复杂地形下公路路线方向施工技术的适应性

李铁柱

西安中交公路岩土工程有限责任公司西藏分公司 西藏 拉萨 850000

摘要：复杂地形下公路路线方向施工技术的适应性是公路建设领域的核心挑战之一。本文深入探讨了设计优化、施工技术创新与改进、施工管理与风险控制三大策略，旨在提升公路施工技术在复杂地形下的适应能力。通过精准的地形测绘、地质勘察与环境友好型设计，结合先进技术的应用、施工工艺的优化与装备水平的提升，以及施工管理体系的完善与风险控制体系的建立，确保公路建设的安全、高效与可持续发展。

关键词：复杂地形；公路路线；施工技术；适应性

1 复杂地形特征

1.1 山区地形

山区地形，以其巍峨壮丽、峰峦叠嶂著称，是地球上最为引人注目的自然景观之一。山区的形成往往与地壳运动密切相关，如板块碰撞挤压、火山喷发或长期的风化侵蚀等自然过程，共同雕琢出这一幅幅雄浑的山水画卷。山区地形复杂多变，不仅海拔高度差异显著，而且地形起伏大，坡度陡峭，形成了沟谷纵横、峭壁林立的地貌特征。随着海拔的升高，气温逐渐降低，形成了垂直气候带，从山脚到山顶可能依次经历热带、温带乃至寒带的气候变化。这种气候多样性不仅孕育了丰富的生物多样性，也为人类提供了多样的生态资源和生存环境。山区地形的复杂性也给交通建设带来了巨大挑战。陡峭的山坡、狭窄的山谷和频繁的地质灾害（如滑坡、泥石流）使得道路建设极为困难，往往需要采用桥梁、隧道等复杂工程结构来克服。山区还是众多河流的发源地，其水源涵养功能对于下游地区的生态安全至关重要。

1.2 丘陵地带

丘陵地带，介于平原与山地之间，是一种相对平缓但又有一定起伏的地形。丘陵地形通常由一系列低矮的山丘和宽广的谷地组成，海拔一般在几百米至几千米之间，坡度较为缓和，不似山区那般陡峭。丘陵地带的气候条件相对温和，四季分明，土壤肥沃，适宜多种农作物生长，是人类早期文明的摇篮之一^[1]。在我国，长江中下游的江南丘陵地区就是著名的鱼米之乡，农业发达，文化繁荣。丘陵地带的复杂地形也对交通和城市建设构成了一定挑战，虽然不像山区那样难以逾越，但丘陵地带的起伏和沟壑仍需通过道路、桥梁等基础设施进行连接，增加了建设成本和技术难度。丘陵地带易发生水土流失和地质灾害，如崩塌、滑坡等，对当地居民的生命财产安全构成威胁。

1.3 软土地区

软土地区，主要指的是那些由松软的沉积物（如淤泥、粘土等）组成的地区，这些沉积物通常具有含水量高、压缩性强、承载力低等特点。软土地区广泛分布于河流、湖泊、沿海等低洼地带，以及某些内陆盆地和山间盆地。软土地形的存在对工程建设构成了严峻挑战，由于软土的承载力低，容易发生沉降和变形，因此在地基处理、桩基设计等方面需要特别谨慎。在软土地区进行高层建筑、桥梁、隧道等大型工程建设时，必须采取特殊的施工技术，如桩基加固、地基处理等，以确保工程的安全稳定。软土地区还容易遭受洪涝灾害的侵袭。由于地势低洼，排水不畅，一旦遭遇暴雨等极端天气条件，就可能导致严重的内涝和财产损失。

1.4 沙漠地区

沙漠地区，以其广袤无垠、干旱少雨、植被稀疏而著称。沙漠地形主要由沙丘、沙垄、砾石滩等构成，地表覆盖着厚厚的沙层或砾石层，缺乏稳定的水源和肥沃的土壤。沙漠地区的气候条件极端恶劣，昼夜温差大，降水稀少，蒸发强烈，形成了独特的荒漠生态系统。这种极端环境对人类的生存和发展构成了严峻挑战。然而，沙漠地区也蕴藏着丰富的矿产资源（如石油、天然气、金属矿产等）和独特的自然景观（如沙漠绿洲、沙丘景观等），具有重要的经济价值和文化意义。在沙漠地区进行工程建设时，必须充分考虑其特殊的地质和气候条件。例如，沙漠地区的沙层松散且流动性强，对地基稳定性和施工安全构成威胁；同时，高温、干旱的气候条件也对施工设备和人员的健康提出了更高要求。

