h 情况下开挖等。究其原因, 客观上是由于施工方法欠妥或支护不够及时, 主观上则在于对地质条件的突然恶化认识不足。此时, 如何有效防止和减少塌方, 保证开挖安全、避免总工期延误和投资失控成为当务之急。在 2001 年年底, 为了总结开工以来各单位在开挖与安全支护等方面的经验和教训, 以供相互学习, 进一步提高施工水平, 监理主持召开了“引水洞开挖及安全支护、如何防止大塌方经验交流暨专题研究会议”。通过调研总结分析, 在业主和设计单位的支持下, 监理明确提出了“认识围岩, 保护围岩, 支护围岩, 监测围岩”的技术指导原则并作为重点全力贯穿于监理工作中。同时, 强调承包方按照合同承诺对围岩不良地质洞段所负有的预测预报义务; 建议业主委托专业队伍采用雷达技术进行超前地质预报。为调动承包方积极性, 对光爆达到规范标准的洞段进行经济奖励; 在支护方式上, 强调合理安全度和柔性支护与安全支护共同作用, 提倡使用格栅钢架; 成立以监理为首的包括业主、设计和施工的联合小组, 共同在现场审定不良洞段特殊支护方案; 督促承包方对 IV、V 类围岩展开实效实用的施工

期监测, 制定了监测细则。

由于上述措施的贯彻得力, 基本上杜绝了大塌方的发生, 顺利地穿过了众多断层破碎带及涌水段, 开挖质量明显上升, 光爆效果优良的洞段累计达到 5 600 m, 月施工进尺也稳步上升, 最突出的是 5 号洞从每月 65 m 左右猛升到连续数月 100 m 左右的进尺, 并创下了月进尺最高记录 129 m, 使该标段摆脱了制约工程工期的被动局面, 为顺利实现 2003 年底首台机组发电创造了条件。

4 混凝土衬砌控制

混凝土衬砌质量的控制难点在于保证顶拱混凝土浇筑密实。根据国内近年来引水隧洞运行的经验教训, 保证顶拱混凝土浇筑密实是确保承受内水压力的水工隧洞结构安全最关键的质量控制环节。本工程隧洞断面大, 承受内压水头高, 对此, 监理工程师有充分的认识, 在日常工序中严格要求承包商按规范施工, 并采取了以下辅助措施。为规范混凝土浇筑仓面的工艺, 浇筑前先制定了仓面工艺设计, 明确了仓面负责人、设备、时段、方法等; 台车振捣器振捣效果有限, 要求尽量采取人工振捣, 对在窗口处无法振捣到的部位尽量入仓振捣; 引进雷达测试, 全面检测已衬砌洞段的顶拱混凝土施工质量。通过雷达检测, 可以直观的反映检测部位的浇筑厚度是否达到设计要求, 顶拱是否回填密实, 混凝土强度是否均匀等, 从另一个角度进一步强化了施工队伍的质量意识, 对有效减少或消灭质量隐患起到了重要作用。个别洞段曾多次通过检查、改进、再检查, 使顶拱浇筑满足要求。

在混凝土衬砌进度控制中, 监理工程师采用中等先进水平的混凝土浇筑进尺定额安排施工进度, 确保了目标工期的实现。引水洞混凝土衬砌总长度约 10 900 m, 工程量大, 是控制工程工期的又一关键工序。在衬砌施工初期, 由于部分承包商施工经验欠缺, 管理力度不够, 致使月进尺仅达到 40 m 左右的水平, 造成工期一度紧张, 承包商因此而要求业主增加台车数量。监理工程师查找了国内同类工程的定额, 并对施工情况进行调研后分析认为, 混凝土浇筑可预见性较强, 施工组织和管理非常重要, 台车数量的增加导致了很多妨碍因素, 不利于提高效率, 也增加了投资, 因此而竭力主张施工单位精心做好施工的组织 and 工序的合

理安排,从效率中要进度,每一循环以尽量压缩每道工序作业时间为中心,欠挖处理、基础清洗、钢筋架立等不占直线工期,每3d一个循环是可行的。监理在考虑适当余地的基础上把定额提高到65~80m的中高水平来安排施工进度,确保在不增加更多设备的条件下实现目标工期。实践证明,

