

# 甘肃省交通运输行业技术规程

GJGC/2026—01

## 公路沙害监测预警技术指南

Technical Guideline for Monitoring and Early Warning of Sand Hazards on Highway

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        | 1  |
| 4.1 一般规定      | 1  |
| 4.2 总体要求      | 2  |
| 4.3 总体框架      | 2  |
| 5 设备工程        | 2  |
| 5.1 一般规定      | 3  |
| 5.2 监测设备      | 3  |
| 5.3 设备安装      | 4  |
| 5.4 设备验收      | 4  |
| 5.5 设备运维      | 4  |
| 6 方案设计        | 4  |
| 6.1 一般规定      | 4  |
| 6.2 布设方案      | 4  |
| 6.3 监测频率      | 5  |
| 7 软件平台        | 6  |
| 7.1 一般规定      | 6  |
| 7.2 平台设计      | 6  |
| 7.3 平台建设      | 6  |
| 7.4 平台试运行及验收  | 6  |
| 7.5 平台运维      | 7  |
| 8 数据管理        | 7  |
| 8.1 一般规定      | 7  |
| 8.2 数据分类及编码   | 7  |
| 8.3 数据预处理     | 7  |
| 8.4 数据存储      | 8  |
| 8.5 数据交互与共享   | 8  |
| 8.6 数据安全      | 8  |
| 9 数据分析        | 8  |
| 9.1 一般规定      | 8  |
| 9.2 监测数据分析    | 8  |
| 9.3 预警阈值与预警等级 | 9  |
| 9.4 信息发布      | 9  |
| 9.5 预警响应      | 9  |
| 9.6 预警解除      | 10 |
| 9.7 监测报告      | 10 |
| 附 录 A         | 11 |
| 附 录 B         | 12 |
| 附 录 C         | 13 |
| 附 录 D         | 15 |

## 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：姚 焜、寇小舟、王 磊、韩淋臣、刘宗杰、杨 鸿、崔 浩、王兴武、毛永强、殷耀坤、李 园、林柏松、苗婷婷、王 琳

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《公路沙害监测预警技术指南》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。

# 公路沙害监测预警技术指南

## 1 范围

本文件规定了公路沙害监测预警的设备工程、方案设计、软件平台、数据管理与分析等内容。

本指南适用于甘肃省穿越沙漠、戈壁等风沙地区以及受风沙影响较大区域的改（扩）建和在役公路沙害监测预警。

## 2 规范性引用文件

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

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求  
GB/T 25070 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求  
GB/T 33697 公路交通气象监测设施技术要求  
GB/T 35221 地面气象观测规范 总则  
GB/T 35319 物联网 系统接口要求  
GB/T 32630 非结构化数据管理系统技术要求  
JT/T 1498 公路工程施工安全监测与预警系统技术要求  
JT/T 1020 交通运输信息系统数据字典编制规范  
GA/T 994 道路交通信息发布规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**公路沙害** sand hazards on highway

公路通过沙漠或半沙漠地区的路段因风沙作用遭受风蚀和沙埋危害的现象。

### 3.2

**像素积沙系数** sand accumulation coefficient of pixel

公路沙害路段网络摄像机视频流抽帧画面中，路面积沙的有效像素占总像素的比例，用 $\alpha$ 表示。

### 3.3

**车道积沙系数** sand accumulation coefficient of lane

公路沙害路段中路面积沙区域所占行车道区域的比例，用 $\beta$ 表示。

### 3.4

**预警等级** warning level

根据车道积沙系数或像素积沙系数对公路沙害进行划分的等级。

## 4 基本规定

### 4.1 一般规定

4.1.1 公路沙害监测预警应服务于公路使用者、运营者和管理者的需求，遵循“统筹布局、因路制宜”的原则，使得技术自主可控、先进可靠、经济适用。

4.1.2 公路沙害监测预警技术应与防沙治沙养护工作日常巡查、风险排查、定期核查和专项检查等形成互补机制，综合评估公路沙害的处治效果。

4.1.3 监测预警范围选择应有侧重点，应充分考虑沙害地质条件、分布规律和水文条件，确定优先监测的沙害区域。

4.1.4 监测预警系统开发应统筹平台功能，可满足数据信息传输、共享，并与外部系统数据互联互通，

交互方式可采用数据交换接口、中间储存介质或数据同步等方式。

4.1.5 监测预警系统数据传输应统筹区域内既有监测网络利用和未来监测项目需求。

4.1.6 公路沙害监测预警应根据主控因素和辅助因素选择多种监测技术相结合的监测组合，形成“主辅结合”技术体系，选择适合的监测方法。

4.1.7 监测预警设备应结合服务水平、运营特征和交通特性进行整体布局，以适应环境条件，便于维护。

## 4.2 总体要求

4.2.1 公路沙害监测预警技术集环境监测设施、预警设施、发电与储能设施、网络通信设施等硬件，利用信息技术，解决甘肃省沙漠化区域风沙处治难题，不断提高公路服务质量、通行效率及行车安全，减少能源消耗与养护巡检次数，提升公路养护管理现代化水平。

