

文章编号: 1674—8247(2022)02—0062—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.02.012

浅谈单线铁路隧道进度与成本控制

张颖平

(云桂铁路云南有限责任公司, 昆明 650011)

摘要:铁路隧道进度与成本控制的目的是运用科学有效的措施方法,与工程实际相结合,合理制定施组计划,优化配置人员、设备,提高施工效率,提升进度,多层次、多方位降低各项工程费用支出,实现经济效益最大化。本文以新建某铁路隧道工程为例,从分部分项工程费、措施项目费两方面对施工成本进行分析,计算出各级围岩最小工效指标 E_1 ,通过现场测算实际工效指标 E_2 ,计算出各级围岩每月实际指标差,从施工进度管理的角度查找项目成本管理的关键要素。以进度就是最大的成本为主线,管住进度就是降低成本,降低成本才能提高效益,形成良性循环。

关键词:单线铁路;隧道;进度;成本控制

中图分类号:U455.1

文献标志码:A

A Discussion on Progress and Cost Control for Single-track Railway Tunnels

ZHANG Yingping

(Yungui Railway Yunnan Co., Ltd., Kunming 650011, China)

Abstract: The progress and cost control for railway tunnels is meant to make a reasonable construction plan by optimizing the allocation of personnel and equipment with scientific and effective measures and methods based on the actual situation of the project, so as to improve the construction efficiency and progress, cut down various expenditures at multiple levels and in multiple aspects for maximum economic benefits. Taking a new railway tunnel as the case for study, the paper analyzed the construction cost from the perspectives of the divisional/subdivisional works and the measures taken for the project, calculated the minimum efficiency indicator E_1 for different rocks, and calculated the actual monthly difference of the measured efficiency indicator E_2 for different rocks to E_1 , to find the key factors to the project cost management from the perspective of construction progress management. The results show that the project progress is the key factor to cost, and cutting down the cost means making the progress under control, which is the only way to higher efficiency and a virtuous circle.

Key words: single-track railway; tunnel; progress; cost control

近年来,随着我国高速铁路的快速发展,隧道工程的占比越来越大,特别是我国西南山区,如何搞好隧道

工程成本管理已成为项目的核心工作^[1-2]。隧道工程成本影响因素众多,其中进度是一项重要的影响

收稿日期:2022-03-07

作者简介:张颖平(1974-),男,高级经济师。

引文格式:张颖平. 浅谈单线铁路隧道进度与成本控制[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(2): 62-66.

ZHANG Yingping. A Discussion on Progress and Cost Control for Single-track Railway Tunnels[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(2): 62-66.

因素,管住“进度”这个最大成本,可为项目创造更高的管理效率和更大的经济效益。如何通过提高隧道施工进度管理,有效控制施工成本是目前面临的核心问题。本文结合某隧道实际情况,对施工成本进行分析,计算得出各级围岩最小工效指标 E_1 ,并对实际工效指标 E_2 进行测算,对比实际工效指标与最小工效指标差,计算得出各级围岩每月实际指标差,从进度管理角度对项目成本管理给出合理化建议^[3-4]。

1 工程概况

该隧道为单线铁路隧道,根据其地理位置、工程特点、地质水文条件、不良地质、注浆堵水段落长度等综合因素考虑,全隧分进口、斜井、横洞、出口4个工区,设置4个架子队通过辅助坑道开设10个正洞作业面施工。正洞和辅助坑道设计总长27.343 km,正洞长16 097 m,辅助坑道长11 246 m^[5-7]。

2 成本分析

项目成本分析,就是通过收集项目基础资料,对影响项目成本的因素进行分析,查找到管控项目成本的最佳方法,即降低成本或增加收入的方法;另一方面,通过成本分析,可从财务账簿和成本报表上更加清晰的看到成本的实质,进一步提高项目成本的直观性和可控性,为下步控制成本,实现成本管控目标创造条件^[8-9]。

施工成本是指施工方在工程建设过程中所投入费用的总和。按照费用构成要素划分,可分为:人工费、材料费、机械费、施工措施费、间接费和税金。

分部分项工程费综合单价可分解为:工、料、机、施工措施费、间接费和税金,以及一定范围的风险费用。

施工措施费是指为完成项目工程,发生于工程施工前和施工过程中的相关技术、生活、安全、环境保护等方面的投入。在本文中该隧道主要的施工措施费有安全文明施工费、施工增加费、混凝土模板及支架费、大型设备进出场及安拆费、施工环境保护费等。

