JTG

中华人民共和国推荐性行业标准 JTG/T 3331-09—2025

公路红黏土与高液限土路基设计与施工技术规范

Technical Specifications for Design and Construction of Highway Laterite and High Liquid Limit Soil Subgrade

交通运输部信息公开
浏览专用

2025-11-25 发布 2026-03-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前　　言

根据《交通运输部关于下达2020年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2020〕471号）的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路红黏土与高液限土路基设计与施工技术规范》（JTG/T 3331-09—2025）（以下简称“本规范”）的制定工作。

编制组对我国红黏土与高液限土路基进行了广泛调研，总结了红黏土与高液限土路基的研究成果和工程经验，征求了业内有关单位和专家的意见和建议。根据红黏土与高液限土的工程特性，本规范规定了红黏土与高液限土路基的设计、施工技术要求，以保证填方路基强度与整体稳定，控制路堤工后沉降，防止路堑边坡失稳坍塌。本规范力求技术先进，指标合理，可操作性强，体现我国红黏土与高液限土路基建设技术水平和绿色公路发展理念。

本规范共分为5章，主要内容包括：1总则、2术语和符号、3工程地质勘察、4填方路基、5挖方路基。

本规范由吴立坚负责起草第1章，宋常军、卞晓琳、刘江鑫、李鹏负责起草第2章，张静波、付伟、彭博、任超负责起草第3章，吴立坚、崔昌洪、王文胜、田世宽、陈礼彪、李志勇负责起草第4章，宋常军、汪祥立、徐凤银负责起草第5章。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：吴立坚（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079788；电子邮箱：lj.wu@rioh.cn），以便修订时研用。

主 编 单 位： 交通运输部公路科学研究院
参 编 单 位： 中交第二公路勘察设计研究院有限公司
中交一公局第四工程有限公司
中国公路工程咨询集团有限公司
福建省高速公路科技创新研究院有限公司

主　　编： 吴立坚
主要参编人员： 宋常军　卞晓琳　张静波　付　伟　崔昌洪　王文胜
田世宽　汪祥立　徐凤银　陈礼彪　李志勇　刘江鑫
李　鹏　彭　博　任　超

交通运输部信息公开
研究专用

主　　审： 王秉纲

参与审查人员： 张慧彧　于　光　张军辉　吴万平　邓卫东　王　昕
刘吉福　米德才　周　勇　钱绍锦

参 加 人 员： 冯瑞玲　韩志杰　邓　捷　孟　云　张　勇　王秋赞
刘朋宝　王　健　张　冠　刘艳峰　丛旭娟　徐周朝

交通运输部信息公开
浏览专用

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 3
2.1　术语 …… 3
2.2　符号 …… 3
3　工程地质勘察 …… 4
3.1　一般规定 …… 4
3.2　工可勘察 …… 6
3.3　初步勘察 …… 6
3.4　详细勘察 …… 11
4　填方路基 …… 13
4.1　一般规定 …… 13
4.2　应用条件与范围 …… 15
4.3　路基形式 …… 17
4.4　试验路段 …… 20
4.5　路基填筑 …… 21
5　挖方路基 …… 24
5.1　一般规定 …… 24
5.2　路床处理 …… 25
5.3　边坡稳定性分析 …… 26
5.4　边坡防护与排水 …… 26
本规范用词用语说明 …… 29

交通运输部信息公开
浏览专用

1　总则

1.0.1　为指导红黏土与高液限土路基设计与施工，保证工程质量，节约资源，保护环境，制定本规范。

1.0.2　本规范适用于各等级公路新建工程红黏土与高液限土路基设计与施工。当红黏土与高液限土为膨胀土时，应按现行行业标准中膨胀土路基的相关规定执行。

条文说明

红黏土、高液限土和膨胀土之间的相互关系如图1-1所示。红黏土、高液限土的工程特性相近，通常将两者一起论述。大部分膨胀土的液限大于50%，但膨胀土的工程性质特殊，为独一类的特殊土。因此，膨胀土路基应按现行行业标准中的相关规定执行。

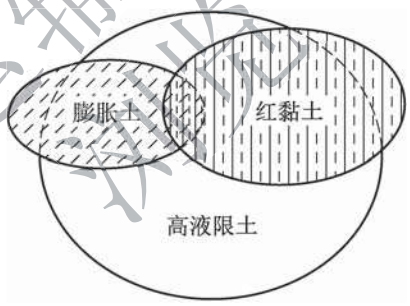

图1-1　红黏土、高液限土和膨胀土的相互关系

1.0.3　当其他合格路基填料缺乏或处治成本过高时，可利用红黏土与高液限土填筑路基。路基填筑宜结合工程特点和地区工程经验，保证路基整体稳定，工后沉降可控，具有足够的路基强度与耐久性。

1.0.4　红黏土与高液限土路基设计与施工应符合国家和行业在安全生产、环境保护方面的有关规定。

1.0.5　红黏土与高液限土路基设计与施工应积极、稳妥地采用新技术、新材料、新

交通运输部信息公开
试读专用

工艺、新设备。

1.0.6 红黏土与高液限土路基设计与施工除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

交通运输部信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 红黏土 laterite
碳酸盐类岩石在温湿气候条件下经风化后形成的褐红色黏质土。

2.1.2 高液限土 high liquid limit soil
液限超过50%的细粒土。

2.1.3 最大CBR maximum California Bearing Ratio
击实功一定时，土的CBR与含水率关系曲线上的极大值。

2.1.4 最大CBR含水率 moisture content under maximum CBR
与最大CBR值相对应的土的含水率。

2.2 符号

CBR——承载比；
CBR_{max}——最大承载比；
I_l——土的液性指数；
I_p——土的塑性指数；
w——土的天然含水率；
w_c——土的天然稠度；
w_{CBR}——土的最大CBR含水率；
w_L——土的液限；
w_p——土的塑限。

交通运输部信息公开
浏览专用

3 工程地质勘察

3.1 一般规定

3.1.1 工程地质勘察应查明红黏土与高液限土的类型、成因、状态、结构、分布、大气影响深度等地质特征和物理力学特性。

3.1.2 工程地质勘察应采用资料收集、地质调绘、勘探、原位测试及室内试验相结合的方法。应按公路建设各阶段的相应要求，结合现场地形地质条件、路基边坡高度、构造物设置情况、勘探目的等，合理确定勘察方法和工作量。

3.1.3 红黏土与高液限土场地类型可根据地形地貌、岩土组成与结构、不良地质、地下水条件等指标按表3.1.3划分为复杂场地、中等场地和简单场地。

表3.1.3 红黏土与高液限土场地类型

场地类型	地形地貌	岩土组成与结构	不良地质	地下水条件
复杂场地	地面横坡陡于1∶2.5	地基压缩层或边坡开挖范围内为岩石和多层土组成，且有软弱夹层或外倾结构面	发育有土洞、岩洞、滑坡或其他不良地质，且埋深浅，对路基或边坡稳定影响大	汇水面积大；地下水位埋深较浅，对路基工程有较大影响
中等场地	地面横坡陡于1∶5，但缓于1∶2.5	地基压缩层或边坡开挖范围内为岩石和土组成，无软弱夹层和外倾结构面	发育有土洞、岩洞、滑坡或其他不良地质，但埋深较大，可能影响路基或边坡稳定	汇水面积小；地下水位埋深较深，对路基工程有一定影响
简单场地	地面横坡缓于1∶5	地基压缩层或边坡开挖范围内为单一均质土层	无土洞、岩洞或其他不良地质	无地表水汇集；地下水位埋深较深，对路基工程影响小

