

公路设计中路基沉降控制与优化措施研究

● 穆向荣



[摘要] 在公路设计过程中,路基的沉降控制是确保公路长期稳定性的关键因素之一。由于路基土壤的物理性质及外部环境的影响,沉降问题不仅影响道路的使用寿命,还可能导致交通安全隐患。优化路基沉降控制方法,合理选择沉降控制技术及其材料,是提高公路建设质量的重要任务。研究探讨了不同沉降控制方法的适用性与效果,包括土质改良、沉降监测技术以及综合沉降控制策略等方面。通过分析实际案例与实验数据,提出了一些行之有效的优化措施,并结合不同地区和路基类型的特点,指出了控制路基沉降的最佳方案。研究结果为未来公路建设提供了参考,有助于提高路基设计的科学性与实用性。

[关键词] 路基沉降;控制措施;优化设计

在公路建设中,路基的沉降控制一直是设计与施工过程中的难点之一。路基的沉降不仅影响道路的平整度和舒适性,还可能加速结构的损坏,导致安全隐患。由于路基土壤性质差异较大,外部荷载与环境因素变化复杂,如何有效预防和控制沉降成为公路建设中的关键问题。随着工程技术和材料科学的发展,路基沉降的控制方法也在不断创新,从传统的土质加固到现代的多维度沉降监测和智能调控技术,都已有了显著的进展。研究优化路基沉降控制的措施,不仅能为施工过程提供科学指导,还能够在长期使用过程中降低维护成本、延长道路使用寿命。探索与优化这些沉降控制技术,对于提升公路建设质量和确保交通安全具有重要的现实意义。

Q 路基沉降问题的成因与影响

(一) 土质因素对路基沉降的影响

路基沉降与土质的物理性质密切相关。不同类型的土壤具有不同的压缩性、黏聚性和抗剪强度,这直接影响到土壤的变形行为。对于松散的砂土或含水较高的粘土,受荷载作用时容易发生较大程度的沉降。尤其是湿陷性土、膨胀土等土质,其在水分变化或温度变化的条件下容易发生膨胀或收缩,导致路基不均匀沉降。土壤的颗粒结构、密实度及其对外界荷载的反应特征也决定了其沉降的速度与幅度。

(二) 环境因素与荷载作用对沉降的影响

环境因素对路基沉降有着重要的影响,特别是气候变化、降水量和温度波动等。频繁的降水或长时间的湿润状

态容易引起土壤的水分变化,从而导致土质的膨胀或压实,影响路基的稳定性。温差较大的地区,土壤的热胀冷缩效应会进一步加剧路基的沉降。在荷载方面,车辆荷载是路基沉降的主要外部因素,随着交通量的增加,荷载频繁作用在路基上,容易引起土壤的逐步压实,形成沉降。荷载作用的大小和周期性也直接影响到路基沉降的稳定性和均匀性。

(三) 路基沉降对公路结构及交通安全的潜在风险

路基沉降会导致公路路面的变形,特别是发生不均匀沉降时,容易形成车辙、裂缝等现象,这不仅影响路面平整度,还会对行车舒适性和交通安全构成威胁。沉降导致的路面不平可能引起车辆的剧烈晃动,增加驾驶难度,甚至导致交通事故的发生。沉降还会影响公路的排水系统和桥梁的结构稳定性,可能引发水土流失或桥基不均匀沉降,造成桥梁结构的损坏。路基沉降问题不仅影响公路的使用寿命,还会增加养护成本,影响公路的服务能力和安全性能。

Q 常见路基沉降控制技术分析

(一) 土质改良技术与优化设计

土质改良是解决路基沉降问题的常用手段,通过改善土壤的物理和力学性能,提高其承载能力与稳定性。常见的土质改良方法包括水泥、石灰、粉煤灰等稳定剂的添加,这些改良材料可以有效降低土壤的压缩性和提高抗剪强度。对膨胀土、软弱土等特殊土质,采用注浆、加筋等技术可进一步增强其结构稳定性和承载力。土质改良的优化设计需考虑改良材料的配比、处理深度以及施工工艺等因素,确保

路基在长期荷载作用下的沉降符合设计要求。对于不同地区的地质特点，土质改良设计需要进行针对性的调整，以提高整体路基的稳定性和安全性。

如表 1 所示，土质改良方法的选择与施工周期、适用范围

表 1 土质改良与沉降控制技术参数

改良方法	处理深度(m)	材料配比(水泥:土)	强度提升(%)	施工周期(一天)	适用范围
水泥稳定法	1.5~3	1:10	30~40	10~15	软土、粘土
石灰改良法	1~2	1:12	20~30	7~12	粘性土
注浆加固法	10~20	—	40~50	20~30	膨胀土
深层搅拌法	3~5	—	50~60	30~40	软弱土

