

DB 63

青海省地方标准

DB 63/T 2435—2025

## 公路路基防冻技术指南

2025 - 06 - 30 发布

2025 - 08 - 01 实施

青海省市场监督管理局 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 总则 ..... 2

5 资料调查 ..... 2

6 设计 ..... 2

    6.1 多年最大冻深 ..... 2

    6.2 路基临界高度 ..... 3

    6.3 填料选择 ..... 3

    6.4 路基结构 ..... 3

    6.5 排水系统 ..... 3

    6.6 边坡 ..... 4

7 施工 ..... 4

    7.1 施工准备 ..... 4

    7.2 开挖及基底处理 ..... 4

    7.3 路基填筑 ..... 4

    7.4 防冻层铺设 ..... 5

    7.5 隔热层铺设 ..... 5

    7.6 隔水层铺设 ..... 5

    7.7 排水施工 ..... 5

8 质量验收 ..... 5

附录 A（规范性） 公路多年最大冻深相关系数 ..... 6

附录 B（规范性） 季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级 ..... 7

附录 C（规范性） 路基填料冻胀等级 ..... 9

附录 D（规范性） 公路路基冻深范围内压实度标准 ..... 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。

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这些专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省交通建设管理有限公司、中铁十六局集团第一工程有限公司、青海省青海湖旅游发展集团有限公司、云基智慧工程股份有限公司、重庆大学。

本文件主要起草人：李小斌、张学强、仝亚刚、温嘉伟、王军、刘桦森、王晨迪、张丹峰、梁海鸿、刘有亮、易江涛、彭振刚、李天业。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

# 公路路基防冻技术指南

## 1 范围

本文件界定了公路路基防冻技术的术语和定义，确立了总则，提供了资料调查、设计、施工和质量验收等技术指导。

本文件适用于二级及以上公路季节性冻土路基防冻设计、施工及质量验收。

## 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 3430 公路土工试验规程
- 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
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG D31-06 季节性冻土地区公路设计与施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范
- DB63/T 1485 多年冻土区隔热层路基技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 冻土

具有负温或零温度并含有冰的土（岩）。

[来源：GB 50324-2014，2.1.1]

### 3.2

#### 冻胀

因土中水的冻结和冰体（特别是凸镜状冰体）的增长引起土体膨胀、地表不均匀隆起。

[来源：DB63/T 1886-2021，3.6]

### 3.3

#### 冻胀率

冻土体积增量与冻结前土体体积之比值的百分率。

[来源：GB 50324-2014，2.1.18]

### 3.4

#### 标准冻深

在空旷野外、地表裸露平坦地区的不冻胀性黏性土冻深观测站，实测不少于10年的年最大冻深的平均值。

[来源：JTG D31-06-2017，2.1.4]

3.5

多年最大冻深

公路路基路面抗冻设计时，根据标准冻深、路基湿度状态、路基断面形式、路基和路面材料的热物性计算确定的公路冻深最大值。

[来源：JTG D31-06-2017，2.1.6，有修改]

4 总则

- 4.1 路基防冻设计、施工遵循“安全、耐久、经济、合理、环保”原则。
- 4.2 依据沿线气象、水文和地质及土质试验等资料，结合当地冻害防治经验进行抗冻设计。
- 4.3 宜优先采用成熟可靠的抗冻技术、材料和先进的施工技术和设备。
- 4.4 降雨量或降雪量较大地区，充分考虑地表水和地下水的影响，完善排水设计。
- 4.5 路基宜在非冰冻期施工；必要时冰冻期可进行挖方路基施工。
- 4.6 施工前对使用的材料进行检验合格后使用。
- 4.7 路基抗冻设计和施工除本文件提供的技术指导外，还宜符合 JTG D31-06、JTG/T 3610 的规定。
- 4.8 安全施工按 JTG F90 的规定执行。

