

本书原名《Железные дороги в песчаных пустынях. Проектирование, сооружение земляного полотна и эксплуатация пути》，为苏联塔什干铁路运输工程学院副教授查基罗夫（Р.С.Закиров）所著，苏联交通出版社（ТРАНСПОРТ）1980年出版。

书中首次综合论述流沙地区铁路设计、施工和防止沙埋、风蚀的原理；风沙移动规律及按气象观测资料计算沙子迁移量的方法；预防沙埋的新理论；防护设施及其参数的选择、设计和使用；积沙地区的养路特点。

列举苏联国外的线路防沙经验。所提出的建议还适用于公路的设计、施工和运营，水利工程建筑和沙漠的开发。

本书可供铁路设计和施工人员，线路管理的工程技术人员参考。

本书之第一、五、六章及前言由钟采元同志翻译，第二、三、四、七章及附录由裴章勤同志翻译。全书由北京工业学院外语教研室桂济世副教授校对，并经马宗龙、阳昌秀、邹受益、朱朝阳、钟喜顺等同志分别对各章节作了专业技术校对。最后经本所所长黄小铭，副所长王朱贵审批出版。

沙漠铁

著者：Р.С.查基罗夫

译者：裴章勤 钟采元

出版者：~~铁道部材料研究院~~西北研究所

校对：桂济世

印刷者：铁道部第一勘测设计院文整工厂

一九八四年

前 言

流沙地区（沙漠和半沙漠等等）的铁路建筑和运营，需要耗费大量的资金和劳动力，以保证行车安全和运输畅通。这是由于这种铁路的一些区段不断受到积沙和路基土被风蚀的威胁所致。在沙漠和半沙漠的条件下，预防这些现象并对它进行有效的防护，是一个重要的国民经济课题。铁路的正常运营，有赖于这一课题的正确解决。

防治积沙和路基风蚀的研究始于1880年，并与中亚细亚铁路（以前的内里海铁路）建筑有关。这是世界上在流沙地区进行铁路勘测和施工的最早的经验。

当时还不掌握沙丘移动的规律性和对之进行合理的防治方法。流沙会造成令人难以置信的巨大困难。筑路人员曾向俄罗斯地理协会建议，希望对铁路穿越的沙漠组织调查——研究沙子的性质，流动特点，确定对铁路可能造成的危害及预防积沙和风蚀的措施。俄罗斯地理协会于1886—1888年对沙漠进行了考查。考查工作由В. А. 奥布鲁切夫领导。他提出沿未来的铁路线的两侧建立植被，以防止路基被破坏和积沙。他的建议确定了铁路防沙、路基土防风蚀的方法和设施的基本发展方向。

在裸露的沙漠地区用当地植物建立植被的系统工作，是由林学家В. А. 帕列茨基（Палецкий）开始的。1896年冬，他开始了世界上最早的铁路固沙工作〔49〕，并于同年在法拉布车站附近建立了第一个沙漠地区不需灌溉的苗圃。

在固沙植物不能生长的地方，为了建立防护堤，沿路基设置了显露式沙障。那时，沙障和防护林只布置在铁路用地的狭窄地带。

伟大的十月社会主义革命以前，不可能划出足够宽阔的铁路用地，因为土地归私人所有，而且地价很高〔85〕。这就阻碍了铁路防沙新方法的发展。固沙必须加宽铁路用地。林业学家B. A. 帕列茨基和A. A. 霍札耶夫对此曾在理论上作了说明〔48, 85〕，然而这个问题未曾得到解决。

在制定铁路防沙方法的同时，积累了气象观测资料。1881年线路管理工程师第一次代表大会决定在俄罗斯的铁路上进行系统的气象观测。B. A. 帕列茨基〔48、49〕是研究风沙移动一般规律的创始人。他的观测取得了一定的结果，有助于解决林业方面的实际问题；但主要的是有助于根据风信资料解决铁路防沙的问题。

俄国在沙漠铁路建筑方面的领先地位，已得到国外的公认。外里海铁路的建筑经验，曾经为法国专家在设计撒哈拉沙漠铁路时所利用〔57〕。

1899年编制了铁路干线的设计和施工技术规程，其中部分地考虑了沙漠条件下的设计经验。

1902—1903年在西哈萨克斯坦铁路（以前的爱伦堡——塔什干铁路）和1904—1905年在伏尔加铁路（以前的梁赞——乌拉尔铁路阿斯特拉罕线）上的建筑人员也曾坚持对风沙的防治。

