

高寒地区公路路基冻胀病害防治技术探讨

李 波

乌兰察布市金达公路建设开发有限责任公司 内蒙古 乌兰察布市 012000

摘 要: 在高寒地区,公路路基冻胀病害是影响公路正常使用和使用寿命的关键问题。本文针对高寒地区公路路基冻胀现象,分析了冻胀产生的主要原因,包括土的性质、水分条件、温度变化等因素。在此基础上,探讨了一系列防治技术,如材料改良技术、结构设计优化技术、工程措施应用技术以及监测与预警技术等。通过对这些技术的研究和分析,为高寒地区公路路基冻胀病害的防治提供了参考,以提高公路的稳定性和耐久性,保障交通的安全畅通。

关键词: 高寒地区;公路路基;冻胀病害;防治技术

1 引言

高寒地区由于其独特的气候条件,冬季寒冷漫长,气温极低,公路路基极易发生冻胀病害。路基冻胀会导致路面出现开裂、隆起、变形等问题,不仅影响公路的平整度和行车舒适性,还会缩短公路的使用寿命,增加养护成本。严重时,甚至会引发交通事故,对人民的生命财产安全造成威胁。因此,深入研究高寒地区公路路基冻胀病害的防治技术,具有重要的现实意义和工程价值。

2 高寒地区公路路基冻胀的危害

2.1 对路面结构的破坏

路基冻胀现象会导致路面承受不均匀的向上推力,这种推力会使路面结构产生严重的应力集中,进而引发多种形式的裂缝,包括纵向裂缝、横向裂缝以及复杂的网状裂缝等。随着冻胀现象的反复发生,这些裂缝会逐渐扩展和加深,使得雨水和其他水分更容易渗透进入路基内部。水分的渗入不仅会进一步加剧路基的冻胀程度,还会加速路面的整体破坏进程。此外,由于冻胀引起的路面隆起和变形,车辆在行驶过程中会产生明显的颠簸感,这不仅严重影响了行车的安全性能,也大大降低了驾乘的舒适度。

2.2 对路基稳定性的影响

冻胀现象会对路基土体的结构造成显著的改变,进而降低土体的整体强度和稳定性。在冻胀过程中,土体内部的水分逐渐结冰并膨胀,这一过程会使土体颗粒之间的孔隙体积增大,导致土体的密实度显著下降。当春季气温回升,冻土开始融化时,土体中的水分会重新分布,这一过程往往会导致路基出现融沉现象。融沉不仅会进一步破坏路基的稳定性,还可能引发其他次生病害,使得路基的整体结构更加脆弱。

2.3 增加养护成本

由于路基冻胀病害的反复发生,公路管理部门不得

不频繁地进行养护和维修工作。养护过程中,不仅需要投入大量的人力资源、物资材料和资金支持,还会对公路的正常通行造成一定的影响,给交通运输带来诸多不便。长期下来,这种频繁的养护和维修不仅会大大增加公路的运营成本,还可能对公路的使用寿命和整体性能造成不可逆的损害。因此,路基冻胀病害的防治工作显得尤为重要,亟需采取有效的措施加以应对。

3 高寒地区公路路基冻胀的影响因素

3.1 土的性质

土的颗粒组成、矿物成分、塑性指数等性质对路基冻胀有着至关重要的影响。细粒土(如粉质土、黏质土)由于其颗粒极为细小,比表面积相对较大,吸附水分的能力显著增强,在冻结过程中容易产生较大的冻胀量。这是因为细小颗粒之间的孔隙较小,水分容易被吸附并冻结,从而导致体积膨胀。而粗粒土(如砂土、砾石土)由于颗粒较大,孔隙率较高,透水性较好,冻结时水分不易聚集,冻胀量相对较小。此外,土中的矿物成分也会显著影响冻胀性,含有亲水性矿物的土更容易发生冻胀,因为这些矿物能够吸附更多的水分,在冻结时产生更大的体积变化。

3.2 水分条件

水分是路基冻胀发生的必要条件,缺一不可。在冻结过程中,土中的水分会向冻结区迁移并逐渐结冰,从而导致冻胀现象的发生。路基土的含水率越高,冻胀量就越大,这是因为更多的水分在冻结时会占据更大的体积。同时,地下水位的高低也会直接影响冻胀程度。地下水位较高时,会为路基土提供充足的水源,使冻胀现象更加严重,甚至可能导致路基结构的破坏。此外,地表水的渗入也是导致路基含水率增加的重要原因,如路面排水不畅、边沟积水等情况都会使水分进入路基,进一步加剧冻胀问题。

3.3 温度变化

温度作为影响路基冻胀的核心因素,扮演着至关重要的角色。在冬季,随着气温的逐渐降低,路基土中的水分开始进入冻结状态。随着温度的不断下降,冻结的深度也会随之加深,进而导致冻胀量的逐步增加。冻结速度的快慢对冻胀的影响尤为显著:当冻结过程较为迅速时,水分没有足够的时间向冻结区域迁移,因此冻胀量相对较小;相反,在缓慢冻结的情况下,水分有充足的时间进行迁移并逐渐聚集,从而导致冻胀量显著增大。此外,每年的冻结深度以及冻结时间的长短也会对路基冻胀产生累积效应,长期的冻胀累积会对路基结构造成严重的破坏,影响其稳定性和使用寿命。

