

甘肃省交通运输行业技术规程

GJGC/2026—03

甘肃省公路沙害防风固沙技术指南

Guidelines for Wind Prevention and Sand Fixation Technologies
for Highway Sand Hazards in Gansu Province

2026-05-21发布实施

甘肃省交通运输厅 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 工程勘察	2
5.1 自然环境勘察	2
5.2 风沙危害现状调查	2
5.3 防风固沙筑路材料勘察	3
6 防风固沙设计	3
6.1 工程防风固沙	3
6.2 化学防风固沙	6
7 施工	7
7.1 工程防风固沙施工	7
7.2 化学防风固沙施工	9
8 养护与维修	10
8.1 日常养护	10
8.2 定期检测与评估	11
8.3 维修与加固	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由甘肃省交通运输厅提出、归口并监督实施。

本文件起草单位：甘肃省公路事业发展中心、甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司、甘肃省酒泉公路事业发展中心。

本文件主要起草人：苗婷婷、王海林、毛永强、王磊、林柏松、刘宗杰、曹青霞、朱小明、邢庆儒、韩海龙、张富奎、寇小舟、王斌、韩淋臣、刘大海、王琳、王吉生、汤韬、杨学华。

本文件由甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司负责解释。

各单位或个人在执行本文件过程中如发现需要修改和补充之处，请随时将意见和建议反馈至甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司《甘肃省公路沙害防风固沙技术指南》编制组（地址：兰州市城关区雁北路1689号交通科技产业园，邮编：730030，E-mail：382991864@qq.com，电话：0931-8501101），供今后修订时参考。

甘肃省公路沙害防风固沙技术指南

1 范围

本文件规定了公路防风固沙工程勘察、设计、施工及养护与维修技术要求。
本文件适用于各类处于沙漠地区的新建、改建与扩建公路工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG B01 公路工程技术标准
JTG/T D31 沙漠地区公路设计与施工指南
JTG D20 公路路线设计规范
JTG D30 公路路基设计规范
JTG B04 公路环境保护设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风蚀 wind erosion

