

# 《高速公路路基超厚度施工技术规范》 地方标准编制说明 (报批稿)

## 一、工作简况

### (一) 任务来源

本文件的制定源于《山东省市场监督管理局关于印发2023年度标准化创新发展计划项目的通知》(鲁市监标函〔2023〕246号),《高速公路路基超厚度施工技术规范》列入2023年山东省地方标准制修订计划项目表附件第029项。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施,由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

### (二) 编制单位、主要编制人及分工信息

#### 1. 主要编制单位

山东高速工程检测有限公司、山东高速建设管理集团有限公司、山东大学。

#### 2. 主要编制人

张惠勤、马亚、王术剑、蒋红光、王鑫洋、吴传山、高国华、姚占勇、李培海、徐刚、李传海、王宗宝、李立平、矫芳芳、董鸣亮、李小勇、王业飞、苏纪壮。

#### 3. 任务分工

山东高速建设管理集团有限公司主要负责标准的立项需求调研、标准编制进度把关、协助征集相关方意见等事项。山东高速工程检测有限公司主要负责标准文本及编制说明的编制、征求意见的汇总、归纳和处理。山东大学主要负责超厚度路基施工和验收等部分工作,提出了相应的施工工艺

和验收方法。其中：张惠勤担任标准编制组组长，全面组织、协调标准的编制工作。马亚、王术剑、王鑫洋、吴传山、高国华、李培海、徐刚、李传海负责标准制定方案，组织推进标准制定程序和进度并对标准技术内容以及标准编制进度把关。董鸣亮、李小勇、王业飞、苏纪壮负责标准编写、对各相关方的意见和建议进行总结、归纳和处理。蒋红光、姚占勇负责超厚度路基施工过程中的试验及数据采集。王宗宝、李立平、矫芳芳组织召开标准研讨会议、标准专家审查会等具体事务。

### （三）编制过程

#### 1. 准备阶段

标准计划下达后，在山东省交通运输厅标准化秘书处的指导下，于 2022 年 3 月初成立了由山东高速工程检测有限公司牵头、山东高速建设管理集团有限公司和山东大学共同参与的标准编制组，编制组讨论了工作进度安排、任务分工及标准的初步思路，正式启动标准制定工作。

#### 2. 现状调研

2022 年 4 月至 9 月，编制组进行了资料调研，查阅搜集了与新建高速公路路基超厚度施工相关的行业和地方标准，对高速公路路基超厚度施工的施工工艺、质量控制标准及检测方法有了初步认识；在此基础上，广泛调研了山东省内高速公路路基超厚度施工工程应用情况，掌握了高速公路路基超厚度施工在我省的需求状况、应用场景、存在不足等情况，为高速公路路基超厚度施工技术规程草案的编写奠定了必要基础。

### 3. 标准编制

2022 年 9 月起，编制组结合我省道路工程行业要求及新建高速公路路基施工技术特点，系统研究了新建高速公路路基超厚度施工及检测的方法，并根据已有的实际工程案例，着手编写《高速公路路基超厚度施工技术规程》初稿。编制组通过内部多次讨论、相关方调研及专家意见征集等形式，于 2023 年 1 月完成了本文件草稿的编写工作。山东省交通运输标准化技术委员会在 2024 年 3 月 7 日组织召开了《高速公路路基超厚度施工技术规程》初稿审查会，会上合并整理了专家提出的意见和建议（详见山东省地方标准《高速公路路基超厚度施工技术规程》（初稿）专家审查会议纪要及意见处理表），编制组根据专家的意见进行修改后，形成《高速公路路基超厚度施工技术规程》（征求意见稿）。编制组面向全国高校、科研院所、业主单位、设计单位、施工单位、监理单位、检测单位、等 32 家单位统一发函广泛征求意见。截至 2024 年 5 月 20 日，编制组共收到“征求意见稿”回函的单位共 32 个，回函并有建议或意见的单位共 26 个，反馈意见共 36 条（包含重复问题），经认真整理、分析后，共采纳意见 32 条，未采纳意见 4 条。编制组根据反馈意见对本文件进行了进一步的修改和完善，形成《高速公路路基超厚度施工技术规程》（送审稿）。山东省交通运输标准化技术委员会在 2024 年 11 月 15 日组织召开了《高速公路路基超厚度施工技术规程》送审稿审查会，会上专家提出将本文件名称修改为《高速公路路基超厚度施工技术规范》，并合并整理了专家的意见和建议（详见山东省地方标准《高速公路路

