

Analysis of the Underground Tunnel Excavation Cost of the International Hydropower Station Project

Wanna Zhang

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

Construction cost management can enable enterprises to timely grasp the cost situation in the construction process, check omissions and correct errors, and lay a foundation for the project to create profits. International bidding quotation personnel should always pay attention to the cost and unit price of the main project of the winning project, improve the quality of the bid quotation, and strive to calculate the price that can win the competition and profit.

Keywords

construction cost management; construction cost calculation; international project bidding quotation

国际水电站工程地下洞室开挖成本简析

张婉娜

中国水利水电第十一工程局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

摘要

施工成本管理能够让企业在施工过程中及时掌握成本情况, 查漏纠偏, 为项目创下收益打下基础。国际投标报价人员要时刻关注已中标项目的主要项目成本单价, 提高投标报价的质量, 力求计算出既能在竞争中获胜又能盈利的标价。

关键词

施工成本管理; 施工成本测算; 国际工程投标报价

1 引言

中国施工企业在承揽国际工程时, 投标报价完全由投标人根据招标文件、技术规范, 工程所在国的法律法规、税收政策、市场信息、现场情况及自己的技术力量、经营管理水平、投标策略等动态因素和恰当的计算方法来确定, 力求计算出既能在竞争中获胜又能盈利的标价。项目中标后, 在实施过程中, 对影响工程项目成本的各种要素, 即施工生产所耗费的人力、物力和各项费用开支, 采取一定措施进行监督、调节和控制, 及时发现和纠正偏差, 保证工程项目目标成本的实现。成本控制是工程项目成本管理的核心内容, 也是工程项目成本管理中不确定因素最多、最复杂、最基础的管理内容。国际投标报价人员不能生搬硬套预算定额人工和机械消耗量, 而应结合项目施工成本, 提高人工和机械的效率, 优化投标报价, 增加中标的希望^[1]。

2 工程概况

该项目流域海拔均在 3000m 以上, 装机容量 78MW,

【作者简介】张婉娜(1976-), 女, 中国河南南阳人, 本科, 高级经济师, 从事国际工程投标报价、国际工程项目施工成本控制研究。

主要由混凝土重力溢流坝、取水口结构、地下沉砂池、压力引水隧洞、压力管道、地下发电厂房系统、尾水系统等建筑物组成。

其中引水隧洞为城门形有压隧洞, 全长 4665m, 开挖断面为 3m×3m 的城门洞形, 进洞点底板高程为 3385.30m, 末端底板高程 3065.00m。厂房为地下式厂房, 主厂房长 71m, 宽 15.6m, 高 31.0m, 厂内安装 3 台 26MW 冲击式水轮发电机组。

母线洞布置一条, 位于主厂房与主变室之间, 长度 26m, 净断面尺寸 8.5m×5.5m (宽×高), 为城门洞型。

进厂交通洞长度 268.96m, 净断面尺寸 5m×6m (宽×高), 城门洞型。

出线及排风洞长度 365m, 净断面尺寸 4m×4m (宽×高), 城门洞型。

尾水洞包含三条尾水支洞和一条尾水主洞。1#、2#、3# 尾水支洞长度分别为 65.5m、57.7m、50m, 净断面尺寸 2.5m×3m (宽×高), 城门洞型。尾水主洞长度 210m, 净断面尺寸 3.5m×3.5m (宽×高), 为城门洞型。

3 第一阶段: 施工支洞开挖成本测算

3.1 基本说明

5# 施工支洞全长 195m, 开挖截面 3m×3m, 围岩类别

为 II~III 类围岩。施工时间自 2020 年 6 月 11 日—2020 年 9 月 20 日, 共计 102 天。

3.2 施工组织及资源配置

支洞开挖采用手风钻钻孔, 全断面一次爆破成型法进行开挖, 因受新冠疫情影响, 火工材料及支护材料和洞内设备存在不足, 整体施工效率偏低。月平均进尺约 48.75m, 火工材料单耗量平均 $4.72\text{kg}/\text{m}^3$, 较正常情况测算用量 $2.76\text{kg}/\text{m}^3$ 高出 $1.96\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3.3 成本核算及对比

3.3.1 费用核算依据

①人工费: 根据实际发生金额进行统计, 中方人员考虑绩效按每月 16000 元 / (人 · 月) 计算。

②材料费: 火工材料、钻头及钻杆等材料费用根据现场实际统计数量进行计算。

③设备费用: 按照使用设备的实际工作时间段计提折旧费 (外租设备按实际使用台时计算费用), 柴油耗量按照实际使用量统计计算, 配件等根据物资入库情况进行确认计算。

3.3.2 工程量计算

开挖施工总量根据设计尺寸 + 合理超挖进行统计, 开挖总方量为 $195\text{m} \times 8.244\text{m}^3 = 1607.58\text{m}^3$ 。