风力对地表物质的吹蚀和磨蚀作用，可导致路基边坡土体流失、路面磨损及防护设施损坏。

3.2

沙埋 sand burial

风沙流中沙粒因风速降低或受障碍物阻挡，堆积于公路路面、路基及附属设施的现象。

3.3

固定沙丘 fixed dune

表面植被覆盖范围较高（一般 50%以上），整体稳定，基本无明显移动和大规模风蚀现象。

3.4

半固定沙丘 semi-fixed dune

部分区域植被覆盖范围在 10%-50%之间，风力较大时局部产生风沙流活动。

3.5

流动沙丘 mobile dune

表面植被覆盖范围极低（通常小于 10%），有强烈风沙流活动，对公路危害极大。

3.6

整平带 sand accumulation platform

设置于路基坡脚等位置用于堆积风沙流中沉降沙粒的平面。

4 基本规定

公路风沙防护工程应遵循安全、环保、经济、长效、生态优先的原则。

5 工程勘察

5.1 自然环境勘察

5.1.1 气象条件勘察

——气象数据收集周期应不少于近 20 年，需参数包括风速与风向、降水、温度、沙尘暴等。

——应收集多年平均风速、各季节平均风速、最大风速及对应的风向，不同风速等级的出现频率和持续时间，绘制风玫瑰图。

——沙尘暴方面，应记录沙尘暴发生的频率、强度、持续时间和影响范围。

5.1.2 地形地貌勘察

——详细划分公路沿线的沙丘类型，记录各类沙丘的分布范围、形态特征，对于流动沙丘，需测量其高度、坡度、长度和宽度，确定沙丘的移动方向和速度；

——主风向与沙丘、沙垄移动方向与沿线走向的关系，路线沿线沙害类型及严重程度。

5.1.3 工程地质勘察

——地表风积沙物理化学性质，如颗粒分析、矿物成分、级配特征、天然密度、干密度、孔隙比、内摩擦角和黏聚力等；地表水的分布、潜水埋藏深度及成分；

——勘察地下水的类型（潜水、承压水）、水位埋深、水位变化幅度和水质，取水样进行化学分析，测定地下水的 pH 值、矿化度和主要离子含量；

——完成沙漠地区风沙工程地质说明，地质调查、勘探、试验资料报告。

5.2 风沙危害现状调查

5.2.1 实地调查公路沿线及周边现有公路、铁路、水利设施等受风沙危害的类型、程度与范围，收集当地居民及公路养护人员的危害描述与应对经验。

5.2.2 开展风蚀危害调查：测量路基边坡风蚀深度与面积，记录路面磨损程度，检查防风沙栅栏、固沙沙障等设施的风蚀损坏情况，分析风蚀成因及影响因素。

5.2.3 开展沙埋危害调查：测量路面、路肩、边沟的积沙厚度与范围，统计沙埋频率及持续时间，明确沙源位置、来源方向，分析沙粒搬运路径与堆积机制。

5.2.4 绘制风沙危害现状图，标注各类危害的位置、范围及程度。

5.2.5 鼓励采用无人机巡检、风沙传感器等智慧监测手段提升调查精准度。

5.3 防风固沙筑路材料勘察

5.3.1 材料种类调查

——植物秸秆类：调查芦苇、麦草、稻草、沙柳、红柳等的分布范围与可利用储量，明确其采集、运输难度及成本。

——工业材料类：核实金属网、土工合成材料等的供应渠道、价格及性能指标；了解化学固沙剂的供应情况与性能参数。

——天然固沙材料类：查明黏土、砾石、碎石等的分布情况，测定其储量、颗粒组成、塑性指数等核心指标。

——乡土固沙植物类：记录沿线乡土固沙植物的生长环境、特性及繁殖能力，采集种子或苗木样本并开展发芽率、成活率试验。

5.3.2 材料性能评估

——对调查收集的筑路材料开展性能测试，验证其是否符合风沙防护工程设计要求。

——测试植物秸秆类（优先选用带侧枝柴木枝条）的抗折抗拉强度、抗腐蚀性及耐久性；检测金属网、土工合成材料的抗拉强度、抗紫外线老化性能与耐腐蚀性。

——测定黏土液限、塑限、压缩系数及抗剪强度；测试砾石、碎石抗压强度、磨耗率及级配组成；开展化学固沙剂固沙效果试验并评估其环境影响。

——通过盆栽与田间试验，评估乡土固沙植物生长速度、成活率、覆盖度及固沙效果，测定根系分布特征，分析抗逆性。

——编制筑路材料勘察报告，推荐适配当地风沙防护工程的材料种类及供应方案。

6 防风固沙设计

6.1 工程防风固沙

6.1.1 综合采取“阻、固、输”相结合的措施，建立“经济、合理、有效”的防沙体系。

6.1.2 就近取材时，应注意保护环境。不得由此造成生态环境的破坏，产生不利影响。

6.1.3 注意新材料、新结构、新技术、新工艺的引进与运用。

6.1.4 防沙工程设计要保证在正常施工及维护水平下，使其在公路基本设计使用年限内正常运营。

6.1.5 不同的风沙地区，应采取不同的防沙工程体系，主要为：

——流动性沙漠、沙源丰富或风沙流强烈路段：设置“外缘阻沙+内侧固沙+边坡防风蚀+路基/路面输沙”完整防护体系，通过合理路基断面形式与平顺光滑路面实现风沙流非堆积越过。

——固定沙丘为主或风沙流过境路段：以输沙措施为主，治理局部零星沙害，包括封固/铲除路基附近零星沙丘及凸起物（含灌丛）形成平整带，配套边坡防风蚀及输沙型路基/路面设计。

6.1.6 对于公路穿越流动性沙丘、沙质地表且周边环境敏感，短期内难以通过植物固沙形成有效防护的地段，宜考虑化学固沙法进行快速固沙。

6.1.7 根据不同的自然条件、各种防护措施适用条件、范围、优缺点等，因地制宜，因害设防。

——在半干旱的干草原地带，以植物治沙为主，工程防沙或化学固沙为辅，植物治沙宜采用乔、灌、草相结合，推荐的植物种类宜参照表 1；

表 1 不同地带适宜的乡土植物种类推荐表

草原地带类型	区域气候特征	适宜乔木种类	适宜灌木种类	适宜草本种类	乔灌草搭配比例 (面积占比)	主要固沙功能
半干旱干草原地带	年降水量 250-400mm，蒸发量 1500-2000mm，冬季寒冷多风	杨树（青杨、小叶杨）、旱柳	沙棘、柠条锦鸡儿、沙柳	沙打旺、草木樨、羊草	乔木 20%、灌木 40%、草本 40%	乔木防风固土，灌木密集固沙，草本覆盖地表减少风蚀
干旱半荒漠地带	年降水量 150-250mm，蒸发量 2000-3000mm，昼夜温差大，风沙活动频繁	（乔木仅局部引水条件下适用）白榆、刺槐	花棒、踏郎、红砂、霸王	沙蒿（油蒿、差巴嘎蒿）、针茅、芦苇	乔木 5%-10%（仅限局部）、灌木 50%-60%、草本 30%-45%	灌木为主导固沙层，草本快速覆盖沙面，乔木点缀防风
荒漠草原过渡带	年降水量 100-150mm，蒸发量 3000mm 以上，土壤贫瘠，植被稀疏	（仅绿洲边缘或灌溉区）新疆杨、胡杨	梭梭、白刺、沙拐枣、盐爪爪	沙蓬、骆驼刺、碱蓬	乔木 0-5%（严格限制）、灌木 60%-70%、草本 25%-40%	灌木抗逆性强构建核心防护，草本耐盐碱覆盖裸露沙地