注：符合表中两个或两个以上特征者，宜按最不利条件确定场地类型。

3.1.4 红黏土与高液限土可按不同因素进行分类，并应符合下列规定：

1 红黏土与高液限土可按地质成因分为残积、坡积、冲积和洪积及其组合等类型。

交通运输部信息公开 浏览专用

2　红黏土与高液限土可根据其风化母岩类型进行分类。

3　高液限土可根据土颗粒组成与土的塑性图，按表 3. 1. 4-1 进行分类。

表 3. 1. 4-1　高液限土的类型

液限 w_L	塑性指数	粗粒组成	土代号	类型
$w_L \geqslant 50\%$	$I_p \geqslant 0.73$ $(w_L - 20)$	粗粒组≤25%	CH	高液限黏土
		25% < 粗粒组≤50%，且砂粒≥砾粒	CHS	含砂高液限黏土
		25% < 粗粒组≤50%，且砂粒 < 砾粒	CHG	含砾高液限黏土
	$I_p < 0.73$ $(w_L - 20)$	粗粒组≤25%	MH	高液限粉土
		25% < 粗粒组≤50%，且砂粒≥砾粒	MHS	含砂高液限粉土
		25% < 粗粒组≤50%，且砂粒 < 砾粒	MHG	含砾高液限粉土

4　红黏土与高液限土的湿度状态可根据稠度指标按表 3. 1. 4-2 进行分类。

表 3. 1. 4-2　红黏土与高液限土的湿度状态分类

湿度状态	过湿	潮湿	中湿	稍湿	干燥
稠度	$w_c \leqslant 0.7$	$0.7 < w_c \leqslant 0.9$	$0.9 < w_c \leqslant 1.1$	$1.1 < w_c \leqslant 1.3$	$w_c > 1.3$

注：稠度 $w_c = (w_L - w) / (w_L - w_p)$，其中 w_L 为液限（%）；w 为土的含水率（%）；w_p 为土的塑限（%）。

5　红黏土与高液限土的软硬状态可根据液性指数按表 3. 1. 4-3 进行分类。

表 3. 1. 4-3　红黏土与高液限土的软硬状态分类

软硬状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
液性指数 I_l	$I_l \leqslant 0$	$0 < I_l \leqslant 0.25$	$0.25 < I_l \leqslant 0.75$	$0.75 < I_l \leqslant 1.00$	$I_l > 1.00$

条文说明

红黏土与高液限土主要分布于我国南方地区，分布较广的有福建、湖南、广东、广西、云南、贵州、海南、江西等省（自治区、直辖市），其他省（自治区、直辖市）偶有分布。

西南地区的红黏土与高液限土多由碳酸盐类岩石风化而来，其风化程度高，黏粒（粒径 <0. 002mm）含量高，粗颗粒（粒径 >0. 075mm）含量较低，天然含水率普遍较高（多在 35% ~50% 之间），CBR 强度较低（多在 4 ~8 之间）。

母岩为花岗岩的高液限土主要分布于华南地区，风化程度相对较低，土中常含一些粗颗粒，黏粒含量低，CBR 强度也相对较高。胀缩性方面，花岗岩风化的红黏土与高液限土的胀缩性比灰岩要小，这与他们的颗粒组成有关。花岗岩风化而来的土有较多非亲水的原生矿物，固相的理化活性较低，与水作用的能力较弱，而粒间胶结则较强，这种成分结构特征使得土体胀缩性较小。碳酸盐岩风化而来的颗粒较细，胀缩性明显

交通运输部信息公开
浏览专用

较大。

湿度是影响路基施工质量和运营期路基性能稳定的重要状态参数。土体过湿时晾晒困难；土样潮湿时，可以通过晾晒后采用轻型压实；中湿状态时可以用轻型压实；土样稍湿时，可以采用重型压实；土样干燥时，虽然能提高碾压时的压实度，但遇水后压实度会大幅降低，路基性能状态不稳定，一般不在此状态下碾压。天然状态下，红黏土与高液限土一般多处于潮湿与中湿状态，这也是自然稳定的状态。

3.2 工可勘察

3.2.1 工可阶段的工程地质勘察应以资料收集和工程地质调绘为主，场地条件复杂时宜进行必要的勘探，初步查明红黏土与高液限土路段的工程地质条件。

3.2.2 工可阶段的工程地质勘察工作应包括下列内容：

1 搜集沿线的区域地质、工程地质、水文地质、地形地貌、气象等资料，进行分析整理。

2 初步查明沿线红黏土与高液限土的分布范围、成因类型等。

3 初步判断红黏土与高液限土场地的稳定性及对路基的影响程度，为路线方案的确定提供依据。

3.3 初步勘察

3.3.1 初步勘察应以工程地质调绘、钻探、坑（槽）探、物探为主，必要时辅以原位测试等手段，基本查明红黏土与高液限土路基路段的工程地质条件。

3.3.2 初步勘察应基本查明下列内容：

1 地形地貌条件，如自然坡度、植被生长情况等。

2 红黏土与高液限土的成因、类型、厚度、土体分带性特征及裂隙发育程度。

3 红黏土与高液限土的物理力学性质及地基承载力等。

4 地表水和地下水发育情况。

5 下伏基岩的接触面形态、岩性、风化程度、溶洞以及软弱夹层的分布情况。

6 不良地质现象的类型、分布范围和发育情况。

3.3.3 工程地质调绘应沿拟定的路线进行，路线两侧各自的调查范围应不小于150m，平面测绘比例尺宜为1∶2 000。

3.3.4 一般路段勘探点应沿路基中线布置，其间距及深度应符合表3.3.4的规定，每个地貌单元的勘探点数量宜不少于1个。

交通运输部信息公开
浏览专用

表 3.3.4　初步勘察阶段勘探点间距及深度

场地类别	公路等级	勘探点间距（m）	勘探深度
简单场地	高速公路、一级公路	≤500	不小于地表以下 5m 或遇基岩
	二级及二级以下公路	≤500	
中等场地	高速公路、一级公路	≤300	填方：不小于地表以下 8m 或遇基岩； 挖方：不小于路基设计高程以下 5m
	二级及二级以下公路	≤500	
复杂场地	高速公路、一级公路	≤200	
	二级及二级以下公路	≤300	

3.3.5　高路堤、陡坡路堤初步勘察应符合下列规定：

1　应根据现场地形条件、路基填筑高度，布置横向勘探断面，每个工点的勘探断面数量应不少于表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5　初步勘察阶段高路堤、陡坡路堤横向勘探断面布置数量

场地类别	公路等级	断面数量（个）
简单场地	高速公路、一级公路	1
	二级及二级以下公路	(1)
中等场地、复杂场地	高速公路、一级公路	1～2
	二级及二级以下公路	1

注："( )"表示视需要布置。

2　每条横向勘探断面上的钻孔或探井数量应不少于 2 个。勘探深度应满足沉降及稳定计算要求；当基岩面埋藏较深时，应不小于地表以下 8m；当基岩面埋藏较浅时，应勘探至基岩面以下不小于 2m。当土层下伏分布有土洞、溶洞且位置较浅时，勘探孔应至洞底完整基岩面以下 3～5m。

3.3.6　深路堑初步勘察应符合下列规定：

1　应根据斜坡的地质、水文地质条件和拟定的工程方案，确定勘探断面的位置，每个深路堑的断面数量应不少于表 3.3.6 的规定。

表 3.3.6　初步勘察阶段深路堑横向勘探断面布置数量

场地类别	公路等级	断面数量（个）
简单场地	高速公路、一级公路	1
	二级及二级以下公路	(1)
中等场地、复杂场地	高速公路、一级公路	1～2
	二级及二级以下公路	1

注："( )"表示视需要布置。

2　每条横向勘探断面上的钻孔或探井数量应不少于 2 个。勘探深度应不小于路基设计高程以下 8m 或至基岩面以下不小于 2m；当路基设计高程以下分布有土洞、岩洞

交通运输部信息公开
浏览专用

且对边坡稳定性有影响时，勘探孔应至洞底完整基岩面以下 3 ~ 5m。

3.3.7 支挡工程初步勘察应符合下列规定：

1 应根据场地的地形地质条件和支挡工程的类型、规模，结合沿线地质勘察工作，确定代表性勘探点的位置和数量，基本查明支挡地段边坡及地基的工程地质条件。

2 每个支挡工程勘探点的数量不宜少于 2 个。挡土墙基础的勘探深度应不小于 5m 或至基岩面以下 2m。抗滑桩、桩基挡墙的勘探深度应至桩端以下不小于 5m。

3.3.8 地基土取样与试验项目应符合下列规定：

1 应采取边进尺边取土的方法在探坑（井）或钻孔中采集原状样。采集范围应从地面以下 1m 开始；大气影响深度内取样竖向间距宜为 1.0m；大气影响深度以下取样间距可为 1.5 ~ 2.0m。基岩附近土质变软或遇地层变化时，应增加取样数量。