本文通过对1个作业面实际发生费用情况开展成本分析。现以该隧道正洞单口配置为基础分析每月成本,计算各级围岩每月最小工效指标。

2.1 分部分项工程费

2.1.1 人工费

经实际调研,隧道正洞单口施工人员为51人,人员平均工资8 137元/月,如表1所示。

2.1.2 材料费及机械费

经计算,材料费及机械费占清单单价的70.83%,

如表2所示。
2.1.3 间接费和税金

若隧道每月的间接费和税金按10万元考虑。每月工效指标为 E ,则:每月分部分项工程费=(工+料+机) $\times E$ +间接费和税金。

表1 隧道人员配置及每月平均工资表

序号	费用名称	数量/人	平均工资/(元/月)	合计/(元/月)
一、开挖支护人工费				
1	开挖工-普通	9	8 000	72 000
	开挖工-班长	1	10 000	10 000
2	立架-普通	5	8 000	40 000
	立架-焊工	1	8 000	8 000
	立架-班长	1	10 000	10 000
3	喷浆-普通	4	8 000	32 000
	喷浆-掌喷头	2	10 000	20 000
二、衬砌人工费				
1	仰拱及填充	6	8 000	48 000
2	二衬	4	8 000	32 000
3	防水板	3	8 000	24 000
4	带班班长	1	10 000	10 000
三、其他人员				
1	值班人员	2	11 000	22 000
2	库管员	1	5 000	5 000
3	电工	1	8 000	8 000
4	挖机司机	2	10 000	20 000
5	装载机司机	2	10 000	20 000
6	食堂	4	5 000	20 000
7	皮卡车司机	1	7 000	7 000
8	上下班车司机	1	7 000	7 000
合计		51	8 137	415 000

表2 各级围岩每延米材料及机械费用表

序号	围岩等级	清单平均单价/元	每延米材料及机械费/元
1	V	42 518	30 115
2	IV	25 019	17 721
3	III	19 358	13 711

2.2 施工措施费

措施费按照清单单价的5%计算,如表3所示。

表3 各级围岩每延米措施费用表

围岩等级	V	IV	III
每延米措施费/元	2 126	1 251	968

2.3 每月最小工效指标

根据以上测算,每月最小工效指标 E_1 应满足以下条件:

$$E_1 = \text{每月分部分项工程费} / (\text{各级围岩单价} - \text{各}$$

级围岩每延米措施费)

经计算得出的各级围岩每月最小工效指标如表4所示。

表4 各级围岩每月最小工效指标表

围岩等级	V	IV	III
每月最小工效指标/延米	50.11	85.16	110.07

3 进度管理

3.1 现场实际工效指标

根据2019年隧道各级围岩平均每月实际完成情况,计算得出各级围岩每月实际工效指标 E_2 如表5所示。

表5 各级围岩每月实际工效指标表

围岩等级	V	IV	III
每月实际工效指标/延米	45.16	76.75	99.20

3.2 各级围岩每月实际指标差

通过现场测算实际工效指标 E_2 ,可计算得出各级围岩每月实际指标差值($E_2 - E_1$),如表6所示。

表6 各级围岩每月实际指标差值表

围岩等级	V	IV	III
每月实际工效指标 E_2 /延米	45.16	76.75	99.20
每月最小工效指标 E_1 /延米	50.11	85.16	110.07
指标差值/延米	-4.95	-8.41	-10.87

注:指标差=每月实际工效指标-每月最小工效指标,正值(+)为盈利,负值(-)为每月欠开挖延米

3.3 影响进度的因素

基于上述数据,分析总结出以下几个因素影响项目施工进度、导致成本增大,项目延米指标处于亏损状态。

(1)隧道堵水要求高,堵水总长度5.14 km。隧道穿越长距离水环境敏感区,失水风险大。经调查,地表分布有36处68个水源点,向居民提供生产、生活用水。隧道施工引起地表水源点失水的风险较高,社会影响大;隧道进口至横洞区间10.6 km范围地表失水风险为中高度,洞内采取“以堵为主、限量排放”的原则进行注浆堵水施工,涉及1 715 m帷幕注浆(10段)和2 055 m径向注浆(20段),其余段落为监测段落。重点堵水段采用超前帷幕注浆堵水后限量排放标准为 $1\text{ m}^3/\text{md}$,一般堵水段采用径向注浆堵水后限量排放标准为 $5\text{ m}^3/\text{md}$ 。堵水总长度5.14 km。