3.3.3 核算结果

根据上述数据统计, 5# 施工支洞石方开挖每立方直接成本为 57.05 美元, 其中人工费 17.99 美元, 材料费 20.80 美元, 设备费 18.26 美元。与合同价 (直接费) 54.14 美元 / 立方米相比较, 每立方亏损 2.91 美元, 总计亏损 4672.98 美元。

3.3.4 对比分析

根据成本核算费用明细, 与分包测算价格和成本核算单价进行对比, 具体数据如下:

①人工费对比: 实际成本与分包测算人工费基本一致, 考虑项目施工受人员设备的限制, 效率偏低 (平均每天一茬炮), 此项费用在后续施工中能有所降低, 正常施工状态下能达到平均每天 1.5 茬炮。

②材料费对比: 因炸药耗量增加造成火工费用增加, 其他材料用量与测算时基本一致。零星材料及措施投入主要为风筒布、管线以及劳保用品等, 每方开挖投入约 3.87 美元。

③机械费对比: 一方面, 因洞室刚开始进行施工, 整体运距短, 设备投入使用的实际时间短, 整体的费用不高; 另一方面, 因为设备进场受限, 施工过程设备较为单一, 总体折旧费用也不高。因此, 5# 施工支洞开挖过程机械费用较投标机械费用降低。在进入主洞正常施工后将根据实际投入设备及工作台时进行继续统计分析^[2]。

3.4 存在的问题

①人员分班循环施工暂未开展, 熟练的钻工短缺, 自有劳务的整体技术水平还有待提高。

②设备不足, 随着开挖进尺的增加, 单靠现场 JCB 设

备进行出渣效率较低, 同时不适合压力管道平洞段的使用。

③火工材料耗量偏高: 一是炸药的质量问题; 二是为避免因钻工施工质量造成补炮的情况, 每孔放药量较满, 整体用量偏高。

3.5 采取的措施

为了保证后续施工高效, 节约成本, 将采取以下措施:

①项目所在国疫情封锁已经解除, 在保证疫情防控的前提下, 安排技术人员进场, 提高人员整体技术水平。

②补充机械设备, 操作手提前熟悉设备操作系统, 设备进场后尽快投入使用, 合理调整施工方案, 保证现场持续开展作业。

③对炸药质量存在的问题, 后续采购炸药时将进行筛选, 同时对每孔装药量进行严格控制, 满足材料限额要求。

4 第二阶段: 主洞压力管道平洞段及 3#4# 开挖成本测算

4.1 测算时的工程形象面貌

①主洞压力管道平洞段完成开挖 330m。

② 3# 施工支洞完成洞室开挖支护 320m。

③完成 4# 施工支洞洞室开挖, 支洞全长 256.88m。

④压力管道第一平洞段完成 145m。

4.2 施工组织及测算说明

4.2.1 施工组织

开挖采用手风钻钻孔, 全断面一次爆破成型法进行开挖, 自 2021 年 3 月份开始, 出渣设备铲运机及自卸矿车已清关进场, 3#、4# 支洞为 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 城门洞型, 开挖截面为 8.03m^3 。施工作业面开展白夜两班循环, 施工效率有所提升, 月度进尺平均为 93.88m (两个作业面平均值), 平均每天 3.13m (最高月度进尺 107.39m)。

4.2.2 成本测算结果

采用实测法, 测算工作内容包括钻孔、爆破、安全处理、翻渣、解小、清面、修整、测量定位等。通过对现场实际施工数据收集整理, 最终确定核算成本结果为: 3#4# 施工支洞石方开挖每立方直接成本为 48.83 美元, 其中人工费 11.76 美元, 材料费 20.11 美元, 设备费 16.96 美元。与合同价直接费 54.14 美元 / 立方米相比较, 每立方亏损 5.31 美元 (不考虑洞挖石渣的挖、装、水平运输成本)。

4.2.3 与国际同类工程成本对比分析

①人工费。

通过与类似国际项目对比, 本项目中方工长单耗较高, 主要的原因是:

第一, 人员投入及工时数量较高, 本项目按照每天 2 名中方工作约 8h 进行测算, 较同类国际项目人工工时消耗高 4h。主要是为保证施工质量, 白夜班均配置了 1 名中方工长进行施工及管理。

第二, 受施工断面的影响, 本项目每个作业面平均每

天开挖方量约为 25.13m³，同类国际项目平均每天开挖方量为 42.76m³，但项目间钻爆的工序时长相差不大，由此造成摊销至每方单耗时，本项目的工时消耗量有较大的增加^[1]。

