

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 3331-01—2026

沙漠地区公路设计 与施工技术规范

Technical Specifications for Design and Construction
of Highway in Desert Region

2026-08-28 发布

2026-11-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前 言

根据交通运输部公路工程行业标准制修订项目计划的要求，由新疆交通科学研究院有限责任公司承担《沙漠地区公路设计与施工指南》(JTG/T D31—2008)的修订工作。

修订过程中，编制组对全国沙漠地区已建和在建公路工程开展了广泛的技术调研，总结了近年来国内外沙漠地区公路建设的科研成果、技术资料及工程经验，广泛征求了行业有关单位和专家的意见和建议，完成了《沙漠地区公路设计与施工指南》(JTG/T D31—2008)的修订工作，修订后标准的名称变更为《沙漠地区公路设计与施工技术规范》(JTG/T 3331-01—2026)。主要修订内容如下：

1. 增加了总体设计、交通工程及沿线设施等2章。
2. 对“调查与勘测”章节进行了修订并更名为“勘测”，补充完善了不同阶段的勘测内容，修订了风沙危害等级划分标准。
3. 对路线设计、路基设计、路面设计各章节内容进行了梳理，修订了选线原则和内容，进一步明确了高速公路、一级公路的路基横断面设计规定等内容。
4. 完善了沙漠公路防沙体系及防沙措施。
5. 对“路基路面排水设计”章节进行了修订并更名为“排水设计”，增加了小桥涵排水设计等要求。
6. 增加了沙漠公路改扩建等相关内容。
7. 增加了环境保护相关内容。
8. 将工程质量检验评定标准章节调整至各施工章节内。
9. 删除了附录中沙漠公路区划和沙漠公路路面典型结构组合。

本规范修订后共13章和2个附录，分别是：1 总则，2 术语和符号，3 勘测，4 总体设计，5 路线设计，6 路基设计，7 路面设计，8 排水设计，9 防沙设计，10 路基施工，11 路面施工，12 防沙工程施工，13 交通工程及沿线设施，附录A 风沙危害评价指标测定方法，附录B 浸水法测定干燥风积沙密度试验方法。

本规范由李志农、张璟负责修订第1章，王翠、冯立群负责修订第2章，陈杰、张璟负责修订第3章，陈晓光、胡昌涛负责修订第4章，陈晓光、韦振勋、刘思佳负责修订第5章，李志农、刘杰负责修订第6章，李志农、韦振勋负责修订第7章，张璟、冯立群负责修订第8章，张璟、陈晓光、王翠负责修订第9章，李志农、热孜万古丽·沙塔尔、刘杰负责修订第10章，李志农、安尼瓦尔·亚库甫、凌远负责修订第11章，陈杰、张璟、付晓负责修订第12章，乔惠、凌新鹏负责修订第13章，陈杰、热孜万古丽·沙塔尔负责修订附录A，李志农、刘杰负责修订附录B。

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：张璟（地址：新疆乌鲁木齐市沙依巴克区经一路17号，邮编：830000，电话：0991-5280639，电子邮箱：346519500@qq.com），以便下次修订时参考。

主 编 单 位：新疆交通科学研究院有限责任公司

主 编：李志农

主要参编人员：张 璟 陈晓光 韦振勋 陈 杰 刘 杰 王 翠
冯立群 胡昌涛 热孜万古丽·沙塔尔 乔 惠
付 晓 刘思佳 安尼瓦尔·亚库甫 凌 远 凌新鹏

主 审：李春风

参与审查人员：周鹏海 吴立坚 江兴旺 尹文华 张宝龙 李海燕
徐新文 程 宏 刘永超

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	勘测	5
3.1	一般规定	5
3.2	工程地质调绘、勘探与测试	5
3.3	测量	7
3.4	工程可行性研究勘察	8
3.5	初步勘察	9
3.6	详细勘察	10
3.7	改扩建工程	11
4	总体设计	13
4.1	一般规定	13
4.2	路线总体布设	14
4.3	公路工程与防沙协同设计	14
4.4	防沙工程总体设计	15
4.5	路基路面与筑路材料及排水	15
4.6	环境与景观	15
4.7	交通工程及沿线设施	16
4.8	改扩建工程	16
5	路线设计	17
5.1	一般规定	17
5.2	选线原则	17
5.3	选线要点	17
5.4	线形及组合	18
5.5	路线交叉	21
5.6	改扩建工程	21
6	路基设计	22
6.1	一般规定	22
6.2	路基横断面	23

6.3	填方路基	25
6.4	挖方路基	26
6.5	沙漠路基顶面加固	27
6.6	特殊路基处理	27
6.7	路基取、弃土	27
6.8	土路肩	28
6.9	改扩建工程	28
7	路面设计	29
7.1	一般规定	29
7.2	路面结构组合	29
7.3	基层、底基层	30
7.4	沥青面层	31
7.5	改扩建工程	31
8	排水设计	32
8.1	一般规定	32
8.2	路面及路基排水	32
8.3	小桥涵排水	33
9	防沙设计	34
9.1	一般规定	34
9.2	防沙体系	34
9.3	阻沙措施	37
9.4	固沙措施	38
9.5	输沙及导沙措施	40
9.6	其他规定	41
10	路基施工	42
10.1	一般规定	42
10.2	路基填筑及挖方	43
10.3	路基压实	44
10.4	包边土路基填筑	46
10.5	土工布加固	46
10.6	沙漠公路路基施工机械的维护保养	47
10.7	路基工程质量检验评定标准	47
11	路面施工	48
11.1	一般规定	48
11.2	水泥稳定沙底基层	49
11.3	天然级配砂砾底基层	50

11.4	土工格室加固沙底基层	50
11.5	路面基层	51
11.6	路面面层	51
11.7	路面工程质量检验评定标准	52
12	防沙工程施工	54
12.1	一般规定	54
12.2	阻沙措施	54
12.3	固沙措施	55
12.4	输沙段	56
12.5	导沙措施	57
12.6	防火隔离带	57
12.7	边坡防护	57
12.8	施工期养护	57
12.9	防沙工程质量检验评定标准	58
13	交通工程及沿线设施	62
13.1	一般规定	62
13.2	交通安全设施	62
13.3	服务设施	63
13.4	管理设施	63
附录 A	风沙危害评价指标测定方法	64
附录 B	漫水法测定干燥风积沙密度试验方法	67
	本规范用词用语说明	70

1 总则

1.0.1 为指导沙漠地区公路勘测、设计、施工，提高设计质量和施工技术水平，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于沙漠地区各等级公路新建及改扩建工程的设计与施工。

1.0.3 沙漠地区公路设计与施工应结合当地条件和工程经验，积极稳妥地采用成熟可靠的新技术、新材料、新设备和新工艺。

1.0.4 沙漠地区公路设计与施工应符合国家和行业在安全生产和环境保护方面的有关规定。

1.0.5 沙漠地区公路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。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 沙漠 desert

干旱、半干旱气候区，地表覆盖风积沙且以沙丘为主的自然地理单元。

2.1.2 沙地 sand land

半干旱或半湿润气候区，地表为沙质覆盖、植被稀少的土地。

2.1.3 沙漠地区 desert region

地表被沙漠、沙地覆盖的区域。

2.1.4 风沙流 wind-blown sand flow

沙粒被风扬起并随风沿近地空间搬运前进形成的挟沙气流。

2.1.5 风积沙 aeolian sand

风力作用形成的沙物质，主要为细沙和极细沙。

2.1.6 起沙风速 threshold wind velocity of sand movement

使地表沙粒脱离原静止状态而进入到运动状态的临界风速称为起沙风速，大于起沙风速的风称为起沙风。

2.1.7 年输沙量 annual quantity of sand transport

风沙流在一年时间内通过单位宽度的断面所搬运的沙量。

2.1.8 流动沙漠 shifting desert

植被覆盖度极低，沙粒可在风力作用下被持续搬运，沙丘处于不断移动、快速演变状态的沙漠。

2.1.9 半固定沙漠 semi-fixed desert

在植被根系、微生物结皮或砾石覆盖等作用下，沙丘移动性明显受限，仅能在强风

下缓慢迁移，处于流动向固定过渡状态的沙漠。

2.1.10 固定沙漠 fixed desert

经长期风蚀、沉积与植被或生物结皮固结，地表保持高度稳定，沙丘基本丧失迁移能力的沙漠。

2.1.11 防沙体系 control system of wind-blown sand

由阻沙、固沙、输沙、导沙等不同功能的防沙措施组合构成，协同发挥作用的综合防护体系。

2.1.12 防沙体系宽度 width of sand control system

防沙体系外缘至路基坡脚，垂直于路线方向的水平距离。

2.1.13 阻沙 sand prevention

通过设置栅栏等障碍物阻滞风沙流，降低风速与挟沙能力，使沙粒沉降于保护物外的措施。

2.1.14 固沙 sand fixation

通过工程、植物或化学措施固定沙面，增加地表粗糙度，抑制风沙流形成的措施。

2.1.15 输沙 sand transportation

通过采用整平带、低路基、缓边坡、流线型横断面等路基断面型式，减少风沙运动阻力，使沙粒顺利通过路基的措施。

2.1.16 导沙 sand guidance

通过布设导风板、导沙堤等构筑物，改变近地面风流场与风沙流路线，引导风沙流远离保护物的措施。

2.1.17 工程防沙 engineering measures of sand control

利用植物秸秆、枝条、砂砾、黏土及土工合成材料等材料设置沙障或覆盖沙面，对沙床面或风沙流产生固沙、阻沙作用的各类措施。

2.1.18 植物固沙 vegetal measures of sand control

通过栽植固沙植物，控制流沙、防治风沙危害的防沙措施。

2.1.19 化学固沙 chemical measures of sand control

通过喷洒化学黏结材料，使表层松散的沙粒黏结起来形成固结层的固沙措施。

2.1.20 沙障 sand fence

为防止风沙流动、减少风沙危害而设置的障碍物设施。

2.2 符号

b ——空留带宽度；

D ——沙粒平均粒径；

H ——沙障（栅栏）出露于地表以上的高度；

h ——路基高度；

k ——适当的安全距离；

L ——上风侧或下风侧的防护带宽；

Q ——上风侧或下风侧单位宽度断面上的外侧来沙；

T ——防护体系的更新周期；

V ——固沙方格单位面积达到积沙饱和时的积沙量。

3 勘 测

3.1 一般规定

3.1.1 沙漠地区公路工程地质勘察可分为工程可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察三个阶段，测量工作应同步配合开展。

3.1.2 沙漠地区公路工程地质勘察应分阶段查明沿线气象、地形地貌、工程地质、水文地质、植被、生物多样性、风沙危害及筑路材料等情况。

3.1.3 风沙危害等级宜按表 3.1.3 评定，评价指标可按本规范附录 A 规定的方法测定。不同等级公路评定应符合下列规定：

1 高速公路、一级公路应采用植被覆盖度、沙丘高度、起沙风频率、沙丘移动速度及年输沙量五项指标进行评定。

2 二级及二级以下公路应采用植被覆盖度、沙丘高度、起沙风频率三项指标进行评定。

表 3.1.3 风沙危害等级评定标准

危害等级	评价指标					综合定性描述
	植被覆盖度 (%)	沙丘高度 (m)	起沙风频率 (d/年)	沙丘移动速度 (m/年)	年输沙量 [$\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{年})$]	
轻度	>30	<1.0	<10	<2	<5	地表团结好，沙源有限，起沙动力弱，无明显移动。固定沙漠、沙质草原
中度	10~30	1.0~5.0	10~30	2~5	5~10	植被斑块化，沙源活化，起沙风常见，沙丘开始前移。半固定沙漠
严重	<10	>5.0	>30	>5	>10	地表裸露，沙源丰富，起沙动力强，沙丘移动迅速。流动沙漠

注：评价指标对应危害等级一致时，直接确定为该等级；评价指标对应危害等级不一致时，按指标中最高等级确定。

3.2 工程地质调绘、勘探与测试

3.2.1 沙漠地区公路沿线地质调绘前，应搜集下列主要资料：

- 1 近 15 年各类比例尺的地形图、航测照片、卫星照片。
- 2 区域工程地质、水文地质、气象、植被及土壤资料。
- 3 交通、农林、环境等部门的有关地方性法规、规划、设计、科研成果及保护区范围等资料。
- 4 项目区域连续 20 年的气温、地温、降水、蒸发、湿度、风向、风速、风向玫瑰图、起沙风矢量图等气象资料。
- 5 项目区域附近既有沙漠公路施工及运营期的相关技术资料。

3.2.2 沙漠地区公路地质调绘应包括下列主要内容：

- 1 风沙地貌的形态特征、沙漠类型与分布范围。
- 2 路线两侧沙源的分布情况、风沙地貌的形成条件，各类沙丘的平面形态、高度、分布状态及横断面特征。
- 3 沙山、沙垄及沙丘表面的风沙流特征，低矮沙丘的移动方向。
- 4 沙丘、沙垄移动方向与路线走向的关系，沿线沙害类型、分布段落及其严重程度。
- 5 地表物质的工程地质特性，包括颗粒组成、矿物成分及含水率等情况；风积沙的干密度和内摩擦角。
- 6 地表水分布及最大积水高度，地下水埋藏深度，水的含盐量与盐分种类，水的可利用性。
- 7 项目区域植被覆盖度、植物种类及生长等状况。

3.2.3 应搜集或测定路线沿线的起沙风速、沙丘移动速度、不同地貌输沙量、垂直梯度风速、风沙流结构特征，以及大风和高频率起沙风的方向与季节分布。

3.2.4 公路工程地质病害调查应包括下列内容：

- 1 沿线路基风蚀、沙埋路段的分布范围及危害等级，提出防治措施建议。
- 2 路基填料含盐量及盐类型，提出病害防治措施建议。
- 3 路基液化、冻胀性评价及路段分布，提出病害防治措施建议。
- 4 公路沿线地表径流的状况，提出排水措施建议。

3.2.5 筑路及防沙材料调查应包括下列内容：

- 1 沿线及周边区域筑路材料的类别、产地、质量、数量和开采运输条件。
- 2 防沙工程所需材料的来源地、供应量、品质，固沙植物尚应调查其采收季节。
- 3 工程用水按地貌单元进行调查，包括水源的位置、种类、水量、水质、季节性变化及取用方式。必要时，在沙漠边缘、丘间洼地、古河道等地区设置探井，对普查钻孔进行简易抽水试验，计算含水层渗透系数和给水度。

条文说明

筑路材料包括路基、路面材料和防沙工程材料，优先调查公路起、终点及沿线附近能利用的材料，如风积沙、水、防护材料及砂砾材料等；就近无法满足时，再拓展至区域内或区域外调查。

在风积沙化学加固技术方面，随着材料科学的发展和不断进步，各种新型加固剂层出不穷，需掌握其信息，将满足路用性能要求且经济合理的加固剂应用到沙漠公路修建工程之中。

土工布、土工袋、土工格室等土工合成材料加固风积沙效果良好，如将土工格室用于沙漠公路路面底基层，这种结构中的土工格室材料虽需远运，但格室中填筑的风积沙可就地取材，经济比选与技术论证后，具备实施条件也可以予以采用。

3.3 测量

3.3.1 沙漠地区公路测量应符合现行《公路勘测规范》(JTG C10) 和《公路勘测细则》(JTG/T C10) 的有关规定。

3.3.2 沙漠地区公路测量桩志应根据沙漠的流动性特点进行埋设，并应符合下列规定：

- 1 控制测量桩及水准点桩志宜采用钢管桩，其规格为直径 3~5cm，长度不小于 150cm，埋入或打入地下，桩顶高出地面 10~50cm，并设立指示标志。
- 2 路线控制桩志宜采用钢筋桩或木桩，其规格为直径 1~2cm，长度不小于 100cm，埋入或打入地下，桩顶高出地面 10~20cm，并设立指示标志。
- 3 标志桩宜采用铁钎桩，其规格为直径 3~5mm，长度不小于 30cm，插入地下，桩顶高出地面 5~10cm。
- 4 水准点标志桩位置，宜位于路中线两侧 50m 外的平坦沙地、灌丛边缘或沙丘迎风坡脚处。

条文说明

在流动沙漠地区埋设公路测量标志，易遭受风蚀和沙埋，丢失严重。埋设时需考虑风沙流特点；采用特制标志，防止被风刮倒或被沙埋，同时加强保护，便于施工恢复。各种标志一般选用断面积小、迎风面窄、耐用的钢管、圆钢筋、铁钎等特制标志。控制点一般避免选择在迎风坡脚和背风落沙坡上。

3.3.3 中桩测量应在路线纵横向地形变化点、沙丘坡顶和坡脚、植被分界、土质变化及不良地质地段等处布设加桩。

3.3.4 横断面测量宜采用激光雷达、正射影像等先进技术手段。结合沙漠地区特点,根据地形、地质及设计要求确定,应满足路幅及防沙体系布设需要;平缓沙地单侧不宜小于 30m,沙山沙垄单侧不宜小于 50m。