——在干旱的半荒漠地带，宜采用工程防沙或化学固沙为主，配合植物治沙，固沙植物以灌木和半灌木为主；

——在干旱的荒漠地带，宜采用工程防沙或化学固沙措施；

——在沙丘间地下水位较高或有引水灌溉条件的地方，可进行植物治沙，营造防沙林带。

6.1.8 路基边坡形式的选择须进行经济性对比分析，一般情况下，戈壁荒漠地区路基边坡推荐使用预制框格+夯拍碎砾石或卵石的防护方案。

——干旱缺水区域的路基边坡可采用碎砾石覆盖防护，碎石粒径 5-10cm，铺设厚度不小于 10cm，底部铺设土工格栅防止碎石嵌入路基，格栅网格尺寸不大于 2cm×2cm；

——当路侧沙丘稳定性差，为半固定和流动的沙丘时，宜在路侧设置整平带和防护带；

——在路基两侧分别设置 20m 宽整平带，与平缓的路基边坡、路面共同形成输沙带，整平带范围内铺砌 10cm 厚碎砾石；

——上风侧整平带外设置宽度≥100m 的防护带，下风侧整平带外设置宽度≥30m 的防护带；

——有浇灌条件时整平带和防护带种植乔木与灌木，地表种植耐旱草种（如图 1 中断面 I）；

——无条件栽种植物或植物固沙未起作用时，整平带和防护带应布设半隐蔽式柴草沙障（如图 1 中断面 II）、聚乙烯网状沙障或化学措施固沙，柴草沙障布置形式如图 2 所示；

——防护带外侧宽度≥500m 的范围，应防止人、畜破坏地表植被。耕地、场区附近根据实际情况确定设置宽度。

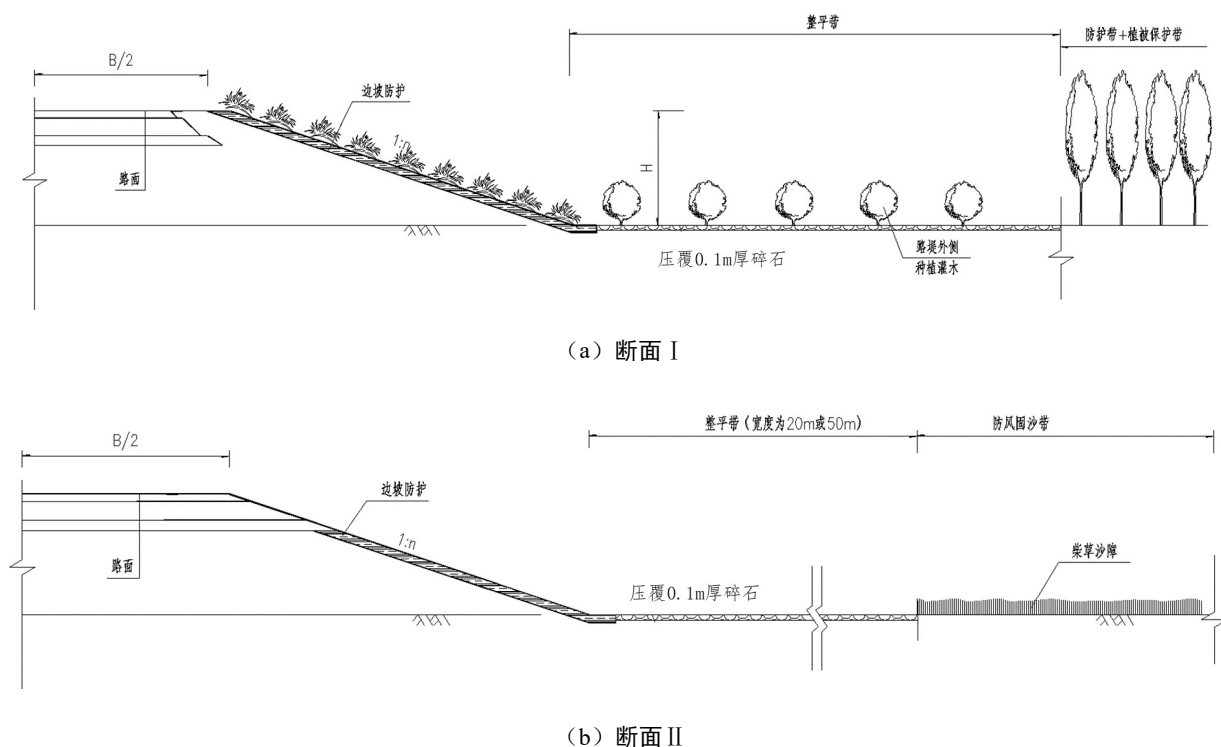


图 1 路侧防护示意图 (m)