伟大的十月社会主义革命以后，在苏联开始了紧张的铁路建设。1921年苏联政府公布了关于道路防雪的专门规定。据此，人民交通委员会颁发了关于在共和国的交通线上营造

灌木防护林的命令。在得到国家支持后，更广泛地开展了植物固沙工作。人民交通委员会将有关资料加以系统整理和总结以后，于1923年编制了关于养路领工员路基防沙的第一个细则〔50〕。该细则的基本论点目前仍具有现实意义，而且是铁路现行防沙规范的依据〔59〕。

十月革命以后的时期，沙漠铁路的建筑已经有了科学的基础。在阿拉木图铁路（目前的土尔克斯坦——西伯利亚干线）施工期间，人民交通委员会于1927年召开了中亚细亚铁路、伏尔加铁路和阿塞拜疆铁路（以前的外高加索铁路）的代表会议，总结了防沙的经验。铁路防沙得到了普遍推广，并且获得了重大的成就。苏联的B. A. 帕列茨基、〔48—50〕、A. A 霍札也夫〔85〕、B. H. 哲维斯基〔8〕Д. И. 彼斯维阿尼德泽〔51、52〕及其他专家〔59、61、62〕实际上解决了植物固沙的问题，从而保证了沙漠铁路的正常运营。1943年苏联交通部在法拉布——B. A. 帕列茨基最初进行试验的地方建立了试验站，并用新方法防治流沙。

60——70年代，在沙漠和半沙漠地区紧张地修建了下列铁路：古里耶夫——阿斯特拉罕，马卡特——曼格什拉克——乌赞，昆格勒——贝内乌及其它铁路。这个时期的特点是铁路运输技术革新多，行车繁忙。经验证明，虽然由于繁重的土方工程机械化，筑路已方便得多，但防止积沙和路基土防风蚀的工程仍是很困难的工作。线路防沙工作的机械化程度不高，各设计院尚无关于流沙地区铁路路基设计的特别规程〔70〕，而线路管理人员也无铁路防沙的工作细则。进一步改进线路防沙的方法和设施，仍是迫切的问题。经验证

明，线路两侧的可靠防护是防止积沙的基础，是保证沙漠铁路运输畅通及减少铁路上部建筑和车辆构件损磨的最合理的方法。

为了总结和推广所积累的经验并确定以后的工作任务，交通部科学技术会议和运输工程部技术会议，讨论了盐渍土和流沙地区铁路和公路路基的设计、施工和运营等问题。会议提出〔70〕编制关于沙漠铁路路基的设计、施工及机械化线路清沙的专门规程（必须制造专用的机械）。会议认为必须研究预测流沙和路基风蚀的科学原理。

在解决铁路设计、施工及线路防沙的实际问题方面，各个科学研究所，设计院以及施工单位的工作人员作出了重大的贡献。

从1972——1977年期间出版的标准技术文件有：《铁路和公路路基设计规程》（CH449——72）〔80〕，《苏联铁路沿线防护林带的勘测和设计技术规程》〔77〕，《铁路路基施工技术规程》（BCH186——75）〔76〕，《建筑标准和规范》（CHиП III—38—75）〔72〕，以及《建筑标准和规范》（CHиП II—39—76），《1520米轨距的铁路，设计标准》〔73〕。在这些文件中都有关于流沙地区铁路路基设计和施工的专门章节。这些文件在解决沙漠地区国民经济开发所必需的铁路网建筑和发展的问题方面，向前迈进了一大步。

作者对提出批评意见和建议的书评家与编辑，对所有给本书提供编写资料的同志们表示感谢。

本书原名《Железные дороги в песчаных пустынях. Проектирование, сооружение земляного полотна и эксплуатация пути》，为苏联塔什干铁路运输工程学院副教授查基罗夫（Р.С.Закиров）所著，苏联交通出版社（ТРАНСПОРТ）1980年出版。

书中首次综合论述流沙地区铁路设计、施工和防止沙埋、风蚀的原理；风沙移动规律及按气象观测资料计算沙子迁移量的方法；预防沙埋的新理论；防护设施及其参数的选择、设计和使用；积沙地区的养路特点。

列举苏联国外的线路防沙经验。所提出的建议还适用于公路的设计、施工和运营，水利工程建筑和沙漠的开发。

本书可供铁路设计和施工人员，线路管理的工程技术人员参考。

本书之第一、五、六章及前言由钟采元同志翻译，第二、三、四、七章及附录由裴章勤同志翻译。全书由北京工业学院外语教研室桂济世副教授校对，并经马宗龙、阳昌秀、邹受益、朱朝阳、钟喜顺等同志分别对各章节作了专业技术校对。最后经本所所长黄小铭，副所长王朱贵审批出版。