(2)隧道地质复杂,施工技术含量高,施工难度大。隧道属于I级高风险隧道,地质复杂、岩性多变。全隧穿越5条断层破碎带、1 km大宝盖碗状向斜和背斜构造带、10段节理密集富水带、3.57 km隐伏岩溶

段,存在隧道坍塌、突水突泥、软岩大变形、高地应力岩爆等风险。一是斜井工区反坡抽水难,该隧道进口3.1 km上坡施工,其余13.1 km长下坡施工,斜井1 789 m和正洞5 230 m需反坡排水施工,斜井小里程穿过大宝盖背形~向斜1 km核部构造,隧道开挖可能截断地下水系统,造成洞内突水风险,斜井大里程正洞穿过255 m区域节理密集带和厚层灰岩段落,存在隐伏岩溶高度风险。二是断层破碎带不良地质施工难,进口端、出口端均存在导水断层,存在突泥涌水和隧道坍塌的高度风险。由于穿过多段厚层灰岩段,存在隐伏岩溶和高地应力岩爆高度风险。出口端断层带顺层偏压,软岩大变形带来的地质病害比较突出,容易引起隧道坍塌。

(3)隧道掘进深度较长,通风及运输难度大。隧道单口掘进长度均超过4 km,特别是横洞往斜井口方向单口掘进长度达5.28 km,通风排烟和物资运输压力极大。

(4)隧道断面小,工效极低。隧道正洞及平导断面小(正洞 $48\sim 58\text{ m}^3/\text{m}$ 、平导 $28\sim 36\text{ m}^3/\text{m}$),有限作业空间狭小,物流运输通道困难,工序作业交叉影响大,不能大幅度发挥机械的有效使用效率,造成隧道施工效率极低,影响既定进度指标完成。

4 建议及措施

4.1 优化注浆堵水方案,提升循环指标

引进大型设备三臂凿岩台车,优化注浆堵水方案,由原来以30 m/段注浆单元(预留5 m止浆墙)方案调整为18 m/段注浆单元(预留3 m止浆岩盘),加快施工进度,避免因堵水施工影响造成窝工情况,节约了项目成本。

4.2 加宽洞室变会车道,加快运输效率

由于隧道是小断面(50 m^2 以内)施工,运输通道狭窄,大型机械设备无法错开行驶。鉴于此项情况,充分利用正洞的大避车洞或梯车洞扩挖形成会车道和调车洞,以满足车辆会车、调头、运输车出碴功能,提高出渣进料运输效率,从而促进施工进度。

4.3 扩大综合洞室放置输送泵,提高混凝土浇筑效率

考虑到隧道小综合洞室每50 m设置1个,大综合洞室每200 m设置1个,可充分利用小避车洞,按一定间距扩大为综合洞室,用于车辆调头,提高物流运输效率的同时,可用于放置输送泵,作为二衬浇筑站,以实现二衬浇筑不占到,减少因二衬浇筑时对隧道开挖支护、仰拱施工的干扰,实现平行作业,均衡生产,加快隧

道施工进度。

4.4 加宽平导断面,使用侧翻装载机出渣

隧道平导总长 7 172 m,其中进口平导长 779 m,出口平导长 6 393 m。平导较长、工期紧、难度大、需超前正洞施工,利用平导开横通道增加正洞的工作面尤为重要。原设计平导断面较小,只能采用小装载机出渣,存在效率低、时间长等缺点,采用变更后的加宽平导断面,可使用较大的侧翻装载机出渣,大大节约了出渣时间,提高了施工效率,加快了施工进度。

4.5 资源利用,变废为宝,提升项目效益

针对隧道横洞工区Ⅲ级围岩占其他围岩比例高达 71%,通过取弃渣场石渣母料送检合格,目前已筹备完成自建砂石料加工厂,将隧道洞渣“变废为宝”,一方面减少了临时租地成本,另一方面也节约了材料费。洞渣的利用预计为项目节余成本支出 1 200 余万元。