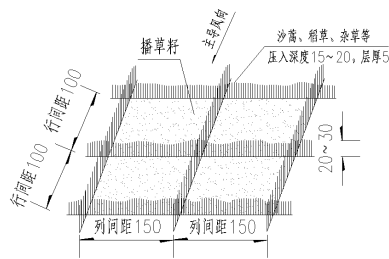


图 2 半隐蔽式柴草沙障布置示意图 (cm)

6.1.9 当路侧沙丘密集且稳定性差，若无较大空间设置足够的防护带时，可在路侧设挡沙墙，高度一般等于路基填高，设于整平带内，距路堤右侧坡脚 20m 处。

6.1.10 在以固沙为主的路段，高立式沙障距路肩边缘的距离一般应大于 50m。在风向单一，公路走向与主风向夹角 $\alpha < 60$ 。地区，公路下风侧可不设高立式沙障。防护带内的活动沙丘与沙面应采取固沙措施封固，以形成固沙带。固沙带内的流沙视其裸露状况，采用全封闭或斑状封闭。

6.1.11 在采取输沙措施的路段，路基两侧 20~30m 范围内的地面应保持平顺，地上的凸起物或灌丛均应铲除，并予以整平，形成平整带。

6.2 化学防风固沙

6.2.1 对于公路穿越流动性沙丘、沙质地表且周边环境敏感，短期内难以通过植物固沙形成有效防护的地段，宜考虑化学固沙法进行快速固沙。

6.2.2 化学固沙材料选择应符合以下规定：

——化学固沙材料应具备良好的胶结性、渗透性和抗风蚀性能，能够在沙粒间形成稳定的粘结结构，有效抵抗风力侵蚀。

——优先选用环保型、可降解的化学固沙材料，如以天然高分子（淀粉、纤维素、植物胶等）为原料改性制成的固沙剂，减少对公路周边生态环境的潜在影响，具体执行时可参见表 2。

表 2 化学固沙材料的环境风险评估指标

评估指标类别	具体指标项	限值要求	参考标准/测试方法	核心作用
毒性风险指标	重金属含量 (Pb、Cd、Cr ⁶⁺ 、Hg)	Pb≤50mg/kg、Cd≤5mg/kg、Cr ⁶⁺ ≤10mg/kg、Hg≤1mg/kg	《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》(GB36600)	防止重金属迁移污染土壤和地下水
	急性毒性 (发光细菌测试)	急性毒性单位 (TU) ≤30	发光细菌毒性测试法	避免对土壤微生物及周边生物的急性危害
VOCs 控制指标	有机类材料 VOCs 含量	≤100g/L	《胶粘剂挥发性有机化合物限量》(GB18583)	减少施工及运营期挥发性气体污染大气
	甲醛释放量	≤0.1mg/m ³ (气候箱法测试)	气候箱法	防止刺激性气体危害人员及植被

生物降解性指标	可降解材料生物降解率	≥60% (28 天测试周期)	《受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定》(GB/T19277)	减少材料长期环境残留
土壤生态影响指标	土壤 pH 值变化幅度	±0.5 范围内 (以原土壤 pH 值为基准)	土壤 pH 值测定法	避免土壤酸化或碱化影响植物生长
	土壤酶活性抑制率 (脲酶、蔗糖酶)	≤20%	土壤酶活性测定法	保障土壤生物活性及养分转化能力
水环境影响指标	浸出液 COD、BOD ₅	COD≤100mg/L、BOD ₅ ≤20mg/L	《地表水环境质量标准》(GB3838) III类标准	防止雨水冲刷导致水体污染
	重金属浸出浓度	低于《地下水质量标准》(GB/T14848) III类标准限值	水平振荡法	避免污染地下水
长期稳定性指标	老化后毒性变化 (紫外线老化 5 年模拟)	老化后浸出液仍满足毒性风险指标要求	紫外线老化试验+毒性测试	防止长期服役过程中有害物质释放
	对乡土植物生长影响	典型植物 (沙蒿、柠条) 发芽率降低幅度≤15%	盆栽试验	确保不抑制植被自然恢复

