

中华人民共和国行业标准

# 铁路工程地质风沙勘测规则

**Surveying regulation for wind-drift sand of  
railway engineering geology**

**TB 10053—98**

主编单位：铁道部第一勘测设计院

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：1998年7月1日

中 国 铁 道 出 版 社

1998年·北 京

# 关于发布《铁路工程物理勘探规程》等 7个铁路工程建设标准的通知

铁建函〔1998〕15号

《铁路工程物理勘探规程》(TB 10013—98)、《铁路工程地质钻探规程》(TB 10014—98)、《铁路工程地质风沙勘测规则》(TB 10053—98)、《铁路工程地质黄土地区勘测规则》(TB 10055—98)、《铁路工程制图标准》(TB/T 10058—98)、《铁路工程制图图形符号标准》(TB/T 10059—98)和《铁路工程岩石试验规程》(TB 10115—98)计7个规范经审查,现批准发布,自1998年7月1日起施行。现行《铁路物理勘探技术规则》(TBJ 13—85)和《铁路地质钻探技术规则》(TBJ 14—85)同时废止。

以上规范由部建设司负责解释,由建设司标准科情所和铁道出版社共同组织出版发行。

中华人民共和国铁道部

一九九八年二月三日

# 目 次

1	总 则 .....	1
2	术 语 .....	2
3	新建、改建铁路勘测设计阶段风沙工程地质工作 .....	5
3.1	风沙地区工程地质选线 .....	5
3.2	新建铁路踏勘（草测）风沙工程地质勘测 .....	6
3.3	新建铁路初测风沙工程地质勘测 .....	7
3.4	新建铁路定测风沙工程地质勘测 .....	8
3.5	改建既有线及增建第二线风沙工程地质勘测 .....	10
4	施工阶段风沙工程地质工作 .....	12
5	运营期间风沙工程地质工作 .....	14
6	风沙工程地质勘测内容及方法 .....	15
6.1	准备工作 .....	15
6.2	遥感图像判释 .....	15
6.3	沙源调查 .....	16
6.4	地貌调查与形态测量 .....	16
6.5	水文地质调查 .....	17
6.6	勘探和试验 .....	18
7	风沙定位观测 .....	20
7.1	一般规定 .....	20
7.2	气象要素观测 .....	20
7.3	风沙运动观测 .....	21
7.4	地表风蚀强度观测 .....	21
7.5	沙丘移动观测 .....	21
7.6	大气沙尘测定 .....	22
8	工程防护措施 .....	23

8.1	一般规定	23
8.2	路基本体防护措施	23
8.3	路基两侧防护措施	23
9	植物固沙	25
9.1	一般规定	25
9.2	外业调查	25
9.3	造林设计	26
附录 A	沙漠及戈壁类型	28
附录 B	沙漠化土地类型	29
附录 C	风沙严重程度的划分	30
附录 D	既有线铁路沙害等级	31
附录 E	本规则用词说明	32
附加说明		33
	《铁路工程地质风沙勘测规则》条文说明	34

# 1 总 则

**1.0.1** 为了统一风沙工程地质工作的技术要求，提高勘测质量，适应铁路工程建设的需要，制定本规则。

**1.0.2** 本规则适用于铁路勘测设计、施工阶段及运营期间针对风沙进行的工程地质工作。其适用范围限于干旱、半干旱和半湿润地带的沙漠（沙地）、戈壁和沙漠化土地。

**1.0.3** 风沙工程地质工作，除应符合本规则外，尚应符合国家和铁道部现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 荒漠

气候干旱、地表水贫乏、植被稀疏、土地贫瘠、气温变化剧烈、风力作用活跃的自然地带，按地表组成物质有石质，砾质和沙质荒漠之分。

### 2.0.2 风沙

在风力作用下，地表松散沙粒物质的吹蚀、搬运、堆积的过程及其产生的地表形态。

### 2.0.3 沙漠（沙地）

整个地表覆沙，并广泛分布各种沙丘。按地带分布，把位于干旱地带的称为沙漠，以流动沙丘占绝对优势，沙丘密集、高大；位于半干旱及半湿润地带的称为沙地，沙丘高度较小，流动沙丘和半固定、固定沙丘交错分布。

### 2.0.4 戈壁

地面由粗沙、砾石组成的砾漠。在各种成因的堆积物上，由于强大的风力吹蚀作用，留下粗沙、砾石覆盖整个地表，形成大片的砾石滩。

### 2.0.5 沙漠化土地

在干旱、半干旱（及部分半湿润）地带的脆弱生态条件下，由于人类过度的经济活动，破坏生态平衡，使原非沙漠化的地区，出现了以风沙活动为主要特征、类似沙质荒漠的环境退化，称为沙漠化，其所影响的地区称为沙漠化土地。

### 2.0.6 沙丘

风力作用下沙粒堆积而成的丘状或垄状地貌，高几米至几十米，亦有超过百米的。

### 2.0.7 起沙风

使地表沙粒由静止状态进入运动状态的临界风速，称为起沙风速，等于或超过起沙风速的风称为起沙风。

### **2.0.8 大风**

气象上把瞬时风速大于等于  $17\text{ m/s}$  的风称为大风。

### **2.0.9 风沙流**

含有沙粒的运动气流。

### **2.0.10 风沙流结构**

风沙流中的沙粒，在搬运层内随高程的分布。

### **2.0.11 输沙率**

风沙流在单位时间内，通过单位宽度或面积所搬运的沙量。

### **2.0.12 沙尘暴**

大风把地面大量沙和土粒卷扬起来，使空气变得浑浊能见度大为减小的一种灾害性天气现象。在气象学中规定凡水平方向有效能见度小于  $1\ 000\text{ m}$  的风沙现象，称为沙尘暴。

### **2.0.13 大气沙尘**

空气中夹带的沙粒和尘土，能在较长时间内，悬浮于空气中的天气现象，有效能见度小于  $10\text{ km}$ ，往往是沙尘暴过后的持续过程。

### **2.0.14 磨蚀作用**

风沙流中的沙粒对地表或建筑物产生的冲击和磨擦作用。

### **2.0.15 下垫面**

位于大气层底部，在热量和水分交换的过程中，与大气层发生相互影响的表面，如地面、草面、树冠、水面等。粗糙度大的下垫面，能大大影响空气的流动。

### **2.0.16 粗糙度**

下垫面平均风速减小到零的某一几何高度（以厘米为单位），是表示下垫面粗糙度的标志。

### **2.0.17 干燥度**

中国科学院自然区划工作委员会（1959年）采用干燥度作为划分气候干旱程度的指标。

### **2.0.18 植物群落**

泛指在一定的生态环境中，由植物种间，以及植物与环境间的相互关系所联系的植物组合。任何一个植物群落都有它自己的植物种类组成一定的外貌，各个植物种的个体，在数量比例与空间分布上也有一定规律。

### **2.0.19 植被覆盖度**

在植物群落的一定面积内，某一植物种群所占水平面积的百分率，一般按树冠或草丛在地上的垂直投影面积计算。

### **2.0.20 风影区**

气流通过地形、地物障碍时，障碍物背风侧由于流线辐散、风速急剧减弱的空间范围。

### **2.0.21 结皮**

流沙在固定过程中，由于雨打，粉尘积聚，微生物和低等植物的增殖，在沙面上出现具有土壤形成特征的表皮。

### **2.0.22 立地条件**

影响固沙植物生长和发育的一切环境因子的总和。考虑的环境因子有：沙丘下覆地层性质；沙丘类型、起伏程度及其移动特征；沙的颗粒组成和养分状况；沙层含水量及干沙层厚度；地下水的水位及矿化度；沙地盐渍化程度；植物生长状况。

### **2.0.23 林带透风系数**

林墙面上透光孔隙的投影面积，与该林墙面上林带投影总面积之比。

### **2.0.24 林带结构**

整个林墙面上树木枝叶的分布层次和疏密程度。



## 3 新建、改建铁路勘测设计阶段 风沙工程地质工作

### 3.1 风沙地区工程地质选线

**3.1.1** 风沙地区工程地质选线，应因地制宜，并应符合下列原则：

1 线路应绕避严重风沙地区（按本规则附录 C 划分），当有造林条件、工程措施可靠和经济上合理时，线路可穿越风沙地区，但应利用各种有利地形，将线路选择在不积沙或轻微风沙地带通过。

2 线路走向宜与主风向接近平行，不设或少设弯道。

3 线路宜以路堤方式通过，高度不宜小于 1 m，避免采用半堤半堑及路堑，特别是长、深的路堑。

4 大型车站位置应选择在风沙轻微地段，避开有风沙活动的隘口处；站房和住宅的朝向应向背风方向。

5 在严重风沙地段，宜适当加大桥涵孔径。

6 线路宜靠近水源和防护材料产地。

**3.1.2** 线路通过干旱、半干旱地带大面积流动沙丘，选线应符合下列要求：

1 线路不宜深入到大沙漠的内部，应选择在沙漠边缘、山前洪积扇前缘和潜水溢出带通过。

2 线路必须深入到大沙漠时，应尽量利用沙漠中的现代、古代河床及湖盆地布置线路。

3 线路通过沙漠中大型丘间地时，应远离沙丘背风坡。

4 在纵向沙垄地区线路宜顺主风向从垄间地通过。

**3.1.3** 线路通过半干旱、半湿润地带，以局部流动沙丘及半固

定、固定沙丘为主的地区，选择线路方案应符合下列要求：

1 线路应避开流动沙丘和遭到破坏的半固定、固定沙丘及地表为深厚沙物质组成的沙地。

2 线路宜选择在沙漠中的河流、湖盆及草滩的下风侧通过。

3 避免采用高路堤及深路堑。

**3.1.4** 线路通过山地积沙和山前戈壁风沙流地带，选线应符合下列要求：

1 线路应避开山地陡坡积沙地带。

2 线路宜选择在山地背风侧风影部分以外的位置通过。

3 线路宜沿山地积沙带的丘间地通过，如必须跨越沙带时，应选择在沙带较窄和沙丘起伏较小的地方通过。

4 在戈壁地区，线路应选择在地表粗化，无流沙地带通过。

## **3.2 新建铁路踏勘（草测）风沙工程地质勘测**

**3.2.1** 踏勘（草测）风沙工程地质勘测，应完成下列任务：了解影响线路方案的风沙工程地质问题，为方案比选和编制可行性研究报告提供风沙资料。

**3.2.2** 对严重风沙地段，现有资料不能满足线路方案比选时，应进行现场踏勘。

**3.2.3** 踏勘（草测）风沙工程地质勘测，应包括下列内容：

1 技术准备工作，搜集区域地貌、地质、气象、风沙、遥感图像等资料。

2 对遥感图像进行风沙判释。确定踏勘路线及调查重点。

3 现场踏勘，重点验证判释结果。概略了解沿线风沙类型、分布特征，并估价对线路可能的危害。

**3.2.4** 踏勘（草测）资料编制，应包括下列内容：

1 在工程地质总说明书中，应阐明风沙分布范围、成因类型（按本规则附录 A、B 划分）、活动程度，预测其对各线路方案的影响，提出初测风沙工程地质勘测注意事项等。

2 在全线工程地质图比例尺（1:50 000~1:200 000）上，

对控制线路方案的严重风沙地段，应填绘风沙范围、类型及主导风向等。

### **3.3 新建铁路初测风沙工程地质勘测**

**3.3.1** 初测风沙工程地质勘测，应着重查明控制线路方案的风沙分布、类型、特征、并预测其对线路可能造成的危害，提出线路方案比选意见，为初步设计提供风沙资料。

**3.3.2** 初测准备工作，应按下列步骤进行：

- 1 研究踏勘资料及可行性研究报告，搜集有关风沙资料。
- 2 对线路推荐方案和主要比较方案进行遥感图像复判。
- 3 在全面调查的基础上，进行重点风沙地段的勘测。

