

湿陷性黄土地区既有公路路基沉降处治设计 与施工技术规范

Technical specifications for design and construction of existing highway subgrade
settlement treatment in collapsible loess area

2024 - 10 - 08 发布

2025 - 01 - 08 实施

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 调查、勘测及评价 2

5 处治设计 5

6 处治施工与质量验收 10

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西交科公路勘察设计院有限公司、山西省交通科技发展有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：李智慧、张涛、孔繁盛、王国安、杨文江、燕海兵、刘伟、赵利强、崔伟、张沁、邓亮亮、李赟骁。

湿陷性黄土地区既有公路路基沉降处治设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了湿陷性黄土地区既有公路路基沉降处治设计与施工的术语和定义、符号、调查与评价、处治设计、处治施工与质量验收。

本文件适用于湿陷性黄土地区既有公路路基沉降处治设计与施工，新建（改扩建）公路有关路基工程可参照执行。

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。

- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范（2009年版）
- GB 50025 湿陷性黄土地区建筑标准
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JGJ/T 233 水泥土配合比设计规程
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG C20 公路工程地质勘察规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG H30 公路养护安全作业规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG/T D31-05 黄土地区公路路基设计与施工技术规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

既有公路路基沉降

指已通车运营的公路路基在使用过程中，由于各种原因导致的路基垂直方向的下沉变形，一般包括地基沉降、填方路堤沉降、挖方路堑沉降和桥头填料沉降等。

3.2

累计沉降量

指路基现状标高与设计标高的差值，加上历史沉降处治加铺厚度的总和。

3.3

平均沉降速率

沉降路段自开始观测至一个观测周期结束时的沉降总量与观测时间的比值。

3.4

高压旋喷桩

通过钻杆的旋转、提升，高压水泥浆由水平方向的喷嘴喷出，形成喷射流，以此切割土体并与土拌合形成水泥土竖向增强体。

3.5

夯实水泥土桩

将水泥和土按设计比例拌合均匀，在孔内分层夯实形成竖向圆柱形增强体。

3.6

挤密桩

采用石灰土、水泥土或干拌水泥碎石等材料填入孔内分层夯实形成的竖向增强体。

3.7

水泥土搅拌桩

以水泥作为固化剂的主要材料，通过深层搅拌机械，将固化剂和地基土强制搅拌形成的竖向增强体。

3.8

隔水墙

指沿路基坡脚纵向连续开挖基槽后，将填料按设计比例拌合均匀，在规定尺寸坑槽中分层夯实形成竖向墙式增强体，以隔绝浅层地下水横向渗透的隔水设施。

3.9

隔水帷幕

指沿路基坡脚纵向连续搭接设置，对路基沉降部位进行围拢加固，并形成连续墙体以隔绝深层地下水横向渗透的隔水设施。

4 调查、勘测及评价

4.1 调查

4.1.1 既有公路路基沉降调查内容应包括公路建设与养护历史调查、路基现状调查、排水设施和边坡防护现状调查、沿线交通安全设施和公路附属设施调查，主要调查内容见表1。

表1 既有公路路基沉降调查内容

调查项目	具体内容
公路建设资料	工程地质、水文勘察、自然条件资料、平纵线形、路基断面形式、路基填料、地基处理方案、路基填筑方案、路基压实度、设计资料、竣工资料等
养护历史资料	历年路况调查资料、历次沉降时间与处治方案、沉降观测资料、日常养护记录等
路基现状	近5年现状交通量、路基高度、宽度、沉降部位、路基填筑形式、路基填料、路面开裂情况、陷穴调查资料等
排水设施	① 现有地表排水设施设置形式、尺寸、位置、材质、损坏情况、维修养护记录、排水缺陷排查记录等；② 地下排水设施设置形式、尺寸、位置、损坏情况、维修养护记录、排水设施完整性等；③ 地下水情况、邻近灌渠、水源位置、路基易积水路段排除记录等
边坡防护设施	现有边坡防护形式、尺寸、位置、材质、损坏情况、维修养护记录等
沿线交通安全设施	现有护栏设置形式、防护等级、沉降路段护栏变形状况等
公路附属设施	中央分隔带硬化情况、电缆沟老化情况、路肩开裂变形情况等