3.3.5 地形图测绘宽度应考虑防沙、固沙需要,路线上风侧测绘宽度不应少于 300m,下风侧不应少于 200m。

3.3.6 定测应对初测埋设的控制点进行核查,受风蚀和沙埋破坏的应及时补设。

3.3.7 沙漠地区测量工作应配备沙漠特种车辆、导航设备、卫星电话及沙漠地区生活必需品等。

3.4 工程可行性研究勘察

3.4.1 工程可行性研究勘察应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)和《公路勘测细则》(JTG/T C10)的有关规定。

3.4.2 工程可行性研究勘察应包括下列内容:

- 1 初步查明公路沿线的地形地貌、工程地质、水文地质、气象条件及沙生植物分布。
- 2 初步查明路线两侧沙源的分布情况、各类沙丘的形态特征,调查范围不宜小于 300m。
- 3 初步查明植被覆盖度、沙丘高度、起沙风频率,高速公路、一级公路还应查明沙丘移动速度和年输沙量,分析并初步判定风沙危害程度。
- 4 初步查明路线走廊带内特殊性岩土分布范围,评价各路线走廊带的工程地质条件,分析特殊性岩土可能引发的工程地质问题。
- 5 选择代表性地段进行勘探取样,开展风积沙物理力学性质试验、易溶盐含量试验及水质分析,掌握地层分层界限。
- 6 初步查明筑路材料的分布、质量、储量、开采及运输条件,以及工程用水水源的位置、水量与水质。
- 7 初步查明区域内防沙材料的类型、资源储量及获取可行性,提出防沙材料选型的初步建议。
- 8 编制工程可行性研究阶段工程地质勘察报告。

3.4.3 工程可行性研究勘察报告应包括下列内容:

- 1 公路沿线的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等;各路线走廊带风积沙的分布范围、物理力学性质、发展趋势等;路线方案中风沙危害及特殊性岩土对

工程的影响程度、推荐路线方案及处理措施；沿线筑路材料及防沙材料的分布、开采、运输条件，以及工程用水的水源、水质情况。

2 1:10 000~1:50 000 路线工程地质平面图，标注风积沙、不良地质的分布范围界线及主风向；1:10 000~1:50 000 路线工程地质纵断面，注明风积沙厚度及其他特征；沙漠重点路段提供 1:2 000~1:10 000 工程地质平面图、纵断面图，以及附图、附表、照片等。

3.5 初步勘察

3.5.1 初步勘察应在工程可行性研究勘察成果的基础上，采用工程地质调绘、勘探、室内外试验等方法，基本查明控制路线方案的沙漠地貌类型、风积沙工程特性、不良地质分布及风沙沙源、风向频率、植被覆盖度、沙丘高度、侵蚀强度等，分析风沙危害程度对工程方案的影响，提出处理措施建议。

3.5.2 初步设计现场踏勘应包括下列内容：

1 核查已搜集的地形图、航测照片与现场风沙地貌的符合性，评估其对拟定路线方案的影响，变化显著时应提出路线调整建议。

2 调查沿线各类管线、旅游风景区、自然保护区、沙化封禁区、公益林等与路线的位置关系，提出保护措施。

3 核查路线附近筑路材料和水源地情况，对筑路材料和水源缺乏处应提出解决方案。

3.5.3 初步勘察应查明下列内容：

1 风积沙及沙源分布的地貌类型、沙丘高度、植被覆盖程度、沙生植物分布等情况，调查范围不宜小于 200m。

2 调查或测定风力及风向频率，高速公路、一级公路应查明沙丘移动速度和年输沙量。

3 风积沙的物理力学性质及其平面与深度分布范围。

4 降水、蒸发、气温、冻结深度，沙尘暴情况及影响范围。

5 地下水类型、埋藏条件、季节性变化幅度、升降趋势及其与地表汇水的关系。

6 既有道路、其他建筑物等风沙危害情况及防治工程经验。

7 植物固沙路段应测定沙土的含盐量、pH 值及有机质含量等。

3.5.4 初步勘察应符合下列规定：

1 勘探点宜沿拟定的路线中线在低洼处布置，平均间距不宜大于 1km。除高大沙丘外，勘探深度应基本查明风积沙厚度、地层结构和地下水发育情况。

2 控制和影响工程方案的沙丘、风蚀洼地路段应布置勘探断面。流动沙丘、风蚀

洼地, 勘探断面在路线两侧的宽度不宜小于 300m; 固定、半固定沙丘, 勘探断面在路线两侧的宽度不宜小于 200m。应在沙丘、丘间洼地采取代表性沙样进行试验。丘间洼地勘探深度宜达地下潜水位或地面下 2m; 非含盐沙土层应根据沙土层揭示深度及土质垂直分布状况, 分层取样间距不宜大于 80cm。

3 应在水文地质调绘的基础上, 结合工程及生活用水进行水源地勘探, 选择泉、湿地、古河床以及植被茂盛地带和断层破碎带附近布置物探断面和勘探钻孔。

4 地下水发育路段, 应开展抽水试验并取样进行水质分析。

5 核实防沙材料的储量与质量。

3.5.5 初步勘察报告应包括下列内容:

1 沿线沙漠形成的地形地貌条件, 从气候、地质、水文角度分析风积沙的形成与演化条件; 工程地质条件、水文地质特征、沙生植物分布、风积沙及特殊性岩土的工程性质、分布规律; 基本判定风沙危害程度; 分析特殊性岩土对公路路基、构造物可能产生的危害程度, 提出病害防治措施建议; 对取土场开采运输条件、材料适宜性, 以及防沙材料的资源状况、性能适配性进行评价, 提出推荐意见。

2 重点评价公路沿线不同段落路基遭受风蚀与沙埋危害的程度; 结合风沙规律分析提出路基合理断面形式、防风固沙体系配置等路基与防沙一体化方案。

3 1:2 000~1:10 000 路线工程地质平面图, 填绘风积沙地层界线、风沙侵蚀强度分区界线、沙生植物分布范围等; 1:2 000~1:10 000 路线工程地质纵断面图, 填绘地层岩性及层序构造, 分段说明风积沙的地层年代、成因、风沙侵蚀等级、主风向、分层厚度、承载力等工程地质条件及处理建议; 工点工程 1:500~1:2 000 地质平面图, 1:50~1:500 纵横断面图, 填绘地层类型、地下水位线等; 钻孔或探坑柱状图比例尺为 1:50~1:200; 岩土物理力学指标汇总表、水质及易溶盐分析资料、不良地质地段表、物探解译成果、取土场及防沙材料产地位置与储量分布图及储量计算资料、附图、附表、照片等。

3.6 详细勘察

3.6.1 详细勘察应充分利用初步勘察成果, 逐段查明全线地层岩性类型、地下水条件、风积沙的分布规律及变化趋势等, 查明沙源、风向频率、植被覆盖度、沙丘高度, 高速公路、一级公路还应查明沙丘移动速度和年输沙量, 分析风沙活动规律并判定危害程度; 开展特殊性岩土工程地质分析评价, 为施工图设计提供技术资料。

3.6.2 详细勘察应对初步勘察的工程地质调绘资料进行复核; 当线位偏离初测线位或地质条件需要进一步查明时, 应补充工程地质调绘。

3.6.3 详细勘察应符合下列规定:

- 1 勘探点应沿确定的路线中线布置，平均间距不应大于 500m。
- 2 流动沙丘、风蚀洼地等路段，应增设勘探横断面。勘探断面的数量和位置应结合风沙危害程度确定，每个勘探断面上的勘探点数量，高速公路、一级公路不应少于 3 个，二级及二级以下公路不应少于 2 个。
- 3 应采用挖探、钻探、原位测试等进行综合勘探。
- 4 应按不同风沙地段采取沙样，测定颗粒组成、矿物成分、磨圆度，分析风积沙的力学性质。
- 5 应查明防沙材料产地、性能指标、供应能力、运输成本及适配性。

3.6.4 详细勘察报告除应符合本规范第 3.6.3 条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 按桩号分段分析风积沙工程性质。
- 2 对初步设计风沙路段的防沙体系和防治措施进行评价，提出合理的调整建议。
- 3 提出各路段防沙材料的优选方案、用量估算及施工适配性建议。
- 4 1:200 ~ 1:2 000 取土场工程地质平面图，填绘储量计算范围界线；1:200 ~ 1:500 取土场工程地质断面图，填绘储量计算范围界线及土料质量分层界线。

3.7 改扩建工程

3.7.1 改扩建公路的工程地质勘察除应符合现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 查明既有公路路基各层的土质类型、含盐性质、含盐量及物理力学性质等，评价既有路基利用的可行性。
- 2 查明既有路基沙埋、风蚀、陷落、盐胀等病害类型与分布范围，以及病害成因、发展情况，提出病害处理措施建议。
- 3 对原路线位进行调查，评价利用的可行性。

3.7.2 改扩建工程勘察应结合既有路基土质及病害类型，对路基拼宽段提出新旧路基衔接的处理措施建议。

3.7.3 应查明既有公路防沙体系的类型、分布范围、规模及完好状态，包括下列内容：

- 1 工程防沙设施的材料类型、布设形式、完好率、老化程度及积沙情况。
- 2 植物防沙植被的成活率、覆盖度、退化程度、沙埋程度、灌溉系统老化程度及生态影响。
- 3 防沙设施对新线路基拓宽、防护体系重建的干扰范围及程度，以及是否形成新沙源或风蚀隐患。

条文说明

既有防沙体系残留易被忽视，如某高速公路部分路段残留沙障积沙形成新沙垄，对公路安全构成威胁；某铁路改造中既有明洞等设施也改变了局部风沙流场。本条聚焦残留设施的核心影响：一是防沙设施破损、老化、腐烂，可能导致防护失效；二是残留结构可能干扰新防护体系的连贯性；三是不当处置残留设施可能破坏原生固沙植被。调查需结合无人机航测与地面调绘，精准评估残留设施的利用或拆除方案，避免重复建设与生态破坏，遵循“因地制宜、生态优先”的原则。

交通运输部信息公开
浏览专用

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 总体设计应在经批复的工可报告确定的技术标准、规模及实施方案的基础上，结合沙漠特殊环境与工程特点开展。

4.1.2 总体设计应遵循“安全环保、经济适用、因地制宜”的原则，结合干旱少雨、风频沙多、生态脆弱等环境特点，统筹技术可行性与生态兼容性，取得良好的社会、经济和环境效益。

条文说明

我国沙漠区域辽阔、类型复杂，主要特点是气候干旱、酷热、风频沙多、生态环境脆弱。沙漠公路设计需结合当地自然条件、地貌类型、生态环境和风沙危害等，根据公路等级和不同阶段，遵循“因害设防，主动防护”等原则，统筹考虑安全、防沙、环保等要求，协调路线、路基路面、桥涵、防沙、交通安全设施、环保、景观各环节，开展总体设计。

4.1.3 总体设计方案应结合路网布局、建设条件等因素，兼顾近远期建设需求，经多方案比选论证确定。

4.1.4 风沙严重、中度危害区域应优先采用合理选线等主动措施绕避；其次通过选取适宜的线位、路基高度、边坡形式减轻沙害；无法采用主动措施时，应增强路侧的被动防沙体系及措施；风沙轻度危害区域可按常规公路标准执行。

4.1.5 流动沙漠及严重沙害地区的高速公路、一级公路，应优先采用分离式路基、缓边坡，不宜设置护栏；半固定沙漠地区的高速公路、一级公路，宜采用分离式路基。不具备条件而采用整体式路基时，应按相关规范要求放缓路基边坡，不设路侧护栏；确需设置护栏时，宜采用高透风率的护栏。

4.1.6 防沙工程应与主体工程同步设计、同步施工、同步验收。

4.1.7 山前冲积扇、山间盆地边缘等易受上游汇水影响的沙漠公路，应调查上游汇水面积、冲沟分布及历史洪水位，评估极端降雨引发洪水对公路的危害，并在路线方案选择、路基高度确定、桥涵及排水设施设计中予以充分考虑。

4.1.8 公路用地除按常规公路用地规定执行外，尚应根据防沙工程需要，协调自然资源主管部门单独划定防护林、植物固沙区及其他防沙工程设施所需的专项用地范围，用于布设防沙体系。

4.2 路线总体布设

4.2.1 路线总体方案应符合规划要求，结合沿线沙漠地貌、风沙特征及当地经济社会发展需求，合理避让严重沙害地带。

4.2.2 路线布设与线形设计应结合风沙危害程度进行方案论证。路线方案无法有效绕避严重沙害区域，或线形组合、路基断面形式不利于风沙流输导时，应优化方案或加强防沙设计。

4.2.3 路线布设应与生态保护红线相协调、与资源环境承载力相适应，合理避让封禁区等重要生态功能区域。

4.2.4 平纵线形应结合沙漠宏观地形地貌，宜采用连续、均衡、顺适的平纵技术指标，避免过长或过短直线及小半径曲线。

4.3 公路工程与防沙协同设计

4.3.1 公路主体工程应与防沙体系协同设计。应根据沙漠类型、风沙危害程度，合理选用路基断面形式与防沙体系，为阻沙、固沙、输沙措施提供布设空间与界面条件，形成路基与防沙一体化设计方案。

4.3.2 应结合沿线地形地貌、植被覆盖、风沙活动特征、输沙量、防护材料及公路等级，确定路侧防沙措施的类型与防护范围。

4.3.3 公路排水、交通安全设施及其他沿线设施应结合沙漠地区特点，与防沙体系协同布设，避免引发次生沙害。

4.4 防沙工程总体设计

4.4.1 流动沙漠、半固定沙漠路段的防沙工程应构建完整防沙体系，体系内各措施协同配合，保障防沙效果。

4.4.2 防沙工程应根据风沙危害程度构建相适应的防沙体系。

4.4.3 防沙措施应因地制宜、就地取材，统筹近远期建设需求，选用生态与经济兼顾的防沙技术。

4.5 路基路面与筑路材料及排水

4.5.1 路面结构设计宜采用便于沙漠地区大规模机械化施工的形式，结构层次不宜过多。

4.5.2 路基填筑材料设计应遵循因地制宜的原则，优先利用沿线风积沙等材料。防沙材料应综合选用芦苇、柴草、砂砾、土工合成材料等环保型材料。

4.5.3 排水设施的设计应充分考虑风沙淤积的影响，保障排水系统的功能，有条件时宜设置雨水收集系统。

4.5.4 固定沙漠、半固定沙漠地区存在明显集中汇流的路段，桥涵宜采用大孔径形式。

4.6 环境与景观

4.6.1 公路环境保护应遵循保护优先原则。总体设计应统筹公路防沙体系与生态环境保护措施，重点保护绿洲生态区、沿线原始植被、生物结皮、丘间洼地硬壳、粗沙表层，以及野生动物栖息地、迁徙通道，严禁因筑路、取土及采挖防沙材料破坏原有生态稳定区。

4.6.2 路线应与沿线地貌地物相协调，与沙漠自然风貌有机融合，避免过度干预；统筹防沙构造物等景观效果，营造兼具生态防护与视觉美感的沿线景观。

条文说明

沙漠公路景观遵循“宜绿则绿，宜漠则漠”的原则，有条件绿化的沙漠地区，可

以通过人工绿化改善景观。在无条件绿化时,也可以利用工程防沙设施和当地材料美化景观。

4.6.3 沙漠公路建设应开展生态环境影响评价及水土保持方案编制,落实全过程环境保护要求。

4.7 交通工程及沿线设施

4.7.1 交通工程及沿线设施应与公路主体、防沙体系及沿线自然环境相协调,统筹确定设施类型、布局与建设时序。

4.7.2 护栏、标志等交通安全设施的选型与布设,应减小对风沙流的阻挡作用,避免因设施阻沙引发路面积沙。

4.7.3 服务区、停车区等沿线设施的总体配置,应评估风沙危害程度,差异化确定布设间距。

4.7.4 交通监控、收费、通信等管理设施应兼顾防沙要求,合理确定布设位置与防护标准。

4.8 改扩建工程

4.8.1 改扩建工程除常规检测外,还应对既有路面性能进行检测;评估既有公路的沙害状况及防沙设施的可用性,优先利用既有资源,并开展路基拼宽与另建新幅的方案比选。

4.8.2 改扩建工程应减少对既有防沙体系及其他设施的破坏,避免引发新的沙害。

5 路线设计

5.1 一般规定

5.1.1 应结合风沙危害程度，合理利用沙漠地形、正确运用技术指标开展路线设计。

5.1.2 平纵线形组合应兼顾公路与沙漠环境的协调性，采用减轻风沙危害、保障行车安全的均衡线形，保证线形连续、行车安全舒适。

5.2 选线原则

5.2.1 应遵循环境保护与可持续发展原则。路线应绕避生态敏感区和珍稀植物，减少对自然环境的破坏，实现良好的生态与社会效益。

5.2.2 应遵循技术指标与地形条件相协调的原则。使路线与自然环境及宏观地貌相适应，顺应自然、融入自然。

5.2.3 应遵循合理绕避与直接穿越相结合的原则。严重沙害路段应优先绕避，绕避方案不经济时，合理选择穿越位置、缩短穿越长度，并采取配套防沙措施。

5.2.4 应遵循路线设计与防沙工程相结合的原则。路线线位及线形应满足防沙要求，中度及以上沙害路段应配套设置适宜的防沙体系。

5.3 选线要点

5.3.1 沙漠地区选线应符合下列规定：

- 1 路线走向宜与主导风向平行或夹角小于 30° 。
- 2 线位宜主动绕避严重沙害区域，无法绕避时宜以最短距离通过。
- 3 线位宜布设在沙丘迎风坡一侧。
- 4 纵断面线形应顺应宏观自然地形。

