

公路路基压实度实验方法及影响因素分析

杨妮

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要: 本文旨在详细探讨公路路基压实度的实验方法及其影响因素,通过对压实度检测技术的系统梳理和影响因素的深入分析,为公路施工提供理论依据和技术指导。压实度作为保证路面质量和使用寿命的关键指标,其准确测定和有效控制对提升公路整体性能具有重要意义。

关键词: 公路;路基;压实度;实验方法;影响因素

引言

公路作为现代交通的重要组成部分,其施工质量直接关系到行车安全和道路使用寿命。路基压实度作为评价路基施工质量的核心指标,其重要性不言而喻。本文将从实验方法和影响因素两个维度,对公路路基压实度进行全面分析。

1 公路路基压实度实验方法

1.1 灌砂法

灌砂法是一种经典且广泛应用的压实度检测方法,特别适用于测定基层、砂石路面及路基的各种材料压实层的密度和压实度。该方法基于体积替代原理,通过在被检测地点凿取一定量的土样,形成一个规则的试洞,然后用已知密度的标准砂填充这个试洞,并通过计算填充砂的质量来间接推算出土样的干密度,进而得到压实度指标。灌砂法的具体步骤如下:(1)试洞准备:在选定的检测地点,使用适当的工具(如洛阳铲或取土器)凿取一定量的土样,形成一个规则的试洞。试洞的形状和尺寸应根据实验要求确定,通常为圆柱形或方形。(2)试洞清理:清理试洞内的松土和杂物,确保试洞内壁光滑,无突出物。(3)标准砂填充:使用已知密度的标准砂填充试洞,填充过程中应确保砂粒均匀分布,无空洞和气泡^[1]。(4)质量测量:测量填充砂的质量,可以使用天平或电子秤进行精确测量。(5)干密度计算:根据填充砂的质量和试洞的体积,计算出土样的干密度。干密度 = 填充砂质量/试洞体积。(6)压实度计算:将计算得到的干密度与土样的最大干密度(通过实验室击实实验得到)进行比较,计算出压实度。压实度 = (实测干密度/最大干密度) * 100%。灌砂法具有操作简便、结果准确的优点,适用于多种土质和压实层材料的检测。然而,该方法也存在一些局限性,如耗时较长(因为需要凿取土样、填充砂粒、测量质量等多个步骤),对试洞尺寸有一定要求(试洞尺寸不准确会影响干密度的计算

结果),以及在某些特殊情况下(如试洞内壁不稳定、土样含水率过高或过低)可能导致实验结果偏差。

1.2 环刀法

环刀法是一种适用于测定细粒土及无机结合料稳定细粒土密度的实验方法。其核心在于使用一个具有标准体积的环刀,从待测土样中取出一定量的土,并通过测量这部分土的湿质量和含水量,来间接计算出其干密度。环刀法的具体步骤如下:(1)环刀准备:选择一把具有标准体积的环刀,确保其内壁光滑,无锈蚀或损坏。同时,准备好其他必要的工具,如天平、烘箱等。(2)土样选取:在待测土样中选取一个具有代表性的区域,确保该区域的土质均匀,无大颗粒或杂质。(3)取土样:将环刀垂直插入土样中,直至环刀完全填满。然后,用削土刀将环刀两端的余土削平,确保土样与环刀口面齐平。(4)湿质量测量:将取出的土样连同环刀一起放在天平上,测量其总质量,即湿质量。(5)含水量测定:从取出的土样中取一小部分,放入烘箱中烘干至恒重,然后测量其干质量。通过比较烘干前后的质量差,可以计算出土样的含水量。(6)干密度计算:根据环刀的标准体积、土样的湿质量以及含水量,可以计算出土样的干密度。干密度 = (湿质量 - 含水量对应的质量) / 环刀体积。环刀法具有操作简便、快捷的优点,特别适用于现场快速测定土样的密度。然而,该方法也存在一些局限性。首先,由于取土过程中会对土样产生一定的扰动,因此测量结果可能受到一定影响。其次,环刀法不适用于粗粒土的检测,因为粗粒土中的大颗粒可能无法被环刀完全切割和包含,导致测量结果不准确。

1.3 核子密度仪法

核子密度仪法是一种利用放射性元素测量土样密度的实验方法,具有非破坏性、快速高效的特点。该方法通过直接透射或散射法来测量土样的密度,特别适用于大面积、快速检测的需求,如公路、机场跑道等大面