4.1.2 路基状况调查应按照 JTG 5210 中的规定方法进行调查评价,可根据实际情况采用人工或数字化自动采集设备调查。

4.1.3 应对路基沉降、路面开裂进行调查,确定沉降范围、沉降量、路面开裂长度、裂缝宽度等,描述病害的发展程度。

4.1.4 既有排水设施状况调查应满足下列要求:

- a) 对路基沉降路段现有的拦水带、截水沟、边沟、排水沟、急流槽、涵洞等排水设施的使用状况进行详细调查,记录病害的位置、规模等;
- b) 根据养护资料和沿线踏勘,对存在路面积水、路基冲刷等情况的路段进行调查,核实积水及冲刷部位并明确影响范围;
- c) 对现有综合排水系统进行评估、分析,列出需要增加和修复排水设施的数量、规格和类型。

4.2 勘察与测量

4.2.1 工程地质勘察

4.2.1.1 路基沉降病害路段工程地质勘察应充分收集和利用历史地勘资料,对于缺少地勘资料或公路运营期沿线自然、地质条件发生较大变化的路段,应进行工程地质补充勘察。

4.2.1.2 工程地质补充勘察工作应编制勘察大纲。当现场地质条件、工程要求、勘察要求等发生变化时,勘察大纲应进行相应调整。

4.2.1.3 工程地质勘察应符合下列基本要求:

- a) 应与既有公路及沿线构造物相结合,为勘探计划和工作量的拟定等提供依据;
- b) 应充分收集、分析勘察区既有的各种地质资料,结合必要的遥感、机械或人工勘探手段进行;
- c) 应沿路线及其两侧的带状范围进行,勘察范围宽度应满足工程方案比选及工程地质分析评价的要求。

4.2.1.4 工程地质勘察应包括下列主要内容:

- a) 黄土地层的类型、分布范围、厚度、夹层情况、形态特征、湿陷性;
- b) 处治路段挖方边坡坡顶以外 50 m 范围、路堤坡脚以外 20 m 范围内的陷穴、暗穴进行排查,并记录位置、尺寸、规模,并分析其对路基的影响程度;
- c) 既有工程的现状、路基沉降变形情况及原因;
- d) 原路基建设期处治方案及措施。

4.2.1.5 工程地质勘察应采用物探、挖探、钻探等进行综合勘探。对于湿陷性黄土场地,优先选用挖探方式。

4.2.1.6 应根据路基沉降现场状况选择典型断面布置勘探点。路堤范围内采用钻探方式,对于湿陷性黄土场地,宜在路侧坡脚位置采用挖探方式取黄土原状土样,并测试其湿陷性。

4.2.1.7 路基沉降病害路段的勘探深度、黄土取样、室内试验项目及试验方法应符合 JTG C20 中 8.1 的规定。

4.2.1.8 工程地质勘察应提交文字说明、工程地质平面图、综合地层柱状图、工程地质断面图、照片以及相关调查图表等。

4.2.2 工程测量

4.2.2.1 应对路基沉降病害路段的纵断面、横断面现状进行高程测量。高程测量宜采用水准仪,并辅以其他测量方式。

4.2.2.2 每幅路基应测量不小于 2 道纵断面线,分别布置于中央分隔带路缘石和硬路肩拦水带旁,可根据实际测量条件适当在行车道、超车道位置加密测量。横断面测量宜覆盖整个沉降区域,并与纵断面同步测量。

