

团 体 标 准

T/SDHTS 00001-2024

土石混合路基施工技术指南

Technical Guidelines for Construction of Soil-rock Mixture
Subgrades

(编制说明)

此文本仅供个人学习、研究之用，未经授权，禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究

2024-05-08 发布

2024-05-08 实施

山东公路学会 发布

土石混合路基施工技术指南（报批稿）

编制说明

一、工作简况

（一）标准来源

本标准的编制任务来自于山东公路学会《关于发布第一批山东公路学会标准立项计划的通知》（鲁公学会[2023]6号）。

（二）编制背景

“土夹石”“泥包石”等土石混合地质条件的土石混合材料在我国分布广泛，随着国家土地、环保等政策收紧，传统公路施工中对土石混合材料大规模弃用做法已不可取，亟需研究其直接填筑路基利用。而土石混合地质经破解而成的路基填料与路基施工规范中土石混填工艺中的碎石土在材质上有着较大差别。当前对土石混合填料的破解方式、压实特性和水稳定性的认识并不充分，在公路施工中稍有不慎就会留下难以处理的质量隐患或造成巨大的经济损失。所以急需根据成功的施工经验，编制一套《土石混合路基施工技术指南》，以便更好地指导土石混合填料的开挖、破解和路基填筑与处理。

（三）起草过程

2023.02——2023.03 国内外行业技术及方案调研；

2023.04——2023.12 完成标准初稿的编制和内部审核；

2023.12——2024.01 完成标准征求意见稿的编制；

2024.02——2024.03 完成标准送审稿的编制；

2024年2月4日至3月5日，完成了标准征求意见稿的社会公开征求意见，期间共收到8家单位10位专家的修改意见，其中设计单位3家，施工及工程管理单位5家，研究单位1家；

2024.04 完成标准终稿的编制。

二、主要技术内容及其确定依据

（一）主要技术内容

本标准对土石混合路基施工提供明确的技术指导，本文件适用于各级公路相关施工。主要包括总

则、施工准备、土石混合路基施工、质量控制和安全管理、检查验收等内容。

（二）指标确定依据

1. 主要根据 GGG（鲁）A1-2011《“土夹石”“泥包石”地质路基施工工法》编写。
2. 参照《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610—2019）中第 4.2-4.7 章节施工工艺内容，增加土石混合地质的开挖内容，并根据工程实例，对整个施工流程、填筑层验收标准等进行明确和细化。
3. 参考其它相关土夹石工艺的论文，试验数据等。

《“土夹石”路段路基的施工工艺探究》—孙思昌

《夹石膨胀土在市政道路工程中的应用》—宋金秀

《砂砾石、土夹石应用于路基填筑受控思维》—曹红霞

《土夹石、泥包石地质路基施工浅析》—谷海峰

《土夹石(泥包石)路基施工方法》—李长伟

《昆明新机场土夹石挖填方施工方法及成本分析》和少伟

《土夹石混合料回填技术应用探讨》—杨洪东

《路基土夹石混合料填方检测方法探析》—周宏林

三、试验验证分析、综述报告及效益分析

（一）试验验证分析

1. 压实度检测不适用性

压实度是路基填土实际达到的密实度与用标准击实法所得的土的最大密实度之比，是路基质量检测的重要指标。对于土石混合地质，现场实测干密度、室内击实最大干密度两者取值均比较困难。

经探坑试验，土石混合地质中大于 40mm 的碎石和卵石的石料含量占总质量的 30%~70%，其最大粒径可达 2m~3m。故土石混合地质室内最大干密度以标准重型击实结果作为最大干密度显然不合理。通过土的击实试验，室内击实最大干密度离差较大，获取的最大击实干密度不具备压实代表性。这使得在施工中采用灌砂法测定压实度的方法并不适用。同济大学林绣贤教授提出的击实和计算修正法，适用于路面基层集料颗粒粒径较小、颗粒含量较少的情况，因此采用计算修正法得出的最大干密度也不具备代表性。

在施工中，我们曾试图采用灌水法测定干密度，由于土石混合地质颗粒粒径较大，土石比例不稳定、超粒径颗粒较多且级配较差。在开挖试坑的过程中，不得不一再扩大试坑直径和深度，试坑直径达 1.2m，

