

输电线路工程中地形因素对工程造价的影响及应对措施

于波¹(通讯作者) 庞涛² 常盛楠³ 潘镜汀⁴ 金灿⁵

1 国网宁夏电力有限公司, 宁夏银川, 750001;

2 国网宁夏宁东公司, 宁夏银川, 750409;

3 国网宁夏银川供电公司, 宁夏银川, 750002;

4 国网宁夏建设分公司, 宁夏银川, 750000;

5 国网宁夏营销中心, 宁夏银川, 750000;

摘要: 输电线路工程建设时, 地形因素属于关键变量之一, 本文全面探究了地形因素给输电线路工程造价带来的影响机理。从基础施工难度, 材料运输效率, 线路路径选择等角度深入剖析了复杂地形条件下成本增长的规律, 研究表明, 合适的工程设计优化、科学的施工组织以及创新技术的应用能够起到很好的降低地形对成本影响的效果。通过优化基础设计方案、通过创新物流组织模式、合理设计线路走线等方式, 能够有效减小地形因素引起的成本上升, 并且改善输电线路工程经济效益及社会效益, 为电力工程项目造价控制奠定基础。

关键词: 输电线路工程; 地形因素; 工程造价; 成本控制; 设计优化

DOI: 10.69979/3060-8767.25.11.060

引言

随着我国电力建设事业的发展, 输电线路工程作为电网建设的重要组成部分, 投资规模也越来越大。工程造价控制的重要性也越来越突出, 输电线路工程建设期间, 地形因素属于客观存在的自然状况, 给工程造价带来了很深且复杂的改变, 山区、丘陵、平原、水网等不同的地形条件下。输电线路的设计方案、施工方法、材料运输、设备选型等方面都会产生很大的差别, 直接导致工程的投资成本发生很大变化, 深入探究地形因素对输电线路工程造价产生的影响机制, 寻求有效的解决办法, 这对于改善工程的投资收益水平, 做到电力建造可持续发展有着重要的理论价值与实际意义。

1 研究输电线路工程中地形因素对工程造价影响的重要意义

1.1 电力建设项目经济效益保障的客观需求

电力建设项目投资数额庞大, 动辄数亿乃至数十亿元的投资额度把造价管控变成项目管理的关键环节, 输电线路工程属于电力系统的关键基础设施, 它建造时所花费的成本直接关联到整个电力项目是否有利可图, 地形因素属于影响输电线路工程造价的关键变量。它的影响力常常占据总造价波动的较大份额, 复杂地形的情况下基础工程费、施工措施费、材料运输费等都会上升很多, 如果这些费用的增加无法科学地加以评估和有效地加以控制, 项目投资收益将受到严重影响, 经过深入探究地形要素给工程造价带来的影响规律。创建起科学的

成本预测模型, 在项目前期就能对各个线路方案的经济性作出较为精准的预估, 从而为投资决策给予可靠的依照, 同时根据地形的特点有针对性的制定成本控制措施, 可以在保证工程质量、安全的前提下, 使地形因素所带来的成本增量达到最低程度, 从而提高项目的经济效益, 这不仅仅关乎单个项目能否成功, 而且牵扯到电力企业总体的经营效益和长远发展能力^[1]。

1.2 提高输电线路工程设计科学性的必要要求

输电线路工程设计是一个复杂的过程, 要考虑到技术、经济、环境等方面的因素, 地形因素属于设计基本的限制条件, 对线路走向、杆塔型式、基础类型等主要的设计要素起决定性的作用。科学合理的设计方案不仅需要满足技术要求还要达到经济上的合理, 研究地形因素影响工程造价可以为设计方案优化提供量化后的经济评价标准, 设计阶段考虑地形因素影响, 在技术经济上比较选择最佳方案, 是提高设计科学性的途径。设计者要充分了解各种地形条件下施工难度、用料量、工期的影响等各方面的因素, 造价控制理念也要落实到设计的全部过程中, 通过对地形因素与造价关系建立数据库, 使用先进的设计软件及优化算法, 能够使方案达到精细化、最优化的效果, 在设计阶段就控制好工程造价, 从而提高设计的经济性^[2]。

1.3 电力工程造价管理精细化的关键路径探索

传统的电力工程造价管理多采取粗放型的管理模式, 对于地形因素考虑较为简单, 一般仅通过地形系数

进行粗略的调整。并不能准确地反映出实际的成本变化，随着市场竞争力加大、管理要求提升，精细化造价管理工作变得必不可少，要探究地形对造价产生的影响机制、创建精准成本分析的模型，都是推进造价管理工作细致化所必备的基础工作。通过不同的地形条件下的工程造价的数据系统收集以及分析就可以形成更加科学的造价指标体系及定额标准，运用大数据分析、人工智能这些现代技术手段，可以做到对地形因素的影响进行精确量化并实现动态预测，而且能够提高造价估算的准确性，并为工程招投标、合同管理、成本控制等各方面提供科学依据，从而推进整个电力工程造价管理水平的提升^[3]。

