

高原（或复杂地质）地区公路工程施工标准与补充定额一体化研究

刘斌德

新疆公路工程造价事务中心，新疆乌鲁木齐市，830000；

摘要：高原和复杂地质区域由于特殊的气候、环境而形成不同的特点，给公路工程的建设带来新的问题，传统的施工标准以及预算定额不能很好地满足实际需要。本文主要针对该地区公路工程项目的施工过程进行系统的分析，创建起包含施工标准和补充定额一体化的框架体系。为了达到改善施工工艺和资源分配方案的目的，提高工程经济效益、可行性及安全性。经过研究得出结论，可以依据实际情况来制定相应的施工规范，并配合合理补充的定额，可以有效地指导高原以及复杂地质条件下公路的建设实践，给类似环境下的工程项目的实施提供科学的、可操作的技术和管理参考，进而促进该领域的工程建设向着更加标准化、精细化的方向迈进。

关键词：高原地区；复杂地质；公路工程；补充定额

DOI：10.64216/3080-1508.26.03.027

高原以及地质条件复杂的地区修建公路工程，经常遇到严寒缺氧、冻土广布、地质灾害频发等种种严峻的自然问题，造成施工难度大、建设费用急剧增加。目前的通用性公路工程施工标准及预算定额体系，不能很好地体现并覆盖由于特殊的环境和地质条件而产生的额外的技术措施以及资源消耗，容易造成工程概预算同实际需要之间存在偏差，从而影响项目顺利进行和投资效益。所以需要开展有针对性的研究，创建起一个同特殊环境相适应的、把施工技术标准和补充经济定额有机结合起来的一体化体系，十分必要且紧迫。本文主要目的就是分析高原以及复杂地质条件下公路施工的特点和难点，在此基础上探究施工技术标准优化途径以及补充定额科学编制的方法，从而给提高这类工程的施工组织水平、成本控制精度和整体建设效益给予系统性的理论支持和实践参考。

1 高原和复杂地质条件下公路工程施工环境和技术特点的分析

1.1 严苛自然环境对施工活动的多重制约

高原以及复杂的地质条件给公路施工带来了先天性的制约因素。高海拔造成空气稀薄、氧气含量低，既会直接引起施工人员的高原生理反应，降低劳动效率，又会使内燃机械设备的功率明显下降，燃料燃烧不充分，从而影响施工效率并增加运维成本。剧烈的昼夜温差以及周期性冻融循环，尤其是多年冻土和季节冻土的存在，严重影响着路基路面的稳定，并可能导致不均匀沉降、翻浆、冻胀等道路病害。另外复杂的地质构造，活跃的

地震带、破碎的岩体、松散的堆积层、潜在的滑坡、泥石流等地质灾害隐患都会加大施工期间的安全风险，给边坡防护、地基处理和隧道掘进等环节提出远高于常规项目的更高技术要求。区域内的建材资源一般缺乏，需要远距离运输，这样就大大提高了材料的成本，也受到脆弱的交通网络的制约。

1.2 特殊条件下的关键施工技术挑战

由于特殊的环境和地质条件，在这样的环境下施工就会出现许多技术上的难题。路基工程的核心问题就是怎样有效地控制冻土的融沉和冻胀，这就需要采用热棒降温、通风路基、隔热层铺设等特殊的外治措施，而不是简单的压实和填筑^[1]。路面结构要特别注意材料的耐低温抗裂性、抗紫外线老化性和良好的水稳定性的要求。桥梁和隧道工程穿越不良地质段的时候，遇到高地应力、软岩大变形、突泥涌水等概率也大大增加，给超前地质预报、支护结构设计强度及柔韧性、动态施工工艺提出极高的要求。施工机械适应性问题比较突出，普通设备功率衰减严重、可靠性及耐久性不足，需要有针对性地选择或者对高原进行适应性改装。施工组织设计要将人员健康保障、设备降效补偿、有效作业窗口期缩短和地质灾害应急避险等综合考虑进去，复杂性大大增加。

2 适应特殊条件的公路工程施工标准体系的建立

2.1 专项施工技术标准的制定与优化

为了克服以上的问题，必须冲破通用标准的局限，创建起适合于高原以及复杂地质条件下专项施工技术

标准体系。该体系要经过深入调研、科学试验,在关键工序、技术参数等各方面进行细化和提高。在路基施工标准里,需要对不同的冻土类型作出明确的鉴别方法、路基填筑材料的特殊要求(低渗透性、高抗冻性)、主动降温、保温隔热处理等特殊的结构设计和施工工艺标准。路面工程标准应该以沥青或者水泥混凝土在极端温度下性能指标、混合料设计方法和抗裂、抗老化添加剂使用规范为主^[2]。对桥隧工程来说,标准要提高地质勘察的深度和精度要求,规定对软弱围岩、高应力区、富水地层进行超前支护、加强衬砌和监控量测的标准。施工机械标准要加入海拔高度折减系数,对关键设备的最低功率储备以及必要的辅助系统(增压、低温启动等)作出规定。人员作业标准要对高原适应性训练、健康监测、劳动强度和作息时间特殊的规定。

