

沙漠地区铁路公路防护技 术的应用研究

Э л с э р х э г б ү с

н у т г и й н т ө м ө р з а м

а в т о з а м ы н

х а м г а а л а л т ы н

т е х н о л о г ы н т у х а й

内蒙古林业科学研究院姚洪林

с у д а 2011.8.23 а

ӨМӨЗО-ны Ой мод судалгааны хүрээлэн Яау Хун линь

2011.8.23





- 一、交通运输在国民经济中的重要作用
- 二、国内外发展概况及趋势
- 三、铁路防风治沙的指导思想
- 四、风沙运动规律的研究
- 五、风沙区生物防护技术的研究
- 六、铁路风沙危害防治技术的研究





нэг. Замтээвэрийн улс ардын эдийн засагт
үзүүлэх ач холбогдол
хоёр. Улсын дотоод гадаадын хөгжилтийн
тойм байдал ба хандаш
гурав. Төмөр замын элс салхинаас
сэргийлэн
хамгаалах үзэлт
дөрөв. Элс салхины байгалын байдалын тухай
судалгаа
тав. Элс салхины бүс нутгийн физилогийн
хамгаалалтын технологийн тухай судалгаа
зургаа. Төмөр замын элс салхины аюулаас
сэргийлэх
технологын тухай судалгаа





1. 交通运输在国民经济中的重要作用

交通运输是国民经济的命脉，是物质生产活动和商品流通的支柱，也是国民经济现代化的重要组成部分和必要条件。





1. З а м

т э э в э р и й н
у л с а р д ы н
э д и й н
з а с а г т
ү з үү л э х а ч
х о л б о г д о л

З а м т э э в э р н ь у л с
а р д ы н э д и й н з а с г и й н
ч у х а л б ү р э л д э х үү н, э д
б у д и с ы н ү й л д в э р л э л
б а б а р а а
б ү т э э г д э х үү н и й
с о л и л ц о о н ы т у л г у у р,
м ө н у л с а р д ы н э д и й н
з а с г и й н ш и н э ц а г
ү е и й н ч у х а л
б ү р э л д э х үү н б а ч у х а л
н ө г ц ө л б о л н о.





■ 一、交通运输在国民经济中的重要作用

- 高度发展的交通运输是一个国家经济繁荣、文化发达、国防巩固、人民生活富裕的重要前提。所以，交通运输必须先行。特别是在改革、开放的形势下，交通运输的先行作用就更为突出。
- 交通运输对地区经济的发展具有很强的基础性、先导性作用，是经济发展和经济起飞必须投入的社会先行资本。
- 1. 铁路是缩小地区差距促进社会可持续发展的有效途径，缩短与中心城市和全国市场的距离，增强对外部资金和技术进入的吸引力。





■ нэг.Замтээвэрийн улс ардын эдийн засагт үзүүлэх ач холбогдол

■ Замтээвэрийн хурдан хөгжилт нь нэг орны эдийн засгийн хөгжилт, соёл боловсролын хөгжилт, улсын батлан хамгаалалт, ард түмний баян амидралын чухал нөхцөл болно.

■ Замтээвэр нь бүс нутгийн эдийн засгийн хөгжилтэд суурь тавих, дагуулах үйлдэлтэй юм

■ 1. Төмөр зам нь бүс нутгийн хоорондох зайг багасгаж, нийгмийн хөгжилтийг ахиулах чухал арга зам, нийслэл хот ба бүх улсын зах зээлийн зайг богиносгож, гадаад хөрөнгө оруулалт ба технологийг татах хүчин чадлыг нэмэгдүүлнэ.





- 同时，降低当地产品的运输成本，提高市场竞争力，为地区经济发展创造更为公平的发展机会，提高欠发达地区人们的福利水平，实现全面建设小康社会的目标。”
- **2. 公路交通是交通运输体系的重要组成部分。**
- 公路运输和其它运输方式一样，是物质生产部门，是属于基础产业和生产力范畴的。由于汽车运输具有机动灵活、迅速方便和公路建设投资少、建设周期短等特点，在整个交通运输体系中，它是唯一能够深入城市大街小巷和农村山区各个角落的一种运输方式。它除了直接承担工农业生产和城乡物资交流等大量客货运输任务外，还要为铁路、水运、航空等运输方式承担起点和终点的客货集散任务。





Т у х а й н о р н ы б а р а а б ү т э э г д э х ү ү н и й
т э э в э р и й н ө р т ө г и й г д о о ш л у у л ж , з а х
з э э л и й н ө р с ө л д ө х х ү ч и н и й г д э э ш л ү ү л ж ,
б ү с н у т г и й н э д и й н з а с г и й н х ө г ж и л т ө д
э р х т э г ш х ө г ж и л т и й н з а в ш а а н о л г о ж
ө г н ө .

■ **2. Авто замын тээвэр нь зам тээврийн системийн чухал бүрэлдэхүүн мөн.**

■ Авто замын тээвэр нь бусад тээвэрийн арга хэлбэртэй адил, эд будисын үйлдвэрлэл, суурь аж ахуйлал ба үйлдвэрлэлийн хүрээнд багтана.





■ 在国防、军事方面，公路交通更是国防现代化和部队机械化、快速化的重要条件。在经济发达国家，随着公路网的建设 and 汽车、石油工业的发展，尤其从五十年代中期高速公路的大量修建与集装箱运输兴起以后，公路运输不仅在客运方面而且在货运方面也成为运输的主力，成为一个国家或地区经济和社会发展的重要标志之一。

公路交通和其它运输方式相比，具有以下优势：

一是便于普及。在中国960万平方公里的土地上，不可能每个县、区都通铁路，由于自然条件的限制，大部分地区没有水运，而公路交通则不然，它点多、线长、面广，可以深入到城镇、农村和山区的各个角落。





У л с ы н б а т л а н х а м г а а л а л т ,
ц э р г и й н х э р э г з э р э г т а л а а р ,
а в т о з а м ы н т э э в э р н ь у л с ы н
б а т л а н х а м г а а л а л т ы н ш и н э
ү е ч и л э л т б а ц э р г и й н а а р м ы н
ш и н э ч и л э л т ы н ч у х а л н ө х ц ө л
б о л о х ю м .