——无机类固沙材料 (水泥、石灰、矿渣等) 应根据公路所在地区的气候、地质条件, 选择合适的品种和配比, 确保固化效果和耐久性。在雨水较多地区, 需考虑材料的耐水性; 在寒冷地区, 要关注材料的抗冻性能。

——有机类合成高分子固沙材料 (聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、聚氨酯等) 使用前需进行环境影响评估, 确认其在公路运营期内不会对土壤、水体等造成污染。同时, 要严格控制材料的挥发性有机物 (VOCs) 含量, 符合国家环保标准。

——复合类固沙材料应综合考虑无机和有机成分的协同作用, 优化配方设计, 使其兼具高强度、柔韧性、透气性和透水性, 满足公路工程长期固沙需求。

7 施工

7.1 工程防风固沙施工

7.1.1 施工准备要求

——施工前需复核工程勘察数据, 重点确认沿线主风向、沙丘类型 (固定/半固定/流动沙丘)、沙源分布及筑路材料性能参数, 确保与设计方案一致; 针对流动沙丘路段, 需提前在施工区域外围设置临时高立式沙障 (高度≥1.5m), 阻挡风沙侵袭施工场地。

——编制专项施工方案, 明确不同防护措施 (如高立式沙障、方格沙障、植被种植) 的施工流程、技术参数及质量控制标准; 对施工人员进行技术交底和安全培训, 重点培训沙障铺设、机械操作及风沙环境下的安全防护知识。

——检查施工设备（如沙障插设机、碾压机、苗木种植机）的性能状态，确保设备适配沙漠地区作业；准备充足的备用材料（如备用沙障网片、柴草、苗木），应对施工中可能出现的材料损耗或损坏。

7.1.2 高立式沙障施工

——沙障位置应严格按照设计要求布设，主风向上风侧距路肩边缘距离 $\geq 50\text{m}$ ，若公路走向与主风向夹角 $< 60^\circ$ ，下风侧可省略；基础施工时，采用机械开挖或人工掏槽方式，槽深 $\geq 50\text{cm}$ ，宽度 $\geq 30\text{cm}$ ，浇筑 C20 混凝土基础，基础顶面高出沙面 10cm，确保立柱稳固。

——立柱选用防腐处理的木质杆（直径 $\geq 8\text{cm}$ ）或环氧锌基涂层金属杆（壁厚 $\geq 2\text{mm}$ ），间距 2-3m，插入基础深度 $\geq 40\text{cm}$ ；网片安装时，需与立柱紧密连接，采用螺栓或卡扣固定，网片搭接宽度 $\geq 10\text{cm}$ ，孔隙率控制在 30%-40%（根据设计风速调整），安装完成后需检查沙障垂直度，偏差 $\leq 3^\circ$ 。

——沙障外侧 50cm 范围内铺设 10cm 厚砾石层，防止沙粒从基础底部淘蚀；施工完成后进行防风测试，在风速 15m/s 条件下，观察沙障无明显倾斜、网片无撕裂，方可进入下一道工序。

7.1.3 方格状沙障施工

——按设计规格（如 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $2\text{m} \times 1.5\text{m}$ ）放线，采用白灰或沙袋标记方格边界，确保方格线条平直，偏差 $\leq 5\text{cm}$ ；沙障材料选用麦草、玉米根（长度 $\geq 50\text{cm}$ ）或梨树枝（直径 3-5cm），若使用柴草类材料，需提前晾晒至含水率 $\leq 15\%$ ，防止霉变。

——插设时将材料沿方格边线埋入沙层，埋深 15-25cm（根据沙障高度调整），露出沙面高度 10-15cm，埋入部分需夯实；黏土沙障施工时，需将黏土加水搅拌至含水率 20%-25%，制成黏土块（尺寸 $20\text{cm} \times 15\text{cm} \times 10\text{cm}$ ），沿方格边线砌筑，块体之间错缝搭接，砌筑完成后洒水养护 3-5 天。

——方格内部需进行平整处理，清除凸起沙粒，必要时铺设 5cm 厚细沙层，确保沙面与沙障顶部平齐；施工密度需符合设计要求，如 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 方格每公顷用量：麦草 $\geq 15\text{t}$ 、柴木 $\geq 8\text{m}^3$ ，偏差 $\leq 5\%$ 。

7.1.4 植被种植施工

——种植时间应根据区域气候确定，半干旱草原地带选择春季（3-4 月）或秋季（9-10 月），干旱荒漠地带优先在雨季（7-8 月）或灌溉条件具备时施工；苗木选用根系完整、无病虫害的乡土苗，如沙拐枣（地径 $\geq 0.5\text{cm}$ 、苗高 $\geq 30\text{cm}$ ）、花棒（地径 $\geq 0.4\text{cm}$ 、苗高 $\geq 25\text{cm}$ ），起苗后需用保湿材料包裹根系，运输时间 ≤ 4 小时。