2.2 施工质量与安全保障标准的强化

在严酷的环境里,质量、安全标准要远比一般的地区更严格,并且有预见性。质量标准要重点控制隐蔽工程及特殊工序的验收,比如冻土路基换热状态检测、隧道初期支护密贴度与刚度检测、高寒地区混凝土养护强度发展等,需要设置更细化的检验指标和频率。安全标准体系要使地质灾害风险防控处于首要地位,形成一个完整的地质灾害风险控制流程的标准^[3]。具体包含边坡稳定实时监测标准、隧道施工地质灾害超前预报作业标准、高海拔地区人员职业健康安全(高原病预防、急救)操作规程、特殊气候条件下(暴风雪、强雷暴)的施工暂停与撤离标准。这些标准一起形成了一道贯穿于施工全过程的风险防控线。

3 对补充预算定额体系科学编制方法的研究

3.1 定额消耗量基础的调整与确定

补充定额编制的核心就是科学量化特殊施工环境造成的一切额外资源消耗。人工消耗上需要对不同的海拔梯度下劳动效率的折减系数进行现场观测和生理学研究,根据实际情况来修正工时定额。对于机械台班消耗,除了要考虑功率下降造成的产量减少之外,还要加上由于环境恶劣(低温、沙尘等)而导致的设备故障率和维护保养时间增加,对机械的幅度差系数进行修正。材料消耗定额要考虑到特殊的工艺要求,添加剂的用量、保温防护材料的铺设量等。另外由于工艺复杂化(比如冻土路基特殊的处理、隧道多重支护等),而带来的人工、材料、机械等方面的增加量,在编制定额时也需要通过工法分析和实测数据进行量化,并纳入到定额中。

3.2 费用构成与计价依据的补充

补充定额的费用构成要全面反映由于环境特殊性所增加的各项增量成本。材料费用中要充分考虑到由于本地材料短缺造成的远距离运输费、装卸中转费和特殊材料(耐低温沥青、高性能外加剂)较高的采购价格。机械使用费需要计算设备高原改装费、特殊配件消耗费和由于效率下降而导致的实质上延长使用周期所造成的成本^[4]。施工措施费项目要大幅扩大,单独列出高原施工保健费、特殊地质条件下临时加固和支护费、环境保护及恢复专项费用、气候窗口期短导致的冬季或者雨季施工增加费。费用计价依据要参照大量的市场调研,历史工程数据分析以及必要的成本估算模型来确定。

4 施工标准和补充定额一体化整合机制

4.1 技术与经济数据的联动与互馈

实现施工标准和补充定额一体化,关键就是建立技术与经济数据之间动态的联系并互相反馈。每一个专项施工技术标准的提出或者修订,都要对它的资源消耗模式、成本影响做同步的经济性分析,并把分析结果作为编制或者调整相应的补充定额子目的直接依据。反之,在补充定额应用和验证的过程中,成本信息也可以用来评价相关的技术标准的经济合理性以及可以推广的程度,进而促进技术标准的不断完善。联动保证技术方案的可行性,在经济上能被支持的同时也有了合理的技术依据。

4.2 一体化数据库与信息平台建设

支撑一体化体系正常运作的前提条件就是建立一个集成的工程数据库和信息管理系统。本平台应当包括高原及复杂地质地区典型的工程案例技术方案、施工记录、实际的资源消耗数据、成本结算资料以及后期运营监测数据。利用大数据分析技术来挖掘施工工艺、环境参数、资源消耗同最终成本之间的内在联系,给标准的细化、定额的校准给予数据支撑。平台可以开发出一些辅助工具,根据项目的位置、海拔、地质特征等主要参数智能挑选出合适的技术标准条目以及相应的定额组合,进而提升一体化体系的运用效率及精确性。

5 一体化体系的工程应用和综合效益评价

5.1 在工程管理各环节的具体应用

在项目前期决策和设计阶段,一体化体系可以给方案比较赋予一个技术经济评判的标准,从而选择出适合于某个环境,在经济上又最合理的工程方案。在招标投标阶段,招标人可以按照体系来编制更符合实际情况的