(二) 沉降监测技术的应用与发展

沉降监测是路基沉降控制中不可或缺的一部分，通过实时监测土体的沉降变化，能够及时发现沉降问题并采取相应的措施。常见的监测技术包括水准测量、光电自动监测系统、沉降点监测等。随着技术的发展，智能化监测系统逐渐应用于沉降监测，能够通过远程数据采集与分析，为沉降控制提供更加精准的数据支持。这些系统不仅提高了监测效率，还能预警可能发生的沉降异常，为后期的路基加固与修复提供科学依据。沉降监测技术的发展趋势包括精度更高、覆盖范围更广，以及与大数据、人工智能技术的结合，提高数据处理和预测分析的能力。此类技术的不断进步，使得公路沉降控制更加智能化和精准化。

(三) 加固与支撑系统在沉降控制中的作用

加固与支撑系统在路基沉降控制中扮演着至关重要的角色，尤其是在软土、膨胀土等地质条件较差的区域。加固技术通过增加路基的抗压强度，减少土体沉降，常用的方法包括深层搅拌、灌浆加固、土工格栅加固等。这些方法可以有效地提高土体的稳定性，减少沉降带来的不利影响。在路基的支撑系统方面，支撑结构如桩基、挡土墙等可以提供必要的支撑力，防止路基因沉降而发生不均匀沉降或失稳。支撑系统的设计需要综合考虑土层的厚度、土壤的性质以及外部荷载的作用，以确保其长期稳定性和安全性。加固与支撑技术的配合使用，可以显著提高路基沉降控制的效率和可靠性。

Q 路基沉降的综合控制与优化策略

(一) 多措施协同控制的效果分析

多措施协同控制是路基沉降管理中的一种重要策略，通过不同控制手段的结合，能够有效提高沉降控制的效果。这种方法通常结合了土质改良、加固技术、沉降监测和支撑系统等多种措施，以便在不同阶段进行精细化调整。综合运用土质改良材料和结构加固技术，可以有效地减缓土体的沉降速度，提高路基的承载能力。同时，实时的沉降监测系统可以提供数据支持，帮助管理人员及时调整加固方案，

围和效果密切相关。不同的改良方法在不同土质条件下展现出不同的沉降控制效果，合理的材料配比与施工深度决定了改良效果的最终表现。

避免出现沉降过度的情况。该方法的优势在于它能够灵活应对不同路基土质和环境条件，通过精细化的技术配合，实现沉降控制的优化效果。

(二) 适应性设计方法与技术创新

适应性设计方法强调根据土质、气候及交通荷载的变化，灵活调整设计策略与技术手段，以应对不同环境条件下的沉降问题。该方法能够根据土壤的沉降规律和变化趋势，动态调整路基设计，确保其在长期使用中的稳定性与安全性。随着技术的进步，新型材料和智能化技术在路基设计中的应用越来越广泛，提升了设计精度和效率。创新的设计方法不仅增强了路基的承载力，还有效减少了不均匀沉降带来的潜在风险。基于大数据和实时监测的设计与施工技术，使得沉降控制更加精准和响应迅速，为复杂地质和气候条件下的公路建设提供了更加灵活、高效的解决方案，确保了公路的长期可靠性与安全性。

(三) 综合优化方案的实施路径

在路基沉降控制中，综合优化方案将土质改良、加固支撑、智能监测和动态调整等技术有机结合，形成了一套完整的控制体系。某高速公路项目的路基土质复杂，主要为软土和膨胀土，沉降问题严重。项目团队采取了深层搅拌、灌浆加固和土工格栅加固等措施，并结合实时沉降监测系统进行动态监控。通过数据采集与分析，设计团队及时调整加固方案，确保沉降量控制在设计范围内，保障了路基的长期稳定性。该项目的成功实施展示了综合优化方案在复杂地质条件下的有效性与应用价值。

Q 不同地质条件下的路基沉降控制方案

(一) 软土地区的沉降控制技术

在软土地区，沉降问题常常由于土壤的高压缩性和低承载力而变得尤为突出。为了有效控制软土地区的沉降，通常采用多种技术手段。土质改良是其中的重要方法，通过添加水泥、石灰等稳定剂来提高软土的强度和稳定性。深层搅拌技术和注浆加固法也广泛应用于软土区，通过改变土体的物理性质来减少沉降。为了进一步提高路基的稳定

性,还可以采取分层施工的方式,逐层压实土体,避免由于一次性填土过高而引发的沉降过快。在这些技术的综合运用下,能够有效提高软土地区路基的承载能力,减少长期荷载作用下的沉降变形,保证道路的使用安全。