——采用“穴植法”种植，穴深 30-50cm（根据苗木根系长度调整），穴底施入 50g 有机肥（腐熟羊粪或牛粪），与沙土混合均匀；种植时将苗木放入穴中央，回填沙土并分层夯实，回填后在苗木根部堆筑 10cm 高土埂，形成蓄水坑，随后浇定根水（每株浇水 2-5L，根据土壤含水率调整）。

——扦插类植物(如东疆沙拐枣)施工时,剪取长度 40-60cm 的枝条,用 ABT 生根粉(浓度 100mg/L)浸泡基部 2 小时,扦插深度 20-30cm,株行距 50cm×50cm,扦插后压实沙层;直播沙蒿等草本植物时,需将种子进行大粒化处理(掺沙比例 1:5),采用条播方式,行距 30cm,播深 1-2cm,播后覆盖薄沙并镇压。

7.1.5 路基边坡防护施工

——戈壁荒漠地区路基边坡采用预制框格(C30 混凝土)防护,框格铺设前需清理边坡浮沙,修整边坡坡度至设计值,铺设时框格之间用水泥砂浆粘结,缝隙≤2cm,铺设完成后在框格内填充夯拍碎砾石(粒径 5-10cm),填充厚度≥10cm,表面平整。

——干旱缺水区域采用碎砾石覆盖防护,砾石粒径 5-10cm,铺设厚度≥10cm,铺设前在边坡表面铺设土工格栅(网格尺寸≤2cm×2cm),格栅搭接宽度≥15cm,用 U 型钉(间距 50cm)固定,防止格栅移位;砾石铺设时从坡脚向坡顶进行,分层铺设并碾压,压实度≥90%。

——边坡防护施工完成后,需检查边坡稳定性,在边坡顶部设置截水沟(宽度 30cm、深度 40cm),沟内铺设土工布,防止雨水冲刷边坡;对边坡进行洒水测试,观察无明显水土流失,方可验收。

7.1.6 施工质量控制与验收

——施工过程中每 200m 路段设置 1 个质量检测点,检测项目包括沙障高度(偏差≤±5cm)、孔隙率(偏差≤±5%)、植被成活率(要求≥80%)、边坡坡度(偏差≤±1°)等,检测数据需实时记录,不合格部位及时整改。

——施工完成后进行整体验收,验收内容包括防护设施外观质量(无破损、移位、倾斜)、防护效果(在设计风速下无明显风沙堆积或风蚀)、材料性能(符合设计要求)等;验收合格后签署验收报告,归档施工资料(含设计图纸、施工日志、检测报告等),作为后续养护依据。

7.1.7 施工安全与环保要求

——施工现场需设置安全警示标志,划定作业区域,严禁非施工人员进入;施工人员需佩戴防风镜、防尘口罩、防滑鞋等防护用品,高空作业(如高立式沙障安装)时需系安全带,搭设安全脚手架。

——取料时需遵循“就近取材、适度开采”原则,严禁过度挖掘植物秸秆或砾石,破坏周边环境;施工产生的废弃物(如废弃网片、包装材料)需集中回收处理,不得随意丢弃在沙漠中;施工结束后需对临时施工场地进行植被恢复,种植适宜的乡土植物,恢复地表植被覆盖度。

7.2 化学防风固沙施工

——施工前，应对公路沿线沙面进行预处理，清除沙面上的杂草、杂物等，为化学固沙材料的均匀铺设或喷洒创造条件。

——按照设计要求和材料使用说明，准确配制化学固沙材料。对于需要加水稀释或混合搅拌的材料，应严格控制各成分比例，确保材料性能稳定。采用机械搅拌时，搅拌时间和转速应符合规定，保证材料混合均匀。

——喷洒施工时，应选用合适的喷洒设备（喷雾机、喷枪等），根据沙面状况和材料特性，确定合理的喷洒压力、流量和喷洒角度。确保化学固沙材料均匀覆盖沙面，避免出现漏喷、堆积现象。喷洒浸透厚度应根据设计要求控制在 1-5cm，保证形成有效的防护层。

——对于采用铺设方式的化学固沙材料（如固化板材、纤维网格等），应将其平整铺设在沙面上，并用固定装置（木桩、锚杆等）将材料与沙面牢固连接，防止在风力作用下移位。材料铺设应紧密，拼接处要进行密封处理，确保整体防护效果。