条文说明

沙漠地区地形和风沙条件复杂,公路选线要结合风向顺应宏观地形,主动绕避沙害严重区域,并采用沙害较轻的布设方式,主要包括:路线平纵线形均衡,线位布设在迎风侧,路线与主风向平行或小角度斜交,路基高度合理,横断面上采用缓边坡或流线型等,可以减轻风沙危害,有利于减少运营期的养护成本。

5.3.2 流动高大沙山或沙垄越岭段选线应符合下列规定:

- 1 应结合风沙地貌与地形状况,选择高程较低、纵坡较小、横断面开阔的垭口作为控制点,并形成视距良好的平纵组合线形。
- 2 线位宜布设在迎风坡侧靠近坡脚处。
- 3 线位布设宜遵循填挖方平衡原则,当防沙工程符合设计要求且弃方选址合理、处置方案可行时,挖方量可略大于填方量。

5.3.3 流动高大沙山或沙垄之间谷地选线应符合下列规定:

- 1 平面布线应靠近路线走廊带总控制方向线。
- 2 线位宜布设在高大沙垄或沙山迎风坡侧坡脚附近,不得布设在背风侧落沙坡处。
- 3 谷地宽度较小时,路线宜布设在谷地中心或靠近迎风坡脚附近。
- 4 路线必须穿越高大沙丘背风坡时,宜以最短距离通过。

5.3.4 流动低矮沙丘地段选线应符合下列规定:

- 1 穿越流沙微丘区地貌,宜采用短捷顺适的直线、大半径平曲线。
- 2 纵断面线形应顺应宏观自然地形变化,以低路堤为主。

5.3.5 固定或半固定沙漠及植被带选线应符合下列规定:

- 1 应有利于保护自然植被及其生长环境。
- 2 通过植被区时,宜选择在植被稀疏的空隙地带穿过。
- 3 应绕避草本植物段落、淤土地、风蚀洼地、盐渍化平地、粗沙平地及林地等各类植物生长地段;无法绕避时,路基宜采用低路堤形式通过,并应保护原始生态环境,利用附近裸露风积沙丘集中取土。

5.4 线形及组合

5.4.1 路线平面设计应符合下列规定:

- 1 平面线形应结合公路等级与沙漠环境条件,优先采用高指标。
- 2 平面线形应快捷、连续、均衡,与风沙地貌、地形、地物相适应。
- 3 导线布设偏角宜控制在 20° 左右,并采用不设超高的平曲线。
- 4 景观单调路段,直线段长度不宜过长。

5 流动沙垄间地、低矮流动沙丘及沙垄地段，其沙丘（沙垄）相对高差小于20m时，宜采用直线形式。

6 采用长直线时，纵坡不宜超过受限路段最大坡长，否则应设置缓和段。长直线或长纵坡尽头的平曲线半径不应小于一般路段的最小半径。

7 圆曲线半径应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 沙漠公路圆曲线半径

设计速度 (km/h)		120	100	80	60	40	30	20
一般路段	最小半径 (m)	1 000	900	700	600	400	400	400
	不设超高最小半径 (m)	5 500	4 000	4 000	3 500	2 500	2 500	2 500
受限路段	最小半径 (m)	1 000	700	400	200	100	65	30
	不设超高最小半径 (m)	5 500	4 000	2 500	1 500	600	350	150

8 确定圆曲线半径时，应与前后线形要素相协调，构成连续、均衡的曲线线形。

9 平曲线宜设在开阔平坦的地区，地形复杂的沙山顶部不宜设置平曲线。

条文说明

受限路段是指地形条件受到工程量或环保等因素限制的道路。

平曲线线形设计在一般路段尽量采用较高的平面线形指标。

根据交通事故调查及驾驶员心理测试等研究，直线段长度超过10km时，驾驶员易产生精力不集中现象，交通事故率增加。

5.4.2 路线纵断面设计应符合下列规定：

1 纵断面线形应与风沙地貌、宏观地形相适应，一般路段宜采用长缓纵坡接大半径竖曲线，使线形视觉连续、平顺圆滑，避免短距离内频繁变坡。

2 路线通过高大沙山、沙垄时，应顺应自然地形走向，多填少挖，挖方路堑长度不宜超过200m。

3 路线通过中等高度沙丘、沙垄分布段时，纵坡宜顺应宏观自然地形，采用填挖方平衡或填方略大于挖方的设计，路堤高度宜高出地面线平均高度50~100cm。

4 路线通过移动速度较快的低矮新月形沙丘或沙地分布地段时，路堤高度宜高出沙丘平均高度0~50cm。积雪、潮湿地区宜适当提高。

5 最大纵坡应符合表 5.4.2-1 的规定。

表 5.4.2-1 沙漠公路最大纵坡

设计速度 (km/h)	120	100	80	60	40	30	20
一般路段最大纵坡 (%)	3	3	5	5	6	6	7
受限路段最大纵坡 (%)	3	4	5	6	7	8	8
一般路段最小坡长 (m)	350	300	250	250	250	250	250
受限路段最小坡长 (m)	300	250	200	150	120	100	60

6 各级公路的最大坡长应符合表 5.4.2-2 的规定。

表 5.4.2-2 沙漠公路不同纵坡的最大坡长

设计速度 (km/h)		120		100		80		60		40		30		20	
路段类型		受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段
纵坡 坡度 (%)	3	900	800	1 000	900	1 100	900	1 200	1 000	—	—	—	—	—	—
	4	700	500	800	600	900	700	1 000	800	1 100	1 000	1 100	1 000	1 200	1 000
	5	—	—	600	400	600	400	600	600	900	600	900	700	1 000	800
	6	—	—	—	—	500	—	600	400	700	500	700	500	800	600
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	500	—	500	—	600	400
	8	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—	300	—	400	—

7 竖曲线最小半径与竖曲线长度应符合表 5.4.2-3 的规定。

表 5.4.2-3 竖曲线最小半径与竖曲线长度

设计速度 (km/h)		120		100		80		60		40		30		20	
路段类型		受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段	受限 路段	一般 路段
凸形竖曲线 半径 (m)		11 000	17 000	6 500	10 000	3 000	10 000	1 400	4 500	1 400	4 500	1 400	4 500	1 400	4 500
凹形竖曲线 半径 (m)		4 000	6 000	3 000	4 500	2 000	4 500	1 000	3 000	1 000	3 000	1 000	3 000	1 000	3 000
竖曲线长度 (m)		100	100	85	85	70	70	50	70	50	70	50	70	50	70

条文说明

沙漠地区地形条件复杂，纵断面线形追求高指标会增加成本，但较低指标不利于交通安全，纵断面设计时需要综合考虑宏观地貌，顺应大地形，避免受局部地形限制；一般路段尽量减小坡差，采用较高指标的长缓纵坡接大半径竖曲线。

由于车轮在积沙路面上易打滑，大纵坡不利于安全，且推沙施工相对较易，因此本条中一般路段最大纵坡坡长较行业规范更严格。

设置凸形竖曲线路段时，视距要满足停车视距要求，如条件允许，最好满足超车视距要求，避免成为交通事故频发点。竖曲线段积沙现象较为普遍，凹形竖曲线尤为突出，竖曲线半径推荐采用较大值。

4 沙丘平均高度可以在纵断面上选取多个代表性沙丘，量测高度后计算平均值。

5.4.3 平纵线形组合应符合下列规定：

- 1 沙山和沙地、受限路段与一般过渡段应做好平纵线形组合设计，保持线形均衡，避免因线形突变导致风沙堆积。
- 2 平、纵面线形组合设计应注重与风沙地貌环境和景观的协调配合。

5.5 路线交叉

5.5.1 平面交叉、立体交叉及通道等设计中，应对匝道、桥下等背风侧易积沙区域开展针对性防沙设计。

5.5.2 高速公路 U 形转弯设施宜采用被交线上跨方案。

5.6 改扩建工程

5.6.1 应对既有路线平、纵线形进行评价，并提出合理的线形利用方案。

5.6.2 改扩建宜充分利用既有公路线形，优先在下风侧拼宽或新建一幅；确需在上风侧拼宽或另行新建一幅分离式路基时，应对既有阻沙栅栏临近新线时的风沙危害情况进行调查，并提出防沙处置措施。

5.6.3 改扩建项目的起讫点宜与既有互通式立体交叉、服务区等设施衔接，新增线位应与既有公路做好衔接设计，避免切割原有防沙体系，减少对其他设施的破坏，防止引发新的沙害。

6 路基设计

6.1 一般规定

6.1.1 沙漠公路路基设计前,应按相关规定开展调查,做好资料收集、分析与研究工作。

6.1.2 沙漠地区常规筑路材料匮乏,路基填筑应优先利用风积沙。

条文说明

沙漠地区通常缺乏常规筑路材料,而风积沙资源丰富。大量的试验研究表明,风积沙具有以下工程特性:

(1) 风积沙粒径主要分布在 $0.075\sim 0.25\text{mm}$ 之间(占95%以上),细度模数为1.28,不均匀系数1.31,粉黏粒含量很少,塑性指数接近于零,密度为 $2.65\sim 2.7\text{g/cm}^3$ 。

(2) 风积沙的比表面积很大,但无黏性,颗粒表面活性低,松散性强,级配差,保水性差。这些特性将给公路施工带来很多困难,但另一方面其水稳性及整体强度较好,回弹模量波动小,对保证道路整体稳定性是有利的。

(3) 风积沙的沉降变形一般在15s以内即完成,且产生的徐变很小,总沉降量小于1.5%,属低压缩性土。风积沙的干密度与CBR(加州承载比)及回弹模量呈正相关;风积沙的沉降率随荷载等级增大而逐渐增大;风积沙的抗剪强度随密度增加而增大,内摩擦角明显增大。

6.1.3 沙漠公路路基宜采用填方形式,路基高度应兼顾结构强度、风沙危害防控、行车安全及经济合理性。

6.1.4 沙漠地区高速公路、一级公路宜采用分离式、缓边坡路基,不设护栏;采用分离式断面时,两幅路基净距宜大于12m。

条文说明

实践经验表明,沙漠地区设置护栏极易造成路面积沙,严重影响行车安全,且养护清沙困难。通过采用分离式断面,在符合现行《公路交通安全设施设计规范》(JTG

D81) 的规定下可取消护栏, 且当中间间距大于 12m 时可形成足够宽的通透带, 利于风沙流顺畅通过, 避免路面积沙。

6.1.5 在地形条件受限时, 路基如需采用整体式断面, 应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 的有关规定, 且中央分隔带应与路面齐平, 表层宜采用混凝土板或沥青砂加固。

6.1.6 沙漠边缘及平沙地路段, 路基宜采用低路基、缓边坡横断面。

6.2 路基横断面

6.2.1 沙漠公路路基横断面应根据公路等级和技术标准, 结合风沙地貌、填挖情况及土质条件等进行设计。

6.2.2 沙漠地区填方路基横断面应采用图 6.2.2 的形式。

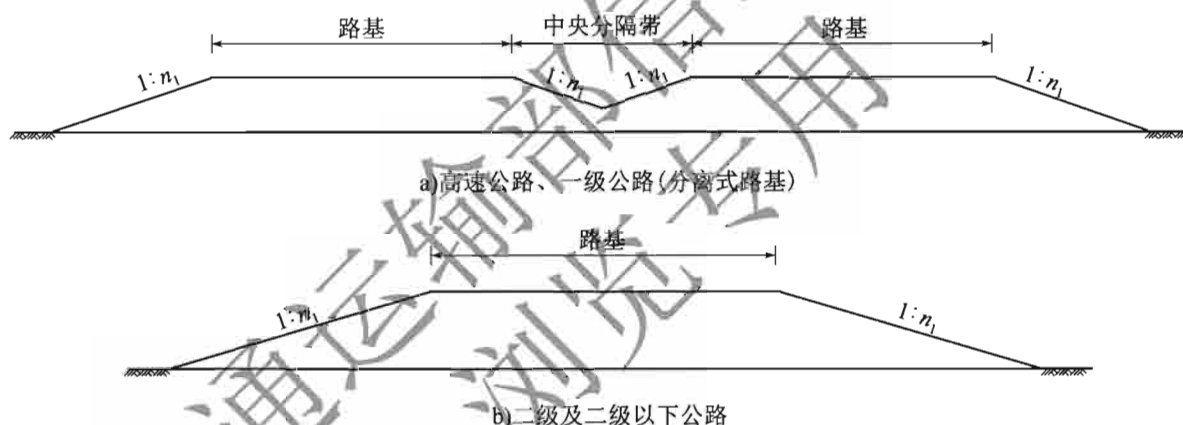


图 6.2.2 沙漠地区填方路基横断面图

6.2.3 沙漠地区挖方路基横断面应采用图 6.2.3 的形式。流动沙漠地区高速公路、一级公路应设置积沙平台, 二级及二级以下公路宜设置积沙平台; 固定沙漠、半固定沙漠地区各级公路可增设积沙平台。积沙平台单侧底部宽度宜为 3~5m, 高速公路、一级公路及风沙危害严重的路段上风侧宜取高值。

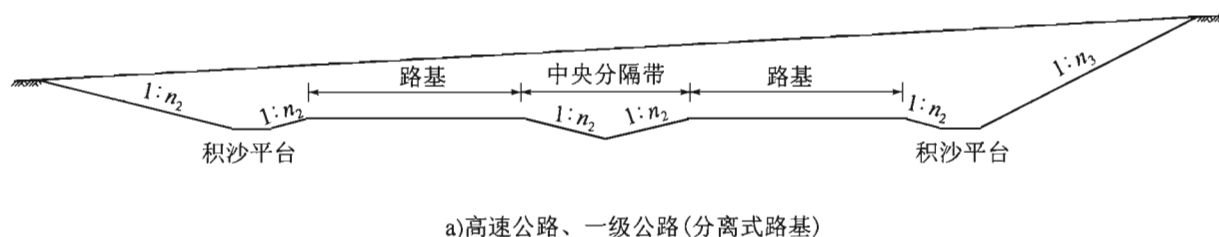


图 6.2.3

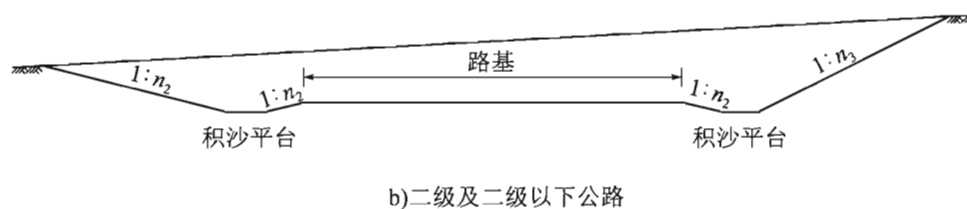


图 6.2.3 沙漠地区挖方路基横断面

6.2.4 沙漠地区半填半挖路基横断面应采用图 6.2.4 的形式。

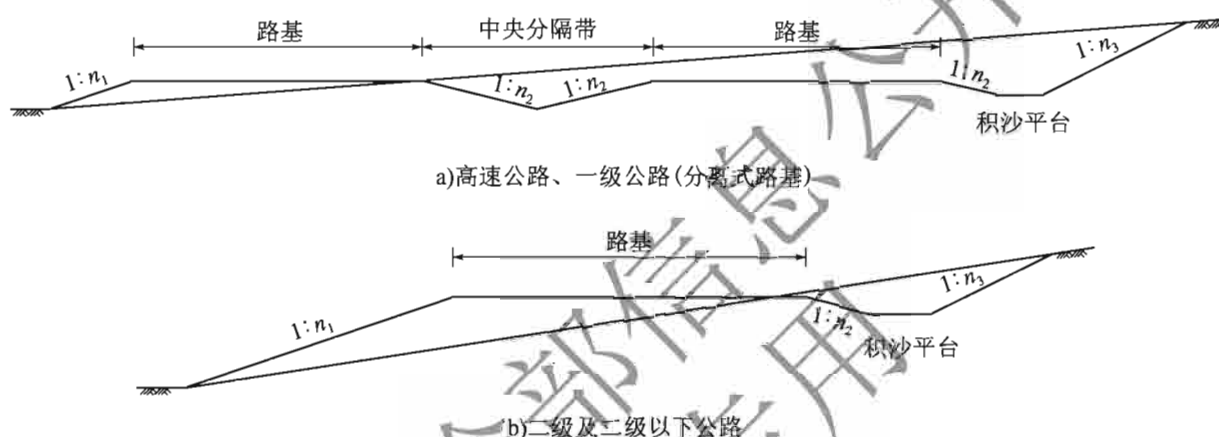


图 6.2.4 沙漠地区半填半挖路基横断面图

条文说明

分离式路基在沙漠地区的应用能有效减少沙害对路基的影响，在综合防沙体系中具有较大优势。因此，高速公路、一级公路路基横断面形式，需要根据沿线环境、风沙危害程度及用地情况等因素，合理采用分离式和整体式路基。一般在流动性沙漠地区采用分离式路基，在固定和半固定沙漠地区可根据沙害对路基的影响程度采用整体式路基。