基超厚度施工技术规程》（送审稿）专家审查会议纪要及意见处理表），编制组根据专家的意见进行修改后，形成《高速公路路基超厚度施工技术规范》（报批稿）。

## **二、地方标准制定的目的和意义**

我国高速公路建设过程中普遍存在工期紧张的问题，其中路基工程工期所占比例最大。然而目前路基施工多采用 20t-22t 振动压路机，吨位小且激振力偏低，为保证压实质量需分层填筑压实，且松铺厚度一般不超过 30cm，导致路基施工工期长、机械费用高。近年来压路机逐渐向大吨位方向发展，使得常规大厚度路基碾压成为可能，并在国内部分高速公路建设中得到了应用。然而已有的应用效果不太理想，存在一系列亟待解决的技术难题。为此，本规程依托沾临高速、临枣高速及济青中线高速公路等新建工程，通过研究路基超厚度施工中大吨位压路机的压实机理和关键技术后，提出了路基超厚度施工时大吨位压路机的作业参数和施工工艺组合，为高速公路路基超厚度施工中大吨位压实机械选择、碾压工艺优化和压实质量控制提供技术支撑。

## **三、标准编制原则、主要技术内容和确定依据**

### **（一）标准的编制原则**

制订本文件时充分考虑到满足我国的高速公路路基施工的技术发展和生产需要，充分体现技术进步和发展趋势，推动行业技术水平提高。本文件是依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和起草规则》的要求进行编制。本文件的主要内容是对高速公路路基超厚度施工工艺、过程质量控制及压实质量快速检测提出要求。

本文件规定了高速公路路基超厚度施工的术语和定义、总体要求、施工准备、施工、检验与验收。

(1) 协调性原则。充分做好资料调研工作，做好与相关标准、规范的协调、衔接，保证本文件与《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)等相关行业标准统一性。

(2) 可操作性原则。结合现有室内试验研究及实际工程，编制的条文应明晰、规范，便于工程应用，试验、设计、检测方法内容应详细、明确，可操作性强。

(3) 代表性和先进性原则。本文件必须能够满足新建高速公路路基基本性能要求，同时也必须结合实际工程，确保本文件内容据实可行；同时能够引导新建高速路基工程质量标准的改进、完善，进而有利于道路行业的持续进步。

(4) 适用性。本文件适应于新建高速公路路基超厚度施工，适应性较强。同时兼顾山东公路建设实际情况，达到超厚度施工、缩短工期、经济合理的目的。

(5) 简洁性。本文件条文简洁明了、便于理解掌握、易于操作。

## (二) 标准编写的主要依据

《交通运输部关于印发《绿色交通“十四五”发展规划》的通知》(交规划发〔2021〕104号)

《山东省人民政府关于印发山东省“十四五”综合交通运输发展规划的通知》(鲁政字〔2021〕127号)

《山东省交通运输厅关于印发山东省交通运输科技创新“十四五”发展规划的通知》(鲁交发〔2021〕9号)

## (三) 主要技术内容

## 1. 范围

本章是说明本文件规定的高速公路路基超厚度施工的主要技术内容和适用范围。本文件的标准化对象为高速公路超厚度路基施工，规定了高速公路超厚度路基施工的施工填料、施工工艺、质量控制及压实质量检测的技术要求。

## 2. 规范性引用文件

本章列出了在标准制定过程中规范性引用的 4 项行业标准。

## 3. 术语和定义

为了便于标准使用者理解，本章对“路基超厚度施工”进行了明确的定义。

## 4. 总体要求

### 4.1 填料要求

4.1.1 本条款主要基于现行 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》编写，对砾类土、砂类土等粗粒土的级配作出规定，并对不能直接作为路堤填料的土质类型作出规定。

4.1.2 本条款直接引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》。

### 4.2 压实设备要求

通过对工程单位及目前市场上路基施工用的单钢轮振动压路机配置的广泛调研，汇总了常见 22t 及以上单钢轮压路机参数如表 1 所示。调研表明，目前绝大多数施工企业都配备 22t 以上的振动压路机，又鉴于超厚度施工压实相对困

难的特点，用吨位大的振动压路机压实效果自然会更好。综合考虑定义了路基超厚度施工时所用轻型单钢轮振动压路机吨位应不低于 22t，重型单钢轮振动压路机吨位应不低于 33t；规定重型压路机弱振激振力不低于 450kN，强振激振力不低于 660kN。

表 1 市场常见单钢轮振动压路机参数汇总

品牌型号	工作质量 (kg)	振动频率 (Hz)	激振力 (kN)	理论振幅 (mm)
徐工 XS395	39000	26/31	800/590	--
徐工 XS365IV	36000	26/31	805/595	--
徐工 XS335IV	33000	26/31	670/480	--
徐工 XS265HS IV	26000	27/32	405/290	--
徐工 XS225HS IV	22000	28/33	374/290	--
徐工 XS225IV	22000	28/33	420/305	--
徐工 XS265IV	26000	27/32	435/315	--
徐工 XS225JIV	22000	28/33	374/290	--
中大 Power YZZT39	39000	22/26	850	3.0
中大 Power YZ36	36000	20/28	805	2.5
柳工 6626E 单 驱	26000	28/33	430/360	2.0/1.0
柳工 6626E 双 驱	26000	28/33	480/375	1.8/1.1
柳工 6622E 双 驱	22000	28/32	420/290	2.0/1.2
柳工 6622E 单 驱	22000	28/33	400/290	2.0/1.3
柳工 GLG6633E 单驱	33000	29/31	725/540	2.3/1.5
柳工 GLG6633E 双驱	33000	29/31	810/604	2.3/1.5
三一 SSR260C- 10 双驱	26000	27/32	435/315	2.1/1.1
三一 SSR260AC-10 单驱	26000	27/32	420/300	2.1/1.1