积施工场地的质量控制。核子密度仪法的具体工作原理是：仪器内部的放射性源发射出伽马射线或中子，这些射线穿透土样并与土样中的原子核发生相互作用。通过测量射线的透射强度或散射强度，可以推算出土样的密度^[2]。该方法的优点在于：一是非破坏性：核子密度仪法不需要破坏土样，因此可以在不破坏路面结构的情况下进行密度测量。二是快速高效：相比传统的灌砂法或环刀法，核子密度仪法可以在更短的时间内完成更大面积的测量，提高检测效率。三是适用范围广：该方法适用于各种类型的土壤和压实层材料，包括细粒土、粗粒土以及无机结合料稳定土等。然而，核子密度仪法也存在一些局限性，最主要的是辐射安全风险。由于该方法涉及放射性元素的使用，因此必须严格按照操作规程进行，以确保人员安全和环境保护。具体来说，需要注意以下几点：（1）操作人员资质：只有经过专业培训并持有相应资质的操作人员才能使用核子密度仪。（2）安全防护措施：在操作过程中，操作人员必须佩戴个人防护装备，如防护服、手套、眼镜等。（3）仪器维护与校准：定期对仪器进行维护和校准，确保仪器的准确性和稳定性。（4）废弃物处理：对于使用过的放射性源和废弃物，必须按照相关规定进行安全处理和处置。核子密度仪法是一种快速、高效的土样密度测量方法，特别适用于大面积施工场地的质量控制。然而，在使用该方法时，必须严格遵守操作规程，确保人员安全和环境保护。

2 公路路基压实度影响因素分析

2.1 含水量

含水量是影响路基压实度的关键因素之一，它在很大程度上决定了土颗粒间的相互作用以及压实机械对土体的压实效果。土的最佳含水量，也称为最优含水量，是指在该含水量下，土颗粒间的润滑作用达到最佳状态，使得压实机械能够最有效地减小土体体积，提高压实度。当土的含水量低于最佳值时，土颗粒间的摩擦阻力增大，压实机械在压实过程中会遇到较大的阻力，导致压实效果不佳，压实度降低。此时，土体会显得过于干燥，土颗粒间的连接不够紧密，容易出现松散现象。相反，当土的含水量高于最佳值时，土体会变得过于湿润，土颗粒间会出现过多的水分膜，这会减弱土颗粒间的相互吸引力，使得压实过程中土体难以形成稳定的结构，同样会导致压实度降低。此外，过高的含水量还可能导致压实过程中出现“弹簧”现象，即土体在压实后迅速回弹，无法保持稳定的压实状态^[3]。因此，在路基施工过程中，严格控制土的含水量是至关重要的。为了将土的含水量调整至最佳状态，可以采取洒水或翻晒等措

施。当土的含水量过低时，可以通过洒水来增加水分；当土的含水量过高时，则可以通过翻晒来降低水分。通过这些措施，可以确保土体在压实过程中处于最佳的含水量状态，从而提高压实效果，保证路基的质量和稳定性。

2.2 碾压施工参数

碾压施工参数，包括碾压厚度、碾压遍数和碾压速度等，是直接影响压实效果的关键因素。这些参数的合理选择与调整，对于确保路基压实度达到设计要求至关重要。首先，碾压层厚度是一个需要严格控制的参数。过厚的碾压层会导致压实机械在压实过程中难以将土体充分压实，出现压实不均匀的现象，从而降低压实度。而过薄的碾压层则可能使土体过于松散，同样不利于压实。因此，通常需要根据土质类型和压实机械的性能来确定合适的碾压厚度，以确保压实效果最佳。其次，碾压遍数也是影响压实度的重要因素。适当增加碾压遍数可以使土体更加密实，提高压实度。然而，如果碾压遍数过多，不仅会导致压实效果提升缓慢，还可能破坏土体的结构，使压实度降低。因此，在实际施工过程中，需要根据土质、压实机械以及设计要求等因素来合理确定碾压遍数。最后，碾压速度的选择也对压实效果产生显著影响。如果碾压速度过快，压实机械在压实过程中可能无法将土体充分压实，导致压实不均匀。而碾压速度过慢则会延长施工时间，降低施工效率。因此，需要根据具体工况和压实机械的性能来选择合适的碾压速度，以确保压实效果和施工效率的平衡。