**3.3.3** 初测调查测绘，应初步查明下列情况：

- 1 区域地质、气象、植被、土壤、水资源情况等。
- 2 沙漠分布范围、形成条件和沙物质来源。
- 3 戈壁的成因类型，组成物质，侵蚀沟发育情况，砾浪及流沙分布特征，风沙流活动程度等。
- 4 沙漠化土地的成因、类型、组成物质、地表形态、分布特征及植被状况。
- 5 通过访问当地居民，了解风沙对道路、房屋、水井等的危害情况。
- 6 有关卵（碎）石、粘土、草类、树枝等防护材料的产地、数量和运输条件。

**3.3.4** 对分布范围广，活动性大，影响线路方案的严重风沙地段，除扩大调查测绘范围外，必要时应布置半定位动态观测。

**3.3.5** 初测勘探，应以查明沙层覆盖厚度、下覆地貌、地层及地下水情况为目的，可使用挖探或钻探，条件适宜地区亦可采用物探。宜控制在 **1~3 km** 有一个勘探点。

**3.3.6** 初测试验工作，应在沙丘及丘间地分别采取代表性样品，进行一般物理力学性质试验，在有地下水地段，应取样进行水质分析。试验项目按本规则第 **6.6.6** 条执行。

### **3.3.7 初测资料编制应包括下列内容：**

**1** 在全线地质综合资料中，编入风沙内容，并应符合下列要求：

**1)** 工程地质总说明书中，说明自然地理位置和勘测工作概况，气候条件及沙物质来源，风沙地貌类型特征，活动情况及可能对线路造成的危害，线路方案比选及防治措施意见，以及对下一阶段勘测工作的建议等。

**2)** 详细工程地质图（比例尺：**1:2 000** 或 **1:5 000**），视需要全部或重点填绘风沙资料，其宽度应包括工程防护及植物防护范围。

**3)** 根据情况编制专题图件，如风沙地段地质地貌图，（严重风沙地段地质地貌条件复杂时作）。填绘风沙范围界线、地貌类型、代表性地质断面、小柱状图及主导风向等，宽度为线路每侧 **1~3 km**。

**2** 风沙工点资料应包括下列内容：

**1)** 工程地质说明：包括风沙地段自然地理概况、沙丘类型、分布范围、移动情况、植被状况以及工程地质、水文地质特征和防治措施意见。

**2)** 工程地质图（比例尺：横 **1:2 000~1:5 000**）。

**3)** 工程地质横断面图（比例尺：**1:200** 或 **1:500**），填绘沙丘高度、间距和坡度，下覆地貌、地层及地下水情况。

**4)** 工程地质纵断面图（比例尺：横 **1:500~1:5 000**，竖 **1:100~1:500**）。

**5)** 有关勘探、试验、观测点资料。

## **3.4 新建铁路定测风沙工程地质勘测**

**3.4.1** 定测风沙工程地质勘测，应详细查明采用方案沿线地质情况，为确定线路位置、编制技术设计和施工图提供风沙资料。

**3.4.2** 定测准备工作，应包括下列内容：

**1** 研究初测资料和初步设计鉴定意见，根据技术设计要求，

提供改善线路方案意见。

2 根据风沙分布特征和危害程度,拟定调查测绘内容,补充搜集有关风沙及沙害防治资料。

**3.4.3 定测风沙工程地质调查测绘,应包括下列内容:**

1 深入调查沿线风沙地貌类型、形态特征、活动情况及预测其对线路可能造成的危害。

2 详细调查测绘沿线风蚀、风积地貌,选择有代表性的沙丘、风蚀洼地、风蚀残丘进行形态测量,包括其大小、高(深)度、坡度、间距、排列方向及组成物质等。

3 查明或预测局部地形和隧道口、桥孔、涵洞口、高路堤、深路堑等建筑物对风向、风速、输沙量的干扰情况,并提出防治措施意见。

4 调查访问风沙对当地工农业、交通运输和居民点的危害情况,了解当地防沙措施及其效果,各项工程经济、技术定额和防护材料供应情况等。

5 调查天然植被及人工林生长情况,结合当地水资源条件,提出固沙造林实施意见。

**3.4.4 定测勘探、试验工作,应包括下列内容:**

1 采用钻探和物探相结合的勘探方法,查明地下水分布及埋藏条件、地下淡水埋深情况、含水层岩性及其空间分布。

2 按不同风沙地段及建筑物类型布置勘探,勘探点密度500~1 000 m一个。取代表性沙样作一般物理、化学、力学等方面的试验,为工程及造林设计提供参数。

3 取地表水及地下水作水质分析。

4 采用标贯、触探等方法确定大型车站、桥基等的地基承载力。

5 为分析沙物质来源,可沿主风向按适当距离,分别在沙丘及下覆地层取样,测定其颗粒组成、矿物成分及磨圆度等。

6 为查明沿线粘土、卵石、碎石等防护材料的质量和数量,应进行勘探试验,了解其埋深、层厚、颗粒组成、含水量等。

**3.4.5** 对线路危害性大并且防治困难的大范围流动沙丘及戈壁风沙流地段，应进行半定位或定位动态观测。

**3.4.6** 定测资料编制，应包括下列内容：

1 在全线地质综合资料中编入风沙内容。工程地质总说明书中关于风沙部分，应说明沿线风沙地貌特征、沙丘类型、分布及活动情况（包括沙丘移动速度及输沙量等）；工程防护措施；固沙造林的水源条件及林带设置原则；施工注意事项等。

2 风沙工点资料应包括下列内容：

1) 风沙工点工程地质说明。

①自然地理位置及勘测工作概况。

②风沙发育的地质、地貌及气候条件。

③风沙的类型、特征及活动规律。

④风沙地段工程地质条件的评价。

⑤工程及造林设计所需的参数。

⑥防治措施及环境保护建议。

2) 编制工点风沙工程地质图及纵、横断面图，填绘相应的风沙资料。

3) 固沙造林设计所需的水源、水量和水质资料。

### **3.5 改建既有线及增建第二线风沙工程地质勘测**

**3.5.1** 应充分收集既有铁路勘测设计、施工及运营期间积累的资料。

**3.5.2** 改建既有线及增建第二线风沙工程地质勘测，应包括下列内容：

1 调查既有铁路沿线沙害的发生、发展过程，整治经过和效果及现状。

2 了解防沙林带设计、施工过程，水源条件，林木生长情况和环境保护措施等。

3 在调查、测绘的基础上，提出增建第二线左右侧选择的意见，并进行必要的勘探、试验，以满足改建和增建防沙工程的

需要。

**3.5.3** 改建既有线及增建第二线并肩或并行的线路，应根据风沙地质情况，尽可能利用既有防沙设施，并满足下列要求：

- 1 选择在既有线主风向的背风一侧，宜采用并肩路基。
- 2 并行地段与既有线等高。

**3.5.4** 在既有线上进行勘测，必须注意大风和沙（尘）暴的袭击，采取周密措施，保证行车、人身和机具的安全。

**3.5.5** 资料编制，除应在全线地质综合资料及工点资料（按不同勘测设计阶段编制）中编入风沙内容外，还应根据情况，编制专题图件“风沙地段地质地貌图”；整理风沙动态观测成果资料。

## 4 施工阶段风沙工程地质工作

### 4.0.1 施工风沙工程地质工作应完成下列任务：

- 1 施工过程中，复查、修正原有风沙资料。
- 2 预测和及时处理施工中出现的风沙工程地质问题。
- 3 提供变更设计所需的风沙资料和编制竣工风沙工程地质图件及说明。

### 4.0.2 施工风沙工程地质工作，应包括下列内容：

- 1 根据风沙现状、特点及其发展趋势，预测风沙可能对施工造成的危害，提出相应的施工技术措施。

- 2 施工中发现原有风沙资料与实际不符或出现新的风沙工点，应及时进行复查、修正，并根据实际情况，提出变更设计或增减工程项目。

- 3 变更设计及增减工程项目所需风沙资料，可按本规则第3章有关条、款办理。

- 4 对严重风沙地段，应加强施工监测，布置风沙动态观测，掌握风沙运动规律，提出相应的防护措施。

- 5 对线路两侧 300~500 m 范围内，应保护原有地表及植被，如有破坏，应及时加以防护。

- 6 建立施工地段风沙日志，记载有关重大风沙事项，为养护积累资料。

- 7 采用机械化施工时，应制定作业程序和运行路线，确保协调施工和保护环境。

- 8 与当地气象台、站建立联系，掌握大风、沙（尘）暴的预报信息，以便及时采取预防措施。

### 4.0.3 竣工资料应包括下列内容：

- 1 竣工风沙工程地质说明。



- 1) 参加施工地质人员、工作概况及完成工作量。
  - 2) 对风沙勘测资料的复查、修正情况及评价意见。
  - 3) 施工中风沙变化情况、处理过程,采取的措施和效果。
  - 4) 运营养护中应注意的事项。
- 2 修正后的风沙工程地质图及纵、横地质断面图。
  - 3 施工中有关调查、勘探、试验资料。
  - 4 施工技术总结,必要时作。

## 5 运营期间风沙工程地质工作

**5.0.1** 运营铁路风沙工程地质工作应监测铁路沿线风沙活动状况、沙害的发生、发展及治理效果并根据沙害情况提出抢险措施、整治建议。

**5.0.2** 运营铁路风沙工程地质工作应包括下列内容：

1 熟悉勘测设计、施工阶段积累的风沙资料，了解主要风沙工程地质问题。

2 定期调查沿线沙害情况（按本规则附录 D 划分）、危害程度、防治工程效果，详细记入风沙工点履历表，为治理沙害积累资料。

3 对重点沙害地段应进行风沙动态观测。

4 当发现风沙险情时，应及时调查发生的原因，根据沙害情况，提出抢险措施及整治建议。

5 对铁路用地及邻近地区的植被、林带、水渠、沙障等，应及时提出维修养护意见，并配合地方政府制定沿线环境保护措施。

**5.0.3** 当沙害轻微地段需增补防护工程时，可利用已有勘测、施工资料，提供设计或施工；对严重沙害地段的新列工点，应按本规则第 3 章有关规定进行勘测。

**5.0.4** 运营期间资料编制应包括下列内容：

1 编制全线（段）风沙工点分布图，注明沙害简况及工程类型。

2 对风沙动态观测资料，加以系统整理，并提出观测报告。

3 有关风沙工点履历表及勘测等原始资料。

## **6 风沙工程地质勘测内容及方法**

### **6.1 准备工作**

**6.1.1** 准备工作应收集区域地形、地质、气象、水文地质、风沙和遥感图像等资料。

### **6.2 遥感图像判释**

**6.2.1** 遥感图像判释应从宏观上了解沿线风沙的分布范围、地貌类型、形态特征以及发展趋势，为线路方案比选和调查测绘提供依据。

**6.2.2** 航空像片风沙判释，应包括下列内容：

- 1** 各类风成地貌类型的分布范围及形态要素（长度、宽度、高度、坡度）量测。
- 2** 沙漠下覆地貌形态和水文地质特征，如古河床、古湖盆的位置、范围及埋藏条件。
- 3** 从沙丘排列及迎风坡、背风坡的方向判释沙丘移动方向。
- 4** 利用不同时期的航空像片测定沙丘移动速度和风沙动态。
- 5** 植被种类、覆盖度及其生态特征。
- 6** 标出风沙区道路、居民点、水系、泉、井、灌溉渠及林带的位置。

