



CECS G XXXX:2018

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

多年冻土地区公路路基
设计与施工通用技术规程

(征求意见稿)

Technical Specification for Design and Construction of Road
Subgrade in Permafrost Regions

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

前 言

根据中国工程建设标准化协会（关于印发《2016 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划》（草案）意见的通知（建标协函[2016]33 号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司成立标准编制组，经广泛调查研究，结合工程实践，认真总结经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 8 章，涵盖多年冻土地区公路设计与施工各方面，主要包括：总则、基本规定、路基设计、路基施工、路基排水、路基边坡防护、环境保护与景观等。

本规程由中国工程建设标准化协会工程管理专业委员会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容解释。如有需要修改和补充之处，请将有关意见和建议寄至中交第一公路勘察设计研究院有限公司（地址：陕西省西安市科技四路 205 号，邮编：710075，电话：029-88322888），以便修订时参考。

主 编 单 位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：青海省交通科学研究院

青海省地方铁路建设投资有限公司

主 编：汪双杰

主要参编人员：陈建兵 符进 朱东鹏 樊凯 刘戈 金龙 李金平 袁堃 董元宏

穆柯 彭惠 陈冬根 张会建 邵广军 纳启财 陈红伟 房建宏

目 录

1 总则	1
2 术语、符号	3
3 基本规定	5
3.1 设计原则	5
3.1.1 设计原则的选取	5
3.1.2 路堤	5
3.1.3 路堑	6
3.1.4 低填浅挖及零断面地段	6
3.1.5 多年冻土区内的融区宜按季节冻土区设计。	7
3.2 施工准备	24
3.2.1 施工季节的选择	24
3.2.2 施工填料	25
3.2.3 施工机械	25
3.2.4 施工组织管理	25
3.2.5 临时排水	26
3.3 施工材料	26
3.3.1 砂砾	26
3.3.2 石渣	26
3.3.3 土工格栅	26
3.3.4 路基上部填料	26
3.4 施工中的环境保护	63
3.4.1 路基工程	63
3.4.2 取土场及料场	65
3.4.3 景观保护	69
3.4.4 野生动物保护	67
4 路基设计	9

4.1	一般规定	9
4.2	路基横断面	9
4.3	路床	错误！未定义书签。
4.3	路堤设计	10
4.4	低填浅挖及零填挖断面结构设计	14
4.5	路堑设计	16
4.6	过渡段设计	19
4.7	取、弃土场设计	20
4.8	施工便道设计	22
4.9	护道设计	22
5	路基施工	24
5.1	路堤施工	24
5.2	路堑施工	29
5.3	施工便道及护道施工	33
6	路基排水	34
6.1	一般规定	34
6.2	地表排水设计	34
6.3	排水沟设计	38
6.4	截水沟设计	40
6.5	边沟设计	41
6.6	铺草皮排水沟施工	44
7	路基边坡防护	47
7.1	一般规定	47
7.2	植被防护	47
7.3	草皮移植防护	48
7.4	三维网植草	51
8	环境保护与景观	58
8.1	一般规定	58
8.2	冻土环境保护	58

8.3	水土保持	59
8.4	生态环境保护	61
8.5	景观绿化工程	63

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为适应多年冻土地区公路建设发展的需求，提高多年冻土地区公路路基设计与施工的通用技术水平，特制定本规程。

条文说明：

我国多年冻土分布面积为 215 万 km^2 ，是世界第三大冻土大国。中国多年冻土以青藏高原高海拔冻土为典型代表，在全球冻土界具有无可替代的地位。20 世纪 70 年代以来，伴随着青藏公路的历次整治改建，我国几代冻土工程与科研人员不间断的开展了多年冻土地地区筑路技术与工程的研究，对多年冻土地地区的公路修筑技术也不断加深认识，在《公路路基设计规范 JTG D30-2015》中，多年冻土地地区路基为众多特殊路基中的一种，其规定一般为具有通用性的原则性条款，在实际设计与施工中可操作性较差。

以 2000 年以来交通部西部交通建设科技项目重大专项“多年冻土公路修筑成套技术研究”所取得的成果为依托，以青藏公路改建工程为实体工程总结提炼的《多年冻土地地区公路设计与施工技术细则》（JTG/T D31-04-2012）是行业推荐性标准，系统的规定了多年冻土地地区新建、改（扩）建的二级及以下公路设计与施工。其中对一般路基设计和特殊结构路基设计进行了分章规定。

本规程是在《多年冻土地地区公路设计与施工技术细则》（JTG/T D31-04-2012）的基础上，吸收了近年来多年冻土地地区多项重大项目，包括国家科技支撑计划“高海拔高寒地区高速公路建设技术”、交通运输科技计划“多年冻土区公路路侧积水入渗机理与成灾机制研究”“青藏高原多年冻土区公路路基尺度效应研究”等课题所取得的重大理论和技术创新成果，总结、提炼了 2010 年共玉高速公路、2012 年花久高速公路等多年冻土地地区高速公路的修建经验，完善、细化了针对多年冻土地地区公路的建设技术、设计方法、路基处理方案、施工工艺、工法等内容。

在近年来多年冻土地地区的公路建设过程中，科研及设计人员发现，多年冻土地地区的新建公路，多年冻土问题不再简单的是公路建设中的一个病害治理点，而是整个公路建设的重点及难点，多年冻土地地区公路路基建设的成败影响着整条公路。

对多年冻土地地区公路路基可为一般路基和特殊路基，一般路基包括填方路基、半填半挖路基、路堑、低填路基、浅挖路基等多种结构，特殊结构路基包括热棒路基、XPS 板路基、通风管路基、片块石路基、各种复合路基等，特殊结构路基在设计时除特殊结

构需单另设计及施工外，其排水、防护、环保、地基处理等内容又与一般路基相关内容一致。为规范相关技术内容，使编制的规程切实可用，设计方案合理，施工工艺、工法便于施工，将所有多年冻土地地区的一般路基结构的设计与施工规程，多年冻土地地区常用的防护、排水结构的设计与施工规程及一般环保要求等内容规定为多年冻土地地区公路路基通用技术，以此内容为基础编制本规程。

因此，本规程不仅适用于多年冻土地地区一般路基的结构、排水、防护及环境保护的设计与施工，也适用于特殊结构路基的排水、防护及环境保护的设计与施工。

1.0.2 本规程适用于多年冻土地地区各级公路的新建、改（扩）建路基的通用技术的设计与施工。

1.0.3 本规程中的路基指多年冻土地地区除特殊路基结构外的其他路基结构。

1.0.4 多年冻土地地区公路路基设计与施工过程中应考虑工程与多年冻土的相互影响，减少对冻土环境的扰动。

1.0.5 多年冻土地地区公路路基施工应在公路修建总体施工规划下，制订相应的施工组织设计。编制施工组织设计时，应考虑施工季节、工期要求、地质条件和当地自然条件等，确定合理的施工方法和施工进度。

1.0.6 必须执行质量检测，严格遵守操作规程，做好材料使用工作。施工中应做好技术交底工作，确保工程质量，并坚持文明施工。

1.0.7 设计与施工中应采用成熟可靠的技术、材料及工艺。新技术、新工艺、新材料、新结构应通过试验工程验证并报主管部门批准后方可采用。

1.0.8 多年冻土地地区公路路基设计与施工除按本规程执行外，尚应符合国家和交通部现行的有关标准、规范规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 多年冻土 permafrost

冻结状态持续两年或两年以上的土（岩）。按含冰量可分为少冰冻土、多冰冻土、富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层等五类。其中少冰冻土和多冰冻土统称为低含冰量冻土，富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层统称为高含冰量冻土。

2.1.2 季节融化层 seasonally thawed layer

每年寒季冻结、暖季融化，其年平均地温低于 0℃的地表层，其下卧层为冻结层。

2.1.3 多年冻土天然上限 natural permafrost table

天然条件下多年冻土层的上界面。

2.1.4 多年冻土人为上限 artificial permafrost table

人为条件影响下形成的多年冻土上界。

2.1.5 不良冻土现象 harmful cryogenic phenomenon

土体的冻结和融化作用产生的对工程有不利影响的新形成物，如冰锥、冻胀丘、融冻泥流、热融湖塘等现象。又称不良冷生现象。

2.1.6 热融滑塌 thaw slumping

高含冰量冻土分布的自然坡面，由于冻土融化而引起上覆土体下滑的现象。一般具有溯源性，又称热融滑坡。

2.1.7 融冻泥流 gelifluction

缓坡上的细粒土，受反复的冻融作用而结构破坏，沿山坡向下缓慢蠕动的饱水土体。

2.1.8 热融湖（塘） thermokarst lake

多年冻土地区地下冰融化形成的积水洼地。

2.1.9 冻土沼泽 marsh in permafrost

在多年冻土区，由于地表水、地下水的影响，地面长期潮湿，生长喜湿和喜水植物，并有泥岩堆积的山前斜坡或山间洼地。

2.1.10 冻胀丘 frost mound

由土的差异冻胀作用所形成的丘状地形。

2.2 符 号

2.2.3 路基高度

H_0 —临界路基高度；

H_R —路基合理高度，理论计算值；

H_S —路基设计高度；

h — 勘探年路基高度。

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 设计原则的选取

路基设计应依据多年冻土地区地温特征值、路基形式、多年冻土类型、冻土总含水率以及路基病害调查资料，结合区内多年冻土分布、冻土变化情况以及路面类型，考虑工程建设的技术经济可行性与合理性，分段采用不同的设计原则。

3.1.2 填方路基

1 符合下列条件之一，宜按保护冻土的原则设计：

- 1) 当地温低于 -1.5°C 的低温稳定和基本稳定多年冻土区；
- 2) 当地多年冻土天然上限小于 2m，厚度大于 10m 的路段。

2 符合下列条件之一时，宜按主动冷却、综合治理的原则设计：

- 1) 年平均地温高于 -1.5°C ，厚度超过 5m 的多年冻土高含冰量路段或岛状多年冻土区高含冰量路段；
- 2) 冻土含冰量虽低，但区域路基病害严重路段；
- 3) 存在不良冻土现场的路段。

3 符合下列条件之一时，宜按控制融化速率的原则设计：

- 1) 基底地质情况良好，为少冰冻土或多冰冻土，融化下沉后不致造成路基病害；
- 2) 基底多年冻土厚度不超过 5m，埋藏浅，范围小，下部为少冰冻土、多冰冻土或基岩路段；
- 3) 邻近多年冻土分布区域边界的零星岛状多年冻土路段，多年冻土层已处在退化状态中，保护多年冻土难以取得成效时；
- 4) 道路等级较低，交通量不大时。

4 符合下列条件之一，宜按预融冻土的原则设计：

- 1) 地温较高、冻土厚度不超过 2m 路段；
- 2) 需挖除和换填路段。

3.1.3 路堑

1 符合下列条件之一，宜按保护冻土的原则设计：

- 1) 基底地质情况良好，为少冰冻土或多冰冻土，融化下沉后不致造成路基病害；
- 2) 基底多年冻土厚度不超过 5m, 埋藏浅，范围小，下部为少冰冻土、多冰冻土或基岩路段；

3) 基底多年冻土层厚度超过 5m, 但浅层多年冻土为少冰冻土或多冰冻土，路基开挖深度在浅层区域内的路段。

2 符合下列条件之一，宜按预融冻土、综合治理的原则设计：

- 1) 年平均地温高于 -1.5°C ，厚度超过 5m 的多年冻土高含冰量路段或岛状多年冻土区高含冰量路段；
- 2) 基底多年冻土厚度超过 5m, 路基开挖深度超过多年冻土天然上限的深路堑段。
- 3) 地表水丰富或地下水埋藏较浅、路基本身横坡较大，开挖面较宽的路段。
- 4) 退化型多年冻土或岛状多年冻土路段。

3.1.4 低填浅挖及零断面地段

1 清除换填原则

路基下多年冻土厚度小于 3m, 且埋藏较浅时，宜全部清除换填。

2 符合下列条件之一，宜按保护多年冻土原则设计

- 1) 基底地质情况良好，为少冰冻土或多冰冻土，多年冻土天然上限超过 1.5m；
- 2) 地表条件良好，无明显积水，且地下水埋藏较深，开挖后不会形成积水或翻浆病害。

3 符合下列条件之一，控制冻土融化速率原则设计

- 1) 路基下多年冻土层中的含冰量较小，埋藏较浅，公路等级较低时；

-
- 2) 地表易积水、地下水埋藏较浅路段;
 - 3) 多年冻土天然上限较浅, 下伏多年冻土为富冰以上高含冰量多年冻土, 且厚度超过 3m 路段。

3.1.5 多年冻土区内的融区宜按季节冻土区设计。

3.2 公路路基通用技术

3.2.1 一般规定

1 多年冻土地区公路路基设计与施工通用技术, 是指在多年冻土地区公路路基设计和施工过程中需要的一般性、普遍性、通用性技术。

1) 多年冻土公路路基设计与施工技术, 按路基结构形式可分为一般路基和特殊结构路基。

2) 特殊结构路基包括热棒路基、片块石路基、通风管路基等。

3) 一般路基指不需要采用特殊材料、以填土为主的路基。

4) 特殊结构路基除路基结构需根据多年冻土的地温、含冰量、上限等情况进行特殊结构路基设计外, 其他技术内容如地基处理、路基防排水、路基边坡防护、多年冻土环境保护等内容与一般路基一致。

5) 多年冻土地区公路路基通用技术, 就是对多年冻土地区一般路基的设计与施工技术的细化, 以达到指导多年冻土地区公路路基一般路基设计与施工, 提高多年冻土地区公路设计与施工技术水平的目的。

2 多年冻土地区公路路基通用技术主要针对多年冻土地区地基处理设计与施工技术, 一般填土路基、路堑、过渡段设计与施工技术, 路基防排水设计与施工技术, 路基边坡防护设计与施工技术, 多年冻土地区环境保护一般要求等内容进行规定。

3 通用技术主要适用于多年冻土地区一般路基设计与施工, 特殊结构路基设计与施工时可参考使用。

条文说明:

多年冻土地地区公路路基通用技术是指除多年冻土地地区特殊结构路基的设计与施工技术外的，多年冻土地地区公路建设过程中需要的一般性、普遍性、通用性技术，包括多年冻土地地区一般填土路基、路堑、低填浅挖等普通路基的设计，多年冻土地地区路基边沟、排水沟、截水沟等排水设施的设计，多年冻土地地区边坡防护的设计等多年冻土地地区公路路基设计技术，以及多年冻土地地区公路路基施工季节的选择、施工材料的要求、路基施工的工艺要求等多年冻土地地区公路路基施工技术。

征求意见稿

4 路基设计

4.1 一般规定

4.1.1 路基设计应收集气象、工程地质及冻土无力、力学试验等资料。改建公路设计还应收集既有公路路况、病害调查及病害防治资料。

4.1.2 路基设计应考虑地表水对多年冻土的不利影响，采取措施疏导地表水，做好路基排水防护设计。

4.1.3 存在多年冻土层的挖方路基，应采取封闭保护措施，避免冻土层长期暴露吸热引起的边坡病害。

4.1.4 路基填筑应选择不冻胀或弱冻胀及弱融沉性的土石填料。严禁使用富含腐殖质的土、草炭土、泥炭土、草皮以及冻土作填料。

4.1.5 多年冻土地区公路路基设计应考虑冻土地区生态环境特征，注意植被的宝华，路基两侧 200m 内不得随意取土。

4.2 地基处理

4.2.1 多年冻土地区公路地基处理时因遵循“宁填勿挖”的设计原则。

- 1 填方路基在地基处理时不清除地表土，直接在地表填筑砂砾后冲碾压实地基。
- 2 多年冻土区地表发育冻土草甸、热融湖塘、冻土沼泽等特殊表层土时，需要加强地基的处理、增强地基的压实度。
 - 1) 当冻土沼泽化湿地地段存在高含冰量冻土时，采用旱桥方案通过。
 - 2) 当冻土沼泽化湿地地段不存在高含冰量冻土时，采用土工格室+渗水土(厚 1m)、土工格栅+渗水土(厚 1m)和抛填片石(厚 1.2m)等浅层地基处理措施稳定地基。
 - 3) 对于规模较大热融湖(塘)地段，采用旱桥方案通过。
 - 4) 对小型的热融湖(塘)，采取抛填片石稳定地基，片石层顶面高出最高水位 0.50m，且路基砂砾填料严格控制粘粒含量，同时做好路基两侧截排水工程。
- 3 低填浅挖、零填挖及路堑段，采用超挖换填砂砾的方案，超挖深度不少于 80cm。

如开挖段为高含冰量土，可采用超挖换填块石挤淤的方案。

4.2.2 多年冻土区路基地表压实时宜采用冲击压实为主，振动压实为辅的混合压实方法。

1 使用冲击碾压进行地表压实施工时，不清除原地面，填筑 50cm 砂砾，用推土机粗平，平地机精平，静压一遍后用冲击碾进行碾压。

2 路基压实采用冲击碾压，碾压时应先压两侧后压中间，小半径曲线段由内侧向外侧，要错轮碾压，行驶速度为 12km/h，碾压遍数不少于 25 遍。

3 冲击碾压完后用振动压路机碾压 2~3 遍，保证路基的平整度。

4 碾压前、后及时进行填筑顶面标高测量，准确测定填方的沉降量，严格控制标高。

4.2.3 地基开挖换填处理时，应提前做好施工预案、施工填料准备、施工人员培训，施工时采用机械化施工，合理选择施工季节，做到开挖一段回填压实一段，保证换填后的地基稳定。