5 资料调查

- 5.1 气温：通过查阅历史气象资料或现场监测，收集区域气温变化情况，包括年平均气温、月平均气温、冻结起止时间及极限最低温度等。
- 5.2 降水量：通过调阅历史气象资料或现场监测，收集区域降水情况，包括年平均降水量，最大年降水量，以及降水时间分布等。
- 5.3 水文：查明地表水的分布、水位变化、地下水位及波动范围、涎流冰规模及地下水出露等情况。
- 5.4 地质勘察的内容：
  - a) 路基的冻胀、融沉变形、翻浆、边坡滑塌、涎流冰等常见冻害及防排水设施的冻害情况；
  - b) 工程冻害防治措施及实施效果；
  - c) 对地基土和取土场填料进行颗粒分析、天然含水率、液限、塑限及天然密度等试验，明确土的类型，试验方法按 JTG 3430 的规定执行；
  - d) 确定土的冻胀特性，对粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量超过 15 %的路基土测定其冻胀率，试验方法按 JTG 3430 的规定执行。

6 设计

6.1 多年最大冻深

公路多年最大冻深按公式（1）计算：

$$Z_{\max} = a \times b \times c \times Z_m \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Z_{\max}$ ——公路多年最大冻深，单位为米（m）；

- $a$  ——路基、路面材料的热物性系数，分别按附录A表A.1、表A.2取值；
- $b$  ——路基湿度系数，按附录A表A.3取值；
- $C$  ——路基断面形式系数，按附录A表A.4取值；
- $Z_m$ ——调查资料10年标准冻深的最大值，单位为米（m）。

## 6.2 路基临界高度

6.2.1 冰冻条件下的路基临界高度计算符合 JTG/T D31-06 的规定。

6.2.2 当不满足路基冰冻临界高度要求时，可采用下列抗冻措施：

- a) 提高路基高度；
- b) 设置防冻层、隔离层，必要时设置渗沟和排水沟；
- c) 采用级配良好且透水性好的不冻胀或弱冻胀土换填。

## 6.3 填料选择

6.3.1 路基冻深范围内土的冻胀率及冻胀性分级见附录B。

6.3.2 不同路基形式、冻区划分、地下水位或地表常水位距路面距离等的路基填料冻胀等级见附录C，路基冻深范围内各层填料具备良好的耐冻性、低吸水率和高强度，并结合路基高度、干湿类型、路面结构类型及容许总冻胀量等确定。

## 6.4 路基结构

6.4.1 根据路基临界高度确定防冻层，厚度为 30 cm～50 cm，防冻层材料选择级配良好的碎石、砾石、粗砂等不冻胀或弱冻胀材料。

6.4.2 隔热层宜设置在含水量梯度较大、温差明显的区域，一般设置在路面结构层底面以下 0.5 m，或高出路基侧地面或护坡道以上 0.5 m，厚度 5 cm～10 cm；隔热层上下设置中粗砂层，厚度不小于 10 cm。

6.4.3 隔离层宜设置于地下水位或地表水 0.3 m 以上，其有效厚度不小于 0.3 m。

6.4.4 路基坡脚积水处理：

- a) 无法引排时，宜设置护坡道，高度高出积水最高水位不小于 0.5 m，宽度不小于 1.0 m；
- b) 可以引排时，宜先排除积水待干燥后，采取下列措施：
  - 可采用泥炭、草皮、黏性土或其他保温隔水性能良好的材料进行填筑。
  - 采用砂砾、粗颗粒土或其他易渗水性材料时，表面覆盖 0.2 m 厚的黏性土保护层或加铺防水土工织物。

## 6.5 排水系统

6.5.1 降雨量较大地区，路基范围内设置纵横向排水系统。

6.5.2 排水设施的位置和坡度宜根据地形条件合理设置，确保排水通畅。

6.5.3 路基地表排水设计需考虑的因素：

- a) 根据地表径流情况、地形、地质、排水条件等，采取疏、截、堵等措施；
- b) 挖方路段设截水沟或拦水埂，土质和水文条件较差的路段，截水沟或拦水埂内缘与上边坡坡脚距离大于 5 m；
- c) 边沟下无地下排水设施时，沟底距路床顶面宜大于 0.3 m，纵坡大于 0.75 %；冻胀区路堑段边沟距离土路肩外侧宜大于 1.0 m，且距离坡脚或防护设施基础大于 1.0 m；
- d) 铺砌类地表排水设施基础下设置防冻层，厚度可根据地基土的性质、防冻深度和当地经验确定，且宜大于 15 cm。

