

DB 37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T ****—****

黄河冲积平原粉质土路基设计施工 技术规范

Technical specification of design and construction for silty soil subgrades in yellow
river alluvial plain area

(报批稿)

20** - ** - **发布

20** - ** - **实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 设计 2

 5.1 一般规定 2

 5.2 路堤设计 2

 5.3 路床设计 2

 5.4 防排水与边坡防护 4

6 施工 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 施工准备 4

 6.3 路基施工 5

7 施工质量检测与验收 6

 7.1 一般规定 6

 7.2 施工过程质量检测 7

 7.3 交工验收 7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

黄河冲积平原粉质土路基设计施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路粉质土路基设计、施工、质量控制与检查验收等技术要求。
本文件适用于黄河冲积平原区采用粉质土填筑的公路路基工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- JTG D30—2015 公路路基设计规范
- JTG D50—2017 公路沥青路面设计规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范
- JTG 3441—2024 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- TB 10102—2023 铁路工程土工试验规程
- DB37/T 4814 高速公路路基超厚度施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黄河冲积粉质土 silty soil in the Yellow River Alluvial Plain

黄河中下游流域土中的粗粒组（0.075mm～60mm粒组）质量少于或等于总质量25%的细粒土，包括黄河冲积粉土和黄河冲积粉质黏土。

3.2

黄河冲积粉土 silt in the Yellow River Alluvial Plain

塑性指数小于或等于10的黄河冲积粉质土。

3.3

黄河冲积粉质黏土 silty clay in the Yellow River Alluvial Plain

塑性指数介于10～17之间的黄河冲积粉质土。

3.4

改良粉质土 improved silty soil

按设计要求掺加一定比例改良材料的黄河冲积粉质土。

3.5

冲击碾压 impact roller compaction

一种利用多边轮的滚动进行冲击压实的路基碾压方式。

4 基本要求

- 4.1 粉质土路基应具有足够的强度、刚度、稳定性和耐久性。
- 4.2 粉质土路基设计与施工应遵循因地制宜、就地取材、经济适用、节约用地、保护环境的原则，根据路段具体的土质特点、地形地貌、地质条件、地下水位等因素综合确定。
- 4.3 粉质土路基设计与施工，除应符合本文件的规定外，尚应符合现行国家、行业有关标准、规范的规定。

5 设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 应根据公路等级、交通荷载等级和应用层位等合理确定路基结构设计指标。
- 5.1.2 改良粉质土路基应根据土质类型选择合理的处置方案。
- 5.1.3 黄河冲积平原区粉质土路基应加强防排水设计。
- 5.1.4 应结合路基工后沉降计算，确定合理的地基加固和路基填筑方案。
- 5.1.5 其他设计要求应符合 JTG D30 的相关规定。

5.2 路堤设计

- 5.2.1 路堤高度应根据粉质土工程性质、水文地质条件、道路交叉情况等因素合理确定，并符合下列规定：
 - a) 路堤高度不小于中湿状态路基临界高度。
 - b) 粉质土路堤临界高度不超过6m。当路堤填高超过6m时，应按照 JTG D30 进行路堤稳定性验算，不满足边坡稳定性要求时可采取放缓边坡或加筋等措施。
- 5.2.2 路堤浸水部位、桥涵过渡段、低填浅挖路段不宜直接采用粉质土填料填筑，宜采用粒料类材料或改良粉质土填筑。
- 5.2.3 当地下水埋深浅、地基湿软时，路基底部应设置隔断层。隔断层的设计应符合下列规定：
 - a) 隔断层厚度不小于30cm；当采用粗粒土作为隔断层时，最大粒径不大于厚度的2/3；
 - b) 当采用改良粉质土填筑时，根据土质、含水率等确定处置方案；
 - c) 当采用防渗土工布作为隔断层时，其铺设部位高出地表0.5m以上，防渗土工布性能指标符合 JTG/T D32的相关要求。