4.3 路堤设计

4.3.1 路床填料的选择应考虑冻结层中含水率及填料的冻胀敏感性等因素。宜采用砂砾等粗粒土作填料，不宜采用富含腐殖质的土、草炭土、泥炭土、草皮以及冻土。

4.3.2 路床加固应考虑土质、降水量、地下水类型及埋藏深度、加固材料来源等因素，对就地碾压、换土改良、设置土工合成材料等加固措施应通过综合比选确定。

4.3.3 设计原则

参考 3.1.2 执行。

4.3.4 按控制融化速率的设计原则设计时，不同冻土地质条件应分段采用不同的多年冻土人为上限下降允许值。多年冻土认为上限下降允许值可按表 4.3.4 确定。

表 4.3.4 不同冻土类型的人为上限下降允许值

地基多年冻土类 型	人为上限下降允许值 (m)	地基多年冻土类 型	人为上限下降允许值 (m)
含土冰层	0.15~0.20	富冰冻土	1.00~1.50
饱冰冻土	0.50~0.75		

4.3.5 路基设计控制高度

- 1 整体式路基高度按 2.5m 控制。
- 2 分离式路基高度按 1.8m 控制。

4.3.6 除基岩路段外，路基最小高度不宜低于 1.5m，非纵坡或构造物控制段路基高度不宜超过 3.5m。

4.3.7 多年冻土地区路堤设计不宜清除地表植被，当遇泥炭、沼泽等地表软弱层时，应采取有效措施进行地表处理。

4.3.8 平坦地段，当路堤实际填土高度大于设计控制高度时，填土路基典型横断面结构应符合以下规定：

1 地基表面直接填筑砂砾或石渣，采用冲击碾压的挤入地面。挤入层砂砾压实稳定后，再填筑 30cm 砂砾或石渣，压实稳定。地表处理完成后填筑路基，其结构图可按图 4.3.8 设计。

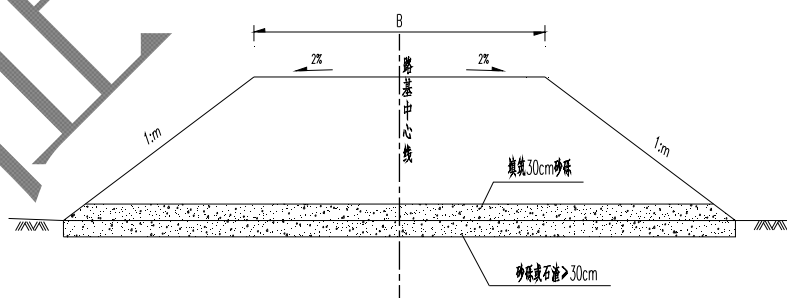


图 4.3.8 一般填方路基断面

1) 地表植被稀疏，无明显积水，无不良地质现象时，挤入地表路堤填料厚度按 30cm 控制，碾压后地表压实度应满足 4.3.8 规定。

2) 地表植被良好、存在水草地或沼泽湿地、有明显积水等情况时，挤入地表路堤填料应根据地勘查明地质条件设计，碾压后地表压实度应满足 4.3.8 规定。

3) 路堤应分层铺筑，均匀压实，压实度应符合表 4.3.8 的规定

表 4.3.8 路堤压实度

路基部位		路面底面以下深度 (m)	压实度 (%)		
			高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路
上路堤	轻、中等及重交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93
	特重、极重交通	1.2~1.9	≥94	≥94	—
下路堤	轻、中等及重交通	1.5 以下	≥93	≥92	≥90
	特重、极重交通	1.9 以下			

2 地表排水条件较好时，路堤下部可采用当地细粒土填筑，上部宜采用粗粒土填筑，为防止冻胀翻浆，粗粒土填筑厚度应不小于 0.5m。

3 地表排水条件较差时，宜采用粗粒土填筑路堤。当采用细粒土填筑时，下部应设毛细水隔断层，其厚度应保证在路堤工后沉降完成后隔断层高出最高积水水位不少于 0.5m。

4.3.9 平坦地段，当路堤实际填土高度小于设计控制高度时，冻土路堤典型横断面结构应符合以下规定：

1 高含冰量多年冻土较薄且埋藏较浅时，可全部挖除换填，其结构可按图 4.3.9-1 设计。换填应选用保温、隔水性能较好的黏性土或片（块）石。

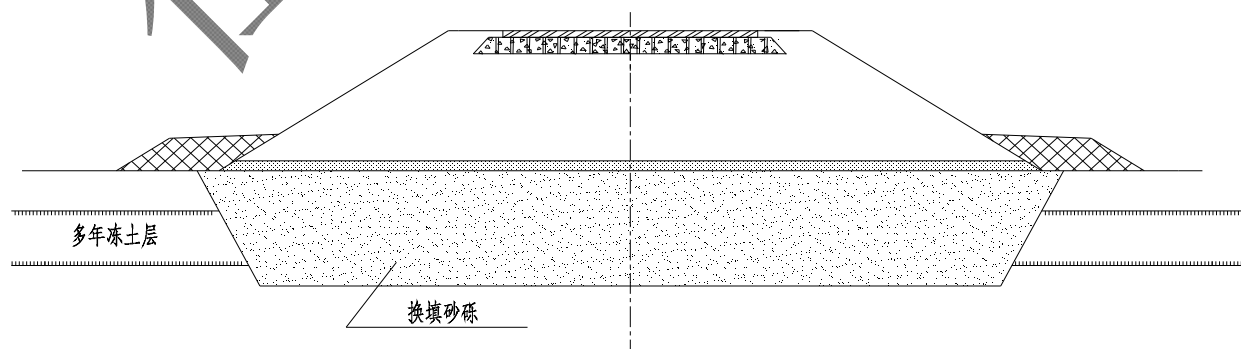


图 4.3.9-1 全部换填路基设计图

2 高含冰量多年冻土较厚时，可部分挖除换填，其结构可按图 4.3.9-2 设计。换填应选用保温、隔水性能较好的黏性土或片（块）石。换填深度与路堤高度之和应不小于路基设计临界高度与天然上限之和。

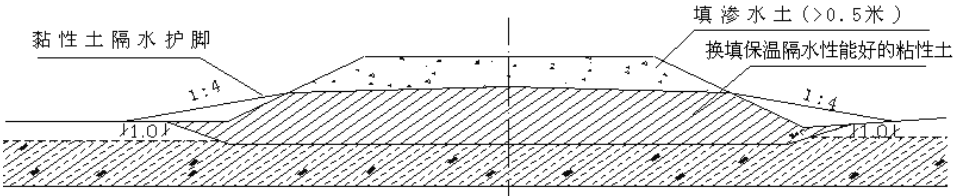


图 4.3.9-2 部分换填路基设计图

3 低含冰量多年冻土区，当路堤实际填土高度大于 0.5m，小于设计控制高度，地表条件较好，无明显积水，无不良地质现象时，可采用基底开挖换填、压实后填筑路基，换填深度 80cm，基底应布设隔水土工布，设置单项横坡，坡底一侧埋设 PVC 排水管。其结构可按图 4.3.9-3 设计。

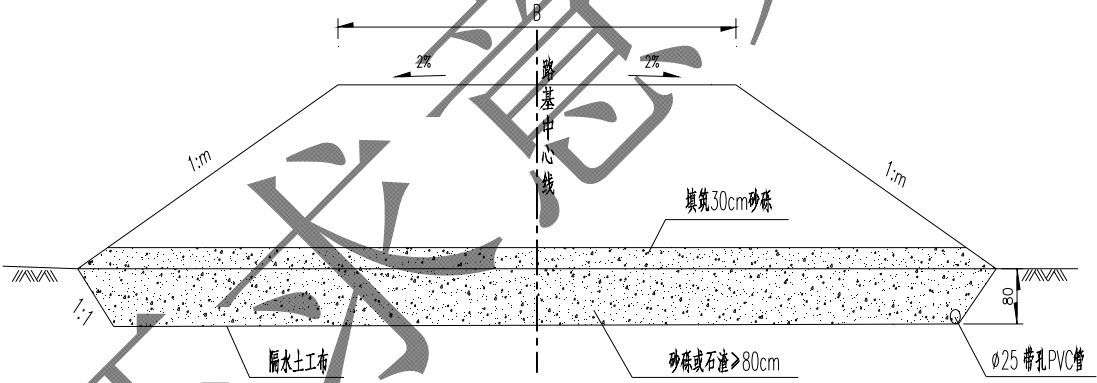


图 4.3.9-3 部分换填断面

4.3.10 在坡度缓于 1:5 的缓坡地段，宜以路堤形式通过，基底不宜挖台阶；缓坡地段路堤结构可参考平坦段路堤结构设计，并在其上方一侧合适位置设置挡水埝或截水沟，下方一侧坡脚设置宽 2.0~3.0m，高 1.0~2.0m 的反压护道。

4.3.11 路堤边坡坡度应根据当地的工程地质与水文地质条件、路基高度、填料的物理力学性质、施工方法、地貌形态等因素综合确定。边坡坡度宜采用 1:1.5~1:1.75。

在富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层等路段，细粒土层中天然含水率较高时，边坡坡率宜放缓至 1:1.75~1:2.0。

4.4 低填浅挖及零填挖断面结构设计

4.4.1 低填浅挖及零填挖断面路基的设计应根据路段的水文、地质条件和多年冻土的含冰量条件等进行设计，并应根据不同处治方案的经济与技术可行性比较。

4.4.2 断面布设

1 不宜采用路基填土高度小于 0.5m 和开挖深度小于 0.5m 的低填浅挖及零填挖断面路基设计方案。

2 受地形、地貌限制必须采用该类路基断面时，应将该类断面布设于低含冰量的少冰冻土及多冰冻土区。

3 富冰以上高含冰量多年冻土区出现该类路基时，应该采用局部路段调整纵坡的方法，将该类路基调整布设到低含冰量多年冻土区，或调整为路堑或填方路基，缩短该类路基在高含冰量多年冻土地区的处理长度。

4.4.3 设计原则

参考 3.1.4 执行。

4.4.4 路基下多年冻土层厚度不大，且埋藏深度小于或等于 3.5m 时，宜采用全部清除换填的路基设计方案，如图 4.4.4 所示。换填底部应填筑不少于 0.5m 厚的水稳定性好的透水层，并做好基底的纵向排水和边坡防护。

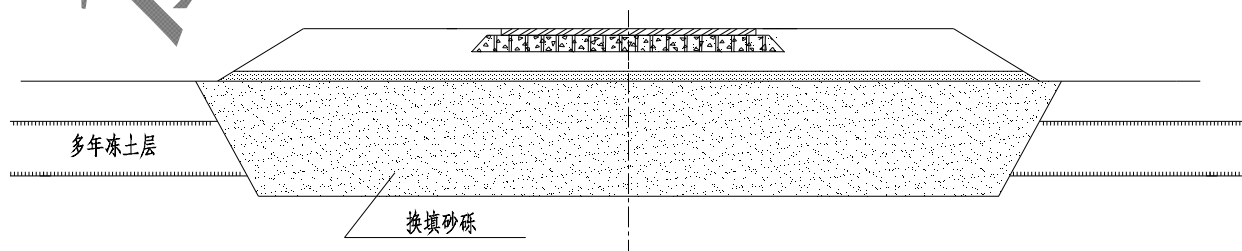


图 4.4.4 低填浅挖路基全部换填路基设计图

4.4.5 路基下多年冻土中的富冰冻土、饱冰冻土、含土冰层等高含冰量冻土厚度较大，埋藏较深，全部清除换填困难且不经济时，可采取部分换填的保护多年冻土路基设计方案，如图 4.4.5 所示。路基高度与换填深度之和不应小于路基设计临界高度与天然上限之和。换填材料应选用保温和隔水性能好的黏性土或设置 XPS 板等保温隔热层。路床应设置厚度不小于 0.5m 的水稳性好的粗颗粒土；基底应设置厚度不小于 0.5m 的砂砾或粗颗粒土毛细水隔断层。

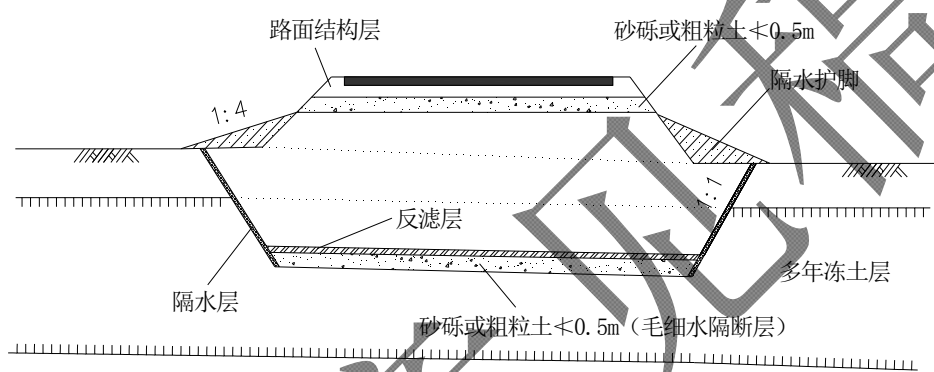


图 4.4.5 基底部分换填断面形式

4.4.6 路基下多年冻土为少冰冻冻土、多冰冻土等低含冰量多年冻土，可采用基底超挖换填、压实后填筑路基，换填深度应超过多年冻土上限 50cm，基底应布设隔水土工布，设置单向横坡，坡底一侧埋设 PVC 排水管。如图 4.4.6 所示。

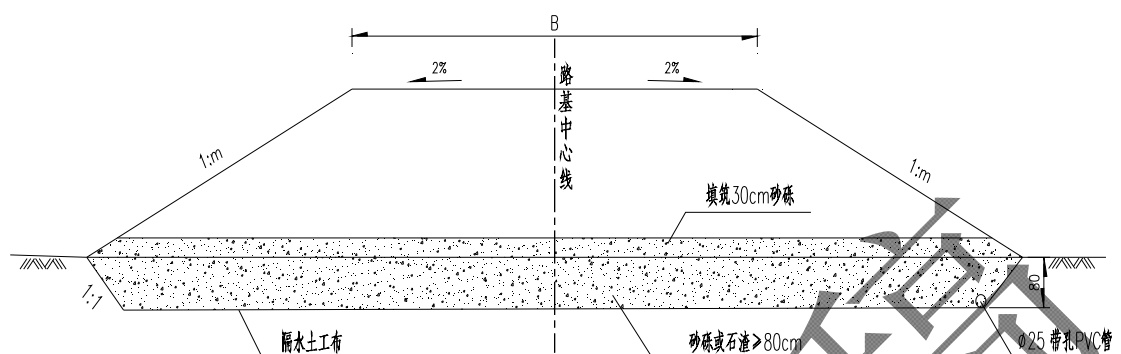


图 4.4.6 低含冰量多年冻土区低填浅挖路基横断面形式

4.4.7 公路等级较低，路基下多年冻土层中的含冰量较小且埋藏较深，采取部分换填设计方案无法保持路基稳定时，可采用预融多年冻土的路基设计方案。

4.5 路堑设计

4.5.1 路堑设计应考虑区域气候条件、冻土条件、地表条件、区域水环境等多因素，结合多年冻土地温及含冰量情况重点设计。

4.5.2 当出现路堑段落时，应将该段作为局部段落的控制段落进行设计，合理调整局部段落的路线控制指标，尽量避免路堑断面、缩短路堑断面长度、降低路堑开挖深度、或将路堑断面布设于少冰冻土、多冰冻土或融区路段。

4.5.3 设计原则

参考 3.1.3 执行。

4.5.4 多年冻土路堑设计应包括路基横断面设计和支挡结构防护设计。富冰冻土、

饱冰冻土及含土冰层等高含冰量地段的路堑，应采用基底部分或全部换填以及坡面防护、保温等措施。

4.5.5 路基横断面设计包括确定断面型式和处理措施、计算边坡隔热层和换填厚度、验算边坡稳定性和基底强度。采用的断面型式和处理措施应符合设计原则要求，避免外界的水侵蚀。

1 路基下多年冻土的厚度不大，且埋藏深度小于或等于 3.5m 时，宜采用全部清除换填的路基设计方法。

2 按控制融化速率原则设计时，断面型式可参考图 4.5.5-1。路基底部超挖换填，超挖深度 80cm~150cm，换填粗粒土，底部铺设防水土工布，设单向横坡及 PVC 管排水。边坡地下水位较低时，采用草皮或植物边坡防护，地下水位较高时，应在上边坡修建盲沟排水，路面下宜设置 XPS 保温板。