所有施工单位都达到和超过了计划目标的要求,5号洞段还创下了168m的国内较高记录。3号、5号洞边顶拱台车及9号、10号洞全圆针梁台车的实际进尺见表1。

根据实践经验的总结,精心作好现场的施工

表1 钢筋混凝土衬砌逐月进尺统计表

台车	洞段	2002年月份						2003年月份										
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
边顶拱	3号上游	66	86	83	93	94	83	105	82	41	41	83	104	/	/	/	/	/
	5号上游	/	42	82	70	60	60	70	80	90	80	8	100	120	/	/	/	/
	5号下游	/	11	0	21	81	70	90	80	100	90	100	120	129	168	/	/	/
全圆针梁	9号下游	/	/	/	/	/	/	12	71	107	119	119	119	131	143	155	107	19
	10号上游	/	/	/	/	/	/	/	/	54	108	40	148	135	121	108	122	67

管理是取得成功最主要的键。采取的具体作法有:建立坚强的领导班子,团结好骨干队伍;合理地组织人力、物力和财物,投入到各施工工序;加大设备的投入和加强设备的管理,确保设备配套完好;对关键的作业环节指派责任心强的专人负责;严格实施奖惩制度,奖罚分明,约束与激励机制并举;开展技术培训和相互学习交流等。

5 锚网喷的质量控制

本工程引水隧洞采用锚网喷作为永久支护的洞段长度约8419m,为全段长的44%。虽然锚喷结构作为永久支护可与临时支护结合,即节省费用,施工方便,又不占直线工期。但由于洞室跨度大,且承受较大的内水压力,部分洞段围岩整体性虽然较好,但仍存在潜在的不利组合所构成的滑动楔体或富含裂缝水,为锚喷混凝土施工质量的控制提出了更高的要求;加之锚喷工艺相对精细,施工过程较长,人为的主观因素如责任心、技术熟练程度等都在很大程度上影响锚喷的施工质量,这些都加大了监理对施工质量控制的难度。

在本工程中,主要在以下几方面进行了加强:提高光爆效果,减少围岩的起伏差;对于有渗水的洞段,采用引、排、堵相结合的工艺,为锚喷施工保证质量提供了良好的条件;对锚喷支护的每一道工序,如钻孔、插筋、挂网、喷混凝土等,从严检查验收。对喷混凝土原材料、中间产品加强质量控制;加强现场监理的力度,关键工序实行旁站,尤其要求施工单位要切实提高操作人员的责任心和技术水平,精心管理,精心施工;加大检查的力度,力争堵住由于施工原因可能造成的质量缺陷。

6 原材料控制

本工程混凝土施工的主要材料基本上是由业主负责招标和统一采供,从而为原材料的质量控制创造了有利的条件。监理工程师一方面协助和配合业主选择好厂家,保证出厂产品质量;另一方面,要协调施工单位与供应单位之间的关系,共同把好原材料的质量关。由于原材料的质量控制达到了预期的效果,加之配合比的不断优化,根据对全工程各引水隧洞混凝土拌和物试块强度资料的统计,各部位各标号的混凝土强度保证率最低值为95%,多数在99%以上,而离散性最大为0.11,一般在0.05以上,说明质量优良。

7 结语

引水隧洞施工监理是福堂水电站整个工程监理工作的重点。由于监理工程师对引水隧洞工程的难点有充分理解,因此,在合同执行过程中采用了合适的对策,有针对性地进行了一系列卓有成效的工作,在工程质量和投资控制方面取得了较好的预期效果,获得了一些成功经验。

参考文献

[1] 苏建明,何绍明 岷江某水电站8号洞段涌水垮塌原因分析及处理建议[J].四川水力发电,2005,(24)1

作者简介

- 王任国(1978-),男,四川南充人,硕士研究生,从事水工结构研究;
 张立勇(1962-),男,贵州新义人,副教授,硕士,硕士研究生导师,从事水电工程教学与研究工作;
 黄黎冰(1980-),男,广西柳州人,硕士研究生,从事水工结构研究;
 卓丽(1981-),女,四川自贡人,硕士研究生,从事水工结构研究。

(责任编辑:李燕辉)