2 试验项目应根据路基工程类型，参照表 3.3.8 确定。

表 3.3.8 地基土试验项目

测试项目	路基工程类型				
	一般路段	高路堤	陡坡路堤	深路堑	支挡结构
颗粒分析	+	+	+	+	+
天然含水率（%）	+	+	+	+	+
密度（g/cm^3）	+	+	+	+	+
液限（%）	+	+	+	+	+
塑限（%）	+	+	+	+	+
最大干密度（g/cm^3）	/	/	/	/	/
最佳含水率（%）	/	/	/	/	/
CBR（%）	/	/	/	/	/
黏聚力（kPa）	（+）	+	+	+	+
内摩擦角（°）	（+）	+	+	+	+
压缩系数（MPa^{-1}）	（+）	+	+	/	+
自由膨胀率（%）	（+）	（+）	（+）	（+）	（+）
收缩试验	（+）	（+）	（+）	（+）	（+）
地基承载力（kPa）	/	/	/	/	+

注：1. “+”为必做项目；“（+）”为选做项目；“/”为不做项目。

2. 路堑边坡勘察应进行原状土的室内饱和抗剪强度试验。

3. 颗粒筛分试验应采用水洗法。

4. 试验用土不得重复使用。

条文说明

红黏土与高液限土中的粗颗粒与细粒土黏在一起，若不采用水洗法，不易准确测定

交通运输部信息公开 浏览专用

其粗颗粒含量。

红黏土与高液限土的黏粒含量高，其内部胶凝物质（$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$，$SiO_2 \cdot nH_2O$等）中包含结合水，结合水的相对密度在1.2～2.2之间，表现出固态水的性质，冰点低于0℃。不同于自由水，土体烘干破坏了结合水与颗粒间的结合力与分子结构，失水后一定时期内具有不可逆性。因此湿土法制件与干土法制件得到的试验结果差距较大。湿土法击实试验所得的最大干密度小于干法，最佳含水率大于干法。湿土法试验CBR值高于干法。现场红黏土与高液限土的天然含水率通常较高，一般需晾晒降低含水率后进行碾压，因此采用湿土法试验所得结果更符合实际施工过程。

3.3.9 红黏土与高液限土路基填料取样类型应根据料场确定，每个料场至少取一种土样，土样变化时应增加取样种类；每个土样的数量应满足所有试验要求。

3.3.10 用作路基填料的红黏土与高液限土室内试验应符合下列规定：

1 应进行颗粒分析、含水率、液塑限、击实、CBR、抗剪强度和压缩系数试验。

2 必要时应进行自由膨胀率和收缩试验。

3 应根据土的液塑限和天然含水率，按现行《公路土工试验规程》（JTG 3430）确定不同含水率下的CBR_{max}，含水率试验范围宜包括现场碾压含水率范围，每个土样含水率的间隔宜为3～5个百分点或稠度间隔0.1～0.15。

条文说明

CBR值是选取路基填料的关键指标，红黏土与高液限土的一个主要特征是其击实曲线（密实度曲线）与其CBR曲线相分离，如图3-1所示。因此其CBR试验与一般的土有所不同。红黏土与高液限土的CBR试验一般按以下步骤进行：

（1）调查确定料场土的含水率范围。

（2）当土的制件击数保持不变，红黏土与高液限土的含水率变化时，其CBR值将随之改变，CBR曲线上的极大值为该击实功下的最大CBR。与最大CBR所对应的含水率为最大CBR含水率。击实功越大，最大CBR含水率越小，反之亦然。

（3）调整CBR试验制件击数，得到不同击实功下的最大CBR与最大CBR含水率。

（4）现场土的含水率一般在某一范围内，为了确定该范围内路基土的CBR值，需进行不同含水率、不同击实功的CBR交叉试验。室内试验土的含水率范围包括现场路基填料可能的含水率，以揭示土在不同工况下的CBR强度特性，用于指导施工。CBR试验时具体制件击数根据试验经验确定，当缺少试验经验时，可参考表3-1进行，必要时可增加不同击数的试验数量，每个土样含水率的间隔宜为3～5个百分点或稠度间隔0.1～0.15。

（5）绘制不同含水率、不同击实功下土的CBR试验结果曲线，如图3-2所示。根据CBR大于或等于3的要求，确定红黏土与高液限土路基的可用含水率范围。也可以由此分析不同含水率时，CBR大于或等于3时的压实度。

交通运输部信息公开 测试专用

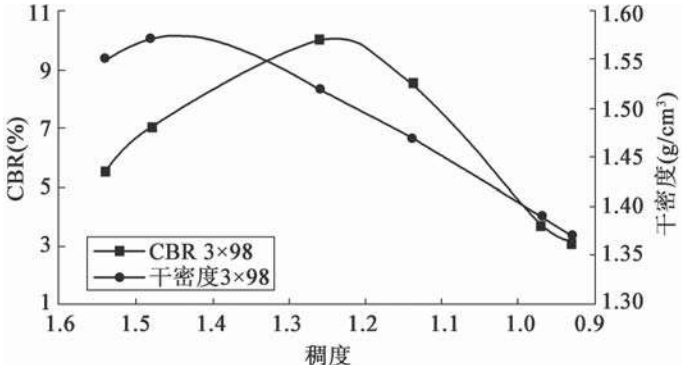

图 3-1　红黏土与高液限土的击实与 CBR 曲线

表 3-1　红黏土与高液限土 CBR 试验

含水率（%）	层数×击数	湿密度 ρ_w（g/cm³）		干密度 ρ_d（g/cm³）		压实度（%）	CBR（%）	线膨胀率（%）
		泡水前	泡水后	泡水前	泡水后			
45.0	3×15							
	3×25							
	3×35							
40.7	3×20							
	3×30							
	3×50							
36.7	3×25							
	3×40							
	3×70							
32.9	3×30							
	3×50							
	3×98							
28.4	3×30							
	3×50							
	3×98							

注：表中击数根据土质变化进行调整。调整原则：含水率越高，击数越低。

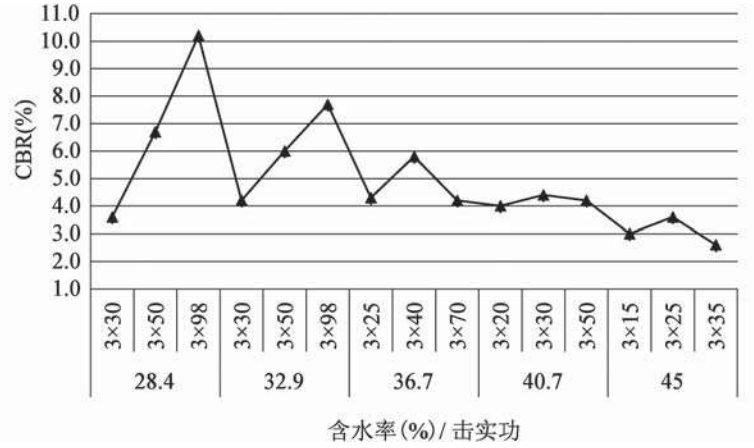

图 3-2　不同含水率与击实功时的 CBR 试验结果

交通运输部信息公开
浏览专用

3.4 详细勘察

3.4.1 应充分利用初步勘察取得的各项地质资料，并对路线方案变化或初步勘察资料不足的路段布置适量勘探点补足。详细勘察应采用综合勘察手段，详细查明红黏土与高液限土路段的工程地质条件和岩土参数，具体内容应符合本规范第 3.3.2 条的规定。

3.4.2 工程地质条件复杂、填挖变化较大的路段，应在初步勘察的基础上进行补充工程地质调绘，平面测绘比例宜为 1∶500 ~ 1∶2 000。

3.4.3 一般路基详细勘察时应沿路基中线布置路基勘探点，每段填、挖路基勘探点的数量宜不少于 1 个，做代表性勘探；地质条件变化大时，应增加勘探点数量。勘探深度应符合本规范第 3.3.4 条的规定。