深度 1.5m。又因路基存在横坡、纵坡和水面张力作用，灌水标准不能确定，使得灌水法测定干密度的方法在实际施工中不能实现。

2. 试验路段法

土石混合填料的性质差别较大。因此，在工程中一般采用试验段法来确定施工参数。即通过修筑一段试验路段，找出施工控制参数，如填筑厚度、压实遍数、压实功能等。随后在大面积施工中，使用这些参数来控制施工质量，替代质量检测。但由于施工条件的变化，同样的压实功能可能会得到不尽相同的压实效果。

经多次试验，发现在实际施工中采用沉降差控制压实质量时，可取得较为满意的效果。具体测定方法如下：在静压完成后，按 20m 一个断面，每断面测定 5 个点，每个点位埋设 1 个 38mm 的钢球作为基点（如采用方块基点，在碾压的过程中会发生侧转现象，使基点标高位置不稳定。而钢球即使发生位移、转动，其标高基点能保持稳定）。振动碾压达到试验段总结要求的遍数且无明显轮迹时可停止碾压，将水准仪架设在压路机影响不到的位置并观测每个基点的高程。然后再用不小于 20t 压路机高幅低频振压一遍，再观测一次每个基点的高程，两次读数之差值为沉降差。当压实至沉降差小于试验段确定的标准时，则可判为密实状态，压实度合格。

3. 沉降差确定依据

通过对试验路段摊铺数据分析，混合体的压实主要与粗粒含量及级配有关，混合料密度与粗粒含量的关系是：当粗粒含量小于 40% 时，粗粒在土中未形成骨架，仅作为被包裹体存在，压缩特性类似纯土特性，其密度因粗粒的存在有不同程度的变化；当粗粒的含量大于 40% 而小于 70% 时，混合体中由于粗粒的增多产生骨架作用，显示混合料的特征，压实密度迅速上升，粗细料相互填充、胶结，相应的密度迅速增大；当粗料含量大于 70% 时，则因细料不足无法填充粗料间的全部孔隙，土体压实干密度则由于粗料架空而下降。

针对以上三种情况采取三种不同的混合料组合方式及摊铺方式，经试验路段确定相应压实遍数，采用沉降差 $\leq 2\text{mm}$ 作为压实度控制指标比较适宜。详见试验段碾压遍数与沉降量关系曲线图 1。

由曲线图可以看出：当振动压实第 4 遍时，沉降差接近 2mm。第 7 遍、第 8 遍，沉降差又逐渐增大。在第 5 遍、6 遍时，沉降差最小，土体达到最大密实状态，其沉降差理论值应该为零。但由于测量误差的客观存在，采用沉降差 $\leq 2\text{mm}$ 作为压实度控制指标比较适宜。

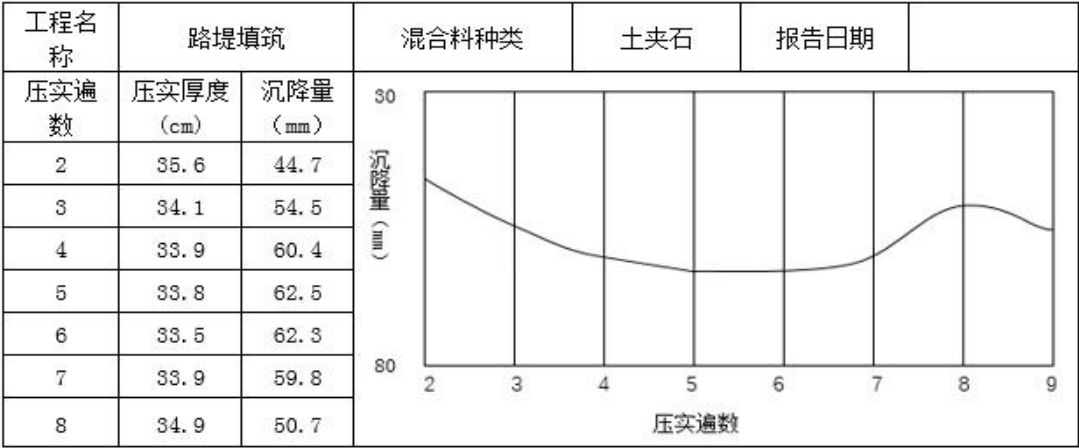


图 1 沉降量与碾压遍数关系曲线

(二) 综述报告

1. 确定检测指标

通过以上分析，采用试验路段取得施工控制参数是一种较适宜的方法。混合料填方压实的目的在于提高填料的整体强度，增加其稳定和抵抗变形的能力。而与变形相关的指标是弹性模量。与强度相关的指标是强度指标（粘聚力、内摩擦角）。而在高填方土石混合路基施工中，变形则是最应引起关注的。填筑体在压实机械的反复作用下强度提高，弹性模量增加达到某一值，塑性变形越来越小，剩余沉降量稳定，则认为填筑体已密实。