工程实践表明，设置积沙平台可以有效储存风沙流穿越路堑处沉积量，减少在路面上的堆积，提高行车安全。

6.2.5 沙漠边缘区利用风积沙修筑路基时，可采用砾类土或当地细粒土设置包边，路基断面形式如图 6.2.5 所示，边坡坡率不宜小于 1:1.5，包边土单层压实厚度宜为 30cm。高速公路、一级公路包边土顶宽宜为 200cm，填筑材料宜采用砾类土；二级及二级以下公路顶面宽度宜为 50~100cm，填筑材料可采用细粒土。包边土材料应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)的有关规定。

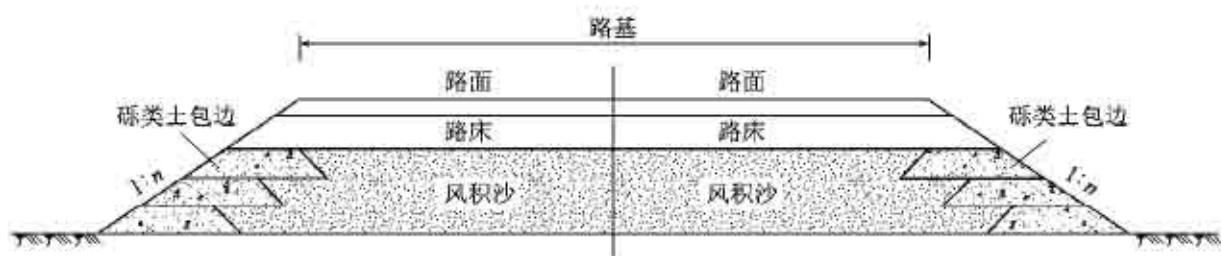


图 6.2.5 风积沙包边路基断面形式

条文说明

在沙漠边缘修筑普通公路，可以充分利用风积沙填筑路基，为防止风积沙边坡滑塌或遭到破坏，可以采用包边土方式稳定边坡。

6.3 填方路基

6.3.1 路床、路堤压实度应符合表 6.3.1 的规定。采用干压实工艺压实的路基，宜按本规范附录 B 压实度检测标准对路基压实度进行控制。干燥的风积沙宜采用振动法确定标准干密度。

表 6.3.1 路床、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
上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
下路床	轻、中等及重交通	0.3~0.8	≥96	≥95	≥94
	特重、极重交通	0.3~1.2	≥96	≥95	—
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	≥93	≥92	≥90

条文说明

压实度是沙漠公路路基质量的主要控制指标。大量现场试验表明，对于风积沙路基干压实，只要采取合理有效的压实工艺和压实设备，完全能满足现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 的压实要求。实践表明，风积沙路基适用于振动干压实，采用本规范提出的干压实工艺可以使路基压实度达到要求。因此，当路基含水率小于 2% 时，只需对路基顶层进行压实度控制。

经振动法、击实法等标准干密度试验方法的对比，重型击实法试验结果略小，但差

异不大。该法易于操作，结果稳定，故本规范推荐采用。此外，风积沙击实试验时，在含水率接近零及达到或超过最佳含水率的条件下，会出现两个或多个峰值，根据沙漠公路路基压实时的实际含水率论证选取标准干密度，除压实度外，尚需对路基顶部高程和回弹模量进行检测。

6.3.2 沙漠公路路堤边坡坡率应根据路基高度确定，边坡最大坡率可按表 6.3.2 的规定取用。

表 6.3.2 路堤边坡最大坡率

路基高度 (m)		边坡坡率 (1:n)	
		高速公路、一级公路	二、三级公路
平沙地		1:4	1:4
不同沙基高度	$h \leq 0.5$	1:4	1:4
	$0.5 < h \leq 3$	1:3	1:3
	$h > 3$	1:2.5	1:2

6.3.3 干旱少雨地区平沙地路段，路基高度宜采用 50~80cm 的低路堤。

6.3.4 路基采用风积沙填筑时，可采用草方格或砾类土对边坡进行防护。

6.4 挖方路基

6.4.1 挖方路基压实度应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 挖方路基压实度

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
路床	0~0.8	≥96	≥95	≥93

6.4.2 沙漠公路路堑边坡坡率应根据挖方深度确定，最大坡率可按表 6.4.2 的规定取用。

表 6.4.2 路堑边坡坡率

路堑深度 (m)	边坡坡率 (1:n)	
	高速公路、一级公路路	二、三级公路
$h \leq 0.5$	1:4	1:3
$0.5 < h \leq 5$	1:3	1:2
$h > 5$	1:2.5	1:2

6.5 沙漠路基顶面加固

6.5.1 风积沙路基顶面宜采用土工布加固，土工布可采用聚丙烯编织布，其质量应符合现行《公路工程土工合成材料 第2部分：土工织物》（JT/T 1432.2）的有关规定。

6.5.2 风积沙资源丰富、砾类土匮乏的沙漠腹地，上路床可采用土工格室加固风积沙的路基结构形式。路基用土工格室应符合现行《土工合成材料 塑料土工格室》（GB/T 19274）的有关规定。

条文说明

现场试验研究表明，土工格室加固风积沙可以替代砾类土填筑上路床，在土工格室被充分张拉的前提下，采用高度为 $15\text{cm} \pm 3\text{mm}$ 土工格室加固风积沙层替换30cm厚砾类土，能够保证上路床的稳定性。施工实践表明，在土工格室加固风积沙施工过程中，为便于碾压和整平，并避免破坏土工格室，土工格室宜铺筑于填筑层的中上部。上路床施工完毕后，可采用承载板法测定路基顶面回弹模量；或待底基层施工完毕后，在底基层顶部挖孔并裁剪编织布，利用落锤式弯沉仪进行弯沉测试。

6.6 特殊路基处理

6.6.1 沙漠地区表层盐渍化平沙地路段，路基高度宜提高至100cm，并应在路基中设置土工布隔断层，保证路基上部处于中湿或干燥状态。

6.6.2 沙漠地区淤积粉土层地段，路基高度不应小于80cm，换填风积沙厚度不应小于50cm，并保持路基处于中湿或干燥状态。

6.7 路基取、弃土

6.7.1 平沙地及丘间洼地路段严禁沿线就地取土，应利用周围的沙丘、沙包作为取土场。地表有粗沙层的区域严禁随意取土。

6.7.2 沙丘、沙包分布密集的路段可就近取土，但应合理设置取土场，便于防沙工程的实施。挖方宜移作填方利用。

6.7.3 严禁将分布有植被的区域作为取土场。

6.7.4 弃土场位置应选在路线下风侧。平沙地及丘间洼地路段，弃土场距离路线宜大于200m。

6.8 土路肩

6.8.1 沙漠公路路肩结构形式及厚度应结合使用需求，遵循防风蚀、防车陷及施工便利的原则，宜采用砾类土铺筑，并在下部设置土工布。

6.9 改扩建工程

6.9.1 沙漠公路改扩建前，应对既有路基开展调查评价，分析拼宽、分离增建对原路基变形的影响。

6.9.2 应采取必要措施减少对既有路基及两侧一定范围内的扰动，防止拼宽施工引发的既有风积沙路基塌陷、差异沉降，保障新老路基有效衔接。

条文说明

沙漠地区风积沙路基结构松散，既有路肩作为路基边侧，其压实度通常较低，且长期受风蚀影响，易形成松散薄弱层。

7 路面设计

7.1 一般规定

7.1.1 沙漠地区公路路面设计应结合沿线地质水文条件、筑路材料来源、公路等级与交通特性，并考虑温差大、日照强的环境条件，满足高温稳定性、低温抗裂性及老化等要求。

7.1.2 沙漠地区公路路面设计应以现行路面设计理论为依据，结合沙漠特点开展路面结构组合与材料设计，重点论证风积沙路基回弹模量 E_0 取值。

条文说明

大量试验表明，风积沙在有侧向约束时，具有较高的整体强度，即回弹模量较高。风积沙路基具有此特征。表 7-1 是大量试验数据归纳的结果，可根据具体情况选取。

表 7-1 风积沙 E_0 参考值 (MPa)

沙土类型	路基干湿状态		
	干燥	中湿	潮湿
沙漠边缘及半固定、固定沙漠风积沙	80 ~ 100	70 ~ 90	60 ~ 80
流动沙漠风积沙	90 ~ 120	80 ~ 100	70 ~ 90

7.1.3 沙漠地区公路路面不应分期修建。

7.1.4 路线穿越流动沙漠且里程较长时，应在沿线适当位置设置路面材料储备场和临时拌和站，场址宜选择平坦沙地。

7.2 路面结构组合

7.2.1 应结合沙漠气候、施工环境、交通荷载、公路等级及风积沙路基的性能等开展路面组合设计。各结构层的作用、使用条件及材料选用应符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的规定。

7.2.2 沙漠地区公路面层宜采用沥青路面，基层宜采用半刚性基层或柔性基层。

条文说明

沙漠地区采用的半刚性基层沥青路面，虽然具有承载力高、抗变形能力强的特点，但易产生横向开裂，并在一些路段路面上出现横向鼓棱现象，影响行车安全和舒适性。柔性基层结构在国内多地已有工程应用，技术成熟，新疆在非沙漠地区也铺筑了试验段，效果良好，沙漠地区各等级公路也可以采用柔性基层沥青路面。

7.3 基层、底基层

7.3.1 基层宜采用水泥稳定砂砾（碎石）或级配碎（砾）石；半刚性基层宜选用偏粗级配集料，控制水泥用量，可设置消胀槽，并应严格限制集料易溶盐含量，防止拱胀与收缩开裂。

条文说明

干旱区半刚性基层拱胀会导致路面平整度变差，严重影响行车安全和舒适性。为防止半刚性基层发生拱胀，可以通过在半刚性基层预切缝形成消胀槽消除拱胀，消胀槽间距和槽宽可根据当地气象资料和半刚性基层情况结合经验确定。

7.3.2 底基层宜采用级配碎（砾）石、天然砂砾、土工格室加固风积沙。

7.3.3 采用水泥或石灰加固风积沙作为二级及二级以下公路底基层时，应经试验论证，并结合施工工艺与设备条件确定。

7.3.4 基层通用材料设计参数应符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的有关规定，特殊材料设计参数宜按表 7.3.4 取值。

表 7.3.4 基层、底基层材料参数 (MPa)

材料类型	抗压回弹模量	抗弯拉强度	备注
土工格室加固沙 + 砂砾 ^a	220 ~ 260	—	可用作高等级公路底基层
水泥加固沙	360 ~ 420	0.4 ~ 0.5	可用作二、三级公路底基层，四级公路基层
石灰加固沙	300 ~ 380	0.3 ~ 0.4	

注：^a表示土工格室结构类型（长×宽为 20cm×20cm、加固沙层厚 15cm、上铺 12cm 天然砂砾层）的抗压回弹模量取值范围。

条文说明

根据理论分析和试验检测，土工格室加固风积沙具有良好的整体强度，其静态抗压

回弹模量 E_0 值大多在 250 ~ 350MPa 之间, 实际应用中抗压回弹模量可根据表 7.3.4 选取, 粉黏粒含量大及湿度大时取低限, 反之取高限。

试验工程表明, 土工格室加固风积沙上铺设 12cm 的天然砂砾层, 可以形成有效的稳定加固层, 避免沿土工格室产生应力集中而导致的面层开裂。

7.4 沥青面层

7.4.1 沥青面层应具备良好的抗滑、耐疲劳、抗老化、抗高温变形及低温开裂性能。应选用高低温稳定性好的沥青, 高速公路、一级公路宜采用改性沥青。

条文说明

沙漠地区夏季地表最高温度可达 80 多摄氏度, 冬季低温可达零下 30 多摄氏度, 沥青和沥青混合料性能指标, 需按不同沙漠地区所属的沥青路面气候分区 PG (性能等级) 分级要求合理地选择。对于重载交通突出且位于夏炎热区的路段, 一般选用 PG76-22 或更高等级的沥青; 对于夏凉区或温度日较差大、低温要求突出的路段, 一般选用 PG64-28 或更高等级的沥青。

7.4.2 沙害严重路段, 上面层宜采用细粒式沥青混凝土。

条文说明

工程实践表明, 在风沙活动强烈的路段, 降低路面粗糙度有利于风沙流平顺通过, 减少路表面积沙。上面层可以采用细粒式沥青混凝土, 四级公路也可以选用表面纹理适宜的砂粒式沥青混凝土结构。

7.5 改扩建工程

7.5.1 应对既有路面的技术状况进行调查、检测和评价, 结合沙漠地区公路现状、原有路面损坏程度、改扩建年限及沙漠气候特点, 综合分析制定改扩建方案。

条文说明

既有沙漠公路调查发现, 高速公路、一级公路出现横向开裂、车辙较普遍, 部分路段会出现“鼓棱”病害; 二级及二级以下公路则易出现网裂病害, 故在改扩建工程中能有针对性地采取防治措施。

7.5.2 路面改扩建设计应注重既有路面材料的循环利用。

8 排水设计

8.1 一般规定

8.1.1 沙漠地区公路排水设计应结合区域风沙特性、沙漠类型、降雨条件及公路等级确定，兼顾防沙抗淤、安全耐久，便于养护维修。

8.1.2 流动沙漠地区公路不宜设置桥涵类排水设施。

8.1.3 固定沙漠、半固定沙漠、流动沙漠边缘农田区及其他有排水需求的路段，应根据公路等级、地形条件及降水量，合理设置边沟、排水沟、涵洞等排水设施。雨量较大路段宜设置导流设施，或在路基边缘5m外的低洼处设置蒸发池。

条文说明

固定沙漠、半固定沙漠区域，可以根据现行《公路排水设计规范》(JTG/T D33)，通过水文调查、降雨分布、水力验算等，进行地下、地表排水设施的设计。根据工程实践，二级及以上公路的地表排水系统的设置，通过水文调查，了解最大日降雨量、设计降雨重现期的情况进行设计。

8.1.4 排水系统设计应结合区域近年来最大降雨量对路肩、边坡的影响，分段布设排水设施。

8.1.5 沙漠地区公路排水设计应充分考虑洪水携带泥沙对排水设施的影响。山前冲积扇、季节性河流下游等受上游汇水影响的路段，排水设施宜预留淤积容量或采取防淤措施。

8.2 路面及路基排水

8.2.1 采用风积沙填筑的高速公路、一级公路，应在平曲线内侧及竖曲线低凹处应设置拦水带，并分段设置急流槽；拦水带宜采用凹式结构，急流槽出口距坡脚不应小于2m，出口段应设置缓坡。拦水带及急流槽设计应符合现行《公路排水设计规范》(JTG/T

D33) 的有关规定。二级及二级以下公路可参照执行。

8.2.2 高速公路、一级公路填挖交替边坡衔接处,当填挖高差大于4m时,应对衔接处积沙平台3m范围内进行铺面加固;积沙平台端部应设置喇叭形拦水带,下设急流槽,急流槽尾部宜向外延长1m。

8.2.3 高速公路、一级公路整体式路基中央分隔带宜采用表面铺面封闭分散排水方式。

8.3 小桥涵排水

8.3.1 路线经过固定沙漠、半固定沙漠、沙地及沙漠边缘区域,路基两侧有明显集中汇流时,应根据地形条件在横向沟槽处设置小桥涵。

8.3.2 小桥、涵洞进出口宜设置3~5m一字墙并顺接拦水坝,进出水口3m范围内应做铺砌。泥沙含量大的路段,涵洞设计应适当加大孔径或设置反滤层、沉淀池等辅助设施,预留淤积容量。涵洞下游应具备通畅的泄水条件。