А в т о з а м ы н т э э в э р н ь б у с а д
т э э в э р и й н а р г а х э л б э р т э й
х а р и ц у у л в а л , д о о р о х
д а в у у л а г т а л т а й :

Н э г н ь д а я а р ч и л а л т а д д ө х ө м .

Б Н Х А У - ы н 9.6 с а я м к в н у т а г т ,
б ү х Ш я н ь , о р о н д б ү г э д т ө м ө р з а м
н э в т э р э х б о л о м ж г ү й , б а й г а л ы н





二是能实现直达运输。送货上门，的直达运输，明显地弥补了公路运输成本高于铁路、水运的不足，从而使它在中短途运输和部分长途运输中取得了较好的综合效益。

Х о ё р т ш у у д т э э в э р н э р т э р л э г и й г
б и е л ү ү л н э .

三是适应性强。公路运输能结合所运货物的不同种类、特点和不同的作业机具，组成不同的专用车辆。如冷藏保温车、液罐车、粉粒散装车、家禽牲畜车、集装箱运输车等，实行专业化运输与专业化作业，可以大大提高运输效率，降低运输成本。

Г у р а в т з о х и ц о л д о х ч а д в а р с а й н .

■ 四是方便群众。不仅国营、集体、个体的汽车可以行驶，而且拖拉机、人畜力车、自行车和行人等也可以通行（汽车专用公路除外），既方便了群众，又促进了当地工农业生产的发展和群众生活的改善。公路是名副其实的富国利民的基础设施。

Д ө р ө в т о л о н т ү м э н д д ө х ө м ү з ү ү л н э .





■ 3. 铁路在国民经济中的支柱和综合运输中的担纲作用

■ 3. Төмөр замын улс ардын эдийн засагт үзүүлэх тулгуурлах үйлдэл ба ерөнхийлсэн тээвэрт үзүүлэх чухал үйлдэл

■ 3.1. 铁路在能源、原材料运输中的作用是其他运输方式不可代替的。

■ 3.1. Төмөр зар нь эрдэс баялаг, уг материалын тээвэр дундах үйлдэл нь бусад тээвэрийн арга хэлбэрээр төлөөлүүлж болохгүй юм.

■ 3.2 铁路在我国中长途旅客运输的主力作用也是难以替代的。

■ 3.2 Төмөр зам нь манай улсын урт замын жуулчлагсадын тээвэрт гол хүчин болох үйлдэлтэй

■ 3.3. 铁路运输松紧程度是判断全国运输紧张与否的主要衡量指标

■ 3.3

■ Төмөр замны тээвэрийн байдал нь бүх улсын тээврийн ерөнхий байдлын хэмжих баримжаа болно

■ 铁路在综合运输网络中的骨干作用，不仅反映在其本身，也反映在对其他运输方式的影响。铁路运输紧张，将造成其他运输也相对紧张，如铁路不能及时疏港，将造成港口积压，公路疏港任务加重；铁路旅客运输紧张，航空运输也随之紧张。我国交通运输紧张与否，首先所指的就是铁路，只有铁路运输紧张状况缓解了，全国交通运输的紧张局面才有可能真正缓解。其它运输方式的发展，虽然可以减轻对铁路的需求压力，但无法替代铁路在我国中长及以上距离客货运输的根本性作用。

■ Төмөр зам нь ерөнхий тээврийн сүлжээнд чухал үйлдэл харуулж, тус бие ба бусад тээврийн хэлбэрийг нөлөөлдөг.





2.国内外发展概况及趋势

У л с ы н д о т о о д
г а д а а д ы н
х ө г ж и л т и й н
т о й м б а х а н д а ш

1. 铁路治沙在国外起步较早，如土库曼阿什哈巴德铁路的植物固沙研究，距今已有100年的历史，1902~1903年在西哈萨克斯坦铁路、1904~1905年在伏尔加铁路修筑时均进行过风沙危害的防治工作。

Т ө м ө р з а м ы н э л с э н
ш у у р г а а с с э р г и й л э х
н ь г а д а а д у л с а д э р т
э х э л с э н б а й ж, Turkmenistan
Ashgabat т ө м ө р з а м ы н
у р г а м а л а а р э л с з а с а х
с у д а л г а а 100 ж и л и й н
т ү ү х т э й.





■ 二、 国内外发展概况及趋势

■ У л с ы н д о т о о д г а д а а д ы н х ө г ж и л т и й н т о й м
б а х а н д а ш

■ 60~70年代，前苏联修建了数条沙漠铁路，铁路防沙工作主要着眼于防沙工程的建设。

■ 60-70 о н ы ү е д , ө м н ө О Х У н ь о л о н э л с э н
д у н д а х т ө м ө р з а м б а й г у у л ж э э

■ 2. 中国在荒漠地区也相继修筑了包兰、兰新等铁路。包兰铁路沙坡头建立了“五带一体”的铁路防沙体系，并从生物措施与工程措施两个方面，综合探索了各种措施的搭配及组合方式，在这个防沙体系中，机械固沙措施主要为草方格沙障。在兰新线玉门地区建立了可灌溉的杨树防风固沙体系(引祁连山雪水)，工程措施以阻沙堤为主，不设固沙带。

■ 2. Х я т а д у л с н ь э л с э р х э г б ү с н у т а г т
Б у г а т - Л а н ж ө ү , Л а н ж ө ү - Ш и н ж а н з э р э г
т ө м ө р з а м ы г б а й г у у л ж э э .





3. 我国的第一条沙漠铁路是**1958**年通车的包兰铁路，第一个沙漠定位站是**1956**年成立的沙坡头沙漠科学研究所。半个世纪以来，沙坡头沙漠科学研究所以腾格里沙漠为对象，以沙害的控制和铁路的畅通为目标，系统研究了铁路沙害防沙体系建设技术，植物固沙技术，机械沙障的作用原理、作用效果、各类机械沙障的作用特点等问题，取得了举世瞩目的系列成果。中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所编著出版的《腾格里沙漠沙坡头地区流沙治理研究(第一集，**1980**年)，(第二集，**1991**年)》，《中国沙漠铁路工程》、《中国铁路沙害及其防治》、《风沙地貌和沙漠工程学》就是这些成果的代表。这些成果对铁路沙害的防治也有一定的指导作用。

3. Манай улсын нэгдүгээр элсэрхэг бүс нутгийн төмөр зам нь **1958** онд нэвтэрсэн Бугат-Ланжөү төмөр зам, нэгдүгээр төмөр замын чиг нь **1956** онд байгуулсан Шапөтөү элс шуурга судалгааны өртөө болно.





