

# 工效测定与成本分析在黄金坪超长锚索项目上的应用

张 力

(四川大唐国际甘孜水电开发有限公司,四川 康定 626001)

**【摘要】** 复杂地质条件下超长锚索施工具有一定难度,且锚索的设计规格等超过设计规范、概预算定额的常规情况,加大了工程成本控制的难度。为真实测定特殊地层的锚索实际施工成本,加强项目投资控制和为合同变更管理提供依据,可采用工效测定和成本分析的方法。本文论述了如何对钻机造孔、成孔预固结灌浆和锚索制安的成本进行分析,并依据分析成果对以上三部分进行计量、计价。该方法加强了发包人对投资的控制力度,经济效益明显,可为同类项目参考。

**【关键词】** 超长锚索;工效测定;成本分析

中图分类号: TV554

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2018)01-085-05

## Application of work efficiency measurement and cost analysis in Huangjinping super-long anchor cable project

ZHANG Li

(Sichuan Datang International Ganzi Hydropower Development Co., Ltd. Kangding 626001, China)

**Abstract:** The super-long anchor cable construction under complex geological conditions has certain difficulty. The anchor cable design specification, etc. exceed general situation in the design specification and preliminary budget quota, thereby increasing the difficulty of engineering cost control. Work efficiency measurement and cost analysis methods can be adopted in order to actually measure the anchor cable actual construction cost in special formation, strengthen the project investment control, and provide reference for contract change management. In the paper, how to analyze the cost of hole drilling by a drill, hole pre-consolidation grouting as well as anchor production and installation is discussed. The three parts are measured and calculated according to the analysis results. The method strengthens the control force of contractor to the investment with obvious economic benefit, which can provide reference for similar projects.

**Key words:** super-long anchor cable; work efficiency measurement; cost analysis

## 1 工程简介

### 1.1 工程概况

黄金坪水电站处于大渡河上游河段,系大渡河干流水电规划“三库22级”的第11级电站,上接长河坝电站,下游为泸定电站,坝址位于四川省甘孜藏族自治

州康定县姑咱镇黄金坪上游约3.2km处。坝址控制流域面积56942km<sup>2</sup>,多年平均流量840m<sup>3</sup>/s。水库正常蓄水位为1476.00m,相应库容1.28亿m<sup>3</sup>。

电站是以发电为主的大(2)型工程。采用水库大坝和“一站两厂”混合式开发,电站总装机容量850MW(大厂房800MW、小厂房50MW),多年平均年发电量

38.61 亿 kW·h。枢纽建筑物主要由堆石坝、1 条 3 孔岸边溢洪道、1 条泄洪(放空)洞、左岸大厂房和右岸小厂房引水发电建筑物等组成。

## 1.2 项目概况

电站引水隧洞及泄洪洞进口工程边坡于 2010 年 7 月开始爆破施工,2011 年 8 月中旬,在原已开挖完成的边坡上出现边坡裂缝,后续相继发现多处裂缝,同时边坡裂缝加速增长,部分锚索框格梁出现裂缝。基于边坡出现裂缝的现状,成都勘测设计研究院在原支护设计的基础上,重新进行抢险加固应急处理方案变更设计。应急抢险锚索分两期进行施工,一期处理采用 1500kN 级、2000kN 级、2500kN 级、3000kN 级锚索,87 根,孔深 80~100m;二期对 EL1540—EL1555.5m 边坡进行支护处理,处理采用 3000kN 级锚索,60 根,孔深 80~90m。抢险锚索共计 147 束,属超长锚索。

## 2 测定目的

超长锚索施工地点地形地质复杂(覆盖层厚 40~70m、新鲜岩层埋深 65~90m,岩石坚硬,裂隙发育,空蚀腔体丰富),锚索的设计规格超过概预算定额的常规情况,加大了工程成本控制难度。为真实测定特殊地层的锚索实际施工成本,提供变更审核的依据和基础,加强项目投资控制,本文进行了超长锚索工效测定及成本分析工作。