3.4 荷载作用

车辆荷载对路基冻胀的影响同样不容忽视。在车辆荷载的反复作用下,路基土体会经历压实和变形的过程,这一过程会改变土体的孔隙结构和水分分布状况,进而影响其冻胀特性。长期的车辆荷载作用不仅会加剧路基的疲劳破坏,还会使冻胀病害愈发严重,甚至可能导致路基的整体失稳,威胁行车安全。此外,车辆荷载的不均匀分布也会导致局部区域的冻胀现象更加剧烈,这种局部的冻胀加剧会进一步影响路基的整体使用寿命和安全性能,给道路维护和管理带来更大的挑战。

4 高寒地区公路路基冻胀病害防治技术

4.1 材料改良技术

换填法是一种有效的路基改良技术,其核心原理是将路基上层的冻胀性土层替换为非冻胀性或弱冻胀性的土壤,例如砂土、砾石土等。通过这种替换操作,可以显著改变路基土的物理和化学性质,从而有效减少路基在低温条件下的冻胀量。换填的深度需要根据当地的气候条件、冻结深度以及土层的冻胀特性进行科学确定,一般情况下,换填深度应控制在冻结深度的0.5至1.0倍之间。在实施换填过程中,必须确保所使用的换填材料具有良好的级配特性,并且压实度要严格符合工程技术要求,这样才能有效提升路基的整体稳定性和耐久性。

此外,向路基土中添加适量的化学添加剂也是一种常见的改良方法。这些添加剂主要包括石灰、水泥、粉煤灰等。石灰能够与土中的黏粒发生化学反应,生成稳定的化合物,从而提高土体的强度和水稳定性,显著减少冻胀现象。水泥则通过其胶结作用,使土颗粒之间的连接更加牢固,增强路基的整体性和抗冻性能。粉煤灰则因其具有一定的火山灰活性,能够与土中的水分发生反应,进一步改善土的工程性质。添加剂的具体掺量需要通过试验进行精确确定,以确保达到最佳的改良效果。

4.2 结构设计优化技术

合理设计路基高度是降低地下水位对路基影响的重要措施。通过适当提高路基的高度,可以使路基土层远离地下水位,减少水分的补给,从而有效降低冻胀量。在设计路基高度时,必须综合考虑当地的地下水位、冻结深度、土层性质等多种因素,确保路基顶面距离地下水位的垂直高度大于最小临界高度,以保障路基的长期稳定性。

完善的排水系统对于减少路基冻胀也至关重要。排水系统包括路面排水、边沟排水、截水沟排水、盲沟排水等多个组成部分。路面排水应设置路缘石、拦水带等设施,确保路面雨水能够顺利排入边沟。边沟设计应具备足够的坡度和断面尺寸,以保证排水畅通无阻。对于地下水位较高的路段,可以设置盲沟,将地下水有效引出路基范围,防止水分积聚。通过这些排水措施,可以及时排除路基中的多余水分,减少冻胀现象的发生。

在路基表面设置保温层是另一种有效的防冻胀措施。保温层材料应选择具有良好保温性能的材料,如聚苯乙烯泡沫板、聚氨酯泡沫板等。保温层的厚度需要根据当地的气候条件和冻结深度进行科学计算和确定,一般情况下,保温层可以铺设在路基顶面或路面结构层中,以有效减少路基土的冻结深度和冻胀量,提升路基的整体稳定性。

4.3 工程措施应用技术

对路基土进行充分压实是确保路基稳定性的关键环节之一。通过有效的压实作业,可以显著减少土体内部的孔隙率,进而提高土体的密实度。这种密实度的提升不仅能够有效降低土体的透水性,防止水分过多渗入路基,还能显著减少土体的冻胀性,避免在低温环境下因水分冻结而引起的路基变形。在具体的压实过程中,必须根据路基土的具体性质,如颗粒大小、含水率等,选择最为合适的压实机械和压实方法。只有这样,才能确保压实度达到设计要求,保证路基的长期稳定。特别是对于细粒土,由于其颗粒细腻,对含水率的变化较为敏感,因此必须在最佳含水率范围内进行压实,以确保压实效果。

注浆加固技术是处理路基病害的另一种有效手段。通过向路基土中注入水泥浆、化学浆液等加固材料,可以填充土体中的孔隙,改善土体的整体性质,从而提高路基的强度和稳定性。这种方法特别适用于处理路基中的松散土层、裂隙等病害,能够有效减少冻胀和融沉现象的发生。在进行注浆作业时,必须严格控制注浆压力和注浆量,避免因过度注浆而对路基造成不必要的扰动,影响路基的整体稳定性。