3.4.4 高路堤、陡坡路堤详细勘察应符合下列规定：

1 每段高路堤、陡坡路堤应在代表性位置布置横向勘探断面，断面数量应不少于表 3.4.4 的规定。

表 3.4.4 详细勘察阶段高路堤与陡坡路堤横向勘探断面布置数量

场地类别	公路等级	断面数量（个）
简单场地	高速公路、一级公路	1
	二级及二级以下公路	(1)
中等场地	高速公路、一级公路	1 ~ 2
	二级及二级以下公路	1
复杂场地	高速公路、一级公路	2 ~ 3
	二级及二级以下公路	1 ~ 2

注：“( )”表示视需要布置。

2 每条横向勘探断面上的钻孔或探井数量，简单场地应不少于 2 个，中等和复杂场地应不少于 3 个，勘探深度应符合本规范第 3.3.5 条的规定。

3 必要时应结合原位测试手段进行综合勘探。

3.4.5 深路堑详细勘察应符合下列规定：

1 每段深路堑应在代表性位置布置横向勘探断面，断面数量应不少于表 3.4.5 的规定。

交通运输部信息公开
浏览专用

表 3.4.5　详细勘察阶段深路堑横向勘探断面布置数量

场地类别	公路等级	断面数量（个）
简单场地	高速公路、一级公路	1
	二级及二级以下公路	（1）
中等场地	高速公路、一级公路	1～2
	二级及二级以下公路	1
复杂场地	高速公路、一级公路	2～3
	二级及二级以下公路	1～2

注：“（）”表示视需要布置。

2　每条横向勘探断面上的钻孔或探井数量，简单场地应不少于 2 个，中等和复杂场地应不少于 3 个，勘探深度应符合本规范第 3.3.5 条的规定。

3　复杂的残坡积土场地，可采用静力触探等原位测试方法查明红黏土与高液限土力学性质的分带性；对于裂隙发育的复杂场地，宜采用现场直剪试验测试红黏土与高液限土强度参数。

3.4.6　支挡工程详细勘察应符合下列规定：

1　应在初步勘察的基础上，根据场地的地形地质条件和支挡工程的类型、规模，确定代表性勘探点的位置和数量，详细查明支挡工程边坡和地基的工程地质条件。

2　每处独立的支挡结构物其基础勘探点数量应不少于 2 个；当结构物路段较长或地质复杂时，应增加勘探点数量。勘探深度应符合本规范第 3.3.5 条的规定。

3.4.7　详细勘察阶段红黏土与高液限土地基土取样与试验应符合表 3.3.8 的规定。

3.4.8　详细勘察阶段用作路基填料的红黏土与高液限土试验应符合本规范第 3.3.9 条、第 3.3.10 条的规定。

交通运输部信息公开
浏览专用

4 填方路基

4.1 一般规定

4.1.1 红黏土与高液限土路段不宜采用高路堤。

条文说明

红黏土与高液限土天然含水率高，高路堤易导致路基的工后沉降量较大，整体稳定性较难保障。

4.1.2 应综合考虑填料特性、沿线气候条件、地形地貌、地质条件、路基高度等因素，结合当地工程经验，合理确定红黏土与高液限土填方路基方案。

条文说明

不同地区的红黏土与高液限土物理力学特性差别较大，不同路段的路基断面形式、地质状况不同，需结合具体工点确定填筑方案。各地在以往的工程建设中积累了较丰富的经验，贵州和福建两省分别颁布了《贵州省红粘土和高液限土路基设计与施工技术规范》（DB52/T 1041—2015）和《福建省高液限土路基设计与施工技术规范》（DB35/T 1640—2017），利用时需充分结合当地工程经验。

4.1.3 红黏土与高液限土路基的整体稳定性计算与稳定安全系数应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定。

4.1.4 红黏土与高液限土路基宜在旱季连续施工。

4.1.5 红黏土与高液限土路基填筑应统筹考虑路基填料的调配。

条文说明

红黏土与高液限土路堤的基底与顶部（路床、上路堤）需采用碎石等粗粒土填筑。岩石往往位于红黏土与高液限土覆盖层以下，因此，路堤填筑时要统筹考虑填方、挖方施工和填料调配。

交通运输部信息公开
浏览专用

4.1.6 红黏土与高液限土路基填筑施工时，宜对上路堤顶面弯沉进行检测，上路堤顶面的弯沉检测合格后方可进行路床填筑。路基顶面弯沉应满足路面设计要求。

条文说明

路基弯沉检测的有效影响深度在1.5～2.0m，上路堤对弯沉有显著影响。上路堤顶面进行初步弯沉检测分析，可以避免路基顶面弯沉不够的风险，同时也可以根据检测结果合理调整路床填料与填筑方案。路床填料与公路等级不同，上路堤顶面的弯沉控制标准也会有所差异，因此上路堤顶面弯沉控制标准要根据具体工程通过试验段合理确定。上路堤顶面的弯沉控制标准也可以采用弹性层状体系理论通过计算或根据诺模图分析确定。分析时可以将路基简化为路堤、路床双层弹性层状体系，只要确定了路床填料的模量，便可以反算出上路堤顶面的控制模量（弯沉）。

路基弯沉可能受降雨等外界因素的影响，路面铺筑前要确认路基顶面弯沉满足要求。

4.1.7 红黏土与高液限土路基防水与排水应根据气候条件及防护类型等，采取防、排、截、疏相结合的综合措施，设置完善通畅的排水系统。路面结构层铺筑前应清理排水设施，避免路基顶面、中央分隔带和边沟积水。

4.1.8 红黏土与高液限土路基填筑完成后宜放置6个月以上或经历一个雨季，保证路基沉降稳定后方可铺筑路面。

条文说明

路基沉降观测表明，沉降曲线基本呈幂函数型。填筑完成后放置6个月以上，将明显减少路基工后沉降量，延长放置时间也有利于减少路基弯沉值。

4.1.9 地形高差变化较大的路段可采用挡土墙收坡。挡土墙地基的承载力应满足要求。挡土墙墙身宜每隔2～3m设置泄水孔，泄水孔直径宜不小于5cm。挡土墙高度超过2m时，应在墙背设置厚度不小于50cm的砂砾或其他透水性材料形成反滤层；反滤层顶部应用厚度不小于50cm的黏土层封闭。

4.1.10 涵洞等小型结构物基础位于红黏土与高液限土地基时，宜对地基进行处理。基础开挖边角处宜碾压密实或采用贫混凝土填筑。

条文说明

红黏土与高液限土地基上的涵洞等小型结构物易发生沉陷、错台、底板开裂等病害。基础开挖基坑常会积水，导致地基承载力下降。结构物上路基高度较高、地基土层

交通运输部信息公开
浏览专用

厚度不均匀时，可能产生过大的沉降与差异沉降，导致涵洞等错台、开裂。因此，一般情况下，需对结构物地基进行处理，常用处理措施包括换土垫层、混凝土扩大基础、CFG（水泥粉煤灰碎石）桩、水泥碎石桩等。

4.1.11 红黏土与高液限土路基采用石灰、水泥等无机结合料改良处治时，其施工工艺和质量控制措施宜通过试验路段并结合当地经验确定。

条文说明

红黏土与高液限土化学改良的主要方法是掺加石灰、水泥，水泥掺量一般在3%～5%，石灰掺量一般在4%～8%。红黏土与高液限土结块成团、拌和困难，工程应用不多。采用改良处治时，其施工工艺和质量控制措施一般通过试验路段并结合当地经验确定。

4.2 应用条件与范围

4.2.1 红黏土与高液限土填料的CBR值应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定，其稠度应符合下列规定：

