

铁路防风治沙工程的规划设计

蒋富强^{1,2}, 王锡来¹

(1. 中铁西北科学研究院有限公司, 兰州 730000; 2. 兰州交通大学, 兰州 730070)

[摘要] 结合国家西部大开发的有关方针政策, 论述了在新形势下铁路防风治沙工程规划设计的新型指导思想; 从人与自然和谐发展角度, 对铁路防风治沙工程的规划设计提出了几点合理化建议; 对目前规划设计中存在的固沙防火带宽度和沙障立柱埋深计算问题, 从理论上进行了探讨并提出了解决方案。对于新形势下的铁路防风治沙工程具有一定的指导意义和现实意义。

[关键词] 铁路; 防风治沙; 规划设计

[中图分类号] F530.1; U213.1⁺54 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742 (2007) 05-0007-04

1 引言

据《中国荒漠化报告》显示, 中国荒漠化土地主要分布在新疆、内蒙古、甘肃、青海、陕西、宁夏、河北、山西、西藏等9个省(区), 占全国荒漠化土地总面积的99.3%。在某种意义上, 治理土地荒漠化是成功实施西部大开发战略必须逾越的一道屏障。中国荒漠化土地面积为 $262.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土总面积的27.3%。其中, 风蚀荒漠化土地 $160.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 水蚀荒漠化土地 $20.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 冻融荒漠化土地 $36.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 盐渍化土地 $23.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其他原因造成的荒漠化土地 $21.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。草地的不断沙化是中国土地荒漠化的最主要形式^[1]。

截至2003年底, 中国铁路营运里程71 898 km, 居亚洲第一位。其中甘肃、青海、陕西、宁夏、新疆五省区及内蒙古西部, 面积 $344.0 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全国的36%。该地区经济基础薄弱, 属经济不发达地区, 交通基础设施比较落后。铁路营运里程9 855 km, 占全国铁路营运里程的13.7%, 其中荒漠化铁路在6 000 km左右, 是中国铁路唯一未成网的地区。根据国务院通过的《中长期铁路网规

划》要求, 未来20年内要完善西部路网布局 and 加快西部开发性新线建设。“以扩大西部路网规模为主, 形成西部铁路网骨架, 完善中东部铁路网结构, 提高对地区经济发展的适应能力。规划建设新线约 $1.6 \times 10^4 \text{ km}$ 。形成西北、西南进出境国际铁路通道, 西北至华北新通道, 西北至西南新通道, 新疆至青海、西藏的便捷通道。完善西部地区和中东部铁路网络”。

国家林业局在国务院新闻办举行的记者招待会上指出, 我国沙化防治工作形势仍很严峻, 加强防沙治沙的决心不能动摇, 扶持防沙治沙的力度不能减弱, 强化防沙治沙的各项措施不能松懈。铁路防风治沙工作作为全国防沙工作中的重要一环, 随着中国经济的发展, 以科学发展观为指导, 全面、协调和可持续发展的思路来统领铁路防风治沙事业就显得尤为重要^[2]。

2 铁路防风治沙工程规划设计的新型指导思想

2.1 坚持人与自然和谐发展的新型指导思想

多少年来, 防风治沙工程规划设计的唯一目标就是保障铁路的畅通, 为运输生产服务。随着经济

[收稿日期] 2006-04-13; 修回日期 2006-11-27

[作者简介] 蒋富强 (1970-), 男, 甘肃镇原县人, 中铁西北科学研究院高级工程师, 主要从事铁路路基边坡病害整治设计、科研, 沙漠铁路科研、防护设计, 铁路施工监理及青藏铁路的科研攻关。e-mail: Jfq.12@126.com

的发展,人民生活水平的提高,国家经济实力的增强,人们越来越关心诸如土地沙化、沙尘暴、防风治沙工程与周围景观协调等环境问题,国家适时地提出了科学发展观的理论,人与自然和谐发展作为防风治沙工程规划设计中必须要坚持的指导思想。

人与自然和谐发展就是要走可持续发展的路子,要走循环经济的路子,要走防风治沙与沙漠产业开发相结合的路子,要走与地方共建铁路的路子。铁路防风治沙工程规划设计的观念要根据新型指导思想进行转变。

线路选线中第一条原则就是要求线路绕避严重风沙地区,传统作法是线路尽量从绿洲中心穿过,占用大量的农田。铁路建设是基础设施建设中的重要组成部分,作为拉动国民经济发展的重要举措,不但承担着构建路网骨架、改善交通的作用,而且还承担着拉动当地国民经济发展的作用。在西部大开发中,交通方面的基础设施建设投资是国家在西部大开发中的重要举措,如何用好政策、促进西部发展是铁路防风治沙工程规划设计的基本出发点。因此,在今后的铁路选线中应尽量不从绿洲中心穿过,少占农田,要创造条件从沙漠中穿过;应该以地下水位的高低或者适宜于开发的地方作为首选。