**6.2.3** 航空像片判释后，应进行实地验证，包括补充、修改风沙判释标志，核实风沙地貌类型、分布范围、形态特征及重要地物等，可视需要编制风沙地貌判释图及说明。

**6.2.4** 使用航空像片宜以黑白片为主，比例尺不宜小于 **1:10 000**；有条件时，宜采用彩色红外像片。

## **8.3 沙源调查**

**8.3.1** 沙源调查，应采用野外调查和实验室分析相结合的方法，以查明沙物质来源。

**8.3.2** 沙源的野外调查，应包括下列内容：

1 沙漠周围地区山体的岩性；沙漠下覆地貌特征；剥蚀区和堆积区的分布轮廓。

2 气候条件的分析：包括气温变化、降水情况，风力状况、古气候及其变化过程。

3 水文网的分布特征：现代水文网分布现状，如密度、水量、含沙量及其季节变化；古河床的分布、变迁和被流沙掩埋情况。

4 查明下覆地层沉积物类型及岩性特征，利用各种天然剖面，分层描述其颜色、粒度、成分、结构及剥蚀面等。必要时可进行简易勘探（如洛阳铲、手摇钻或坑探）。

**8.3.3** 样品的采集，应沿主风方向或河流方向进行，不仅要采集沙丘上沙样，而且要采集下覆沉积物样品进行分析（包括颗粒大小、矿物、化学、胶体矿物成分以及生物化石及孢粉等）。

**8.3.4** 用实验室方法研究风成沙来源，主要有：颗粒分析、矿物分析，沙粒表面特征的观察等。

## **8.4 地貌调查与形态测量**

**8.4.1** 风沙地貌调查，应查明下列自然因素和人类经济活动对风沙地貌形成和发展的关系：

- 1 地面组成物质和风沙地貌形成的关系。
- 2 气流中含沙量与风沙地貌形成和发展的关系。
- 3 水文、植被条件在风沙地貌形成过程中的作用。
- 4 地形条件与风沙地貌形成、发育的关系。
- 5 人类经济活动对风沙地貌形成的影响。

**8.4.2** 风蚀地貌调查和形态测量，应包括下列内容：

- 1 风蚀洼地的长度、宽度、深度，计算出它的面积和体积。
- 2 风蚀洼地的轮廓、排列方向，底部及斜坡组成物质的测量和描述。

- 3 风蚀残丘的高度、宽度、长度以及相互间间距。

- 4 风蚀残丘的组成物质、形态特征和排列方向的测量和描述。

**8.4.3** 风积地貌的调查和形态测量，应包括下列内容：

- 1 沙丘的相对高度（最大、最小和平均值）。

- 2 沙丘的间距（最大、最小和平均值）。

- 3 沙丘的迎风坡、背风坡的长度、坡度和坡向。

- 4 沙丘的排列方向（走向）。

- 5 沙丘各部位表层结皮情况及干沙层厚度。

- 6 对草灌丛沙堆，应调查和测量植物种类、高度、生长状况以及沙堆的高度、长度和宽度等。

**8.4.4** 沙漠化土地的调查，应包括下列内容：

- 1 地表组成物质的理化性质，如颗粒大小、矿物成分、结构、胶结物等。

- 2 地表形态发育，包括地表风蚀及水蚀加速过程，出现流沙和产生沙漠化程度。

- 3 植被破坏后，半固定、固定沙地演化成流动沙地的过程。

## **8.5 水文地质调查**

**8.5.1** 风沙地区水文地质调查，应针对不同地貌单元，查明地下水的存在形式、补给来源和季节变化，并对下列地貌部位进行重点调查：

- 1 洪积扇分布范围，含水层的岩性、厚度，地下水补给来源、运移规律及潜水溢出带的位置。

- 2 古河床的位置、形态、规模、埋藏深度及富水性等。

- 3 深入沙漠的现代河流两岸淡水层分布范围。

**8.5.2** 风沙地区水文地质调查宜采用下列方法：

1 了解既有水源（井）产水量和用水情况以及有无利用的可能。

2 水文地质调查路线，应垂直岩层和构造线方向，或沿河流方向及地貌单元交界处和地下水出露地点。

3 对代表性水点（地表水及地下水），应取样分析。

4 调查喜水植物的分布与地下水埋深和化学成分的关系。

5 调查地下水露头（泉、井、湿地等）的位置，地面高程和出露条件。

6 布置适量的物探、钻探、水文地质试验等，以查明含水层埋深、厚度、分布范围、渗透系数及给水度。

**8.5.3 编制水文地质图及说明。**

## **8.6 勘探和试验**

**8.6.1 风沙地区物探，应与其它勘探手段综合使用，可采用电法勘探、地震法、放射性测井等物探方法，查明下列情况：**

1 沙丘覆盖厚度、下覆地貌形态和地层岩性特征。

2 古河床的走向、规模及风沙掩埋情况。

3 地下水埋藏条件、水位、含水层厚度和淡、咸水的区分。

**8.6.2 风沙地区钻探工作，应根据地层、岩性情况，采用下列方法：**

1 在松散沙层中，宜采用泥浆护壁钻进。泥浆中宜加入一定剂量的 **Na-CMC**、**PHP**、**PVA** 和 **Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O** 等处理剂，组成复配泥浆。用活套接头单管泥浆循环钻进或无泵反循环钻进。

2 在戈壁砾（碎）石层中钻进，宜采用冲击钻头击碎，再用管钻取心，若砾（碎）石岩质坚硬，则采用硬质合金钻进或钢粒钻进。

**8.6.3 为测定沙层含水量，可采用干沙采样土钻分层取样。**

**8.6.4 施用挖探，可灌水浸湿沙层，然后进行开挖；当试坑深度大于 2 m 时，应采取支护措施。**

**8.6.5 宜采用静力触探或标准贯入试验等提供沙层基本承载力、**

沙的内摩擦角、相对密度和力学分层以及判定饱和沙层地震液化的可能性。

**6.6.6** 室内试验项目，应包括下列内容：

**1** 沙的试验项目：包括颗粒组成、矿物成分、磨圆度、比重、密实度、含水量、天然坡角等。

**2** 砾（碎）石试验项目：包括颗粒组成、矿物成分及胶结物等。

**3** 地下水试验项目：包括总矿化度、阴阳离子分析等。

**4** 为固沙造林设计，应测定沙的矿物成分、**pH** 值以及 **N**、**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**、**K<sub>2</sub>O**、有机质含量等。

## 7 风沙定位观测

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 应选定代表性风沙地段，进行定位及半定位观测，包括气象要素、风沙运动、地表风蚀强度、沙丘移动和大气沙尘观测。