(二)山区和复杂地形中的路基设计

山区和复杂地形中的路基设计面临着多重挑战,特别是在土层厚度、土质类型以及地形起伏较大的情况下,沉降问题尤为严重。路基设计需要考虑地形变化引起的应力分布不均问题,合理选择加固与支撑措施。针对山区特殊的地质条件,通常采用桩基加固技术和深层注浆加固方法,确保路基具有足够的抗沉降能力。在复杂地形中,还需要通过合理的水文分析,设计有效的排水系统,防止积水引起土体软化或沉降过大。为了适应山地环境的多变性,路基施工过程中需要灵活调整设计方案,避免因土体沉降和岩体滑移引发的路基失稳。

(三)城市及交通密集区的特殊设计要求

在城市及交通密集区,路基设计必须考虑到密集的基础设施、复杂的地下管线和高强度的交通荷载。在这些区域,由于地面沉降可能对周围建筑物、道路及其他公共设施造成影响,沉降控制显得尤为重要。为了减少不均匀沉降的发生,常常采用高强度材料进行路基加固,例如使用高密度的土工布、土工格栅等强化路基的承载力。城市地区的路基设计需要精确的沉降监测,利用现代化的监测技术对沉降过程进行实时跟踪,以便快速响应并及时调整设计方案。在交通流量大、车速高的区域,还需要通过增加路基的结构深度,分散荷载压力,从而降低沉降速度。

Q 未来公路设计中的沉降控制挑战与对策

(一)新型材料与智能技术的应用前景

新型材料与智能技术在沉降控制中的应用前景广阔,能够有效提升路基的稳定性和耐久性。近年来,智能传感器和物联网技术的结合为沉降监测提供了实时、精准的数据支持。这些技术不仅能实时采集路基沉降信息,还能够通过数据分析预测潜在问题,提供科学的决策依据。采用新型环保材料,如自修复材料、超高性能混凝土等,可以提高路基的自适应能力,延长使用寿命。这些材料在提高承载力和抗沉降能力的同时,还具备较好的环境适应性。

(二)沉降控制中的生态与环境保护问题

沉降控制中的生态与环境保护问题日益受到关注,特别是在路基设计和施工过程中,必须考虑对环境的长期影响。传统的加固和改良材料中,部分材料含有有害化学物质,可能对周围生态环境造成负面影响。为此,采用绿色环保材

料成为沉降控制中的重要趋势。例如,使用可再生材料或低污染的地基加固材料,不仅可以减少对土壤、水源等自然资源的污染,还能有效保护周围生态系统。在沉降监测和控制过程中,考虑生态修复技术,例如植被恢复和湿地治理,也有助于减少沉降对自然环境的干扰,确保项目建设与生态保护的双赢。

(三)未来路基设计中沉降控制的技术演进

未来路基设计中的沉降控制技术将呈现更加智能化和系统化的趋势。随着大数据分析、人工智能和自动化技术的应用,沉降监测与控制将不再依赖传统的人工巡查,而是通过智能系统进行全程监控与预警。这些智能系统能够通过历史数据和实时数据的分析,预测沉降趋势并提供优化的控制方案。新型土壤改良技术和加固材料的不断创新,也为路基沉降问题提供了更具高效性和可持续性的解决方案。未来路基设计中,沉降控制不仅注重技术的多元化和智能化,还将更加重视生态环境的保护和资源的节约,推动绿色建设和可持续发展的实现。

Q 结束语

路基沉降控制在公路设计中具有重要的意义,随着新型材料和智能技术的不断发展,沉降控制的效果将逐步提高。通过多措施协同控制、适应性设计和综合优化方案,能够有效应对不同地质条件下的沉降问题。未来,随着环保理念的融入和技术的进步,沉降控制不仅将更加高效精准,还将注重生态与环境的保护。创新技术和智能化方案的广泛应用,必将推动路基设计向更加安全、绿色和可持续的方向发展。

参考文献

- [1]杨霖.公路沉降段路基路面的设计要点分析[J].运输经理世界,2022(27):7-9.
- [2]张志伟.公路桥梁沉降段路基路面设计要点分析[J].山西交通科技,2022(04):88-91.
- [3]金林,徐宇峰.公路工程沉降段路基路面设计要点研究[J].运输经理世界,2021(01):49-50.
- [4]代珊珊.公路工程沉降段路基路面设计要点分析[J].工程技术研究,2020,5(11):227-228.
- [5]王兴旺.公路沉降段路基路面的设计要点分析[J].交通世界,2019(18):56-57.

作者简介:

穆向荣(1981—),男,汉族,山东济南人,本科,高级工程师,山东同舟工程咨询有限公司,研究方向:交通工程技术。