- 4.2.2.3 高程测量点位按以下原则选择：
- a) 一般路基段宜间隔 10 m 设置测量点，并每隔 1 km 设置永久观测点；
 - b) 桥梁涵洞等构造物处，应在其构造物起终点边缘及中心位置加密观测点；
 - c) 横断面测量宜按 5 m 布置测量断面，对于高程突变部位可适当加密。
- 4.2.2.4 纵断面测量在通车情况开展时，应及时与地方养护部门、路政部门和交警部门进行沟通协商，做好安全防护措施，并严格按照 JTG H30 中有关规定执行。
- 4.2.3 水文地质勘察
- 4.2.3.1 路基沉降病害路段水文地质勘察应充分收集和利用历史水文勘察资料，对于缺少水文资料或公路运营期沿线水文条件发生较大变化的路段，应进行水文地质补充勘察。
- 4.2.3.2 水文地质补充勘察工作应编制勘察大纲。当现场水文条件、工程要求、勘察要求等发生变化时，勘察大纲应进行相应调整。
- 4.2.3.3 水文地质勘察应符合下列基本要求：
- a) 需探明路基沉降路段地表水、地下水的上游来源和下游去向；
 - b) 勘察范围应满足工程方案比选、水文地质分析评价和路基沉降病害原因分析的要求；
 - c) 需判明环境水、土的腐蚀性以及土的基本物理性质时，应取样进行相关试验分析。
- 4.2.3.4 水文地质勘察应包括下列主要内容：
- a) 黄土地区地表水的分布、积聚、排泄条件，洪水淹没范围及水流冲刷作用和影响；地表水系、井、泉、水库、池塘的分布位置，农田灌溉情况等；
 - b) 地下水的类型、埋深、季节性变化幅度、升降趋势及其与地表水体、灌溉、开采地下水强度的关系；路基含水率对路基稳定性的影响；
 - c) 水流冲蚀、堰塞湖等不良地质的分布、规模和发展趋势。
- 4.2.3.5 路基沉降病害路段的水文勘探方法、试验项目及试验方法应符合 JTG C20 中有关规定。
- 4.2.3.6 水文地质勘察应提交文字说明、照片以及相关调查图表等。

4.3 路基沉降稳定性评价

- 4.3.1 应对路基状况调查结果进行综合分析，按照 JTG 5210 中的规定方法进行路基技术状况评价。
- 4.3.2 根据工程地质勘察及试验检测结果，应对路基沉降场地黄土湿陷性进行定性、定量评价。黄土湿陷性评价应符合 JTG C20 中有关规定。
- 4.3.3 以累计沉降量和路基沉降对行车安全性影响情况为依据将路基沉降程度分为轻微、较严重、严重、特别严重四个等级，见表 2。

表2 路基沉降程度划分表

单位为厘米

路基沉降程度	行车条件	累计沉降量
轻微	路基沉降不明显，桥头台背处轻微跳车，车辆可按运营速度正常行驶，对行车安全影响较小	<5
较严重	路基沉降较明显，桥头台背处明显跳车，车辆可按运营速度正常行驶，对行车安全有一定影响	≥5，<20
严重	路基沉降明显，桥头台背处严重跳车，车辆需减速通过，对行车安全影响较大	≥20，<40
特别严重	路基沉降明显，桥头台背处严重跳车，车辆需减速通过，甚至中断交通，行车不安全	≥40

4.3.4 以平均沉降速率作为划分路基沉降趋势的标准，将其分为稳定、基本稳定和不稳定三个等级，见表 3。

表3 平均沉降速率与趋势等级

单位为厘米/月

沉降趋势等级	平均沉降速率
稳定	<0.2
基本稳定	≥0.2，<0.5
不稳定	≥0.5
注1：应结合历史养护记录和实测数据综合判断路基沉降趋势等级； 注2：无历史沉降观测数据路段，应在典型沉降断面设置观测点，并连续观测不少于3个月，每月不少于2次。	

5 处治设计

5.1 一般规定

5.1.1 应根据路基使用状况调查和工程地质勘察结果，综合分析既有路基沉降原因，判断引起路基沉降的主要因素，重点关注高填方路基、填挖过渡段、半填半挖段、桥头过渡段等部位，以经济、合理、环保、安全等为基本原则，准确评价路基沉降趋势，分类提出可行的路基沉降处治方案。路基沉降的一般影响因素见表 4。