山推 SR22H-G	22000	28/33	410/300	--
山推 SR22M-G	22000	29/35	410/300	--
山推 SR26H-G	26000	28/32	435/315	--
山推 SR26M-G	26000	29/35	435/315	---
山推 SR36-G	36000	26/31	760/550	--
龙工 LG523A9	23000	28/33	376/296	1.9/0.9
龙工 LG526A9	26000	28/33	425/305	1.9/0.9

### 4.3 过程质量控制

4.3.1 本条款规定了压实过程质量控制的指标。

4.3.2 本条规定了填土（石）路堤施工中路基中线及宽度的检测频率。

### 4.4 压实质量要求

4.4.1 高速公路填土路堤超厚度压实度标准引用 JTG/T 3610《公路工程施工技术规范》中土质路基压实度标准。

4.4.2 高速公路填石路堤超厚度压实质量标准引用 JTG/T 3610《公路工程施工技术规范》中填石路堤压实质量标准。

4.4.3 高速公路路基超厚度施工完成后路基顶面回弹模量标准引用 JTG D30《公路路基设计规范》中路基顶面回弹模量的规定。

## 5 施工准备

### 5.1 施工测量

高速公路路基超厚度施工测量引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中施工测量部分，并规定了路基放样时控制桩的注意事项。

### 5.2. 试验



高速公路路基超厚度施工时试验引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中试验部分。

### 5.3 场地清理

高速公路路基超厚度施工时场地清理引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中场地清理部分，此外对表层处理做出相关规定。

### 5.4 试验段铺筑

5.4.1-5.4.4 高速公路路基超厚度施工前应进行试验段铺筑以确定正式施工时的施工参数，本部分主要基于现行 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》编写。考虑到土的含水率对土的压实效果影响较大，故增加确定填土路堤含水率的要求。此外，为方便高速公路超厚度路基施工时快速检测压实质量，规定在填土路堤试验段时应确定压实度合格时对应的动态变形模量，填石路堤试验段时应确定孔隙率合格时对应的沉降差及动态变形模量。试验段总结除 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中相关规定外，还补充了超填宽度、满足压实质量标准时对应的动态变形模量、满足压实质量标准时对应的沉降差。

## 6 施工

### 6.1 填筑

6.1.1 本条款结合工程实践规定了高速公路超厚度填土路堤上料时的注意事项。

6.1.2 填石路堤逐层填筑时，规定了填石路堤填筑顺序及注意事项。动态模量检测时，要求粒径不大于承载板直径（300mm）的 1/4，即不大于 75mm，为检测压实质量并保证检测准确性，故填筑层每层表面应用细石块或石屑找平，保证填筑层表面平整。

6.1.3 本条款根据工程实践及大量现场试验，提出高速公路路基超厚度施工时填土路堤每层填筑厚度不应超过 65cm，填石路堤每层填筑厚度不应超过 85cm 的要求，填土路堤超填宽度应不小于 0.5m，填石路堤的超填宽度应不小于 1m。

在潍青高速一标段下路堤区及潍青高速五标段下路堤区均开展了填土路堤超厚度施工试验路，目标压实度为 93%。填料分别为沿线典型低液限黏土及粗粒土。

低液限黏土试验段共进行三层不同厚度的现场试验，松铺厚度分别为 45cm、55cm 及 65cm。粗粒土试验段共进行两层不同厚度的现场试验，松铺厚度分别为 65cm、80cm，两种类型填土路堤试验路在确定最佳压实工艺的前提下均采用陕西中大 YZ362 单钢轮振动压路机进行碾压，压路机工作质量为 36t，激振频率为 0-28Hz，最大激振力达 800kN。低液限黏土不同松铺厚度下的压实度结果如表 2 所示。

表 2 低液限粘土不同松铺厚度下的压实度

碾压遍数	45cm 压实度 (%)		55cm 压实度 (%)		65cm 压实度 (%)	
	上层	下层	上层	下层	上层	下层
1	79.14	79.88	79.1	79.82	79.09	79.54

2	84.42	85.58	84.07	85.22	83.71	84.55
3	89.06	90.27	88.91	89.66	87.78	87.26
4	92.71	93.79	92.13	93.15	90.01	89.52
5	93.98	94.92	93.39	94.11	92.13	91.86
6	94.75	95.18	94.21	94.95	93.58	93.47
7					94.39	94.33