4.2.2 提高公路服务质量目标主要包括：

- 提高沙害影响路段综合服务水平 and 管控治理水平；
- 提高沙害影响路段公众出行服务满意度。

4.2.3 提高公路通行效率目标主要包括：

- 提高异常天气公路通行可靠性；
- 提高应急事件信息发布效率。

4.2.4 提高公路安全运行目标主要包括：

- 降低沙害突发事件处置时间；
- 降低因沙害导致的公路事故、二次事故发生率和损害程度。

4.2.5 提高公路运营养护效率：

- 提升沙害影响路段巡检效率；
- 降低巡检成本，减少能源消耗、材料消耗和碳排放量。

## 4.3 总体框架

4.3.1 本指南主要包括公路沙害监测预警基本规定、设备工程、方案设计、软件平台、数据管理和数据分析等技术要求，技术架构如图1所示。



图1 公路沙害监测预警技术架构图

## 5 设备工程

## 5.1 一般规定

- 5.1.1 设备安装应保证安全、稳固牢靠，符合设备采集原理及条件。  
5.1.2 设备维护工作应做到准时、及时与常态。

## 5.2 监测设备

- 5.2.1 公路沙害监测设备类别主要包括视频监控、环境监测、预警、发电及储能、网络通信等设备，以视频监控、环境监测为主，可按条件补充其它设备。  
5.2.2 设备布设数量和布设位置应根据沙害规模、现场固沙设施及条件等综合确定。  
5.2.3 监测设备的选择符合下列要求：  
——在满足监测需求、监测精度的前提下，应选择多参数自动化监测设备或其组合；  
——监测设备应稳定可靠、结构简单，降低设备维护的复杂性，同时能适应干旱半干旱气候条件，具备防水防尘、防潮防腐及耐候性等基本性能；  
——监测设备应具备双向通信和远程调试功能，可远程调整监测频率；  
——监测设备应经检验检测机构检测合格，且资料齐全，并在有效期内使用。  
5.2.4 根据实际监测需求，监测设备可参考表1选择，并满足相应精度要求。

表1 沙害监测设备及参数要求

| 监测设备类别  | 具体设备             | 监测内容 | 参数要求   |
|---|------------------|------|--|
| 视频监控设备  | 云台网络摄像机          | ●    | 不低于300万像素；<br>帧率：不低于25帧/s                        |
| 环境监测设备  | 标尺               | ●    | 精度：mm  |
|   | 风速传感器            | ●    | 精度：±0.5+2%FS                                     |
|   | 风向传感器            | ●    | 精度：±3°   |
|   | 空气质量指数<br>(PM10) | ◎    | 精度：±3%FS；<br>(@100µg/m <sup>3</sup> 、25°C、50%RH) |
|   | 大气压力传感器          | ◎    | 精度：±0.15Kpa@25°C 101Kpa                          |
|   | 温湿度传感器           | ◎    | 湿度精度：±3%RH(60%RH,25°C)；<br>温度精度：±0.5°C (25°C)    |
| 预警设备  | 爆闪警示灯            | ●    | 可视距离≥1000m，<br>闪烁频率≥60/min                       |
|   | 可变情报板            | ●    | 亮度：≥8000cd/m <sup>2</sup>                        |
| 发电设备  | 太阳能光伏板           | ●    | 功率：60W   |
| 储能设备  | 地埋蓄电池            | ●    | 电池容量：12V38Ah                                     |
| 网络通信设备  | 交换机              | ○    | /  |
|   | 4g/5g模块          | ●    | 天线增益：18dBi                                       |
| <p>注：1.监测内容：●-应选项；○-宜选项；◎-可选项。<br/>2.视频监控应能自动识别沙害发生，并第一时间发出预警提醒。<br/>3.路肩部位应安装测量积沙厚度的标尺，且置于摄像机监控范围内，直观识别风沙厚度。</p> |                  |      |  |

- 5.2.5 监测设备应满足参数指标要求和接入系统的数据协议、软件部署等规定。
- 5.2.6 鼓励将无人机等技术装备融入沙害日常巡查工作，与软件平台深度融合。