5.3 路床设计

- 5.3.1 粉质土不宜直接填筑于高速公路、一级公路的路床；路床部位宜进行改良处置，可采用无机、有机或复合材料进行改良，粉土不宜采用石灰改良。
- 5.3.2 采用改良粉质土时，应进行配合比试验，确定改良材料的类型、掺量以及改良粉质土的适用部位。
- 5.3.3 应针对不同粉质土、改良材料等开展试验检验，选取合适的改良材料类型，改良原材料技术要求应符合下列规定：
 - a) 改良材料含水泥时，水泥强度等级为 32.5 或 42.5；初凝时间大于 3h，终凝时间大于 6h 且小于 10h；
 - b) 石灰选用钙镁生石灰或消石灰，符合Ⅲ级以上的技术指标要求；
 - c) 粉煤灰可采用干粉煤灰，也可采用湿粉煤灰。粉煤灰中 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的总含量不小于 70%，烧失量不超过 20%，比表面积大于 $2500\text{cm}^2/\text{g}$ （或 90%通过 0.3mm 筛孔，70%通过 0.075mm 筛孔），三氧化硫含量不大于 3%；湿粉煤灰的含水率不超过 35%；

- d) 当用其他化学类固化剂时，所有指标均满足相关技术文件的要求，改良粉质土性能符合本文件的设计要求。
- 5.3.4 改良粉质土的性能应符合表 1 的规定。

表 1 改良粉质土 7d 无侧限抗压强度标准（代表值）

路基部位		路面底面以下深度 m	7d无侧限抗压强度代表值，不小于 MPa		
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
上路床		0~0.3	0.8	0.6	0.5
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	0.6	0.4	0.4
	特重、极重交通	0.3~1.2	0.6	0.4	-
注：表中无侧限抗压强度试验按照JTG 3441-2024中T0805方法执行。					

- 5.3.5 当路床需要处置时，路基应以路堤和路床顶面回弹模量为设计指标，路床顶面弯沉为验收指标。路基各层顶面回弹模量应根据设计路基结构，采用弹性层状体系理论，由地基土、路堤填料及路床各层材料室内试验获得的动态回弹模量计算确定。路基各层顶面回弹模量应符合表 2 的规定。

表 2 路基各层顶面回弹模量

顶面回弹模量，不小于 MPa	交通荷载等级		
	特重、极重交通	重交通	轻、中等交通
路床	130	100	70
路堤	70	60	-
注：表中回弹模量为平衡湿度状态下路基的动态回弹模量。			

- 5.3.6 平衡湿度状态下路基回弹模量值应按 JTG D30—2015 确定。
- 5.3.7 上路堤、下路床和上路床设计应根据路基结构顶面回弹模量的设计要求，宜按图 1 的流程进行。

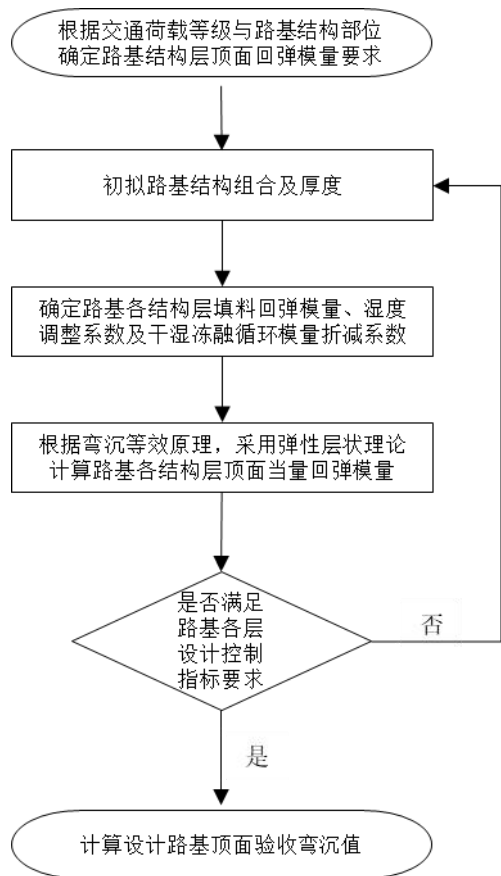


图1 粉质土路基设计流程图

5.4 防排水与边坡防护

- 5.4.1 路基边坡宜采用集中排水方式，泄水槽间距应根据路基宽度、坡度、填料类型以及降雨情况等因素确定，一般不大于 20m。
- 5.4.2 粉土路基边沟应进行防护处理。
- 5.4.3 路基边坡防护形式应根据路基高度和填土类型，采取工程防护、植物防护等防护措施。

