

路基换填技术在公路施工中的应用

任 红

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：随着我国公路交通事业的蓬勃发展，对公路工程质量提出了更高要求。路基作为公路的基础结构，其稳定性与承载能力直接关乎公路的整体性能与使用寿命。路基换填技术作为一种有效的路基处理方法，在应对软土、湿陷性黄土等不良地质条件时发挥着关键作用。本文详细阐述了路基换填技术的原理、适用范围、施工流程、质量控制要点以及在实际公路施工案例中的应用情况，旨在为公路工程从业者提供全面的理论与实践参考，推动路基换填技术的科学应用，保障公路工程建设质量。

关键词：路基；换填技术；公路；应用

引言：公路是国民经济发展的动脉，其建设质量至关重要。在公路施工过程中，经常会遇到各种复杂的地质条件，如软土、湿陷性黄土、杂填土等，这些不良地质路基若不加以妥善处理，极易引发路基沉降、路面开裂、桥头跳车等病害，严重影响公路的行车舒适性、安全性以及使用寿命。路基换填技术通过挖除不良路基土，换填优质材料，能够显著改善路基的物理力学性能，为公路的稳定运行奠定坚实基础，是当前公路施工中广泛应用的关键技术之一。

1 路基换填技术原理

路基换填技术的核心原理基于土力学基本理论。当原路基土由于成分、结构等原因导致其强度、压缩性、透水性等指标不能满足公路设计要求时，将其挖除，代之以符合要求的材料。换填后，新的路基材料在压实作用下形成密实结构，能够有效承载路面传来的行车荷载，并将其均匀分散至路基深处。例如，对于软土路基，其天然含水量高、孔隙比大、抗剪强度低，在车辆荷载作用下易产生较大变形。换填粗粒土或灰土等材料后，粗粒土的骨架作用增强了路基的整体稳定性，灰土的水硬性则可改善路基的水稳性，二者协同作用，使路基能适应交通需求。

2 适用范围

2.1 软土路基

软土路基因其独特的物理力学性质，给公路建设带来了极大的挑战。软土的高含水量、大孔隙比以及低强度等特点，使得路基在施工过程中容易出现侧向挤出、隆起等问题，而在运营期间则可能持续沉降，严重影响公路的使用性能和安全性。针对软土路基，换填技术成为了一种经济有效的解决方案。当软土厚度小于3米时，采用换填技术能够显著提升路基的承载能力。通过换填

高强度、低压缩性的材料，如砂砾石、碎石等，可以有效降低路基的压缩性，减少沉降量。同时，换填材料还能够提供足够的侧向支撑力，防止路基发生侧向挤出和隆起。在实际应用中，换填技术的施工方法和换填材料的选择应根据软土的具体性质和工程要求进行综合考虑。例如，对于含水量较高的软土，可以采用排水固结法进行处理，以降低其含水量并提高强度；对于强度较低的软土，则可以选择强度较高的换填材料，如水泥稳定碎石等^[1]。

2.2 湿陷性黄土路基

湿陷性黄土主要分布于我国西北、华北等地区，其遇水浸湿后土体结构迅速破坏，发生显著下沉，对路基的稳定性构成严重威胁。对于湿陷性黄土层较薄且等级较低的路段，换填技术成为了一种有效的处理措施。通过换填灰土等材料，可以消除湿陷性黄土的湿陷性，提高路基的稳定性。灰土中的石灰与黄土中的矿物质发生化学反应，生成具有胶凝性的物质，这些物质能够填充孔隙，增强土体的强度。同时，灰土材料还具有良好的水稳性和抗渗性，能够有效防止水分侵入路基，进一步保障路基的稳定性。在实际应用中，换填灰土的施工方法和质量控制应严格按照相关规范进行。例如，灰土的配合比应根据工程要求进行设计，施工时应严格控制含水量和压实度，以确保换填材料的质量和性能。

2.3 杂填土路基

杂填土路基，这一特殊类型的路基结构，在城市改扩建工程中屡见不鲜。由于历史原因或场地限制，原场地往往堆积了大量的建筑垃圾、生活垃圾以及各种工业废渣等杂物。这些杂物种类繁多，性质各异，导致了路基土质的复杂性和不均匀性。这种复杂且不均匀的路基土质给施工带来了极大的困难。一方面，杂填土中的不

良成分如有机质、腐殖质等,难以通过常规的压实方法达到理想的密实度,从而无法为公路提供可靠的承载。另一方面,杂填土中的大块垃圾和硬质物质还可能对路基的均匀性和稳定性造成严重影响,增加公路运营期间的安全隐患。为了应对杂填土路基带来的挑战,换填技术应运而生。这项技术通过挖除原有的杂填土,并换填级配良好的砂石料或素土等材料,从根本上解决了杂填土路基的土质问题。换填材料的选择至关重要,它们不仅需要具备良好的物理和力学性质,还需要能够适应公路运营期间的各种荷载和环境条件。换填技术的实施不仅消除了杂填土中的不良成分,提高了路基的均匀性和压实度,还为公路结构提供了足够的承载能力。这使得公路在运营期间能够更好地抵抗各种荷载和变形,保障了公路的完整性和安全性^[2]。