防风治沙工程的规划设计目标不但要保证铁路运输畅通,而且更应该考虑防沙工程如何与沙产业开发相结合,以人为本,以铁路企业和地方经济发展双赢为目标,走循环经济的路子。“凡有沙漠形成的地方,必有高大的山系、高原围绕,沙漠区域均在它的背风坡(海岸沙漠并非全然如此),并具有强烈的下沉气流作用,这三个条件是沙漠形成的充分条件”^[3]。因此,从地形地貌及地质构造上来看,大多数沙漠地区地下水位均很高,有条件营造林带及地表植被,适宜于规划设计绿色防护工程体系。所有的防沙工程的目的是消耗空气运动能量,降低风沙运动速度,净化风沙流,使线路不要处于风沙的堆积区。所以在铁路防风治沙工程规划设计中应坚持工程机械防沙必须与植物防护结合、后期必须是以植物防护为主的指导思想。从植物防沙工程设计的小地形环境来看,风蚀区应营造林带,通过合理的设计在适当的空旷地带创造条件进行沙产业开发,达到生态开发与环境保护相协调。使得当地村民通过维护防沙林带,既能保证地表植被的持续生长,保护铁路运输畅通,又能通过铁路防沙林带工程建设创造的条件进行种植业及其他沙产业的

开发,大幅度地增加收入。多安排农民就业,帮助农民致富,减少铁路部门后期在铁路防沙工作中的投资,这一条应该作为铁路建设竣工后国民经济评价的重要指标。达到通过一条铁路的修建带动一方经济,造富一方百姓,铁路将成为穿越沙漠的一条绿色长廊的宏伟目标。

2.2 坚持依法防风治沙的新型指导思想

《联合国防治荒漠化公约》是国际社会为落实里约热内卢环境与发展大会精神而采取的重大行动。我国是《公约》的缔约国之一,认真履行《公约》是我们的责任和义务。党的十一届三中全会以来,国家在生态建设方面的立法工作取得了很大成绩,相继出台了《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国草原法》和《中华人民共和国防沙治沙法》等一系列法律法规。2005年国务院审议通过的《全国防沙治沙规划(2005—2010年)》,出台的《关于加快林业发展的决定》,又是建设社会主义和谐社会的重要举措。实施了六大林业重点工程,投入巨资进行生态建设,防沙治沙迎来了前所未有的发展机遇。我们一定要紧紧抓住并切实把握这一战略机遇期,用足、用活、用好中央的各项政策和措施,加速推进铁路防沙治沙的跨越式发展^[4]。

解读以上的政策、法规可以得到以下信息,供铁路防沙规划设计参考。

2.2.1 国家高度重视,各部门分工负责 《中华人民共和国防沙治沙法》^[4]规定防沙治沙的责任主体是地方各级人民政府,防沙治沙已经纳入国民经济和社会发展规划,列入重要议事日程;并建立健全了地方各级行政领导任期防沙治沙目标责任制,实行防沙治沙任期目标责任考核奖惩制度,守土有责、优土受奖、毁土受罚。同时防沙治沙是一项涉及多部门、多行业、多学科的综合系统工程。《中华人民共和国防沙治沙法》对国务院各有关部门在防沙治沙中的职责和分工做了明确规定,各司其职,各负其责。

2.2.2 政策倾斜,重视科技 《中华人民共和国防沙治沙法》^[4]规定:在沙化地土地范围内的铁路,铁路部门为防风治沙的责任单位。在安排扶贫、农业、水利、道路、矿产、能源、农业综合开发等项目时,应当根据具体情况,设立若干防沙治沙子项目。使用已经沙化的国有土地从事治沙活动的单位或个人,依法享有不超过七十年的土地使用权。国

家支持防沙治沙的科学研究和技术推广工作，发挥科研部门、机构在防沙治沙工作中的作用。在防沙治沙工作中做出显著成绩的单位和个人，由人民政府给予表彰和奖励；对保护和改善生态质量做出贡献的，应当给予重奖。