6 施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 粉质土路基填筑前，应通过铺筑试验段确定施工参数和质量检测控制标准。
- 6.1.2 根据工期进度安排、土质情况，粉质土路堤可采用常规振动压实、冲击碾压或大吨位大厚度压实等施工方法；路床应采用常规振动压实施工方法。
- 6.1.3 对于振动敏感路段、操作空间狭小路段，可采用液压夯等振动量较小的机械施工；并应在试验段验证的基础上，经充分论证后实施。
- 6.1.4 高填路堤、陡坡路堤施工应加强施工过程监控。
- 6.1.5 雨季施工应加强临时排水和防护施工。
- 6.1.6 除满足本文件的规定，其他技术要求应符合 JTG/T 3610 的相关规定。

6.2 施工准备

- 6.2.1 应对来源不同的拟作为路堤填料的黄河冲积粉质土进行复查和取样试验，必要时应做有机质含

量、易溶盐含量等试验。

6.2.2 改良粉质土路基施工前应按设计提供的配合比进行室内试验，确定施工配合比，当土源发生明显变化时，应按要求重新进行配合比试验。

6.2.3 应按设计要求和现场实际做好清表、地基处理等工作。地基施工宜在地下水位较低时进行；地下水位较高、地基含水率较大，导致地基难以施工的路段，宜通过现场试验，选用降水、地基土翻晒、灰土处置或设置废旧建筑渣料或其他粗粒土垫层等技术措施对地基进行处理。

6.2.4 施工前应选择代表性路段铺筑试验段，其长度不宜小于 200m，并应确定以下内容：

- a) 确定松铺厚度和松铺系数、压实机械组合和碾压遍数、碾压速度及碾压时含水率范围等施工工艺和关键工艺参数；
- b) 验证路床改良土配比方案，优化改良土的施工工艺（掺拌工艺、掺料间隔时间及闷料时间等）；
- c) 验证路基设计方案和技术参数；
- d) 确定适宜的质量控制方法和标准。

6.3 路基施工

6.3.1 粉质土路基填筑应符合下列规定：

- a) 性质不同的粉质土填料分层、分段填筑，分层压实；同一层路基的全宽采用性质相同的填料，不得混合填筑；
- b) 根据压实设备、摊铺厚度、土质类型采用不同的超填宽度；
- c) 根据土的含水率情况、压实机械组合等，合理确定施工作业段长度；
- d) 根据压实机械确定路基压实厚度。

6.3.2 常规振动压实法碾压粉质土路基时应符合下列规定：

- a) 选用18t~26t的振动压路机，压实速度不超过3.0 km/h；
- b) 采用变频变幅的碾压工艺；
- c) 压实厚度不大于30cm；
- d) 碾压时保证含水率控制在大于最佳含水率2%~3%，且中途不得停顿。
- e) 碾压轮迹相互搭接，且搭接宽度不小于1/2单轮宽度，轮迹布满一个作业面为一遍；压实遍数按试验段确定的压实遍数进行控制；
- f) 直线段由两边向中间、小半径曲线段由内侧向外侧纵向进退式进行；
- g) 前后相邻两区段（碾压区段之前的平整预压区段与其后的检验区段）纵向重叠2.0 m以上，无漏压、无死角、碾压均匀；
- h) 路基局部边角地带采用小型手扶或振动压路机、蛙式夯实机补强至规定的压实度。

6.3.3 路堤采用大吨位大厚度压实施工方法时应符合下列规定：

- a) 压实用重型单钢轮振动压路机吨位不低于33 t；重型单钢轮振动压路机弱振时激振力不低于450 kN，强振时激振力不应低于660 kN；
- b) 每层填筑松铺厚度不小于65cm；
- c) 压实工艺一般为先重型压路机静压1遍，然后重型压路机振动压实不少于4遍，最后重型压路机静压1遍，具体振动压实遍数应通过试验段确定；
- d) 碾压应遵循先慢后快，先静压后振动压实的原则，开始碾压时应慢速碾压，当振动碾压时，振幅控制在1.0 mm~3.0 mm，振动频率控制在20 Hz~38 Hz，由弱至强；压路机的行驶速度应控制在2 km/h~4 km/h，其压实工艺参数应与试验段一致；
- e) 其他技术要求按DB37/T 4814中填土路基施工的相关规定执行。