结果显示，45cm、55cm、65cm 松铺厚度下在碾压完成后均满足设计及规范要求的 93%压实度，且上下层压实度较均匀。

粗粒土不同松铺厚度下的压实度结果如表 3 所示。

表 3 粗粒土不同松铺厚度下的压实度

碾压遍数	65cm 压实度 (%)			80cm 压实度 (%)		
	上层	中间层	下层	上层	中间层	下层
1	79.00	78.53	78.41			
2	82.11	84.95	85.41			
3	87.14	92.97	93.52	89.47	90.28	88.65
4	91.17	95.37	94.06	92.16	92.72	90.29
5	93.16	96.73	95.99	93.76	94.18	92.54
6	96.84	97.24	95.96	94.15	95.39	93.97

结果显示，65cm、80cm 松铺厚度下在最佳压实度工艺碾压完成后均满足设计及规范要求的 93%压实度。但当松铺厚度为 80cm 时，最上层土体受激振力影响容易出现破损、松散现象。综合考虑施工效率及压实均匀性，确定填土路堤每层填筑松铺厚度不应超过 65cm。

现场分别测试了低液限黏土在 45cm、55cm、65cm 松铺厚度填筑时，超填宽度分别设置为 50cm、75cm、100cm、120cm 的压实度，结果如表 4 所示：

表 4 低液限黏土不同松铺厚度、不同超填宽度下的压实度

松铺厚度 (cm)	层位	50cm 压实度 (%)	75cm 压实度 (%)	100cm 压实度 (%)	120cm 压实度 (%)
45	上层	91.89	93.19	95.13	95.96
	下层	92.35	93.44	95.37	96.24
55	上层	91.78	92.9	94.85	95.87
	下层	92.13	93.22	94.62	96.03
65	上层	91.34	92.47	93.55	94.62
	下层	91.81	92.93	93.38	94.51

由试验结果可知,当松铺厚度为 45cm 时,超填宽度达到 75cm 时碾压完成后即可满足规范中压实度要求,当松铺厚度为 55cm、65cm 时,超填宽度达到 100cm 时碾压完成后即可满足规范中压实度要求。

测试了粗粒土在 65cm 松铺厚度填筑时,超填宽度分别设置为 50cm、75cm、100cm、120cm 的压实度,结果如表 5 所示:

表 5 粗粒土 65cm 松铺厚度下不同超填宽度下的压实度

层位	50cm 压实度 (%)	75cm 压实度 (%)	100cm 压实度 (%)	120cm 压实度 (%)
上层	93.38	94.04	94.38	95.63
中间层	93.28	94.40	94.85	95.87
下层	93.93	94.72	94.62	96.03

由试验结果可知,粗粒土填土路堤超填宽度达到 50cm 时即可达到规范要求的 93%压实度。

综上所述,综合考虑两种土质填土路堤在最佳压实工艺下的压实效果,规定高速公路路基超厚度施工时填土路堤超填宽度应不小于 0.5m,具体超填宽度由试验段确定。

在潍青高速四标段下路堤区均开展了超厚度填石路堤

试验路,目标压实度为 93%。填料 40mm 以上孔径通过率 70.4%,为填石路堤;  $C_u=7.5$ ,  $C_c=3.0$ , 级配良好,最大干密度为  $2.558\text{g}/\text{cm}^3$ ,单轴饱和抗压强度为 10.3 MPa,属于软质岩石。

填石路堤试验段开展了松铺厚度为 75cm 及 85cm 的现场试验。填石路堤试验路在确定最佳压实工艺的前提下均采用陕西中大 YZ362 单钢轮振动压路机进行碾压,压路机工作质量为 36t,激振频率为 0-28Hz,最大激振力达 800kN。不同松铺厚度下的孔隙率如表 6 所示。

表 6 填石路堤不同松铺厚度下的孔隙率

碾压遍数	75cm 孔隙率 (%)		85cm 孔隙率 (%)	
	上层	下层	上层	下层
1	28.62	29.63	32.35	33.15
2	24.97	25.20	29.17	29.28
3	23.49	23.61	27.34	27.26
4	22.40	22.42	25.72	25.55
5	21.24	21.42	23.68	23.62
6	19.55	19.81	21.98	21.98

结果显示,在 75cm、85cm 松铺厚度下在碾压完成后均小于设计及规范要求的 22%孔隙率,满足要求。

采用最优压实工艺,研究了填石路堤在 75cm、85cm 松铺厚度下进行压实,不同超填宽度下压实度,结果如表 7 所示。

表 7 填石路堤 75cm 松铺厚度不同超填宽度下孔隙率

松铺厚度 (cm)	层位	50cm 孔隙率 (%)	75cm 孔隙率 (%)	100cm 孔隙率 (%)	120cm 孔隙率 (%)
75	上层	22.97	22.26	21.85	19.71
	下层	22.56	22.06	21.73	19.96
85	上层	23.48	22.73	21.94	20.11
	下层	23.06	22.51	21.82	20.38