### 5.3 设备安装

- 5.3.1 设备安装过程进行拍照记录并按附录A填写沙害监测预警设备安装记录表。
- 5.3.2 设备安装前宜抽样计量测试，覆盖所有类型传感器，同类型传感器的抽样测试比例不宜低于5%。
- 5.3.3 按监测预警方案及设备安装要求将监测预警设备安装在指定位置，并符合下列规定：
  - 安装前应对设备进行校正、标定和测试，正常时方可安装使用；
  - 安装前对每个监测传感器进行编号，便于后续查询、维护；
  - 安装过程中，必须严格遵守安全操作规程，安装人员须穿戴个人防护装备；
  - 监测点的各类设备安装结束后，对设备及软件平台等进行全面、系统的检查，做好记录并归档；
  - 安装完毕后，须对现场进行清理，清理安装过程中产生的杂物和垃圾，确保现场整洁。

### 5.4 设备验收

- 5.4.1 设备安装调试完成后，应进行设备现场验收并按附录B的要求填写沙害监测预警设备验收记录表。
- 5.4.2 按照监测预警方案，管理单位现场验收应符合下列规定：
  - 检查设备类型、数量、外观、安装位置及方式等符合设计与合同要求；
  - 检查监测预警设备的技术性能及工作状态，确保各部分组件安装齐全、安装位置正确、各项指标符合要求；
  - 检查监测预警设备安装记录表、资料归档、后续维护人员等信息；
  - 检查设备数据采集及发布的实时性、准确性和软件系统运行的完整性、可靠性。

### 5.5 设备运维

- 5.5.1 应根据设备及其配件的材料损耗性，预留相应配件，保证备件使用满足监测数据的连续性。
- 5.5.2 工作期内出现数据异常的监测预警设备，须在发现异常后及时响应，采取相应措施，排除异常。
- 5.5.3 定期更换电池可保持传感器持续正常工作，避免传感器电量不足造成传输数据异常。
- 5.5.4 可根据地区实际情况，结合沙害防治工作定检、巡检对监测点位进行清洁、巡查，对已被破坏的监测点进行记录并上报。

## 6 方案设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 监测预警方案设计工作实施前应在收集资料、现场调查与分析及现有科学认识的基础上，综合考虑沙害分布、危害程度、形成机理和现场实施条件等内容，最大限度保障设备安装位置合理、监测数据可靠和预警信息及时。
- 6.1.2 按照集约与集成的设计原则，在满足设备数量和运行维护成本合理的条件下，保证设备正常工作，数据存储、传输、计算稳定，提升设备安装和运行成效。
- 6.1.3 根据设计方案开展监测预警工作，设计方案宜包含但不限于下列内容：
  - 项目概况；
  - 监测目的、内容、方法；
  - 监测设备、周期、频率；
  - 监测点布置与设备安装；
  - 监测预警及响应措施；
  - 监测维护与技术支持。
- 6.1.4 监测设备布设安装，不得侵入公路建筑限界。

### 6.2 布设方案

- 6.2.1 视频监控设备布设符合下列要求：

- 应将公路上已有视频接入到软件平台中，减少资源重复消耗；
- 布设环境应无视线遮挡，安装高度满足监控要求，避免反光干扰，视野范围包含沙害区域，确保无盲点且影像清晰，同时具备防水、防尘、防抖成像等功能；
- 视频监控设备应布置在重点沙害路段，相邻视频监控的间距宜为50m~150m；
- 单个视频监控宜覆盖2条~4条车道，最远覆盖距离为150m，清晰度应达到300W像素以上，具有夜视功能，若单一设备无法满足监控需求，宜合理增加监控点数量；
- 应采用配套安装支架，采取防雷保护措施，与立杆绝缘，不应接地。

6.2.2 环境监测设备布设符合下列要求：

- 环境监测设备应布置在重点沙害路段1km范围内，若一个区域内有多个重点沙害路段，应布置在多个路段的中间位置。布设场地应开阔，确保周围无高大建筑遮挡，并避开高辐射区域，以保证气象观测的准确性；
- 布设基准点应符合GB/T 35221的有关规定；
- 布设现场应设置明显的警示标志，防止无关人员靠近；
- 环境监测设备间距宜≤10km，相邻沙害路段应共用一套环境监测设备；
- 采用市电供电应从配电箱单独引出回路，确保供电稳定，电源及线缆设计应符合GB/T 33697的有关规定；
- 采用太阳能供电应将太阳能板支架固定在立杆上，保证受力均匀，朝向正南方向，倾角根据安装地区的纬度进行调整，以最大化吸收太阳能。太阳能板与蓄电池搭配，蓄电池可安装在抱杆机箱内或埋在地下，安装时需做好防水、防潮措施；
- 立杆高度应≥2m，安装时应保证垂直度误差不超过0.5°，必要时底座进行加固，确保在强风等天气下保持稳定，同时具有良好的防雷接地措施；
- 气象监控主机应设置于机箱内，具备自动存储功能，与服务器断开通讯时，本机自动切换开始缓存数据，保证数据不丢失，提供基站或经纬度定位服务，应具备安全防盗措施；
- 气象传感器宜集成在一个百叶盒中，风向、风速传感器指北标识对准正北方，以保证风向测量的准确性。