沙漠铁

著 者：Р.С.查基罗夫

译 者：裴章勤 钟采元

出版者：~~铁道部科学研究院~~西北研究所

校 对：桂 济 世

印刷者：铁道部第一勘测设计院文整工厂

一九八四年

目 录

前言	(3)
第一章 流沙及其对运输工作的影响	(7)
1、流沙地区	(7)
2、铁路通过的沙漠地区	(10)
3、中亚与哈萨克斯坦沙漠地区的气象条件	(28)
4、流沙的组分和性质	(34)
5、流沙对运输工作的影响	(50)
第二章 沙子迁移的基本规律	(54)
6、影响沙子运动和堆积的因素	(54)
7、沙子的运动规律	(60)
8、风沙地貌的形成和分类	(69)
9、新月形沙丘和沙丘链的移动	(85)
10、确定沙子迁移量的解析方法	(92)
第三章 铁路防沙	(106)
11、铁路防沙方法和设施的分析	(106)
12、铁路防沙的综合措施	(123)
13、固沙造林的机械化施工	(144)
14、铁路防沙方法和设施的选择	(150)
15、路基防风蚀	(170)
第四章 沙漠铁路的选线和平面、 纵断面的设计特点	(174)
16、地形、地貌对于沙子迁移、 沉落和吹蚀的影响	(174)
17、沙漠铁路的选线和勘测特点	(180)

18、路基结构·····	(188)
19、分界点的平面和纵断面的设计特点·····	(194)
第五章 路基的修筑·····	(196)
20、铁路施工组织·····	(196)
21、修筑路基的机械化方法和设备·····	(202)
22、路基加固·····	(205)
23、通往粘土采掘场的临时公 路的修筑特点·····	(215)
第六章 积沙区段线路经常维修的特点·····	(217)
24、影响线路经常维修的因素·····	(217)
25、中亚细亚和哈萨克斯坦境内积 沙区段的经常维修·····	(220)
26、积沙区段预防性的经常维修作业·····	(222)
27、线路清沙作业的组织·····	(232)
28、防护林和机械防护设施的养护与 维修作业的组成和作业量·····	(234)
29、确定抽换钢轨的线路积沙量的计算·····	(240)
第七章 工程建筑物的设计、施工和防沙·····	(244)
30、居民点的规划与建筑的基本原则·····	(244)
31、电缆和输水管路的铺设及防止风 蚀和沙埋的措施·····	(248)
32、通讯线路和输电线支柱防止沙埋 和风蚀的方法·····	(252)
附 录·····	(258)

目 录

前言	(3)
第一章 流沙及其对运输工作的影响	(7)
1、流沙地区	(7)
2、铁路通过的沙漠地区	(10)
3、中亚与哈萨克斯坦沙漠地区的气象条件	(28)
4、流沙的组分和性质	(34)
5、流沙对运输工作的影响	(50)
第二章 沙子迁移的基本规律	(54)
6、影响沙子运动和堆积的因素	(54)
7、沙子的运动规律	(60)
8、风沙地貌的形成和分类	(69)
9、新月形沙丘和沙丘链的移动	(85)
10、确定沙子迁移量的解析方法	(92)
第三章 铁路防沙	(106)
11、铁路防沙方法和设施的分析	(106)
12、铁路防沙的综合措施	(123)
13、固沙造林的机械化施工	(144)
14、铁路防沙方法和设施的选择	(150)
15、路基防风蚀	(170)
第四章 沙漠铁路的选线和平面、 纵断面的设计特点	(174)
16、地形、地貌对于沙子迁移、 沉落和吹蚀的影响	(174)
17、沙漠铁路的选线和勘测特点	(180)

18、路基结构·····	(188)
19、分界点的平面和纵断面的设计特点·····	(194)
第五章 路基的修筑 ·····	(196)
20、铁路施工组织·····	(196)
21、修筑路基的机械化方法和设备·····	(202)
22、路基加固·····	(205)
23、通往粘土采掘场的临时公 路的修筑特点·····	(215)
第六章 积沙区段线路经常维修的特点 ·····	(217)
24、影响线路经常维修的因素·····	(217)
25、中亚细亚和哈萨克斯坦境内积 沙区段的经常维修·····	(220)
26、积沙区段预防性的经常维修作业·····	(222)
27、线路清沙作业的组织·····	(232)
28、防护林和机械防护设施的养护与 维修作业的组成和作业量·····	(234)
29、确定抽换钢轨的线路积沙量的计算·····	(240)
第七章 工程建筑物的设计、施工和防沙 ·····	(244)
30、居民点的规划与建筑的基本原则·····	(244)
31、电缆和输水管路的铺设及防止风 蚀和沙埋的措施·····	(248)
32、通讯线路和输电线支柱防止沙埋 和风蚀的方法·····	(252)
附 录·····	(258)