6.5.4 路基地下排水设计需考虑的因素：

- a) 排除地下水的渗沟宜设置在路肩范围以外；
- b) 排水管、渗沟等地下排水设施宜设置在公路多年最大冻深线以下不小于 25 cm 处，不满足要求时采取保温防冻措施；
- c) 拦截流向路基地下水的渗沟宜设在迎水侧边沟下或边沟外，且沟底高程不低于下路床底部；
- d) 渗沟内宜填充粒料类材料，且粒料中粒径小于 2.36 mm 的细颗粒含量不大于 5%，填料外围设反滤层。渗沟位于路基范围外时，填料顶部宜覆盖大于 15 cm 的不透水材料；
- e) 管式、洞式渗沟最小纵坡宜大于 0.5%，渗沟出口高于地表排水沟常水位 20 cm 以上；
- f) 地下排水设施出水口的基础宜设置在公路多年最大冻深线以下，出水口向内 2 m～5 m 范围采取保温措施，出水口外衔接的排水沟沟底纵坡宜大于 10%；
- g) 路线的凹形竖曲线底部、低洼河谷地段宜进行专项排水设计。

6.5.5 地表水和地下水排水设施出水口的位置宜选在地形开阔、高差较大、纵坡较陡、向阳、避风处，必要时渗沟、渗井、暗沟出水口等设置保温措施。

## 6.6 边坡

6.6.1 中、重冻区细粒土路基宜根据降水和冰冻条件放缓边坡，边坡坡率挖方采用 1:1～1:1.5，填方采用 1:1.5～1:1.75，浸水路堤不小于 1:1.75。

6.6.2 中、重冻区超过 5 m 的黏质土和粉质土路基边坡，按 JTG/T D31-06 的规定进行抗滑稳定性验算。抗滑稳定系数小于 1.20 时，根据实际情况调整坡率或加固，并按 JTG/T D31-06 的规定进行加固设计。

## 7 施工

### 7.1 施工准备

施工准备需考虑：

- a) 进行施工调查及现场核对，根据设计要求、合同条件及现场情况等编制施工方案；
- b) 进行路基防冻施工技术交底；
- c) 设备进行检查和保养，确保其在低温条件下正常运转；
- d) 进行防滑、防冻及安全施工培训。

### 7.2 开挖及基底处理

开挖及基底处理需考虑：

- a) 采用机械开挖，必要时结合人工修整；
- b) 路基填筑前对基底进行平整、密实及清理；
- c) 如遇软弱土层进行换填处理，使基底的承载力和稳定性满足要求；
- d) 基底压实度满足设计要求，公路最大冻深大于路基填筑高度时的基底压实度大于 90%，压实度检测方法按 JTG 3450 的规定执行。

### 7.3 路基填筑

路基填筑需考虑：

- a) 压实设备根据填料种类、分层压实厚度、碾压工艺和压实度等因素确定；
- b) 路基填筑前在两侧开挖排水沟或边沟，并结合永久排水先行施工渗沟、渗井等地下排水设施；
- c) 冻胀性不同的土分层填筑，冻深范围内不准许混杂冻胀性不同的土，不冻胀或弱冻胀的土填在上层，分层压实，压实度见附录 D，压实度检测方法按 JTG 3450 的规定执行；

- d) 每层路基填土顶面设 2%~4% 的横坡；
- e) 低路堤及土质挖方路基按设计高程进行超挖、分层回填压实处理，且深度不小于路基工作区深度，压实度满足设计要求；
- f) 必要时路基表层采取防护膜、土工布等覆盖措施。

#### 7.4 防冻层铺设

防冻层铺设需考虑：

- a) 采用透水性粗颗粒材料，铺设厚度满足设计要求；
- b) 采用机械摊铺，均匀、密实、表面平整，避免二次污染。

#### 7.5 隔热层铺设

按DB63/T 1485的规定执行。

#### 7.6 隔水层铺设

隔水层铺设需考虑：

- a) 采用复合土工膜等复合防水材料，土工膜厚度 0.3 mm~0.5 mm；
- b) 隔水层下部设置砂砾垫层且压实平整，上部设置厚度不小于 10 cm 的砂砾保护层。砂垫层和保护层级配良好，无大粒径尖锐棱角，含泥量不大于 5%。