——施工完成后，应避免车辆、行人在沙面上通行，防止破坏防护层，确保材料充分固化。

8 养护与维修

8.1 日常养护

8.1.1 日常养护应建立常态化机制，明确养护人员职责和工作内容，明确预警后 24 小时内必须完成专项巡查，确保沙漠地区公路风沙防护工程长期有效运行。

8.1.2 养护人员巡查频率根据风沙危害程度确定：

——流动沙丘区、沙尘暴多发区等严重危害路段，每月巡查不少于 4 次；

——半固定沙丘区、风沙危害中等路段，每月巡查不少于 2 次；

——固定沙丘区、风沙危害较轻路段，每月巡查不少于 1 次。

8.1.3 巡查内容包括：

——防风沙栅栏是否有破损、倾斜、倒伏，连接部位是否松动，网片是否被沙粒堵塞；

——草方格沙障、黏土沙障等固沙设施是否有损坏、移位，沙障内是否有积沙，植被生长状况及是否有枯萎、死亡现象；

——路基边坡是否有新的风蚀痕迹，路面是否有积沙、磨损，路肩、边沟是否畅通及有无杂物堆积；

——标志标牌、通信线路等附属设施是否完好及有无被风沙损坏情况。

8.1.4 日常清洁维护应及时清理路面和防护设施上的积沙，采用人工或机械清扫方式，确保路面干净

整洁，清理出的沙粒应运至远离公路的指定区域堆放；保持排水系统畅通，定期清理截水沟、排水沟内的泥沙、杂草等杂物。

8.2 定期检测与评估

8.2.1 定期检测与评估应结合工程使用年限和风沙危害程度设定检测周期：

- 投入使用后每年进行 1 次全面检测；
- 沙尘暴等极端天气过后，应及时进行专项检测。

8.2.2 检测内容包括：

- 采用专业仪器测量防风沙栅栏的高度、孔隙率、抗风性能等参数，评估其防风阻沙效果；
- 通过实地测量和采样分析，测定草方格沙障、黏土沙障的固沙强度、抗风蚀能力，检查沙障的完好率；
- 监测植被的覆盖度、高度、胸径等生长指标，评估植被固沙的稳定性和可持续性；
- 测量路基边坡的风蚀深度、面积，路面的磨损程度、平整度，计算风蚀量和磨损速率；
- 利用风沙流监测设备（如集沙仪、风速仪），连续监测不同路段的输沙率、风速变化，分析风沙流对公路的影响程度。

8.2.3 根据检测数据对风沙防护工程的性能进行综合评估，划分评估等级，宜参照表 3 执行：

- 优：防护设施完好，防护效果显著，无明显风沙危害；
- 良：防护设施基本完好，有轻微损坏，风沙危害较小；
- 中：防护设施有一定损坏，风沙危害中等，需进行局部维修；
- 差：防护设施严重损坏，风沙危害严重，需进行大规模维修或重建。

表 3 风沙防护工程的性能进行综合评估表

评估等级	核心判定维度	具体维修阈值与判定标准	对应养护措施建议
优	I 防护设施完好率	-防风沙栅栏：无破损、无倾斜，网片孔隙率保持设计值±5%以内,完好率 100%；	维持日常养护,按原频率巡查,无需额外维修
		-固沙设施（草方格/黏土沙障）：无损坏、无移位，方格完整度 100%，无局部流沙裸露；	
		-化学固沙层：无开裂、无剥落，防护层完整性 100%。	
II 风沙危害程度	-路基边坡：无新跟风蚀痕迹，风蚀深度 0cm；		
	-路面：无积沙,磨损程度符合设计使用年限内正常损耗（年磨损速率≤0.3mm）；		
	-输沙率：监测值稳定在设计控制值 80%以下，无风沙流堆积风险。		
III 植被生长状况	乡土植物覆盖度达到设计值 100%以上，幼苗成活率≥90%，无枯萎、死亡植株，无病虫害迹象。		
良	I 防护设施完好率	-防风沙栅栏：局部网片轻微破损（单段破损面积≤1 m ² /100m）、倾斜角度≤5°，完好率≥95%；	局部轻微修复,优先
		-固沙设施：草方格/黏土沙障局部轻微损坏（单处破损面积≤0.5 m ² /100 m ² ），方格完整度≥95%，局部流沙裸露面积≤2%；	采用补修方式恢复