2 复杂地形对公路路线方向施工的挑战

2.1 路线选线困难

复杂地形对公路路线选线构成了极大的挑战。在山区，地形起伏大，沟谷纵横，选线不仅要考虑地形地貌

的复杂性, 还需兼顾地质构造的稳定性, 避免穿越断层、滑坡等地质灾害易发区。在丘陵地带, 虽然相对平缓, 但连续的起伏和狭窄的山谷限制了路线的选择, 需要在有限的空间内寻找最优路径, 以减少对自然环境的破坏。而在沙漠地区, 广袤的沙丘和砾石滩使得路线选择更加困难, 既要确保路线的直线性和经济性, 又要考虑沙土流动性对路基稳定性的影响。路线选线的困难不仅在于技术层面的挑战, 更在于对自然环境和社会经济因素的综合考虑。如何在保护生态环境、减少土地占用、满足交通需求之间找到平衡点, 是复杂地形下公路路线选线面临的重大难题。

2.2 施工难度加大

复杂地形显著增加了公路施工的难度。在山区, 由于地形陡峭, 施工场地狭小, 材料运输和机械作业极为不便。高山峡谷中的气候条件恶劣, 雨雪、雷电等自然灾害频发, 给施工安全带来了巨大威胁。在丘陵地带, 虽然地形相对平缓, 但起伏和沟壑仍需要采取特殊的施工技术和设备, 如悬臂式掘进机、隧道掘进机等, 以确保施工质量和进度^[2]。而在沙漠地区, 高温、干旱、风沙等极端气候条件对施工设备和人员构成了严峻考验, 需要采取严格的防晒、降温、防尘等措施, 保障施工人员的安全和健康。施工难度的加大不仅体现在技术和设备层面, 更在于对施工管理和组织能力的考验。如何在复杂地形下高效、安全地完成施工任务, 是公路建设者必须面对的重要课题。

2.3 工程安全风险增加

复杂地形使得公路工程的安全风险显著增加。在山区, 地质灾害如滑坡、泥石流等时有发生, 给施工安全和公路运营带来了巨大隐患。高山峡谷中的施工环境恶劣, 一旦发生事故, 救援难度大, 后果严重。在丘陵地带, 虽然地质灾害相对较少, 但连续的起伏和狭窄的山谷增加了施工过程中的不确定性和风险。而在沙漠地区, 沙土流动性强, 路基稳定性差, 容易发生沉降和变形, 给公路的安全运营带来了长期挑战。

3 现有公路路线方向施工技术在复杂地形下的适应性分析

在复杂多变的地形条件下, 公路路线方向施工技术的适应性成为衡量公路建设成功与否的关键指标。复杂地形不仅考验着施工技术的先进性与实用性, 更要求工程团队能够灵活应对各种挑战, 确保公路的安全、经济与可持续发展。

3.1 平面线形施工技术适应性

平面线形施工技术是公路路线设计的基础, 其核心

在于确保公路线形的连续、顺畅与安全。在复杂地形下, 如山区、丘陵地带, 地形起伏大, 沟谷纵横, 这对平面线形施工技术的适应性提出了更高要求。传统平面线形设计往往采用直线、圆曲线和缓和曲线等基本元素, 但在复杂地形中, 这些元素的应用需更加灵活多变。利用航拍、遥感等现代技术手段进行地形测绘, 可以更加精确地掌握地形特征, 为平面线形设计提供科学依据。随着智能化、自动化技术的发展, 平面线形施工过程中的精度控制、质量监测也得到了显著提升, 进一步增强了施工技术的适应性。

3.2 纵断面线形施工技术适应性

纵断面线形施工技术关乎公路的纵坡、竖曲线等要素, 直接影响公路的行车舒适性与安全性。在复杂地形下, 尤其是山区和丘陵地带, 纵断面线形设计需充分考虑地形起伏、地质条件及水文特征。例如, 在山区, 为避免过大的纵坡对车辆制动性能的影响, 常需采用分段设计, 将长陡坡分解为多个较短的坡段, 并设置必要的避险车道。利用地质雷达、钻探等手段探测地下情况, 避免穿越不良地质区域, 确保公路的稳定性。随着3D打印、智能建造等新兴技术的兴起, 纵断面线形施工过程中的定制化、精确化成为可能, 进一步提高了施工技术的适应性。

3.3 路基施工技术适应性

路基是公路的承重结构, 其稳定性直接关系到公路的使用寿命与行车安全。在复杂地形下, 路基施工技术需面对地形起伏、地质条件复杂、水文环境多变等多重挑战。例如, 在山区, 由于地形陡峭, 路基稳定性易受山体滑坡、泥石流等自然灾害影响, 因此需采取抗滑桩、挡土墙等加固措施。在软土地区, 则需采用桩基、地基处理等特殊技术, 以提高路基的承载力与抗变形能力。随着环保意识的增强, 路基施工过程中更加注重生态保护与恢复, 如采用生态护坡、植被恢复等技术, 减少施工对生态环境的影响。这些技术的发展与应用, 显著增强了路基施工技术在复杂地形下的适应性。