**7.1.2** 观测延续时间：半定位观测应经过 1~2 个风季；定位观测应至少 2 年。

### 7.2 气象要素观测

**7.2.1** 定位观测（站）气象观测的项目、次数、时间及观测事项，应根据设计需要及气象观测规范办理；半定位观测可利用附近气象台（站）资料，辅以临时某项气象要素的观测，进行补充与核对。

**7.2.2** 气象观测项目应包括气温、湿度、降水、积雪、风向、风速、能见度、沙面温度等，着重气温、降水及风的观测与计算。

1 气温：定时空气温度、最高最低温度、日温差与年温差的变化幅度。

2 降水：降水量、降水时间、降水种类及降水强度。

3 风：风向、风速及风的性质。

**7.2.3** 风沙分析中，风的资料整理，应采用下列方法：

1 起沙风的统计：将每天定时观测中大于、等于起沙风的风速值挑出，按 16 个方位逐月（季、年）统计出每一方向起沙风的风向频率平均值和风速平均值，列表记录。

2 起沙风的风向、风速资料，经统计后，应绘制下列图件：



1) 风向频率玫瑰图：将一年中各风向（16个方位）频率平均值按比例绘出。

2) 动力风向图：将一年中各风向（16个方位）平均风速的平方与该风向的频率之乘积按比例绘出。

3) 风向风速矢量曲线图：将一年中起沙风的风向、风速资料，以线条方位代表风向，线条长度按比例表示风速，依次绘制成连续的曲线图。

### 7.3 风沙运动观测

7.3.1 风沙运动观测可使用集沙仪及手持风速仪，在不同沙质地表和沙丘部位进行观测，并应获得下列资料：

- 1 起沙风速。
- 2 风沙流结构特征。
- 3 靠近地表气流层中沙粒移动的方向和数量。
- 4 沙丘表面风沙流速度变化情况。

7.3.2 输沙量除在现场用集沙仪实测外，亦可在建筑物迎风方向埋置集沙箱，通过一段时间收集的沙样，计算出单位断面的输沙量。

### 7.4 地表风蚀强度观测

7.4.1 地表风蚀强度观测，可采用插测杆的方法，通过实测计算出一段时间内单位面积的风蚀量。

7.4.2 在观测区内，对不同性质的地表，应分别设置测杆进行观测。

### 7.5 沙丘移动观测

7.5.1 沙丘移动观测，可采用下列方法进行：

1 重复多次形态测量：选择不同类型和高度的沙丘多处，定期（每季度或风季前后）测绘出不同时期沙丘地貌图或地形图（比例尺不小于 1:500）。

**2 纵断面测量：**选择代表性沙丘多处，在垂直沙丘走向的迎风坡脚、丘顶和背风坡脚埋设测杆，定期量测并记录其距离变化。

**7.5.2** 在进行沙丘移动观测的同时，应进行与沙丘移动有关的风向、风速、降水、蒸发等气象要素及沙丘含水量的观测试验工作。

## **7.6 大气沙尘测定**

**7.6.1** 大气沙尘测定，可采用称重法和沉降法，取得单位体积空气中的沙尘量和不同粒径所占百分比。

## 8 工程防护措施

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 铁路沙害防治应贯穿到勘测设计、施工和运营的全过程。

**8.1.2** 沙害的防治应以预防为主，防治结合，应根据风沙运动特点，选择合理的路基断面型式，采用综合治理措施。

**8.1.3** 各类工程防治措施，应根据当地风沙自然条件和沙害情况的变化，随时进行调整和补充。

### 8.2 路基本体防护措施

**8.2.1** 为防止用沙填筑的路基受到风蚀，应在路肩、边坡以及路堤坡脚或堑顶外 2~5 m 范围内铺设覆盖层。

**8.2.2** 应合理布置取土、弃土位置，并对取土坑和弃土堆进行适当加固。

**8.2.3** 路基本体防护，应采用不易被风蚀的材料如碎石、矿碴、粘土等加以覆盖。

**8.2.4** 施工期间路基的临时防护，可用草席、树枝等材料重复使用。

### 8.3 路基两侧防护措施

**8.3.1** 路基两侧防护，应有针对性地采用固沙、阻沙、输（导）沙几种措施。

**1 固沙**——对路基两侧一定范围内的流沙，采取下列固定措施：

- 1) 平铺碎石、矿碴、粘土，或喷洒沥青乳剂等。
- 2) 设置草类沙障或粘土沙障。

2 阻沙——在路基两侧固沙带外缘，设置高立式沙障、阻沙沟堤、挡沙墙等。

3 输（导）沙——在路基两侧设置平台和导沙堤等。

上述措施应根据当地自然条件、风沙运动特点和材料供应情况加以综合应用，建立一个完整的工程防护体系。

**8.3.2** 工程防护带宽度，应根据当地风向、风速、沙源及风沙活动强度等因素综合考虑，可在下列范围中选择：

1 严重风沙地段：防护带宽度为 **300~500 m**，其中上风侧 **200~300 m**，下风侧 **100~200 m**。

2 中等风沙地段：防护带宽度为 **150~300 m**，其中上风侧 **100~200 m**，下风侧 **50~100 m**。

3 轻微风沙地段：防护带宽度为 **60~100 m**，其中上风侧 **40~60 m**，下风侧 **20~40 m**。

如主风向单一，无反方向风时，下风侧可不设或减少防护带宽度。

## 9 植物固沙

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 风沙地区造林调查设计，应贯彻“因地制宜，因害设防”的方针以及“生物措施与工程措施相结合”的原则。

**9.1.2** 造林调查设计应与线路勘测设计同步进行；施工期间应筹建林场，作好造林技术准备和种子、苗木的供应工作。

### 9.2 外业调查

**9.2.1** 造林设计应事先收集下列资料：

1 沿线地形图、地质图、遥感图像及有关测绘图件。

2 气象、地貌、土壤、植被、林业、水文地质等资料以及当地固沙造林经验等。

**9.2.2** 外业调查，应了解沿线自然环境特征和社会经济情况，主要包括下列内容：

1 气象调查：收集沿线历年气象观测记录，包括最多风向、频率、最大风速及风向、风沙日数、连续无雨期、连续降雨期、无霜期、降水量、蒸发量、大于 10℃ 的积温、绝对最高及绝对最低气温等，分析对植物生长的有利因素和不利因素。

2 地貌调查：划分沙丘类型，选择代表性沙丘沿主轴方向测量沙丘高度，迎风坡和背风坡水平距离以及丘间低地的宽度，计算沙丘与丘间地面积所占百分比，评价其宜林条件。

3 水文地质调查：查明地面和地下水资源的分布情况，可供利用水量及开发利用途径和方法，并进行必要的勘探试验，以了解地下水类型、埋藏深度及矿化度等。

4 土壤调查：确定风沙地区土壤类型、层次、颗粒组成、

土壤结构、土层厚度、底土性质、盐渍化程度；调查时应按土壤类型或每 2~3 km 作一处挖掘剖面，分层观察和记录，并采取标本作理化性质分析。

**5 植物调查：**调查风沙地区的植物种类、生长状况、分布规律、演替过程及其固沙作用，对主要植物群落应每 3~5 km 选取标准地作样方调查，将植物的名称、株高、主径、冠幅、覆盖度、根系特征等分别记入登记表内。

**6 林业调查：**调查访问现有人工林的成活和生长情况；各主要树种的生物学和生态学特征；总结当地造林经验，提供铁路造林措施的建议；林木受人畜危害，病虫害的情况，采取的防治措施及效果。

**7 社会经济调查：**包括调查地区的劳力、畜力情况；风沙对当地人民生产、生活和交通的危害；有关固沙造林的各项技术定额和造林所需的沙障材料、种子、苗木的来源等。

### **9.3 造林设计**

**9.3.1 固沙造林工作，**应包括造林立地条件类型、树种、林带宽度、密度、混交方式、造林技术、灌溉工程以及封育措施等的选择与设计。

**9.3.2 固沙造林立地条件类型，**应结合风沙地貌类型、沙丘形态及高度、土壤、植被、地下水深度及盐渍化程度等加以划分，并说明划分的标准和依据。

**9.3.3 树种选择，**应先草后灌或草、灌结合，选择根系发达、耐干旱、耐风蚀、固沙能力强、发芽迅速的乡土树种；并引进优良外地树种，有条件的地区可采用针、阔林混交。

**9.3.4 林带结构的设计，**应符合下列要求：

**1 林带宽度**按本规则第 8.3.2 条工程防护带宽度设计。

**2 林带密度**应根据立地条件和树种确定。

**3 混交方式**可选择带内行间混交、行内株间混交和带状混交三种方式。

**9.3.5** 造林技术措施，应包括整地方式、造林方法、造林季节、种苗规格以及抚育、补植、更新等内容。

**9.3.6** 在造林的同时，应设置草类沙障等防护措施固定沙面。

**9.3.7** 在干旱及半干旱风沙地区造林，应根据水资源条件、修建灌溉工程。

**9.3.8** 在造林过程中，应建立管护组织，划定封育范围，设置防护措施，严防火灾和人畜破坏。

## 附录 A 沙漠及戈壁类型

### A.0.1 沙漠类型

表 A.0.1 沙漠类型

分类	一	二	三
划分指标	外营力作用性	活动程度 (植被覆盖度)	形态特征
类型	以风积作用为主的地表基本形态	流动沙丘 ( $<15\%$ )	新月形沙丘及沙丘链 新月形沙垄及沙垄 格状沙丘链 鱼鳞状沙丘 星状沙丘(金字塔沙丘) 复合型沙丘及沙丘链 复合型沙垄 复合型穹状沙丘
		半固定沙丘 ( $15\% \sim 40\%$ )	缓起伏沙地 灌丛沙丘 抛物线状沙丘 梁窝状沙丘 蜂窝状沙丘
		固定沙丘 ( $>40\%$ )	平沙地 沙堆(草灌丛沙堆)
	以风蚀作用为主的地表基本形态		风蚀洼地 风蚀残丘 雅丹

### A.0.2 戈壁类型按成因分为：

- 1 剥蚀戈壁。
- 2 堆积戈壁。



## 附录 B 沙漠化土地类型

### B.0.1 沙漠化土地类型

表 B.0.1 沙漠化土地类型

类 型	特 征
严重沙漠化土地	流动沙丘占绝对优势，并以密集连片方式分布，植被覆盖度小于 10%
中度沙漠化土地	流动沙丘成片分布，并与固定、半固定沙丘交错分布，植被覆盖度 10%~30%
轻度沙漠化土地	斑点状分布的流沙或较密集的灌丛沙堆，表土普遍受风蚀，地表大部粗化，植被覆盖度 30%~60%
潜在沙漠化土地	小面积零星分布的流沙及风蚀点，植被覆盖度大于 60%

## 附录 C 风沙严重程度的划分

### C.0.1 严重风沙地段

1 线路通过大面积 ( $>10 \text{ km}^2$ ) 的高大、密集流动沙丘、风沙流活动频繁的地区。

2 线路附近有大面积稀疏、低矮流动沙丘，沙丘年前移值大于  $10 \text{ m}$ 。

3 线路通过大面积的严重沙漠化土地。

4 风力强大 (常年有 10 级以上大风)，沙源丰富 (包括明沙与暗沙) 的山口及戈壁风沙流地带 [单位长度 ( $1 \text{ m}$ ) 内年输沙量大于  $10 \text{ m}^3$ ]。

### C.0.2 中等风沙地段

1 线路通过大面积半固定沙丘和部分流动沙丘为主的地区，沙丘年前移值为  $5\sim10 \text{ m}$ 。

2 线路通过沙层疏松深厚的沙地及中度沙漠化土地，风蚀作用显著。

3 单位长度 ( $1 \text{ m}$ ) 内年输沙量为  $5\sim10 \text{ m}^3$  的戈壁风沙流地带。

### C.0.3 轻微风沙地段

1 线路通过半固定沙丘地区，植被遭到破坏，大风时有风沙流活动。

2 线路附近有零星的流动沙丘。

3 线路通过轻度沙漠化土地。

4 线路通过单位长度 ( $1 \text{ m}$ ) 内年输沙量小于  $5 \text{ m}^3$  的戈壁风沙流地带。

## 附录 D 既有线铁路沙害等级

### D.0.1 既有线铁路沙害等级

表 D.0.1 既有线铁路沙害等级

沙 害 等 级		积 沙 状 况	危 害 程 度
一 级	严 重	积沙掩埋轨头	危及行车安全
二 级	中 等	积沙掩埋扣件	影响巡道及养护作业
三 级	轻 微	积沙掩埋道床	污染道床，引起线路病害

## 附录 E 本规则用词说明

执行本规则条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

**E.0.1** 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”。

**E.0.2** 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”。

**E.0.3** 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”或“可”；

反面词采用“不宜”。

## 附加说明

### 本规则主编单位和主要起草人名单

**主 编 单 位：**铁道部第一勘测设计院

**主要起草人：**赵性存 潘必文

---

在执行本规则过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见及有关资料寄交铁道部第一勘测设计院（兰州市和政路 75 号，邮政编码：730000），并抄送铁道部建设司标准科情所（北京市朝阳区门外大街 227 号，邮政编码：100020），供今后修订时参考。

# 《铁路工程地质风沙勘测规则》

## 条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

**1.0.1** 风沙地区由于沙的松散性和风的搬运作用，给铁路施工、运营带来一系列的困难，如路基容易受到风蚀和沙埋以及机车车辆、通讯、信号设备易受到磨损等，不但产生线路病害，增加养护作业，甚至会危及行车安全。沙害治理又是一项复杂而艰巨的工作，需要大量的人力、物力和时间，有时还达不到预期效果。建国以来，我国在风沙地区修建的铁路达千余公里，目前大部分地区线路沙害仍未得到治理，有的尚在继续发展，给运营养护带来很大困难。究其原因，是我们对风沙的性质、运动规律及其危害性认识不足，研究不够和整治措施不力。为提高风沙地区铁路勘测设计、施工、养护的技术水平，在总结以往经验的基础上，特制定本规则。

“风沙”一词在气象观测中，只是作为一种天气现象来记载，泛指“沙暴”和“尘暴”，即刮大风时，从地面卷起大量尘沙，使空气混浊、天色昏暗的一种天气现象。风沙地貌学和工程地质学把“风沙”理解为：风对地表松散沙物质的吹蚀、搬运、堆积的过程，称为风沙作用，所形成的地貌，称为风沙地貌。主要类型有：沙漠（沙地），沙漠化土地及戈壁。统称为风沙地区。它们在分布地域上相互交错，在成因上密切相联，对铁路有着共同的沙害问题。铁道部 1955 年发布的新线铁路工程地质勘测细则将该类地区称为沙漠，1985 年发布的《铁路工程地质技术规范》（TBJ 12—85）中改称风沙，故本规则亦使用风沙一词。