4.6 强化过程细化,确保项目成本受控

施工方案优化是决定项目创效目标能否实现的关键,管理过程的进一步细化则决定一个项目成本是否可控。采用大力推行“全方位、全过程、全员化”的成本管理体制,以“盯紧盈利点,优化亏损点”为中心,重点继续强化几方面工作:(1)突出技术管理的龙头作用。狠抓施工方案编制,始终坚持“方案决定成本”的理念,实行施工方案分级负责制,从安全、质量、工期、效益、环保等方面入手进行方案比选,实现资源配置合理化、作业流程规范化和效益最大化。(2)结合项目特点,强化成本管理责任到人。从人、材、机等方面把成本的管控责任进行分解与细化,形成责任分明、目的明确、分工合理的责任体系。同时强化考核管理,提升项目负责人履职考核,以提高成本管控的责任感和积极性。(3)对隧道注浆堵水段的施工成本进行分析。由于注浆堵水段落所占隧道比例较大,很大程度影响着整个项目的盈利水平,如果管控不到位,会给项目带来巨大的亏损。为此,通过进一步加强堵水段落隧道开挖质量控制、喷射混凝土消耗核算与分析,通过定期召开分析会,及时调整施工工艺,严格控制堵水段落喷射混凝土的超耗,减少了混凝土损失。

4.7 全面提升施工人员的技术水平

人是第一生产力,现场管理人员的综合素质和业务技能,关系着工程质量的好坏,现场管理人员往往在隧道工程施工过程中,又发挥着重要的作用。因此要提高现场进度和质量,就必须从目标任务的编制和下达、强化现场管理人员的业务技能培训和综合内力的提升来抓。(1)严格执行铁路施工建设相关技术标准,通过开展业务竞赛,专业比拼等形式,促进技术人

员对规范、标准的学习、实践。(2)认真开展技术交底,针对注浆堵水等关键环节必须及时、准确地开展交底工作,使技术人员对施工图纸以及技术要求有更加明确的认识,能够按时交工,并保证工程质量。(3)不断总结经验,提炼优化与现场实际相契合的施工工艺,形成投入小、易操作、效果佳的标准化工艺工法,并组织推广使用,提升施工进度,确保安全质量。

4.8 加强现场管理

配足资源,落实好单线铁路隧道施工措施,合理进行工序设计和循环时间的设定、通过方案优化缩短工序作业和衔接时间,确保交叉作业时,最大限度降低工序间干扰,保障快循环、均衡生产。强化超前地质预报和监控量测管理,提前预判地下水情况和围岩变化,采取针对性措施,少走弯路,确保安全有序施工。严格考核制度的建立,如工序设计奖、工序循环考核、月进度考核、节点目标考核等,且及时兑现考核,通过考核激励,提高全员生产积极性,以确保达到快速施工的目的。安排专人管理劳务队伍人工、机具的消耗使用,通过倒排工期法,关键工程工序交接时间网络图,有效地掌握并控制隧道施工进度,也能够有效地避免因赶工期盲目增加人员、机具而造成窝工浪费。

5 结束语

隧道工程施工成本管理是一项综合、全面、系统的工作,管理中不能局限于单纯的控制费用支出,还应扩展到人力分配、设备利用、技术支持、现场协调等各个环节,参与管理人员不仅是专职成本管理人员,还应包括工程技术、安全质量、物资设备等各专业部门人员,只有调集动员全体管理人员共同参与管理,构建成本综合管理体系,才能实现全方位成本管理,达到企业效益最大化。本文通过测算每月最小工效指标指出赢亏点,可有针对性的采取措施提高效率。项目开工前应重视成本管理策划,查找影响项目成本的主要因素并制定措施,认真编制成本管控方案。施工过程中应通过核算分析,进一步检查和验证成本管控措施执行情况 and 执行效果,通过不断优化调整措施,确保成本管理目标合理、核算准确、分析客观有效,以确保实现降本增效、提升项目的综合管理水平和企业的整体竞争能力的目标。然而进度控制是隧道工程成本管控的核心要素,只要控制好了施工进度,成本管控就成功了一半。

参考文献:

