

水利工程土料压实度多方法对比检测与精准控制研究

苗亚南

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: 水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其稳定性和安全性至关重要。土本文探讨了水利工程土料压实度的定义及其检测方法,对比了传统与现代压实度检测方法的优劣。传统方法如环刀法、灌水法、灌砂法,与现代技术如核子密度仪法、瞬态瑞雷波法、便携式落锤弯沉仪法,在精度、效率及适用性上各有特点。提出了水利工程土料压实度的精准控制策略,包括施工前的准备工作、施工过程中的质量控制、压实度的检测与评估以及后期的维护与管理,旨在为水利工程建设提供理论指导和实践参考,确保工程的安全性和稳定性。

关键词: 水利工程;土料压实度;检测方法对比;精准控制策略

引言:料压实度作为评价水利工程质量的关键指标,其准确检测与有效控制是确保工程质量的重要环节。本文旨在深入探讨水利工程土料压实度的定义及其多方法对比检测,分析不同检测方法的适用性,并提出相应的精准控制策略,为水利工程建设提供科学依据和技术支撑。

1 水利工程土料压实度定义

水利工程土料压实度直接关系到水利工程的稳定性和安全性。水利工程土料压实度,是指土料在受到外力(如碾压、夯实等)作用后,其体积内的固体颗粒所充实的程度,通常用土料压实后的干密度与标准击实试验测得的最大干密度之比来表示,以百分率计。这个比值反映了土料被压实到何种程度,是评价土料压实效果的重要参数。在水利工程中,土料的压实度对于工程的整体性能至关重要。它直接影响到坝体的稳定性、抗渗性和耐久性。如果土料的压实度不足,可能会导致坝体在荷载作用下发生不均匀沉降,甚至引发严重的安全事故。在水利工程施工过程中,必须严格控制土料的压实度,确保其达到设计要求。为了实现这一目标,通常需要进行一系列的压实度检测和试验。这些试验包括标准击实试验、现场压实度检测等。标准击实试验用于确定土料的最大干密度和最佳含水量,为后续的压实工作提供指导。而现场压实度检测则是对实际施工过程中的土料压实度进行监测和评估,以确保其满足设计要求。施工团队还需密切关注天气变化、土壤湿度等自然因素对施工过程的影响,因为这些因素可能会间接影响土料的压实效果。在发现压实度不达标时,应及时调整施工工艺或采取补救措施,避免问题扩大化^[1]。水利工程土料压实度的控制是一个系统工程,需要综合考虑多种因素,确保每一步都精准无误,以保障水利工程的整体质量和安全。

2 水利工程土料压实度多方法对比检测探讨

2.1 传统压实度检测方法

2.1.1 环刀法

环刀法是一种经典的压实度检测方法,特别适用于粘性土、砂土等细粒土壤。该方法通过取土样,利用环刀切割土样,进而测量土样的湿密度和含水率,最终计算出干密度和压实度。在环刀法的操作过程中,首先需要在待测区域选取具有代表性的取样点,并清除表面杂物。接着使用环刀垂直切割土样,确保土样完整且不受扰动。将切割好的土样称重,记录湿重,并将土样烘干至恒重,记录干重。通过湿重和干重的测量,可以计算出土样的湿密度和干密度。最后结合含水率数据,利用公式计算出压实度。环刀法的优点在于操作简单,成本低,适用于细粒土壤。但其缺点是取样过程可能对土样产生扰动,从而影响测量精度。对于粗粒土和碎石土,环刀法并不适用,因为其难以切割和取样。

2.1.2 灌水法

灌水法适用于现场测定粗粒土和碎石土的压实度。该方法通过在试坑中灌入标准水,测量水的体积变化,结合土样的湿密度和含水率计算出干密度和压实度。在灌水法的操作过程中,首先需要在待测区域挖掘试坑,确保试坑尺寸符合规范要求。将试坑底部整平,清除杂物。接着向试坑中缓慢灌水,直至水面稳定。测量灌入水的体积,记录数据。同时取土样测定湿密度和含水率。最后根据灌水量、土样湿密度和含水率,利用公式计算出压实度。灌水法的优点在于适用范围广,适用于粗粒土和碎石土,且操作相对简单。但其缺点是测量精度受试坑尺寸、灌水速度等因素影响,可能导致结果偏差。此外,操作耗时较长,需要投入较多的人力和时间。