6.3.4 路堤采用冲击碾压法施工时应符合下列规定：

- a) 采用压实轮为正三角形的冲击压路机，冲击势能不小于25kJ，工作速度10km/h~15km/h，冲击轮宽度2mm×900mm；牵引时采用配套的牵引车；
- c) 严格控制地基、路堤土的含水率，控制与土的最佳含水率的误差范围控制在±3%，冲压前按每2000m²检测8个点的频率检测土的含水率；
- d) 冲击碾压的松铺厚度以80 cm为宜；摊铺整平后的路堤每50 m长度设置一个断面，检测控制摊铺厚度；松铺厚度超厚时对超厚部分进行清除；
- e) 高速、一级和二级公路路堤的冲击碾压遍数不少于20遍；三级、四级公路路堤的冲击碾压遍数不少于15遍；地基的冲击碾压遍数不少于10遍；
- f) 冲击压实时均匀碾压，相邻两段冲击碾压搭接长度不宜小于30m；
- g) 施工作业场地宽度大于冲击压路机转弯半径的四倍时，以道路中心线为对称轴从一侧向另一侧采取错轮回转法进行冲击碾压，碾压时轮迹不得重叠；施工作业场地的宽度小于四倍转弯半径时，可按图2的方式进行冲压，并根据实际情况在施工作业场地的两端设置所需的转弯场地。

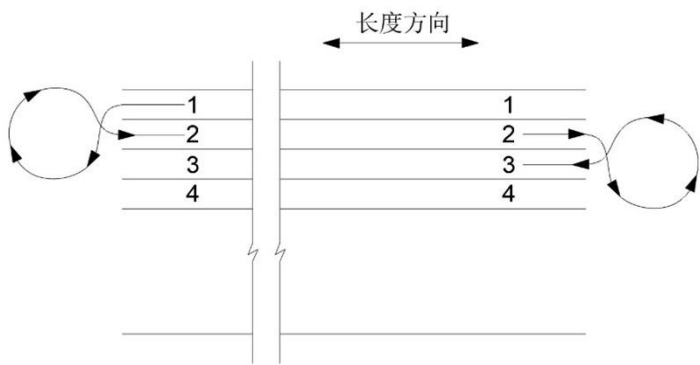


图2 施工作业场地较窄时冲击碾压路线示意图

- h) 采用横向错轮碾压的方式进行冲压，循环错轮完成全部作业场地的冲压计为冲压1遍；冲压过程中每碾压一遍后在调头端向内错1个车位，通过调整转弯半径调整冲击波峰，进行错峰压实，每遍错轮 1/6 轮周距，4遍为一轮回，4遍整平后调整为反方向进行反循环冲击碾压，达到压实质量均匀、满压；
 - i) 冲压后路堤、地基表面的松散土层不检测压实度，可直接计入上一层填土的松铺厚度，但在填土前须整平，并适当洒水保持松散层含水率适宜；当土的含水率较低时，宜于前一天洒水湿润。
- 6.3.5 采用改良粉质土填筑路基时应符合下列规定：
- a) 改良粉质土部位分层填筑、分层碾压密实，压实厚度不超过 25cm；
 - b) 改良粉质土路基部位可采用路拌法、集中厂拌法施工，根据设计掺入量均匀布料；采用路拌法施工时，其拌和深度满足施工要求；
 - c) 改良粉质土的碾压含水率大于最佳含水率 1%~2%；
 - d) 改良粉质土采用的改良材料中含有水泥成分时，在水泥终凝前完成整体压实；并进行覆盖保湿养生，养生时间不少于7天。

7 施工质量检测与验收

7.1 一般规定

7.1.1 粉质土路基施工过程中宜按路基结构设计要求进行分层控制。地基施工质量以压实度为控制标准，路堤、路床部位施工质量以顶面回弹模量为最终控制标准。路堤填筑完成，应进行回弹模量初步检测，检测合格后，方可进行路床填筑。路堤和路床顶面回弹模量应符合表 2 的要求，当达不到要求时，

- 应分析原因，并采取补压等针对性措施。
- 7.1.2 改良粉质土路基施工前，应对改良材料进行产品质量检验。
- 7.1.3 改良粉质土施工应严格控制改良材料掺量，满足设计要求。
- 7.1.4 路基交工验收时应实测路基顶面弯沉值，当实测弯沉值不满足设计要求时，应对路床进行处理。