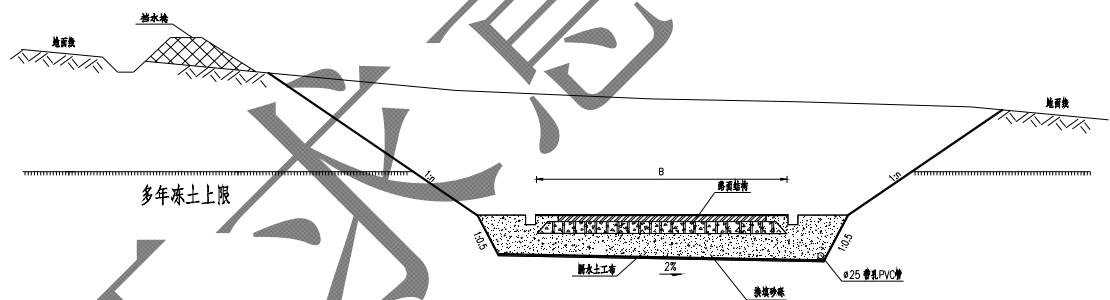


图 4.5.5-1 部分换填路堑断面形式图

3 按预融冻土、综合治理的原则设计时，断面型式可参考图 4.5.5-2。

1) 路基超挖换填，根据多年冻土情况，超挖深度不得小于 100cm。路基开挖后采用片（块）石抛石挤淤，稳定后填筑砂砾层压实。

2) 边坡坡脚处修建挡土墙稳定边坡。

3) 边坡可采用超挖换填黏性土或采用草皮、植物防护边坡。

4) 上边坡坡脚处应修建盲沟排水。

5) 路基及边坡插入热棒，主动冷却多年冻土层。

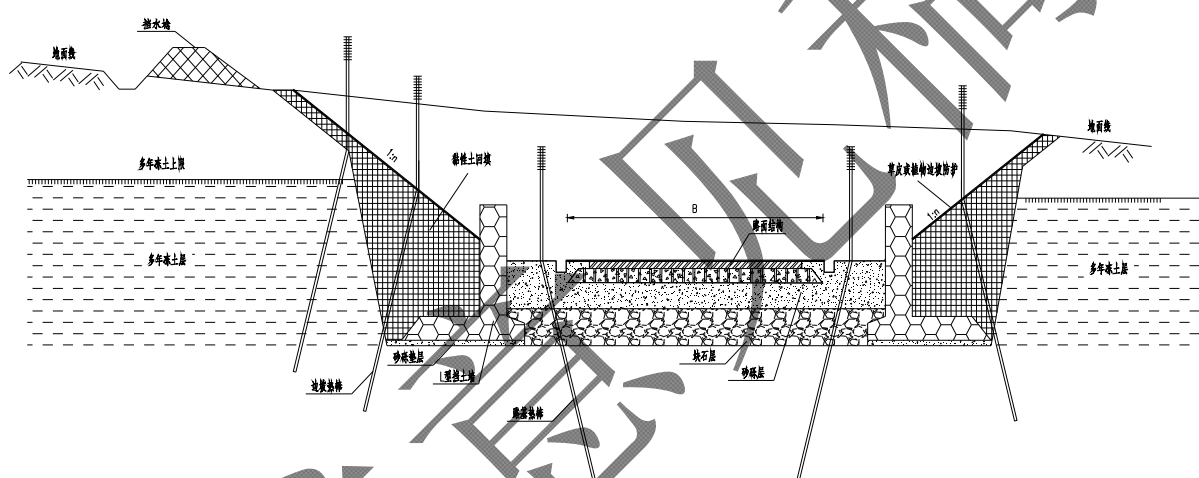


图 4.5.5-2 预融、综合治理原则路堑断面形式图

4.5.6 路堑坡顶宜采取设置截水沟、挡水埝等措施，防治上方自然坡面地表水危害边坡。

4.5.7 路堑边沟用设置防渗隔断层。采用宽浅边沟时，沟底宜采用“两布一膜”等复合土工膜铺砌防水。

4.5.8 深路堑断面可采用上保下挡的支挡形式。支挡结构形式宜采用钢筋混凝土 L 形挡土墙或锚杆锚定板挡土墙，如图 4.5.8 所示。设计时应考虑挡土墙在水平冻胀力作用下的稳定性，并应满足路堑边坡冻土保护措施设置要求，挡土墙基础应埋置于稳定后

的人为上限以下 0.3~0.5m 或落于基岩上。

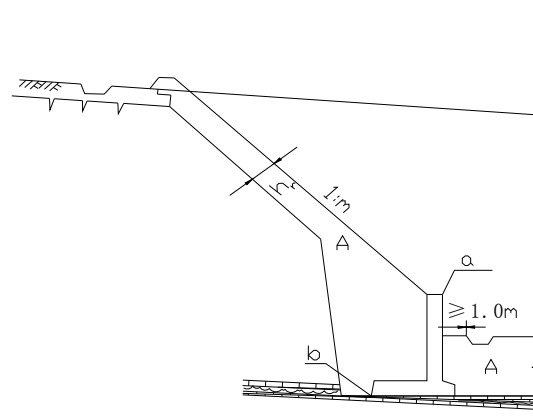


图 4.5.8 路堑挡土墙

A: 回填粘性土; a: 预制拼装式钢筋混凝土 L 形挡墙; b: 0.1m 砂垫层;

规定不同冻土条件下，该类路基设计时依据的原则及设计方案。

4.6 过渡段设计

4.6.1 融区与多年冻土地区过渡段路基设计应遵循既防治冻胀也防治融沉的原则，按多年冻土段的要求设计。融区（季节冻土区）路基设计应以防治冻胀为主，在多年冻土地区应以防治融沉为主；融区与多年冻土地区过渡段路基填土高度不宜小于 1.5m，路堤底部宜设置毛细水隔断层，当公路沿线石料丰富时，路基结构可采用片块石路基。

4.6.2 高含冰量冻土不同地温过渡段的低温段应按相对高地温段要求设计。高含冰量冻土与少冰、多冰冻土过渡段，应分别按高含冰量冻土的要求设计。

4.6.3 填挖过渡段路基纵向过渡段设计中，挖方段应进行基底换填，并应将挖方路段设计方案向填方过渡延伸，在填方段路基中宜设置隔热层。填方段换填基底除应与挖方地段换填基底顺接外，还应设置沿路线纵向的排水坡，向路堤填方方向排水。

4.6.4 当地表横坡大于 1:3 时，路基基底应开挖台阶，台阶纵断面方向长度应不小于 200cm，横断面方向应不小于 100cm，台阶高度应不小于 30cm，并设置 2%向内倾斜的横坡。路基实际填土高度应满足填方路段路基设计高度要求，当不满足时，可在路面

结构层下合适位置设置隔热层，其厚度不宜小于 6cm。

4.6.5 路基与桥（涵）过渡段路基设计长度不宜小于 20m，且不宜大于 50m，应合理设置路基强度过渡段且避免大面积开挖对多年冻土的破坏。路基高度应不小于当地路堤设计高度；当小于路堤设计高度时，应回填保温隔热性能良好的填料或设置隔热层。

4.6.6 桥（涵）背应设置厚度不小于 6cm 的隔热层，过渡段路基宜采用弱冻胀与弱融沉性的砂砾类土或渗水性较好的材料回填，粒料粉黏粒的含量应不大于 5%。过渡段的路基填料、压实度和沉降量等尚应符合其他规范的相关规定。

4.7 取、弃土场设计

4.7.1 多年冻土地区取土场应集中设置。取土场应根据各地段所需取土数量，并结合路基排水、地形、土质、施工方法，作出统一设计，并应符合以下规定：

- 1 取土场必须按设计制定的地点设置，不得在路基两侧随意取土。
- 2 取土过程中应定期对取土场内填料的地址特征及工程性质进行检查核对，宜选择不宜冻胀的填料。
- 3 弱融沉和强融沉多年冻土分布地段，当路基位于倾斜地形时，取土场宜设在路堤上侧山坡。
- 4 取土场宜设置于路基坡脚以外至少 200m 处。
- 5 不宜在富冰冻土、饱冰冻土、含土冰层地带及植被发育良好地段设置取土场。
- 6 严禁在路基坡脚处直接取土堆填路基。

4.7.2 对取土坑应采取必要的排水、防护和绿化措施，避免水土流失。

4.7.3 在融沉和强融沉多年冻土地带，取土场的最大取土深度宜控制在多年冻土天然上限的 $1/2 \sim 2/3$ 以内。

4.7.4 取土场宜根据地形、地质和地表排水条件等合理选择设置位置，并应符合以下规定：

-
- 1 宜集中取土。
 - 2 取土场宜选择植被稀疏的低含冰量地段或独立丘陵、山包等荒地；不宜在弄牧场、泥石流易发区设置取土场。
 - 3 斜坡设置取土场且路堤也位于斜坡上时，取土场设置在路堤上册山坡，取土场距离坡脚宜对于 200m。
 - 4 取土、取料宜分析论证诱发风蚀、崩塌、滑坡和泥石流的可能性。
 - 5 河道取砂砾料应遵循河道管理的有关规定。
 - 6 应严格控制取土场的位置和开挖深度。

4.7.5 取土前应将表面的腐殖土集中、堆积，然后划分取土坑，集中深挖取土。取土完毕后，应整理取土坑，把腐殖土回填覆盖在取土坑上，并种植适宜的耐寒植物。

4.7.6 路基弃土场设计应与当地农牧建设和自然环境相结合，并注意保护植被、农田、牧区、房屋以及其他设施。

4.7.7 弃土场宜选择储量大的地形低洼地，并应符合以下规定：

- 1 弃土场宜选择在不宜受水流冲刷的荒沟、荒地、低产田地设置，不宜设置在林草地、基本农田，以及泥石流沟、冲沟上游。
- 2 弃土场应不影响河流、沟谷、排灌沟渠的泄洪与灌溉工程，不得影响周边公共设施、工业企业、居民点等的安全。
- 3 路堑外侧设置弃土场时，弃土场宜设置在路堑段山坡下册低处 100m 以外，不宜在路堑顶部或路堑段山坡上侧设置弃土场。

4.7.8 应和里设置弃土场，不得影响路基稳定及斜坡稳定。

4.7.9 弃土场应堆放规则，进行适当碾压，并应采取必要的排水、防护和绿化措施。

4.7.10 沿河弃土时，应防止加剧下游路基与河岸的冲刷，避免弃土阻塞、污染河

道，必要时应设置防护支挡工程。桥头弃土不得挤压桥墩，阻塞桥孔。隧道弃土应选择合适位置堆放，并采取必要措施进行恢复自然环境。

4.8 施工便道设计

4.8.1 多年冻土地区公路路基设计时，应贯彻坚持多年冻土地区的环境保护与公路主体相结合的原则，永久工程、临时工程并重，预防为主，防治结合的原则，重视施工便道的设计，严禁乱开便道。

4.8.2 取土场、弃土场应设置专用便道，施工完成后应及时恢复地表植被。

4.8.3 便道的设计应因地制宜，尽量使用既有道路，较少对天然植被的破坏。

4.8.4 施工便道在设计时可根据多年冻土的类型、原有道路的病害情况、路基填方高度等不同情况，针对性的设计永久便道，已被后期维修、养护使用，避免二次设计。

4.9 护道设计

4.9.1 边坡护道的设计主要受地形、地貌以及地表水系的影响，当出现以下情况时，宜设置边坡护道、护脚：

- 1 路基两侧地势平坦，不易排水，路基两侧容易积水，间接破坏坡脚下伏冻土，影响路基稳定。
- 2 路基位于山坡坡脚洼地处，山坡汇水于路基上坡侧时。
- 3 原地表水丰富，填筑路基后路基两侧为水草地或沼泽湿地，两侧积水影响路基边坡稳定时。
- 4 高含冰量多年冻土埋藏较浅，可能融化影响路堤稳定时。
- 5 高含冰量多年冻土区，采用特殊路基方案处理，但路基基底主要为填土路基，路基两侧易积水时。

4.9.2 高温多年冻土地区新建路堤或路堤两侧地表环境未遭到破坏，且路基两侧无明显积水的情况下，不宜修建边坡护道。

4.9.3 边坡护道、护脚可采用泥炭、草皮、黏性土或其他保温隔水性能良好的当地材料。

4.9.4 边坡护道、护脚采用砂砾、粗颗粒土或其他易渗水性材料时，表面应符合0.2m厚的粘性土保护层预防水分侵蚀。

4.9.5 护道一般宽度为2~3m，严重积水路段宽度不宜小于5m。护道高度一般为1.0~2.0m，积水路段应高出积水位不小于0.5m。护道应设置向外4%的横坡。保温护道、护脚设计参考尺寸见表4.9.5。典型断面结构如图4.9.5-1~4.9.5-2所示。

表 4.9.5 护道或护脚尺寸

路堤高度 (m)	采用护道或护脚	高度 (m)	宽度 (m)
≤3	护脚	0.8~1.2	2.0~2.5
>3	护道	1.0~2.0	2.0~3.0

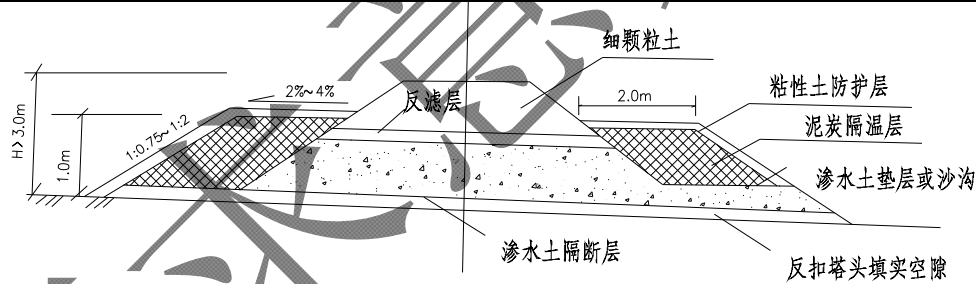


图 4.9.5-1 保温护道

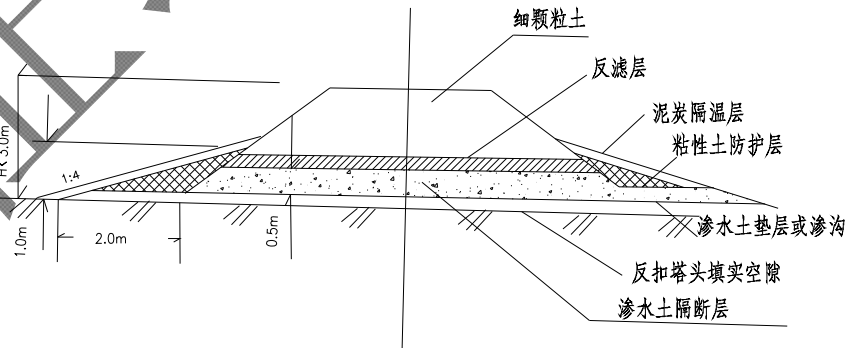


图 4.9.5-2 保温护脚

5 路基施工

5.1 一般规定

5.1.1 路基施工应按设计和实际情况合理选择施工季节。具体情况可按 3.2.1 节规定执行。

5.1.2 路堑施工期间，各道工序应紧密衔接，快速施工，缩短暴露时间，减少对多年冻土地基的热干扰，便于工后多年冻土环境的恢复。

5.1.3 路基土石方宜移挖作填；隧道弃渣和路堑挖方为岩石、少冰冻土、多冰冻土时，待其融化后，符合填料要求的，应用作填筑路基或保温护道。

5.1.4 路基施工前应预先形成临时排水系统，防止施工期间地表水侵害路基，造成病害。

5.1.5 路堑地段、取土地表的草皮应先行挖取，选址堆放，实施洒水养护，以便恢复地表植被和绿化时利用。

5.1.6 应编制工程实施性施工组织设计。实施性施工组织设计应体现高原和多年冻土的环境特点，遵循机械化快速施工的原则。

5.1.7 在施工过程中应随时积累资料、数据，做好各道工序的原始记录。

5.1.8 应编写多年冻土地区公路路基施工技术总结，竣工后应及时提交竣工文件。

5.2 施工准备

5.2.1 施工季节的选择

1 路基施工应按设计和实际情况合理选择施工季节；

2 路堤施工

1) 路堤的填筑宜在暖季进行；

2) 高温高含冰量冻土地段高路堤的填筑宜跨年度分两期进行,或者采用控制填料温度、基底覆盖隔热层等方法施工;

3 路堑施工

1) 按保护冻土原则设计的路堑宜选择在冷季进行;

2) 按预融原则设计的路堑宜选择在暖季进行;

3) 暖季施工,应尽量避免降雨集中、热融作用最活跃的7、8月份,安排在夏初或秋初,并做好防护;

4) 跨年作业有利于路堑稳定。即秋末开挖成型,来年暖季回填。

5.2.2 施工填料

1 施工填料的选择应考虑冻结层中含水率及填料的冻胀敏感性等因素。

2 宜采用砂砾等粗粒土作填料,不宜采用富含腐殖质的土、草炭土、泥炭土、草皮以及冻土。

3 路基土石方宜移挖作填。

4 隧道弃渣路堑挖方为岩石、少冰冻土、多冰冻土时,待其融化后,符合填料要求的,应用作填筑路基或保温护道。

5 以粗粒土为换填材料并采用集中取土时,尽可能在寒季施工。

6 寒季施工时,应事先备好合适的路基填料,并采取有效的保温措施,防治填料冻结。

5.2.3 施工机械

根据路基结构的不同,合理组织施工机械、施工方案要求。

5.2.4 施工组织管理

1 施工前的组织包括:施工组织设计、设立施工标记、修建施工便道、划定取土地点和运土路线、机具材料、队伍的准备等。

2 应编制工程实时性施工组织设计。实施性施工组织设计应体现高原和多年冻土的环境特点,遵循机械化快速施工的原则。

-
- 3 准备工作完成之前,要保护好施工场地及其周围的天然植被、切不可贸然动工。

5.2.5 临时排水

- 1 地表排水系统应在施工之前实施。
- 2 在路基主体施工开工前,应先做好临时排水设施,预防雨季地表水对路基坡脚和边坡的浸泡、渗透剂冲刷。
- 3 应加强对边沟、排水沟、截水沟等的养护维修。