由试验结果可知,两种松浦厚度下填石路堤超填宽度达

到 100cm 时即可满足小于设计及规范要求的 22%孔隙率的要求。

综上所述，在最优碾压工艺下 75cm 及 85cm 松铺厚度的填石路堤均可满足规范要求，但 85cm 松铺厚度在碾压完成后孔隙率为 21.98%，仅低于设计要求 0.02%，考虑到现场施工的不稳定性及检测误差，确定高速公路路基超厚度施工时填石路堤每层填筑厚度不应超过 85cm。路基孔隙率随超填宽度的增加而减小，当超填宽度大于 100cm 时，路基上下层孔隙率均满足设计要求。综合考虑施工安全、效率及压实质量，提出填石路堤超填宽度应不少于 1m。

6.1.4 本条规定了高速公路路基超厚度施工时台背与墙背填筑时按 JTG/T3610《公路路基施工技术规范》中台背与墙背填筑相关规定执行。

6.1.5 为保证高速公路路基超厚度压实质量，本条提出正式施工时所用填料应与试验段保证一致，按试验段确定的压实参数施工即可。

## 6.2 压实

6.2.1 本条通过现场试验，分别研究了低液限黏土填土路堤、粗粒土填土路堤和填石路堤的最佳碾压工艺，其中低液限黏土填土路堤在 45cm 松铺厚度时拟定四种压实工艺（见表 8），55cm 松铺厚度时拟定两种压实工艺（见表 9），65cm 松铺厚度时拟定两种压实工艺（见表 10）；粗粒土填土路堤

在 65cm 松铺厚度时拟定两种压实工艺（见表 11），80cm 松铺厚度时拟定两种压实工艺（见表 12）；填石路堤在 75cm 松铺厚度时拟定四种压实工艺（见表 13），85cm 松铺厚度时拟定两种压实工艺（见表 14），分别检测每种压实工艺每遍压实后的压实度或孔隙率，结果汇总至表 15-表 21。

表 8 低液限黏土填土路堤 45cm 松铺厚度下四种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 3	静压	重型/弱振	重型/弱振	重型/强振	重型/强振	静压
工况 4	静压	重型/弱振	重型/弱振	重型/弱振	重型/强振	静压

表 9 低液限粘土填土路堤 55cm 松铺厚度下两种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/强振	静压

表 10 低液限粘土填土路堤 65cm 松浦厚度下两种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6	7
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	静压

表 11 粗粒土填土路堤 65cm 松铺厚度下两种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	重型/弱振	静压

表 12 粗粒土填土路堤 80cm 松铺厚度下两种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6	7
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	重型/强振	静压

表 13 填石路堤 75cm 松铺厚度下四种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/弱振	重型/弱振	重型/强振	重型/强振	静压
工况 3	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	静压
工况 4	静压	重型/弱振	重型/弱振	重型/弱振	重型/强振	静压

表 14 填石路堤 85cm 松铺厚度下两种试验工况

碾压遍数	1	2	3	4	5	6
工况 1	静压	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	重型/弱振	静压
工况 2	静压	重型/强振	重型/强振	重型/强振	重型/弱振	静压

表 15 低液限黏土填土路堤 45cm 松铺厚度下四种工况的压实度

碾压遍数	工况 1 压实度 (%)		工况 2 压实度 (%)		工况 3 压实度 (%)		工况 4 压实度 (%)	
	上层	下层	上层	下层	上层	下层	上层	下层
1	79.1	79.9	79.1	79.9	79.1	79.9	79.1	79.9
2	84.4	85.6	84.9	85.1	82.6	83.8	82.3	83.8
3	89.1	90.3	89.7	90.1	86.7	88.5	86.2	87.8
4	92.7	93.8	92.7	93.8	91.9	92.7	90.6	91.3
5	94.0	94.9	93.2	94.0	93.0	93.0	91.7	92.9
6	94.8	95.2	94.6	95.1	94.2	94.7	93.8	93.9

表 16 低液限粘土填土路堤 55cm 松铺厚度下两种工况的压实度

碾压遍数	工况 1 压实度 (%)		工况 2 压实度 (%)	
	上层	下层	上层	下层
1	79.1	79.8	79.1	79.8
2	84.1	85.2	84.3	85.1
3	88.9	89.7	88.7	89.5
4	92.1	93.2	92.3	93.2
5	93.4	94.1	93.8	94.4
6	94.2	95.0	94.5	95.4

表 17 低液限粘土填土路堤 65cm 松铺厚度下两种工况的压实度

碾压遍数	工况 1 压实度 (%)		工况 2 压实度 (%)	
	上层	下层	上层	下层



1	79.1	79.5	79.1	79.4
2	83.7	84.6	83.6	84.6
3	87.8	87.3	87.6	87.5
4	90.0	89.5	90.2	89.8
5	92.1	91.9	92.8	92.4
6	93.6	93.5	93.8	93.6
7	94.4	94.3	94.6	94.3