2 输电线路工程中地形因素对工程造价的主要影响

2.1 复杂地形提升基础施工难度与成本

输电线路杆塔基础是保障线路安全稳定运行的重要构造，它的施工质量和成本关乎着整个工程的技术经济指标，复杂的地形条件给基础施工带来了许多困难，因此施工成本也随之上升。山地的地形坡度大、石头裸露，要进行大量的爆破作业才能把土石方挖出来，在这当中不但消耗了更多的炸药和人工费用，并且还必须使用特别的安全防护手段，同时山区施工场地狭小，大型机械难以进场，很多工作只能靠人力来做。劳动强度大，效率低，人工成本高，在软土、沼泽等地质条件，常规基础型式承载力不足，需采用桩基础、扩展基础等特殊基础型式，这些特殊的地基既设计复杂又施工工艺要求高，而且材料消耗大，工期长，在地下水位高的地区，基础施工要进行降水、排水等辅助措施来降低水位，这会使施工费用增加。统计分析显示复杂地形条件下的基础工程费用会比平原地区高出好几倍，因此也是影响工程造价的主要因素，另外复杂地形还会加大基础施工的技术难度和对质量的管控要求，在陡坡、悬崖等地形复杂的特殊位置要采用特殊的施工工艺以及相应的安全措施，从而增大了工程管理上的技术成本，施工质量直接影响杆塔的稳定及线路安全，而地形复杂的地区又加大了工程质量控制难度与成本^[4]。

2.2 地形条件对材料运输和设备进场效率的制约

输电线路工程建设要用到很多建筑材料以及施工机械，比如杆塔构件、导地线、绝缘子、水泥、砂石等，材料以及设备的运输费用占整个项目总造价很大一部分，其中地形对于运输成本有着重要的影响。平原地区的材料运输可以使用现有公路、铁路等交通设施，运输效率高，成本低，而在山区、高原等地形复杂的区域，交通不便，塔位大多依靠临时施工道路才能抵达，有些地方还需要使用索道或者人力来运输，临时道路修建本身就需要很大的投资，在山区还要做很多的土石方开挖、

边坡防护以及桥梁、涵洞施工等工作。临时设施的建造费用一般会占据工程总造价的大片比例，工程结束以后还要进行恢复，又得支付一笔额外开支，在一些特殊的地形条件下，还需要用到直升机吊装这样高成本的运输方式，从而导致运输费用大幅上升，地形条件也影响着材料的二次倒运及存储，复杂地形地区材料常常要多次倒运才能抵达现场，每次倒运都会发生装卸费用和损耗，受施工场地所限，材料存放环境不好，会造成材料损毁浪费，并且导致间接增加工程成本^[5]。

2.3 特殊地貌对线路路径与杆塔布设的影响

输电线路的路径选择、杆塔布置属于工程设计中的主要内容，并且会决定整个项目的经济与技术效果，特殊的地貌给线路路径的选择带来严格的限制，在满足了技术和经济的要求之下才能找到合适的路径，在河流、湖泊、峡谷等地貌特殊的地方要采取大跨越的设计。使用高塔和较大的档距，不但加大了结构材料的用料，还要用到特殊的施工技术，使造价提高，山区地形起伏较大，因此对于线路的走向有着很大的限制，为了避免不良的地质环境、减少土石方工作量、降低施工难度等因素，使得线路经常采用绕路的方式走线，这样会导致整个线路加长、塔基的数量也增多，山区线路高差变化较大。需要设置较多的耐张塔和转角塔，特殊塔型造价比一般直线塔要高出很多，复杂的地形会造成杆塔荷载条件变差，需要加强杆塔结构的设计、增加用钢量，特殊地貌也会对线路的电气设计参数产生影响，在高海拔区域空气密度减小，绝缘水平要相应提升，绝缘子串长度与杆塔高度因此变长。

3 应对地形因素影响工程造价的有效措施

3.1 优化基础设计以降低复杂地形施工成本

对于由于复杂地形而造成的基础施工成本较高的问题，最直接有效的方法就是对基础设计进行改进。首先应该根据不同地貌地质的特点来选择基础的形式，在岩石地基上，可采用岩石锚杆基础、岩石嵌固基础，利用岩石的抗力，减少混凝土用量和开挖工程量，软土地区可用预制桩基础或者复合地基的处理方式来增加承压面积并节省造价，另外还应该推广新的基础技术和施工工艺，装配式的基础有工厂化的生产，现场安装快速，质量控制好的优点。在交通不便的山区使用更合适，微型桩基础技术可以在狭小的空间范围内实施，减小了对施工场地的要求，真空预压和强夯等一些地基处理的措施能有效的改善软土地质状况，降低基础工程的造价。依靠技术创新与工艺改善，在保障基本的安全可靠基础上，大幅度削减工程开支，其次，加强基础设计的标准化、模块化，建立不同地形条件下的标准基础图集，使设计标准化、快速化，按照模块化设计理念把基本部分