5.3 施工材料

5.3.1 砂砾

- 1 用于基底处理的砂砾其颗粒组成应满足垫层材料级配要求,0.075mm 以下颗粒含量不超过 5%。
- 2 在指定的砂砾料场取料,砂砾宜粗不宜细,最大粒径不超过 15cm。
- 3 不得采用砂性土、中粗砂、碎石土等替代。

5.3.2 石渣

- 1 用于基底处理所用的石渣最大粒径 $\leq 15\text{cm}$,饱水抗压强度 $> 30\text{MPa}$,含土量小于 5%。
- 2 洁净且不易风化,不得采用碎、块石土替代。

5.3.3 土工格栅

- 1 土工格栅采用双向塑钢土工格栅。
- 2 纵、横向抗拉强度应大于 80KN/m ,延伸率小于等于 3%,宽度不小于 4.0m 。
- 3 土工格栅应均匀张拉,相邻两幅格栅在交界处搭接布置,横向搭接宽度为 20cm ,纵向搭接宽度为 15cm 。

5.3.4 路基上部填料

- 1 路基上部填料必须按照设计在指定的取土场取土,严禁在路基两侧取土;

2 取土场的填料应进行取样试验，严禁使用塑性指数 >12 、液限 $>32\%$ 的细粒土及腐殖土、草皮、以及冻土作为路基填料；

3 有条件的尽可能采用卵碎石土等粗颗粒土作为路基填料。

5.4 路堤施工

5.4.1 路堤施工应根据冻土环境和现场地质情况，按照设计文件要求，进行相关工艺流程设计，制定工程实施预案。

5.4.2 多年冻土地区公路路基基底处理是多年冻土地区路堤施工的重点，施工填料应严格按照设计要求选取。

条文说明：

多年冻土区路基基底处理的根本是要保证基底软弱层能够达到设计要求，隔断毛细水上升，避免在不利条件（多年冻土土限位置不变或者下降）求得路基整体稳定，同时，基底处理也是片块石路基、XPS板、通风管路基施工的基础。路基周围水文条件的改善是冻土湿地路基基底处理长期效果的保证，因此，基底处理前，应提前做好路基上游端截水和纵向排水。

5.4.3 基底冲碾石渣（砂砾）施工工序

1 测量放样

沿红线桩、中桩、边桩放样及实测填、挖高程。

2 插杆挂线

在路基两侧每隔 20m 插立短钢筋，然后用带线标志旗相连，挂线控制石渣（砂砾）虚铺厚度。石渣（砂砾）虚铺厚度依据工艺试验确定的工艺参数进行控制。

3 填筑

1) 石渣（砂砾）填筑按照“三阶段、四区段、八流程”的机械化作业施工工艺组织施工。

2) 按照横断面全宽纵向水平分层的方法填筑、整平、压实。

3) 不清表，将料场生产合格的石渣（砂砾）料用自卸车运至工地，在现场专人指

挥下卸料，采取纵向卸料，边填筑边推进的方式（推土机、压路机配合）卸料。

4) 车辆、机械应在已填筑的路基上行走，不得直接碾压在原地面上。

5) 基底应超宽填筑，填筑时基底（含护坡道）两侧各加宽 0.5m。

4 整平

1) 用推土机粗平，平地机精平。

2) 平整时，严格按挂线高度找平，由两边向中间平整，机械平整不到位的地方，应人工辅助找平。

3) 平整面应做成两侧 4%横向排水路拱。

4) 整平后石渣（砂砾）应平整，厚度均匀，层面上无显著的局部凹凸和积水，并根据平整范围选取 3-5 个点检查松铺厚度，做好记录。

5 碾压

1) 碾压应采用重型压路机和三边压路机配合碾压。

2) 先用振动压路机静压 1-2 遍、强振 2-4 遍。

3) 再采用三边压路机冲击碾压。冲击碾压时三边压路机行驶速度不小于 12km/h，碾压遍数不少于 25 遍。

4) 冲击碾压后用平地机整平，再用重型压路机强振 2-3 遍，静压 1-2 遍。

5) 重型碾压和冲击碾压都应沿线路纵向进行。

6) 直线段先两侧后中间，曲线段先内侧后外侧，遵循先静后振，先慢后快，先弱后强的原则。

7) 沿线路纵向行与行之间碾压重叠不小于 0.3m，各区段衔接处相互重叠碾压，纵向搭接不小于 2m。

8) 路基全宽范围都应碾压密实，达到相应的密实度要求。

6 检测

路基基底处理完成后，应及时进行检测，检测合格后，才能进行上部路基填筑施工。路基基底压实度应符合表 4.3.5 要求。

5.4.4 施工关键环节

1 石渣（砂砾）填料

1) 严格控制石渣（砂砾）填料最大粒径和含泥量等指标。

2) 对超过的设计粒径的大块硬质材料,须破碎或清除。

3) 清除的石料(砂砾)集中堆放及时运出,不得丢弃在路基两侧。

2 临时排水

1) 施工过程中,路基表面应做成两侧 4%横向排水路拱。

2) 若路基位于横向斜坡上时,路基上坡脚 3m 外应做好临时排水设施,以利路基面排水。

3 石渣(砂砾)填筑宽度和厚度

1) 填筑厚度按照工艺试验确定的松铺系数和插杆挂线的方法,控制好每层松铺厚度。

2) 填筑宽度应超出路堤设计宽度两侧各 0.5m。

4 石渣(砂砾)碾压。

1) 压实作业应做到无偏压,无死角,碾压均匀。

2) 在严禁车辆在路基上急转弯、调头、急刹车,以免破坏已压实的填层。

5.4.5 路堤填筑应符合《公路路基施工技术规范 JTG F10-2006》4.2.2 节的要求。

5.5 路堑施工

5.5.1 路堑施工应合理选择施工工艺,采取隔水、排水、换填和设置保护层等措施,保护冻土,防止热融滑塌。

5.5.2 路堑边坡开挖宜采用机械化快速施工。开挖前应先做好永久性排水设施,施工过程中应注意施工场地的排水。

5.5.3 施工前应完成施工组织设计、设立施工标记、修筑施工便道、划定取土地点和运土路线等准备工作,并备齐相应的施工机具、材料和人员。

5.5.4 准备工作完成之前,要保护好施工场地及其周围的天然植被,禁止盲目施工、野蛮施工、动态施工或不按设计要求先施工后设计。

5.5.5 施工季节

路堑的施工季节的选择主要受设计原则影响，具体可参照 3.2.1 的相关要求。

5.5.6 路基换填石渣（砂砾）的施工工艺

本工艺主要适用于低含冰量多年冻土的路堑地段，采用控制融化速率的设计原则，施工季节宜为冷季。

1 测量放样

沿红线桩、中桩、边桩放样及实测填、挖高程。用白灰洒出开挖边界线。

2 修建临时排水。

开挖边界线外侧 5m 做好临时挡水埝。

3 揭草皮并养生备用

1) 用挖掘机沿开挖边界线（白灰线）将草皮裁切。

2) 用铲车揭草皮，揭草皮时应保留不少于 30cm 厚的腐殖土。

3) 将揭开的草皮移置于路基外侧（易于运输一侧），并堆码整齐，采用黑色防晒网覆盖养生。

4 开挖

1) 前期准备工作充分后再进行开挖换填作业，换填的开挖与后续的铺设土工布和回填砂砾工序等应紧密协调进行。

2) 若换填段落长度较短（ $<200\text{m}$ ），应准备足够的施工人员、机械机具、材料，迅速施工。

3) 若换填段落较长（ $\geq 200\text{m}$ ），应换填作业应逐段进行，严禁开挖长度过长。

4) 开挖深度按设计要求，适当超挖，开挖下底面成 2%横坡。

5) 开挖弃土应移运至取土场，严禁乱倒乱弃。

6) 开挖施工各道工序间应紧密衔接，开挖完成后及时回填压实，减少开挖断面的自然晾晒时间。开挖一段，回填一段，严禁开挖后长时间放置。

7) 若开挖作业与后续的工序不能衔接，则预留设计换填标高以上 50-80cm 土体不开挖，待准备充分后再开挖。

5 基底防排水

基底开挖完成后，应及时做好基底防水，按设计铺设隔水土工布，两侧边坡也应铺

设隔水土工布，坡脚设置排水管，排水管与排水系统顺接。

6 回填碾压

土工布铺设完成，检查确认符合要求后进行换填材料的回填，砂砾采用后倾法填筑，纵向水平分层填筑、整平、压实。

7 修建边坡挡墙

1) 路堑防护工程宜与路堑开挖工程紧密、合理衔接，开挖一级防护一级，并及时进行养护。

2) 应根据开挖坡面地质水文情况逐段核实路基防护设计方案，应尽量采取边坡自然稳定下的植物防护。

3) 在多雨地区或地下水发育地段，路堑边坡开挖后稳定性差、边坡冻土滑塌严重时，应及时修剪挡墙稳定边坡。边坡稳定后及时覆盖原地表草皮，必要时可设置边坡热棒主动冷却冻土。

4) 边坡开挖后为粗颗粒土，无明显滑塌路段，不宜超挖回填，挖到设计位置后，及时覆盖原地表草皮，保温并稳定边坡。

5.5.7 抛石挤淤的施工工艺

本工艺主要适用于高含冰量多年冻土的路堑地段，采用预融冻土，综合治理的设计方案，施工季节宜为暖季，并尽量避免雨季施工。

1 测量放样

沿红线桩、中桩、边桩放样及实测填、挖高程。用白灰洒出开挖边界线。

2 修建临时排水。

开挖边界线外侧 5m 做好临时挡水捻。

3 揭草皮并养生备用

1) 用挖掘机沿开挖边界线（白灰线）将草皮裁切。

2) 用铲车揭草皮，揭草皮时应保留不少于 30cm 厚的腐殖土。

3) 将揭开的草皮移置于路基外侧（易于运输一侧），并堆码整齐，采用黑色防晒网覆盖养生。

4 开挖

1) 前期准备工作充分后再进行开挖换填作业。

2) 路基主体可适当超挖,超挖深度应结合开挖后多年冻土的含冰量、地下水位、开挖面的多年冻土融化情况综合确定。

3) 路基主体开挖到设计深度后,可适当放置后抛石挤淤。

4) 块石挤淤层稳定后,方可依次填筑碎石过渡层及砂砾层,完成路堑的换填。

5) 开挖断面边坡不允许超挖,开挖到设计位置后,及时修建挡墙稳定坡脚,边坡采用原草皮覆盖保温,并在冷季前置入边坡热棒冷却边坡冻土。

6) 路基主体施工完成后,即可置入路基热棒冷却冻土,保证施工期的稳定。路基修建完成后应放置 2-3 年以后再完成沥青路面的铺筑。

7) 开挖弃土应移运至取土场,严禁乱倒乱弃。

5 修建边坡挡墙

1) 路堑防护工程宜与路堑开挖工程紧密、合理衔接,开挖一级防护一级,并及时进行养护。

2) 应根据开挖坡面地质水文情况逐段核实路基防护设计方案,应尽量采取边坡自然稳定下的植物防护。

3) 在多雨地区或地下水发育地段,路堑边坡开挖后稳定性差、边坡冻土滑塌严重时,应及时修剪挡墙稳定边坡。边坡稳定后及时覆盖原地表草皮,必要时可设置边坡热棒主动冷却冻土。

4) 边坡开挖后为粗颗粒土,无明显滑塌路段,不宜超挖回填,挖到设计位置后,及时覆盖原地表草皮,保温并稳定边坡。

5) 边坡上坡脚根据设计要求修建保温盲沟,保证边坡排水通畅。

5.5.8 路堑开挖可采用爆破松土开挖法,钻孔应选用钻进速度快、功率大、便于搬运的钻机施工,并应符合以下规定:

1 爆破松土法可采用深孔爆破或深孔药壶爆破,钻孔应根据少超不欠的原则布置。应加强炸药的防水防冻,宜使用抗冻防水性能好的炸药。宜一次爆破成型。

2 较长路堑应分段施工,爆破后的清方应与后段钻孔同时进行。

3 开挖应配备马力大,适合冻土开挖要求的松土机。浅路堑可先基底后边坡开挖,深路堑宜先边坡后基底开挖。开挖中应随时做好临时排水系统。

5.5.9 横向通道的设置应与路堑开挖的松土作业同时进行，间距宜为 100m。长度在 200m 以下的路堑，宜从两端相间开挖，并在路堑口下方设横向通道。200m 以上的长路堑，可分段开挖，在中部设置横向通道。

5.5.10 冷季开挖的路堑，开挖至换填层位时，应对边坡做昼盖夜开的简易遮挡防护，较少热融影响，并加快回填施工进度，较少开挖断面暴露时间。暖季开挖的路堑在清方成型后，应对边坡进行遮挡防护，同时进行边坡挡墙的修建，避免边坡滑塌失稳。路基主体可在开挖后适当暴露，预融开挖面冻土，保证抛石挤淤的效果。

5.5.11 开挖完成后，应及时完成整平作业。整平作业包括清除刷坡后的余土，清出侧沟，基面与侧沟平台的整平和路堑成型等工作。

5.5.12 路堑边坡保温层铺设草皮泥炭层时，边坡挖除部分应整平，每块草皮泥炭厚度不宜小于 0.25m，根部应切平。铺砌时应上下错缝，互相嵌锁。

5.6 施工便道及护道施工

5.6.1 施工便道及护道的施工应因地制宜、经济合理、并根据设计要求实施，严禁随意开设便道或不按设计要求进行施工。

5.6.2 多年冻土地区公路便道及护道在施工时应采取有效措施保护或充分利用地表植被和表土资源，减少对原有天然环境的破坏和干扰。

5.6.3 多年冻土地区施工便道在实施时应充分利用原有道路，减少新建便道，施工完成后应按设计要求对施工便道进行恢复，自然保护区等重点路段在施工时可先剥离高原草甸后填筑便道，在施工完成后移植恢复。

5.6.4 当路基设置有护坡道时，护坡道基底处理与路基本体应采用同一种填料填筑，并与路基本体同时填筑，同时整平，同时碾压。

6 路基排水

6.1 一般规定

6.1.1 多年冻土地区路排水设计应防、排、梳的结合，并与路面排水、路基防护、地基处理等其他处治措施相互协调，形成完善的排水系统。同时要根据多年冻土区的特点，加强排水设施的防冻、保温设计，选择适用于多年冻土地地区的地表排水设施。

6.1.2 路基排水设计应遵循总体规划、合理布局、少占农田、环境保护的原则，并与当地排灌系统协调。各类排水设施的设计应满足功能要求，结构安全可靠，便于施工、检查和养护维修。

6.1.3 排水困难地段，可采取降低地下水位、设置隔离层等措施，是路基处于干燥、中湿状态。

6.2 地表排水设计

6.2.1 多年冻土地区公路路基地表排水设施设计应根据公路的设计等级、地表水文条件、地形、降水强度、持续时间、地表植被情况、土层的渗透性等因素综合考虑。路基地表排水设施宜远离路基坡脚。严禁在路基坡脚附近设置可能造成积水的地表排水设施。

条文说明

公路路基的修建，改变了地表水流的自然状态。当公路工程排水设施不良（如地表排水不畅，排水沟堵塞，沟壁及沟底渗漏等）时，往往造成路堤坡脚或路堑截水沟积水，产生沿基底横向渗透、路堑边坡渗水及路基土过渡潮湿等现象。由于多年冻土地地区的降水集中在气温较高的 6~9 月，水中积蓄了较多的热量，当水渗入和透过路基路面及基底时，因其放热和基底冻土的吸热而产生的热交换作用，促使冻土融化。冬季又因气

候严寒，地基土中的水冻结体积膨胀，导致路基产生融沉、冻胀及边坡滑塌等病害。因此路基地表排水设施应适当远离路基坡脚。

6.2.2 多年冻土地区公路路基排水应对地表水采取拦截或引排措施，以最短路径排入附近桥涵中或采取措施使路侧积水，路基排水设施设计的重点是挡水埝或挡水埝与排水沟（边沟）的组合。

6.2.3 多年冻土地区地表排水设施在结构设计时，应结合多年冻土地区高寒、日夜温差大、路基反复冻融、自然环境破坏后不易恢复等特点，选择抗冻融循环性能耐久性好、施工快捷、对原地表破坏小的结构材料。