总的来看，不论是我国还是其他国家，铁路、公路沙害防治技术都有己的特色，水平都较高。我国在这方面还走在世界的前列，铁路、公路沙害防治理论体系已经基本形成，铁路、公沙害防沙体系建设技术也比较成熟。 中国铁路始建于1876年，铁路运输线是我国国民经济的大动脉，它在国家的建设中占有重要地位。随着我国改革开放的深入，我国在修新线铁路时采用了国内外先进科技成果，对既有铁路进行补强和改造，并加强了对线路的养护和维修。较大的改善了铁路的运营状况，提高了铁路抵抗自然灾害的能力，丰富了预防和整治铁路线路病害的理论与实践，发展国民经济，促进工农业生产，改善人民生活，巩固国防，沟通国际交往，起到了国民经济大动脉的重要作用。

Е р ө н х и й л ө н х а р в а л , м а н а й у л с б у ю у
б у с а д у л с н ь , т ө м ө р з а м а в т о з а м ы н
э л с ш у у р г а н а а с с э р г и й л э х
т е х н о л о г и н ь ө ө р ө ө р и й н х ө ө о н ц л о г т о й
б а й ж , ү н д э р т ө в ш ө н т ө й б а й д а г .





■ 在当今社会经济高速发展的情形下，对铁路运输的需求量在逐渐增大，铁路运输的发展将偏向高速和重载运输。这样就会加重铁路线路的承载能力，造成铁路线路损害，严重影响铁路运输。为了保证铁路能够很好的完成运输任务，全面了解和掌握铁路线路常见病害分析及预防整治技术非常的重要。

■ ЭДИЙН ЗАСАГЫН ҮНДЭР ХУРДАЦТАЙ ХӨГЖИЛТИЙН БАЙДАЛД, ТӨМӨР ЗАМЫН ТЭЭВРИЙН ШААРДАЛГА УЛМААС НЭМЭГДЭЖ, ТҮҮНИЙ ХӨГЖИЛТНЬ ҮНДЭР ХУРДАЦ, ХҮНД ДААЦАТ ТЭЭВЭРЛҮҮ ХӨГЖИЖ БАЙНА.

(1) 风沙对铁路的路基吹蚀和线路积沙两种。

(1) Салхь шуургань төмөр замын суурыг идэгдүүлэх ба замын шугамд элс хурах хоёр хэлбэрээр нөлөөлдөг.

当风力达到起沙风而作用于路基时，沙植被风吹扬带走，产生路基风蚀。风蚀过程中形成的风沙流不断地撞击地表，继续将沙粒扬起，纳入运动的气流之中，使风蚀过程逐渐扩展；另一方面，路基本身又是风沙流运行的障碍物，导致风速降低，在线路上形成旋涡，丧失其前进速度，所携带的沙粒在线路上沉落，引起线路





■ (2) 产生风沙危害的原因

■ (2) Элс шуурганы аюул үүсэх нөхцөл
铁路受风沙危害的原因：有自然因素和人为因素两个方面。在自然因素中，主要是风和沙源。风是引起风沙危害的动力，丰富的沙源是形成风沙危害的物质基础。人为因素是指人类活动破坏了线路附近的植被，以及工程技术措施采用不合理而引起的沙害。我国大部分沙区均以西北风和偏西风为主，流动沙丘通常以摆动前进式向前移动，植被比较稀疏的半固定沙丘和轻质土地遭受强烈的风蚀作用。通过风沙地区线路的两侧，广泛分布着大面积流沙、固定和半固定沙堆、戈壁、沙质干河床、平沙地、沙荒及沙质草原等，沙源极其丰富。这就是造成铁路沙害的根本原因。

Төмөр зам нь элс шуурганы аюул
хордол хүртэх нөхцөл нь:

Байглын ба хүний нөлөө зэрэг хоёр
байдаг. Байгалын нөхцөл нь, салхи ба
элсэн шуурга. Хүний нөхцөл нь хүн
төрөлхтөний ажиллагаа нь төмөр зам













风蚀沙化景观













■ 一般说来，风沙对铁路的危害，主要在流沙地区或天然植被不足以控制风沙活动的轻质土壤地区，显然是自然因素起主导作用。但是在固定沙丘和植被较稠密的沙质草原地区，有些地段的线路沙害也十分严重，这就是人为因素起主导作用。在这些地区，往往由于不合理的开垦、放牧和打柴等人类活动，破坏了天然植被致使流沙再起，引起沙害。这是应该特别注意防止的。在施工过程中，由于破坏现有天然植被面积过大或者取土、弃土不合理，又未及时采取防护措施，也是人为造成线路沙害的重要原因，必须引起注意。

■ Э л с ш у у р г а н ь т ө м ө р з а м д
ү з үү л э х н ө л ө ө н ь , э л с ш у у р г а н ы
б ү с н у т а г б а б а й г а л ы н
у р г а м а л г ү й г э э с б о л н о .