表 18 粗粒土填土路堤 65cm 松铺厚度下两种工况的压实度

碾压遍数	工况 1 压实度 (%)			工况 2 压实度 (%)		
	上层	中间层	下层	上层	中间层	下层
1	79.0	78.5	78.4	79.7	79.9	77.3
2	82.1	85.0	85.4	80.8	85.3	86.2
3	87.1	93.0	93.5	89.0	92.6	91.8
4	91.2	95.4	94.1	91.0	95.3	93.6
5	93.2	96.7	96.0	93.2	96.9	95.6
6	96.8	97.2	96.0	97.9	97.0	95.5

表 19 粗粒土填土路堤 80cm 松铺厚度下两种工况的压实度

碾压遍数	工况 1 压实度 (%)			工况 2 压实度 (%)		
	上层	中间层	下层	上层	中间层	下层
1	78.9	78.5	78.3	78.9	78.5	78.3
2	82.7	83.3	83.8	82.3	83.0	83.8
3	89.5	90.3	88.7	89.5	90.3	88.7
4	92.2	92.7	90.3	92.2	92.7	90.3
5	93.8	94.2	92.5	93.8	94.2	92.4
6	94.2	95.3	94.0	93.8	95.8	95.1
7	95.1	96.0	94.0	94.8	96.5	95.2

表 20 填石路堤 75cm 松铺厚度下四种工况的孔隙率

碾压遍数	工况 1 孔隙率 (%)		工况 2 孔隙率 (%)		工况 3 孔隙率 (%)		工况 4 孔隙率 (%)	
	上层	下层	上层	下层	上层	下层	上层	下层
1	28.62	29.63	28.62	29.63	28.61	29.61	28.52	29.52
2	24.97	25.20	25.11	25.78	24.79	25.18	25.31	25.61
3	23.49	23.61	23.99	24.10	23.42	23.53	23.79	24.20
4	22.40	22.42	22.47	22.61	22.78	22.81	22.80	22.91
5	21.24	21.42	21.31	21.51	21.72	21.70	21.89	22.00
6	19.55	19.81	19.69	20.01	20.12	20.11	20.27	20.59

表 21 填石路堤 85cm 松铺厚度下两种工况的孔隙率

碾压遍数	工况 1 孔隙率 (%)		工况 2 孔隙率 (%)	
	上层	下层	上层	下层
1	32.35	33.15	32.29	33.21
2	29.17	29.28	29.27	29.12
3	27.34	27.26	27.23	27.33
4	25.72	25.55	24.91	24.85
5	23.68	23.62	23.23	23.11
6	21.98	21.98	21.79	21.83

由表 15-表 17 可知，低液限粘土松铺厚度为 45cm、55cm 时，不同碾压工艺采用重型压路机振动碾压 4 遍均能达到规范及设计的压实度要求，当松铺厚度为 65cm 时，不同碾压工艺采用重型压路机振动碾压 5 遍均能达到规范及设计的压实要求。

由表 18-表 19 可知，粗粒土松铺厚度为 65cm 时，不同碾压工艺采用重型压路机振动碾压 4 遍后均能达到规范及设计的压实度要求。粗粒土松铺厚度为 80cm 时，不同碾压工艺采用重型压路机振动碾压 5 遍后均能达到规范及设计的压实度要求。

由表 20-表 21 可知，填石路堤松铺厚度为 75cm、不同碾压工艺采用重型压路机振动碾压 4 遍后均能达到规范及设计的孔隙率要求；填石路堤松铺厚度为 85cm 时，重型压路机振动碾压 4 遍后未能达到规范及设计的孔隙率要求，但最后一遍静压完成后达到规范及设计的孔隙率要求。

综合考虑不同松铺厚度填土路堤、填石路堤在各种压实工艺下的碾压效果，重型压路机振动压实至少 4 遍才能达到

规范及设计的压实标准，具体松铺厚度及填料路基的振动压实遍数应根据试验段确定。

6.2.2 考虑到第一遍碾压时路基填料模量及强度低，不足以支撑重型压路机，可能存在压路机陷轮现象，故提出更换轻型压路机进行第一遍静压，最后一遍静压前应采用刮平机刮平。

6.2.3 本条提出了高速公路路基超厚度压实应遵循先慢后快、先静后振的基本准则，基于对山东高速公路超厚度路基的施工经验总结和市场上常见单钢轮压路机参数的调研，并结合施工现场压实效果，规定了振动碾压的振幅控制在 1.0mm~3.0mm，振动频率在 20Hz~38Hz，压路机行驶速度控制在 2km/h~4km/h。当然，具体工程的压实工艺需要通过试验路段验证及优化后确定。