2.1.3 灌砂法

灌砂法是一种常用的现场压实度检测方法，适用于各种土壤类型。该方法通过在试坑中灌入标准砂，测量试坑的体积变化，结合土样的湿密度和含水率计算出干密度和压实度。在灌砂法的操作过程中，同样需要在待测区域挖掘试坑，确保试坑尺寸符合规范要求。将试坑底部整平，清除杂物。接着将标准砂沿试坑壁缓慢灌入，直至砂面稳定。然后测量灌入砂的体积，记录数据。同时取土样测定湿密度和含水率，根据灌砂量、试坑体积、土样湿密度和含水率，利用公式计算出压实度。灌砂法的优点在于适用范围广，测量精度较高，且操作相对简单。但其缺点在于操作耗时较长，对于含水量较高的土壤，测量精度可能受到影响。灌砂法对于试坑尺寸和砂的均匀性要求较高，需要严格控制操作过程。

2.2 现代压实度检测方法

2.2.1 核子密度仪法

核子密度仪法是一种快速、无损的压实度检测方法。该方法利用放射性同位素发射的伽马射线穿透土壤，测量射线的衰减程度来计算土壤的密度和含水率，进而得出压实度。在核子密度仪法的操作过程中，需要在待测区域选取具有代表性的测量点。将核子密度仪放置于测量点上，确保仪器与土壤紧密接触。然后启动仪器，测量射线的衰减程度。根据测量结果，可以计算出土壤的密度和含水率。最后结合含水率数据，利用公式计算出压实度。核子密度仪法的优点在于测量速度快，操作简便，且无损检测，适用于大面积区域的压实度检测。但缺点是设备成本较高，需要专业人员操作。放射性同位素的使用存在一定的安全风险，需要严格遵守操作规程和防护措施。

2.2.2 瞬态瑞雷波法

瞬态瑞雷波法是一种基于波动理论的压实度检测方法。该方法通过在地面激发瞬态瑞雷波，利用波的传播特性分析土壤的压实程度。在瞬态瑞雷波法的操作过程中，需要在待测区域布置测线，确定激发点和接收点位置。使用激振设备在激发点上产生瞬态瑞雷波。然后在接收点上使用传感器接收波信号。对接收到的波信号进行分析处理，提取与压实度相关的信息，根据分析结果计算出压实度。瞬态瑞雷波法的优点在于无损检测，适用于大面积区域的压实度检测^[2]。该方法能够反映土壤的分层信息，为工程质量控制提供更为详细的数据支持。其缺点在于操作相对复杂，需要专业人员进行数据分析。测量精度受土壤类型、含水量等因素影响，需要严格控制操作过程和测量条件。

2.2.3 便携式落锤弯沉仪法

便携式落锤弯沉仪法是一种基于动力响应原理的压实度检测方法。该方法通过落锤对地面施加冲击力，测量地面的动态响应（如弯沉值），进而分析土壤的压实程度。在便携式落锤弯沉仪法的操作过程中，同样需要在待测区域选取具有代表性的测量点。将便携式落锤弯沉仪放置于测量点上，确保仪器稳定。然后操作仪器使落锤自由下落，对地面施加冲击力。测量地面的弯沉值，记录数据，根据弯沉值计算出压实度。便携式落锤弯沉仪法的优点在于操作简便，适用于现场快速检测。该方法能够反映土壤的动态响应特性，为工程质量控制提供有力支持。但其缺点在于测量精度受土壤类型、含水量、地面平整度等因素影响。对于深层土壤的压实度检测效果有限，需要与其他方法结合使用以提高测量精度。

3 水利工程土料压实度精准控制策略

3.1 施工前的准备工作

施工前的准备工作是确保土料压实度精准控制的基础。这一阶段的工作主要以下方面：（1）土料的选择。不同类型的土壤具有不同的物理和力学性质，对压实度的要求也不同。在选择土料时，要根据工程的具体要求，选择符合标准的土料。一般来说，粘性土、砂土等细粒土壤适用于环刀法等传统检测方法，而粗粒土和碎石土则适用于灌水法或灌砂法等现场检测方法。（2）施工方案的制定。在制定施工方案时，充分考虑工程的具体特点、施工条件以及土料的性质等因素，制定科学合理的施工方法和工艺流程。在填筑过程中，严格控制铺土厚度、压实遍数和含水量等关键因素，确保土料的压实度达到设计要求。同时制定详细的施工计划和进度安排，确保施工过程的连续性和稳定性。（3）施工设备的准备。在选择施工设备时，根据工程的具体要求和土料的性质，选择适合的压实机械和检测设备。对于粘性土和细粒土壤，可以选择使用平碾或羊足碾等压实机械；对于粗粒土和碎石土，则可以选择使用振动碾等高效压实机械。同时应准备必要的检测设备，如环刀、灌砂筒、核子密度仪等，以便在施工过程中实时监测土料的压实度。