前 言

流沙地区（沙漠和半沙漠等等）的铁路建筑和运营，需要耗费大量的资金和劳动力，以保证行车安全和运输畅通。这是由于这种铁路的一些区段不断受到积沙和路基土被风蚀的威胁所致。在沙漠和半沙漠的条件下，预防这些现象并对它进行有效的防护，是一个重要的国民经济课题。铁路的正常运营，有赖于这一课题的正确解决。

防治积沙和路基风蚀的研究始于1880年，并与中亚细亚铁路（以前的内里海铁路）建筑有关。这是世界上在流沙地区进行铁路勘测和施工的最早的经验。

当时还不掌握沙丘移动的规律性和对之进行合理的防治方法。流沙会造成令人难以置信的巨大困难。筑路人员曾向俄罗斯地理协会建议，希望对铁路穿越的沙漠组织调查——研究沙子的性质，流动特点，确定对铁路可能造成的危害及预防积沙和风蚀的措施。俄罗斯地理协会于1886—1888年对沙漠进行了考查。考查工作由В. А. 奥布鲁切夫领导。他提出沿未来的铁路线的两侧建立植被，以防止路基被破坏和积沙。他的建议确定了铁路防沙、路基土防风蚀的方法和设施的基本发展方向。

在裸露的沙漠地区用当地植物建立植被的系统工作，是由林学家В. А. 帕列茨基（Палецкий）开始的。1896年冬，他开始了世界上最早的铁路固沙工作〔49〕，并于同年在法拉布车站附近建立了第一个沙漠地区不需灌溉的苗圃。

在固沙植物不能生长的地方，为了建立防护堤，沿路基设置了显露式沙障。那时，沙障和防护林只布置在铁路用地的狭窄地带。

伟大的十月社会主义革命以前，不可能划出足够宽阔的铁路用地，因为土地归私人所有，而且地价很高〔85〕。这就阻碍了铁路防沙新方法的发展。固沙必须加宽铁路用地。林业学家B. A. 帕列茨基和A. A. 霍札耶夫对此曾在理论上作了说明〔48, 85〕，然而这个问题未曾得到解决。

在制定铁路防沙方法的同时，积累了气象观测资料。1881年线路管理工程师第一次代表大会决定在俄罗斯的铁路上进行系统的气象观测。B. A. 帕列茨基〔48、49〕是研究风沙移动一般规律的创始人。他的观测取得了一定的结果，有助于解决林业方面的实际问题；但主要的是有助于根据风信资料解决铁路防沙的问题。

俄国在沙漠铁路建筑方面的领先地位，已得到国外的公认。外里海铁路的建筑经验，曾经为法国专家在设计撒哈拉沙漠铁路时所利用〔57〕。

1899年编制了铁路干线的设计和施工技术规程，其中部分地考虑了沙漠条件下的设计经验。

1902—1903年在西哈萨克斯坦铁路（以前的爱伦堡——塔什干铁路）和1904—1905年在伏尔加铁路（以前的梁赞——乌拉尔铁路阿斯特拉罕线）上的建筑人员也曾坚持对风沙的防治。

伟大的十月社会主义革命以后，在苏联开始了紧张的铁路建设。1921年苏联政府公布了关于道路防雪的专门规定。据此，人民交通委员会颁发了关于在共和国的交通线上营造

灌木防护林的命令。在得到国家支持后，更广泛地开展了植物固沙工作。人民交通委员会将有关资料加以系统整理和总结以后，于1923年编制了关于养路领工员路基防沙的第一个细则〔50〕。该细则的基本论点目前仍具有现实意义，而且是铁路现行防沙规范的依据〔59〕。