6.2.4 路基排水重现期应根据公路设计等级，依据《公路排水设计规范》中提出的明渠流计算公式计算。

6.2.5 边沟断面形式及尺寸应根据地形地质条件、边坡高度及汇水面积等确定，边沟沟底纵坡宜与路线纵坡保持一致，不宜小于 0.3%。土质边沟应采取措施防止由于反复冻融循环和冻胀引起的边沟两侧塌崩和雨水冲刷导致的严重下渗。浆砌片石等刚性边沟应采取措施防止冻胀和不均匀沉降引起的开裂和损毁。垭口路堑和冻胀严重路段，应采用宽浅的干砌边沟或 U 形预制拼装边沟，其下应设置 20cm 厚的砂砾层，并在砂砾层中增设“两布一膜”复合土工膜。

6.2.6 路基地表排水沟宜采用宽浅形式，以减少对多年冻土的热干扰，也可采用梯形断面或三角形断面。排水沟断面尺寸应根据地表径流设计，底宽不宜小于 0.6m，深度不宜大于 0.4m，边沟坡度宜采用 1:1，当为未腐朽及半腐朽的泥炭时宜采用 1:0.5~1:1，当为软塑及流塑状的黏性土、含一定数量黏性土的粗粒土时宜采用 1:1.5~1:2。

6.2.7 应合理选择排水沟设置位置和坡度，并应与桥涵或天然河沟相沟通，组成有效的排水系统。纵坡过大时宜采用草皮或干砌片石加固；采用干砌片石加固时，其两

侧与底部应铺设“两布一膜”防水土工膜，防止排水沟渗漏和冻胀破坏。

6.2.8 当路基地形一侧较高或挖方边坡一侧的山坡汇水面积较大时，宜在路基上方一侧 10m 以外设置挡水埝。当路基两侧地势相对平坦，路线纵、横坡不大，路线线位相对较低时，可设置连续挡水埝，并使挡水埝与涵洞和排水沟相顺接，阻止路基以外的地表水靠近并侵蚀损毁冻土路基。挡水埝的顶宽宜不小于 1.0m，高度宜不小于 0.8m，内侧边坡坡率宜为 1:0.5~1:1，外侧宜为 1:1.5~1:2。

6.2.9 在土质松散并夹有较多的碎（砾）石的山坡地段，挡水埝易因渗漏而产生基底冻胀、涎流冰、边坡坍（滑）塌等病害时，应加强地表防渗漏（流）和防冲刷处理。对土层松软易渗漏及流速较大可能引起冲刷的地段，可加大挡水埝尺寸应进行铺砌加固。对雨（雪）水易流动的未风化碎砾石坡面，除设置挡水埝外，也可在挡水埝外侧坡面下一定深度增设一层防水土工膜，阻挡坡面层间水向路基下汇集和渗透。

6.2.10 对于路基侧沿坡脚的积水无法与排水沟连通排离时，应回填积水坑，或设置一定高度、宽度的防水护道，将积水挤至路基坡脚 5m 以外。

6.2.11 干砌片石结构的排水设施在多年冻土地区具有排水能力较强、适应变形能力较强、施工简便的特点，适用性良好。

条文说明

现有多年冻土地地区排水设施多采用浆砌片石结构，浆砌片石结构在普通地区能满足排水的需求，但在多年冻土地地区，由于受基底土体冻胀、融沉的往复作用，浆砌片石结构的防排水工程措施易出现裂缝、变形，在雨季雨水经裂缝或变形位置下渗进入周围土体而导致更严重的冻融病害出现，造成恶性循环，最终使得工程措施破坏、失效。干砌片石结构抗冻融变形能力强，透水性好，结构本身稳定性好，在多年冻土地地区可替代浆砌片石排水结构，具有良好的适用性。

6.2.12 铺草皮结构的排水设施适用于路基汇水较小、纵坡较小的路段。

条文说明

铺草皮结构施工简单,在原地表开挖后覆盖草皮,该结构适应冻胀融沉变形能力强,与原地貌环境自然协调性好,但稳定性较差,易积水,排水能力较差,因此只适用于汇水较小,纵坡较小,冲刷不严重的路段。

铺草皮结构采用土质排水沟与草皮防护相结合的技术,具有对原地表环境干扰小、施工便捷、经济环保等优点,土质排水沟在多年冻土地区具有较好的适应多年冻土变形的能力,在排水沟表面覆盖原地表草皮后,增强了排水沟的防冲刷及蓄水能力,提高了土质排水沟的适用性。

6.2.13 现浇混凝土结构的排水设施具有排水能力强,排水顺畅,稳定性好的特点,适用于路基汇水集中或纵坡较大的路段。

条文说明

现浇混凝土结构排水设施采用现场浇筑结构,在多年冻土地区具有结构稳定性高,抗变形能力强的特点,适用于汇水集中、纵坡较大、排水量大的多年冻土路段。但现浇结构本身需要较大的开挖断面、混凝土在形成强度前会持续不断的产生水化热、自然地表开挖后带入的热量及混凝土产生的水化热会造成下伏多年冻土的融化,从而造成更严重的冻融应力,这些不利因素会影响现浇混凝土排水设施的使用寿命,因排水需要使用该类结构时,需提高混凝土标号、注重混凝土低温、早强性能。

6.3 排水沟设计

6.3.1 设计原则

1 将边沟、截水沟、取（弃）土场和路基附近低洼处汇集的水引向路基以外时，应设置排水沟。

2 排水沟断面型式应结合地形、地质条件确定，沟底纵坡不宜小于 0.3%，与其他排水设施的连接应顺畅。易受水流冲刷的排水沟应视实际情况采取防护、加固措施。

6.3.2 多年地区排水沟宜采用植草皮结构或干砌片石结构。

6.3.3 设计方案

1 干砌片石排水沟

1) 干砌片石排水沟宜采用梯形断面，断面尺寸应结合地形、地质条件、水文条件等确定，断面型式可参考图 6.2.3-1。

2) 沟底纵坡不宜小于 0.3%，排水沟与坡脚间距不宜小于 200cm。

3) 沟底设置 20cm 厚的细砂砾垫层及加筋复合土工膜，砂砾垫层上设置干砌片石，干砌片石厚度不得小于 30cm。

4) 排水沟沟口深度及宽度应根据排水量计算后设置，且深度不得小于 30cm。

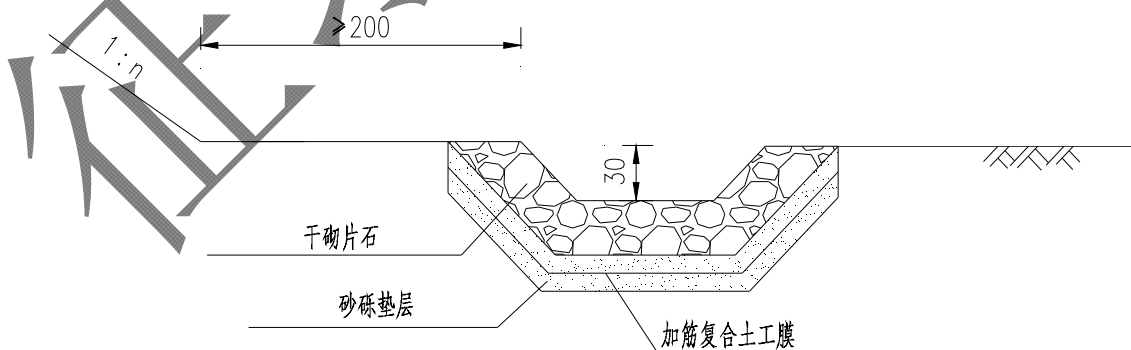


图 6.3.3-1 干砌片石排水沟

2 铺草皮排水沟

1) 铺草皮排水沟采用梯形结构或半圆弧形结构，断面形式应结合地形、地质条

件确定，断面型式可参考图 6.3.3-2 设计。

- 2) 沟底纵坡不宜小于 0.3%。开挖深度不宜大于 60cm。
- 3) 铺草皮排水沟可采用圆弧形（图 6.3.3-2）或梯形断面（图 6.3.3-3）。
- 4) 圆弧形排水沟开挖深度不宜超过 60cm。
- 5) 排水沟底部铺有一层加筋土工膜，加筋土工膜上平铺有一层碎石，最上方回铺草皮。

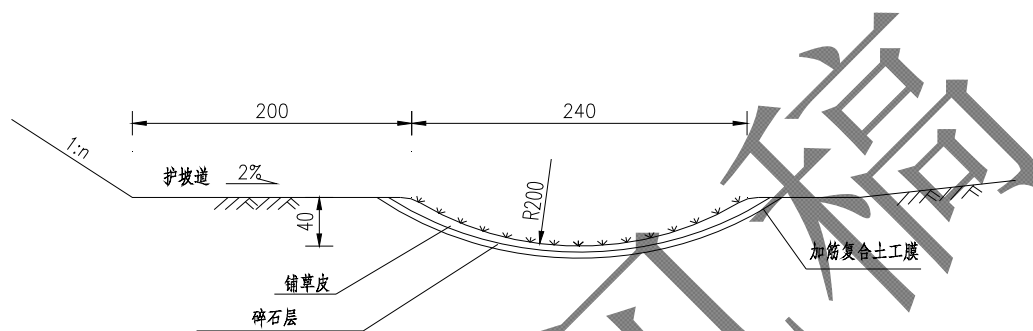


图 6.3.3-2 圆弧形铺草皮排水沟断面

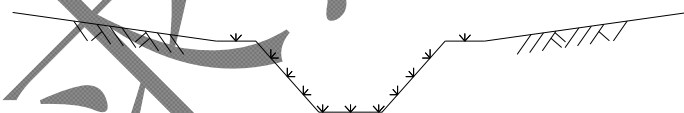


图 6.3.3-3 梯形铺草皮排水沟

3 多功能生态排水沟

生态排水沟采用临时储水装置，在不影响排水沟排水功能的同时，对排水沟内所汇集水进行临时存储以备后用。断面型式可参考图 6.3.3-4。

- 1) 生态排水沟以铺草皮排水沟为基础，底部增设取水设置。
- 2) 排水沟底部采用金属波纹管构成涵洞作为临时存储水，金属波纹管通过多个连接管与沟体底部相接，各连接管内均填塞有吸水条，且所填吸水条底部伸入至金属波纹管内。

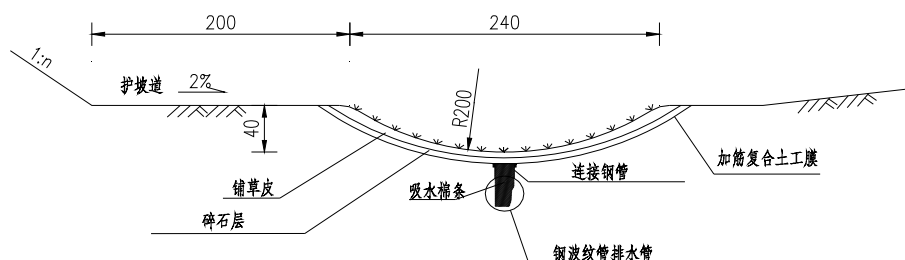


图 6.3.3-4 多功能生态排水沟

6.4 截水沟设计

6.4.1 设计原则

1 截水沟应根据地形条件及汇水面积等进行设置。挖方路基的堑顶截水沟应设置在坡口 5m 以外，并宜结合地形进行布设。填方路基上侧的路堤截水沟距填方坡脚的距离，应不小于 2m。在多雨地区，视实际情况可设一道或多道截水沟。

2 截水沟断面型式应结合设置位置、排水量、地形及边坡情况确定，一般情况下，沟底纵坡不宜小于 0.3%。

3 截水沟的水流应排至路界之外，不宜引入路堑边沟。

4 截水沟应进行防渗加固。

6.4.2 多年地区截水沟宜采用植草皮结构或干砌片石结构。

6.4.3 设计方案

1 干砌片石截水沟

1) 干砌片石排水沟宜采用梯形断面，断面尺寸应结合地形、地质条件、水文条件等确定，断面型式可参考图 6.4.3-1。

2) 截水沟口深度及宽度应根据排水量计算后设置，且深度不得小于 30cm。

3) 沟底设置砂砾垫层，砂砾垫层上铺一层加筋土工膜，然后设置干砌片石，干砌片石厚度不得小于 30cm。

4) 沟顶设置挡水埝，挡水埝采用梯形结构，顶宽不小于 50cm，高度不小于 50cm，坡率不小于 1:1。

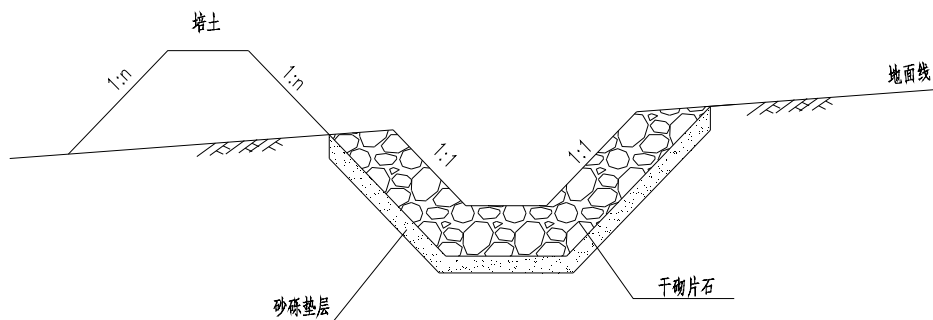


图 6.4.3-1 干砌片石截水沟

2 铺草皮截水沟

- 1) 铺草皮截水沟采用梯形结构，断面形式应结合地形、地质条件确定，断面型式可参考图 6.4.3-2 设计。
- 2) 截水沟口深度及宽度应根据排水量计算后设置，且深度不得小于 50cm。
- 3) 截水沟开挖、压实后，回铺草皮。
- 4) 沟顶设置挡水埝，挡水埝采用梯形结构，顶宽不小于 50cm，高度不小于 50cm，坡率不小于 1:1。

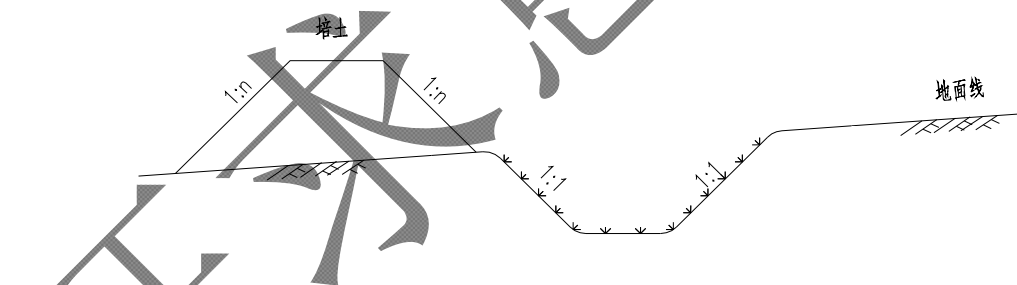


图 6.4.3-2 铺草皮排水沟

6.5 边沟设计

6.5.1 设计原则

- 1 边沟断面型式及尺寸应根据地质条件、边坡高度及汇水面积等确定。
- 2 边沟沟底纵坡宜与路线纵坡一致，并不宜小于 0.3%。困难情况下，可减少至 0.1%。
- 3 路堑边沟的水流，不应流经隧道排出。
- 4 边沟有可能冲刷时，应进行防护。

6.5.2 多年地区边沟宜采用现浇结构或预制混凝土结构。

6.5.3 设计方案

1 现浇混凝土边沟

1) 现浇混凝土边沟宜采用矩形，断面形式应结合地形、地质条件确定，断面型式可参考图 6.5.3-1 设计。

2) 边沟深度及宽度应根据排水量计算后设置，且深度不得小于 50cm。

3) 在过村镇及坡面碎落段应设置盖板边沟，普通路段可不设置盖板。

4) 边沟底部设置盲沟排水。盲沟宽度不小于边沟净宽，深度不小于 60cm。盲沟外侧设施隔水土工布，进入方向设置透水土工布，底部埋设导水管导水。

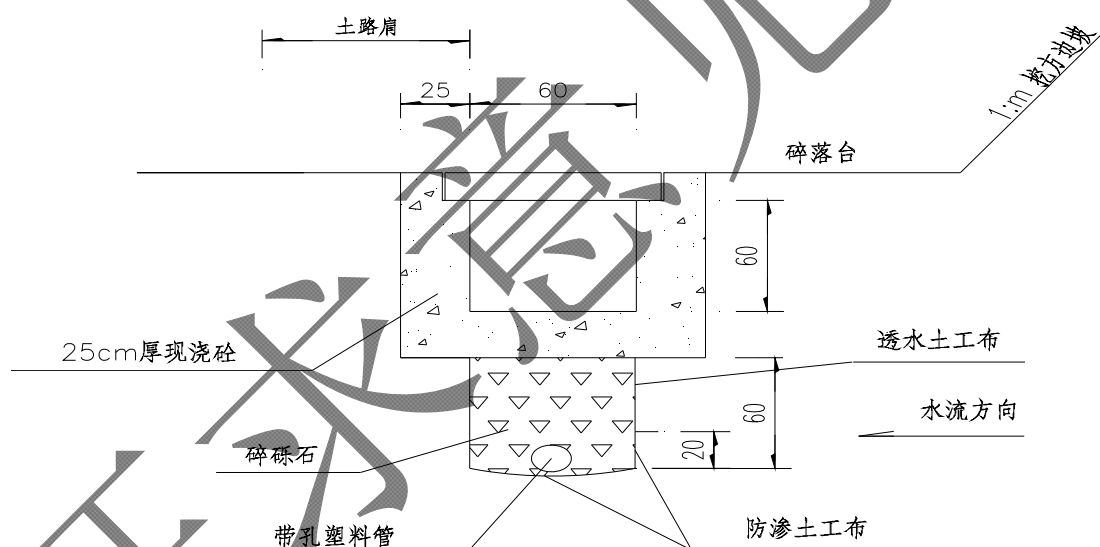


图 6.5.3-1 现浇混凝土矩形边沟

2 预制混凝土边沟

1) 预制混凝土边沟可采用梯形、矩形或 U 型，断面形式应结合地形、地质条件确定，断面型式可参考图 6.5.3-2、6.5.3-3、6.5.3-4 图设计。

2) 预制混凝土边沟采用工厂预制主体结构，现场拼装成型的工作流程。

3) 梯形预制边沟分为底板和边板，采用 C20 混凝土预制，厚度不小于 10cm，底板两侧设置凹槽，边板在施工时直接放入底板凹槽固定。如图 6.4.3-2 所示。