表4 路基沉降影响因素一览表

分类	路基沉降影响因素
路基因素	路堤和桥梁台背填料压实度、路基承载能力
地基因素	原地基处理措施、地基承载力、地基黄土湿陷性、不良地质情况等
水因素	排水设施损坏、缺失或排水系统不完善、路面裂缝和中央分隔带渗水、盲沟渗水、路基局部积水、地下水变化、农田灌溉条件变化等

- 5.1.2 处治设计方案的制定应综合考虑防护工程、排水工程和路基加固工程，原则上既要满足削弱基底黄土的湿陷性和提高路基承载力，也要满足沿线防排水要求，避免地表水、地下水等水环境变化对路基的不利影响。
- 5.1.3 处治方案应综合考虑安全性、可实施性、经济性、环保因素等，择优选定方案。
- 5.1.4 既有公路路基沉降病害处治设计应实行动态设计，在养护工程实施过程中根据病害发展情况开展必要的优化设计。
- 5.1.5 既有公路路基沉降病害处治设计宜结合实际情况采用安全可靠、适用耐久、易于实施的技术方案，并积极稳妥地应用新技术、新材料、新设备和新工艺。
- 5.1.6 在路基沉降病害处治设计阶段应对路面病害、路基防护、排水设施、交安设施等并发病害同时进行修复。
- 5.1.7 应根据路基沉降病害处治规模、范围和技术方案，同步开展交通组织设计，保障工程实施期间公路交通的安全通行和施工作业区安全。

5.2 处治设计原则

5.2.1 路基沉降病害由路基因素或地基因素引起的，应对路基或地基采取加固措施处治；路基沉降病害由综合排水设施不完善因素引起的，应对现有排水设施采取补充、恢复、改进、完善等方式处治；路基沉降病害由地下水或沿线水环境变化因素引起的，应对水源采取隔离、阻断方式处治。

5.2.2 对于路基沉降仅发生于路堤部位，其地基不作处理，路堤部分可按表 5 中推荐方案处治。

表5 路堤沉降处治方案推荐表

路基沉降原因	沉降趋势等级	推荐处治方案
仅由路基本身压实度不足引起	稳定、基本稳定	直接对路面加铺调平处治。
仅由局部路基浸水引起	稳定、基本稳定	封闭浸水通道，可设置仰斜式泄水孔排除路基积水后，再对路面加铺调平处治。
由路基本身压实度不足或局部路基浸水引起	不稳定	封闭浸水通道，然后对路堤范围内采用高压旋喷桩、挤密桩等加固处理，最后对路面加铺调平处治；路基沉降处治深度应自路床顶面至原地面下不小于2 m。

5.2.3 对于路基沉降仅发生于地基部位，其路堤可不作处理，地基部分可按表 6 中推荐方案处治。

表6 地基沉降处治方案推荐表

地基沉降原因		沉降趋势等级	推荐处治方案
仅由黄土地基遇水湿陷引起	地表水局部积聚、下渗引起的黄土地基湿陷沉降	稳定、基本稳定	完善急流槽、排水沟、边沟、截水沟等地表排水设施，引导地表水流至路基影响范围外。
	对于以地下水、灌溉水下渗或横向渗透引起的黄土地基湿陷沉降	稳定、基本稳定	在路基坡脚设置围箍隔水帷幕或隔水墙等方式来疏导或阻隔地下水渗透。
黄土地基湿陷后承载能力下降或存在软弱层的情况		基本稳定、不稳定	地基范围内设置高压旋喷桩、挤密桩等提高地基承载力、减小湿陷沉降。 路基沉降处治宜自原地面上不小于1 m处开始设置，最小处理深度应满足JTG/T D31-05-2017中4.1.2的规定。

5.2.4 对于路基沉降在路堤和地基部位均有发生，应对路堤和地基可按表 7 中推荐方案处治。

表7 路堤和地基整体沉降处治方案推荐表

路基沉降原因	沉降趋势等级	推荐处治方案
	稳定、基本稳定	可仅对地基部分采用高压旋喷桩、挤密桩等加固处治。其路堤部分按照5.2.2处理，地基部分按照5.2.3处理。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/985203101043011344>