2.2.3 保障投资，税收优惠 县级以上地方人民政府应当按照国家有关规定，根据防沙治沙的面积和难易程度，给予从事防沙治沙活动的单位或个人资金补助、财政贴息以及税费减免等政策优惠。单位或个人投资进行防沙治沙的，在投资阶段免征各种税收；如果因保护生态的特殊要求，将治理后的土地批准划为自然保护区或者沙化土地封禁保护区的，批准机关应当给予治理者合理的经济补偿。国家根据防沙治沙的需要，组织设立防沙治沙重点科研项目 and 示范、推广项目，并对防沙治沙、沙区能源、沙生经济作物、节水灌溉、防止草原退化、沙地旱作农业等方面的科学研究与技术推广给予资金补助、税费减免等政策优惠。

2.3 大力推广防风治沙的新技术和新材料

锦纶网作为最近几年在防沙中使用的新型材料受到越来越多的重视，作为消能工程的防沙工程，锦纶网具有其他防沙工程无可比拟的优点，它能使风沙流部分减弱通过，而且还能有少部分进行折射消能，降低了风速，风沙流减速通过后，携沙沉降，净化了风沙流。通过锦纶网的设置，改变了地表的蚀积状态，在锦纶网前 $5h$ (h 为锦纶网的高度) 后 $10h$ 范围内均为风积区，地表不需要进行固沙，大量节省了防沙成本。

1999年底王锡来等在兰新铁路哈密以西的二堡工区先行进行了锦纶网栅栏的阻截流沙的试验，立柱采用混凝土轨枕，栅栏的高度 1.6 m ，孔隙度为 53% ，丝径 0.5 mm 、孔径 1.314 mm 。经过多次量测并把积沙量与高度拟合为如下数据：障前长度 5.0 m ，高度 0.5 m ，积沙量 5.0 m^3 ；障后长度 5.2 m ，高度 0.75 m ，积沙量 9.0 m^3 ；总积沙量 14.0 m^3 。

锦纶网除了防风治沙效益非常好之外，还具有以下优点：

1) 施工简便。锦纶网栅栏的施工程序简便，缩短了工期，锦纶网可以规模化、工厂化生产，易于选定规格尺寸。简化了像木条、竹枝、树枝、芦苇及玉米高粱秸秆等繁琐的人工编织工序，锦纶网立式沙障只需埋设好立柱后，用铁丝绑扎到立柱上

即可。而其他材料则要先绑扎成捆，再绑扎连成片，然后绑扎到立柱上才能形成整体。锦纶网还具有质量轻、运输方便等优点。用于固定沉落沙的锦纶网网格可加工成封闭圆桶形制成品，在立柱上就地套装。或将锦纶网制成布匹状，在现场流水作业，沿折线形快捷绑扎。

2) 材料耐久。锦纶网作为化学工业制成品，使用高强聚脂、高压聚乙烯并加入防老化剂生产而成，具有稳定度好、抗拉强度高、防紫外线、抗老化、耐酸碱等性能；使用年限长，有抗紫外线等优点，而其他材料易腐蚀，破损，尤其在戈壁地区，经风吹日晒之后，老化得较快。锦纶网在弱酸强碱即 $\text{pH}=5.5\sim 8.5$ 地区使用强度无变化，但在强碱区 $\text{pH}\geq 9$ 强度降低；在高温交变中即 $+43\sim -30\text{ }^\circ\text{C}$ ，锦纶网强度变化不明显。在紫外线的照射下强度下降明显。在室内模拟 11 年时间，结果表明，前 7 年锦纶网强度下降较快，强度为出厂时的 75% 左右，7 到 10 年下降减缓，强度为出厂时的 70% 左右，10 年后趋于稳定。锦纶网在风洞内连续打磨后，其断裂强度仍达到出厂强度的 97.8% 。经过自然界综合因素影响，锦纶网一年后的断裂强度达 96.4% 。因此，在自然条件下，锦纶网使用年限至少可达 10 年，具有高强度、防紫外线、抗老化、耐酸碱的特性。

3) 成本低廉。锦纶网材料每延长米成本约 8 元，而其他材料要绑扎成同样规格的立式沙障（如荆笆约 12 元），成本要贵得多。每延长米锦纶网栅栏直接成本为 16 元，按 10 年计，造价为 1.6 元/年，大大低于其他栅栏墙体的成本，一次性投资成本可大幅度降低。

4) 加工方便。利用锦纶网作为立式沙障，可根据实验的最优积沙效果要求，选定最佳透风率，工厂化生产调整方便，而其他材料加工成一定的透风率比较困难，而且防沙工程将来作为铁路旁边流动的广告，可以美化环境，既降低防沙成本，又增加防沙效果。