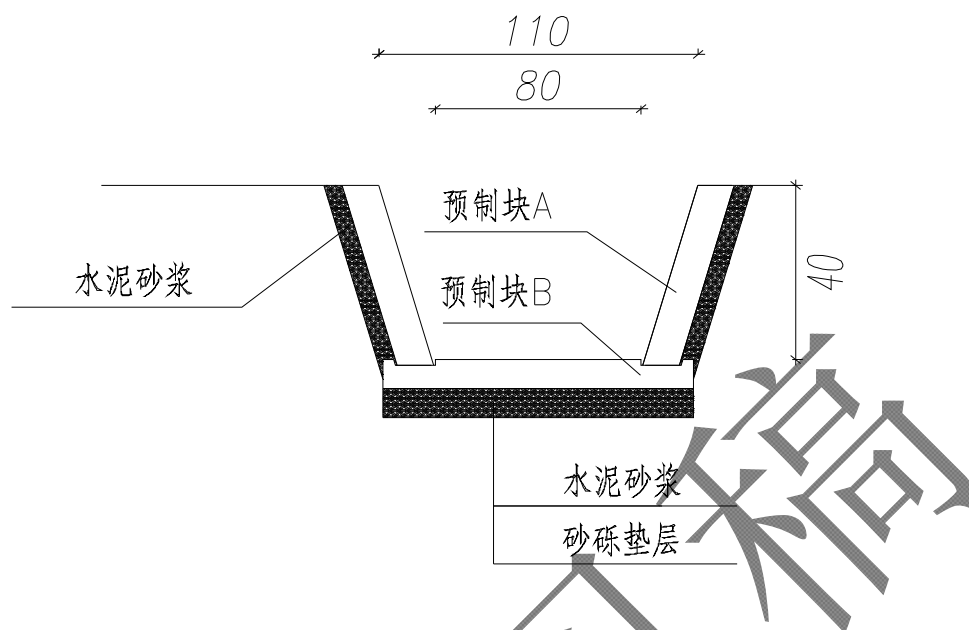


图 6.5.3-2 预制混凝土梯形边沟

4) 矩形预制边沟分为底板和边板，采用 C20 混凝土预制，厚度不小于 10cm，底板两侧和边板一侧预制安装拼接口，施工时底部设置砂砾垫层后放置底板。如图 6.5.3-3 所示。

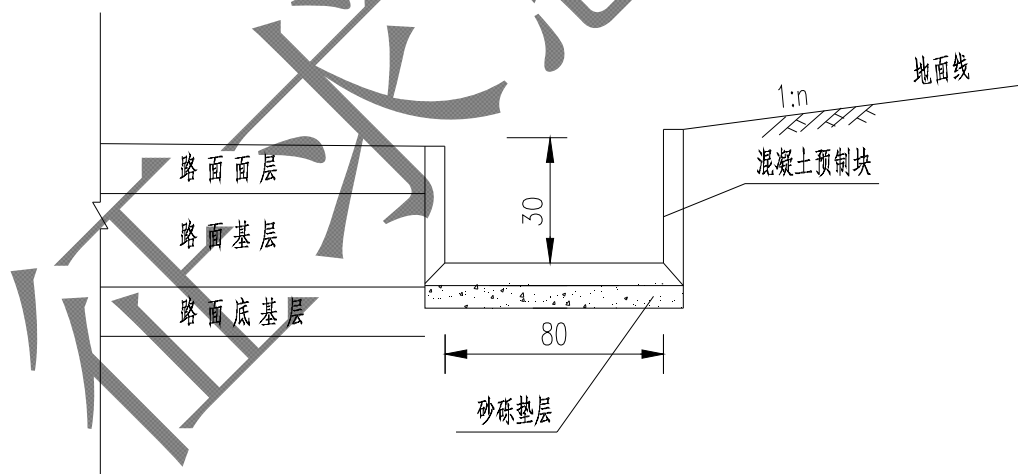


图 6.5.3-3 预制混凝土矩形边沟

5) U 型预制边沟采用整体预制结构，采用 C20 混凝土预制，厚度不小于 5cm，每节边沟长 50cm，预制管两侧设置凹槽，方便现场拼装。

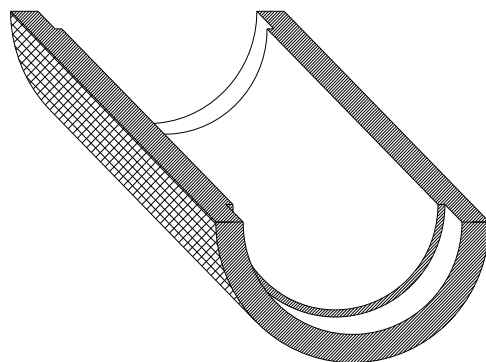


图 6.5.3-4 预制混凝土 U 形边沟

6.6 铺草皮排水沟施工

1 放样

根据设计断面、尺寸要求,将排水设施的边线在实地进行放线,并用石灰标志明显。

2 揭草皮并养生备用

1) 用挖掘机沿开挖边界线(白灰线)将草皮裁切。

2) 用铲车揭草皮,揭草皮时应保留不少于 30cm 厚的腐殖土。

3) 将揭开的草皮移置于路基外侧(易于运输一侧),并堆码整齐,采用黑色防晒网覆盖养生。

3 基底开挖

1) 采用挖掘机进行初挖,然后用人工进行平整、修整、直至符合试验水沟断面。

2) 开挖过程中,用彩条布覆盖反压在路基坡脚至水沟边缘的草皮上,以免弃土污染草皮。

3) 挖掘机在施工便道上作业,机械不得在草皮上碾压。

4) 如果无施工便道,不利于机械进入的采用人工挖基和弃土。

5) 开挖和清基过程中,弃土要随时清理,采用自卸汽车将废料运至弃土场,不允许随意弃土。

4 基底回填

- 1) 基底进行夯实处理，保证大面平整，基底密实。
- 2) 基底压实后，分别铺设土工布及碎石层。
- 3) 沿沟面夯铺不小于 20cm 的有机土。
- 4) 可按水沟断面制作木架模型，并挂通线，保证回铺质量。
- 5) 检查基坑质量，符合要求后开始回铺。

5 草皮回铺

- 1) 采用排水沟、路基基底已移植到路基两侧的成活草皮进行回铺作业。
- 2) 草皮回铺应严格按照从下至上、从沟底至两侧的顺序进行。首先将沟底的草皮回铺到位，两侧的草皮按顺序均匀、紧密回铺。
- 3) 回铺过程中应用木钉橇将草皮进行固定。
- 4) 草皮回铺应先夯铺有机土，应在有机土内掺和一些有机肥或化肥，有机土厚度不应小于 20cm，并浇水湿润。
- 5) 回铺的草皮面缝隙间必须用腐植土填塞紧密。
- 6) 回铺时必须保证草皮水沟两侧坡面的平整度，必要时可减少草皮的保护层，但必须保证其有机土层不得少于 20cm。
- 7) 回填的有机土面必须平整，人工夯填，并严格按照断面回填。
- 8) 铺成的水沟沟底必须要有一定的流水坡度。
- 9) 沟底回铺的草皮不宜选用沼泽和湿地中的草皮。

6 回铺后养护

- 1) 草皮摊铺到位后，每天洒水不得少于 3 次。
- 2) 在回铺初期适当施加有机肥料。
- 3) 在草皮成活的生长期根据需要应再追加 1-2 次化肥，。

7 养护封育

回铺后的排水沟宜采用隔离栅栏进行防护，防护周期不宜少于 2 年。

条文说明

回铺后的草皮更为脆弱，需要一段时间才能与土壤结合。因此，要求相当长一段时

间不允许在回铺的草皮上人为活动，拟采用刺铁丝隔离棚栏防护，使其自然生长。

征求意见稿

7 路基边坡防护

7.1 一般规定

7.1.1 各级公路应根据当地气候、水文、地形、地质条件及筑路材料分布情况，采取工程防护和植物防护相结合的综合措施，防治路基病害，保证路基稳定，并与周围环境景观相协调。

7.1.2 路基坡面防护工程应在稳定的边坡上设置，防护类型的选择应综合考虑工程地质、水文地质、边坡高度、环境条件、施工条件和工期等因素的影响，对于路基稳定性不足和存在不良地质因素的路段，应注意路基边坡防护与支挡加固的综合设计。

7.1.3 在地下水较为发育路段，应注意路基边坡防护与地下排水措施的综合设计。在多雨地区，用砂类土、细粒土等填筑的路堤，应采取坡面防护与截排水的综合措施，防止边坡冲刷破坏。

7.1.4 防护支挡结构应与桥台、隧道洞门、既有支挡结构物协调配合，衔接平顺。

7.1.5 路基施工过程中应注意边坡临时防护措施，边坡临时防护工程宜与永久防护工程相结合。

7.1.6 多年冻土地区边坡防护宜优先采用植物防护。

7.1.7 在设计阶段，应根据防护要求优选适宜的植物物种。

7.1.8 自然条件下无植被覆盖的地区，不宜采用生态防护。

7.1.9 人工建植的植被覆盖率应与当地自然植被覆盖度相近。

7.2 植被防护

7.2.1 应用原则

-
- 1 在水草比较茂盛的地段，宜采用植草防护。
 - 2 植草防护路段首先利用多年生草皮移植，其次考虑喷播适宜地区生长的草籽。

7.2.2 一般要求

- 1 选用草种应根据防护目的、气候、土质、施工季节等确定，宜采用易成活、生长快、根系发达、叶茎矮或有匍匐茎的多年生草种。
- 2 种子的配合、播种量等的设计应根据选用植物的生长特点、防护地点及施工方法确定。
- 3 铺草皮适用于需要快速绿化的边坡，且坡率缓于 1:1 的土质边坡和严重风化的软质岩石边坡。草皮应选择根系发达、茎矮叶茂耐旱草种，不宜采用喜水草种，严禁采用生长在泥沼地的草皮。
- 4 湿法喷播适用于土质边坡、土夹石边坡、严重风化岩石且坡率缓于 1:0.5 的路堑和路堤边坡及中央分隔带、立交区、服务区及弃土堆绿化防滑。
- 5 客土喷播适用于风化岩石、土壤较少的软质岩石、养分较少的土壤、硬质土壤、植物立地条件较差的高大陡坡面和受侵蚀显著的坡面。

7.2.3 施工要求

- 1 植被施工，铺、种植被后，应适时进行洒水、施肥等养护管理，指导植被成活。
- 2 种草施工，草籽应撒布均匀，同时做好保护措施。
- 3 养护用水应不含油、酸、碱、盐等有碍草木生长的成分。
- 4 湿法喷播施工，喷播后应及时养护，成活率应达到 90%以上。
- 5 客土喷播，植草混合料的配合比（植生土、土壤稳定剂、保水剂、肥料、混合草籽、水等）应根据边坡坡度、地质情况和当地气候条件确定、混合草籽用量每 1000 m² 不宜少于 25kg。气温低于 12℃不宜喷播作业。

7.3 草皮移植防护

7.3.1 应用原则

- 1 地表植被良好，需要清表或因施工开挖会造成表层植被破坏时，应对地表植被草皮裁切后集中养护，待路基成型后铺至片边坡形成草皮移植防护。

2 草皮水沟的适用于非常流水、非湿地及地势平坦水流冲刷较小的地段。

3 挖方路基或取弃土场等需要对地表开挖或进行清表施工时，会破坏地表植被或草皮，应采取草皮移植防护，集中放置养护草皮，以备后用。

7.3.2 结构设计

1 边坡生态防护应优先选用草皮移植技术。

2 移植草皮厚度不小于 20cm 时，可直接铺设。

3 移植草皮厚度小于 20cm 时，应先在坡面铺设不小于 10cm 的腐殖土。

4 高寒草原区草皮层较为松软，移植前期需要浇水等养护措施。

5 无天然草皮路段，可采用三维网植草、客土喷播、植生袋等生态防护技术。

6 应将挖取的路基基底天然草皮集中堆放、定期养护，维持草皮存活状态，提高工后草皮存活率，并将清表腐殖土进行集中堆放、保存，以便工程创面的生态防护。

条文说明：

1 草皮移植防护对草皮的要求是根系较发达，易切块成型。

2 移植到路基边坡与水沟的草皮必须是生长在草地中多年生草皮，对路基边坡的要求是填料为细颗粒土质边坡，对粗颗粒土质边坡、腐殖土厚度要适当加厚。

3 草皮移植技术对施工要求较高，如果草皮与草皮之间衔接不紧密，移植草皮与下垫面结合不紧密，都将影响草皮的成活。

4 另外，起挖草皮时，厚度不易掌握，太浅时破坏植物根系，并且土壤毛细管系统遭到破坏，水分无法提升到植被根系层，阳光直射导致植被蒸腾加速以及大风等气候因素影响下容易风干枯死，太深了增加工作量。

5 高寒草原区由于草皮层较为松软，草皮不易成块，土壤结构容易破坏，移植所需代价较大，且前期需要浇水等管护措施，但一旦移植成功，松软的草皮层与下垫面结合紧密，其恢复效果良好。

7.3.3 施工要求

1 挖掘草皮前，明确即将挖取草皮的类别，掌握其生物特性。

2 根据当地多年生草地植物贮藏营养物质动态的变化情况，应在 5 月~8 月进行挖

取草皮施工。

3 取草皮时，应注意所取草皮的块度，草皮块度的大小一般为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。

1) 所取草皮的块度要尽可能大，从而减少根系的切割。

2) 根据根系深入地下的深度，确定所取草皮的厚度，保证所取草皮的厚度大于根系埋入地下的深度。

4 草皮挖取后，应采取有效措施对草皮进行养护。

1) 草皮挖取后，需暂时置放路基两侧空地上。

2) 挖取后的草皮不应叠放，而应假植平铺。

3) 平铺堆放的草皮在堆放时，用腐殖土填塞缝隙。

4) 根据环境条件及时洒水养护。

5 草皮取走后，应将草皮下的有机土清除堆放，以便回植草皮时使用。

6 草皮回铺前准备

1) 先刷路基边坡、挖水沟等平整作业。

2) 回铺 $0.2 \sim 0.3\text{m}$ 厚有机土层。

3) 有机土中需掺和一些适宜所选草类生长的有机肥及化肥。

4) 洒水使有机土层保持湿润。

5) 再回植草皮。

7 草皮移植施工

1) 路基边坡验收合格后方可铺筑草皮。

2) 在直线上每 10m 进行加桩，在弯道处每 5m 进行测量放样，并钉木桩。

3) 再根据测量的高程对边坡进行放样，坡度控制在设计范围内，并在坡脚处定桩。

4) 在已钉好的坡顶和坡脚木桩上挂好放工横线，两个横线间再挂可移动纵线。

5) 上下移动纵线，检查纵线与坡面的距离，该距离控制在 $20\text{cm} \sim 30\text{cm}$ 之间，对记录达不到该要求的坡面用人工再次修整，直到达到设计要求为准，

6) 根据放样的线型，采取由坡脚到坡顶的施工顺序进行草皮移植施工。

8 草皮移植后的养护

根据实际环境条件和草地植物生长发育的季节需要，及时进行施肥和洒水养护。

条文说明：

1 挖取草皮的最佳时期——即草地植物贮藏的营养物质含量相对较高的时期，挖取草皮要求选在草地植物的分蘖期及结实期。即 5 月~8 月之间。

2 在施工方便的条件下，所取草皮的块度要尽可能大，从而减少根系的切割，同时根据根系深入地下的深度，确定所取草皮的厚度，保证所取草皮的厚度大于根系埋入地下的深度，从而保证根系的完好性。掘取草皮时，应注意所取草皮的厚度。根据现场施工条件，纵横切割草皮，切割草皮时，应根据根系深入地下的深度，确定所取草皮的厚度，保证所取草皮的厚度大于根系埋入地下的深度，从而保证根系的完好性。

3 草皮挖取后，如果有地方能及时移植上去当然最好，如果施工条件不许可，就需要暂时置放路基两侧空地上，在此期间，由于草皮离开了它吸取营养物质所依托的土壤环境条件，因此应加强草皮养护。草皮不应叠放，而应假植平铺，相当于进行了一次划破草皮的人工措施，可有效改善草皮附着土壤的通气条件，提高土壤的透水性和透气性。平铺堆放的草皮在堆放时，用腐殖土填满缝隙。根据环境条件及时洒水养护。