## 3 测定的部位、内容、方法

### 3.1 测定部位

为了保证数据具有代表性和典型性,选择的测定孔位分布在不同高程、不同地层,同时还需体现出不同设计荷载和钻孔深度,结合不同规格的锚索数量有所偏重,数据见表 1。

表 1 选择的测定孔号情况

编号	孔号	高程/m	荷载/kN	设计深度/m	钻孔直径/mm
①	3 号	1584.50	1500	100	130
②	8 号	1555.50	3000	80	175
③	12 号	1555.50	3000	80	175
④	14 号	1599.50	2500	90	165

### 3.2 测定内容

测定内容包括:钻机造孔、岩石预固结灌浆、锚索制作安装等抢险锚索施工全过程。

### 3.3 测定方法

#### 3.3.1 施工过程分解

根据超长锚索施工工序流程特点,将测定内容进行分解,具体内容如下:

- a. 钻机钻孔:移机就位、进钻、钻进、卡钻、退钻排渣、辅助(钻孔)、全孔成像配合。
- b. 成孔预固结灌浆:洗管、集料、下料、搅拌、灌浆、记录、孔位转移、辅助(灌浆)、转运砂、加砂。
- c. 成孔预固结灌浆-辅助:抬浆、待凝、扫孔。
- d. 锚索制安:切割、捆扎、吊运、牵引、编锚、下索、注浆、张拉、封锚。
- e. 未包含项目:非工作时间、其他、辅助。

#### 3.3.2 资源投入、工作时间分类及研究方法

a. 劳动力。投入数量:旁站记录造孔平台、制浆站、空压站、编索平台、护线班的劳动力配置情况,形成记录;投入类别:根据工人所担负的职责和工种,确定级别和数量,形成记录;投入时间:旁站记录工人在作业时消耗的工作时间,损失时间不计入。

b. 机械设备。投入数量:旁站记录现场各个系统设备配置情况,形成记录;出力效率及时间:旁站记录正常负荷下的工作时间,降低负荷工作时间及不可避免的无负荷工作时间;材料消耗研究:通过现场技术测定法和统计分析法确定材料净用量和损耗,注意区分消耗性材料和周转性材料。

## 4 现场实测

a. 人工和机械耗量:旁站人员如实记录现场各工种人员机械设备的工作内容、工作时间和数量。

实测内容包括天气、部位、高程、孔号、作业流程、人工工种(管理、技术工、普工)、设备配置、设备名称、设备型号、进尺等。除了工作时间外,对休息时间、中断时间(停电、停水、无水泥、维修、未作业)等也都进行分类统计,24h 连续记载。

b. 材料耗量:根据消耗性材料和周转性材料的不同分别记录。

## 5 实测成果及应用

### 5.1 测定孔费用分析

#### a. 钻机造孔

通过对各成孔因素设计荷载、孔深、工期与造孔成本的关系进行逐一分析后,可知造孔工序施工成本与成孔工期密切相关,与造孔深度、设计荷载关联度较差。进一步对造孔单位成本进行分析,可以得到如表 2 所示的数据:

表 2 钻机造孔费用统计

孔 号	8 号	12 号	14 号	3 号	平均值(不含 14 号)	平均值
设计孔深/m	80	80	90	100		
设计荷载/kN	3000	3000	2500	1500		
工期/d	37.00	56.00	43.00	76.00		
权重	0.35	0.35		0.30		
造孔人工直接费/元	12440.62	21177.38	12824.26	31064.88		
单位人工费/(元/d·m)	4.20	4.73	3.31	4.09	4.34	4.08
造孔材料直接费/元	34629.43	34629.43	36854.51	34561.22		
单位材料费/(元/m·kN)	0.14	0.14	0.16	0.23	0.17	0.17
造孔机械直接费/元	23674.54	53459.56	26681.17	75562.01		
单位机械费/(元/d·m)	8.00	11.93	6.89	9.94	9.96	9.19
造孔直接工程费/元	78880.21	121831.99	85141.33	157424.73		
单位直接工程费/(元/d)	2131.90	2175.57	1980.03	2071.38	2126.28	2089.72
单位直接工程费/(元/m)	986.00	1522.90	946.01	1574.25		
单位直接工程费/(元/d·m)	26.65	27.19	22.00	20.71	24.85	24.14