7.2 施工过程质量检测

- 7.2.1 施工过程中采用碾压遍数、碾压沉降量、压实度和回弹模量综合控制的方法控制施工质量。当碾压达到试验确定的碾压遍数和碾压沉降量标准时，进行地基、路堤、路床的压实度检测。地基达到相应压实度标准为合格。路堤、路床达到相应压实度标准时，进行回弹模量检测，路堤、路床达到相应的回弹模量标准为合格。
- 7.2.2 压实度检测应符合下列规定：
- a) 压实度检测以现场取样的击实结果确定的最大干密度为标准，采用灌砂法或环刀法检测，并符合 JTG 3450的有关规定；
 - b) 施工过程中，每一压实层均进行压实度检测，检测频率为每1000 m²不少于2点，不足1000 m²检测2点，必要时可根据需要增加检测点；
 - c) 采用冲击碾压法施工时，采用灌砂法检测冲压路段不同深度处的压实度；按照检测深度，分为冲压层的层表和层底压实度检测，层表检测表层下20 cm处的压实度，路堤层底检测冲压层底部以上10cm处的压实度，地基层底检测地基冲击碾压后50cm深度处的压实度；压实度通过分层开挖台阶进行检测，层表压实度检测频率为每200m 检测4处；层底压实度检测频率为每 200m 检测 2处；
 - d) 采用大吨位大厚度施工时，按DB37/T 4814中填土路基压实质量检测的相关规定执行。
- 7.2.3 经碾压后地基的压实度应不小于 90%，粉质土路堤、路床压实度应符合 JTG/T 3610 的规定。
- 7.2.4 改良粉质土每一压实层应检测改良材料掺量。以每天完成段落为评定单位时，改良材料掺量检测宜不少于 3 处；以 1km 为评定单位时，改良材料掺量检测宜不少于 6 处。当改良材料中含有水泥成分时，检测应在水泥终凝前完成。
- 7.2.5 回弹模量检测可采用落锤式弯沉仪或便携式落锤弯沉仪测试方法。采用落锤式弯沉仪时应按照 JTG D50—2017 式（B.7.1）由实测弯沉值计算确定。采用便携式落锤弯沉仪快速检测时，检测方法和频率应符合表 4 的规定。

表 3 便携式落锤弯沉仪快速检测

检测项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
动态变形模量	实测动态变形模量≥试验段确定的动态回弹模量合格对应的动态变形模量	便携式落锤弯沉仪：每一双车道 评定路段（1km）40 点
注：动态变形模量检测按照TB 10102—2023中动态变形模量试验方法进行检测。		

7.3 交工验收

- 7.3.1 路基工程验收前，应按照本文件及 JTG F80/1 的要求进行自检，自检合格后，编制符合要求的交工资料，申请交工验收。
- 7.3.2 粉质土路基交工验收时，宜采用落锤式弯沉仪测定路基顶面弯沉值，并应符合式（1）的要求。

$$l_0 \leq l_g \dots\dots\dots (1)$$

式中： l_g ——路基顶面验收弯沉值，单位为 0.01 毫米（0.01mm）；
 l_0 ——路段内实测的路基顶面弯沉代表值，单位为 0.01 毫米（0.01mm），按式（2）计算确定：

$$l_0 = (\bar{l}_0 + \beta \times s)K_1 \dots\dots\dots (2)$$

式中： \bar{l}_0 ——路段内实测路基顶面弯沉平均值，单位为 0.01 毫米（0.01mm）；
 β ——目标可靠度指标，根据公路等级取值，高速公路为 1.65，一级公路为 1.28，二级公路为 1.04，三级公路为 0.84，四级公路为 0.52；
 s ——路段内实测路基顶面弯沉标准差，单位为 0.01 毫米（0.01mm）；
 K_1 ——路基顶面弯沉湿度影响系数，根据当地经验按式（3）计算确定：

$$K_1 = \frac{l_A}{l_B} \dots\dots\dots (3)$$

式中： l_A ——经湿度调整后路基顶面验收弯沉值，单位为 0.01 毫米（0.01mm）；
 l_B ——经湿度调整前路基顶面验收弯沉值，单位为 0.01 毫米（0.01mm）。

7.3.3 路基交工验收应按 JTG F80/1 的有关规定执行。