9 防沙设计

9.1 一般规定

9.1.1 防沙设计前应按相关要求收集资料，分析风沙危害程度。

9.1.2 防沙设计应遵循“预防为主、防治结合”的原则，通过合理选线、优化路基断面形式有效减轻风沙危害。

9.1.3 应根据自然条件、防护措施适用条件，因地制宜、因害设防，遵循标本兼治原则，综合采取“阻、固、输、导”相结合的措施，构建经济合理、安全有效的防沙体系。

9.1.4 应遵循“重害重防、轻害轻防、无害不防”的原则，合理控制防沙工程规模。

9.1.5 防沙设计应与当地治沙规划相结合，注重植被保护，并与农林主管部门相关规划相协调。

9.1.6 应评估路基施工对既有地形地貌产生的影响以及由此引发的新沙源危害。

9.1.7 防沙体系材料应绿色环保，宜采用可降解或可回收材料，避免对沙漠生态造成二次污染。

9.1.8 防沙设施的布设严禁侵占或堵塞泄洪通道、涵洞进出口等排水设施。

9.2 防沙体系

9.2.1 不同风沙危害程度采用的防沙体系应符合下列规定：

1 严重沙害且主风向与路线交角 $\geq 45^\circ$ 路段，应采用“阻、固、输”相结合的防沙体系。

2 严重沙害且主风向与路线交角 $<45^\circ$ 路段、中度沙害且主风向与路线交角 $\geq 45^\circ$ 路段, 宜采用“阻、固、输”相结合的防沙体系。

3 中度沙害且主风向与路线交角 $<45^\circ$ 路段、轻度沙害路段, 宜采用“固、输”相结合的防沙体系。

4 高速公路、一级公路轻度及中度沙害路段, 宜提高一个风沙危害等级设置防沙体系。

5 二级及二级以下公路风向单一的平沙地路段, 防沙体系可采用以“输”为主的防沙体系。

条文说明

防沙体系包括阻沙工程、固沙工程、输沙工程。阻沙工程是在路基上下风侧, 防沙体系最外侧, 设置 1~2 道高立式栅栏, 用于阻挡远方风沙流, 并切断前移的沙垄, 使之变成风沙流; 固沙工程是在阻沙栅栏和路基之间, 采用草方格、化学材料等固沙措施, 稳定沙面并拦截风沙流, 同时减弱风蚀; 输沙工程是在路基两侧一定范围内设置整平带, 在路基结构上通过采用合理高度的路堤形式、缓边坡或流线型横断面形式, 使风沙流过路, 减缓堆积。

观测表明在相同路段主风向与路线的夹角越小, 公路沙害越轻, 平行最好, 夹角小于 30° 次之, 夹角大于或等于 45° 对公路危害加大, 夹角为 90° 时对公路危害最严重。

由于二级及二级以下公路断面较窄且处在平沙地的路段, 路基通常不高, 其横断面可设计成较缓的边坡, 形成流线型断面, 风沙流易通过。特别是风向单一时, 风沙流不会倒吹造成路面积沙。一级公路、高速公路由于防护等级较高且断面较宽, 风沙流不易通过, 导致在路面上积沙。

9.2.2 防沙体系布置如图 9.2.2 所示, 并应符合下列规定:

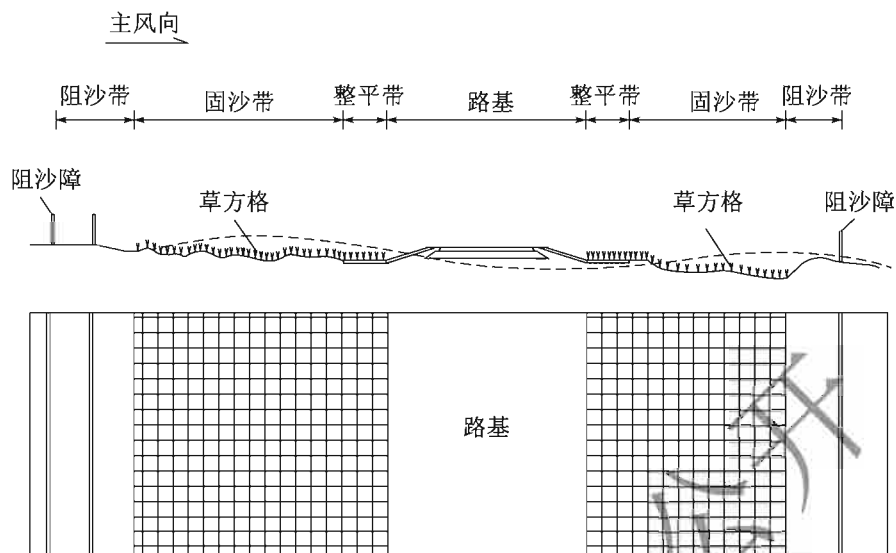
1 高速公路、一级公路严重沙害且主风向与路线交角 $>45^\circ$ 路段, 上风侧宽度不宜小于 150m, 下风侧不宜小于 100m。

2 高速公路、一级公路严重沙害且主风向与路线交角 $<45^\circ$ 路段、中度沙害且主风向与路线交角 $\geq 45^\circ$ 路段, 上风侧宽度不宜小于 80m, 下风侧不宜小于 50m。

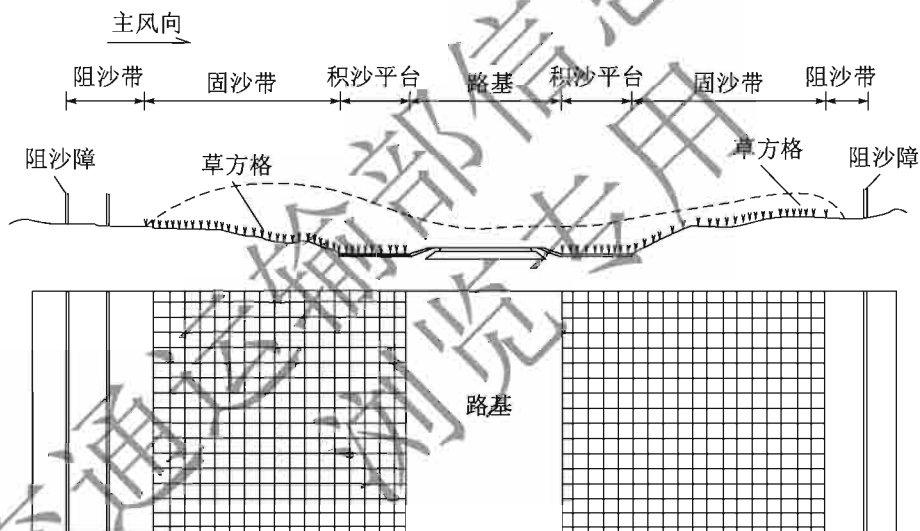
3 高速公路、一级公路中度沙害且主风向与路线交角 $<45^\circ$ 路段、轻度沙害路段, 上风侧宽度不宜小于 50m, 下风侧不宜小于 20m。

4 二级及二级以下公路, 以及轻度沙害、风向稳定的高速公路、一级公路, 防沙体系宽度可适当减小。

5 风蚀路段应对边坡及上下风侧 20m 范围采取防护措施。



a)路堤段防沙体系示意图



b)路堑段防沙体系示意图

图 9.2.2 工程防沙体系示意图

条文说明

本条防沙体系宽度依据全国主要沙区公路防沙体系设置及运行经验确定，超出本条规定值时也可以按式 (9-1) 计算：

$$L = T \times \frac{0.3 \times Q}{V} + b + k \quad (9-1)$$

式中：\$L\$——上风侧或下风侧的防沙体系宽度 (m)；

\$T\$——防沙体系的更新周期 (年)；

Q ——上风侧或下风侧每年单位宽度断面上的外侧来沙量 [$\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{年})$];

V ——固沙方格单位面积达到积沙饱和时的积沙量 (m^3/m^2);

b ——空留带宽度 (m), 多为 (5~10) H , 位于阻沙带与固沙带间;

k ——适当的安全距离 (m)。

式 (9-1) 中的 k 可由式 (9-2) 计算得到。

$$k = Q/V \quad (9-2)$$

9.2.3 防沙体系宜采用工程防沙、植物防沙或两者组合的形式, 应急时可采用化学固沙。水源丰富的路段, 近期宜以工程防沙为主, 中远期宜构建植物防沙体系。

9.2.4 固定、半固定沙漠路段, 为根治风沙危害和保护防护带, 宜在防护带外侧按风沙危害程度设置植被保护带。高速公路、一级公路路基上风侧植被保护带宽度不宜小于 300m, 下风侧不宜小于 150m; 其他等级公路可适当减小。植被保护带内植物应严格保护, 严禁伐垦和放牧。

9.2.5 固定或半固定沙地的活动沙丘、破坏点及风蚀强烈路段, 宜采用固沙措施。

9.3 阻沙措施

9.3.1 阻沙措施宜采用阻沙栅栏, 材料可选用芦苇、柳枝等柴草类, 以及尼龙网、HDPE 网等土工合成材料。

9.3.2 阻沙栅栏的布设应符合下列规定:

- 1 应沿沙丘主梁或副梁布设, 设置在迎风坡距脊线 1~1.5m 处。
- 2 平沙地或沙丘高度小于栅栏高度时, 栅栏可沿直线布设。
- 3 沙丘密集、地形起伏较大的区域, 栅栏布设应顺应地形, 宜设置在沙丘迎风坡坡顶, 距沙丘脊线应大于 1m, 并严禁设置在落沙坡。
- 4 防护宽度变化处应设渐变带, 渐变带应设在风沙活动较弱的地貌单元内。

9.3.3 阻沙栅栏的结构设计应符合下列规定:

- 1 栅栏应为疏透结构, 透风率宜为 20%~40%。采用芦苇等柴草材料编织时, 芦苇间隙不得大于 1cm, 并应用夹条和铁丝扎紧; 采用尼龙网时, 目数宜等于 $1.5/D$, 丝径宜为 0.3mm。
- 2 栅栏外露高度宜为 1.2~1.5m。
- 3 立桩间距宜为 3~4m, 地形起伏较大时应加密至 2~3m。立桩埋深不应小于 40cm, 并应设置锚固设施, 锚固深度不应小于 40cm, 锚固铁丝应与立桩顶部可靠连接。

- 4 风力较大地区，立桩应采用钉入方式，埋入深度不应小于 50cm。
- 5 栅栏应能抵抗不小于 8 级风力。

9.3.4 严重沙害路段、局部风沙流活动强烈的地区，应设置两道及以上阻沙栅栏，栅栏间距宜为栅栏高度的 5~10 倍。

9.3.5 阻沙栅栏与固沙带边缘间应设置空留带，宽度宜为栅栏高度的 5~10 倍。

9.3.6 风蚀强烈区域，栅栏迎风侧根部应采取防掏蚀措施，可设置 1~3 道固沙草方格。

条文说明

阻沙沙障设置在固沙带外围，主要用于阻挡外侧来沙，并将沙丘的前移运动转化为较弱的风沙流。阻沙措施方法很多，各有优缺点和适用条件，设计时需要依据当地的风力、风沙流强度等自然状况、材料来源与品质、施工条件、管养水平与养护程度、经济成本等选择适宜的阻沙沙障。

9.4 固沙措施

9.4.1 固沙措施应根据沙害类型、自然条件、材料来源及防护需求选择，宜采用工程固沙、植物固沙或两者组合使用，应急固沙可采用化学固沙。

9.4.2 工程固沙包括沙障固沙、土工织物固沙和覆盖物固沙等，材料及适用条件可按表 9.4.2-1 选用。工程固沙材料基本性能应符合表 9.4.2-2、表 9.4.2-3、表 9.4.2-4 的规定。

表 9.4.2-1 工程固沙类型及适用条件

固沙类型	结构形式	材料及方法	适用条件
沙障固沙	固沙方格	采用柴草类、尼龙网、HDPE 网等材料，路基两侧的固沙带布设方格尺寸宜为 1m×1m，路肩、边坡及丘顶强烈风蚀部位宜为 1m×0.5m 规格	在多风向地段需采用固沙方格方式
	条带状沙障	采用柴草类或 HDPE 网等材料，与主风向垂直布设，外露高度 5~20cm	在风向单一地段可采用行列式或带状方式布设
土工织物固沙	土工沙袋固沙	利用土工织物沙袋装满风积沙形成活动沙障，根据风沙危害程度的大小调节沙障的规格，形成有鳍或无鳍沙袋沙障	适用于柴草类、土类材料缺乏区域
	土工格室固沙	采用土工格室等其他材料形成活动沙障	

续表 9.4.2-1

固沙类型	结构形式	材料及方法	适用条件
覆盖物固沙	柴草类覆盖沙面	采用作物秸秆和就地其他草类做材料, 以层铺形式覆盖沙面, 层厚 5~10cm	适用于需要快速覆盖沙面、防止风蚀的区域; 常用于临时或短期固沙
	成芭块状平铺植物束	采用各种枝条、麦秸、稻草、棉秆、芦苇、芨芨草等, 扎成束把或纺织成芭块, 以平铺形式覆盖沙面	
	砂砾、卵石覆盖沙面	砂砾、卵石以平铺或格状形式覆盖沙面, 厚 4~8cm	适用于有黏性土、盐盖或砂砾卵石材料的丰富地区或零散沙丘区域
	黏性土覆盖沙面	采用塑性指数大于 7 的黏性土覆盖沙面, 可掺 10%~15% 的沙或 20%~30% 的砾石 (体积比), 厚 4~8cm	
	盐盖覆盖沙面	采用打碎成 5cm 的盐块, 以平铺形式覆盖沙面, 厚 4~8cm	

表 9.4.2-2 柴草类材料基本性能要求

种类	序号	技术项目	技术指标
芦苇	1	质量	当年或上一年产水生芦苇秆, 不能采用旱生芦苇
	2	外观	无变色、霉变, 有弹性
麦秸、稻草、棉秆	1	质量	当年产
	2	外观	无变色、霉变, 有弹性

表 9.4.2-3 土工编织袋沙障基本性能要求

序号	技术项目		技术指标
1	材质		PP (聚丙烯)
2	长度 (mm)		2100 (+15%, -10%)
3	有缝沙袋折径宽度 (cm)		23.7 (+15%, -10%)
4	无缝沙袋折径宽度 (cm)		15.7 (+15%, -10%)
5	单位面积质量 (展开单层 g/m ²)		≥150
6	纵向抗拉强度 (kN/m)		≥35
7	断裂伸长率 (%)	纵向	≤35
8		横向	≤30
9	CBR 顶破强力 (kN)		≥2
10	耐热性 (90℃)		无黏着、融痕等异常现象
11	抗酸碱性能 (强力保持率) (%)		≥80

表 9.4.2-4 HDPE 网基本性能要求

序号	技术项目		技术指标
1	开口率 (%)		60 ± 5%
2	单位面积质量 (g/m ²)		≥90
3	抗拉强度 (kN/m)	径向	≥11
		纬向	≥11

续表 9.4.2-4

序号	技术项目		技术指标
4	断裂伸长率 (%)	径向	15 ~ 50
		纬向	15 ~ 50
5	梯形撕破强度 (kN)	径向	≥0.25
		纬向	≥0.25
6	顶破强力 (kN)		≥1.3
7	拉伸强度保持率 (紫外线老化 600h) (%)	径向	≥85

条文说明

砂砾、卵石覆盖沙面一般采用格状形式覆盖沙面，先用 10cm 以上的卵石在路基边坡上做成 1m×1m 或 2m×2m 的方格，并与路肩边缘成 45°，再在格内铺粒径较小的砾石。

9.4.3 植物固沙设计应符合下列规定：

- 1 应以根系发达、耐旱、耐盐碱、耐贫瘠、耐风沙、固沙能力强、生长迅速的乡土植物为主。引进植物应进行引种试验。
- 2 应确定适宜的植被结构、混交模式、株行距与密度，宜采用草、灌相结合的方式。
- 3 沙面不稳定地区，应先实施工程固沙，为植物固沙创造立地条件。
- 4 降水条件较好区域，可先播种耐旱的草本植物，待草生长稳定后再种植适宜的灌木。有条件的区域可适当人工灌溉，保障植物生长。
- 5 干旱少雨区域，植物固沙应结合沙障工程，采用节水灌溉技术种植固沙植物。
- 6 植物固沙带的宽度可参照工程固沙带的宽度适当减小，并增设保护带。

9.4.4 应急固沙时可选用化学固沙作为临时措施，应选用环保型材料，并应进行技术经济与环保综合比选。

9.5 输沙及导沙措施

9.5.1 输沙设计应符合下列规定：

- 1 填方路段上风侧 20 ~ 50m、下风侧 10 ~ 20m 范围内有孤立沙丘，且易引发风沙流扰动造成背风侧积沙时，应设置输沙整平带，并采取固沙措施。
- 2 挖方路段应设积沙平台，边坡采取固沙措施。
- 3 路基断面形式宜采用低路堤、缓边坡，路肩边缘宜为流线型。
- 4 路面表面层宜选用粗糙度较小的结构类型。