**1.0.3** 本规则是根据《铁路工程地质技术规范》(TBJ 12—85)(以下简称《地质规范》),针对风沙地质工作作出的具体规定,在施行中应与《地质规范》配套使用。本规则的编写除少数条文外,不重复叙述《地质规范》中的共性规定,因此它的内容并不面面俱到,而是力求突出“风沙”这一主题。

本规则第3章至第5章着重提出工程地质选线原则,以及各阶段风沙地质工作的重点、项目、程度及工作量。有关具体的工作及方法,则集中列于以后几章条文及附录。

**2.0.5** “沙漠”与“沙漠化土地”的概念不同,可从几方面说明:

1 分布地带不同。沙漠是干旱气候和有丰富沙源条件下的产物,主要分布于干旱、半干旱地带;沙漠化土地则不限于干旱、半干旱地带,还分布于半湿润地带。

2 成因不同。沙漠为自然因素形成,发生于第四纪地质时期;沙漠化土地是在自然因素的基础上,由人为因素促成,发生于人类历史时期。

3 发展规律不同。沙漠在自然条件下难以逆转,并有自行扩大的可能;沙漠化土地在半干旱、半湿润气候条件下,消除人为破坏因素后,能自然逆转。

**2.0.17** 干燥度按下式计算:

$$A = E/r = 0.16 \sum t/r$$

式中  $A$ ——干燥度;

$E$ ——可能蒸发量,  $E = 0.16 \sum t$ ;

$\sum t$ —— $10^{\circ}\text{C}$ 以上积温;

$r$ ——同时期的降水量。

当一个地区的干燥度大于2.0时为干旱地区;干燥度等于1.5~2.0时则属半干旱地区。

**3.1.1** 当线路绕长不多,工程费增加有限时,要设法绕避严重风沙地段。如包兰铁路巴彦高勒—乌达段,由于西线方案通过乌兰布和沙漠,长达90 km,考虑到这里风大沙多,防沙工作艰

巨，最后采用两跨黄河的现行线（东线）方案，实践证明是正确的。

线路走向与主风向平行，可减少路基的沙埋和风蚀。当线路与主风向垂直，等于将整个风沙拦腰截断，容易造成沙子埋道；若与主风向平行，流沙对线路的影响，只限于路基两侧狭长地带，如果是路堤，对流沙还具有一定的输、导作用，沙粒沿路堤两侧运动，不致引起路基面大量积沙。对路基风蚀来说也是如此，当线路与主风向垂直，路基承受全部风力，故风蚀作用强烈；与主风向平行，路基仅承受部分风力，风蚀作用也明显减弱。弯道易于积沙，是由于弯道内侧沙子不能顺线路方向移动，容易堆积在弯道内。如因地形条件必须设置弯道时，宜将弯道的外侧迎着主风方向，这样积沙情况可相应减轻。

观测得知，气流越过路堑时，发生明显的旋涡运动，堑内风力显著降低，气流中沙粒迅速沉落在堑内，路堑越深积沙越严重；不填不挖地段也最易积沙。均应避免。路堤是风沙地区最好的路基断面型式，因风沙流遇到路堤时通常堆积在坡脚或边坡上，不致马上埋道，对行车安全影响小些，路面积沙后还可借风力吹走，清沙工作也较简便。包兰、兰新等铁路调查表明，路堤高度不足 **1 m** 者，积沙均较严重。铁道部第三勘测设计院根据京通线流动沙地路堤高在 **1 m** 以下易积沙的情况，也提出风沙地区路堤不小于 **1 m** 的限度。前苏联铁路设计规范（1976 年）规定，路堤高度应大于 **0.9 m**，我国因缺乏准确的观测数据，故暂定 **1 m** 作为路堤最低高度。

风沙地区多为间歇性河流，加之降水变率大，平常河床中积存的大量沙粒，一遇暴雨，便顺河而下，堵塞桥涵、冲毁路基，因此在严重风沙地区应适当加大桥涵孔径，以增加其排洪和输沙能力。

**3.1.2** 我国沙漠、戈壁大都位于内陆盆地和山前倾斜平原，由于地形条件和具有疏松沙砾质沉积物，当山地降水和融雪水流出山口后，多沿沙砾层向下渗入底层，到达洪积扇前缘溢出地表。



在塔里木、柴达木等盆地边缘都分布有断续的潜水溢出带，这里植物生长较好，沙丘多属固定、半固定类型，加之地形开阔，坡度平缓，是铁路选线理想的地理位置。

我国风沙地区，虽然大部分地方水系贫乏，但大沙漠内部仍分布有一些河流、湖泊，它们在不断迁移改道的过程中，遗留下许多古河床和湖盆地，虽大都被流沙掩埋，有的仍依稀可辨。这里地下水位高，植物生长较好，沙丘多处于固定状态。有的还分布有厚层砾石及粘土沉积物，筑路时可就地取得防护材料。

**3.1.3** 风沙地区地面组成物质，大多以疏松的沙沉积物为主，当地表形成结皮或植被固定后，一般便无风沙活动，不易引人注目，如施工时破坏了地表，便会就地起沙，掩埋线路，其特点是进展很快，并不断蔓延，给铁路造成很大危害，如吉兰太铁路专用线的沙害，即属于这一类型，选线时应引起足够的重视。

在半固定、固定沙丘地区，选线时应避免高堤、深堑，以免施工中大量破坏地表和植被，引起沙丘活化，形成新的沙源。

**3.1.4** 在山地陡坡积沙地段，由于沙层松散与下覆基岩软硬不一，对沙层稳定性检算和基岩面坡度的测定，都有一定难度，线路以避让为宜。

分布在山地斜坡上的沙丘，系风力吹扬山前洪积—冲积平原上的沙物质堆积而成，在受地形影响和风向单一情况下，山坡常出现多条相互平行与风向一致的沙带，延伸甚远，如南疆铁路吐库段原托克逊方案，在觉罗塔克山北坡，分布有 **2~3** 条沙带，高达十余米，间距为 **300~500 m**，沙带间无明显的风沙活动，线路可选择在带间的空隙地通过。

**3.2.1** 踏勘（草测）阶段的任务，是对线路方案进行可行性研究，风沙地质工作主要是利用遥感图像，结合区域地质资料进行判释和分析，只有通过地段长和流动性大的流沙地区，现有资料不能满足方案比选，才进行现场踏勘。

**3.2.3** 遥感图像（包括航空和航天遥感像片），因具有视野广阔等特点，在铁路勘测中已得到广泛应用。风沙地区自然条件恶

劣，交通困难，进行大面积地面调查，工作十分繁重，在踏勘阶段利用遥感图像识别各种风沙地貌类型，并划分其界线，分析、判断风沙运动的主要趋势及特征，可大大减少地面工作量。

**3.3.3** 戈壁地区工程地质工作，首先是根据地质构造和外营力作用，查明戈壁的侵蚀（剥蚀、搬运、堆积）过程及地表组成物质的特点（包括其矿物成分、粒径大小、形状特征等），并取样测定地表砾（碎）石层中的含沙量及胶结程度；其次，测定戈壁风沙流的粒径、高程分布及输沙量等；第三，调查、测量风力作用形成的砾浪特征（粒径、高度、间距及排列方向），流沙的分布形状（斑点状、片状及新月形沙丘等）以及风蚀作用形成的各种地貌形态（高度或深度、长度、排列方向）。

土地沙漠化是当前世界上一个重要的环境问题，我国土地沙漠化由于影响范围大、发展迅速，给铁路修筑带来严重的危害。沙漠化的成因，包括自然因素（大面积沙性土的分布、气候干旱和大风频繁）及人为因素（不合理农垦、樵采，过度放牧，水资源利用不当、工矿交通建设破坏地表等。在新线勘测中，要查明沙漠化的成因，并根据沙漠化的形态特征如原始地形破碎程度、地表组成物质的变化，植被退化情况，固定、半固定沙丘活化程度及流沙所占土地面积的比例等，划分沙漠化程度类型。

风沙地区修筑铁路需要各类防护材料，往往由于数量大，运输困难，时间紧（边施工，边防护），在工程费用中占很大比例，这一因素甚至会影响线路方案的取舍，因此在初测中应对其产地、运输条件进行初步调查。

**3.3.4** 半定位观测是指观测地点不固定，观测年限短（1~2个风季），观测手段较简易，观测内容及方法可参照第7.2节~第7.5节。

**3.3.7** “对线路造成的危害”是指风沙对铁路施工、养护、运营带来的一系列危害，主要包括：（1）影响安全运行；（2）增加施工、养护的工作量和费用；（3）对员工工作和生活条件的不利影响。有些不能用经济指标反映出来，应按不利因素加以综合考

虑。

工程地质横断面图，为了正确表示沙丘高度、间距和坡度，横断面方向一般应根据沙丘类型来确定。如属纵向沙丘（沙丘走向与起沙风合成风向平行或呈  $30^\circ$  以下交角）应垂直沙丘走向；横向沙丘（沙丘走向与起沙风向垂直或呈  $60^\circ \sim 90^\circ$  的交角）则平行沙丘走向。其它类型沙丘根据实际情况而定。

**3.4.3** 对风积、风蚀地貌进行形态测量、可了解风沙活动特征和工程难易程度，如沙丘的高度、长度、坡度、走向和密度，不仅反映沙丘活动过程，而且影响土方工程量和防沙措施；对风蚀形态的测量，可得知主风方向和估算沙源的数量。

风沙的运行方向和搬运过程，随着沿线地形和建筑物的位置和形态而发生变化，应特别加以注意。因为防风沙措施应针对风沙运动方向和沉积方式而配置。因此勘测中，一方面要查明沿线局部地形对风沙运动的影响，同时要调查、预测桥孔、隧道口、深堑、高堤等人工地貌对风沙运动的干扰变化情况，并提出相应的防治措施。

**3.5.3** 对沿线风沙活动和造林立地条件，要有一个逐渐深化的认识过程，各种防治措施需要在实践中不断修改、补充，特别是林带营造，需要大量的人力、物力和较长的时间，才能达到预期的效果。改建和增建第二线，要尽量利用原有防沙措施，这对沙害治理来说，具有很大的实际意义。因在风沙地区另选新线，将大大增加防沙工程费用，在经济上和时间上都是不合算的。

为减轻风沙的威胁，第二线应设置在既有线背风一侧，充分利用已有防沙措施和保护现有植被。

第二线与既有线并行地段应并肩，否则低的一侧容易引起积沙。

**4.0.2** 为避免风沙路基受到风蚀和沙埋，要采取分段施工，边施工、边防护的原则，不但要做好路基本体防护，同时要完成路基两侧必要的防护措施，搞好沙方调配，指定取沙和弃沙地点，并及时加以防护。

施工中应严格保护地表及植被。兰新铁路施工进入尾亚至烟墩砾质戈壁地区，因刮取地表砾石作道碴，使下覆沙砾层裸露，造成新的沙源；干武线沙漠中一些丘间低地，沙蒿生长茂盛，施工时大量采取作沙障材料，也导致沿线沙害扩大。