6.2.3 预警设备宜在沙害路段前进方向前500m~1000m处设置，爆闪警示灯每隔30m~50m布设在路肩波形护栏或混凝土护栏外侧，可变情报板设置在便于驾驶员观看的位置，且底部距地面不低于3米，需考虑不同车型的视线角度差异。

6.2.4 发电与储能设备和网络通信设备根据环境监测设备配套设置，以确保无市电条件下环境监测设备接受供能和通讯。

6.2.5 监测布设方案应组织专家评审，确保设计科学、有效及实用。

6.3 监测频率

6.3.1 沙害监测设备采集及上传频率可综合考虑沙害分布、沙害面积、发展趋势及外部环境变化等确定，宜满足表2的要求。

表2 设备采集及上传频率要求

| 监测内容 | 监测设备         | 采集及上传频率  |
|------|--------------|----------|
| 视频监控 | 云台网络摄像机      | 连续监测     |
| 环境监测 | 风速传感器        | ≤5min/次  |
|      | 风向传感器        | ≤5min/次  |
|      | 空气质量指数（PM10） | ≤5min/次  |
|      | 大气压力传感器      | ≤10min/次 |
|      | 温湿度传感器       | ≤10min/次 |

## 7 软件平台

### 7.1 一般规定

7.1.1 监测预警系统由硬件设备、软件平台及配套工程等构成，如图2所示。

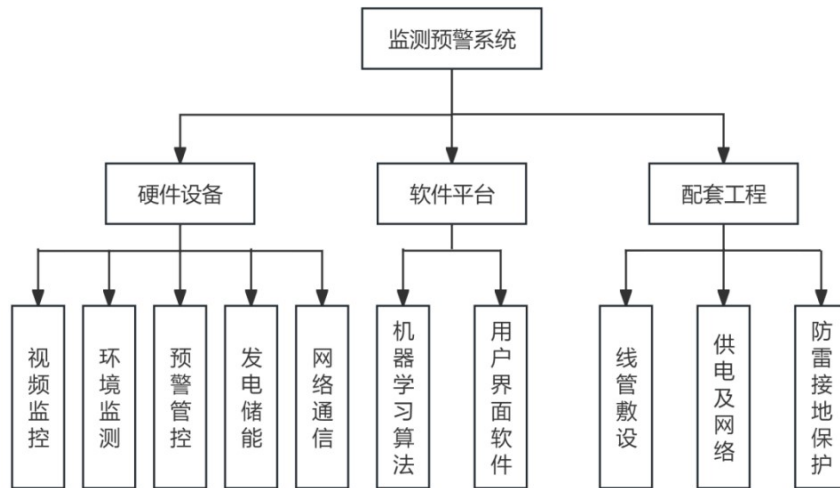


图2 公路沙害监测预警系统结构图

7.1.2 软件平台的构建应遵循“先进适用、稳定安全、轻量经济”的原则，兼顾扩展性、兼容性与便利性，确保系统稳定工作。

7.1.3 软件平台宜采用模块化结构与感知设备，各模块之间相对独立、有序融合，方便维护、扩展和升级。

7.1.4 软件平台应按照GB/T 22239和GB/T 25070的相关规定进行系统建设、测评。

### 7.2 平台设计

7.2.1 平台设计宜包括下列主要内容：

- 平台总体设计主要包括设计依据、架构组成、功能作用等；
- 平台详细设计主要包括：
  - 监测内容和测点布设；
  - 监测方案，传感器选型、数据采集、传输、存储管理方案；
  - 平台功能设计、性能要求和开发部署方案；
  - 数据应用、预报警、数据分析及状态评估方案。