4 草皮下的有机土对移植草皮的再生能力十分重要。因为青藏高原的土壤以草毡土、寒钙土为主体，土壤发育年轻，剖面风化弱，土层薄，粗骨性强，可给态养分含量低，因此现有草皮下的有机土对移植草皮的再生能力十分重要。

5 由于天然降水在各区，不同季节分布不均，降水时间及降水量均不可能完全符合草地植物生长发育的需要，因此，必须根据实际环境条件和草地植物生长发育的季节需要，及时进行施肥和洒水养护，防止土壤干裂，适量满足草地植物对营养和水分的需要。

7.4 三维网植草

7.4.1 应用原则

- 1 三维网植草技术适合在高寒地区使用。
- 2 对于稳定的路堤边坡，土质和石质填料均可使用。
- 3 常用边坡坡度为 1:1.5~1:2.0。
- 4 边坡高度一般不超过 6m。

7.4.2 结构设计

- 1 三维网植草技术是将三维网铺在坡面上，播撒种子后，用覆土覆盖进行植被恢复

的边坡防护技术。三维网植草如图 7.4.2-1 所示

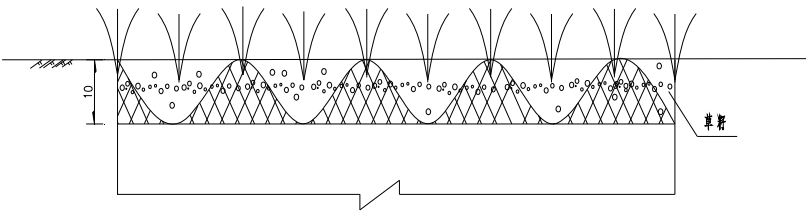


图 7.4.2-1 三维网植草示意图

2 三维植被网材料技术要求：单层厚度 $\geq 14\text{mm}$ ，抗拉强度 $\geq 3\text{kN/m}$ ，层数 ≥ 2 层。

3 填方路基边坡可参考图 7.4.2-2 设计。

1) 对于填方路基，当路基高度 $H \leq 3\text{m}$ ，原有草皮数量不足进行移植草皮防护时，宜采用三维网植草防护替代

2) 三维植被网铺设时，端部应多延 30cm。横向搭接宽度为 10cm，若有纵向搭接，搭接长度应大于 15cm。

3) U 形钢钉布置于三维网搭接处和中央处，顺坡面间距 0.5m。

4) 边坡坡脚需弧化处理。

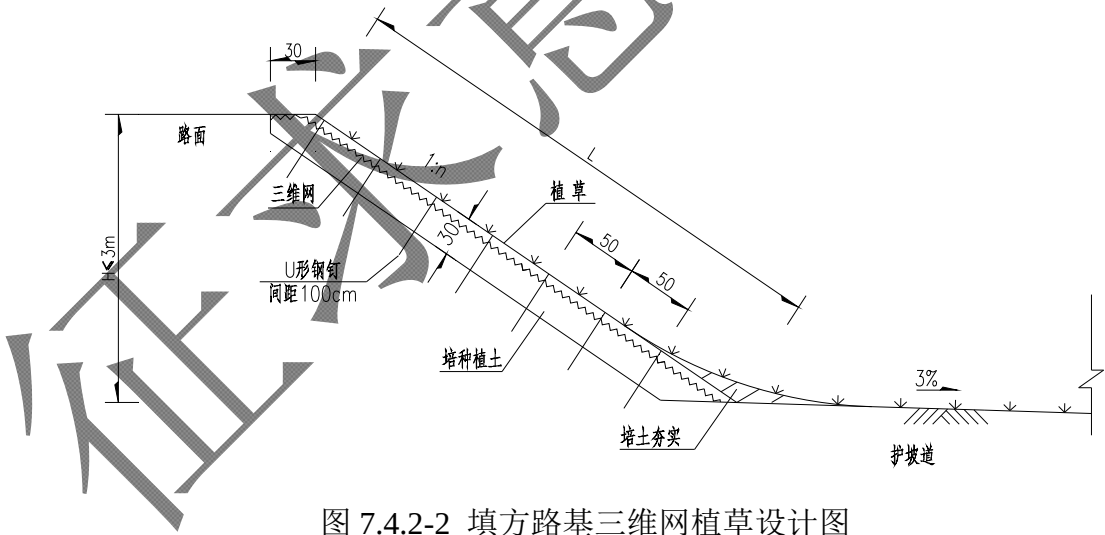


图 7.4.2-2 填方路基三维网植草设计图

4 挖方路基边坡可参考图 7.4.2-3 设计。

1) 适用于边坡坡率缓于或等于 1:1，边坡高度 $\leq 3\text{m}$ 的土质或全风化岩质挖方路段防护。

2) 当原有草皮数量不足进行移植草皮防护时，宜采用三维网植草防护替代移植草

皮防护。

- 2) 三维植被网铺设时，若有纵向搭接，搭接长度应大于 15cm。
- 3) U 形钢钉布置于三维网搭接处和之间，顺坡面间距 1.0m。
- 4) 顺坡口线外 0.5m 挖一 40×40cm 的埋压沟，三维植被网埋于沟内，沟底用 U 形钢钉固定，钢钉间距为 0.5 米，然后填土夯实，以确保地表水不冲毁草皮为宜。

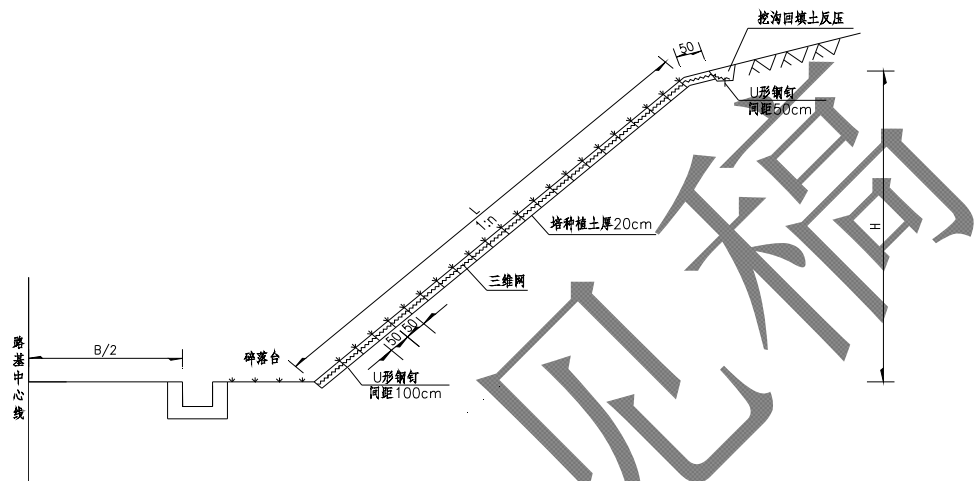


图 7.4.2-3 挖方路基三维网植草设计图

条文说明：

- 1 三维网是由一种热塑性树脂经过挤出、拉伸等工序相互缠绕，并在交接点处经热熔后粘结在一起的稳定的立体三维网。
- 2 网格外观凹凸不平，90%以上的空间为空隙，空隙处用来填充土壤和草种等，成活后的植物根系也可以穿过网格空隙深入地下土壤。
- 3 三维网采用高分子材料制成，材质疏松柔软，化学稳定性较高，也可采用可降解性塑料，数年后土工三维网可在土壤中自然分解。
- 4 该技术可固定坡面，防止坡体下滑，具有保墒作用。
- 5 三维网采用黑色或绿色网垫制成，可以有效吸收大量热能，增加地温，促进种子萌发。

7.4.3 施工工艺流程

- 1 平整坡面
- 2 覆营养种植土并润湿

-
- 3 挂三维植被网
 - 4 覆土并喷播施工
 - 5 盖无纺布
 - 6 前期养护。

7.4.4 施工关键技术

1 坡面平整

- 1) 清理、平整坡面，清除直径大于 2 cm 的浮石、树根等杂物，以利于基材与岩石坡面的结合。
- 2) 如果坡面上的土太密实，应该在坡面 5~7.5cm 范围内采取松土措施，作为播种层。
- 3) 如果坡面岩石面积很大，应该在坡面上铺设厚 5~7.5cm 的细表土，轻轻压实，为草提供基本的生长环境。
- 4) 对于岩石节理发育，走向不一，清理坡面难度较大，应采取浆砌片石局部找平（谨慎使用，避免加大边坡负载造成失稳），或者加大混合料固结物含量，局部适当加厚找平。

2 施底肥

- 1) 在土壤养分贫瘠和 pH 值不适时，在播种前有必要施用底肥和土壤改良剂。
- 2) 底肥主要包括氮肥、磷肥和钾肥，比例为 15:8:7，施肥量随土壤的肥力情况而定，一般情况，按 100 g/m² 左右施用。

3 覆网、固定

- 1) 在整平的坡面上铺设网垫。
- 2) 当坡度陡于 1:3 时，网垫由坡顶向下放卷铺设。
- 3) 在缓于 1:3 的坡面上，网垫可以按横向或向下铺设。
- 4) 上下卷材搭接，上部的材料压在上面，搭接长度为 10cm。
- 5) 相邻卷材搭接，搭接至少为 7.5cm，且在搭接中心处每 50cm 左右加一个锚钉。
- 6) 网垫铺设时，要保持平顺，不要拉紧，避免造成网垫与坡面分离，从而不利于

网垫的稳定与植被的生长。

7) 网垫在边坡顶端铺设时, 需在坡肩(坡底)挖断面宽、深为 $15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的沟, 将网垫埋入其中, 用锚固钉固定, 并填土压实。

8) 网垫顶端纵向连接处应有 60° 夹角, 坡底应有 50cm 以上的水平面。

9) 对于网垫体的锚固, 在较缓的坡可采用竹钉或 U 型钉, 钉的长度不小于 15cm , 顶端宽度应大于网垫孔径的 2 倍; 在较陡、疏松、岩质的坡需要采用较长较重的丝钉。就较缓的坡度 (1: 1.5-1: 1) 而言, 按每 50cm 一个锚钉即可, 如果坡面较陡, 应增加锚钉数量, 锚钉的排列以梅花桩形为宜。

10) 坡面较长时, 要在距坡顶 20cm 处开一条小沟, 用以灌水。

3 覆土、播种、上覆盖土

1) 覆网、固定之后, 根据其厚度及种子发芽要求, 应在网垫上面铺设一定厚度的耕植土, 要求覆土的颗粒不大于网孔尺寸, 厚度不小于网厚的一半。

2) 选播的草种宜就地选用覆盖率高、根系发达、茎叶低矮、耐寒抗旱、耐土壤贫瘠、耐践踏、具有匍匐茎且适用于 $\text{pH}=4.7 \sim 8.5$ 的多年生草种, 也宜引用适应当地土壤气候的优良草种。

3) 铺设季节宜在雨季前的 3~4 月份进行。

4) 播种时土壤含水量以 $40\% \sim 50\%$ 为宜, 为预防干旱, 提高草籽的成活率, 可使用土壤凝结剂。

5) 播种可以采用人工撒草种或机械喷播。

6) 播种时应从坡顶往下撒播, 且坡顶的播种量稍微加大。

7) 播种之后再均匀覆一层细土, 土的厚度以稍盖住网垫为宜。坡面上加铺一层覆盖材料 (如无纺布), 当幼苗长到约 $2 \sim 3\text{cm}$ 高后揭开。

条文说明:

1 铺设季节宜在雨季前的 3~4 月份进行。草皮在 5°C 以下停止生长, 10°C 以下基本上不发芽。另在高温季节蒸发太大, 草皮生长易干枯, 故在此期间均不宜播种。

2 播种时为提高草籽的成活率, 可使用土壤凝结剂。将经过特殊处理后的草籽与土壤凝结剂拌和喷洒。经土壤凝结剂处理后的坡面, 草籽和土壤不会因风吹雨淋而流失,

同时凝结剂又降低了土壤中水分的蒸发，在一定程度上保证了草籽的水分供应。

3 人工撒草种。将草种与肥料及细土按 1:10 的比例均匀混合后，均匀地撒在网垫上，边坡靠上部分应适当增加草籽用量，播撒完毕后用扫帚清扫一遍，以保证草种全部落入网垫内部。

4 机械喷播。喷射尽可能从正面进行，凹凸部分及死角部分要尤其注意，喷射厚度按 10cm 控制。

5 播种的深浅也直接关系到出苗率。如播得过深，在幼苗进行光合作用和从土壤中吸收营养元素之前，胚胎内存储的营养不能满足幼苗的营养需求而导致幼苗死亡；播得过浅，没有充分混合时，种子会被水流冲走，或发芽后干枯。

6 不要使网垫暴露在阳光下，以利延长使用寿命。覆土的厚度还须有利于草籽的发芽和生长，之后再进行适当加压。另外，为了减少土壤和种子的冲蚀，为种子发芽和幼苗生长提供一个更为有利的环境条件，常常在坡面上加上一层覆盖材料（如无纺布），当幼苗长到约 2~3cm 高后便揭开。

4 浇水养护

1 播种之后，需对草种进行浇水养护，养护采用高压喷雾器浇水，要注意控制好喷头与坡面的距离和移动速度，保证无高压射水冲击坡面形成水流，避免冲走植草基材及草种。

2 养护周期不少于 45d，养护周期内每天早晚各喷水一次。

3 在天气热、雨水少时，可采用黑色化工纤维材料制成的遮阳防晒棚保护草种。

7.4.5 施工要点

1 在进行挂（铺）网前，注意对坡面的清理，适当的铺一些腐殖质表土层。

2 植物种类选择时，尽量采用草、灌结合的方式。

条文说明：

1 路基边坡植草前，应在边坡上铺一定厚度的腐殖层，使底层土壤拥有一定的营养成分和微量元素，避免植被后期因营养缺乏而出现大面积死亡。

2 草对边坡的防护只能到很浅层，而灌木根系较深，持续生长不易退化，对边坡的

防护作用更大，因此，边坡植物种类应采用草、灌结合的方式。

征求意见稿

8 环境保护与景观

8.1 一般规定

8.1.1 多年冻土地区公路应按全面、协调、可持续发展的原则，进行环境保护总体规划，加强生态环境、冻土环境的保护。

8.1.2 多年冻土地区公路应采取有效措施保护或充分利用地表植被和表土资源。

8.1.3 多年冻土地区公路工程设计及施工方案对多年冻土有影响时，宜进行多方案比选，选用对多年冻土扰动较小的方案。

8.1.4 多年冻土公路环境包括设施应因地制宜、技术可行、经济合理，可根据交通量增长情况分期实施。

8.1.5 多年冻土地区公路施工应制定相应的环境保护细则，落实环境保护设计的工程内容，并根据需要采取临时的环境保护措施，重点加强施工扬尘、水土流失及破坏植被等的预防和处理。

8.1.6 多年冻土地区公路改（扩）建时，应对原有工程的环境保护措施及改（扩）建过程中可能引发的环境保护问题进行评价，并提出相应对策。应对旧路面和防护工程等拆除废料进行处理，宜采用废料再生利用等措施，加强回收利用，减少废弃，节约资源。

8.2 冻土环境保护

8.2.1 多年冻土地区公路施工应采取有效措施，加强公路两侧地表和路基边坡地表植被的保护，保存表土，保护现有天然林、人工林及草地，加强对多年冻土的生存环境保护，并符合以下规定：

1 宜控制扰动面积，减少对草地及地表结皮的破坏，保护现有植被和腐殖土；预

防土地沙化。

- 2 需要剥离高原草甸（或天然草皮）的，应妥善保存，及时移植利用。

条文说明

多年冻土地地区地表植被资源和表土资源均是长期形成的难以恢复的自然资源。研究表明，地表植被对保护冻土的作用明显，而土壤荒漠化或地表积水等均对冻土环境保护不利，同时，表土是地表植被赖以生存的物质基础，因此，多年冻土地地区公路建设应加强地表植被和表土的保护和利用。

8.2.2 多年冻土地地区公路设计与施工宜采取有效措施，减少水对多年冻土的影响，并符合以下规定：

- 1 宜采取设置坡面径流排导和路侧排水工程等措施，减少坡面和路侧渗流对多年冻土的影响。
- 2 公路经过温泉或其他地下水丰富路段时，宜加强侧向排水和防渗措施，减少侧向水中储热对多年冻土的干扰。
- 3 宜回填整平公路两侧存在的地表洼地，排除积水，并形成向外的横坡，减少或避免地面径流流向路基。横坡坡度不宜小于 2%。
- 4 在雨季进行路基挖方施工时，宜采取保护覆盖措施，加强临时排水，减少降雨对多年冻土的干扰。