**5.0.1** 施工阶段不可能将沿线沙害全部治理，同时沙害本身在不断发展和演变，还可能由于施工不当产生新的沙害，这都是事先难以预测和防止的，因而有的防沙措施需要在养护阶段完成，而经常的维修养护作业更是不可缺少的。

**5.0.2** 铁路沿线的环保工作涉及面广、工作量大，必须成立专门机构，在当地政府和群众的支持配合下，划定封育区，禁止放牧、樵采等活动，以保护现有植被及林带。对于封育区以外的沙地，应根据自然条件，要求群从掌握适度利用的原则，防止引起新的沙源，给铁路带来危害。

**8.2.2** 风沙地貌虽多种多样，但都可根据航空像片上特殊的地貌形态色调和影像特征加以区分。例如戈壁，地貌形态简单，在像片上呈现单调而粗糙的灰色影像，很容易与沙漠、沙漠化土地区分开。风蚀地貌一般具有残丘与洼地相间的地表形态，在像片上呈有规律的条状结构和均匀的灰色色调，丘顶色调明亮，洼地色调较深。流动沙丘表面裸露，具有很高的反射强度，色调呈均匀的灰白色。沙丘形态清晰，常表现为各种各样的线纹影象，且沿主风向有规律地排列，而固定、半固定沙丘由于植被的影响，色调灰暗，不均匀，呈斑点状，根据花斑及灰暗程度，可以估算植被的覆盖度。般空像片上，还可在立体镜下借助于视差杆等仪器对沙丘的各个形态要素（长度、宽度和坡度等）进行量测，从沙丘排列、沙丘迎风坡和背风坡的方向，判断出主风向和沙丘的移动方向。据不同时期的像片，可以测算沙丘移动速度。

航天像片同样能判释风成地貌，只是由于在高空对地面成像，反映地表起伏的立体感较弱；同时比例尺小，一般为 **1:50 万~1:100 万**，对地貌的判释不如航空像片的精度高。

**8.2.4** 彩色红外像片显示的颜色为假彩色，对植被、水体的反

射率差别大，可提高航片的反差和分辨率，如植被在近红外线段有较强的反射，在像片上呈品红色，由于植被的种属和长势不同，色调深浅也不一样。水体对红外线吸收能力强，反射力弱，在像片上呈醒目的深蓝色，甚至蓝黑色，因色调变深，增大与其他地物的反差，分辨率也相应提高，如果将普通黑白像片与彩色红外像片加以对照，则判释效果更好。

### **8.3.2 气候条件的分析，包括：**

**1** 了解日温差和年温差的变化幅度，因为气温变化幅度大，是加速岩石物理风化的重要因素，而岩石风化的产物，又将成为风沙的物质来源。

**2** 降水量大小和降水性质，决定沙物质搬运、堆积的方式和强度，在风沙地区常见到与现代降水不相称的地貌形态（如大的干河床）或沉积物，必然会联系到气象条件的变化和古代河流的堆积作用。

**3** 风是沙粒搬运的动力，也是风沙地貌形成的重要条件，掌握了风的规律，就可根据主风向去追索沙的来源地，同时也可具体分析风力吹蚀、搬运、堆积的特征。

河流、湖泊和暂时性水流，往往将沿途携带的沙粒在适当的地方停积下来，成为风沙的物质来源，因此，需要调查水文网的分布特征、密度、水量、含沙量及其季节变化。

查明下覆地层沉积物类型是判断沙物质来源的重要线索之一。例如腾格里沙漠的原始地貌，东北部是由红色岩系（白垩纪—第三纪）组成的剥蚀丘陵；西部为湖相堆积平原。很明显，西部以河湖相堆积物的再吹扬为主要沙源，而东北部剥蚀丘陵的残积物则是沙的主要供给地。

**8.3.3 采集标本**要达到能说明沙源的目的，一般应沿主风向或河流方向进行，这样便于追索沙的来源地。采样时不仅要采取沙丘上的沙样，也需采取下覆沉积物标本，加以对比分析，判断其系就地起沙，或外来沙源。

**8.3.4 颗粒分析：**主要了解沙漠沙各种粒级所占百分比，表示

出风力搬运沙粒的特征，沙受风力吹扬过程中，在沙丘不同部位上，粒级的配置情况也不相同，因此，在对比沙丘颗粒组成时，必须将所采取沙样的地点和地形部位加以区分。

**矿物分析：**将基岩或沉积物的矿物成分与沙漠沙的矿物成分进行比较，可判断沙漠沙的源地。矿物分析虽是追索沙源的有效方法，但应指出，石英、长石是沙漠矿物组成的主要成分，几乎各地一样，一般不能作为指示性矿物，而应注意其中重矿物的变化。

**沙粒表面特征的观察：**被风吹扬的沙粒，经过相互磨擦后，粒径愈磨愈小，硬度大的颗粒也就越磨越圆。沙粒搬运的时间越长，其外形圆度也就越好；同时由于长时间撞击的结果，在沙粒的表面留下麻点的痕迹，当我们在显微镜下观察沙粒的形状，把不同地区的沙粒加以对比，就可探索出它们之间是否存在着一定的关系。

对于沙粒形态的研究一般在高倍显微镜下进行，即将沙粒置于涂黑的载物台上，在强烈光线反射下，观察每一标本的磨圆度，磨圆度分为磨圆（棱角已磨、表面光滑），未磨圆（仍有锋锐棱角）统计其所占百分比。

**8.4.1 气流中含沙量的大小，**一方面受风力大小影响，同时还要具备一个先决条件，即沙源的供应情况。如风力很大，但沙源供应有限，那么形成风积地貌的规模也不会大；在面积巨大而又具有深厚的冲积沙质平原的地区，沙粒源源不断，再加上有强大的风力，就可形成大范围的高大、密集的沙丘。

在水文条件较好的地区，植物生长茂盛，风力受到植被的阻挡，不能直接作用于地表，从而减弱了风蚀作用，并使沙丘得到固定。

地形条件影响着气流的运行，从而改变它的方向，致使沙丘形态多样化，特别在山前地带，气流受到山地屏障发生干扰，造成大的旋涡，往往在山前形成特殊的沙丘景观。

人为经济活动，如过度开垦、放牧、樵采及水资源利用不当

等，破坏脆弱的生态平衡，在一些地带出现地表风蚀、粗化、灌丛沙堆、片状流沙，甚至密集的流动沙丘等，就是人为作用下土地的沙漠化。

**8.4.3** 低矮丛状植物对含沙气流有较好的阻挡作用，能形成一种特殊的沙丘—草灌丛沙堆，通常分布在水分条件较好，沙源不甚丰富的地方，呈圆形或椭圆形，大小不一，高度随植物种类而定，如白刺沙堆一般为  $1\sim 2\text{ m}$ ，怪柳沙堆为  $3\sim 6\text{ m}$ ，主要取决于植物根系到达的深度，如沙堆不断增高，根系达不到地下水位即行枯死，因而沙堆高度受到一定限度，当植物枯死后，沙堆也就遭到风蚀破坏，这一现象在沙漠边缘地带常可见到。

**8.5.1** 风沙地区古河床目前虽已干涸，甚至被流沙掩埋，但往往地下水位高，水量也较丰富，在地貌上具有阶梯状或槽形外貌。地层结构一般是下部为沙砾层，在动水条件下形成；上部为粘性土层，是河水消失后静水环境下的沉积物，使用少量勘探便可确定。地植物法是沙漠中寻找古河床和上层滞水最有效的方法，通常沿古河床生长的植物颜色深绿，在航空像片上显示为深暗色条带状斑点，引人注目。

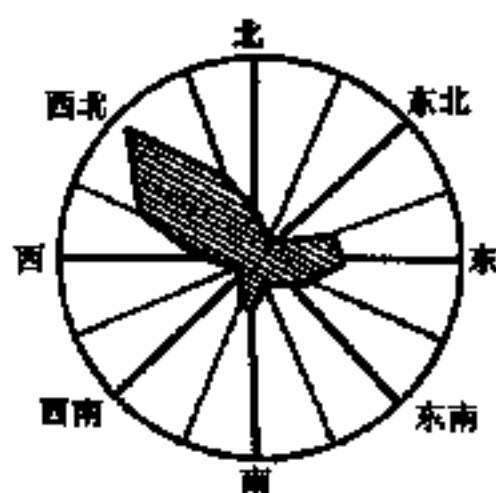
**8.6.2** 该复配泥浆系利用高分子聚合物形成的网状结构，吸附和粘结沙粒，并通过泥浆的渗透作用，在孔壁上形成“胶膜”，硬化和稳定孔壁。

**8.6.3** 中国科学院兰州沙漠所试制的一种干沙采样土钻，是由钻头、连结杆和带有滑轮把手所组成的双层钻。钻头内装有可垂直活动的挡片，挡片上连接带有两根弹簧的钢丝绳，借助于把手上滑轮的开与合而取出样品。钻杆每节长  $2\text{ m}$ ，操作时先将外层钻入一定深度，然后将内层钻插入外层钻内，并使挡片处于开放位置，当钻至一定深度后，搬动滑轮，关闭挡片，即可取出该深度的样品。该钻具采样准确，操作简便，采样深度一般可达  $5\text{ m}$ 。

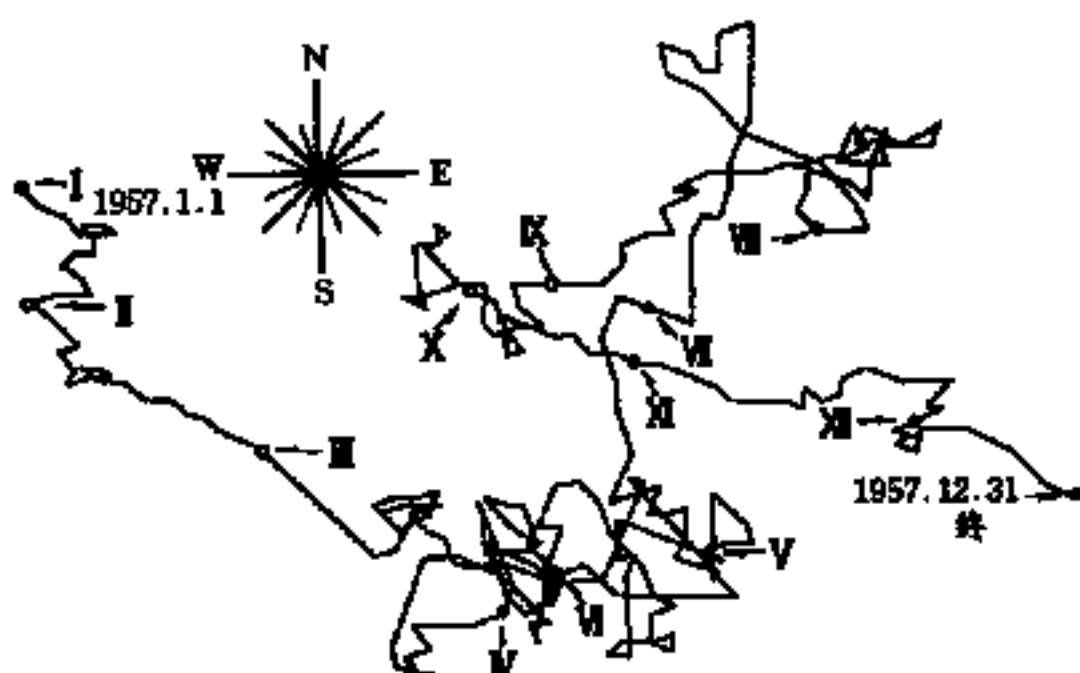
**7.2.3** 沙粒起动风速与沙粒粒径、地表性质和沙粒含水量等因素有关。我国沙漠沙多属粒径为  $0.1\sim 0.25\text{ mm}$  的细沙，经过野