3 铁路防风治沙规划设计存在的技术问题

3.1 固沙防火带宽度

包兰线是我国穿过沙漠的第一条铁路干线，沙坡头“五带一体”的流沙固定原理和技术公认达到世界水平，曾获国家科技进步特等奖，1994 年被

联合国环境规划署确定为“全球环境 500 佳”，整个防护体系是由固沙防火带、灌溉防火带、草方格沙障植物带、前沿阻沙带和封沙育草带五带组成，在以后的防沙工程设计中，通常把靠近路基两侧防止蒸汽机车炉渣引燃草方格并用砾石压砂的这一空留带叫固沙防火带，在以后设计中仍然沿用了这一叫法。在多数的设计中，不管是路堤多高甚至是零路堤，一般均用 5~10 m 宽。

路基修筑后，由于对微地形地貌的改变，当风向垂直于路基走向时，使得这一空留带为风积区，风沙流在离路基很远处就开始抬升，一般不需要设置阻沙工程。风沙流开始抬升时与路基坡脚的距离，即固沙防火带的宽度与路基的高度有明显的关系，很显然如果零路堤固沙防火带的宽度设置为 10 m，本地流沙不固定时将很有可能沙子掩埋路基，如果路堤填高在 7~8 m，固沙防火带的宽度设置为 5 m，也是一种极大的浪费。因此为了解决这一技术问题，风沙流的运动迹线用半径为 R 的圆弧来代替，构建了如图 1 所示的风沙流运动模型。在沙漠地区铁路边坡一般要求为 1:1.75~1:2，在图中坡率按最陡 1:1.75 来考虑，经过数学运算，固沙防火带的宽度为

$$L = \frac{H}{\sin(\arctg(1/1.75))} \approx 2H$$

式中 H 为路基填高； L 具体为路基坡脚距风沙流抬升位置处的水平距离。

路基边坡为 1:1.75 时，固沙防火带的宽度基本为路基高度的 2 倍，或与路基边坡一样长。当路基边坡为 1:2 时，经过计算，固沙防火带的宽度为路基高度的 2.23 倍。在以后的设计实践中，在考虑一定安全系数的情况下，选用适当的固沙防火带的宽度。

3.2 沙障立柱埋深的计算

参照一般埋入地下的刚性桩受水平荷载作用的计算方法，地面以上栅栏承受风力通过立柱向下传递，对土体产生侧向挤压作用。通过计算立柱对土体最大压应力，其小于土体允许的侧应力值，即桩身对地基土体产生的侧向压应力不大于被动土压应力与主动土压应力之差，土体不会破坏，立柱可满足最小埋深要求^[5]。

从力学角度对锦纶网栅栏立柱埋深问题进行了定量的计算，使阻沙工程措施中的栅栏立柱埋深由

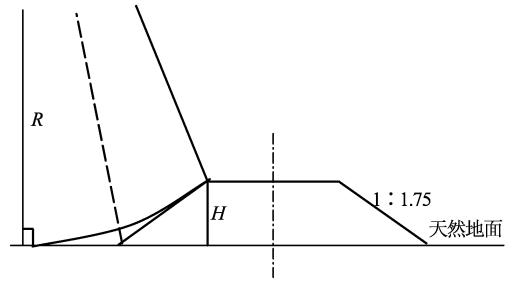


图 1 固沙防火带宽度计算示意图

Fig.1 Sketch for the width calculation of sand-fixing and fire belt

过去凭经验变为通过计算综合确定，更具合理性。紧密结构的栅栏在使用中，会在迎风侧拦截大量流沙，立柱受力发生变化，牵涉到单侧土压力问题，故应适当加大埋深。

4 结语

实施西部大开发，是关系国家经济社会发展大局，关系民族团结和边疆稳定的重大战略部署。生态建设和环境保护是西部大开发的重要任务和切入点。基础设施建设事关西部开发全局。铁路防风治沙作为我国防沙力量中的重要一支，多年来防风治沙技术一直处于国内领先地位。承担社会义务，坚持以人为本，树立全面、协调、可持续发展观，使基础设施建设、经济发展与环境保护、社会进步协调推进，促进西部地区经济社会和人的全面发展，将是铁路防风治沙的努力方向。

参考文献

- [1] 国务院关于进一步推进西部大开发的若干意见[EB/OL]. 新华网, 时政快讯/2006-04-13
- [2] 许嘉璐. 在纪念第十个世界防治荒漠化与干旱日座谈会上的讲话[EB/OL]. 人民网/2004-06-18
- [3] 李江风编著. 沙漠气候[M]. 北京: 气象出版社, 2002. 8~12
- [4] 中华人民共和国主席令, 第 55 号, 中华人民共和国防沙治沙法[S]. 2002 年 1 月 1 日施行
- [5] 蒋富强, 邸耀全, 张红利. 沙障立柱受力分析及埋深计算[J]. 中国沙漠, 1999, 19(2)

(下转第 16 页)