三、铁路防风治沙的指导思想

Төмөр
замын
салхи
шуурга
ас
сэргий
лэх
арга

■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统领铁路防风治沙事业就显得尤为重要。

Төмөр замын салхи
шуургаас сэргийлэх
үйл ажиллагаань бүх
улсын элс шуургаас
сэргийлэх ажилын гол
хэсэг болж, эдийн
засгийн хөгжилтийг
дагалдаж, шинжлэх
ухаанч үзэлтээр
удирдуулж, бүх талаар
зохицолдож хөгжих нь





三、铁路防风治沙的指导思想

Г у р а в . Т ө м ө р з а м ы н
с а л х и ш у у р г а а с
с э р г и й л э х ү з э л
с а н а а

■ 1. 坚持人与自然是和谐发展的新型指导思想

■ Х ү н т ө р ө л ө х т ө н б а э х б а й г а л ы н
з о х и ц о л д о н х ө г ж и х

■ 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，人与自然是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。

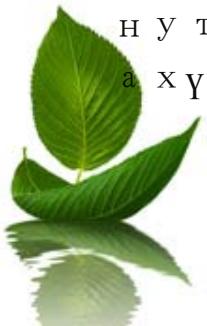
■ О л о н ж и л и й н т у р ш , э л с
ш у у р г а а с с э р г и й л э х а ж и л ы н
ц о р ы н г а н ц з о р и л г о н ь т ө м ө р
з а м ы н ш у у р х а й н э в т э р э л г э





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，是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，而且承担着拉动当地国民经济发展的作用。

хүн төрлөхтөн байгалтай зохицолдон хөгжихдэ завалчгүй
байгаалийн салхи шуургнаас хамгаалах болон орон
нутагтай хамтаран төмөр зам байгуулаж улс ардын аж
ахуйг хөхүүлэх хэрэгтэй





■ 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。

■ Салхи шуурга наас хамгаалах инженергийн төслийн зорилго нь төмөр замын тээвэрлэлтийн хурдан шуурхай байхыг батлан, түүнийг хэрхэн салхи хамгаалах ажиллагатай уялдуулан, төмөр замын аж ахуйлэл болон орон нутагын аж ахуйн хамтын хөгжих эрэгтэй.

■ 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。

■ Иймэс төмөр замын салхи шуургаас хамгаалах инженерги, үйл ажиллагаявагдүүлэх явцанд машин механизм болон ургамалийн хамгаалалтыг гүйцэд уялдуулан, ургамал хамгаалалтаар гөл зорилго болгон ажиллаж, экологийн хөгжилт болон байгаль орчиний хамгаалалт харилцан уялдуулах эрэгтэй.





■ 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。

■ Т у х а й н о р н ы и р г э д э л с
ш у у р г а н ы х а м г а а л а л т ы н
б ү с э э р н э в т э р х и й г б а т л а ж ,
у р г а м а л ы н у р г а ц ы г б а т л а ж ,
т ө м ө р з а м ы н т э э в р и й н ш у у р х а й
н э в т э р л э г и й г х а м г а а л ж ,
о р л о г о о и х э э р н э м э г д ү ү л н э .





■ 2. 坚持依法防风治沙的新型指导思想/’

■ Хууль ёсоор элс шуургаас сэргийлэх шинэ арга

■ 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》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。

■ Улсаас чухалчилж, элэ салаа мучирт хариуцуулж байгаа “БНХАУ-ын элс шуургаас сэргийлэх хууль” ёсоор элэ шатны ардын засгийн ордон хариуцаж, элс шуургаас сэргийлэн хамгаалахыг улс ардын эдийн засаг банийгмийн хөгжилтийн төсөвт оруулна.





政策倾斜，重视科技 《防沙治沙法》规定 Төрийн бодолго дагуу, “элс шуургаас сэргийлэх хууль”-ыг хүндэтгэх: 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。

保障投资，税收优惠 Хөрөнгө оруулалтыг баталж, татварын хөнгөлөлтийг батлах 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。

■ 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和示范、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。





■ 3. 大力推广防风治沙的新技术和新材料 Э л с

ш у у р г а а с с э р г и й л э х ш и н э
м э р г э ж и л б а ш и н э м а т е р и а л ы г и х
х ү ч э э р т ү л х э н а х и у л а х

■ 3.1 土工合成材料的应用 Ш о р о о м о д н ы

н и й л м э л м а т е р и а л ы г х э р э г ж ү ү л э х

■ 土工合成材料是土木工程应用的合成材料的总称。作为一种新型的土木工程材料，制成各种类型的产品，置于土体内部、表面或各种土体之间，发挥加强或保护土体的作用。例如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，风沙流减速通过盾，携沙沉落，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。





■ 3.2 锦纶网具有以下优点 У и л ь я м Х л о п о к ы н о н ц л о г :

- 1) 施工简便。 У й л д в э р л э л я в у у л х а д д о х о м . 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，沿拆线形快捷绑扎。





- 2) 材料耐久。 М а т е р и а л ы н Ч а н а р с а й н . 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pH—5.5~8.5地区使用强度无变化，但在强碱区pH≥9强度降低；在高温交变中即+43~-30℃，锦纶网强度变化不明显。





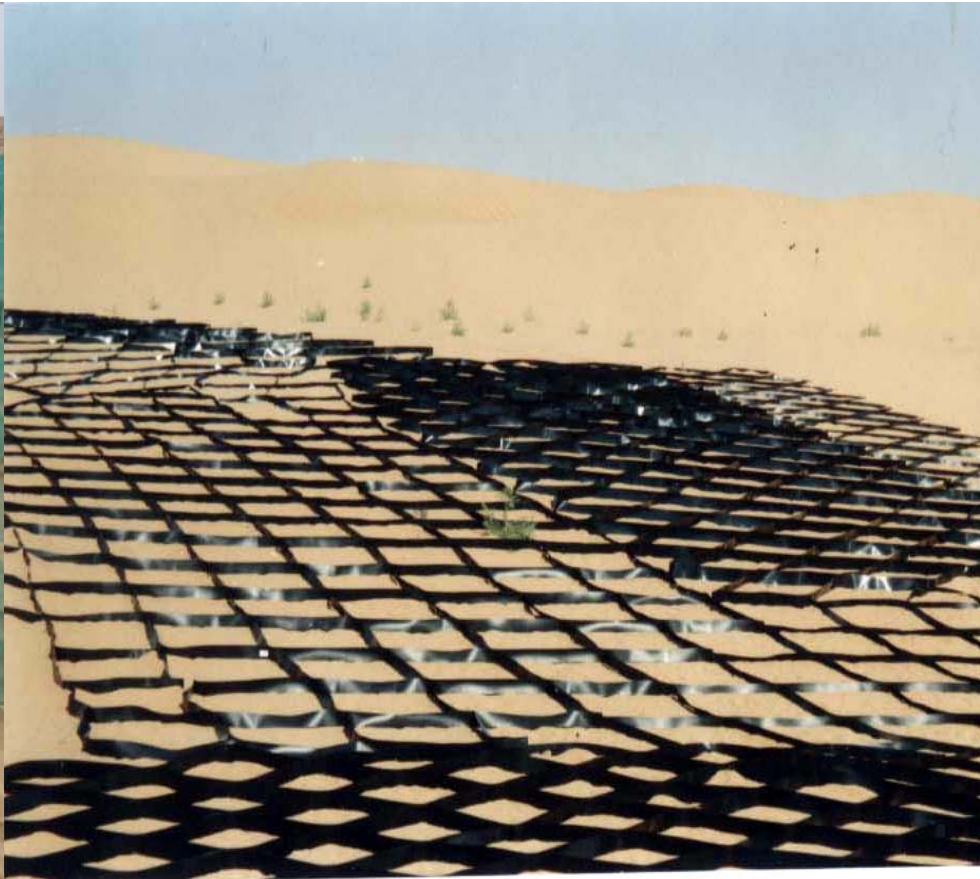
- 在紫外线的照射下强度下降明显。 Н а р н ы
с а ц а р а г ы г д о о ш л у у л н а . 在室内模拟
11年时间，结果表明，前7年锦纶网强度下降较快，强度
为出厂时的**75%**左右，7~10年下降减缓，强度为出厂时的
70%左右，10年后趋于稳定。锦纶网在风洞内连续打磨后
，其断裂强度仍达到出厂强度的**97.8%**。经过自然界综合
因素影响，锦纶网一年后的断裂强度达**96.4%**。因此，在
自然条件下，锦纶网使用年限至少可达**10**年，具有高强度
、防紫外线、抗老化、耐酸碱的特性。