在实际施工中，每层均测量沉降差，以控制路基压实效果，在填至标高时，采用回弹模量（弯沉）来控制其变形，是一种较适宜的方法。

2. 提高土石混合路基稳定性综合控制措施

为确保土石混合路基及开挖路堑的水稳定性，应采取综合性防水措施。

土石混合路堤边坡应逐层设置宽度不小于 30cm 的粘土包边防渗层。施工过程中，路基填筑高于原地面后，路基顶部应设置截水埂，宜每间隔 50m 设置 1 处临时泄水槽，临时泄水槽可采用砖砌，水泥砂浆抹面。路堤中央分隔带边沟集中排水处，设置排水管引致边坡后，设置砼急流槽，防止对路堤坡面的集中冲刷。

路面结构层渗水采用碎石垫层与路肩碎石垫层连通，并在砌筑叠拱护坡时用直径 100mm 塑料管导流到叠拱流水槽中，减少沿坡面对路基的浸泡。路堤坡角存水处加设排水沟疏通导流，防止浸泡路基。

(三) 技术经济论证

1. 经济效益分析

经工程实践测算，路堑开挖时的机械破解费用将增加施工成本，平均到挖方中增加约 12 元 / 立方米，综合防排水措施费用平均到挖方中增加约 4 元 / 立方米，合计增加施工成本 16 元 / 立方米。

采用本标准提供的方法施工，弃方占地费、弃方运距增加费、弃方整平覆土费、弃方环保措施费等弃方费用和路基填方购土费用得到节约。其中弃方综合费用平均到挖方中约节约 9 元 / 立方米，路基填方购土费平均到挖方中约节约 25 元 / 立方米，合计节约施工成本 34 元 / 立方米。

综上所述，采用本标准产生的直接经济效益为每利用一立方米土石混合填料填筑路基，节约建设成本 18 元。可见，对于规模巨大的路基填筑施工，经济效益十分可观。

2. 社会效益和生态效益

本标准的应用可减少大量弃方和借土填方，节约土地、保护沿线生态环境，具有重大社会效益和生态效益。同时，将明显减少项目征用取土场、弃土场地及运输线路的协调工作，有利于项目部施工计划控制和实施，保证项目计划工期实现和后续工序的顺利实施。

四、国家标准、行业标准、地方标准同类标准技术内容的对比情况

国家标准、地方标准中无同类内容的标准。

行业标准《公路路基施工技术规范》（JTG / T 3610—2019 ）中含有“土石路堤”有关条目，但只包含填料、填筑、质量控制、路基成形后质量、外观质量标准等规定，比较简洁，只提出一般性要求和标准，缺乏系统性和可操作性。

而本标准中，新增了土石混合填料开完和土石路基的整个填筑施工工艺流程、施工要点、综合防水措施、质量控制、安全管理、冲击碾压等内容，增强了土石混合路基施工的可操作性和指导性。

行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80 / 1—2017）中只含有土方和填石两类路基的基本要求、实测项目和外观质量规定等内容，缺少土石混合路基的具体验收规定，只是在填石路基实测项目的注释中提到“土石混填路基压实度可根据实际可能进行检验”，未明确具体方法。同时也缺少土石混合路基填筑层检查验收标准。

而本标准中，新增了土石混合路基填筑层的具体检查验收规定，明确了土石混合路基完工后的验收规定，同时给出了土石混合路基压实度具体的检测方法和控制标准，填补了现行标准空白。

《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90—2015）中只有土方、石方工程类别的施工安全规定，缺少土石混合路基工程的施工安全规定，石方工程安全施工中缺少机械破除的有关规定。

而本标准中，新增了土石混合路基工程和土石混合地质路段机械破除的施工安全规定。

本标准不包含对国家标准、行业标准的修订内容。

五、与其他标准的相关性，以及制定过程中存在的重大分歧处理等

本标准是对于国标、行标、地标的一种补充细化及提升完善，不包含对国家标准、行业标准的修订内容。本标准在编制过程中无重大分歧。

六、涉及专利的有关说明

本标准未涉及专利。