6.2.4 本条根据现场施工经验提出，为避免压路机掉头车轮转向导致揉搓破坏已压实完成的路基，提出压路机完成一段碾压后应纵向进退进行碾压。

6.2.5 本条结合工程实践提出，规定了高速公路直线段及曲线段路基超厚度施工碾压顺序。为保证横向路基表面平整连续，两行之间的接头一般应重叠 1/4~1/3 的轨迹。

6.2.6 本条结合工程实践提出，为保证纵向分段路基过度平顺，规定了纵向两作业段的接头处应重叠碾压 1m~2m。

### 6.3 检测

6.3.1 高速公路填土路基超厚度施工时每层填筑松铺厚度已超过 40cm, 最大能达到 65cm, 超过 JTG 3450 中 T0921 规定的灌砂筒适宜的测试层厚度, 故需制作超大号灌砂筒满足检测需要。

6.3.2 本条提出了填土路堤压实检测中引入动态变形模量指标, 施工过程中可实现压实质量快速检测。大量现场试验显示, 压实度与动态变形模量有较好的相关性, 而动态变形模量检测相较于压实度检测能大幅缩短检测时间, 提高检测效率, 故在试验段时确定填料动态变形模量与压实度的关系后, 填土路堤施工时采用动态变形模量试验可实现路基压实效果的快速检测。

为验证填土路堤压实度与动态变形模量的关系, 在潍青高速一标段下路堤区开展了超厚度填土路堤试验路, 目标压实度为 93%, 填料为沿线典型低液限黏土。测试了低液限黏土填土路堤不同碾压次数后的压实度与动态变形模量, 对两组数据进行线性拟合, 结果如图 1 所示。

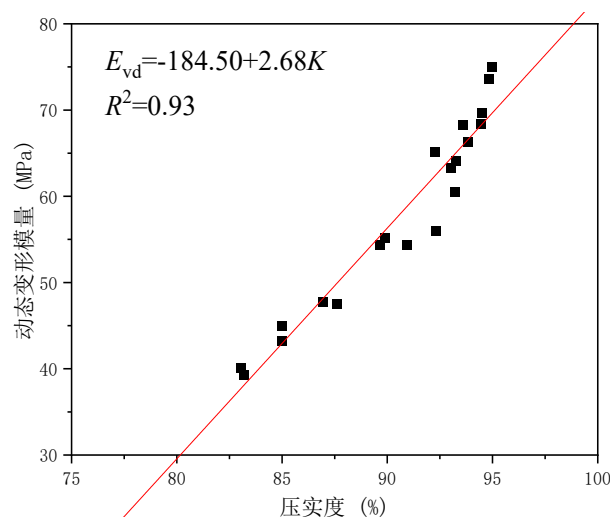


图 1 填土路堤压实度-动态变形模量拟合曲线

由图 1 可知，其  $R^2$  为 0.93，因此，填土路堤压实度与动态变形模量有较强的相关性，可通过找到压实度对应的动态变形模量控制值作为评价超厚度填土路堤施工压实效果的指标。

6.3.3 本条规定了填土路堤整修完成后其施工质量及相应的检测方法应满足 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》相关规定。

6.3.4 本条提出填石路堤压实质量检测中引入沉降差及动态变形模量指标，施工过程中可实现压实质量快速检测。大量现场试验显示，孔隙率与动态变形模量有较好的相关性，而动态变形模量检测相较于孔隙率检测能大幅缩短检测时间，提高检测效率，故在试验段时确定填料动态变形模量与孔隙率的关系后，填石路堤施工时采用动态变形模量试验可实现路基压实效果的快速检测。

为验证填石路堤孔隙率与动态变形模量的关系，在潍青高速四标段下路堤区开展了超厚度填土路堤试验路，目标孔隙率为 22%，填料为软质岩石。测试了软质岩石填石路堤不同碾压次数后的孔隙率与动态变形模量，对两组数据进行线性拟合，结果如图 2 所示。

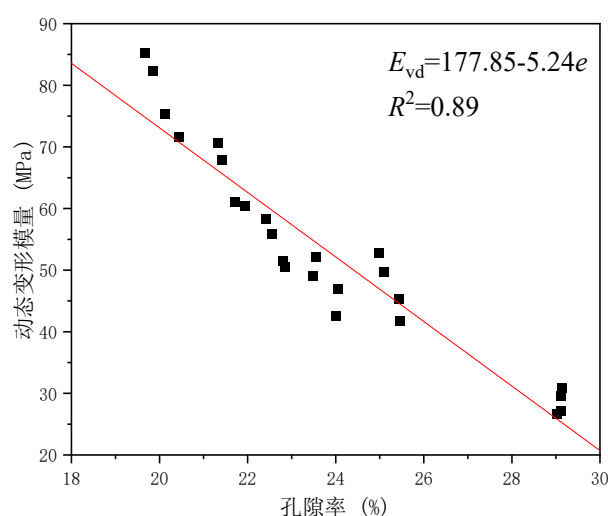


图 2 填石路堤孔隙率-动态变形模量拟合曲线

由图 2 可知，其  $R^2$  为 0.89，说明填石路堤孔隙率与动态变形模量有较强的相关性，可通过找到孔隙率合格时对应的动态变形模量控制值作为评价超厚度填石路堤施工压实效果的指标。