- 3) 成本低廉。 $Y p T \Theta G H \bar{H} \Delta O O p$. 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1.6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。 $B o l o v c o r u u l a l t$
 $\Delta \Theta X \Theta M$. 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。









四、风沙运动规律 的研究

Э л с ш у у р г а н ы
х ү д э л г э э н и й ж и м
ё с н ы с у д а л г а а

风沙运动规律的研究

Э л с ш у у р г а н ы
х ү д э л г э э н и й ж и м ё с





风沙运动规律是防沙治沙的理论基础和科学依据，风沙对工农牧业、城乡和铁路交通等国民经济建设的危害，其主要形式是风吹移沙粒，产生风沙流，沙粒被搬运，地面出现风蚀与堆积，天空出现沙尘暴。在防治沙害过程中，采用某种物质或材料，以及应用何种方法或措施，根本目的或关键问题是如何让沙粒需走则走，需停则停，使沙粒停走、地面蚀积，按实际需要进行气、固转化。这就必须依据或应用风沙运动规律，选用不同的方式、方法，才能实现治沙宗旨，并可达到事半功倍的效果。

Э Л С Ш У У Р Г А Н Ы Х Ү Д Э Л Г Э Э Н Н Ъ
Ш И Н Ж Л Э Х У Х А А Н Ы Б А Р И М Т Т А Й





- 修建铁路给当地脆弱的生态带来破坏。 Төмөр зам засах нэ тухайн орны байгал орчинг хордуулдаг. 通过实验观测从理论上分析当地起沙风速发生的时间和频率、分析风速和沙通量的关系，风速和风蚀的关系，找出最经济、最快速恢复当地生态的最佳途径。研究沙害对铁路路基的危害的周期和程度，以生物措施为主要手段的综合技术防沙治沙，逐步解决干旱和半干旱区植物地表的覆盖问题，减少沙地的反射率，改善气候变化，消除沙埋路基的现象，最终实现铁路建设和周边生态和谐发展。
- 1颗粒运动规律 элсэн мұхлэгийн хүдээлгээний жим ёс
- 尽管目前对起动机制还没有公认的结论，但仍然有若干规律指导着防沙治沙生产实践，并已得到了广泛的应用。现从以下两个方面加以说明。





1.1 起沙风。 Э л с э н ш у у р г а б о с о х. 正确地测定起沙风的起动风速与起沙风状况，对工矿交通、农牧业的风沙危害防治，以及防止沙漠化，合理利用土地资源等方面，都有着重要的现实意义。比如，防治措施在防护地段的布局，各种措施的配置结构及其效果等的确定或设计，都需要对起沙风进行一全面分析，对风沙活动的方向和强度进行系统地研究，从而获得防治流沙蔓延及土地沙漠化的可靠信息。这样，才能作出经济上可能；，技术上合理，效益显著的防护体系。





根据起沙风确定防治措施也有许多经验、教训。 Э л с

ш у у р г а а с с э р г э э л э х о л о н

т у р ш л а г а б и й. 例如，50年

代末，来我国的前苏联治沙专家，在包兰铁路防沙设计中，错误地夸大起沙风的频率和强度，加大了防沙宽度，造成了重大浪费。在1964年我国修改设计时，对起沙风进行了全面分析研究后，减小了宽度，降低了费用，达到了理想的防护效果。在1970年至1975年，进行兰新铁路设计时，对起沙风作了测定，发现各地段起沙风有差异，针对不同的起沙风，又采取相异的防沙措施，结果都收到了确保铁路不受风沙危害、安全行车的设计效益。





1.2 运动形式。 Хүдэлгээний хэлбэр. 沙粒的运动形式，各自具有其自身的特征，认

识和掌握这些特征，在防沙治沙实践中具有重要的指导意义。

①风沙流的主体是跃移运动。在风沙运动中以跃移为主要形式，于它数量大，移速快，是造成风沙危害的主要方式。跃移运动对蠕移和悬移也有很大影响；跃移沙粒在降落时约**67%**的能量消耗于风蚀，对地面破坏性极大，特别是跃移沙粒的冲击力是造成风蚀的主要原因。所以，防治风沙危害，实质是制止沙粒以跃移的形式运动。因此，在确定治沙措施中选用的物质和材料，除了考虑防治目的外，更要了解跃移运动形式的特征。