- [1] 刘静雯. 施工组织设计对海外铁路建设成本影响的分析[J]. 高

- 速铁路技术, 2019, 10(6): 54-57.
- LIU Jingwen. Analysis of Influence of Construction Organization Design on Cost of Overseas Railway Construction [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(6): 54-57.
- [2] 闫振华. 基于变异系数统计法的铁路材料价格调整机制研究[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(3): 1-5.
- YAN Zhenhua. On the Price Adjustment Mechanism for Railway Materials Based on the Coefficient of Variation (CV) Method [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 1-5.
- [3] 李准, 吴刘忠球. TBM(隧道掘进机)的硬岩掘进速度分析及其对项目经济的影响[J]. 高速铁路技术, 2014, 5(1): 11-14.
- LI Zhun, WULIU Zhongqiu. Analysis of TBM Tunneling Speed in Hard Rock and Influence of Tunneling Speed on Project Economics [J]. High Speed Railway Technology, 2014, 5(1): 11-14.
- [4] 宋昱. 施工组织设计对高速铁路建设成本的影响探析[J]. 交通科技, 2011(3): 148-150.
- SONG Yu. Analysis of the Influence of Construction Organization Design on the Construction Cost of High Speed Railway [J]. Transportation Science & Technology, 2011(3): 148-150.
- [5] 范永红. 从造价管理的视角谈施工组织设计的编制[J]. 山西建筑, 2009, 35(35): 196-197.
- FAN Yonghong. On Compilation of Construction Organization Design from Aspect of Cost Management [J]. Shanxi Architecture, 2009, 35(35): 196-197.
- [6] 国铁科法[2017]31号, 铁路基本建设工程设计概(预)算费用定额[S].
- GUO Tie Ke Fa [2017] No. 31, Budget Cost Quota of Railway Capital Construction Engineering Design [S].
- [7] 国铁科法[2017]30号, 铁路基本建设工程设计概(预)算编制办法[S].
- GUO Tie Ke Fa [2017] No. 30, Compilation Method of Railway Capital Construction Engineering Design Budget [S].
- [8] 国铁科法[2017]33号, 铁路工程预算定额[S].
- GUO Tie Ke Fa [2017] No. 33, Railway Engineering Budget Quota [S].
- [9] 张雪宁. 论工程造价中材料价格调整的合理方法及要点[J]. 城市建筑, 2018(20): 94-96.
- ZHANG Xuening. Reasonable Methods and Key Points for Adjustment of Material Prices in Project Cost [J]. Urbanism and Architecture, 2018(20): 9-96.

(上接第56页)

考虑到隧道内放射性存在不可预测性, 不排除取样点位以外地段放射性物质局部富集的可能, 建议加强隧道施工监测, 若发生放射性危害需及时采取相应工程措施。

参考文献:

- [1] 唐国才. 花岗岩中放射性元素分布的不均匀性[J]. 中国建材科技, 2002, 11(1): 38-39.
- TANG Guocai. Heterogeneity of Distribution of Radioactive Elements in Granite [J]. China Building Materials Science & Technology, 2002, 11(1): 38-39.
- [2] 梁昌俊. 花岗岩板材放射性成因浅析[J]. 嘉应大学学报, 1997, 15(3): 81-83.
- LIANG Changjun. The Analyses of Radioactive Causes of Granite Plank [J]. Journal of Jiaying University, 1997, 15(3): 81-83.
- [3] 陈静. 浅谈放射性核素与花岗岩的关系[J]. 广东建材, 2011, 27(8): 139-141.
- CHEN Jing. A Brief Discussion on the Relationship Between Radionuclide and Granite [J]. Guangdong Building Materials, 2011, 27(8): 139-141.
- [4] 钱翔东. 再谈花岗岩放射性[J]. 石材, 2000(1): 22-23.
- QIAN Xiangdong. On Radioactivity of Granite [J]. Stone, 2000(1): 22-23.
- [5] 洪大卫, 王涛, 童英. 中国花岗岩概述[J]. 地质论评, 2007, 53(S1): 9-16.
- HONG Dawei, WANG Tao, TONG Ying. An Outline about Granitoids in China [J]. Geological Review, 2007, 53(S1): 9-16.
- [6] 西藏自治区地质矿产局. 白玉县幅/雄松区幅 1:20 万区域地质调查报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质矿产局, 1992.
- Geology and Mineral Resources Bureau of Tibet Autonomous Region. Regional Geological Survey Report of Baiyu County and Xionsong District (1:200,000) [R]. Lhasa: Geology and Mineral Resources Bureau of Tibet Autonomous Region, 1992.
- [7] 中铁二院工程集团有限责任公司. 某新建铁路放射性评价专题研究报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2021.
- China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Special Research Report on Radioactivity Assessment of a New Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2021.
- [8] 虞凯, 刘孜学, 韦道准. 川藏铁路基础设施实时监测预警系统架构及功能研究[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(2): 41-44.
- YU Kai, LIU Zixue, WEI Daozhun. The Architecture and Function Research on the Real-Time Monitoring and Early Warning System of the Infrastructure along the Sichuan-Tibet Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(2): 41-44.