外大量观测得知，对于一般干燥裸露的沙质地表，当离地表 2 m 高处风速达 4 m/s 左右，或相当于气象站风标风速等于大于 5 m/s 时，沙粒被起动，形成风沙流。

动力风向图虽可反映出一个地区以那种风向为主，如说明图 7.2.3—1 可知，当地沙丘由西北向东南移动（注意图中所示动力风向与沙丘移动方向相反），但动力风向图在数量上只是表示一个平均数值，不能反映出风向的详细变化特征，也看不出沙丘移动性质，为弥补这一缺点，可采用风向、风速矢量曲线图（该图直接表示沙丘移动方向），由说明图 7.2.3—2 不但可看出全年沙丘移动方向由西北向东南，而且清楚地反映出一年中风的详细变化情况和沙丘移动随季节变化特征。



说明图 7.2.3—1 包兰铁路  
沙坡头 1956 年动力风向图



说明图 7.2.3—2 风向风速矢量曲线图

（据 1957 年沙坡头定时观测中大于 4.5 m/s—起沙风速的风向风速控制）



**7.3.1** 在集沙仪开始收集到沙粒时的风速，即为起沙风速。目前我国使用的集沙仪，是沿用兹那门斯基设计的，该仪器为一扁平的金属盒，盒内安装有 **10** 个方形测管，作 **45°** 倾斜排列在一起，管口截面为 **1 cm×1 cm**，尾部各连接一个小铝盒，观测时将管口面向气流方向，旁边置一手持风速仪，以便同时测定风速。当风沙流发生时，沙粒靠惯性由测管进入相连的铝盒内，经过一段时间，秤出铝盒内沙粒重量，便可得出单位时间内，在某一风速下，各测管内每 **1 cm<sup>3</sup>** 体积所含的沙量，以及整个 **10 cm** 高程内的总沙量，如将集沙仪置于不同沙丘和沙质地表上，便可得出起沙风速和风沙流结构等资料。

乌鲁木齐铁路局针对南疆线吐鱼段戈壁风沙流地段，具有风速大（最大风速达 **63 m/s**），颗粒粗（一般粒径为 **2~5 mm**），起沙风速大（**20 m/s**）等特点，设计安装一种大型集沙仪，其特点为：测量范围大，垂直高度可达 **10 m**；分层设置集沙器，减少进口绕流，采样精度高。每层集沙器水平并联 **5** 个进沙口，面积为 **10 cm×10 cm**，**0.5 m** 以下进沙口为 **20 cm×20 cm**，除沙粒外，还可收集砾沙、碎石等大颗粒。通过多次大风，进行风速与集沙量的观测，得出有关计算公式及参数。

**7.4.1** 杆长 **2 m**，其上刻有尺度，埋入和露出地表各 **1 m**，经过一段时间后，测杆出露长度的变化，即为地表被吹蚀的深度，通过一组测杆的实测资料，可计算出提供的沙源量。

**7.4.2** 风蚀强度受地表物质组成、胶结物、植被、水分及微地貌的影响各不相同，可用若干组测杆置于不同性质地表进行观测。

**7.6.1** 秤重法：用已知重量的采集管，抽取一定数量的含尘空气，使沙尘阻集在滤纸上，按采集管增加的重量和抽取的气流量，求出单位体积空气中的沙尘量。

沉降法：用特制的测尘器，采集定量的含尘空气，依靠沙尘本身的重力作用，沉落到带有方格的玻璃上，用高倍显微镜计算出单位面积上的沙尘数量，再换算成每 **1 cm<sup>3</sup>** 空气中含有的沙尘

颗粒及不同粒径所占百分比。

兰州沙漠所曾试用环保部门的采尘仪来捕捉沙尘量，一种是青岛崂山产 **KB-120** 型空气采样器，另一种为上海产 **FC-A** 型粉尘采样器，通过试用，认为用作测定沙尘物质成分是可行的，而测定沙尘量则不能满足要求，有待进一步研究试制。

**8.1.3** 工程防治措施是指在路基本体和两侧沙质地表，用草类、碎石、粘土和沥青乳剂等覆盖沙面；或设置沙障、开沟、筑墙以堵截流沙；或利用地形、地物以导走流沙，都是用人工的方法，对风沙进行干扰控制，达到固定、阻挡、输导的目的，统称为工程防治措施。

**8.3.1** 固沙措施的作用，一是使沙面与风的作用隔绝，二是降低地表风速，削弱风沙流活动；阻沙措施是阻止和延缓风沙流和沙丘前移；输导措施系通过改变下垫面性质和借助人造构筑物以加大风速或改变风沙流运动方向。

**8.3.2** 防护带设置要结合沙丘形态，从沙丘坡脚开始，包括整个沙丘。

**9.2.2** 植被调查的样方面积：草本植物覆盖度在 **30%** 以下的，采用 **2 m×2 m**；**30%** 以上的，采用 **1 m×1 m**。灌木、半灌木采用 **1 m×5 m** 或 **2 m×2 m**。

调查总结当地固沙造林经验，其内容为：

- 1 当地固沙造林主要树种成活及生长情况。
- 2 固沙造林方法、特点及其效果。
- 3 各树种最适宜的造林季节。
- 4 固沙造林工作中存在的主要问题及解决意见。

**9.3.3** 树种选择是造林成败的关键，需要根据当地条件和树种生物学特征确定。我国风沙地区，在长期造林实践中，培育有许多优良的乔、灌木和草本树种，现从中选出 **20** 余种，简述其地理分布、形态特征、生物学特性，供铁路沿线造林时参考，见说明表 **9.3.3**。

说明表 9.3.3 中国沙漠地区主要固沙植物

名 称	分 布	特 性
差把戛蒿 <i>Artemisia halodendron</i>	科尔沁沙地、浑善达克沙地东部及呼伦贝尔沙地	菊科，半灌木。丛生，高 <b>0.5~0.8 m</b> ，基部枝条平铺沙面，沙埋能生不定根，萌发新枝，常积沙形成半固定沙丘。当沙丘固定后，渐趋衰亡
籽 蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>	鄂尔多斯沙区和腾格里沙漠东南缘	菊科，半灌木。单株散生，不能形成群落。喜沙埋，耐贫瘠，但不耐干旱，是流沙上先锋植物。茎高 <b>0.5~1 m</b> ，粗壮，枝叶较稀疏。水平根系扩展。沙地固定后，渐趋衰亡
油 蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	鄂尔多斯沙区和腾格里沙漠东南缘	菊科，半灌木。丛生，枝条柔韧，固沙性能强。水平根系较窄，可自成群落。生于半固定沙地。在干旱年份部分枝条死亡，俟降雨后，再萌发新枝
花 棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	阿拉善地区	豆科，灌木。水平根系粗壮，柔韧，抗风蚀，耐沙埋，寿命可达 <b>30</b> 年以上
小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	科尔沁，浑善达克等沙地	豆科，灌木。高 <b>1~3 m</b> ，耐干旱，丛生，有根瘤
柠条（柠条锦鸡儿） <i>Caragana Korshinskii</i>	内蒙西部，宁夏及甘肃河西走廊	豆科，灌木。高 <b>1~4 m</b> ，耐干旱，丛生。根系强壮，坚韧。有根瘤。寿命长，在天然群落中可达 <b>30</b> 年以上
胡 枝 子 <i>Lespedeza bicolor</i>	东北、华北、陕北	豆科，灌木。高 <b>1~2 m</b> ，丛生。无明显主根，斜生侧根发达。有根瘤。生于固定沙地。怕盐碱，不耐水湿
紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	原产美国东部，我国东北、华北、西北多栽培	豆科，灌木。丛生，高 <b>1~4 m</b> ，根系发达，耐水湿，在低洼潮湿地上生长良好，在强盐渍化沙地也能生长

续说明表 9.3.3

名 称	分 布	特 性
山竹子 (山竹岩黄耆) <i>Hedysarum fruticosum</i>	东北西部、内蒙东部	豆科，灌木。高 0.5~1 m。水平根系发达，长 2~3 m，有根瘤。沙埋能生不定根，萌生丛状枝条。生于流动和半固定沙地，耐水湿和盐碱
黄 柳 <i>Salix gordejvii</i>	科尔沁沙地、浑善达克沙地及呼伦贝尔沙地	杨柳科，灌木。丛生，高 1~3 m。沙埋能生不定根，生长旺盛。水平根系伸展，长达 20 m，粗壮，强韧，须根交织，固沙能力强
沙 柳 (西北沙柳) <i>Salix psammophila</i>	以陕北和内蒙伊盟沙区较多，西北沙漠地区有栽培	杨柳科，灌木。高 2~4 m。生于丘间低湿地，沙埋后长在流动沙丘。在低湿滩地常形成片状柳湾林
多枝怪柳 <i>Tamarix ramosissima</i>	西北各沙漠地区	怪柳科，灌木。高 2~4 m。喜湿润，生于河漫滩及盐渍化沙地。能忍受一定的风蚀和干旱，常积沙成丘，丘高达数米至十数米。我国北方有怪柳属 10 余种，习性相近
乔木状沙拐枣 <i>Calligonum arborescens</i>	原分布苏联中亚沙漠地区，现宁夏中卫县沙坡头有种源	蓼科，灌木。耐干旱，水平根系发达，长达 30 m。寿命在 30 年以上
头状沙拐枣 <i>Calligonum caput-medusae</i>		
梭 梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	西北各沙漠地区	藜科，灌木或小乔木，高 3~5 m。垂直根发达，须根脆弱，不耐风蚀。常生于有地下水的盐渍化沙地
沙 枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i>	新疆沙漠地区各河流沿岸，甘肃弱水沿岸，西北沙区多有栽培	胡颓子科，乔木。根系粗壮，有粗大木质根瘤。枝叶茂密，防风作用好。耐盐碱，喜低湿沙地

续说明表 9.3.3

名 称	分 布	特 性
樟子松 <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	大兴安岭及呼伦贝尔沙地	松科，乔木。树高达 15~25 m，树冠稀疏。耐贫瘠，耐干旱，不耐水湿和盐碱
油 松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	东北、华北	松科，乔木。树高达 30 m，对水分和肥力要求不高，不耐水湿和盐碱
小叶杨 <i>Populus simonii</i>	东北、华北和西北沙区有栽培	杨柳科，乔木。树高达 15 m。杨属中的耐旱和耐贫瘠树种，但喜湿润肥沃
胡 杨 <i>Populus euphratica</i>	西北各沙漠沿河地区及绿洲	杨柳科，乔木。树高 10~20 m，耐轻盐碱，喜湿润沙地。可用根蘖或种子繁殖
旱 柳 <i>Salix matsudana</i>	毛乌素沙地，乌兰布和沙漠北部有栽培	杨柳科，乔木。树高 15 m。喜湿润，耐沙埋，适宜于丘间造林