从表 2 看,除 14 号孔外,造孔的单位人工费基本在 4 元左右,单位机械费基本在 10 元左右;单位材料费用在 0.14~0.23 元之间,单位材料费用随着孔深的增加有增加的趋势。(14 号孔的人工、机械费用相对其他孔偏低,通过分析发现 14 号孔的监理记录施工时间为 81 天,工效测定记录时间为 43 天,主要差异在监理记录施工时间包括了废孔的施工时间,而“工效测定”未对废孔施工时间进行记录,如果计入废孔的人工、机械消耗,14 号孔的单位人工费、单位机械费会比“工效测定报告”数值高。)从造孔的单位直接工程费看,每米的指标在 950~1580 元之间,波动较大;每天的指标在 2000 元左右,波动较小。

因此对于造孔单价参照成孔工期进行结算,而灌浆量、造孔深度和设计荷载仅作为辅助参考因素。

#### b. 成孔预固结灌浆

通过预固结灌浆费用分析后可知,未计入灌浆辅助费用时,单价在 900 元/t 左右,较为稳定;而计入后,单价在 1000~1500 元/t 之间,波动较大;为此对价格稳定性影响较大的“灌浆辅助”单独列出,按“次”计价。

#### c. 锚索制安

锚索制安施工成本(单位:元/kN·m)随着设计荷载的增加逐渐减少,且同一荷载锚索的施工成本一致,因此对“锚索制安”按不同设计荷载分别计价。

### 5.2 成果应用

依据上述分析成果,147 束抢险锚索按钻机造孔、锚索制安、预固结灌浆三部分进行计量、计价。

#### a. 钻机造孔、锚索制安

表3 抢险锚索钻机造孔、锚索制安费用汇总

序号	抢险锚索		平均 施工 天数	钻机造孔								锚索制安		成品锚索 综合单价/ (元/束)	合价/元		
	长度/m	设计荷载 工程量/束		直接费单耗			直接费/元			综合 费率	钻机造孔 综合单价 (元/束)	锚索制安 综合单价/(元/束)					
				人工/(元 /m·d)	材料/(元 /kN·m)	机械/(元 /m·d)	人工	材料	机械			合计	单位 制安费用 (元/tm)			锚索制安 综合单价 (元/束)	
一	1500kN																
1	90	4	59	4.34	0.17	9.96	23045.4	22950	52887.6	98883	1.2938	127934.83	2.47	33345	161279.83	645119.32	
2	100	15		4.34	0.17	9.96	25606	25500	58764	109870	1.2938	142149.81	2.47	37050	179199.81	2687997.15	
二	2000kN																
1	100	13	73.85	4.34	0.17	9.96	32050.9	34000	73554.6	139605.5	1.2938	180621.6	2.36	47200	227821.6	2961680.8	
三	2500kN																
1	90	6	61.59	4.34	0.17	9.96	24057.05	38250	55209.28	117516.33	1.2938	152042.63	2.24	50400	202442.63	1214655.78	
2	100	16		4.34	0.17	9.96	26730.06	42500	61343.64	130573.7	1.2938	168936.25	2.24	56000	224936.25	3598980	
四	3000kN																
1	80	37	38	4.34	0.17	9.96	13193.6	40800	30278.4	84272	1.2938	109031.11	2.08	49920	158951.11	5881191.07	
2	85	30		4.34	0.17	9.96	14018.2	43350	32170.8	89539	1.2938	115845.56	2.08	53040	168885.56	5066566.8	
3	90	17		4.34	0.17	9.96	14842.8	45900	34063.2	94806	1.2938	122660	2.08	56160	178820	3039940	
4	100	9		4.34	0.17	9.96	16492	51000	37848	105340	1.2938	136288.89	2.08	62400	198688.89	1788200.01	
合计																	26,884,330.93