隔断层技术在防止路基冻胀方面也发挥着重要作用。隔断层的主要功能是阻止水分向路基冻结区迁移,

从而有效减少冻胀量。常用的隔断层材料包括土工布、塑料薄膜等,这些材料具有良好的隔水性能。隔断层的铺设位置应选择在路基冻胀性土层的上方,且其铺设范围应超出路基边缘一定距离,以确保隔水效果。同时,根据具体工程需求,隔断层应选择具有良好的透水性或不透水性的材料,以确保其在不同环境条件下的有效性。

4.4 监测与预警技术

在高寒地区,公路路基冻胀病害的监测是一项至关重要的工作。监测内容主要包括路基土的温度、含水率、冻胀量、融沉量等关键参数。通过对这些参数的持续监测,可以及时掌握路基的冻胀情况,为制定科学合理的防治措施提供有力依据。

常用的监测方法主要分为人工监测和自动化监测两大类。人工监测是通过定期派遣技术人员到现场,使用专业仪器测量路基的冻胀量、含水率等参数。这种方法虽然成本较低,但受限于人力和时间,监测频率和精度相对有限。而自动化监测则是利用先进的传感器、数据采集系统等设备,对路基参数进行实时监测,并将采集到的数据实时传输到监控中心进行分析处理。自动化监测具有监测精度高、实时性强等显著优点,但其高昂的成本也是不容忽视的因素。

建立路基冻胀预警系统是防范路基冻胀病害的重要手段之一。该系统可以根据实时监测到的数据,及时发出预警信息,提醒相关部门采取相应的防治措施。预警系统的设计应充分考虑当地的冻胀情况和公路的重要性,设置不同的预警级别。当监测数据达到预设的预警阈值时,系统应立即发出预警信号,确保相关部门能够迅速响应,采取有效措施,防止病害进一步发展。

5 工程案例分

5.1 工程概况

某公路位于高寒地区,全长50km,设计时速为60km/h。该路段所在地区冬季寒冷漫长,最低气温可达-30℃,冻结深度为1.5-2.0m。路基土主要为粉质黏土,具有较强的冻胀性,且地下水位较高,导致该路段在运营过程中出现了严重的冻胀病害,路面开裂、隆起现象较为普遍,影响了行车安全。

5.2 防治措施

针对该路段的冻胀病害,采取了以下防治措施:

材料改良:对路基上层30cm厚的粉质黏土进行换填,换填材料为级配良好的砾石土,并掺入5%的石灰进行改良。

结构设计优化:提高路基高度0.5m,设置完善的排水系统,包括边沟、截水沟和盲沟,确保排水畅通。在

路基顶面铺设5cm厚的聚苯乙烯泡沫板作为保温层。

工程措施:对路基进行充分压实,压实度达到96%以上。对部分松散路段进行注浆加固处理,注入水泥浆改善土的性质。

监测与预警:在该路段设置了自动化监测系统,实时监测路基土的温度、含水率和冻胀量,建立了预警系统,及时发出预警信息。

5.3 防治效果

经过上述防治措施的实施,该路段的路基冻胀病害得到了有效控制。路面开裂、隆起现象明显减少,行车舒适性和安全性得到了提高。通过监测数据显示,路基的冻胀量较之前减少了60%以上,融沉量也得到了有效控制。该工程案例表明,采用综合防治措施可以有效解决高寒地区公路路基冻胀病害问题。

6 结论与展望

6.1 结论

高寒地区公路路基冻胀病害是由土的性质、水分条件、温度变化、荷载作用等多种因素共同作用的结果。通过采用材料改良技术、结构设计优化技术、工程措施应用技术以及监测与预警技术等综合防治措施,可以有效减少路基冻胀量,提高公路的稳定性和耐久性。工程案例表明,这些防治技术具有良好的应用效果。

6.2 展望

随着科技的不断发展,高寒地区公路路基冻胀病害的防治技术也将不断创新和完善。未来的研究方向可以包括新型保温材料的研发、智能化监测与预警系统的应用、冻胀机理的深入研究等。同时,应加强对防治技术的经济性和环保性研究,在保证防治效果的前提下,降低工程成本,减少对环境的影响。通过不断的研究和实践,为高寒地区公路建设提供更加先进、可靠的冻胀病害防治技术,促进交通运输事业的发展。

参考文献

- [1]余阳.高寒地区公路路基冻胀机理及处治措施研究[J].大众标准化,2020,(05):24-25.
- [2]张增强.谈高寒地区公路路基施工与质量控制[J].山西建筑,2017,43(03):135-136.DOI:10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2017.03.070.
- [3]冯守中,闫澍旺,崔琳.严寒地区路堑边坡破坏机理及稳定计算分析[J].岩土力学,2009,30(S1):155-159. DOI:10.16285/j.rsm.2009.s1.025.
- [4]王贺,李彦辉.高寒地区确保公路施工质量的方法及措施[J].科技创新导报,2008,(15):40. DOI:10.16660/j.cnki.1674-098x.2008.15.028.