7.2.2 平台设计宜给出传感设备环境适应性、量程、精度、灵敏度等技术指标要求。

### 7.3 平台建设

7.3.1 平台开发包含软件功能实现、软件测试、软件部署以及与系统硬件的联合调试。

7.3.2 平台应包含基础数据、监测数据、实时预警、设备监控、报警数据、数据分析等功能模块。

7.3.3 平台界面布局应清晰合理，功能设计应直观反映沙害状态变化，宜采用丰富的可视化展示方式。

7.3.4 数据采集与传输模块应实现自动采集和远程传输功能，并可通过配套软件对数据采集和传输功能的关键参数进行远程配置和调整。

7.3.5 平台功能完好率100%，数据完好率>95%。

7.3.6 平台宜满足信创、网络安全等要求。

### 7.4 平台试运行及验收

7.4.1 平台交付前应进行试运行，试运行期内应开展系统使用培训、功能完善、设备基准值校正、沙害预警阈值设定等工作。

7.4.2 按照试运行计划，逐步进行平台的试运行，包括测试各项功能、检查数据传输和存储的可靠性、评估系统性能及完整性等。

7.4.3 平台试运行期结束，确保其正常运行且符合预期效果后应开展平台验收工作，管理（使用）单位验收内容包括但不限于以下内容：

- 调试及试运行报告记录；
- 平台功能是否满足设计要求；
- 监测方案、软件操作手册等。

7.4.4 验收不合格的平台应在1个月内完成整改并再次组织验收，未通过验收不得交付使用。

## 7.5 平台运维

7.5.1 监测预警平台部署后应加强管理与维护，应合理制订平台运维计划。

7.5.2 定期对平台进行检查与维护工作。

7.5.3 平台发出预警，值守人员应按规定程序及时处置，处置结果应记录备案。

7.5.4 制定故障处理流程，确保故障能够迅速、有序地解决，同时记录和分析故障原因，提出改进措施，以减少类似故障的发生。

7.5.5 配置合适的安全策略和防护措施，保护软件平台免受攻击和恶意行为。

## 8 数据管理

### 8.1 一般规定

8.1.1 公路沙害监测数据管理包含数据分类及编码、数据预处理与存储、数据交互与共享、数据安全。

8.1.2 监测预警平台数据管理不应低于JT/T 1498的有关规定。

### 8.2 数据分类及编码

8.2.1 监测数据宜定义数据字典，沙害监测数据字典见附录C。

8.2.2 公路沙害测点编码结构宜符合JT/T 1020要求。

8.2.3 监控视频测点编码由“路线名称及编号-路线桩号-方向划分-测点编号”组成，命名规则如下图。



图3 视频测点编码组成示意图

8.2.4 传感器测点编码由“路线名称及编号-路线桩号-传感器类型-测点编号”组成，命名规则如下图。

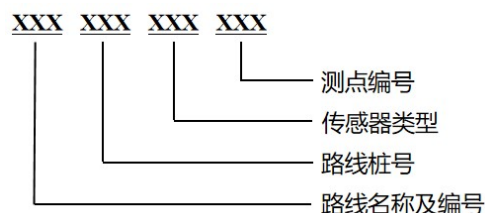


图4 传感器测点编码组成示意图

### 8.3 数据预处理

8.3.1 对图像、视频及文本非结构数据特征抽取应符合GB/T 32630的相关规定。

- 8.3.2 对于摄像机类型，应支持基于时间戳方式的软同步或北斗时的硬同步。
- 8.3.3 对于摄像机和气象传感器的数据，确保其正常运行条件下应开展数据处理工作，包括但不限于以下内容：
- 须进行数据标注工作，即对未经处理过的图片、视频进行加工处理，转变成机器可识别信息；
  - 应采用交叉验证、性能评估等方法，不断优化算法模型的性能指标；
  - 宜支持气象传感器数据的异常值检测与预处理。
- 8.3.4 应实现多种传感器之间的数据实时上传。
- 8.3.5 宜通过监测预警平台可视化界面远程进行设备参数设置。

## 8.4 数据存储

- 8.4.1 存储数据包括公路基础设施基础信息数据和监测数据，监测数据应包含测点编号、数据采集时间及数值、数据状态、超限级别、超限值等信息。
- 8.4.2 根据数据重要程度、使用频率和数据量大小，对数据进行分级分类存储管理。
- 8.4.3 监测预警平台在线存储空间满足原始气象数据存储 $\geq 1$ 年，处理后的特征气象数据存储 $\geq 3$ 年的容量要求，视频数据存储方式采用循环更新存储方式，普通视频存储宜 $\geq 3$ 月，突发事件视频宜进行转移备份并永久保存。
- 8.4.4 离线存储的监测数据宜永久保存，以便查找追溯。

## 8.5 数据交互与共享

- 8.5.1 数据交互与共享应当符合相关法律法规的规定，同时需明确数据共享的途径、流程和权限控制，确保数据交互与共享的合法性。
- 8.5.2 监测预警平台具备与外部系统数据交互功能，交互方式宜采用系统接口，接口传输内容应符合GB/T 35319的有关规定。
- 8.5.3 参与数据共享的组织及人员应做到包括但不限于以下内容：
- 明确共享数据的范围，包括数据类型、格式、内容方面的规定，以确保数据的准确性和完整性；
  - 明确共享数据的责任和义务，包括数据保护、使用和管理等方面的规定，以确保共享活动的顺利进行。