#### 7.7 排水施工

排水系统施工需考虑：

- a) 施工过程中做好临时排水设施；
- b) 冰冻前未完成的排水设施采取保温措施；
- c) 边沟施工采用分段施工方式，逐段开挖、逐段施工，减少暴露时间，防止沟内积水冻结；
- d) 截水沟布置在坡顶或路基上方，避开冻胀敏感地区；
- e) 渗沟施工：
  - 1) 先铺设反滤层，再填筑排水层，
  - 2) 顶部设置防冻层，
  - 3) 填筑完成后对顶部进行封闭处理；
- f) 渗井井口采用封闭式，井盖具有良好的密封性能，并易于维护和检修。渗井边开挖边支撑，渗井填充材料采用粒径较大的碎石、卵石或砂砾；
- g) 排水设施采用 C30 及以上混凝土或耐低温材料，施工温度符合 JTG/T 3650 的规定；施工完成后进行密封处理，必要时可用截水沟侧壁、渗沟顶部、渗井顶部等可用防冻砂浆均匀涂抹并用保温材料覆盖在砂浆表面；
- h) 施工完成后，对渗沟和渗井进行密封处理；
- i) 管道接头处使用耐低温、抗老化性能优良的材料，浅埋的管道增设保温层；
- j) 排水管道施工后进行水流测试；冬季前对管道进行全面检查；
- k) 路基边坡处等易积水路段先排除积水，待干燥后采用砂砾填筑；
- l) 设置护坡道时与路基同步施工。

### 8 质量验收

路基质量验收按JTG F80/1的规定执行。



附 录 A  
(规范性)  
公路多年最大冻深相关系数

A.1 路基、路面材料热物性系数分别见表 A.1、表 A.2。

表A.1 路基材料热物性系数

路基材料	黏质土	粉质土	粉土质砂	细粒土质砂、黏土质砂	含细粒土砾（砂）
热物性系数 $a$	1.05	1.1	1.2	1.3	1.35
注： $a$ 为多年最大冻深范围内路基各层材料的加权平均值。					

表A.2 路面材料热物性系数

路面材料	水泥混凝土	沥青混凝土	二灰碎石及水泥 碎（砾）石	二灰土及水泥土	级配碎石
热物性系数 $a$	1.4	1.35	1.4	1.35	1.45
注： $a$ 为多年最大冻深范围内路面各层材料的加权平均值。					

A.2 路基湿度系数见表 A.3。

表A.3 路基湿度系数

干湿类型	干燥	中湿	潮湿
路基湿度系数 $b$	1.0	0.95	0.90

A.3 路基断面形式系数见表 A.4。

表A.4 路基断面形式系数

填挖 高度	地 面	填方高度 $h_{\text{填}}/\text{m}$				挖方高度 $h_{\text{挖}}/\text{m}$			
		$h_{\text{填}} < 2$	$2 \leq h_{\text{填}} < 4$	$4 \leq h_{\text{填}} < 6$	$h_{\text{填}} > 6$	$h_{\text{挖}} < 2$	$2 \leq h_{\text{挖}} < 4$	$4 \leq h_{\text{挖}} < 6$	$h_{\text{挖}} > 6$
系数 $C$	1.0	1.02	1.05	1.08	1.10	0.98	0.95	0.92	0.90

附 录 B  
(规范性)  
季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级

B.1 平均冻胀率按公式 (B.1) 计算:

$$\eta = \frac{\Delta z}{h} \times 100\% \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:  
 $\eta$  ——冻胀率;  
 $\Delta z$ ——地表冻胀量, 单位为毫米 (mm) ;  
 $h$  ——冻结层厚度, 单位为米 (m) 。

B.2 季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级见表 B.1。

表B.1 季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级

土 的 类 别	冻前天然含水率 $W$ /%	冻前地下水位距设计冻深的最小距离 $h_w$ /m	平均冻胀率 $\eta$ /%	冻胀等级	冻胀类别
碎 (卵) 石, 砾砂、粗砂、中砂 (粒径小于 0.075 mm 颗粒含量均不大于 15 %), 细砂 (粒径小于 0.075 mm 颗粒含量不大于 10 %)	不饱和	不考虑	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
	饱和含水	无隔水层时	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	饱和含水	有隔水层时	$\eta > 3.5$	III	冻胀
碎 (卵) 石, 砾砂、粗砂、中砂 (粒径小于 0.075 mm 颗粒含量均大于 15 %), 细砂 (粒径小于 0.075 mm 颗粒含量大于 10 %)	$W \leq 12$	$> 1.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	$12 < W \leq 18$	$> 1.0$			
		$\leq 1.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
	$W > 18$	$> 0.5$			
		$\leq 0.5$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
粉砂	$W \leq 14$	$> 1.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	$14 < W \leq 19$	$> 1.0$			
		$\leq 1.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
	$19 < W \leq 23$	$> 1.0$			
		$\leq 1.0$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
	$W > 23$	不考虑	$\eta > 12$	V	特强冻胀
粉土	$W \leq 19$	$> 1.5$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$\leq 1.5$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀
	$19 < W \leq 22$	$> 1.5$			
		$\leq 1.5$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
	$22 < W \leq 26$	$> 1.5$			
		$\leq 1.5$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀

表 B.1 季节冻土与季节融化层土的冻胀性分级（续）

土的类别	冻前天然含水率 $W/\%$	冻前地下水位距设计冻深的最小距离 $h_w/\text{m}$	平均冻胀率 $\eta/\%$	冻胀等级	冻胀类别
粉土	$26 < W \leq 30$	$> 1.5$	$6 < \eta \leq 12$	Ⅳ	强冻胀
		$\leq 1.5$	$\eta > 12$	Ⅴ	特强冻胀
	$W > 30$	—			
黏性土	$W \leq W_p + 2$	$> 2.0$	$\eta \leq 1$	Ⅰ	不冻胀
		$\leq 2.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	Ⅱ	弱冻胀
	$W_p + 2 < W \leq W_p + 5$	$> 2.0$			
		$\leq 2.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	Ⅲ	冻胀
	$W_p + 5 < W \leq W_p + 9$	$> 2.0$			
		$\leq 2.0$	$6 < \eta \leq 12$	Ⅳ	强冻胀
	$W_p + 9 < W \leq W_p + 15$	$> 2.0$			
		$\leq 2.0$	$\eta > 12$	Ⅴ	特强冻胀
	$W > W_p + 15$	—			
	<p>注1：<math>W_p</math>——塑限。</p> <p>注2：盐渍化冻土不在表列。</p> <p>注3：塑性指数大于22时，冻胀性降低一级。</p> <p>注4：小于0.005 mm粒径含量大于60 %时，为不冻胀土。</p> <p>注5：当碎石类土的填充物大于全部质量的40 %时，其冻胀性按填充物土的类别判定。</p> <p>注6：隔水层指季节冻结层底部及以上的隔水层。</p> <p>注7：对冻胀变形敏感的路基考虑冻胀类别为“不冻胀”土的微冻胀性对工程的影响。</p>				

附 录 C  
(规范性)  
路基填料冻胀等级

路基填料冻胀等级见表C. 1。

表C. 1 路基填料冻胀等级

路基形式	冻区划分	地下水位或地表常水位 距路面距离 $h_M/m$	冻胀等级			
			上路床	下路床	上路堤	下路堤
填方路基	重冻区	$>3$	I	I、II、III	—	—
		$\leq 3$	I	I、II	I、II、III	—
	中冻区	$>3$	I、II	I、II、III	—	—
		$\leq 3$	I	I、II	—	—
零填方或 挖方路基	重冻区	$>3$	I	I	—	—
		$\leq 3$	I	I	—	—
	中冻区	$>3$	I	I、II	—	—
		$\leq 3$	I	I	—	—
<p>注1：中、重冻区划分宜符合JTG/T D31-06规定。</p> <p>注2：中、重冻区采用 I 类土时，其细粒土（粒径小于0.075 mm）含量小于5%。</p> <p>注3：采用无机结合料、矿渣、固化剂等进行处治时，填料可不受此表限制。</p>						

附 录 D  
(规范性)  
公路路基冻深范围内压实度标准

公路路基冻深范围内压实度标准见表D. 1。

表D. 1 公路路基冻深范围内压实度标准

路基结构形式		路面底面以下深度/m	压实度/%	
			高速及一级公路	二级公路
上路床	轻、中、重、特重、极重交通	0~0.3	≥96	≥95
下路床	轻、中及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥96	≥95
上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.6	≥94	≥94
	特重、极重交通	1.2~2.0	≥94	≥94
下路堤	轻、中及重交通	1.6 以下	≥93	≥92
	特重、极重交通	2.0 以下	≥93	≥92
注：压实度为路基压实实测干密度与重型击实试验获得的最大干密度之比的百分率。				