1 土的稠度大于0.9时，可直接用于路基填筑。

2 土的稠度在0.7～0.9时，宜进行晾晒，降低含水率后填筑。

3 土的稠度小于0.7时，不宜直接用作填料，必须利用时可掺配无机结合料进行处治，气候条件和工期允许时也可通过翻拌晾晒后填筑。

条文说明

红黏土与高液限土主要分布于我国南方，相关省（自治区、直辖市）的红黏土与高液限土的物理力学特性的常见范围可参考表4-1。CBR试验时含水率与击实功控制合适，红黏土与高液限土的CBR值基本上能够满足路基填筑要求，其适用性主要取决于含水率。

不同成因、不同地区的红黏土与高液限土的天然含水率、液塑限差别很大，不同的土相同含水率时可能处于不同的湿度与软硬状态。因此，采用稠度指标能更好地反映土的物理状态。液限、塑限对稠度计算结果有很大影响，因此要确保液限、塑限试验结果的准确性。当红黏土与高液限土的液塑限指标变化不大时，可以结合工程经验，采用含水率指标来确定红黏土与高液限土的适用性，以减少液塑限试验工作量与试验误差所导致的稠度偏差。

红黏土与高液限土天然含水率普遍高于最佳含水率。红黏土与高液限土的最大CBR含水率高于最佳含水率，最大CBR含水率时的膨胀量和渗透系数小于最佳含水率。工程调查与实测表明，运营期红黏土与高液限土路基的含水率普遍高于最佳含水率，略

交通运输部信息公开
浏览专用

高于塑限。因此，红黏土与高液限土路基的碾压含水率一般略高于最佳含水率，在最大CBR含水率时碾压，路基的压实度虽较最佳含水率时略低，但路基不透水，整体性能稳定，耐久性较好，这已在贵州、福建、湖南等省（自治区、直辖市）的大量工程上得到验证。

天气条件较好时，红黏土与高液限土通过翻拌、晾晒后含水率每天下降约2%～3%，稠度小于0.7时，晾晒时间过长。若必须利用时，通过掺配生石灰等无机结合料进行处治，以降低含水率、提高压实度与路基强度。

表4-1　红黏土与高液限土的物理力学特性

省（自治区、直辖市）	主要母岩	粗颗粒含量（%）	液限（%）	天然含水率（%）	CBR（%）
福建	花岗岩	15～35	50～70	26～36	8～20
贵州	灰岩、白云岩	0～10	50～80	35～50	3～8
云南	灰岩	0～10	50～75	30～45	5～10
湖南	灰岩	0～5	45～65	27～33	10～16
	花岗岩	5～15	45～55	25～30	12～20
广东	灰岩	0～10	55～75	33～42	6～12
	花岗岩	15～25	45～60	26～36	10～16
广西	灰岩	5～15	50～75	30～48	6～16
海南	花岗岩	10～30	50～70	35～48	7～18

4.2.2　红黏土与高液限土路基的适用范围应满足表4.2.2的要求。路基浸水部分、桥台台背、涵洞墙背和挡土墙墙背等部位不得直接采用红黏土与高液限土填筑；横向陡坡路基不宜直接采用红黏土与高液限土填筑。

表4.2.2　红黏土与高液限土的适用范围

路基结构形式		路面底面以下深度（m）	公路等级		
			高速公路、一级公路	二级公路	三级、四级公路
上路床		0～0.3	×	×	×
下路床	轻、中及重交通	0.3～0.8	×	○	○
	特重、极重交通	0.3～1.2	×	○	—
上路堤	轻、中及重交通	0.8～1.5	○	√	√
	特重、极重交通	1.2～1.9	○	√	—
下路堤	轻、中及重交通	1.5以下	√	√	√
	特重、极重交通	1.9以下	√	√	—

注：“√”表示可以应用；“×”表示不得应用；“○”表示需根据当地工程经验确定；“—”表示不存在特重、极重交通的工况。

交通运输部信息公开 浏览专用

4.2.3 红黏土与高液限土路基高度宜不超过15m。

条文说明

红黏土与高液限土天然含水率较高，路基基本不透水，降雨对路基沉降影响小，这与填石路基的渗水沉降不同。大量工程表明，只要路基填筑高度控制合适，其工后沉降量并不比其他填料路基大，甚至更小。

红黏土与高液限土抗压强度较低，过高的路基可能导致路基的侧向蠕变变形，自然环境下红黏土与高液限土的厚度也多在十多米。因此，本规范规定红黏土与高液限土宜用于路面以下15m范围内路基填筑，在此范围内路基工程性能良好。有些红黏土与高液限土天然含水率相对较低，抗压、抗剪强度较高，蠕变量小。有些路基位于沟谷内，虽然填筑高度超过15m，但路基侧向约束明显，整体稳定性好，路基工后沉降量并不大，国内已有类似成功工程案例。

实际工程中，红黏土与高液限土可能与其他填料交叉互层填筑，红黏土与高液限土可用于路面顶面以下15m的范围内，并不是指红黏土与高液限土的填筑总厚度不超过15m。

4.3 路基形式

4.3.1 红黏土与高液限土路基宜采用图4.3.1所示的断面结构形式；边坡坡率应根据地形地质条件、土质特性及边坡高度等因素确定，并应符合下列规定：

1 边坡高度小于或等于8m时，坡率应不陡于1∶1.5。

2 边坡高度大于8m时，应设置边坡平台，平台宽度宜为2m，第一级边坡坡率应不陡于1∶1.5，第二级应不陡于1∶1.75。

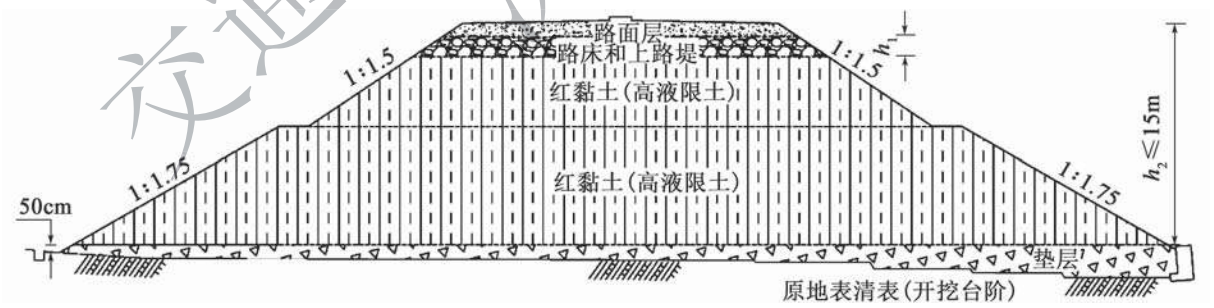

图4.3.1 红黏土与高液限土路基断面结构形式

条文说明

图4.3.1是红黏土与高液限土路基常用的断面结构形式，俗称“汉堡式”断面。该结构形式简单，红黏土与高液限土利用量大，路基基本不渗水，性能稳定，缺点是土体含水率较高时，路基上料运输较为困难。为了解决上料运输困难的问题，工程中也有

交通运输部信息公开
浏览专用

采用图 4-1 所示的红黏土与高液限土、碎石（砂砾）互层式路基结构形式。互层式路基便于上料与摊铺，但存在路基坡面渗水的隐患，填筑时需做好横坡设置，完善坡面防护，避免因路基中间沉降大导致坡面渗水进入碎石（砂砾）垫层。