## 8.6 数据安全

- 8.6.1 数据安全包含数据完整性、数据加密、数据访问权限控制。
- 8.6.2 监测预警平台的敏感字段或业务数据宜加密存储，当其需通过互联网传输时，宜根据管理要求加密传输。
- 8.6.3 监测预警平台应能对用户访问权限进行分级管理。

## 9 数据分析

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 应建立沙害识别模型，动态研究分析沙害路段监测数据和环境监测数据，综合研判公路沙害状态，支撑养护管理科学决策。
- 9.1.2 平台触发监测数据异常或人工巡查发现未在监测区域的可辨识沙害时，可进行临灾预警，并根据应急预案及时采取应对措施。
- 9.1.3 监测数据应用包括但不限于监测预警、车辆通行管控、养护对策制定等。

### 9.2 监测数据分析

- 9.2.1 监测数据分析应剔除错误数据，可采用特征值统计分析、相关性分析、趋势性分析等方法。
- 9.2.2 宜对公路沙害月度监测数据进行同比分析，获取数据变化规律，判断沙害发展趋势，提出相应对策。
- 9.2.3 数据分析报告能够准确地反映监测对象的真实状态，反映包括但不限于异常信息统计和异常事件

记录，保证其可靠性和完整性。

### 9.3 预警阈值与预警等级

9.3.1 公路沙害监测预警阈值应进行重点研究分析，明确主控因素，根据主控因素进行预警，预警值可参考表3，具体数值宜基于实际情况、历史统计值、设计值和规范容许值确定。

9.3.2 根据公路沙害发生的紧急程度和可能造成的危害程度，预警等级分为轻微积沙、一般积沙、较重积沙和严重积沙，以蓝色、黄色、橙色、红色分别标识，分别对应沙害风险低、风险一般、风险较高和风险极高不同程度。具体可参考表4。

表3 沙害监测预警阈值划分表

| 指标   | 阈值范围                      |                          |                         |                   |
|--|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| 像素积沙系数( $\alpha$ )   | $0.02 \leq \alpha < 0.05$ | $0.05 \leq \alpha < 0.1$ | $0.1 \leq \alpha < 0.2$ | $\alpha \geq 0.2$ |
| 车道积沙系数( $\beta$ )  | $1/12 \leq \beta < 1/10$  | $1/10 \leq \beta < 1/8$  | $1/8 \leq \beta < 1/5$  | $\beta > 1/5$     |
| 预警等级   | 轻微积沙                      | 一般积沙                     | 较重积沙                    | 严重积沙              |
| 注：预警等级可根据 $\alpha$ 或 $\beta$ 的值进行判定， $\alpha$ 、 $\beta$ 的具体计算方法可参照附录D。 |                           |                          |                         |                   |

表4 沙害监测预警等级划分表

| 预警等级 | 颜色标识 | 风险描述和处置对策                                | 通行管控建议       |
|------|------|--|--------------|
| 轻微积沙 | 蓝色   | 在里程编号X处出现轻微积沙。<br>管养单位应关注。               | 车辆正常通行。      |
| 一般积沙 | 黄色   | 在里程编号X处出现一般积沙。<br>管养单位应重点关注，加强技术分析。      | 提醒警示，车辆谨慎通行。 |
| 较重积沙 | 橙色   | 在里程编号X处出现中度积沙。<br>管养单位需前往现场处理，并做好路段安全警示。 | 加强警示，车辆减速慢行。 |
| 严重积沙 | 红色   | 在里程编号X处出现严重积沙。<br>管养单位应立即前往处理，并开展相应交通管制。 | 交通管制，禁止车辆通行。 |