5 路基范围内应减少设置护栏等阻沙构筑物,确需设置时,应采用缆索式等高透风率护栏形式。

6 路基边坡宜采用土类或卵砾石类防护。

7 严重风沙危害路段的桥梁、涵洞设置应便于输沙及清沙作业,其净空高度及净宽宜适当加大。

9.5.2 导沙设计应符合下列规定:

1 导沙措施适用于桥涵、弯道等需疏导风沙流的路段。

2 导沙墙、导沙板或导沙栅栏等措施宜设置在路基迎风侧 50~100m 外,不得设置于桥涵上下游河道内。

3 导沙栅栏透风率不宜大于 10%。

条文说明

导沙措施适用于包含桥涵、弯道的风沙路段,主要用于将风沙流导离路基。弯道路段利用路线转角特性,在路基迎风侧布设导沙设施,可有效将风沙流导离路基本体;桥涵上下游易形成季节性积沙,风力作用下积沙易向路基移动产生沙害,故需在桥涵两端路基上风侧设置导沙措施,疏导流沙远离路基。导沙设施不得设置于桥涵上下游河道内,避免影响行洪安全。

9.6 其他规定

9.6.1 路肩及边坡防护应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)的有关规定,风蚀严重区域宜采用混凝土骨架护坡或卵砾石覆盖加固。

9.6.2 防火设计应符合下列规定:

1 采用柴草、枝条等易燃材料的工程防护体系及植物固沙带,应设置横向防火隔离带。

2 防火隔离带应设于地形低洼处,宜沿丘间地、垭口布设,不得设于边坡、沙丘顶及迎风坡。

3 防火隔离带每公里应设置 2~4 条。沙丘密集区应沿丘间低地设置,平坦沙地应与主风向垂直设置。

4 工程固沙带内防火带宽度不应小于 2m,植物固沙带内防火带宽度不应小于 10m。防火隔离带内应清理柴草,采用黏性土、砂砾石等惰性材料固定流沙。

9.6.3 公路改扩建工程应评估既有防沙体系,并根据提升后的公路技术等级,对原有设施进行利用、改造或重新布设。

10 路基施工

10.1 一般规定

10.1.1 沙漠公路路基施工应符合现行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610)的有关规定。

10.1.2 沙漠公路路基施工应采用高效机械化作业,科学组织,推广新技术、新设备、新工艺,提高工效、缩短工期、节约成本。

10.1.3 风积沙路基可根据现场条件选择干法或湿法压实,湿法压实需洒水碾压。湿法压实的最大干密度、最佳含水率应通过重型击实试验确定。

10.1.4 沙漠公路路基施工应结合风积沙路基特点,制定施工组织设计方案。

10.1.5 沙漠公路路基正式施工前应修筑试验段,验证施工工艺、确定压实参数。路基试验段位置可选择在风沙地貌、地质条件及断面形式具有代表性的地段,长度不宜小于200m。

条文说明

各等级沙漠公路在正式进行路基施工前需根据工程经验采用经论证的施工方案修筑路基试验段,以取得合适的机械组合、压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率允许偏差等参数。

试验段所用的风积沙材料和各类机具与施工所用的材料和机具需相一致,试验段施工过程中及施工结束之后,要对各项指标进行检测。路基试验段完工后,需编制施工总结报告。

10.1.6 路基施工前,应清除地表植被,挖除草木根等杂物。清表时不得破坏路基两侧植被和地表硬壳,并应注意保护周边环境。遇到珍稀植物,应采取保护措施。

10.1.7 沙漠公路路基施工期间，应结合当地施工经验采取临时防沙措施，防止路基风蚀、沙埋。

10.1.8 沙漠公路路基施工，路线通过高大沙垄或沙丘链区域时，应遵循“铺筑一段，防护一段”的临时防沙原则。

10.1.9 平面控制桩和高程控制桩布设后，应及时清理周边杂物，并设置醒目的桩位标识。

10.1.10 流动沙漠内的粗沙平地、地表硬壳及植被覆盖区域，不得作为临时用地和取土场，应予以保护。

10.1.11 沙漠腹地无信号区域，路基施工测量宜采用全站仪坐标法放样。

10.1.12 路线穿越流动沙漠长度大于50km时，宜在地形平坦的高地设置材料储备场。临时堆料场整平后，应铺筑20cm厚砾石土层。

条文说明

沙漠腹地施工，由于修筑便道成本较高，一般采用递进式施工方式，为保证施工正常进行，需采用载重车将砂石材料运至临时料场，再用大型自卸卡车将砂石材料从二次倒运料场运至施工现场。

10.1.13 沙漠公路施工，应保护原始植被、野生动物及生态环境。

10.1.14 施工结束后，应及时清理施工现场，路基两侧和取弃土场等区域应进行平整恢复，剩余砂砾料可覆盖至路基两侧用作固沙或养护用料。

10.2 路基填筑及挖方

10.2.1 沙丘连续分布地段，路基宜采用水平分层填筑方式。填筑时，应采用推土机按横断面全宽推筑。具备压路机压实条件时，可根据压路机吨位及沙基泊松比确定填筑及压实厚度，每层平均厚度不应大于40cm，并采用平地机整平；不具备压路机压实条件时，可采用推土机整平并进行压实，每层平均厚度不宜大于50cm。路堤填筑宽度每侧应宽出设计值50cm。

10.2.2 沙漠公路路堑开挖可采用横挖法、纵挖法或混合法进行施工。

条文说明

沙漠地区路堑施工与其他地区的施工有较大差异。结合多年工程实践,可采用横挖法、纵挖法或混合法施工工艺。横挖法即由挖方段路中线沿垂直于路线方向两侧推土,一般在挖方段落较长时采用;纵挖法即用推土机沿路线纵向将挖方土体推至两侧填方处,一般在挖方段较短时采用;同时采用上述两种方法即为混合式,一般在挖方深度较大时采用。弃方可根据地形情况推至下风侧,并基本整平。

10.2.3 路基填筑至设计高程后,可采用推土机初平、平地机精平,并应设置高程标识。

10.2.4 粉质土淤积路段路基填筑高度大于 50cm 时,可直接填筑风积沙;高度不足时应清除粉质土表层后回填风积沙。

10.2.5 路基填筑完毕后,应按设计坡率修整边坡,随即开展防沙工程施工,及时防护路基边坡。

10.2.6 沙漠边缘调运风积沙填筑路基时,应按设计要求先填筑路基两侧包边土并压实,再填筑路槽内风积沙。

10.3 路基压实

10.3.1 路基干压实适用于风积沙天然含水量小于 2% 且供水困难的路段,施工应符合下列规定:

1 初压时,路基底层至顶层每层填筑完毕后,使用推土机纵向初平,并用履带碾压 2~3 遍。

2 复压时,压路机能直接在沙基上行走时,宜采用重型振动压路机振压 2 遍;压路机无法直接在沙基上行走时,宜采用推土机碾压 3 遍。

3 终压采用振动压路机碾压 1~2 遍,消除轮迹,碾压过程轮边应重合 20~30cm。

4 终压后应检测压实度,不合格不得进入下道工序。

5 用于沙基干压实的压路机应选用 16t 及以上的压路机。碾压速度宜控制在 2~6km/h,或根据试验段结果确定。

6 当压路机不能直接在沙基上作业时(如纵坡较大或其他特殊情况),路基顶面的碾压可在铺完土工布和砂砾底基层后,与天然级配砂砾层一同进行振动碾压,碾压 3~4 遍。

条文说明

工程实践表明，当压路机无法直接在干沙基上作业时，可先在铺有土工布的沙基上铺筑 15~20cm 厚的天然级配砂砾层，并用振动压路机压实；随后剥离 50cm×50cm 大小的砂砾层及下方土工布，以测定该层压实度。

7 风积沙路基振动干压施工流程如图 10.3.1 所示。

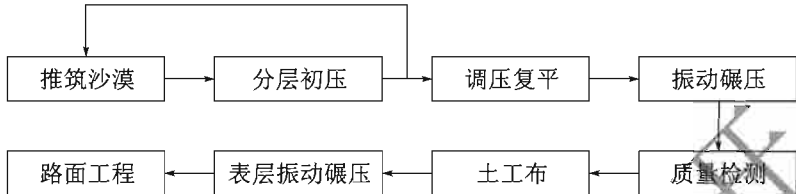


图 10.3.1 风积沙路基振动干压施工流程

10.3.2 当风积沙天然含水率略大于 2% 时，可通过晾晒降低含水率。

10.3.3 沙漠公路附近有水源或沙漠边缘供水方便路段可采用湿压实法施工，并应符合下列规定：

- 1 洒水车应在整平后的沙基上匀速行走适量洒水湿润。
- 2 初压采用双钢轮压路机碾压 1~2 遍。
- 3 复压时，压路机能直接在风积沙路基上行驶时，宜采用重型振动压路机振压 2~4 遍。
- 4 终压采用双钢轮压路机静压 1~2 遍，消除轮迹，碾压过程中轮边应重合 20~30cm。
- 5 每层压实后应采用环刀法进行压实度检测，不满足要求时应及时补压，否则不得进入下道工序。
- 6 宜选用 16t 及以上的压路机。碾压速度宜控制在 2~6km/h，或根据试验段结果确定。

7 风积沙路基湿压施工流程如图 10.3.3 所示。

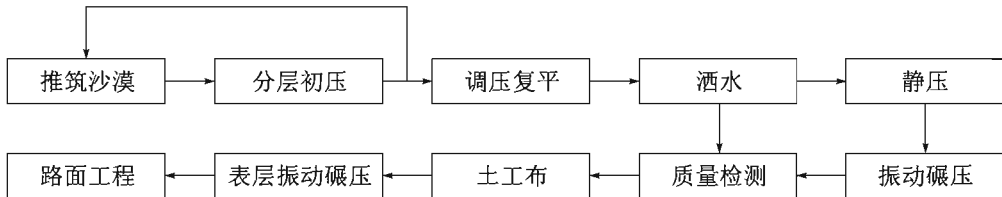


图 10.3.3 风积沙路基湿压施工流程

10.3.4 路基碾压完毕后，应进行路基压实度检测。不符合要求处，应查明原因及时补压，直至达到设计要求。

条文说明

振动干压实后的沙漠路基,检测压实度时应在测点剥离砂砾层与土工布,在裸露的风积沙路基上按本规范附录 B 直接测定压实度。

10.4 包边土路基填筑

10.4.1 包边土填筑应符合下列规定:

- 1 施工前应清除路基范围内的地表植被、杂物。对细粒土地表,清表深度应不小于 30cm,基底承载力不满足要求时应进行处理。
- 2 应采用水平分层填筑,松铺厚度不宜大于 30cm。卸料宜采用网格法控制,每层填筑宽度每侧应超宽 20~30cm,待路基成型后再按设计坡率刷坡。
- 3 应采用机械平整,平整度误差不应大于 15mm。
- 4 应遵循先静压后振动的原则。碾压可采用静压 1 遍、弱振 2 遍、强振 3~4 遍的组合工艺进行,具体遍数应根据试验段确定。碾压时轮迹重叠宽度不应小于 1/3 轮宽。边坡边缘部位大型压路机无法压实时,应采用小型振动夯实机具补压,补压不应少于 3 遍。

10.4.2 包边内风积沙填筑应符合下列规定:

- 1 包边内风积沙应在两侧包边土之间分层填筑,铺筑厚度应与同层包边土压实厚度相匹配。松铺厚度应根据压实工艺通过试验段确定。
- 2 可采用干压实法或湿压实法施工,施工工艺应符合本规范第 10.3 节的有关规定。

10.4.3 施工期宜在路基坡脚外设置临时排水设施,宜沿包边土埂每 50m 设一道临时泄水槽,坡顶应设临时拦水埂。

10.5 土工布加固

10.5.1 土工布幅宽根据路面宽度确定,可采用工业机缝制加宽,宜采用 2~4 幅,每卷长宜为 500~1000m。

10.5.2 土工布质量应符合下列规定:

- 1 用于沙漠路基顶面加固的土工布,其性能及质量检验方法应符合现行《公路工程土工合成材料 第 2 部分:土工织物》(JT/T 1432.2)的有关规定。
- 2 土工布外观应质地均匀,编织规整,不得使用稀路、断丝、缺经少纬的次品。
- 3 应选用抗老化性能好、防穿刺能力强的土工布。
- 4 土工布在贮运过程中,不应靠近火源、热源,避免阳光直射。

5 土工布应存放于阴凉干燥室内，自出厂之日起贮存期不超过 18 个月。

10.5.3 土工布铺设应符合下列规定：

1 路基精平后，按设计幅宽沿边线纵向铺设土工布，单次铺设长度为 100 ~ 500m，可采用人力、沙漠车或压路机牵引铺设；铺设完成后，严禁非作业设备在土工布上通行。

2 土工布应拉紧张平。为防止被风掀起，可在边缘搭接处撒少量风积沙或天然砂砾压牢。

3 相邻两幅土工布搭接宽度不应小于 40cm，每隔 2m 用尼龙绳绑扎。

4 铺好的土工布应在当日用合适材料覆盖。

5 施工期间，现场未用完的土工布应及时遮盖，日照时间不得超过 36h。

10.6 沙漠公路路基施工机械的维护保养

10.6.1 风沙环境对施工机械危害较大，路基施工机械维护保养应符合下列规定：

1 应加强日常防沙、除尘、散热及防老化等预防性维护保养工作。

2 应制定应对沙尘暴、高温及温差大等特殊环境的适应性防护措施。

3 宜编制沙漠地区专用的机械保养规程。

10.7 路基工程质量检验评定标准

10.7.1 路基工程质量检验与验收应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1) 的有关规定。

10.7.2 风沙作用易导致路基表面积沙和边坡风蚀，应实测实量并及时清理、填补。

10.7.3 包边土实测项目见表 10.7.3。

表 10.7.3 包边土实测项目

项次	项目		标准	检查方法和频率
1	包边土压实度 (%)	路床顶面以下 0 ~ 80cm 区域	≥ 95	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017) 附录 B 检查； 密度法：每 200m，每一压实层测 2 处
		路床顶面 80cm 以下区域	≥ 93	
2	厚度 (mm)		± 20	尺量：每 200m 测 2 点，且不少于 5 点
3	边坡坡度 (%)		≤ 0.5	尺量：每 200m 测 4 点
4	平整度 (mm)		± 15	3m 直尺：每 200m 测 2 处 $\times 5$ 尺

11 路面施工

11.1 一般规定

11.1.1 路面基层、底基层施工应符合现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)的有关规定。

11.1.2 路面工程正式施工前,应修筑试验段验证施工方案及相关参数的合理性,试验段长度不应小于200m。

11.1.3 出现较强风沙天气时,应停止路面各结构层的铺筑。

11.1.4 路面工程施工期间,除洒水车、材料运输车及小型通勤车辆外,严禁其他车辆通行。

11.1.5 在风积沙路基上铺筑天然级配砂砾底基层(基层)及水泥(石灰)稳定沙底基层(基层),应符合本规范第11.2节、11.3节的规定,并结合试验段结果实施。

条文说明

由于施工机械在含水率偏低的沙基上一般无法直接行驶作业,路基上的底基层或基层施工不宜按常规工艺实施。在总结工程实践的基础上,本规范第11.2节和11.3节给出了可操作的工艺流程,并对施工设备提出要求。其余底基层以上各结构层的施工可以按相关规范执行。

11.1.6 底基层及以上各层施工前,应将浮沙、尘土清扫干净;底基层或基层完工后,应尽快铺筑下一结构层。

11.1.7 料场、沥青混合料拌和站、无机结合料拌和站及水泥混凝土拌和站的料仓与堆料区,应采取防沙、防风措施。

11.2 水泥稳定沙底基层

11.2.1 水泥稳定沙宜采用路拌法施工，施工气温应不低于 5℃。

11.2.2 路面底基层表层整平后，应均匀洒水；浸水深度应大于加固层设计厚度，含水率应大于最佳含水率 2% ~ 3%。

11.2.3 水泥、石灰或粉煤灰等加固材料用量计算，应符合下列规定：

- 1 应根据各路段稳定沙基层的宽度、厚度及试验确定的干密度，计算所需干料数量，并根据现场集料的含水率、运输车辆的吨位，计算每车料的堆放距离。
- 2 应计算材料袋的摆放行数及间距。

11.2.4 水泥稳定沙拌和、摊铺应符合下列规定：

- 1 水泥运至施工路段后，按计算的纵、横向间距摆放，拆袋卸料至路基上，采用平地机将集料均匀摊平。
- 2 应采用带自动洒水功能的路拌机拌和，拌和时应及时检测含水率；含水率不足地段，应在二次拌和前补充洒水。
- 3 混合料色泽一致、无灰条、无灰团、无花面，且含水率均匀。
- 4 每拌和一段，应及时用振动压路机碾压一遍。
- 5 摊铺应快速作业，摊铺一段、拌和一段，避免集料吸收路基水分结团，增大拌和难度。