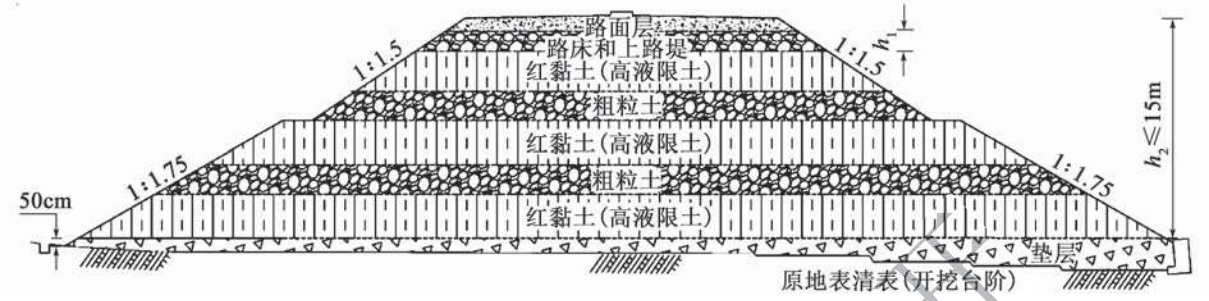

图 4-1　互层式路堤结构形式

红黏土与高液限土路基表面极易失水开裂。工程调查表明，分层填筑的路基经过重塑后，其表层裂缝不会贯通至下层，裂缝基本位于表层范围内，路基渗水影响范围也在表层。因此，红黏土与高液限土填方路基的整体稳定性普遍较好，路基采用包边必要性不强。图 4.3.1 所示的路基结构形式已在贵州、福建、湖南等省（自治区、直辖市）的大量工程上应用，效果良好。原状的红黏土与高液限土边坡的裂缝深度可达数米，裂缝渗水后影响大，因此，挖方边坡的整体稳定性差，这是原状土与重塑土的显著区别。路基第一级坡率为 1∶1.5、第二级坡率为 1∶1.75 是工程中普遍采用的坡率。

4.3.2　红黏土与高液限土路基的路床、上路堤填料应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2　红黏土与高液限土路基的路床、上路堤填料要求

路基结构形式		路面底面以下深度（m）	公路等级		
			高速公路、一级公路	二级公路	三级、四级公路
上路床		0～0.3	√	√	√
下路床	轻、中及重交通	0.3～0.8	√	○	—
	特重、极重交通	0.3～1.2	√	○	—
上路堤	轻、中及重交通	0.8～1.5	○	—	—
	特重、极重交通	1.2～1.9	○	—	—

注：1.“√”表示应采用水稳性良好的砂砾、碎石等粗粒土填筑；“○”表示宜采用水稳性良好的砂砾、碎石等粗粒土填筑；“—”表示对填料不作专门规定，符合相关规范即可。

2. 粗粒土中粒径大于 20mm 的颗粒含量应大于 50%；上路堤填料最大粒径应不超过 15cm，路床填料最大粒径应不超过 10cm。

3. 当砂砾、碎石等粗粒土缺乏时，也可对红黏土与高液限土掺拌无机结合料、粗粒土综合改良处治。

条文说明

红黏土与高液限土天然含水率较高、模量低，路床若不采用砂砾、碎石等粗粒土填

交通运输部信息公开 浏览专用

筑，则其强度（弯沉、模量）不一定够。不同地区红黏土与高液限土的天然含水率相差很大，由此导致其强度差别很大，红黏土与高液限土含水率较高时，上路堤需采用粗粒土填筑，含水率较低时可以采用其他填料填筑。砂砾、碎石的环境耐候性好，在干湿、冻融作用下，能够保持较高的强度。从全寿命周期成本分析，路床、上路堤采用砂砾、碎石填筑，建设成本可能更低。

4.3.3 地表处理应符合下列规定：

1 地面横坡坡率缓于1∶5时，应清除地表草皮、腐殖土。

2 地面横坡坡率为1∶5～1∶2.5时，原地面尚应挖台阶，台阶宽度应不小于2m。

3 当基岩面上的覆盖层较薄时，宜先清除覆盖层再挖台阶；当覆盖层较厚且稳定时，可予保留。

4 对清表后的基底应进行压实，压实度应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。

4.3.4 地表处理后基底应设置垫层，垫层应符合下列规定：

1 宜采用水稳性良好的石渣、碎石、砂砾等粗粒土填筑，最大粒径应不大于30cm；软质岩不得用于垫层。

2 基底垫层最薄处厚度应不小于50cm。

3 垫层材料的粒径 d_{60} 大于100mm时，应在顶部设置碎石、土工布反滤层等。碎石反滤层厚度应不小于0.3m，最大粒径不得超过100mm，级配良好。反滤层土工布应符合现行《公路土工合成材料应用技术规范》（JTG/T D32）的有关规定。施工质量应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）中填石路基的规定。

条文说明

红黏土与高液限土主要分布于南方，气候潮湿多雨，基底设置碎石垫层可以起到排除地表渗水的作用，减少水对路基的影响，也能增强填方体与地基间的摩擦，防止路基沿地表下滑，减小蠕变变形。无纺布起反滤作用，防止细颗粒的渗漏与运移。

4.3.5 路基填方高度小于路床厚度时，应对红黏土与高液限土基底进行换填处理，并应符合下列规定：

1 高速公路、一级公路路床范围内的石柱、石笋等应予以清除，换填深度应符合下列规定：

1）红黏土与高液限土厚度小于或等于1.5m时，应将红黏土与高液限土全部清除换填。

2）红黏土与高液限土厚度超过1.5m，土质处于软塑状时，包括路床厚度在内的换填深度宜不小于1.5m；土质处于可塑或硬塑状时，换填深度宜不小于路床厚度。

2 二级公路应对路床范围内的红黏土与高液限土进行换填处理。

交通运输部信息公开
浏览专用

3　三级及三级以下公路应对上路床范围内的红黏土与高液限土进行换填处理，必要时可加大处理深度。

4　路床换填材料与工艺应符合本规范第 4.3.2 条中路床的规定，路床以下部分换填材料与工艺应符合本规范第 4.3.2 条中上路堤的规定。

4.4　试验路段

4.4.1　红黏土与高液限土路基填筑前应铺筑试验路段，试验路段应完成下列工作：

1　明确现场红黏土与高液限土天然含水率的分布范围。

2　复核红黏土与高液限土的适用性。

3　确定红黏土与高液限土路基施工工艺，包括上料、摊铺、晾晒、松铺厚度、压路机吨位、碾压遍数、机具组合等。

4　确定红黏土与高液限土路基的压实度控制标准。

5　确定上路堤顶面的弯沉检测验收标准。

6　验证路床、上路堤的填料要求及质量检测控制标准。

4.4.2　现场试验路段铺筑前，应对拟用作路基填料的红黏土与高液限土进行室内试验，试验应符合本规范第 3.3.10 条的规定。

4.4.3　试验路段宜选择地形地貌平坦，地质状况较好的路段，长度宜不短于 200m，填筑的红黏土与高液限土应具有代表性。

4.4.4　试验路段作业宜包括下列内容：

1　按土的含水率越高、压路机吨位越小的原则，选用合适吨位的压路机。

2　每碾压一遍检测一次压实度，单遍压实度检测点数不少于 6 个。

3　对上路堤顶面和路床顶面分别进行弯沉检测，验证上路堤和路床填筑方案的合理性；确定上路堤顶面的弯沉控制标准；保证路基顶面弯沉符合设计要求。

4.4.5　试验路段完成后，应及时整理分析试验数据，形成完整的试验报告。

条文说明

试验数据的整理分析，通常绘制压实度-碾压遍数曲线和压实度-含水率散点曲线。分析碾压效果，合理确定压路机吨位与碾压遍数。

根据现场实测压实度（或干密度）和含水率，与室内 CBR 试验结果（表 3-1 和图 3-2）进行对比分析，采用插值法确定现场路基的 CBR 值，以此判断路基的 CBR 是否满足相应路基层位的要求。

根据实测路基含水率、压实度与对应的 CBR 值，结合碾压效果，综合分析确定压

交通运输部信息公开
浏览专用

实度控制标准。

4.5 路基填筑

4.5.1 应根据红黏土与高液限土的特点和现场情况，编制施工组织实施方案，做好技术交底和培训。

4.5.2 地下水位埋深较浅或地表水丰富时，应按永临结合的原则提前开挖排水沟，以排除地表水、降低地下水位及疏干地基；排水沟深度可根据地下水位确定，宜不小于0.5m。存在泉水和自然坡体渗水的路段应做好相应的排水措施，防止水渗入红黏土与高液限土路基。