3.4 桥梁与隧道施工技术适应性

桥梁与隧道是跨越复杂地形、连接不同区域的关键工程结构。在复杂地形下, 如山区、沙漠地区, 桥梁与隧道的建设往往面临地形险峻、地质复杂、气候条件恶劣等多重挑战。例如, 在山区, 桥梁需跨越深谷、峡谷, 隧道则需穿越山体, 这要求施工技术必须具备高度的精确性、稳定性与安全性。随着大型吊装设备、盾构机、掘进机等先进施工装备的应用, 桥梁与隧道的施工效率与质量得到了显著提升^[3]。智能化、信息化技术的发

展,如BIM(建筑信息模型)、远程监控等,使得施工过程中的安全管理、质量控制更加高效、精确。针对特定地形的特殊施工技术,如悬索桥、斜拉桥的建造技术,以及软弱围岩隧道的施工技术,进一步增强了桥梁与隧道施工技术在复杂地形下的适应性。

4 提升复杂地形下公路路线方向施工技术适应性的策略

在复杂地形条件下,提升公路路线方向施工技术的适应性,是确保公路建设顺利进行、保障公路质量与安全的关键。

4.1 设计优化策略

设计优化是提升复杂地形下公路路线方向施工技术适应性的首要环节。通过精准的地形测绘与地质勘察,深入了解地形地貌、地质构造、水文条件等环境因素,为设计提供详实可靠的数据支持。在此基础上,采用灵活多变的设计理念,结合地形特点进行路线规划,既满足交通需求,又减少对环境的影响。针对山区、丘陵地带等地形起伏大的区域,采用顺应地形的路线设计,如回头曲线、S形曲线等,减少对山体的切割,保护生态环境。同时合理设置避险车道、休息区等附属设施,提高行车安全性。对于地质条件复杂的区域,如断层、滑坡、泥石流易发区,采用地质雷达、钻探等先进技术进行详细勘察,依据地质条件进行针对性的设计,如设置抗滑桩、挡土墙等加固措施,确保公路的稳定性。在设计中融入生态环保理念,如采用生态护坡、植被恢复等技术,减少施工对生态环境的破坏,实现公路建设与自然环境的和谐共生。

4.2 施工技术创新与改进策略

施工技术创新与改进是提升复杂地形下公路路线方向施工技术适应性的核心。通过引进先进技术、优化施工工艺、提升装备水平,不断推动施工技术的创新与发展。积极引进无人机航拍、遥感测绘、3D打印、智能建造等先进技术,提高施工过程中的精度控制、质量监测与安全管理水平。例如,利用无人机进行地形测绘,可以快速获取高精度地形数据,为设计提供科学依据;3D打印技术则可以实现复杂结构件的定制化生产,提高施工效率与质量。针对复杂地形下的特殊施工环境,优化施工工艺,如采用模块化施工、预制构件拼装等技术,减少现场作业量,提高施工效率^[4]。同时加强对施工过

程中的环境保护与资源节约,实现绿色施工。引进先进施工装备,如大型吊装设备、盾构机、掘进机等,提高施工机械化、自动化水平。加强对施工装备的维护与保养,确保其稳定运行,降低故障率。

4.3 施工管理与风险控制策略

施工管理与风险控制是提升复杂地形下公路路线方向施工技术适应性的重要保障。通过加强施工管理、完善风险控制体系,确保施工过程的顺利进行与工程质量的的安全可控。建立健全施工管理体系,明确职责分工,加强沟通协调,确保施工过程的有序进行。加强对施工人员的培训与教育,提高其专业技能与安全意识,降低人为因素导致的安全风险。针对复杂地形下的特殊施工环境,建立完善的风险控制体系,包括风险评估、风险预警、应急处置等环节。通过定期开展风险评估,识别潜在的安全隐患与风险点,及时采取措施进行预防与控制;建立风险预警机制,对施工过程中可能出现的风险进行提前预警,为应急处置提供时间窗口;制定详细的应急处置预案,确保在突发事件发生时能够迅速、有效地进行应对,降低损失。在施工管理过程中,注重环境保护与安全管理,严格遵守相关法律法规与标准规范,确保施工活动不对环境造成破坏,同时保障施工人员的生命财产安全。

结束语

综上所述,复杂地形下公路路线方向施工技术的适应性提升,不仅关乎公路建设的质量与安全,更影响着区域交通网络的完善与经济发展。通过实施上述策略,有望克服复杂地形的挑战,推动公路建设向更高水平迈进,为构建安全、高效、绿色的交通体系贡献力量。未来,随着技术的不断进步与创新,公路施工技术的适应性将得到进一步提升。

参考文献

- [1]李建功.分析公路路线选线原则及设计要点[J].黑龙江交通科技,2020,43(11):46-47.
- [2]曹群.山区公路路线设计原则及要点分析[J].产业创新研究,2020(14):150-151.
- [3]王玲玲,朱媛.山区复杂地形公路路线设计研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(06):224+226.
- [4]赵海梅.山区公路路线布设原则及其方案策略研究[J].大众标准化,2020(05):45-46.