②风沙流是贴近地表的运动。 Э л с ш у у р г а н ы
у р с г а л н ь г а з р ы н г а д а р г ы н
х ү д э л г э э н м ү н. 绝大部分跃移沙粒都是贴地
表附近运动。这一特征，在治沙工作中具有重要的实用价
值。例如，用于防风固沙的风障不需要很高的尺度，一般只
要露出沙面**20~30cm**，就可以收到良好地防沙效果。③粒径
随高度运动。粒径较大的沙粒在地面滚动和滑移，粒径较小
的沙粒则在高于地表的空空间跃移或悬移。譬如，在一般起沙
风的条件下，**0~20cm**高度内，有细沙的**95%**；粗沙的**80%**在此
高度内输移（邹桂香，**1986**）。这一特征在防沙设计时，对
树、草的种类和高矮及配置结构等的确定时，应当注意粗细
流沙随高度分布的特点。





2 风沙流 э л с ш у у р г а н ы у р с г а л

风沙流从广义角度看可以作为风沙运动的同义话，就是风与沙相互作用所产生的一系列特征、性质和规律等，都是风沙流所要研究的内容。从狭义方面分析，只从它的容量、强度和饱和度说明风沙流的不同状态在实际应用中主要是确定一个地区风沙流的起动风速值和起沙风的方向、速度及随季节的变化规律。一方面通过实际测定，更主要的是从气象台站收集当地较长时间的风信资料，掌握起沙风的方向、风速及随季节的变化规律。这是认识某地区风沙运动规律，掌握风沙地貌的形成演变特征，控制风沙危害的重要基础和基本依据。





■ 3 输沙量 Э л с э н у р с г а л ы н х э м ж э э

- 风沙流的固体流量（输沙通量），是指气流或风沙流在单位时间内通过单位宽度或单位面积所搬运的沙量，也称风沙流固体流量、输沙量，也称单宽输沙率（简称输沙率）。输沙量单位可用g、Kg、t表示，也可用体积 cm^2 、 m^3 表示，常用的有 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{min}$ 和 $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 。为何用单位宽度来表示流量？原因是沙粒的搬运是贴地表附近运动的，而对其高度不考虑，这样就变成在一定时间内的一定宽度或长度范围内输移的沙量。但在实际测定沙量时仍以面积为单位，特别是用 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{min}$ 时最好用面积。如果用 $\text{t}/\text{h} \cdot \text{m}$ 就可用长度或宽度。





■ 3输沙量 Э л с э н у р с г а л ы н х э м ж э э

- 风沙流的固体流量（输沙通量）， Э л с э н ш у у р г а н ы т о г т м о л у р с г а л ы н х э м ж э э，是指气流或风沙流在单位时间内通过单位宽度或单位面积所搬运的沙量，也称风沙流固体流量、输沙量，也称单宽输沙率（简称输沙率）。输沙量单位可用g、Kg、t表示，也可用体积 $\text{cm}^2 \cdot \text{m}^3$ 表示，常用的有 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{min}$ 和 $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 。为何用单位宽度来表示流量？原因是沙粒的搬运是贴地表附近运动的，而对其高度不考虑，这样就变成在一定时间内的一定宽度或长度范围内输移的沙量。但在实际测定沙量时仍以面积为单位，特别是用 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{min}$ 时最好用面积。如果用 $\text{t}/\text{h} \cdot \text{m}$ 就可用长度或宽度。





■ 理论计算分式是从物理学的基本原理出发，分析风与沙的相互作用力，用数学公式表示在一定风力作用下所输移的沙粒数量。经验公式是在某地区或地段进行实测风速和沙量建立两者之间的数学关系式。输沙量计算公式最初从理论上探讨是拜格诺，以后研究者越来越多，中外学者共建立了10余个输沙量的计算公式。

■ Ф и з к ы н у х а а н а а р о н л ы н б о д л о г о
х и й н э

■ 本工程使用的是近地面风沙流沙通量仪，是一种可以测量近地面高度范围内不同高度的风沙输移通量的机械设备。包括带有前盖和后盖的箱体，箱体的前面均匀分布有若干个沙尘入口，箱体内部相应于每个沙尘入口位置设有一个取样盒，相邻两个取样盒之间具有间隙，取样盒的上面设有沙网，前盖盖在沙尘入口上，后盖上设有若干出风口。

■ Г а з р ы н г а д а р а г т а й о й р о л ц о о
х э р г э л д э г э л с ш у у р г а н ы х э м ж и г ч ,





- 在实际工作中可以与测定起沙风时一起测定输沙量。

Б у д и т а й а ж л ы н д у н д э л с ш у у р г а н ы
х э м ж э э г х э м ж и ж б о л н о . 影响输沙量的因素是相当复杂的，表现在因素的数量多、变化大两个方面。所以，要精确地表示风速与输沙量的关系是相当困难的。尽管影响输沙量的因素众多，变化较大，但大体上可以划分为**3**类，即风、沙、下垫面。这**3**类不仅是影响输沙量的基本因素，也是影响风沙运动的**3**个主要因素，可以简称为“三要素”。三者 在风沙区的存在和分布极不平衡，不仅本身在时间和空间方面发生变化，而且它们相互又具有促进和制约的复杂关系，输沙量是在这些因素综合作用下发生变化的。由于影响输沙量的因素多、变化大，所以，在实际工作中对输沙量的确定，仍然采用集沙仪和风速仪在野外直接量测。





- 测定输沙量是研究风沙运动的基础，对理论研究、实验研究和实践应用都很重要。它是衡量治沙防护效益的重要指标，也是制定治沙方案和确定治沙措施的可靠依据。例如，某防护地段的沙害是以风蚀或风积为主，或两者兼有，测定输沙量可了解某地区或地段的沙粒移动的方向和数量，掌握其时间和空间的变化规律；还可得到风沙流出现的气候条件，可以从集沙仪中开始收集到起动沙粒时的风速，确定起动风速值；研究气流中沙子随高度分布的特征，以及沙丘表面风沙流速度廓线的分布特点等等。这都有助于认识风成基面形成发育的内在机理。所以说输沙量的测定是理论研究和生产实践中的基本依据，也是研究风沙运动学、风沙地貌学、治沙造林学等学科的基础，在实践应用和各类工程建设等各方面都具有重要意义和应用价值。





■ 4. 地表风速与输沙量的关系 с а л н и н ы х у р д а ц б а
э л с ш у у р г а н ы х э м ж э э г и й н
х о о р о н д о х х о л б о г д о л