4.5.3 取土场红黏土与高液限土的含水率超出可碾压含水率范围时，可采取开挖排水沟等措施加速水分蒸发。

4.5.4 路基同一水平填筑层应采用同一种填料，来源不同、性能相差较大的填料不得混合填筑。

4.5.5 红黏土与高液限土现场土体结块成团时，宜采用旋耕机、铧式犁等翻拌机械进行翻拌晾晒，翻耕深度宜不小于0.20m。

4.5.6 红黏土与高液限土路堤应分层填筑，逐层碾压，并应满足下列要求：

1 松铺厚度应不大于0.30m，填料需要翻拌晾晒时，松铺厚度宜适当减薄。

2 根据土的稠度，宜按表4.5.6选用合适的碾压设备；含水率宜控制在试验路段确定的范围内。

表4.5.6 红黏土与高液限土碾压设备

稠度	$w_c \geq 1.1$	$0.9 \leq w_c < 1.1$	$0.7 \leq w_c < 0.9$
碾压工艺	正常碾压	采用轻型压实设备	进行晾晒降低含水率后采用轻型压实设备

3 宜按先静压后弱振、先两边后中间、先低后高、先慢后快的方式进行碾压；碾压遍数应符合试验路段确定的遍数。

4 不同施工阶段搭接处应设置台阶。

条文说明

压路机吨位要与填料相匹配，压路机吨位过大，易导致碾压轮迹过深、土体弹簧

交通运输部信息公开 浏览专用

等，不利于压实。

4.5.7 施工作业面横坡宜不小于4%。红黏土与高液限土填筑至顶层时，路基表面应平顺，路拱横坡宜不小于3%。

4.5.8 路基宜连续填筑，检测合格后应及时铺筑下一层，防止作业面水分蒸发开裂。不能连续填筑时，应采取下列措施：

1 路基表层宜采用粗粒土覆盖，或将红黏土与高液限土掺配30%以上的粗粒土拌和均匀后进行覆盖处理，覆盖厚度宜不小于20cm。

2 路基表层出现明显开裂或湿软时，应重新翻拌碾压合格。

4.5.9 路床、上路堤的填筑应符合下列规定：

1 上路堤粗粒土碾压层厚不得超过40cm，路床碾压层厚不得超过30cm。

2 路床顶面宜采用最大激振力60t以上的压路机碾压8遍以上，表面无轮迹。

3 路床顶面不得用细粒土找平。

条文说明

工程实测表明，路床顶面采用最大激振力60t甚至80t以上的压路机碾压或补压后，弯沉值较40～50t的常用压路机明显减小。路床顶面为路基、路面的衔接位置，采用细粒土找平易成为软弱夹层，因此不得采用。

4.5.10 红黏土与高液限土路基的压实质量控制应符合下列规定：

1 碾压层厚、碾压遍数、碾压含水率、压路机吨位等施工参数应符合试验路段确定的参数要求。

2 红黏土与高液限土路基的压实度应为86%～94%，具体压实标准应根据试验路段并结合当地工程经验确定，不得直接取低限。压实度的检测频率每1 000m^{2}应不少于2点，不足1 000m^{2}时应检验2点。

3 其他填料的压实质量控制应符合现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。

条文说明

本条提出了红黏土与高液限土路基的压实度范围。理论分析与工程实践表明，红黏土与高液限土路基的压实度主要取决于碾压含水率，若想提高压实度只有降低含水率。CBR试验表明，含水率较低时其压实度虽较高，其CBR值并不一定高，如图3-1所示，且路基土的渗透性增强，泡水后膨胀量增加，土体性能不稳定。

路基的性能指标主要包括整体稳定、工后沉降和路基强度三个方面。图4.3.1所示

交通运输部信息公开
浏览专用

的常用断面形式要求红黏土与高液限土路基整体稳定、工后沉降小即可，即红黏土与高液限土主要起充填作用。路基强度主要由上路堤与路床的粗粒土提供。路基整体稳定性主要取决于地质状况和填料的抗剪强度，填料的抗剪强度主要取决于含水率，过高的含水率会降低其抗剪强度，也会降低其压实度，同时也会增加路基的工后蠕变变形。因此，本条明确，路基的压实度低限为86%。

为控制路基工后沉降，一方面要求路基的最大高度不超过15m。另一方面，由于路基的工后沉降与其渗透性密切相关，为减少路基的渗透性，其含水率不能过低，即控制其压实度不能过高，否则路基因渗水导致工后沉降量增加，性能不稳定。红黏土与高液限土的天然含水率普遍较高，合理的压实度标准便于工程实施，加快填筑速度、延长路基放置时间，有利于减少工后沉降量。

综合考虑路基性能的影响因素，本规范提出了86%～94%的压实度控制标准，这个标准已在我国福建、湖南、贵州等省（自治区、直辖市）的众多高速公路工程中得到验证并推广应用。

各地的红黏土与高液限土天然含水率相差很大，由此导致压实度相差很大，若规定统一标准，对有些工程可能偏低，但对有些土质则很难达到，也不尽合理。为此，本规范要求具体项目应根据试验路段确定压实标准，不得直接取低限，既保证了工程质量，又合理利用了红黏土与高液限土。《贵州省红粘土和高液限土路基设计与施工技术规范》（DB 52/T 1041—2015）规定："高液限土路基质量检测以施工过程记录及压实度指标进行控制，压实度标准根据试验路确定结果执行，压实度应在85%～93%之间，实际操作中不得一律直接取低限"。《福建省高液限土路基设计与施工技术规范》（DB 35/T 1640—2017）规定："高液限土路基质量检测采用压实度指标，压实度应不低于87%，具体压实标准根据试验路确定"。

4.5.11 红黏土与高液限土路堤边坡应及时进行防护与绿化。

条文说明

边坡防护采用"三同步"施工，即先施工排水设施，路堤填筑、边坡防护与绿化及时同步跟进，减少边坡冲刷。

交通运输部信息公开
浏览专用

5 挖方路基

5.1 一般规定

5.1.1 红黏土与高液限土路堑边坡高度宜不超过 20m，当边坡高度超过 20m 时应与隧道方案进行比选。

条文说明

红黏土与高液限土路堑边坡稳定性差，高度超过 20m 后，安全风险和失稳处治的成本将大幅上升。

5.1.2 挖方路基设计应根据土质特点与当地工程经验合理确定边坡坡率、防护方式、防排水措施及支挡方案等，并应满足下列要求：

1 条件许可时，宜采用较缓坡率。
2 坡脚宜设置挡墙。
3 坡面宜及时封闭，防止开裂渗水。
4 有地下水出露时应加强排水。
5 两级及两级以上边坡宜设置平台。

条文说明

不同于其他土质边坡的整体失稳，红黏土与高液限土路堑边坡的破坏形式主要是浅层坍塌，少数沿着土、岩结构面整体失稳。红黏土与高液限土边坡坍塌具有以下特点：①坍塌体规模一般较小，坍塌面积可能只占整个边坡的一部分；坍塌体垂直深度有限，一般为数米，剖面形态为上薄下厚。②边坡坍塌的水平、竖向位置规律性不强，坡面的任何位置均可能发生，位于坡面中下部的相对较多，滑动面多数不通过坡顶。③滑动面接近于“儿”字的左半撇，上部接近垂直，下部平缓，与瑞典圆弧滑动面有所不同。④刚开挖时稳定性较好，经过一段时间后易发生坍塌。⑤坍塌持续时间长，有些边坡通车多年后仍可能发生坍塌。⑥坍塌与边坡高度关系不大，一些低矮边坡仍可能坍塌。⑦坍塌剪切面出口一般高于地表，基本不会产生坡脚上拱、推移等，对路基本身影响较小。

红黏土与高液限土边坡坍塌机理是坡面干缩开裂渗水，雨水渗入裂隙产生较大的孔

交通运输部信息公开
浏览专用

隙水压力，土体的抗压强度、抗剪强度下降，当下滑力大于抗滑力或土体的抗压强度不足时，坡体产生坍塌。因此，防止坡面开裂是边坡防护的重要方面。设置挡墙加固坡脚对土体起着侧向约束与护脚的作用，可以明显减少坡脚土体的侧向变形，防止坍塌。

不同地区的红黏土与高液限土的物理力学特性差别明显，因此路堑边坡防护要密切结合当地经验。

5.1.3 当边坡稳定性不足或受地形、结构物限制时，应设置支挡结构，其设计、施工应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）、《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）的有关规定。