3.2 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是确保土料压实度精准控制的核心环节。这一阶段的工作主要包括以下步骤：（1）铺土。在铺土过程中，严格控制铺土厚度和均匀性。铺土厚度应根据土料的性质和压实机械的类型进行合理选择，一般不宜过厚或过薄。同时确保铺土的均匀性，避免出现局部过厚或过薄的情况。在铺土过程中，还要及时清理杂物和积水，确保土料的干净和整洁。（2）压实。在压实过程中，要根据土料的性质和压实机械的类

型选择合适的压实方法和工艺流程。对于粘性土和细粒土壤，可以采用碾压法或夯实法进行压实；对于粗粒土和碎石土，则可以采用振动压实法进行压实。还要严格控制压实遍数和含水量等关键因素，确保土料的压实度达到设计要求。在压实过程中，密切关注压实机械的工作状态和土料的压实情况，及时调整压实参数和工艺方法，确保压实效果。（3）检测与调整。定期对土料的压实度进行检测和评估。检测时，选择具有代表性的取样点，并按照规定的检测方法和步骤进行操作。可以使用环刀法、灌水法或灌砂法等传统检测方法，也可以使用核子密度仪、瞬态瑞雷波法等现代检测方法。在检测过程中，密切关注检测结果的变化趋势和异常情况，及时进行分析 and 处理。如果发现压实度不足或超标的情况，应立即进行调整和改进，确保土料的压实度符合设计要求。

3.3 压实度的检测与评估

压实度的检测与评估是确保水利工程土料压实度精准控制的重要环节。这一阶段的工作以下方面：（1）检测方法的选择。在选择检测方法时，根据土料的性质、施工条件和检测要求等因素进行综合考虑。对于粘性土和细粒土壤，可以选择使用环刀法或灌水法等传统检测方法；对于粗粒土和碎石土，则可以选择使用灌砂法或核子密度仪法等现代检测方法。（2）检测频率的确定。根据工程的具体要求和土料的性质等因素，合理确定检测频率。一般来说，在填筑过程中应每填筑一层检测一次；在压实过程中应每压实一遍检测一次；在特殊情况下，如遇到恶劣天气或施工条件变化等情况时，还要适当增加检测频率。通过合理确定检测频率，可以及时发现和处理压实度不足或超标的情况，确保土料的压实度符合设计要求。（3）检测结果的评估^[3]。在评估检测结果时，根据检测数据的变化趋势和异常情况进行分析和判断。如果检测结果符合设计要求，则说明土料的压实度达到了预期目标；如果检测结果不符合设计要求，则说明土料的压实度存在问题，需要采取相应的措施进行调整和改进。

3.4 后期的维护与管理

后期的维护与管理是确保水利工程土料压实度精准控制的重要保障。这一阶段的工作主要包括以下几方面：（1）定期检查与维护。在后期维护过程中，定期对土料进行检查和维护，确保土料的稳定性和耐久性。检查内容包括土料的外观、压实度、含水量等指标。如果发现土料存在松散、开裂或变形等情况，立即进行处理和改进。同时定期对压实机械和检测设备进行维护和保养，确保设备的正常运行和准确性。（2）数据记录与分析。在后期维护过程中，定期对检测数据进行记录和分析。记录内容包括检测时间、检测地点、检测方法、检测结果等信息。通过分析检测数据的变化趋势和异常情况，可以及时发现和处理土料压实度存在的问题，为后续的改进工作提供依据和支持。（3）问题处理与改进。在后期维护过程中，如果发现土料压实度存在问题或异常情况，立即进行处理和改进。处理措施包括调整压实参数、改进压实工艺、加强质量控制等。同时根据问题的性质和严重程度制定相应的改进计划和措施，确保土料的压实度符合设计要求。通过不断的问题处理与改进工作，可以不断提高水利工程土料压实度的精准控制水平。

结束语：水利工程土料压实度的检测与控制对于确保工程质量和安全具有重要意义。通过对比传统与现代压实度检测方法，可以发现各有优缺点，根据实际情况选择最合适的检测方法。实施精准控制策略，从施工前准备到后期维护，全程监控土料压实度，是保障水利工程质量的关键。

参考文献

- [1]余雄,于同生,王涛.土石混合料填方地基压实质量快速检测方法研究[J].施工技术(中英文),2023,52(19):109-115.
- [2]李振江,姜梦圆.浅析土石坝水库填筑黏土料压实度超百现象[J].水利建设与管理,2024,44(1):23-26.
- [3]黄能高.PFWD压实度快速检测法在水利堤防填土工程中的应用探讨[J].水利技术监督,2021(10):18-20.