11.2.5 水泥稳定沙层整形、压实应符合下列规定：

- 1 混合料拌和均匀后，应立即采用平地机初步整平、整形。
- 2 先用振动压路机振动碾压 2 遍、静压 1 遍，再用平地机调整高程及平整度；随后用胶轮压路机稳压 2 ~ 3 遍，及时在表面洒适量水使表面平整光洁，压实度不应小于 93%。
- 3 碾压应在材料初凝前完成，最迟不得晚于终凝时间，且终凝后严禁碾压。

11.2.6 水泥稳定沙养生应符合下列规定：

- 1 碾压成型的基层，应采用覆盖塑料薄膜、薄棉毯或洒水等方式养生，养生期内应保持表面湿润，养生周期宜为 7d。
- 2 施工工序应衔接紧密，施工完成后应尽快铺筑基层或沥青面层，间隔时间不宜超过 3d。

11.3 天然级配砂砾底基层

11.3.1 天然级配砂砾底基层（基层）铺筑的材料要求、施工放样及洒水碾压等应满足设计要求。

11.3.2 天然级配砂砾料层的铺筑，宜按下列工艺实施：

1 工艺一：

1) 采用双后轴自卸车装料，以低于 6km/h 的速度行驶至铺有土工布的风积沙路基（或掉头倒行至该路基），行驶过程中边行边卸料，使砂砾料呈长带状分布，卸完料后，空车按原路倒出，再掉头返回。

2) 卸料车严禁在土工布上掉头、转弯，非作业车辆和机械不得在土工布上行驶。

3) 采用平地机整平砂砾层，摊铺宜先外侧、后中间；整平路基边部时，平地机铲刀应向内倾斜，避免材料浪费。

4) 施工中应防止土工布搭接脱开，平地机作业应谨慎，防止铲刀划破土工布。

2 工艺二：

1) 自卸车在端头掉头，将砂砾料卸至铺有土工布的沙漠路基上。

2) 采用推土机将砂砾料摊开，再用平地机整平。

11.3.3 在土工格室加固沙层上铺筑砂砾料的工艺，应符合现行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610) 的有关规定。

11.3.4 天然级配砂砾底基层的松铺系数，应通过试验确定。

11.3.5 洒水后，应先静压、再振动碾压。

11.4 土工格室加固沙底基层

11.4.1 土工格室材料应符合下列规定：

1 土工格室材料的力学性能与质量检验方法，应符合现行《土工合成材料 塑料土工格室》(GB/T 19274) 的有关规定，产品应具备出厂合格证书。

2 塑料片材应平整无扭曲，板边无毛刺、飞边，板材应具备抗老化性能。

3 单元尺寸应一致，边长允许误差不应大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 塑料片材间连接宜采用超声波焊接，焊缝宽度允许误差不应大于 $\pm 2\text{mm}$ ；也可采用铆钉、热熔等方式连接。

条文说明

超声波焊接、铆钉连接及热熔连接均为当前行业内成熟、可靠的生产工艺，通常在车间环境下完成，有利于保证连接质量。其中，超声波焊接所形成的接头强度高、无微裂纹，在沙漠等温差大的地区进行张拉施工时，可避免因应力集中导致的节点破坏，具有更好的环境适应性。铆钉连接和热熔连接也可根据工程实际选用。

11.4.2 土工格室加固沙底基层施工前，应符合下列规定：

- 1 沙漠路基应按规定施工至设计高程，压实度不应小于 93%。土工格室铺设前，应清除杂物、杂草等，确保路基表面平整。
- 2 土工格室运至施工现场后，应按设计张拉长度确定摆放间距，并单个摆放。
- 3 土工格室在沙漠腹地施工时，夏季应避免高温时段，采取遮盖措施防止暴晒。

11.4.3 土工格室加固沙基层施工应符合下列规定：

- 1 应以路中线为基准布设两条边线，边线间距为网格张拉后的宽度。
- 2 土工格室就位后，应张拉至网格状并固定，各单元间采用细铁丝连接牢固。
- 3 土工格室加固沙层可采用碾压法或填充法施工。
- 4 碾压法：采用振动压路机将土工格室压入沙层使其充沙。作业前应在起始部位人工填沙或楔入木桩固定格室；碾压时应配合人工横向张拉，防止格室收缩。碾压顺序宜先两侧、后中间。
- 5 填充法：按设计宽度布设边线，土工格室全幅横向铺设于路床顶面下 0~15cm 范围内，充分张拉、调平后锚钉锚固，锚固深度不应小于 60cm；大面积区段应加密中间锚钉，保证格室绷紧、平整。格室固定后填筑风积沙，采用机械配合人工填充整平，填料宜略高于格室顶面并控制松铺厚度；碾压应匀速缓慢进行，严禁急停、掉头。碾压完成后，清除格室顶部多余填料并整平。
- 6 碾压完成后应立即检测压实度，不合格段落应补压至规定要求。
- 7 成型结构应边线顺直、张拉均匀、表面平整、连接牢固。

11.5 路面基层

11.5.1 沙漠腹地夏季天气炎热，压实后的水泥稳定砂砾基层，应及时用塑料薄膜覆盖养生。

11.6 路面面层

11.6.1 沙漠公路路面面层的材料要求、施工工艺，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

11.6.2 沙漠公路沥青表面处治面层宜采用热拌热铺法施工。热拌沥青混合料面层宜采用机械化连续铺筑。

11.7 路面工程质量检验评定标准

11.7.1 天然级配砂砾底基层、级配砾石基层、热拌沥青混合料面层、沥青表面处治面层及水泥稳定砂砾基层的质量评定，应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1) 的有关规定。沥青砂面层可参照沥青表面处治面层进行质量评定。

11.7.2 水泥稳定沙基层质量评定应符合下列规定：

- 1 砂砾材料应洁净、坚硬，满足设计及施工规范要求。水泥标号及质量符合有关规定。
- 2 水泥掺配用量应按设计要求精确控制；混合料宜采用厂拌施工，特殊情况下经监理及业主批准可采用路拌，路拌深度应达到层底。
- 3 应在最佳含水率时碾压至规定压实度。
- 4 养生应符合现行《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20) 的有关规定。
- 5 水泥稳定沙基层实测项目见表 11.7.2。

表 11.7.2 水泥稳定沙基层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度 (%)	代表值	≥97	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017) 附录 B 检查，每 200 测 2 点
		极值	≥93	
2	平整度 (mm)		≤12	3m 直尺：每 200m 测 2 处×5 尺
3	纵断高程 (mm)		+5, -15	水准仪：每 200m 测 2 个断面
4	宽度 (mm)		满足设计要求	尺量：每 200m 测 4 点
5	厚度 (mm)	代表值	-10	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017) 附录 H 检查，每 200m 测 2 点
		合格值	-20	
6	横坡 (%)		±0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面
7	强度 (MPa)		2.0~3.0	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017) 附录 G 检查

6 外观鉴定：表面应平整密实，边线整齐，无浮石和天然砂，无松散。

11.7.3 土工格室加固风积沙层质量评定应符合下列规定：

- 1 土工格室的质量应满足设计要求。
- 2 单元格室连接应牢固。

3 土工格室加固沙层实测项目见表 11.7.3。

表 11.7.3 土工格室加固沙层实测项目

项次	项目	标准	检验数量
1	张拉长度 (%)	设计值 ± 4	总数的 1%
2	张拉宽度 (%)	设计值 ± 4	
3	中线偏移 (mm)	100	每 200m 测 4 个点
4	高程 (cm)	± 5	
5	压实度 (%)	≥ 93	

4 外观鉴定

- 1) 边线顺直, 张拉均匀, 表面平整。
- 2) 单元连接牢固, 焊缝破坏率不应超过 3%。

11.7.4 路肩质量评定应符合下列规定:

- 1 路肩表面应平整密实, 不积沙。
- 2 肩线直顺, 曲线圆滑。
- 3 硬路肩的质量要求应与同结构路面一致。
- 4 路肩实测项目见表 11.7.4。

表 11.7.4 路肩实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度 (%)		不小于设计值	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1—2017) 附录 B 检查, 每 200m 测 1 点
2	平整度 (mm)	土路肩	≤ 20	3m 直尺: 每 200m 测 2 处 $\times$ 4 尺
		硬路肩	≤ 10	
3	横坡 (%)		± 0.1	水准仪: 每 200m 测 2 个断面
4	宽度 (mm)		不小于设计值	尺量: 每 200m 测 2 点

5 外观鉴定

- 1) 路肩无阻沙现象。
- 2) 路肩边缘直顺, 无其他堆积物。

12 防沙工程施工

12.1 一般规定

12.1.1 通行条件良好路段，上风侧防沙工程的施工宜先于路基施工，下风侧防沙工程的施工宜在路基施工完成后立即实施。不具备通行条件的路段，防沙工程施工应在路基施工完成后、路面施工前尽快进行。

12.1.2 风沙地区防沙工程，宜在弱风季节分段、集中、快速施工，并在大风天气来临前完成配套施工。

12.1.3 防沙工程施工时，若两侧的地形地貌因公路施工发生较大改变，且原有植被、地表硬壳遭到破坏并影响防沙效果时，应重新设计。

12.1.4 阻沙工程宜先于固沙工程施工，或两者同步实施。路基边坡与路肩防护，应在边坡、路肩及路面积沙清理完成后实施。

12.1.5 防沙工程施工时，应采取措施保护施工区域内水准点、路基边桩等测量桩志，防止人为破坏。

12.1.6 防沙工程施工前，应按设计要求，完成人员、机械、防沙材料准备及施工放样。

12.2 阻沙措施

12.2.1 阻沙措施施工前，应按设计文件放样，明确栅栏布设位置、走向及立桩间距。

12.2.2 阻沙措施所用材料规格、质量应满足设计要求，进场时应进行验收。

12.2.3 阻沙栅栏施工应符合下列规定：

- 1 采用芦苇、柴草等材料编织栅栏时，应保证孔隙均匀、绑扎牢固。

- 2 采用尼龙网栅栏时，网材应张拉平整，与立桩连接牢固。
- 3 立桩应埋设牢固，埋深应满足设计要求，回填应夯实。
- 4 栅栏底部应与地面密贴，不得留有空隙。
- 5 地形起伏较大段落，应调整立桩间距，确保栅栏与地面贴合。

12.2.4 风蚀强烈段落，应按设计要求在栅栏根部设置防掏蚀防护措施。

12.3 固沙措施

12.3.1 固沙措施施工宽度、平面网格尺寸等，应满足设计要求。

12.3.2 沙障固沙施工应符合下列规定：

- 1 芦苇、柴草类固沙方格的材料应沿布设线垂直摊铺，中点应落在线上，插入沙中深度宜为 10~15cm。草方格形成后应压紧培沙。
- 2 把式草方格应采用压制捆扎的芦苇草把，外露高度宜为 15cm，网格规格宜为 1m×1m。草把应用铁丝锚固，插入沙中深度不应小于 15cm，每米草把固定铁丝不应少于 2 根，确保与沙表贴合紧密。
- 3 土类固沙方格施工前应平整沙面，将黏土或砂砾摊撒后，用平头铁锹刮成方格，刮出的土埂高度应符合设计规定。
- 4 采用尼龙网固沙时，网材应张拉平整，与沙面密贴，边缘应与木桩固定牢固。

12.3.3 覆盖沙面施工前应适当整平沙面，并符合下列规定：

- 1 柴草类覆盖沙面
 - 1) 层铺防护应采用作物秸秆、草类等材料，枝干应截成 30~50cm 短节，铺设厚度应为 5~10cm，并应灌沙、捣实。
 - 2) 平铺植物束或芭块应扎成直径 5~10cm 的束把或编织成芭块，并应用桩钉固定。
- 2 土类覆盖沙面
 - 1) 黏性土覆盖应采用塑性指数大于 7 的黏性土，厚度宜为 4~8cm。黏性土粉粒较多时，应适量洒水使其结块。
 - 2) 盐盖覆盖应采用破碎成最大粒径约 5cm 的盐块进行层铺，厚度宜为 4~8cm。
 - 3) 砂砾、卵石覆盖可采用平铺或格状形式，厚度宜为 4~8cm。用于路肩时应整平并夯实。

12.3.4 土工沙袋、土工格室固沙施工应符合下列规定：

- 1 土工沙袋应装满风积沙，形成有鳍或无鳍沙袋沙障，并按设计尺寸摆放，应能在沙埋后提起。

2 采用土工格室等材料形成活动沙障时,应能实现自由调节规格和移动,便于养护。

12.3.5 应急化学固沙施工应符合下列规定:

- 1 宜在静风或微风条件下施工。
- 2 施工前应整平沙面或修筑沙埂,确保固沙剂能均匀渗透。
- 3 喷洒固沙剂前,沙面应喷水湿润,渗透厚度宜为1~3cm。
- 4 沙面固结前后,严禁踩踏、碾压。

12.3.6 植物固沙施工应符合下列规定:

- 1 应先进行相应的试验,经验证建成1年后保苗率达40%以上,方可较大规模推广。
- 2 流沙区应先设置工程固沙措施,为植物生长提供立地条件。
- 3 应设阻沙工程措施,阻挡外侧来沙,防止沙埋。
- 4 种植前应保证沙层含水率,含水率不足时应提前灌水。
- 5 乔灌木宜采用植苗造林,草本可直播或移根栽植。种植完成后应及时浇水,并按要求进行灌溉。
- 6 种植应选择适宜季节,宜在春季苗木萌芽前或深秋落叶后施工。插条、起苗、移苗、种植各环节应衔接紧密。
- 7 采用滴灌设施时,滴灌及供电系统的施工质量应满足设计要求。

12.4 输沙段

12.4.1 输沙段施工前,应按设计文件放样,明确输沙整平带的范围及边坡坡率。

12.4.2 输沙整平带范围内的沙丘、沙垄,应按设计高程整平,表面平顺,无突出物或坑洼。

12.4.3 路基边坡应按设计坡率整修,表面平整顺直,无松散沙层。

12.4.4 输沙段范围内施工机械应沿固定路线行驶,不得随意碾压破坏整平带。

条文说明

输沙段施工时,若由于路基施工而使原地形地貌发生较大变化,已不再适用于原措施时,需要申请设计变更或重新设计。

12.5 导沙措施

12.5.1 严格按照平面导沙设计的角度和尺寸放样，栅栏透风率不应大于10%。

12.5.2 导沙栅栏的施工，应符合本规范第12.2.3条的有关规定。

12.6 防火隔离带

12.6.1 防火隔离带范围内的易燃物应彻底清除。

12.6.2 当设计要求对防火隔离带进行化学固沙或土类覆盖时，应按设计要求施工，施工方法应符合本规范第12.3节的有关规定。

12.7 边坡防护

12.7.1 边坡防护宜在路基工程完成后施工，施工前应清理路面及路肩上的积沙，并修整边坡。

12.7.2 边坡防护应按设计要求施工，固沙施工方法应符合本规范第12.3节的有关规定。

12.8 施工期养护

12.8.1 施工期间，应对防沙工程进行保护，禁止车辆碾压和人为踩踏。

12.8.2 阻沙、固沙设施出现局部损坏时，应及时修补。

12.8.3 阻沙沙障被掩埋至外露高度约40cm时，应拔起恢复或就地重设。

12.8.4 应加强施工期植物固沙设施的养护管理，加强检查、适时补植，并做好灌溉、施肥及病虫害防控。

12.8.5 路肩上严禁堆置任何材料或杂物，防止形成沙害。公路积沙应及时清理，并运至路基下风侧20m以外的地形开阔处摊撒平顺，严禁随意堆弃。

12.9 防沙工程质量检验评定标准

12.9.1 防沙工程应在综合体系完成后，分段及时检查验收，不合格段落应返工至合格。

12.9.2 工程质量评定方法及等级评定，应符合现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1) 的有关规定。

12.9.3 检查频率除专项规定外，宜采用随机抽样，从抽样起点起按施工长度的 1/10 间隔抽样，每个检查段长度为 100 ~ 200m。

12.9.4 阻沙工程质量评定应符合下列规定：

- 1 芦苇等柴草类栅栏。
 - 1) 材料的规格、质量、立桩与栅栏埋深应满足设计要求。
 - 2) 芦苇栅栏实测项目见表 12.9.4-1。

表 12.9.4-1 芦苇栅栏实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	布设位置	满足设计文件或图纸的要求，不能设置于设计明确禁止的部位	目测
2	立桩间距 (mm)	在较长的平缓的沙面上，立桩间距为设计值 ± 200 。在地形变化处，可适当地加密或拉开，但拉开值不得大于设计值的一半，且几个相邻的立柱应比较均匀地拉开	卷尺
3	立桩数量	检查区段的立桩总数量不得小于规定	人工记数
4	立桩外露高度 (mm)	-100	直尺
5	立桩入土深度 (mm)	每一检查段检查 5 处，允许偏差 -50	锹挖、直尺
6	立桩直径或边长 (mm)	不小于设计值	卷尺、直尺
7	立桩竖直度 (mm)	± 50	直尺、垂线
8	立桩锚固	锚固用小木板或芦苇束长度及埋置深度不小于设计值，锚固用铁丝长度及固定在立桩上的位置满足设计要求并被拉紧	锹挖、目测、直尺
9	栅栏材料用量 (%)	每一检查段选择 3 处目测材料用量较少的区段，每段长 1m，实测用量不低于设计要求用量的 90%	材料根数统计换算或称重法
10	栅栏外露高度 (mm)	-100	直尺
11	栅栏入土深度 (mm)	每一检查段检查 5 处，其深度不应小于 50	锹挖、直尺
12	夹条 (mm)	直径不小于设计要求值，搭接满足要求，扎紧用铁丝间距允许偏差 +50	目测
13	栅栏上的孔隙 (mm)	不大于设计要求值	目测、直尺