3 路基换填技术施工流程

3.1 施工准备

(1) 地质勘察。施工前需对路基进行详细的地质勘察,采用钻探、原位测试等方法,准确测定不良路基土的分布范围、厚度、物理力学性质,为换填设计提供精准数据。例如,通过标准贯入试验确定软土的密实度,用静力触探了解土的力学分层。(2) 材料准备。依据设计要求,准备换填材料。若换填灰土,需提前采购符合质量标准的石灰与土料,石灰应保证有效钙镁含量,土料的塑性指数宜在12-20之间;换填砂石料时,要确保砂石级配连续,含泥量控制在规定的范围内,如高速公路砂石换填含泥量不超3%。材料进场后应分类堆放,并做好防雨、防潮措施。(3) 测量放线。根据设计图纸,利用全站仪、水准仪等仪器进行现场测量放线,确定换填边界、深度控制点,设置明显的标志桩,为后续施工提供准确的平面与高程基准。

3.2 挖除不良路基土

(1) 分层开挖是关键。根据设计的换填深度,我们采用挖掘机等专业的机械设备进行分层开挖。每层开挖的厚度被严格控制在30厘米以内,这样的厚度既便于我们精确控制开挖的深度,又能有效维护边坡的稳定性。在开挖过程中,特别是面对软土路基时,我们必须时刻关注路基的变形情况。一旦发现路基有侧向位移增大等异常现象,应立即停止开挖作业,并迅速采取加固措施,以防止事态的进一步恶化。(2) 边坡的防护同样不容忽视。对于较深的换填基坑,边坡的稳定性直接关系到整个工程的安全。因此,在开挖过程中,我们需要根据边坡的土质情况,选择合适的支护方式。若土质较差,我们可以采用挂网喷浆、土钉墙等支护技术来增强

边坡的稳定性。例如,在软土边坡上,我们可以采用土钉墙支护。土钉的间距和长度需要根据边坡的高度和土体的力学参数进行精确计算。同时,我们还需要在坡面上铺设钢筋网,并喷射混凝土,以进一步增强边坡的抗滑能力,防止坍塌事故的发生。

3.3 换填材料铺设

在挖除不良路基土后,接下来便是换填材料的铺设。这一环节同样需要我们进行精细的操作和严格的质量控制。(1) 灰土换填是一种常见的换填方式。我们将石灰与土按照设计的配合比在拌和场进行集中拌和。例如,当采用体积比为3:7的灰土时,我们需要确保拌和均匀,并将其运至施工现场。在铺设过程中,我们采用分层摊铺法,每层摊铺的厚度不超过20厘米。铺设完成后,我们使用平地机进行平整,再用压路机进行静压1-2遍,以初步压实灰土,使其分布均匀,为后续的碾压压实打下良好的基础。(2) 砂石换填则是另一种常见的换填方式。我们将砂石料采用装载机配合自卸汽车运输至坑底,并同样采用分层摊铺的方式。在摊铺过程中,我们需要人工配合机械挑拣出超粒径的颗粒,以保证砂石的级配符合设计要求。铺设完成后,我们先用振动压路机进行静压1遍,再振压3-4遍,使砂石料紧密嵌挤,形成稳定的结构。这样的操作方式不仅确保了换填材料的质量,还大大提高了路基的承载能力和稳定性^[3]。

3.4 压实作业

压实作业是路基处理中不可或缺的一环,它直接关系到路基的稳固性和承载能力。在压实作业中,我们不仅要选择合适的压实设备,还要严格控制压实参数,以确保换填材料的压实度达到设计要求。(1) 压实设备的选择至关重要。对于灰土换填,由于灰土的特性和压实要求,我们前期宜采用轻型压路机进行稳压,使灰土初步成型。后期则采用重型压路机(如20吨以上)进行碾压,以确保灰土的压实度达到高速公路路基的设计标准,即不低于95%。而对于砂石换填,我们则主要以振动压路机为主,利用其强大的激振力,使砂石颗粒紧密排列,形成稳定的路基结构。(2) 压实参数的控制同样关键。我们需要严格控制压实遍数、行驶速度以及压实厚度等参数。一般来说,压路机的碾压遍数不少于6遍,行驶速度控制在2-4公里/小时,以确保压实效果。同时,压实厚度应与摊铺厚度相匹配,避免出现“弹簧”现象或压实不足的情况。在压实过程中,我们还需要采用灌砂法、核子密度仪等先进的检测手段,实时监测压实度,确保每一层换填材料的压实都达到设计要求^[4]。