- 在毛乌素沙地图克苏木地区，内蒙古林业科学研究院研究人员把积沙仪的进沙口放置在与沙面同一高度上，进行一定时间的积沙，同时测定附近的 地表风速。为了在风速较小的时候也能收集到数据，积沙地点多设置在丘顶，但有时也改换地点，因此，沙面的坡度、流沙的粒径及含水量等条件也有种种变化。在不考虑这些条件时，输沙量(Q ; g/min)与地表风速(u ; m / s)的关系用图-8表示。



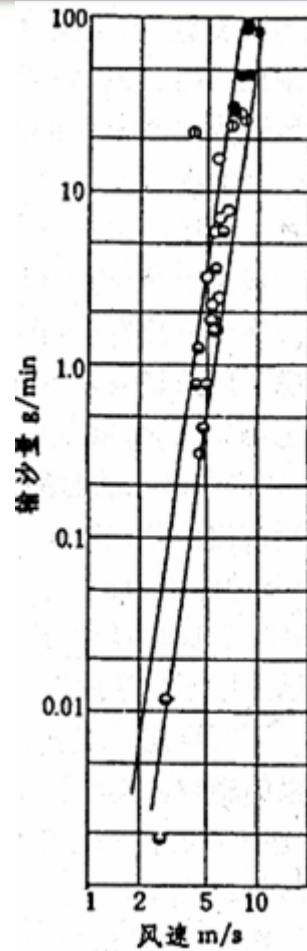


图-8 输沙量与风速的相关系





■ 地表风速是积沙时间(6~60min)之内的平均风速, 从这些观测值中得出输沙量与地表风速之间的相关的关系式:

■ $Q=3.876 \times 10^{-6} u^{7.86}$ (R=9.61) 公式-1

■ $Q=1.76 \times 10^{-3} (u-1.5)^{5.37}$ (R=0.9684) 公式-2

■ $Q=0.6191 (u-3.7)^{2.964}$ (R=0.9447) 公式-3

■ 如上所述, 得出地表风速与输沙量之间相关系数较大的关系式, 如果能观测到1年的风速变化, 就可以计算出1年输沙量变化。为此, 内蒙古林科院科研工作者曾在毛乌素沙地图克苏木的研究中心东试验地选择了两个沙丘, 用3年时间测定了高度约为11m的沙丘的移动量; 其值大约是1m (沙丘沙的比重是2.66, 孔隙度是0.35时, 丘顶平均1m宽的范围1年有19.1吨流沙通过)。这是利用上述关系式得出的结果。





- 不同风速的连续时间按照上面所说的顺序计算；输沙量用公式-2计算，加上降雨的影响，就可以计算出定时期内的输沙量。例如，如果高11m的沙丘顶部的地表风速是高14m韵观测塔上测定的风速的90%时，用公式-1计算出1年的输沙量为19.9t/m。
- 图-9是用前面的两个关系式及按测定风速的90%而确定的地表风速，通过公式-1计算的每个月沙丘在移动方向上的输沙量。从图-9看出，4月份的风大且输沙量最高，即沙丘在移动方向上的输沙量约占全年的一半，其余部分发生在1~3月及11~12月。见图-9



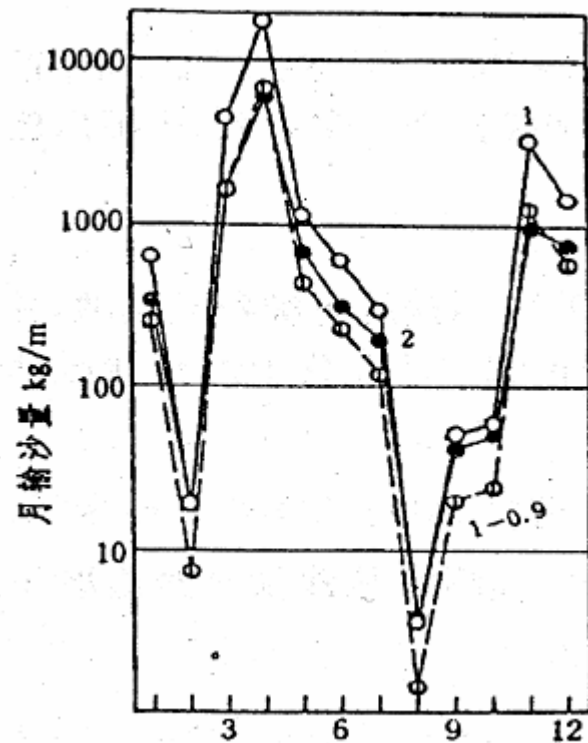


图-9 年间输沙量变化情况

З у р а Г :-9 жилийн хоорондох
элс шуурганы хэмээний
хувиралтын тухай





■ 对防风固沙林在沙丘迎风坡降低风速、减少输沙量作一分析，不难看出，图-10是用风速的日平均值及日最大值分别乘以减风率，然后计算各风速级和刮风时间，再用公式-1~公式-3)计算的沙丘在移动方向上的年输沙量与减风率对应的关系凸线，众所周知，防风固沙林和沙障具有明显的降低风速减少输沙量的作用。见图-10

■ э л с ш у р г а н а а с с э р г и й л э х
о й м о д н ы т у х а й с у д а л г а а