十月革命以后的时期，沙漠铁路的建筑已经有了科学的基础。在阿拉木图铁路（目前的土尔克斯坦——西伯利亚干线）施工期间，人民交通委员会于1927年召开了中亚细亚铁路、伏尔加铁路和阿塞拜疆铁路（以前的外高加索铁路）的代表会议，总结了防沙的经验。铁路防沙得到了普遍推广，并且获得了重大的成就。苏联的B. A. 帕列茨基、〔48—50〕、A. A 霍札也夫〔85〕、B. H. 哲维斯基〔8〕Д. И. 彼斯维阿尼德泽〔51、52〕及其他专家〔59、61、62〕实际上解决了植物固沙的问题，从而保证了沙漠铁路的正常运营。1943年苏联交通部在法拉布——B. A. 帕列茨基最初进行试验的地方建立了试验站，并用新方法防治流沙。

60——70年代，在沙漠和半沙漠地区紧张地修建了下列铁路：古里耶夫——阿斯特拉罕，马卡特——曼格什拉克——乌赞，昆格勒——贝内乌及其它铁路。这个时期的特点是铁路运输技术革新多，行车繁忙。经验证明，虽然由于繁重的土方工程机械化，筑路已方便得多，但防止积沙和路基土防风蚀的工程仍是很困难的工作。线路防沙工作的机械化程度不高，各设计院尚无关于流沙地区铁路路基设计的特别规程〔70〕，而线路管理人员也无铁路防沙的工作细则。进一步改进线路防沙的方法和设施，仍是迫切的问题。经验证

明，线路两侧的可靠防护是防止积沙的基础，是保证沙漠铁路运输畅通及减少铁路上部建筑和车辆构件损磨的最合理的方法。

为了总结和推广所积累的经验并确定以后的工作任务，交通部科学技术会议和运输工程部技术会议，讨论了盐渍土和流沙地区铁路和公路路基的设计、施工和运营等问题。会议提出〔70〕编制关于沙漠铁路路基的设计、施工及机械化线路清沙的专门规程（必须制造专用的机械）。会议认为必须研究预测流沙和路基风蚀的科学原理。

在解决铁路设计、施工及线路防沙的实际问题方面，各个科学研究所，设计院以及施工单位的工作人员作出了重大的贡献。

从1972——1977年期间出版的标准技术文件有：《铁路和公路路基设计规程》（CH449——72）〔80〕，《苏联铁路沿线防护林带的勘测和设计技术规程》〔77〕，《铁路路基施工技术规程》（BCH186——75）〔76〕，《建筑标准和规范》（CHиП III—38—75）〔72〕，以及《建筑标准和规范》（CHиП II—39—76），《1520米轨距的铁路，设计标准》〔73〕。在这些文件中都有关于流沙地区铁路路基设计和施工的专门章节。这些文件在解决沙漠地区国民经济开发所必需的铁路网建筑和发展的问题方面，向前迈进了一大步。

作者对提出批评意见和建议的书评家与编辑，对所有给本书提供编写资料的同志们表示感谢。



第一章 流沙及其对运输工作的影响

1、流沙地区

沙漠面积 在苏联沙漠的面积约为100万平方公里，即超过全国领土的4%，而流沙占沙漠总面积的12—15%〔53、54〕。各个沙漠的分布面积如下：卡拉库姆沙漠——35万平方公里，克齐尔库姆沙漠——20.5万平方公里，巴尔喀什湖沿岸沙漠——0.73万平方公里，普里楚依（穆云库姆）沙漠——5.7万平方公里，咸海卡拉库姆沙漠——4万平方公里，下伏尔加沙漠——3万平方公里，乌拉尔恩贝沙漠、大巴尔苏基和小巴尔苏基沙漠——1.5万平方公里，捷克斯克库姆沙漠——1万平方公里，德聂伯河沿岸沙漠——0.3万平方公里，顿河沿岸沙漠——0.7万平方公里。

流沙主要分布在里海沿岸和中亚细亚地区。中亚细亚和哈萨克斯坦的沙漠约占1.48万平方公里，约为苏联国土的0.7%（表1）。

表1 中亚细亚和哈萨克斯坦的沙漠面积

共 和 国	共和国面积 (百万平方公里)	沙漠面积 (百万平方公里)		
		各种类型	沙 类	石膏类 粘土类 盐沼地
乌兹别克共和国 (包括卡拉卡尔 巴克自治共和国)	0.449	0.250/70※	0.107/30	0.143/40
土库曼共和国	0.488	0.387/88	0.260/59	0.127/29
塔吉克共和国	0.143	0.025/37	0.005/8	0.020/29
吉尔吉斯共和国	0.198	0.070/56	—	0.070/56
哈萨克共和国	2.715	※※ 0.747/27	0.246/9	0.501/18
总 计	3.994	1.479/41	0.618/17	0.861/24

※分母—%

※※包括半沙漠