招标控制价, 投标人可以根据此进行精确报价, 从而减少由于条件不明造成的投标风险不平衡或者后期索赔争议。施工实施阶段该体系是编制施工组织设计、进行成本计划和动态控制、处理工程变更和索赔的依据, 可以使得项目的管理更精细化、规范化^[5]。工程结算和审计阶段, 它可以给由于环境特殊性造成的费用争议提供客观、公认的依据。

5.2 产生的综合效益分析

推行施工标准和补充定额一体化体系, 可以取得明显的综合效果。经济效益上可以形成更加真实的、合理的工程造价, 防止由于预算不足造成工程质量下降或者延期, 也可以防止投资虚高, 提高建设资金使用的效益。利用标准的特殊工艺指导可以减小施工摸索期造成的一切浪费和返工损失, 从而间接降低工程成本。技术效益表现为推动了对特殊环境施工技术总结、规范和推广, 促进了行业技术发展。管理效益就是使项目的管理有章可循、有据可依, 提高了管理效率和决策的科学性。社会效益就是保证这些艰难地区的公路工程建设质量与安全, 打通区域交通“断头路”, 给边境稳固、民族团结、区域经济和社会发展赋予可靠交通支撑。

6 实施挑战和未来深入研究的方向

6.1 体系实施面临的主要挑战

虽然一体化体系有明显的优势, 但是它的推广实施还存在一些问题。首先基础数据的积累不够, 高原和复杂地质条件下的工程项目的分布比较分散, 系统的、规范的成本和工效数据采集机制还没有完全建立起来。其次, 标准的细化、定额精准化属于一个不断更新完善的过程, 要依靠大量的工程实践来积累科研成果, 并且持续进行研发投入。再次就是行业接受度、专业人才的培养问题, 要大力宣传推广, 并对各方加强培训, 使建设各方都熟悉并会使用该体系。最后, 在一个总的框架之下要容纳很多区域上的灵活性, 保证原则统一、适度差异, 这是体系设计中需要解决的难题。

6.2 未来研究与发展展望

可以对各个方面的研究做进一步的研究。一是加强基础理论研究, 对极端环境下材料性能衰变规律、结构与地质体相互作用机理、人机环系统工效学等进行深入研究, 给标准和定额的制定打下更好的科学基础。二是大力发展数字化和智能化技术的应用, 依靠遥感、物联网、BIM、人工智能等手段, 达到施工环境智能感知、

施工过程模拟优化、资源消耗实时监测和预测的目的, 促进一体化体系由静态走向动态、自适应。第三是推进更大的区域合作、数据共享, 创建国家级或者区域性的高原复杂地质公路建设数据库和知识库。四是拓宽应用范围, 把一体化研究的思想和方法逐步推广到铁路、水利、能源等其他具有类似区域特征的基础设施建设领域。

7 结论与展望

7.1 结论

本文以高原及复杂地质地区公路工程特点为出发点, 对施工技术标准和补充预算定额一体化建设进行系统的探讨。研究表明, 脱离经济基础的技术标准没有落地的基础, 没有技术支撑的定额容易出现偏差, 只有把两者结合起来, 形成互锁互馈一体化的体系, 才能给这类特殊条件下工程的建设提供既科学先进又经济可行的全面解决方案。本文所提出的体系包含环境特征分析、专项标准制定、补充定额编制和一体化整合及应用评价的全过程, 目的在于达到技术可行性和经济合理性相统一的目的。

7.2 展望

以后一体化体系的不断改进和完善要依靠工程实践的积累, 跨学科研究的深入以及行业的合作。随着更多的实证数据注入、智能技术的融合和区域差异化方案的细化, 该体系有望不断迭代升级, 最终发展成指导高原及复杂地质地区交通基础设施建设的一份不可少的标准工具, 对提高国家重大战略区域基础设施建设的质量和效益起到实质性的作用。

参考文献

- [1] 樊琰, 周云琴, 王成. 公路造价编制中费率选取的探讨与研究[J]. 公路, 2024, 69(09): 271-274.
- [2] 李杨留. 高原地区对公路工程造价的影响研究[J]. 运输经理世界, 2024, (02): 53-55.
- [3] 陈忠义. 川西高原公路建设分区研究[D]. 长安大学, 2021.
- [4] 木沙·如孜. 高原公路工程的水泥混凝土路面质量管理[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(09): 254+256.
- [5] 辜瑞谊. 高原公路沥青路面施工质量的控制技术研究[J]. 中国建材科技, 2019, 28(06): 140-141.

作者简介: 刘斌德(1984.05-), 男, 汉族, 籍贯: 甘肃古浪, 学历: 大学本科, 职称: 高级工程师, 研究方向: 公路工程造价。