9.3.3 监测数据达到预警阈值后，根据宏观前兆气象迹象和监测数据分析综合研判，若短期发生沙害概率继续增大，可以提高预警级别。

9.3.4 监测预警预报内容包括里程编号、测点编码、当前状态描述、预警时间及预警级别。

### 9.4 信息发布

9.4.1 预警信息应优先调用相应信息库的预存信息，也可根据具体情况编辑临时信息。

9.4.2 预警信息应准确、及时，满足覆盖面要求，文字应采用汉字。

9.4.3 预警信息经人员核查真实有效后报送路段管养单位，由路段管养单位发布，特殊紧急情况还应报送交通运输部门及相关部门等。

9.4.4 预警信息发布内容及发布形式应符合GA/T 994的相关规定。

9.4.5 同一载体发布出行信息，应按下列顺序依次发布：

- 通行状况信息、交通事故信息、交通管制信息、养护施工信息；
- 交通气象信息；
- 宣传信息和提示信息。

9.4.6 发布的信息发生变化或失去价值，需及时撤除；对无法撤除的信息，需及时发布更新信息。

### 9.5 预警响应

- 9.5.1 蓝色预警发出后，技术支撑单位应加强监测数据分析，及时向路段管养单位发送预警快报。
- 9.5.2 黄色预警发出后，技术支撑单位应在蓝色预警响应措施的基础上，增加预警快报频次，路段管养单位应重点关注积沙变化情况。
- 9.5.3 橙色预警发出后，技术支撑单位应在黄色预警响应措施的基础上，将控制信号下发至预警设备，启动现场可变情报板、爆闪警示灯等装置，立即通知路段管养单位派出工作人员前往处理，加强对宏观变形迹象的监测，警示过往车辆减速慢行。
- 9.5.4 红色预警发出后，技术支撑单位应加强监测数据分析，立即将控制信号下发至预警设备，启动现场可变情报板、广播及爆闪警示灯等装置，第一时间通知路段管养单位立即派出工作人员前往现场处理，协调公安交通管理部门实施交通管制，禁止过往车辆通行，启动会商机制和应急预案，视情况采取滞留人员、车辆疏散、救助等措施。

## 9.6 预警解除

- 9.6.1 当风力明显减弱，风速传感器连续三次采集到的风速值 $\leq 5.5\text{m/s}$ 且沙害路段视频监控中路面无积沙时，应解除预警。
- 9.6.2 当像素积沙系数 $\alpha < 0.02$ 且车道积沙系数 $\beta < 1/12$ 时，应解除预警。
- 9.6.3 当养护工作人员现场除沙作业完毕，应解除交通管制措施。

## 9.7 监测报告

- 9.7.1 公路沙害监测预警报告包括月度报告、季度报告、年度报告；监测预警工作结束后，编制监测预警成果总结报告。
- 9.7.2 监测预警报告宜包含沙害风险评估、相关性评估、趋势性评估等内容。

附录 A  
(资料性)  
沙害监测预警设备安装记录表

表A.1 沙害监测预警设备安装记录表

|                            |                 |              |    |      |           |
|----------------------------|-----------------|--------------|----|------|-----------|
| 项目名称                       |                 |              |    |      |           |
| 监测点位桩号                     |                 | 监测点位编号       |    | 设备型号 |           |
| 设备编号                       |                 | 通信方式         |    | 发送周期 |           |
| 生产厂家                       |                 |              |    |      |           |
| 初始位置或初始值描述                 |                 |              |    |      |           |
| 供电方式                       |                 | 充电电压及电池电压    |    |      |           |
| 监测点位经纬度                    | 经度              |              | 纬度 |      | 高程        |
|                            |                 |              |    |      |           |
| 施工过程图<br>(施工前、施工中、施工后特征照片) |                 |              |    |      |           |
| 施工日期                       | 年      月      日 |              |    |      |           |
| 施工单位<br>(盖章)               |                 | 安装人员<br>(签字) |    | 安装日期 | 年   月   日 |
| 校核者(签字)                    |                 | 填表人<br>(签字)  |    | 填表日期 | 年   月   日 |
| 注：各单位一份。                   |                 |              |    |      |           |

附录 B  
(资料性)  
沙害监测预警设备验收记录表

表B.1 沙害监测预警设备验收记录表

|  |               |      |          |          |      |
|--|---------------|------|----------|----------|------|
| 项目名称   |               |      |          |          |      |
| 施工单位   |               |      | 监理(监管)单位 |          |      |
| 设备验收报告   |               |      |          |          |      |
| 货物采购概况   |               |      |          |          |      |
| 采购单位名称   |               |      |          |          |      |
| 供货单位名称   |               |      |          |          |      |
| 采购日期   | 年 月 日         |      | 交货日期     | 年 月 日    |      |
| 设备清单表  |               |      |          |          |      |
| 设备名称   | 数量            | 型号规格 | 主要技术参数   | 制造商      | 生产日期 |
|  |               |      |          |          |      |
|  |               |      |          |          |      |
|  |               |      |          |          |      |
|  |               |      |          |          |      |
| 设备验收情况   |               |      |          |          |      |
| 验收内容   | 验收项目          |      | 验收结果     |          | 备注   |
|  | 设备规格型号、配置情况   |      |          |          |      |
|  | 设备的完好情况       |      |          |          |      |
|  | 设备配件齐全或缺漏情况描述 |      |          |          |      |
|  | 设备运行测试结果      |      |          |          |      |
|  | 产品合格证、说明书     |      |          |          |      |
|  | 其他等以上未注明项     |      |          |          |      |
| 验收结论:  |               |      |          |          |      |
| 签字   | 采购方代表签字       |      |          | 监理(监管)签字 |      |
|  | 供货商代表签字       |      |          | 业主代表签字   |      |
| 验收日期:  |               |      |          |          |      |
| 注:验收内容中各种佐证材料(如合格证、测试报告、使用手册、产品说明书等) 作为本表附属材料一同整理成册。 |               |      |          |          |      |