## b. 预固结灌浆

单耗 $\leq 2.0\text{t/m}$ ,  $2.0\text{t/m} < \text{单耗} \leq 3.9\text{t/m}$ , 单耗 $> 3.9\text{t/m}$ 

将 147 束抢险锚索预固结灌浆按每米单耗划分为: 三个区间, 将灌浆辅助按“次”计量, 详见下表 4。

表 4 预固结灌浆费用汇总

序号	项目名称	单位	工程量	单价/(元/t)	合价/元
1	锚索预固结灌浆				
1.2	预固结灌浆单耗 $\leq 2.0\text{t/m}$	t	5015.08	937.83	4703292.48
1.2	预固结灌浆 $2.0\text{t/m} < \text{单耗} \leq 3.9\text{t/m}$ (平均单耗 $2.89\text{t/m}$ )	t	17501.452	905.20	15842314.35
1.3	预固结灌浆单耗 $> 3.9\text{t/m}$	t	19302.182	868.16	16757382.33
1.4	灌浆辅助(抬浆、待凝、扫孔等)	次	4187	1905.51	7978370.37
	合计	元			45,281,359.53

合计, 黄金坪 147 束抢险锚索总计发生费用 72, 165,690.46 元, 较承包人申报费用 107,240,536 元, 核减 35,074,845.54 元, 核减比例达到 32.71%。

## 6 结 语

通过系统、科学的工效测定和合理分析, 得到了超

(上接第 84 页) 技术人员进行书面交底; 现场技术人员根据测量放样及掌子面岩石类别进行孔位布置, 现场技术人员再对班组进行交底。钻孔孔底充填 20cm 深柔性材料以保护开挖爆破面, 孔底软弱垫层(保护层) 部位局部欠挖采用风镐修整至设计边线。④洞轴线测量控制: 由于压力管道扩挖支护施工难度大, 洞轴线控制尤为重要, 除正常进行的每循环开挖支护测量控制, 平时加密断面检查、复测频率。断面测量滞后开挖面 5~10m, 按 5m 间距进行, 每 10m(或 5 天) 进行一次洞轴线的全面检查、复测。

e. 施工通风散烟。井下开挖支护作业时, 必须始终保持工作面通风, 保证空气流通。导井开挖利用前期蝶阀室交通洞和压力管道下平洞开挖施工时已经形成的供风系统(1 台 22kW 的轴流风机供风), 采用  $\phi 300\text{mm}$  的风带接入, 在靠近斜管段处连接  $\phi 150\text{mm}$  的风管将风压入掌子面, 确保施工过程中通风需求。斜管段导井开挖完成后, 扩挖施工通风采用自然通风。

## 4 进度对比

根据原方案计算, 斜管段导井开挖按  $1.0\text{m/d}$  进

长锚索人、材、机的准确耗量, 确定了适用于本项目的计量、计价方法, 核算出承包人的真实施工成本, 加强了发包人对投资的控制力度, 经济效益较为明显。同时也为行业积累了超长锚索工程施工有关的造价资料和数据, 为类似地质条件项目提供了参考与借鉴。◆

行, 扩挖按  $1.0\text{m/d}$  进行, 各需 138 天, 共计 276 天。方案调整后, 斜管段导井开挖平均进尺达  $1.8\text{m/d}$ , 仅用 76 天完成开挖任务, 比原计划提前 61 天, 斜管段扩挖施工进度平均进尺达  $1.3\text{m/d}$ , 仅用 105 天完成, 比原计划提前 33 天。

通过科学合理地调整方案, 压力管道斜井开挖超前完成计划任务目标, 为后续压力管道安装争取了宝贵时间。

## 5 结 语

木坡水电站压力管道斜井开挖支护施工经验表明: 应结合工程特点因地制宜, 注重施工过程, 不断科学创新地调整施工工法, 改进工艺, 合理优化施工参数, 优选施工机具, 这对指导施工并提高工作效率具有十分重要的意义。该工程导井开挖采用“正导和反导开挖”相结合的施工方法, 不但确保了人身安全和工程质量, 同时也节省了工程成本、提高了工作效率, 为类似工程施工提供了宝贵经验。◆