**9.3.4** 造林密度大，能提早幼林郁闭，形成紧密结构；密度小，则林分条件差，防沙效果不好。因此，造林密度要适中，并注意水分平衡。

为使林带成为较稳定的林分，发挥其最大防风固沙效果，在树种搭配上，要乔、灌、草结合，确定混交比例和配置方式。

#### **9.3.5 造林技术措施**

**1** 根据立地条件，提出整地方式及注意事项：

**1)** 裸露的流沙上，一般不进行整地。当沙丘起伏较大，需引水灌溉时，可将沙丘整平。

**2)** 在中等植被及密实的沙地上进行穴状整地。

**3)** 在砾石戈壁上，要客土造林，即从株穴挖出砾（碎）石，再填入细沙。

**2** 造林方法：主要有植苗、插条和直播，应根据立地条件、树种特性及种子发芽率等确定。造林方式一般采用人工造林，有条件时可采取机械造林。

**3 造林季节：**根据当地气候条件，树种特性和不同季节、劳力情况，有所侧重地采用春、雨、秋季造林。

**4 种苗规格：**包括苗木的苗令、苗高、根系；种子发芽率；纯度；插条材料的条长、直径等。

**5 补植、抚育措施：**提出每年补植、抚育的次数、时间、内容及年限等。此外，必须有防止病虫、兽害的措施，并本着预防为主，积极消灭的方针。

**9.3.6 造林前，**根据沙丘活动程度，设置工程防护措施，稳定沙表，给苗木成活和生长创造条件，具体要求如下：

**1** 在裸露和弱植被流沙上设置沙障。

**2** 根据沙丘性质及风的状况选用沙障类型和规格。

**3** 沙障排列方向应与主风向垂直。

**9.3.7 我国包兰、干武等铁路沙漠造林，**是将高大沙丘整平，修筑干、支渠引水进行自然漫灌，这种灌溉方式，用水量大，费用高，有条件时，应改为暗管输水，采用自动控制的喷灌或滴灌。喷灌使用旋转式降水器，装置在管道上，利用压力进行喷洒；滴灌系通过安装在有压输水管道上的滴头，使水滴渗入沙中，起到湿润植物根部的一种灌溉方法。

**9.3.8 在造林的同时，**应采取封育措施，以促进林木生长和自然繁殖。

**1** 划定封育范围，其宽度根据需及具体情况而定，一般为林带宽度的1~2倍。

**2** 设置防护措施，在林带或封育区的外侧修筑土墙、深沟、栅栏、电围栏等，以防止人畜入内。

**3** 制定封禁条例，建立管护组织，向群众进行宣传教育，在封育区内，禁止放牧和樵采活动。

**附录 A 沙漠及戈壁类型**是根据中国科学院兰州沙漠研究所编著的《中国沙漠概论》（修订版）中有关内容编写的。

**A.0.1 沙漠分类因素中沙丘活动程度，**表明风沙危害性质及程度，直接影响沙害治理的难易和工程费用。除植被覆盖度外，尚

有下列因素，可作为划分的标志。

**1 风沙流活动程度及沙丘形态变化，可划分三级。**

**1) 风沙流活动显著：**沙丘形态变化主要依风力转移，不仅有明显的迎、背风坡，迎风坡平缓，背风坡陡峻，且丘体随风况变化。

**2) 有风沙流活动：**丘顶有明显的丘脊线及迎、背风坡，在风的作用下，丘脊线摆动，但整个丘体并不随风况变化。

**3) 风沙流活动不显著：**丘顶多呈浑圆状，没有明显的丘脊线，陡峻的背风坡仅个别出现。

**2 沙丘剖面分化，随沙丘固定程度增加，据其剖面状况可分为：**

**1) 未分化：**层间无差异（仅有干湿程度差别）。

**2) 分化不明显：**开始出现土壤层，丘表有薄层结皮。

**3) 分化明显：**有明显结皮层和腐殖层，沙层变紧，呈团块—弱块状结构。

**3 有机质含量：**随沙丘固定程度增加，表层有机质含量相应增加，我国沙漠分布面广，地带性差异大，同一类活动性沙丘，在不同地区，有机质含量不尽相同，但就收集到的资料统计，大多在 **0.1%~0.5%** 间。

将上述三种因素与植被覆盖度一并考虑，可对沙丘活动程度，作如下划分说明表 **A.0.1**。

**说明表 A.0.1 沙丘活动程度划分**

活动程度	特 征
流 动 的	植被稀疏，覆盖度小于 <b>15%</b> ，甚至丘表完全裸露。风沙流活动显著，形态变化主要依风力转移，剖面无分化特征
半固定的	植被覆盖度 <b>15%~40%</b> ，流沙呈斑点状分布。有风沙流活动。剖面分化不明显
固 定 的	植被覆盖度大于 <b>40%</b> ，表面风沙流活动不显著，剖面分化明显

沙丘形态特征：

**1 新月形沙丘及沙丘链。**

新月形沙丘因其平面图形似新月而得名。丘体中部宽厚，两翼尖小，两坡不对称，迎风坡凸而缓，背风坡凹而陡。在沙源丰富、风向稳定和发育年令稍长的条件下，新月形沙丘进一步演变为新月形沙丘链。沙丘的组合形式多样，但大多数是规则的，彼此平行，密集分布。

## 2 新月形沙垄及沙垄。

沙垄呈垄条状，比较平直，两坡较对称，顶部形同鱼脊。一般长十几米至几百米，甚至几千米，高 **5~30 m**。沙垄之间彼此平行，主要由两个以锐角相交的风相互作用所致，并沿着风的合力方向延伸。

新月形沙垄外形似鱼钩状，既具有新月形沙丘特点，也具有沙垄特点，其规模一般不大，长几十至几百米，高 **3~10 m**。它是由两个风向交角小于 **45°** 的风力作用形成。

## 3 格状沙丘链。

在两个风向近乎垂直的作用下形成，主风形成的沙丘链（主梁）高 **10~30 m**，与主风垂直的次风在沙丘链之间形成的沙埂（副梁）高约数米。主副梁纵横交错，平面形态呈格子状。

## 4 鱼鳞状沙丘。

为一群大小近似的新月形沙丘，彼此紧密相连在一起，尤以前后相连更为紧凑，貌似鱼鳞状，丘间地很不明显，高度一般为 **10~30 m**。

## 5 星状沙丘（金字塔沙丘）。

丘体呈角锥状，具有尖的丘顶，狭窄的棱脊线和三角形的斜面（坡度一般 **25°~30°**）。棱脊线从丘顶向四周放射，一般 **3~4** 条，斜面上无次一级沙丘覆盖，高度一般 **50~80 m**。

## 6 复合型沙丘及沙丘链。

复合型沙丘是在沙丘的迎风坡上，层层叠置着许多次一级的新月形沙丘链的高大沙丘，高度 **30~50 m**，两坡不对称。由许多复合型沙丘横向连接，形成复合型沙丘链。

## 7 复合型沙垄。



走向与主风向相平行或成  $30^{\circ}$  以下的交角，垄体平直，两坡微具不对称，坡面上覆盖许多叠置的新月形沙丘链，沙垄长达  $10\sim 20\text{ km}$ ，垄高  $50\sim 80\text{ m}$ ，垄间地分布有矮小的沙垄或沙丘链。

### 8 复合型穹状沙丘。

形似馒头状，不规则。丘体上叠置有密集的沙丘链，一般呈个体分布。丘体的长度和宽度大致相等，约  $200\sim 500\text{ m}$ ，高  $30\sim 50\text{ m}$ 。

### 9 缓起伏沙地与平沙地。

地面起伏在  $1\text{ m}$  左右的沙质地表。植被覆盖度  $20\%$  左右者为缓起伏沙地。植被覆盖度大于  $40\%$  者为平沙地。

### 10 灌丛沙丘与草灌丛沙堆。

平面形状为圆形或椭圆形，侧视似堆状，不规则，大小不一，一般高  $2\sim 5\text{ m}$ ，也有高达  $10\sim 20\text{ m}$  者，多发育在水分条件较好的地区。植被主要是各种灌木和草丛。半固定的称为灌丛沙丘，固定的称草灌丛沙堆。

### 11 抛物线状沙丘。

形态特征与新月形沙丘相反，既两翼尖指向上风方向，迎风坡平缓而凹进，背风坡陡而呈弧形凸出。平面形状似抛物线，其形成与植物关系很大。

### 12 梁窝状沙丘。

具有弯曲的沙梁，在沙梁两侧发育有凹下的沙窝，共同构成梁窝状形态，沙梁高度一般小于  $10\text{ m}$ ，长数十米。其成因，一种是新月形沙丘及沙丘链为植被覆盖后逐渐形成，一种是植被退化或破坏后，风蚀作用形成的。

### 13 蜂窝状沙丘。

由一群四周高、中间低的圆形或椭圆形沙窝组成，形似蜂窝。其低处长有植物，高处为裸露的沙梁，高度  $5\sim 20\text{ m}$ 。

风蚀地貌形态特征：

#### 1 风蚀洼地。

松散物质组成的地面经风蚀形成。洼地宽广而轮廓不明显，多呈椭圆形，成行分布，并沿主风向伸展。有时呈巨大圈椅状，下凹很深，洼地背风坡陡，达  $30^{\circ}$  以上。

### 2 风蚀残丘。

岩石或半胶结物质组成的地面，经风化作用、暂时性流水冲刷和风蚀作用，原始地面不断破坏缩小，最后残留的一些孤立小丘。

### 3 雅丹。

未胶结、较松散的土状堆积物，经风化作用、暂时性流水冲刷和风蚀作用，形成与主风向平行的、长条形排列的风蚀土墩和风蚀凹地（沟槽）的地貌组合。

## A.0.2 戈壁特征

### 1 剥蚀戈壁。

基岩经长期剥蚀风化作用，表面形成残积物和坡积物，组成物质以碎石为主，呈棱角状，直径一般  $5\sim 10\text{ cm}$ ，成分与当地基岩一致。碎石层厚一般不足  $1\text{ m}$ ，其表面常有盐分聚积。

### 2 堆积戈壁。

山地风化物经洪积及洪积—冲积形成的山前平原，地表天然坡度一般  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，越近山麓，坡度越大。组成物质以砾石为主，直径一般  $1\sim 5\text{ cm}$ 。

(京)新登字 063 号

中华人民共和国行业标准  
**铁路工程地质风沙勘测规则**  
**TB 10053—98**

\*

中国铁道出版社出版发行  
(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)  
北京兴顺印刷厂印

开本, 850×1168 1/32 印张, 2 字数, 46 千字  
1998 年 6 月第 1 版 第 1 次印刷  
印数, 1—2000

---

统一书号, 15113·1123 定价, 7.20 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。