对填石路堤不同松铺厚度下每遍碾压后的沉降差进行检测，采用中大 YZ362 振动压路机，强振时激振力为 805kN，结果如表 22~表 23 所示。

表 22 75cm 松铺厚度填石路堤每遍碾压完成后的沉降差

碾压遍数	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
1	10.52	10.36	10.72	10.52
2	7.96	8.93	7.96	9.31
3	6.88	7.21	6.97	7.32
4	4.21	5.64	5.44	5.84
5	2.55	3.37	3.00	3.85
6	1.98	2.14	2.49	2.84

表 23 85cm 松铺厚度填石路堤每遍碾压完成后的沉降差

碾压遍数	工况 1	工况 2
1	10.89	11.01
2	8.98	8.85
3	6.83	7.07
4	5.74	5.48

5	4.27	4.52
6	2.15	2.47

结合前文可知，两种松铺厚度在不同碾压工艺孔隙率满足要求时，对应的沉降差小于等于 4mm，故规定填石路堤在 36t 压路机强振下，沉降差应小于等于 4mm 时满足压实质量要求。

6.3.5 本条给出孔隙率检测填石路堤压实质量时，孔隙率的计算方法。

6.3.6 本条规定了填石路堤整修完成后其施工质量及相应的检测方法应满足 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》相关规定。

## 7 检验与验收

### 7.1 路基整修

本条直接引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中路基整修相关规定。

### 7.2 路基交接验收

本条直接引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中路基交接验收相关规定。

### 7.3 路基竣（交）工验收

本条直接引用 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》中路基竣（交）工验收相关规定。

## 四、与现行相关法律、行政法规和其他标准的关系

本文件的制定符合现行法律、法规要求。与国家、行业标

准是相协调一致不冲突，是对 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》的补充和细化。目前未有相关的国家、行业标准发布，与 JTG/T 3610 最为密切，相互关系为：JTG/T 3610 未列出本文件所规定的高速公路路基超厚度施工的上料松铺厚度、超填宽度、压实机械选择、碾压工艺及快速检测方法。本标准对高速公路路基超厚度施工的的施工准备、松铺厚度及超填宽度、施工过程中压实机械及压实工艺选择、压实效果的快速检测、检验与验收都给出了明确的技术要求和实施方法，同时提出的技术指标要求符合 JTG/T 3610。

与本文件密切相关的标准还包括：JTG F80/1《公路工程质量检验评定标准 第一册（土建工程）》、JTG 3430《公路土工试验规程》、JTG 3450《公路路基路面现场测试规程》等，与这些相关的标准保持协调一致不冲突。

## **五、重大意见分歧的处理过程、处理意见及依据**

无。

## **六、对地方标准自发布日期至实施日期之间的过渡期（以下简称“过渡期”）的建议及理由**

（1）建议过渡期是 1 个月。高速公路建设单位、设计单位及施工单位等是标准实施的主体，为确保其准确理解、掌握和执行标准，规范高速公路路基超厚度施工的实施，标准发布后将向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实施。预计此项工作需要 1 个月的时间。

（2）建议对《高速公路路基超厚度施工规范》使用情况进行动态管理，组织执行较好的一批单位交流经验，对标准运行过程中存在的问题和不足进行认真研究、深入分析，进



一步补充、完善和细化标准。

(3)本文件发布实施一年后,对规范实施情况进行评估,提出规范实施过程中存在的问题和需要改正的内容。

## 七、实施效益分析

采用本文件可指导新建高速公路超厚度路基施工,与一般压路机压实技术相比,工作效率提高 2-4 倍,人工和能耗费用降低 20%以上,实现高速公路建造期的降本增效;同时,高速公路超厚度路基施工技术可有效缩短路基施工工期,保障高速公路顺利甚至提前通车,实现高速公路运营期的快速收益,社会和经济效益显著。

针对我国高速公路建设过程中普遍存在工期紧张和路基工程工期比重大的问题,本文件形成的高速公路路基超厚度施工成套施工工艺及压实快速检测方法,为高速公路路基超厚度施工中大吨位压实机械选择、碾压工艺优化和压实质量控制与快速检测提供依据,在路基工程快速施工中具有广阔的应用前景。

## 八、标准名称变更的说明

在 2024 年 11 月 15 日《高速公路路基超厚度施工技术规范》(送审稿)山东省地方标准专家审查会上,审查委员听取编制组汇报后,提出鉴于本文件内容及技术要素更符合规范标准要求,建议将本文件名称修改为“高速公路路基超厚度施工技术规范”

提出部门:山东省交通运输厅

(盖章)

2024 年 12 月