附录 C  
(资料性)  
沙害监测数据字典定义

公路沙害监测数据分类见下表C.1~表C.4。

表C.1 传感器基本信息表

| 字段名称  | 数据类型   | 字段含义                       |
|-------|--------|----------------------------|
| 传感器编码 | 字符型    | 格式：路线名称及编号-路线桩号-传感器类型-测点编号 |
| 所属监测点 | 字符型    | 传感器对应的监测点                  |
| 生产厂家  | 字符型    | 传感器生产厂家                    |
| 信号类型  | 字符型    | 风速、温度、湿度等                  |
| 信号范围  | 字符型    | 信号输出范围，如：1 m/s ~10 m/s     |
| 分辨率   | 双精度浮点型 | 传感器采集数据分辨率                 |
| 采样频率  | 浮点型    | 数据采样频率，单位 Hz               |
| 安装时间  | 日期时间型  | 设备安装或更换时间                  |
| 设备状态  | 整型     | 0：正常，1：故障，2：损坏，3：维修,4：更换   |

表C.2 特征值统计数据表

| 字段名称   | 数据类型   | 字段含义            |
|--------|--------|-----------------|
| 传感器ID  | 字符型    | 该条监测数据所属传感器     |
| 数据采集时间 | 日期时间型  | —               |
| 采样间隔   | 整型     | 特征值统计间隔时间，单位为分钟 |
| 最大值    | 双精度浮点型 | 统计时间范围内的最大值     |
| 最小值    | 双精度浮点型 | 统计时间范围内的最小值     |
| 平均值    | 双精度浮点型 | 统计时间范围内的平均值     |
| 均方根    | 双精度浮点型 | 统计时间范围内的均方根值    |
| 方差     | 双精度浮点型 | 统计时间范围内的方差值     |
| 备注     | 字符型    | —               |

表C.3 视频监控基本信息表

| 字段名称  | 数据类型 | 字段含义                      |
|-------|------|---------------------------|
| 视频编码  | 字符型  | 格式：路线名称及编号-路线桩号-方向划分-测点编号 |
| IP地址  | 字符型  | 对应摄像头的访问地址                |
| 端口    | 字符型  | 通过端口和IP访问摄像头              |
| 设备类型  | 字符型  | 格式：球形摄像机                  |
| 登录用户名 | 字符型  | 摄像头登录页面用户名                |
| 登录密码  | 字符型  | 用户名对应的密码                  |
| 设备状态  | 整型   | 根据状态判断摄像头是否在工作            |
| 备注    | 字符型  | —                         |

表C.4 超限报警信息表

| 字段名称   | 数据类型   | 字段含义                       |
|--------|--------|----------------------------|
| 传感器ID  | 字符型    | 该条预警数据所属传感器                |
| 监测点ID  | 字符型    | 该条预警数据所属摄像头                |
| 报警级别   | 整型     | 报警级别（1-超限一级；2-超限二级；3-超限三级） |
| 当前超限值  | 双精度浮点型 | 按照实际精度保留小数                 |
| 报警开始时间 | 日期时间型  | 出现报警的时间                    |
| 报警位置   | 字符型    | 格式：K108+600                |
| 报警描述   | 字符型    | 格式：在报警位置处出现严重积沙，请前往处理      |
| 处理状态   | 整型     | 报警记录的关注状态（0：未处理；1：已处理）     |
| 处理措施   | 字符型    | —                          |
| 备注     | 字符型    | —                          |

附录 D  
(资料性)  
积沙系数计算方法

目前，国内外对于公路沙害预警等级划分尚无相关成熟理论和方法，本指南依据甘肃某高速公路沙害路段监测预警研究成果，提出采用像素积沙系数和车道积沙系数进行分级，计算方法如下。

D.1 像素积沙系数计算方法

D.1.1 像素积沙系数宜按公式D.1计算：

$$\alpha = \frac{Y}{Z} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$\alpha$ ——像素积沙系数；

$Y$ ——视频抽帧画面中路面积沙的有效像素，单位为像素（px）；

$Z$ ——视频抽帧画面中的总像素，单位为像素（px）。

当 $0 < \alpha < 0.02$  时，视频抽帧画面显示的路面积沙状态未达到预警等级阈值下限，故不进行预警。

D.2 车道积沙系数计算方法

D.2.1 车道积沙系数宜按公式D.2计算：

$$\beta = \frac{L}{S} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

$\beta$ ——车道积沙系数；

$L$ ——沙害路段行车道积沙面积，单位为平方米（ $m^2$ ）；

$S$ ——沙害路段行车道面积，单位为平方米（ $m^2$ ）。

当 $0 < \beta < 1/12$  时，行车道积沙面积未达到预警等级阈值下限，故不进行预警。