2.3 土质与级配

土质的物理力学性质及其级配对压实度具有显著影响。在路基施工中，土质的选择和级配的设计是确保压实度达到设计要求的关键环节。首先，土质的物理力学性质是决定压实效果的基础。不同类型的土质具有不同的压实特性。例如，黏性土在压实过程中容易形成紧密的结构，但过高的黏性可能导致压实困难；砂性土则具有较好的压实性，但过大的砂粒可能导致压实不均匀。因此，在选择路基填料时，需要对土质的物理力学性质进行充分的了解和测试，以确保其满足压实度的要求。其次，土质的级配也对压实度产生重要影响。均匀颗粒和单一尺寸的砾石、碎石在压实过程中难以形成紧密的结构，因为它们之间的空隙较大，难以通过压实来填充。而级配良好的集料则具有不同大小的颗粒，这些颗粒在压实过程中可以相互填充空隙，形成更加紧密的结构，从而达到较高的密实度。因此，在路基填料的选择和设计中，应注重土质的级配，通过合理的级配设计来提高压实效果。为了实现土质的良好级配，可以采取多

种措施^[4]。例如，可以通过混合不同类型的土质来调整其级配；也可以通过添加适量的细粒土或粗粒土来改善土质的级配特性。在实际施工过程中，施工人员需要根据设计要求和现场实际情况进行灵活的调整和优化，以确保土质的级配满足压实度的要求。

2.4 施工机械设备

施工机械设备的选择和使用在公路路基压实过程中起着至关重要的作用，直接影响着压实效果及最终的路基质量。不同类型的压实机械因其工作原理和适用条件的不同，适用于压实不同类型的土质和满足不同的工况需求。首先，振动压路机是公路路基压实中常用的机械设备之一。其工作原理是通过振动轮的振动作用，对被压实材料施加往复冲击力，从而产生强烈的压实效果。振动压路机特别适用于压实粘性土和巨粒土等难以压实的土壤类型。振动作用能够有效减小土颗粒间的摩擦力和粘聚力，促进土颗粒的重新排列和相互靠近，从而提高压实度。此外，振动压路机还具有压实效率高、作业速度快的优点，能够显著缩短施工周期。其次，轮胎式压路机也是公路路基压实中不可或缺的施工机械。轮胎式压路机通过其轮胎的柔性接触面，对被压实材料进行滚动压实。相比振动压路机，轮胎式压路机具有更好的压实均匀性，能够适用于多种土壤类型，包括粘性土、砂性土以及混合土等。轮胎的柔性接触面能够有效避免对土体的过度破坏，同时确保压实过程中的均匀受力，从而提高压实质量。除了振动压路机和轮胎式压路机外，还有静压压路机、冲击式压路机等多种类型的压实机械可供选择。静压压路机通过滚轮的重力作用对土体进行压实，适用于压实细粒土等较为松散的土壤类型；冲击式压路机则通过强大的冲击力对土体进行压实，适用于压实大粒径碎石等难以压实的材料。

2.5 地基或下承层强度

在路基施工过程中，若地基较软或下承层强度不足，将直接影响压实效果，甚至可能导致路基失稳或沉

降等问题。软弱地基或强度不足的下承层无法为上层填土提供足够的承载力，导致压实机械在作业过程中难以达到预期的压实效果。这种情况下，即使增加压实遍数或提高压实能量，也难以显著提升压实度。软弱地基在受到上部荷载作用时易发生较大变形，这种变形会传递到上层填土中，影响压实层的稳定性和密实度。特别是在高填土路段，地基变形对压实度的影响更为显著。针对地基或下承层强度不足的问题，可采取以下处理措施以提高其强度：一是换填法：将软弱土层挖除并更换为强度较高的材料（如砂砾、碎石等），通过换填层的压实来提高地基承载力。换填法适用于软弱土层较薄且分布范围有限的情况。二是压实法：采用机械碾压、振动压实等方式对软弱土层进行直接压实，提高其密度和承载力。压实法适用于软弱土层厚度不大且压实机械能够正常作业的情况。三是预压法：在路基填筑前对地基进行预压处理，通过加载预压使软弱土层固结排水，提高其承载力和稳定性。预压法适用于深厚软弱土层且工期允许的情况。

结语

公路路基压实度是保证路面质量和使用寿命的重要基础。通过合理选择实验方法、严格控制施工参数和注重土质与级配设计等措施，可有效提升路基压实度。未来，随着检测技术和施工设备的不断进步，公路路基压实度的控制和检测技术将更加精准高效。

参考文献

- [1]蒋宣艳.公路工程路基压实度检测技术研究[J].交通世界,2022,(24):147-149.
- [2]郑绪珺.公路路基压实度检测试验及结果分析[J].江西建材,2023,(12):159-160+165.
- [3]张迪.公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].交通世界,2023,(11):122-124.
- [4]田明.浅谈公路路基压实度的影响因素及其控制方法[J].甘肃科技,2020,36(21):98-100.