5.1.4 路堑边坡开挖与防护应符合下列规定：

1 路堑边坡开挖与防护施工宜避开雨季。

2 边坡应开挖一级防护一级、开挖一段防护一段；未及时防护时，宜采取防水保湿措施。

3 宜保留坡顶的植被与覆盖层。

条文说明

坡面防裂对保证边坡稳定有重要作用，边坡开挖有时预留一定厚度，或采用较缓坡率开挖，待防护及时跟进后，再开挖至边坡设计坡率，及时进行坡面防护施工，逐步推进。

5.1.5 路堑边坡应根据地形地貌，按下列要求做好地表与地下排水：

1 边坡施工过程中宜先设置临时排水设施，临时排水宜与永久排水相结合。

2 开挖前坡顶应及时设置拦水埝或截水沟，截水沟边沿应略低于地表，保证周围水体进入排水沟；截水沟纵坡宜不小于 0.3%，截水沟、排水沟沟底宜设置防水土工膜。

3 开挖遇地下水渗出时，应采取导排措施。

5.2 路床处理

5.2.1 红黏土与高液限土挖方路基应对路面底面以下的红黏土与高液限土进行换填处理，换填深度与换填材料应符合本规范第 4.3.5 条的规定。

5.2.2 路床换填材料与工艺应符合本规范第 4.5.9 条中路床的规定，路床以下土基的换填材料与工艺应符合本规范第 4.5.9 条中上路堤的规定。

5.2.3 挖方路段宜在边沟下设置渗沟。渗沟开挖后应及时进行后续施工，避免边坡

交通运输部信息公开
规范专用

坍塌和对渗沟的污染。

5.2.4 路堑开挖完成后应尽快进行换填施工；如不能及时换填，应预留 0.30m 厚的保护层，待后续施工时再开挖，以防长期暴露后表层土体发生开裂和遇水软化。

5.3 边坡稳定性分析

5.3.1 高度大于 10m、含软弱结构面或附近有重要建筑物的红黏土与高液限土路堑边坡应进行稳定性验算。

5.3.2 稳定性验算应考虑岩土结构、土质特点、裂隙分布、地下水等影响因素，分析边坡破坏模式，选用合适的计算方法和参数，并应符合下列规定：

1 土质边坡宜采用简化 Bishop 法计算。

2 土岩界面、软弱结构面控制的边坡宜采用不平衡推力法计算。

3 边坡稳定性分析的计算工况、强度参数取值应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定。

4 残积红黏土与高液限土、坡积红黏土与高液限土宜结合土层结构、湿度状态分层选取参数。

5.3.3 路堑边坡稳定安全系数应符合现行《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定，不满足时应放缓坡率或增设支挡工程。

5.4 边坡防护与排水

5.4.1 红黏土与高液限土路堑边坡坡率与防护方式应根据稳定性分析结果，并结合当地工程经验按表 5.4.1 确定，有放坡条件或风险较高的边坡，宜进一步放缓坡率；高度大于 3m 的边坡坡脚宜设置挡墙。

表 5.4.1 路堑边坡坡率与防护方式

边坡高度（m）	适用边坡坡率	平台宽度（m）	适用防护方式
<3	1∶1.0～1∶1.25	—	植物防护
3～6	1∶1.25～1∶1.5	—	挡墙＋骨架护坡＋植物防护
6～12	1∶1.5～1∶1.75	≥2.0	挡墙＋骨架护坡＋植物防护
12～20	1∶1.75～1∶2	≥2.0	挡墙＋骨架护坡＋植物防护；窗式护面墙；锚杆框架＋护面墙；满铺式护面墙

交通运输部信息公开 浏览专用

条文说明

红黏土与高液限土路堑边坡的坡率与防护方式密切相关。工程实践表明，边坡不同防护方式的防护效果大体如下：植物防护＜骨架护坡＋植物防护＜加强型骨架护坡＋植物防护＜满铺式护面墙、窗式护面墙、锚杆框架＋护面、挡墙＋骨架护坡＋植物防护。表5.4.1中的坡率和防护方式是对国内公路大量相关边坡调查分析后得出的。

护面墙或窗式护面墙将红黏土与高液限土边坡完全封闭，防止了坡面开裂，因此其防护效果良好，缺点是景观视觉效果较差。邻近有建筑物或不适宜放坡的特殊路段，仍可采用。

工程调查表明，挡墙是防止路堑边坡坍塌非常有效的措施，一般均需设置。挡墙的高度与断面形式需根据工程实际确定。

5.4.2 边坡采用植物防护时，宜采用挂网客土草灌喷播，厚度宜不小于10cm。

条文说明

红黏土与高液限土肥力低，不利于植物生长，绿化时通常采用客土喷播将植物种子、保水材料、稳定材料、疏松材料、植生土和肥料按一定比例混合后通过压缩空气喷至坡面，盖上无纺布，淋水养生至成坪。

5.4.3 骨架、护面墙、边坡渗沟、支撑渗沟等防护工程的基础应符合下列规定：

1 基础应设置在稳固的地基上，其基础埋置深度应根据地质状况确定。

2 基础开挖应避免雨天施工，宜采用跳槽开挖，开挖后基底应夯实，并及时浇筑混凝土或砌筑片石；不能及时施工时，应采取临时覆盖措施，避免浸水和曝晒。

5.4.4 护面墙防护应符合下列规定：

1 护面墙可采用浆砌预制水泥块、浆砌片块石或现浇混凝土，厚度宜不小于40cm。

2 护面墙应每隔10～15m设置一道宽约2cm的沉降缝，缝内可用沥青麻絮填塞。

3 护面墙应设置泄水孔，泄水孔间距宜为2～2.5m，泄水孔可采用直径5～10cm的PVC管，泄水孔应向外倾斜5°～10°。

5.4.5 拱形、人字形等骨架防护应符合下列规定：

1 坡面开挖完成后，应及时进行骨架砌筑。

2 拱形、人字形骨架宜采用现浇混凝土施工，厚度宜不小于0.35m。

3 应每隔10～15m设置一道宽约2cm的沉降缝，缝内可用沥青麻絮填塞。

4 骨架宜设拦水裙边、排水槽等导流设施。

5 骨架施工完成后，应及时进行培土绿化防护。

交通运输部信息公开
浏览专用

5.4.6 边坡平台宜采用砂浆封面或浆砌片石封闭，浆砌片石厚度宜不小于25cm；边坡平台宜设置截水沟。

5.4.7 边坡坡面有地下水出露时宜设置边坡渗沟或支撑渗沟，其设置应满足下列要求：

1 渗沟沟壁及顶部宜设置反滤层；坡面较缓时可做成台阶式渗沟，单个台阶高度宜为1～2m。

2 渗沟断面尺寸与间距应根据土质和渗水量确定，宽度宜为1.5～2m，深度宜为1.5～2.5m，间距宜为6～10m。

3 渗沟内部充填料宜选用块石、碎石、卵石等材料。

4 渗沟的出水口宜设置端墙；出水口底应高于地表排水沟常水位20cm以上。

5.4.8 施工期应对挖方边坡进行巡查，坡面出现裂缝时应及时进行封闭处理，防止水流冲刷与渗透。

5.4.9 坡面坍塌应按下列要求进行处理：

1 具备放坡条件时，宜放缓坡率后进行修复。

2 坍塌路段宜采取挡墙、石笼式挡墙、钢花管注浆等措施进行支护。

3 局部坍塌时可采用清方、浆砌片块石填补和土工格栅加筋等措施进行处治，坡面应保持平顺，排水顺畅。

4 坍塌段地下水汇集时，宜设置支撑渗沟。

5 地表水汇集时，宜设置急流槽排水。

6 坍塌规模较大时，应分析边坡滑动形式，必要时应补充相关勘察工作并进行专项处治设计。

交通运输部信息公开
浏览专用

本规范用词用语说明

1　本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

1）表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2　引用标准的用语采用下列写法：

1）在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定”。

2）在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》（×××）的有关规定”。

3）当引用本规范中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”“应符合本规范第×.×节的有关规定”“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。

交通运输部信息公开
浏览专用