分成规范模块，在具体条件的基础上拼装使用，既可以满足个性化需求又可以达到批量化生产的经济效益。

3.2 创新物流模式提升材料运输经济性

面对复杂地形造成的材料运输成本高问题时，创新物流组织形式是主要对策，第一点要建立科学合理的运输方案优化体系，通过对地形条件、分析道路情况、运输距离、材料等综合因素，制定最合适的运输路线及运输方式的组合，充分利现有交通设施，合理规划临时道路的建设。避免重复投资，利用多种运输方式互相补充，公路、索道、人力等方式相互配合，降低成本，其次应当推广应用先进运输设备和运输技术，山区可以使用索道运输系统，一次投资就可以长期使用，适合大批量的材料运输，履带式运输车具有很好的越野性能，可在复杂的地形条件下运输，无人机运输技术发展迅速。对小批量、高价值材料的运输具有独特的优势，通过对装备的升级改造以及技术革新能够提升运输效率，削减运输成本，其次，要完善材料供应链管理，设立区域性材料储备基地，实行统一采购、集中配送，体现规模优势，实行准时制供应制度，减少材料在施工现场的储存量来减少占用资金及损耗。

3.3 科学规划线路走向优化杆塔布设合理性

线路路径的科学规划是控制工程造价的第一步，先用好现代测绘技术来选线，采用卫星遥感、利用激光雷达、无人机航测等先进技术，获取精确的地形地貌数据，作为线路优化的详细基础资料。用地理信息系统和三维设计软件来进行多方案比较及优化，满足技术要求的情况下选择工程量最小、成本最低的路径方案，其次是合理的设置杆塔的位置及型号。在排列上加以改良利用地形的优点，绕开地质条件恶劣、施工难度大之处，合理地选定耐张段长度以及转角度数，并减少特殊塔型的使用，利用经济档距理论来改善塔高及档距的组合，在保证了电气与机械的要求的情况下，使得工程造价最低。推广紧凑型、同塔多回线路技术，节约线路走廊和杆塔，其次要重视线路设计与其他专业之间的协作，同土建、环保、水保等多个部门协调合作，全面权衡各方面的情况，在设计时就要充分考虑到施工可行性、经济性等问题，在保证工程进度的前提下尽量避免后期发生变更或者返工的情况，加强跟地方政府以及有关部门之间的联系和协商工作，积极争取到更多政策上的支持，从而有效降低来自外界方面的各种限制所带来的负面影响。

4 结语

输电线路工程中地形因素对于工程造价的影响为一个复杂又重要的研究课题，从本文的分析中我们可以清楚地看出，在基础施工、材料运输、线路设计等各个方面的成本都受到地形因素很大的影响。面对这些困难，就要采用系统化、革新化的应对策略，从设计改良，技术更新，管理改善等诸多方面着手，全面发力，才能有效地把控由地形要素造成成本增长，未来随着技术的发展以及管理上的创新，输电线路的建设将会变得更加智能化、精细化，应用数字化设计、智能化施工、信息化管理等新技术。在复杂地形条件下也能找到新的解决办法，同时要不断地总结工程实践的经验，完善技术标准、制度管理，并且根据不同的地形建立造价控制体系，从而在保证工程质量、安全的同时控制好输电线路工程造价，并促进电力事业高质量地发展以给国民经济以及社会的发展提供强有力的电力保障，随着现代信息技术的飞速发展，以数字化、网络化、智能化为主要特征的信息化浪潮正深刻影响和改变着人们的生活方式。

参考文献

- [1]雷丽莎.材料价格上涨对工程造价的影响及应对措施分析[J].活力,2022,(20):111-113.
- [2]党月卿.建筑工程招投标阶段造价控制的影响因素及应对措施[J].河南建材,2024,(02):134-136.
- [3]宫敏.建筑工程招投标阶段造价控制的影响因素及应对措施[J].工程建设(维泽科技),2022,5(10):57-59.
- [4]马微微.建筑工程招投标阶段造价控制的影响因素及应对措施[J].现代物业(中旬刊),2023,(08):124-126.
- [5]张宝康.架空输电线路工程造价的影响因素及对策分析[J].电气技术与经济,2025,(06):323-325.

作者简介：1.于波（1982.7-）男，汉，宁夏银川人，正高级工程师，研究方向：电网工程技术、经济；
2.庞涛（1976.1-）女，汉，宁夏银川人，副高级工程师，研究方向：电网工程技术、经济；
3.常盛楠（1983.4-）男，汉，吉林辽源人，副高级工程师，研究方向：电网工程技术、经济；
4.潘镜汀（1980.11-）女，汉，湖北武汉人，副高级工程师，研究方向：电网工程技术、经济；
5.金灿（1996.1-）女，汉，宁夏银川人，工程师，研究方向：电网工程技术、经济。
通讯作者：于波