②材料费用。

本项目较同类国际项目材料费用偏高，主要因为炸药单耗较高，每方单耗高出约 2.31kg，仅炸药材料使用费用就高出约 5.76 美元 / 立方米。

排除因断面尺寸有所差异的影响外，炸药单耗较高的主要原因如下：

第一，2021 年度因受到新冠疫情锁国的影响，前期及近期采购库存的炸药大多为项目所在国生产，受炸药的质量影响，极易出现拒爆现象，造成补炮施工，增加材料单耗。

第二，围岩岩系特点也造成炸药用量较初拟爆破参数存在一定的偏差。在施工过程中，经过对围岩岩系鉴定，确定为片麻岩系贯穿裂隙较多，在掏槽孔爆破时容易对周边孔装药结构造成破坏，出现冲孔现象，因此为保证爆破效果及施工进度和质量，增加了火工材料用量。

第三，今年本项目疫情受相邻国影响急剧反弹，原计划招聘进场的部分当地熟练钻工无法按期到场，项目现有的钻工施工水平不够熟练，造成 3# 支洞作业面的炸药耗量较 4# 支洞作业面人工用量偏高，也导致施工中炸药单耗有所增加。

③机械费用。

本项目较同类国际项目成本投入低，主要是根据洞室尺寸及现场的实际情况，在钻爆施工中采用油动空压机 + 发电机进行作业，而且根据现场的设备布置，按照每个作业面三台风钻同时施工的配置要求，通过试验确定最小的用电及用风功率，动态布置发电机及空压机的型号配置，降低了开挖的设备成本投入。

4.3 降本增效拟采取措施

第一，优化人员组织模式：针对目前人工费偏高的问题，因当地人员工资较低，因此拟通过选用当地专业工程师进行洞室开挖的管理工作，将进行纯当地劳务的施工试验（当地工程师 + 当地技工 + 当地劳务），通过对成本、进度、质量与目前施工模式的全面对比，进一步优化资源投入，同时增加属地化管理程度，减少中方人员投入数量，尽可能实现每个作业面最多配置 1 名中方工长的目的。

第二，针对火工材料单耗过高的问题，在施工过程中对爆破设计进行了重新分析及调整，调整后的测算单耗为 3.87kg/m³，进行了相关施工试验，但效果仍不理想。后又进行调整试验，测试结果最低试验单耗为 4.1kg/m³，但因连续性不强，最终也未能全部达到。通过与另一在建项目专业人员联系沟通后，重新制定了新的爆破布孔及装药量。同时，从技术的角度，在后续计划按最终的爆破试验参数，安排专人进行每炮一设计的方案来控制，在确定最优方案后将严格

按照限额领料执行施工作业。

第三，根据施工情况，合理优化设备投入，且因洞室设计尺寸较小，设备在行驶过程中容易出现刮蹭风筒布及洞壁的情况，影响出渣及后续的施工作业，在接下来的开挖施工过程中将通过及时修整整平洞内道路、提高操作手作业水平等方法，减少上述问题的出现，进一步缩短循环时长，提高施工效率。

第四，加强人员技术把控，提高钻工的施工水平，通过对新进人员的技能评定及时反馈，保证洞室开挖的钻爆质量。尤其是在主洞施工过程中，合理平衡进度与质量关系，同时也能减少洞室开挖过程中超挖量，减少额外回填方量，降低项目成本。

第五，因项目施工洞口较为分散，同时道路状况较差，在后期洞室开挖中，将综合考虑施工营地的布置，尽可能缩短施工营地与洞口的距离，避免在雨季期间因道路通行问题影响各循环工序的衔接。

第六，根据施工进展情况，在大坝区域合理设置临时炸药库，缩短洞室炸药供应的时间。

5 结语

项目成本测算工作复杂而烦琐，需要认真细致地搜集并统计好每项数据，通过对在建项目洞室开挖进行分阶段成本测算，施工资源配置可以进一步优化，明显看到开挖直接费用每方降低 8.2 美元 / 立方米，有效降低了施工成本。总的来说国际 EPC 项目要想提高工程效益，可以通过以下途径：

第一，设计方案是激进或者保守，对 EPC 项目的报价产生关键影响，因此优化设计方案，对报价产生决定性影响。

第二，优化资源配置，避免施工组织设计高大上。

第三，细化管理费用，尽量降低中方人员配置；尽可能降低各种比例费用。

第四，提高人员和机械效率，尽最大可能降低人员和机械消耗量。

第五，机械配置尽可能属地化，减少中国采购机械设备的数量，降低机械折旧费用。

第六，寻找降低人材机等基础价格的空间。

对于从事国际工程投标报价的人员，要对已中标项目及时进行回访和跟踪，找出项目的实际成本和投标报价的差异，不能简单套用定额，要善于对比分析，为后续投标报价的准确性打下坚实的基础，从而提高中标率，并为施工企业创造更高的经济效益。

参考文献

- [1] 刘伊生,齐宝库,苟志远,等.建设工程造价管理[M].北京:中国计划出版社,2017.
- [2] 卡普兰.高级管理会计[M].大连:东北财经大学出版社,2012.
- [3] 李晓庆,倪卫红.ABC法在现代物流成本控制中的应用[J].商业时代,2015(11):67.