3.5 质量检测与验收

(1) 压实度检测。每完成一层换填材料的压实,立即进行压实度检测,按规定的检测频率(如每1000平方米至少检测3个点)随机抽样。若压实度未达标准,分析原因,如材料含水量问题、压实设备故障等,及时返工处理,直至压实度合格。(2) 平整度检测。利用3米直尺检测换填路基表面平整度,每20米检测1处,允许偏差一般为10毫米。对于平整度超标的部位,通过人工配合平地机修整,确保后续路面施工顺利进行。(3) 验收交付。当换填路基全部施工完成,各项质量指标检测合格后,整理施工资料,包括测量记录、材料试验报告、压实度检测报告等,提交监理、业主验收。验收通过后,方可进行后续路面等工序施工。

4 路基换填技术质量控制要点

4.1 材料质量控制

严格把控进场材料的规格、性能。如石灰应符合Ⅲ级以上标准,活性氧化物含量达标;砂石料的筛分曲线应在规定级配范围内,防止因材料质量不佳导致换填效果大打折扣。对材料进行定期抽检,建立质量追溯档案。在灰土拌和过程中,每台班至少抽检1次石灰剂量,确保配合比准确无误,一旦发现问题可迅速追溯到材料源头与施工环节。

4.2 施工工艺控制

开挖与摊铺环节,遵循分层、分段原则,保证施工顺序合理。严禁超挖、欠挖,确保换填深度与设计一致;摊铺时,材料均匀分布,避免出现离析现象。压实环节,严格执行压实参数,根据不同材料、不同层位灵活调整。如在接近路床顶面的换填层,压实度要求更高,需适当增加压实遍数或选用更大吨位压路机^[9]。

4.3 现场监测控制

在开挖、换填施工全过程,设立观测点,实时监测路基沉降、侧向位移等变形指标。如软土路基换填期间,每12小时观测1次,若位移速率超过5毫米/天,预警并采取加固措施,确保施工安全。对地下水位进行监测,尤其在湿陷性黄土、软土地区,水位波动可能影响换填效果。当水位上升接近换填基坑时,及时采取降水措施,维持施工环境稳定。

5 实际案例分析

5.1 工程概况

某二级公路改建工程,全长25公里,其中K5+000-K7+000路段穿越一片湿地,路基土为淤泥质软土,厚度约2.5米,天然含水量高达50%,孔隙比1.2,快剪强度极

低,无法满足公路设计承载能力要求。

5.2 路基换填方案

经综合评估,采用换填级配砂石方案。设计换填深度3米(超挖0.5米以保证换填效果),级配砂石最大粒径不超过50毫米,含泥量控制在2%以内,压实度要求达到96%。

5.3 施工过程与质量控制

施工准备阶段,详细勘察地质,确定软土边界与厚度,在周边设置排水系统降低地下水位;按标准采购、储备级配砂石,在现场设置材料试验检测点。开挖软土时,采用长臂挖掘机分层开挖,每层25厘米,边挖边用钢板桩支护边坡,防止坍塌。开挖完成后,及时清理坑底淤泥,经验收合格后开始摊铺级配砂石。级配砂石分三层摊铺,每层厚度30厘米,用装载机配合平地机平整,振动压路机按静压1遍、振压4遍、静压1遍程序碾压,每碾压一层检测压实度。施工过程中,在路基两侧设置观测点,每日监测沉降与位移,均未出现异常。

5.4 工程效果

该路段换填完成后,经1年运营期观测,路基沉降量控制在10毫米以内,路面平整度良好,未出现裂缝、坑洼等病害,有效保障了公路的行车舒适性与安全性,证明路基换填技术应用成功。

结论:路基换填技术在公路施工中针对不良地质路基处理成效显著,通过科学合理的施工流程、严格的质量控制,能够改善路基性能,提高公路工程质量。在未来公路建设中,随着地质条件的日益复杂以及交通需求的不断增长,路基换填技术仍需持续优化创新,在材料选用、施工工艺自动化、质量监测智能化等方面深入探索,为我国公路交通事业迈向更高台阶提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]冯鹏飞.探讨路基换填技术在公路工程中的应用[J].中国科技纵横,2020(17):94-96.
- [2]魏寿庆.地基换填工艺在公路路基施工中的应用[J].交通世界,2024(02):30-32.
- [3]刘勇,赵刚.路基换填材料力学性能对比分析[J].公路交通科技,2024(03):42-47.
- [4]王强,陈亮.复杂地质条件下路基换填深度优化研究[J].岩土工程学报,2024(04):63-68.
- [5]李明,孙悦.公路路基换填施工质量监督新技术应用[J].中国公路,2024(05):55-58.