- 3) 外观鉴定：栅栏应牢固。
- 2 尼龙网栅栏。
- 1) 材料的规格、质量、立桩与栅栏埋深应满足设计要求。
- 2) 尼龙网栅栏实测项目见表 12.9.4-2。

表 12.9.4-2 尼龙网栅栏实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	布设位置	满足设计文件或图纸的要求，不能设置于设计明确禁止的部位	目测
2	立桩间距 (mm)	在较长的平缓的沙面上，立桩间距为设计值 ± 200 。在地形变化处，可适当地加密或拉开，但拉开值不得大于设计值的一半，且几个相邻的立柱应比较均匀地拉开	卷尺
3	立桩数量	检查区段的立桩总数量不得小于规定	人工记数
4	立桩外露高度 (mm)	-100	直尺
5	立桩入土深度 (mm)	每一检查段检查 5 处，允许偏差 -50	锹挖、直尺
6	立桩直径或边长 (mm)	不小于设计值	卷尺、直尺
7	立桩竖直度 (mm)	± 50	直尺、垂线
8	立桩锚固	锚固用小木桩或芦苇束长度及埋置深度不小于设计值，锚固用铁丝长度及固定在立桩上的位置满足设计要求并被拉紧	锹挖、目测、直尺
9	尼龙网外露高度 (mm)	-100	直尺
10	尼龙网入土深度 (mm)	每一检查段检查 5 处，允许偏差 -50	锹挖、直尺
11	挂网间距 (mm)	+100	直尺
12	挂网木条长度 (mm)	不小于设计值	直尺

- 3) 外观鉴定：栅栏应牢固。

12.9.5 固沙工程质量评定应符合下列规定：

- 1 固沙方格。
- 1) 材料质量、规格及布设位置应满足设计要求。
- 2) 草方格实测项目见表 12.9.5-1。

表 12.9.5-1 草方格实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	固沙带平均宽度 (mm)	$\geq$ 设计值	卷尺
2	方格平均宽度与长度 (mm)	$\leq$ 设计值	卷尺
3	较宽方格宽度与长度 (mm)	+200	直尺
4	材料用量	不低于设计值的 90%	锹挖、秤量
5	平均外露高度 (mm)	-20	直尺
6	平均入土深度 (mm)	-20	锹挖、直尺

- 3) 外观鉴定：线条清晰，纵横成行。
- 2 黏土、砾石、盐盖覆盖沙面和化学固沙。
 - 1) 材料质量、规格及布设位置应满足设计要求。
 - 2) 黏土、砾石覆盖沙面和化学固沙实测项目见表 12.9.5-2。

表 12.9.5-2 黏土、砾石覆盖沙面和化学固沙实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	覆盖或渗透厚度 (mm)	不小于设计值	直尺
2	平整度	平顺无坑凹	目测

- 3) 外观鉴定：表面应平整，不应有裂缝，黏土表面颗粒不能呈粉末状。
- 3 植物固沙。
 - 1) 苗木质量、布设位置、机械固沙辅助、植被结构、场地平整、栽种季节、抚育、补植、更新、灌溉及配套设施设备、管理设施等应满足设计要求。
 - 2) 植物固沙实测项目见表 12.9.5-3。

表 12.9.5-3 植物固沙实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	造林成活率	不小于设计要求	样方调查：乔灌木样方尺寸 20m × 30m，草本样方尺寸 4m × 4m
2	造林保存率	不小于设计要求	

- 3) 外观鉴定：固沙植物的长势及其平均高度应满足设计要求。

条文说明

本规范仅介绍常用的几种阻沙工程和固沙工程质量评定标准，其他类型的防沙工程可以参照执行，或按其他有关规范执行。

12.9.6 输沙工程质量评定应符合下列规定：

- 1 基本要求：固结沙面前应按设计要求清理地表，所用材料及布设位置应满足设计要求。
- 2 输沙工程实测项目见表 12.9.6。

表 12.9.6 输沙工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	高程 (mm)	+5, -15	水准仪：每 200m 测 2 个断面
2	平整度	光滑平顺无凸凹	目测

- 3 外观鉴定：表面应平整光滑，不得有裂缝、破碎及施工废弃物。

12.9.7 导沙工程质量评定应符合下列规定：

- 1 导沙排或板所用材料及布设位置应满足设计要求。

2 导沙工程实测项目见表 12.9.7。

表 12.9.7 导沙工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	布设位置	满足设计文件或图纸要求	目测
2	其他	同本规范表 12.9.4-1 芦苇栅栏实测项目的相应内容；或以其为参考；或可参考其他有关规范	

3 外观鉴定：导沙栅栏应牢固，在其外侧应形成反射沙堤。

12.9.8 防火隔离带质量评定应符合下列规定：

1 防火隔离带位置应满足设计要求；采用沙面封固设施的，所用材料应满足设计要求。

2 防火隔离带实测项目见表 12.9.8。

表 12.9.8 防火隔离带实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	宽度 (mm)	± 150	直尺
2	布设位置	满足设计要求	目测
3	沙表材料覆盖厚度 (mm)	不小于设计值	直尺

3 外观鉴定：防火隔离带应布设在地形相对低洼处，且不应有可燃物。

13 交通工程及沿线设施

13.1 一般规定

13.1.1 交通工程及沿线设施设计与施工应遵循“安全可靠、技术先进、经济合理、便于养护”的原则，并与公路主体工程、沿线自然环境相协调。

13.1.2 各类设施应结合沙漠公路特点，综合考虑风沙地貌特征、主导风向及防沙体系布局合理布设。

13.1.3 各类设施应选用抗风蚀、耐老化、易维护的材料，布设位置应避开风沙流集中区域及易积沙部位。

13.1.4 改扩建工程应对既有交通工程及沿线设施进行评估与分类，可循环利用的材料应予以利用；无法利用的，宜用于施工便道或养护工程。

13.2 交通安全设施

13.2.1 交通标志的设置应符合下列规定：

1 应符合现行《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》(GB 5768.2)的有关规定。

2 风沙危害路段应设置“风沙天气谨慎驾驶”标志。

3 防沙设施采用易燃材料的路段，宜设置“禁止烟火”禁令标志。

4 长直线段及连续缓坡段，宜设置“检查胎压”“减速慢行”等警示标志。

13.2.2 交通标志设计应符合下列规定：

1 宜采用醒目的抗风型标志。

2 标志材料应具备足够的强度、抗风沙性能及耐久性。

3 风沙危害严重路段，标志宜采用悬臂式结构，立柱宜布设于路肩外侧边坡处。

4 宜结合护栏布设位置统筹设置，减少因标志布设新增护栏。

13.2.3 护栏设置应符合下列规定：

- 1 路基段在满足防撞要求的前提下，宜采用透风率较大的护栏形式。
- 2 桥梁段宜采用金属梁柱式护栏。

13.3 服务设施

13.3.1 服务区设置应符合下列规定：

- 1 高速公路、一级公路服务区间距，应根据沿线沙漠类型差异化设置。条件具备时，流动沙漠路段不宜大于 40km，半固定沙漠路段不宜大于 45km，固定沙漠路段不宜大于 50km。
- 2 服务区选址应避开严重风沙危害地段，并应充分利用地形条件。

13.3.2 停车区设置应符合下列规定：

- 1 高速公路、一级公路停车区与服务区、停车区之间的间距，应根据沿线沙漠类型差异化设置。条件具备时，流动沙漠路段不宜大于 15km，半固定沙漠路段不宜大于 20km，固定沙漠路段不宜大于 25km。
- 2 停车区应分区设置客车、货车停车位。
- 3 二级及二级以下公路宜在路线单侧每隔 10km 设置一处停车带。

13.4 管理设施

- 13.4.1 监控、收费、通信等设施应避开风沙流集中区，外壳防护等级不应低于 IP65，安装高度不应低于 2.5m，基础埋深不应低于 1.5m。

附录 A 风沙危害评价指标测定方法

A.1 植被覆盖度

A.1.1 植被覆盖度测定应符合下列规定:

- 1 采用样线法或样方调查法。采用样方调查法时,样方尺寸应为 $1\text{m} \times 1\text{m}$,统计植被投影面积占比。
- 2 采用卫星或无人机遥感方法,通过 NDVI (归一化植被指数) 反演,并应进行实地验证。

A.1.2 精度要求应符合下列规定:

- 1 单个样方实测误差不应大于 5%,同一区域应至少布设 3 个重复样方,取算术平均值。
- 2 遥感解译结果与实地验证的偏差不应大于 10%。
- 3 植被覆盖度测定应符合现行《卫星遥感影像植被覆盖度产品规范》(GB/T 41280) 和《森林植被状况监测技术规范》(GB/T 30363) 的有关规定。

A.2 沙丘高度

A.2.1 沙丘高度测定可采用下列方法:

- 1 采用全站仪或 RTK-GPS (实时动态全球定位系统) 测定高程差。
- 2 采用无人机航测生成 DSM (数字表面模型),提取高程数据。

A.2.2 精度要求应符合下列规定:

- 1 RTK-GPS 测定高程误差不应大于 0.1m 。
- 2 无人机航测高程误差不应大于 0.2m 。
- 3 沙丘高度测定应符合现行《全球定位系统实时动态测量 (RTK) 技术规范》(CH/T 2009) 和《公路工程地质勘察规范》(JTG C20) 的有关规定。

A.3 起沙风频率

A.3.1 起沙风频率应采用气象站或梯度风塔进行连续观测,统计达到起沙风阈值

的风速出现天数。

A.3.2 观测要求应符合下列规定：

- 1 起沙风阈值应根据地表类型按表 A.3.2 确定。

表 A.3.2 起沙风阈值

地表类型	起沙风阈值 (m/s)
沙质地表	5
戈壁地表	6~7

注：表中起沙风阈值均为 2m 高度处观测值。

- 2 观测频次不应低于 1 次/10min。
- 3 连续观测时间不应少于 1 年。
- 4 起沙风频率测定应符合现行《地面气象观测规范 风向和风速》(GB/T 35227) 和《风力等级》(GB/T 28591) 的有关规定。

A.4 沙丘移动速度

A.4.1 沙丘移动速度测定可采用定位监测法或遥感对比法，并应符合下列规定：

- 1 采用定位监测法时，应在沙丘脊线或坡脚处布设固定监测桩，并定期采用 RTK-GPS 测定坐标偏移量。
- 2 采用遥感对比法时，应选取间隔时间不少于 1 年的遥感影像进行解译，分析位移变化。

A.4.2 精度要求应符合下列规定：

- 1 定位监测平面坐标误差不应大于 0.1m，年移动速度统计误差不应大于 5%。
- 2 遥感影像分辨率不应低于 2m，解译位移误差不应大于 1m。
- 3 沙丘移动速度测定应符合现行《全球定位系统实时动态测量 (RTK) 技术规范》(CH/T 2009) 的有关规定。

A.5 年输沙量

A.5.1 年输沙量应采用集沙仪观测法测定，并应符合下列规定：

- 1 应在沙丘不同部位或主风向上布设集沙仪和风蚀盘。
- 2 应累计全年观测数据并进行校正。

A.5.2 精度要求应符合下列规定：

- 1 单台集沙仪的观测误差不应大于 8%。
- 2 同一区域应至少布设 3 个观测点，取观测数据的算术平均值。
- 3 年输沙量测定应符合现行《水土保持监测技术规范》(SL/T 277) 中风力侵蚀输沙量监测的有关规定。

交通运输部信息公开
浏览专用

附录 B 浸水法测定干燥风积沙密度试验方法

B.1 目的和适用范围

B.1.1 本方法的目的是测定干燥风积沙或粉黏粒含量较少的风积沙的密度，为沙漠路基压实质量控制提供依据。

B.1.2 本方法适用于沙漠地区公路路基中干燥风积沙填料的密度及压实度测定，被测路基的压实度应大于 90%。

B.2 仪器与材料

B.2.1 试验应采用下列仪器与材料：

- 1 人工取土器：包括环刀、环盖、定向筒及击实锤系统（导杆、落锤、手柄）。环刀内径 6~8cm，高 2~3cm，壁厚 1.5~2mm。
- 2 天平：感量 0.1g。
- 3 其他：铲刀、刮刀、修土刀、毛刷、擦布、钢丝锯、凡士林，以及含水率测定设备等。
- 4 圆形透水布：采用两层纱布制成，无肉眼可见孔洞，裁成圆形，直径 50cm。
- 5 洒水设备：清水、洒水壶、木抹子等。

B.3 试验步骤

B.3.1 擦净环刀，称取环刀质量 m_1 ，精确至 0.1g。

B.3.2 在试验地点，将面积约 50cm × 50cm 的沙漠路基表面刮平，不得扰动下层土体。

B.3.3 将透水布在清水中浸湿，然后取出轻轻拧干，以不滴水为宜，将布展平并将其小心地平铺在试验处。

B.3.4 用装满水的洒水壶缓慢均匀地将水洒到透水布上，洒水时应将壶嘴贴近透水

布。浸水量通过试验确定，水的浸透深度宜大于环刀取土深度的 3 倍。

B. 3. 5 待水全部渗到沙层并静置 5min 后取走透水布，刮除表层约 1cm 厚沙层。

B. 3. 6 在刮平的沙面上，将环刀刃口向下，用两手平衡地将环刀垂直压入沙层并使沙样凸出环刀上端约 2cm 时为止。

B. 3. 7 用铲刀沿环刀底部取出试样。

B. 3. 8 削掉环刀口上的多余沙土，用刮刀刮平。试验中不得将环刀内沙样剥落。

B. 3. 9 擦净环刀外壁，迅速称取环刀与试样合计质量 (m_1)，精确至 0.1g。

B. 3. 10 自环刀中取具有代表性的试样，测定其含水率 w 。宜将环刀中的全部沙样用于含水率测定。当环刀容积较大、仅取部分沙时，应在整个剖面上均匀取样。

B. 4 计算

B. 4. 1 试样的湿密度和干密度应按式 (B. 4. 1-1)、式 (B. 4. 1-2) 计算：

$$\rho = \frac{4 \times (m_1 - m_2)}{\pi \times d^2 \times h} \quad (\text{B. 4. 1-1})$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w} \quad (\text{B. 4. 1-2})$$

式中： ρ ——试样的湿密度 (g/cm^3)；
 ρ_d ——试样的干密度 (g/cm^3)；
 m_1 ——环刀或取芯套筒与试样合计质量 (g)；
 m_2 ——环刀或取芯套筒质量 (g)；
 d ——环刀或取芯套筒直径 (cm)；
 h ——环刀或取芯套筒高度 (cm)；
 w ——试样的含水率 (%)。

B. 4. 2 施工压实度应按式 (B. 4. 2) 计算：

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_o} \times 100\% \quad (\text{B. 4. 2})$$

式中： K ——测试地点的施工压实度 (%)；
 ρ_d ——试样的干密度 (g/cm^3)；
 ρ_o ——由击实试验得到的试样的最大干密度 (g/cm^3)。

B.5 精密度和允许差

B.5.1 本试验应进行两次平行测定试验。若两次平行试验测定所得数值之差小于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，可取其算术平均值。反之，则应再进行平行测定，直至数次平行试验中有两次测定的数值满足上述要求，并用这两次平行测定的数值进行平均。

B.6 报告

B.6.1 试验报告应记录风积沙的鉴定分类和状态描述、试样的层位、含水率、湿密度、干密度、最大干密度、压实度等，并附试验、校核、审核人员签名。

B.7 剥离法

B.7.1 已铺筑完底基层的路段，可采用剥离法测定沙漠路基的压实度。

B.7.2 剥离法应按下列步骤进行：

- 1 在试验部位底基层上画直径为 80cm 的圆圈。
- 2 剥离圈内土工布上的砂砾料，并将土工布剪出直径 60cm 的洞口。
- 3 按本附录第 B.3 节 ~ 第 B.6 节规定的方法测定沙层密度，试验过程中应减少对沙层的扰动。
- 4 试验完毕后，用沙填平试坑并夯实，再用直径 80cm 的土工布覆盖洞口，其上用砂砾料补平并压实。

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) 在标准总则中表达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或行业标准时，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”。