	II 风沙危害程度	-化学固沙层：无剥落，仅出现长度≤10cm、宽度≤0.5cm 的细微裂纹，防护层完整性≥95%。	功能性
		-路基边坡：风蚀深度≤0.5cm，风蚀面积≤5%；	
		-路面：单次积沙厚度≤2cm，积沙范围≤10 m ² /km，磨损速率≤0.5mm/年； -输沙率：监测值波动在设计控制值 80%-100%之间，无明显堆积趋势。	
III 植被生长状况	乡土植物覆盖度达到设计值 90%-100%，幼苗成活率 80%-90%，枯萎、死亡植株占比≤5%，病虫害发生率≤3%，无需大规模补种。		
中	I 防护设施完好率	-防风沙栅栏：破损面积 1%-3%/100m、倾斜角度 5°-10°，完好率 85%-95%；	局部专项 维修，需更 换部分损 坏构件或 材料
		-固沙设施：破损面积 2%-5%/100 m ² ，方格完整度 85%-95%，流沙裸露面积 2%-5%；	
		-化学固沙层：裂纹长度 10-30cm、宽度 0.5-2cm，局部剥落面积≤3%，防护层完整性 85%-95%。	
II 风沙危害程度	-路基边坡：风蚀深度 0.5-2cm，风蚀面积 5%-15%；	局部专项 维修，需更 换部分损 坏构件或 材料	
	-路面：单次积沙厚度 2-5cm，积沙范围 10-30 m ² /km，磨损速率 0.5-1mm/年，局部出现轻微坑洼；		
	-输沙率：监测值超过设计控制值 100%-120%，局部路段出现风沙流堆积前兆。		
III 植被生长状况	乡土植物覆盖度 70%-90%，幼苗成活率 70%-80%，枯萎、死亡植株占比 5%-15%，病虫害发生率 3%-10%，需局部补种（补种面积≤10%）。		
差	I 防护设施完好率	-防风沙栅栏：破损面积 >3%/100m、倾斜角度 >10°，部分立柱倒伏，完好率 <85%；	大规模维 修或重建， 需重新评 估防护体 系设计
		-固沙设施：破损面积 >5%/100 m ² ，方格完整度 <85%，流沙裸露面积 >5%，出现局部沙丘活化；	
		-化学固沙层：裂纹长度 >30cm、宽度 >2cm，剥落面积 >3%，防护层失效区域 >5%。	
II 风沙危害程度	-路基边坡：风蚀深度 >2cm，风蚀面积 >15%，局部出现边坡土体掏空风险；	大规模维 修或重建， 需重新评 估防护体 系设计	
	-路面：单次积沙厚度 >5cm，积沙范围 >30 m ² /km，影响正常行车，磨损速率 >1mm/年，出现明显坑洼、裂缝；		
	-输沙率：监测值超过设计控制值 120%以上，已形成风沙堆积，威胁公路结构安全。		
III 植被生长状况	乡土植物覆盖度 <70%，幼苗成活率 <70%，枯萎、死亡植株占比 >15%，病虫害发生率 >10%，植被固沙功能基本失效，需全面补种或更换植物品种。		

8.2.4 评估报告应包括检测数据、评估结论、存在问题及整改建议等内容，为养护维修提供科学依据。

8.3 维修与加固

8.3.1 防风沙栅栏维修：

- 局部破损时，及时更换损坏的网片或立柱，更换材料性能应与原设计一致；
- 倾斜、倒伏的栅栏，先清理周围积沙，再将立柱扶正、加固，重新浇筑基础或采用牵引、支撑等方式恢复其稳定性；
- 孔隙率因沙粒堵塞降低时，采用高压水枪冲洗或人工清理方式疏通网片。

8.3.2 固沙设施维修：

- 草方格沙障局部损坏时，及时补扎，补扎的草段长度、密度等应与原沙障一致，确保方格完整；

——化学固沙层固沙效果下降时，重新喷洒固沙剂，喷洒量和浓度根据试验确定。

8.3.3 路基与路面维修：

——路基边坡出现风蚀时，采用与原防护材料相同的材料进行修补，修补后的边坡坡度、平整度应符合设计要求；

——路面出现积沙时，及时清理并检查路面是否有磨损，磨损严重时进行罩面或重铺处理，罩面材料选用抗磨损性能好的沥青混合料；

——路肩、边沟有杂物堆积或损坏时，清理杂物并修复，确保排水畅通。

8.3.4 植被更新与补种应及时挖除枯萎、死亡的植被并补种适宜的乡土植物，补种的苗木规格、种植密度应符合设计要求；植被覆盖度低于设计值时，扩大种植范围，增加植被数量，提高固沙效果，且补种和更新过程中要注意保护现有植被。

8.3.5 维修与加固工程完成后应进行质量验收，验收内容包括维修部位的外观质量、性能指标、与周边设施的衔接情况等，验收合格后方可投入使用；做好维修记录，包括维修时间、地点、内容、采用的材料和工艺、验收结果等，为后续养护管理提供参考。