8.2.3 多年冻土地地区基础施工应符合组织施工工序，加快施工进度，采取覆盖保护等措施，减少裸露时间，减少热量干扰。基础宜采用低水化热的水泥。

8.3 水土保持

8.3.1 多年冻土地地区公路水土保持设施应因地制宜，合理布设，注重实效；应贯彻坚持水土保持工程与公路主体工程相结合，永久工程、临时工程并重，预防为主、防

治结合的原则，兼顾施工期和运营期的水土保持工作。

8.3.2 路基工程

1 多年冻土地地区路基工程根据主体已有的水土保持措施，明确已有措施，并对水土保持措施进行补充。

2 新增的水土保持措施中针对边坡防护、排水等设施在修建之前，应采取临时排水措施和防护。

3 对于公路路基施工范围内剥离的草皮，应集中统一堆放，并做好草皮养护，增加临时拦挡和排水设置，堆放的草皮可用于边坡草皮回填。

8.3.3 桥涵工程

1 桥梁工程临时工地应修建泥浆池和沉淀池。

2 桥梁钻孔泥浆应处理利用后再排入环境河流中。

3 施工前应对桥梁下草皮进行剥离，并集中堆放管理。

8.3.4 隧道工程

1 应重点做好弃渣的处置工作。

2 有条件路段可将弃渣用于路堤填料、混凝土工砌筑、碎石加工等工程。

3 施工条件不具备路段，应做好弃渣的拦挡、防护和排水措施。

8.3.5 临时工程

1 多年冻土地地区公路建设取土、弃土前应将表土集中保存，用于取土、弃土完毕后恢复植被。丘陵、山包宜分级取土，弃土宜按设计分级填筑弃放，避免形成高陡边坡。取土场、弃土场应设置专用便道，严禁乱开便道。

2 多年冻土地地区取土场、弃土场使用完毕后，具备植被生长条件时宜在其上种植适宜的植物，并符合以下规定：

1) 取土完毕宜整平取土坑、回填表土，种植适宜的植物。

2) 弃土、弃石结束后，宜及时进行绿化或复垦。

3) 回复植被宜选择水土保持效益明显的乡土、耐寒植物。

4 多年冻土地区弃土场应根据需要设置拦挡设施，先挡后弃；支挡工程宜采用柔性防护，减少工程的冻融病害。

5 多年冻土地区取土场、取料场、弃土场及周围宜设置完善的排水系统，并符合以下规定：

1) 取土、取料形成的边坡宜根据边坡高度、岩土条件、环境条件、气象因素等，采取有效的截、排水措施。

2) 位于沟谷、坡地的弃土场，周边有汇流条件时，宜采取截、排水措施，利用地形和天然水系将水流引出。应做好出口位置的选择和处理，防止出现堵塞、溢流、淤积、冲刷和冻结。

3) 拦截山坡或边坡上流向弃土场水的截水沟应设置在弃土场 5m 以外，截水沟、弃土场汇集的水可用排水沟引入周围排灌系统。

4) 排水沟与原有沟渠应顺畅连接，易受水流冲刷的排水沟宜根据需要采取防护、加固措施。

6 施工生产生活区、施工便道在场地周边应开挖截水沟和排水沟，做好排水措施。

7 施工材料等放置要用防雨布进行遮盖。

8 临时占地，施工结束后应进行回填草皮、植草等植被恢复措施。具有复垦条件时宜进行复垦、种植作物或作为林草场。

8.4 生态环境保护

8.4.1 一般规定

1 多年冻土地区公路路线宜远离野生动物聚集和频繁活动的地区，绕避草原腹地，沿山脚布设，减少对野生动物和植物的干扰。

2 多年冻土地区公路对需保护的野生动物、野生植物产生影响时，宜提出保护方案。

3 重点保护野生动物出没的路段宜设置预告、禁止鸣笛等标志，可根据需要设置动物通道。动物通道应在深入分析、研究野生动物迁徙、饮水、采食习惯的基础上，合理确定位置。

4 多年冻土地区公路施工期间宜明确并落实各类野生动物的保护措施；在野生动物繁殖迁徙季节，对需保护的野生动物产生影响时，施工单位宜暂停施工，减少对野生

动物安全迁徙的影响。

5 多年冻土地区公路通过天然林地时，不宜砍伐公路用地范围以外不影响行车安全的树木。

6 多年冻土地区公路通过湿地时，宜采取有效措施对湿地进行保护。

8.4.2 野生动物保护

1 路线规划应尽量远离已建自然保护区、规划中的自然保护区、野生动物聚集和频繁活动的地区。

2 路线规划应尽量避让湿地、多年冻土区、源头水等对保护动物多样性至关重要的地区。

3 在满足工程通行要求的前提下，在野生动物活动聚集区部分路段宜采用低路基和缓边坡设计，同时增设动物通道，以减缓公路对两侧野生动物的影响。

4 野生动物活动聚集区路段应增加桥涵数量，提高野生动物的通过性，降低公路对野生动物的阻隔效应。

5 隧道工程、石料场等的爆破施工，宜安排在白天。爆破施工时应采用先进爆破工艺，小剂量爆破，并减少爆破频次，降低爆破噪声和振动对野生动物的不良影响。

6 隧道出入口处应设置动物防护栏，防止野生动物跌入隧道。

7 施工场地和施工设施需远离野生动物迁徙通道和生活基地。

8 取弃土场、砂石料厂、施工场地和施工营地应控制铺设面积。

9 临时工程占地使用完毕后，应进行植被恢复。植被恢复应优先考虑野生动物通道分布于野生动物集中活动地区。

10 施工期间应对施工人员加强沿线生物多样性及生态环境保护的宣传教育 and 科学管理。

1) 禁止随意进入野生动物集中活动区。

2) 禁止猎杀野生动物。

3) 施工废水、弃渣严禁直接排入沿线河流。

4) 严禁在河流捕鱼、炸鱼。

11 野生动物出没路段应设置禁鸣和限速慢行标志。

8.4.3 社会环境

1 公路建设应根据项目特点，结合征求当地居民的意见，设置必要的通道、临时便道等以满足公路两侧居民过往通行的需要。

2 工程施工前应 与电力、通信等部门做好沟通协调工作，事先安排好电力、通信替代方案，减少对电力、通信用户的影响。

3 施工运输车辆应尽量采用封闭式运输，在居民区的路段附近应禁止鸣笛、低速行驶。

4 施工场地、营地的生活废水、生活污水、生活垃圾、生活废物等，未经处理不得直接排放。

5 施工结束后，应针对工程临时占地进行生态恢复。

6 施工期间严禁施工人员随意进入沿线寺庙。

7 施工人员应加强教育，做到尊重当地宗教信仰和习俗，文明施工。

8.5 景观绿化工程

8.5.1 多年冻土地区公路建设可充分利用独特的区域社会环境和原有的自然生态景观及资源，景观建植应与周围的自然生态景观相协调。

8.5.2 多年冻土地区公路景观绿化应因地制宜，坚持宜林则林、宜草则早、宜荒则荒的原则。

8.5.3 多年冻土地区公路绿化、植被恢复等采用的植物种类不应侵占原生态种群系统。

8.5.4 多年冻土地区公路施工扰动地段植被恢复，可采取掺加保水剂和凝结剂、客土喷播、覆盖等措施。

8.6 施工中的环境保护

8.6.1 一般规定

-
- 1 施工组织设计必须考虑环境保护措施，并在施工作业中组织实施。
 - 2 定期进行环保宣传教育活动，不断提高职工环境保护意识和法制观念。
 - 3 施工现场采取洒水防尘措施，施工垃圾应及时清运。
 - 4 禁止人员和机械进入作业区域以外毁坏和践踏草皮。
 - 5 施工期间的固体废弃物应分类定点堆放、分类处理，施工垃圾应及时清运，严禁在施工现场随意焚烧各类废弃物。
 - 6 施工现场应设置排水沟和沉淀池，施工污水应采取过滤沉淀池处理或其他处理措施后，方可排入河沟和河流。
 - 7 施工人员集中居住点的生活污水、生活垃圾要集中处理，防治污染水源，厕所需设化粪池。
 - 8 施工期间应做好肥料的处理，做到统筹规划、合理布置、综合治理、化害为利。
 - 9 加强对施工现场废水、废气、粉尘、噪声的检测工作，及时采取措施控制对环境的污染。
 - 10 施工中不得改变水系结构，不得堵塞河道，施工废水、生活废水、施工机械废油等严禁直接排入草场、河道和渠道。
 - 11 施工弃土、弃渣应按照设计和当地环保部门要求，运至指定地点堆弃处理，生活生产垃圾及时清理，集中堆放在临时垃圾站，定期处理。
 - 12 物料运输采取覆盖毡布、洒水等一直扬尘的措施，减少遗撒，防治运输扬尘影响周围植被。
 - 13 现场存放的油料、化学物品、外加剂等要妥善保管，正确使用，防治发生泄露，污染环境。
 - 14 加强对自然资源的保护，严禁随意砍伐树木，破坏原有植被，竣工后应精良恢复原地表地貌。
 - 15 严格在设计核准的用地界和临时用地范围内开展施工作业，合理规划施工便道和施工设施，尽量减少占地数量。
 - 16 永久用地范围内的裸露地表和临时用地在工程完工后，按设计要求采取措施，防治水土流失。
 - 17 取土场取土完成后，将取土方位内地面进行平整，边坡进行整理，疏通排水通道，纵向取土纵向拉通，防治局部积水。

18 弃土场严禁侵占河流、湿地、耕地、自然保护区的核心区和缓冲区，不在河流漫滩及两岸取土和弃土，路堑开挖的土石方尽量利用，以减少取土数量。

19 施工完成后，及时清理施工场地，恢复天然地面，进行河道清障，保护沟谷自然畅通，防止淤积或冲刷。

8.6.2 路基施工

1 路基

- 1) 在沿线斜坡地段，应做好排水等工程处理措施。
- 2) 路基开挖施工时，应采取及时有效的保温隔热措施，并应首先做好地表排水。
- 3) 在多年冻土区高寒草甸地带，对路基挖方段地表植被，应采取分割划块铲起、移植到适当的地方培植，在路基施工完成后用以恢复地表植被。

2 取土场

- 1) 取土时应注意环境保护，取土后的裸露面应按设计要求采取土地整治或防护措施。
- 2) 风景区或有特殊要求的取土场，应按照设计要求及时完成配套的环保工程。
- 3) 取土场原地面属于耕地种植土，应先挖出堆置一边备用，工程完成后用于恢复植被。
- 4) 在河滩、河谷及河流融区取土料后，应做好河道整理和疏通措施。
 - ① 对河道不稳定边坡采取相应的工程防护措施。
 - ② 保护河道生态环境和生态系统。
- 5) 取土场在取土完毕后，应及时平整、顺坡，条件具备时应利用弃土回填。
- 6) 根据沿线气候及当地条件，在技术经济许可条件下，应优先采用植被措施恢复取土场原貌。

- ① 采用人工恢复和自然恢复相结合的方法，加快植被恢复。
- ② 人工恢复的方法包括土地平整、草皮移植、人工播种、鼠害防治、禁牧封育等。
- 7) 不得在设计之外随意增加取土场。

3 弃土场

- 1) 弃土场应符合设计要求，并及时完成防护工程。
- 2) 路基弃土应堆放规则，按设计要求进行整平碾压，不得任意倾倒，并按设计

进行排水、防护和绿化施工。

3) 弃土场的位置与高度应保证路堑边坡、山体和自身的稳定,不得影响附近建筑物、农田、水利、河道、交通和环境等。必要时应假设挡护和排水设施。

4) 弃土堆不应设置在堑顶上方。

5) 石方弃土场表面应覆盖不少于 80cm 厚的土层,以便恢复植被。

6) 严禁在岩溶漏斗、暗河口、泥石流沟上流及贴近桥墩、桥台处弃土、弃渣。

7) 沿河岸或路堑的弃土,不得弃入河道、挤压桥孔或涵管口而改变水流方向和加剧对河岸的冲刷,必要时应设置挡护设施。

8) 严禁向江、河、湖泊、水库、沟渠等弃土、弃渣。

4 碎石的开采与生产

材料开采完毕后,应按批准的方案进行复耕恢复,防止水土流失。

8.6.3 水环境保护

1 施工人员的生活污水、生活垃圾应集中处理。

2 施工机械等产生的含油及其他生产污水禁止向河流、湖泊排放。

1) 应在施工场地及机械维修场所设置临时蒸发池,含油污水排入蒸发池中自然蒸发。

2) 施工结束后,应将临时蒸发池覆土掩埋。

3 施工中的废油、废沥青等有害物质不准堆放在距水体 200m 范围内,应及时清运至指定地点或依有关规定处理。

4 施工营地附近应设置防渗蒸发池和防渗旱厕。

5 生活废水排水临时蒸发池,施工结束后覆土掩埋。

6 不得在水体附近清洗施工器具、机械等,防止水环境污染。

8.6.4 临时工程

1 多年冻土地区各类施工便道填筑取土时,应贯彻“适当远离、集中取土”的原则。

2 进出场地的施工便道宜避开环境敏感地区。

3 取土场便道、施工便道应相互结合。

4 便道的填筑高度不小于 0.7m。

5 在施工过程中应考虑施工便道的降尘措施，减少因施工产生的大量尘土埋压便道两侧植被，降低人为活动对影响区的地表植被影响。

6 及时处理施工场地四周的生活垃圾、固体废弃物。

7 施工结束后，应采用便道整治、地面整治、土壤改良、补播草种等措施，加快施工区的植被恢复。

8.6.5 野生动物保护

1 施工噪音的控制

1) 施工车辆应加强日常维护，减少机械设备噪声的产生。

2) 施工运输车辆应采用封闭式运输。

3) 野生动物常出没的公路沿线应禁止鸣笛、低速行驶。

4) 在自然保护区及野生动物活动密集路段的爆破作业，应采用小剂量和水封的爆破方式，同时减少爆破频次。

5) 施工作业时间应尽量选在白天，避免傍晚或夜间施工。

6) 应提前合理安排施工期各工序作业时间，以及高噪声设备的作业时间。尽量避免高噪声作业与工地周边野生动物繁殖期重合。

7) 禁止无任何降噪措施的钻孔、灌桩或水切割在野生动物栖息地周边进行水下作业。

2 施工污染物的控制

1) 施工现场的预制构件厂、沥青混凝土搅拌站、公路施工堆料场等污染源应设置在下风处空旷地区，与野生动物敏感区的距离不得少于 300m。

2) 污染源禁止占用湿地。

3) 污染源应远离周边野生动物栖息地。

4) 公路工程材料加工作业现场应采取封闭或遮挡、保湿等防尘措施。

5) 易产生粉尘、扬尘的作业面和过程应采用洒水降尘措施，在旱季和大风天气适当洒水、保持湿度。

6) 细料粉（石灰、水泥等）应储存于库房，在室外存放时应进行完全遮盖、洒水等措施处理。

-
- 7) 对外出的汽车用水枪冲洗干净。
 - 8) 施工现场使用的锅炉、茶炉等应配备消烟除尘设备，排放的烟尘必须符合环保要求。
 - 9) 有毒液体、矿渣、粉煤灰等污染性较强的废弃物，应采用封闭式运输方式，尽量一次性将现场清理完全。
 - 10) 施工完毕后，临时用地存留的废弃材料、公棚等应进行彻底清理。对于可以利用为野生动物保护站或能再次利用的设施，要合理进行处理和保护。

- 11) 施工生活区的生活垃圾，应集中堆放，及时清扫、清运。

3 施工人员的教育

- 1) 工程开工前期，应进行施工人员环境保护和野生动物保护意识的宣传和教育。
- 2) 在施工人员上岗前，应组织人员学习识别和保护工地周边区域内经常活动的野生动物，便于对现场野生动物的突发情况及时进行保护或安全转移。

- 3) 充分利用宣传画、简报、多媒体等多种形式向施工人员宣传相关法规、野生动物保护知识，提高施工人员对野生动物的保护意识。

- 4) 对野生动物分布较为密集的区域公路工程，项目监理部门和建设部门的环保专职人员应加强施工的生态监理。

- 5) 加强工地周边的野生动物检疫和环境监测。

- 6) 严格限制施工人员的日常生活污水排放和生活垃圾丢弃范围。

- 7) 在野生动物通道口设置明显的标示、标记，避免接近、轰赶、捕猎野生动物。

4 施工管理

- 1) 施工应尽可能避开野生动物繁殖期。
- 2) 项目区内野生动物一年一度的繁殖迁徙和回迁过程中，施工单位要暂停施工，保证野生动物安全迁徙。

- 3) 公路施工时宜分段施工，全线开工时应根据项目区内野生动物特点，留出几段 2~3km 的通道，供野生动物迁徙。

- 4) 野生动物密集区域，应在早晚可留出 1h，停驶所有工程车辆及施工，保证野生动物迁徙。

- 5) 对野生动物缓坡通道两侧各 50m 范围内，应采取植被恢复措施。

- 6) 野生动物桥梁通道下方，引桥部位两侧应采取植被恢复措施。

7) 野生动物隧道上方通道应设防护栏。

8.6.6 景观保护

1 取弃土场、砂石料场在使用结束时应及时平整，并根据周边环境采取有效措施恢复植被。

1) 高寒草原、草甸区以生物措施或自然恢复为主，植被恢复宜采用当地相应的草种或草皮。

2) 河滩点要及时疏通洪水通道。

2 施工结束后，除公路维护必须保留的施工便道外，应对废弃的便道进行植被恢复。

3 施工场地使用结束后，应对场地及时清理，清除油渍和垃圾，平整地面，尽量恢复原有地貌和植被。