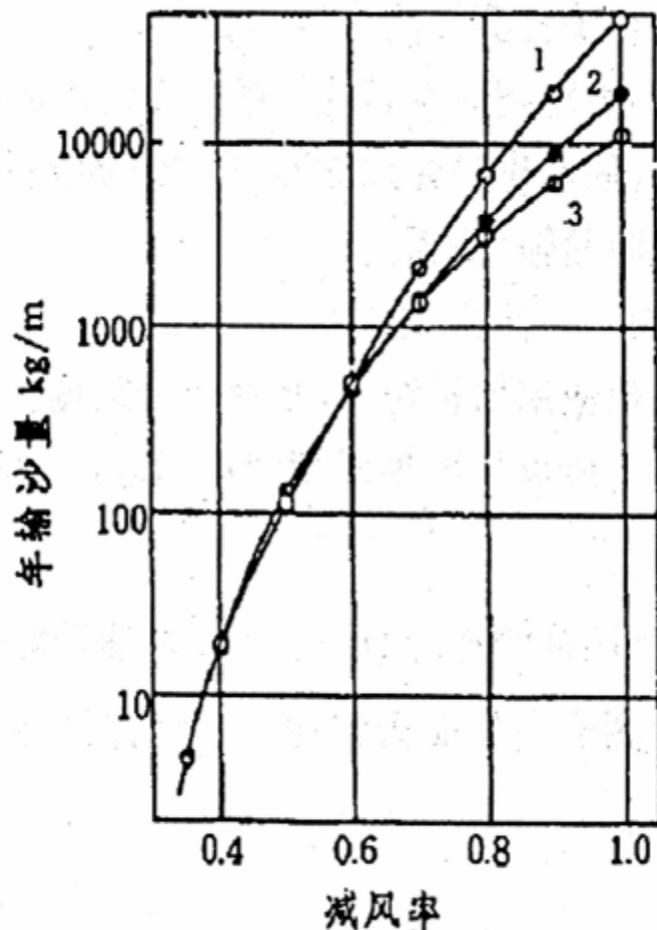


图-10 年输沙量与减风速的对应关系

З у р а г 10- э л с ш у у р г а н ы
ж и л и й н х э м ж э э б а
с а л х и н ы х у р д а ц ы н
х а р и ц а н г у й х о л б о г д о л





- 从图-10中看出，1年期间，通过的风速减少到原来的70%时，输沙量大约减少到10%，风速如减少到原来的50%时，输沙量减少到1%。在实践中也能看到沙障的阻沙作用，在铁路、铁路、厂矿附近常常利用高立式沙障来降低风速，进而达到减少输沙量，防止风沙危害的目的。





- 另外，也要注意沙丘丘顶和迎风坡脚的客观差别。

Э л с э н т о в ы н о р о й б а с а л х и н
э с э р г и й н б э л и й н з ө р ө ө г
а н х а а р а х х э р э г т э й . 据内蒙古林业科学
研究院姚洪林等科研工作者在毛乌素沙地图克苏木测定：
在1小时的积沙期间，沙丘顶沙面上**30cm**高处的平均风速
约是**6m/s**，在迎风坡脚仅是**2.5m/s**。从丘顶附近到迎风坡
脚的输沙量相差**4**个等级。在迎风坡脚沿沙丘走向栽植**2**行
3m高的旱柳、**3**行**1m**高的沙柳丛，再设置**1**行大约**1m**高的沙
障，在采取这些固沙措施的迎风坡脚的**20m**区间内，观测
到的输沙量小于**1g/h**，其值可以忽略不计，见图-11。它
说明了植被、沙障等生物工程措施都可以减缓风沙流的输
沙量，降低风沙流的危害程度。



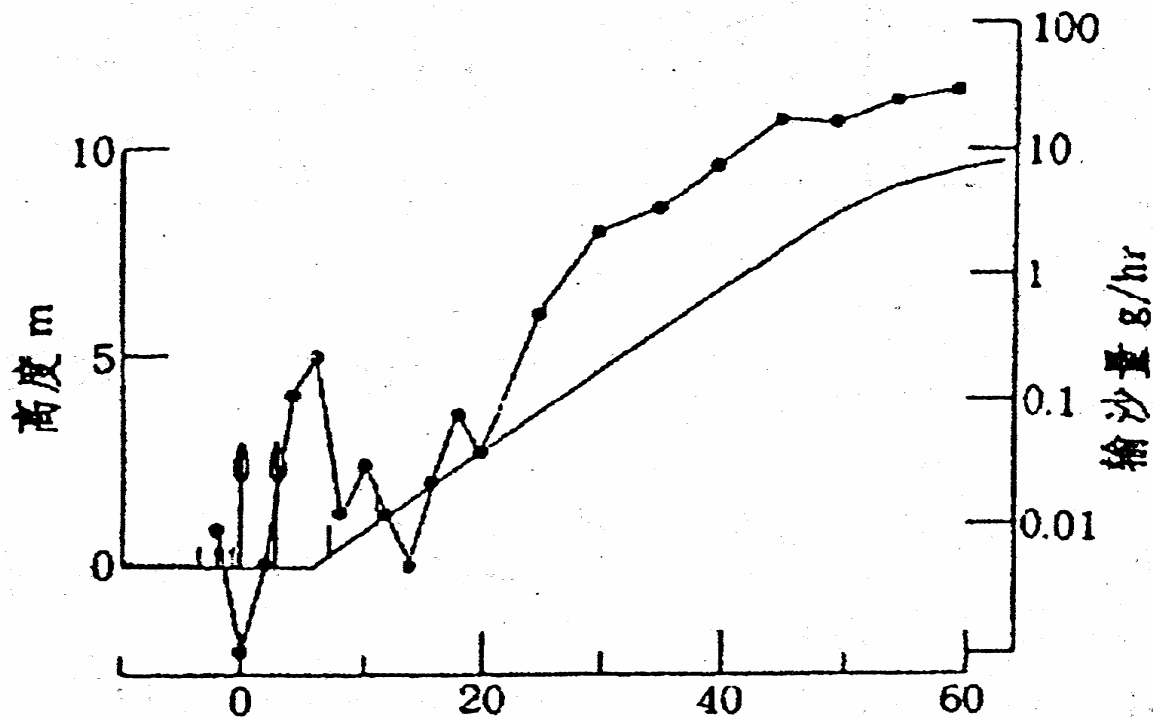


图-11 迎风坡输沙量变化情况

с а л х и н э с э р г и й н т о в
г а з р ы н э л с ш у у р г а н ы х э м ж э э





■ 不同植被覆盖度输沙量与风速关系 а д и л б у с
у р г а м а л ы н х э м ж э э б а э л с э н
х э м ж э э , с а л х и н ы х у р д а ц ы н
х о о р о н д о х х о л б о г д о л

■ 据内蒙古林科院科研工作者在毛乌素沙地研究中心的试验区内选择沙柳和沙蒿作为主要测定的灌木树种。表-5是6种植被盖度灌木林分输沙率随风速而变化的函数关系。6个方程中输沙率与风速变化均呈显著正相关（幂函数关系）





■ 表-5不同立地条件灌木林内输沙量与风速变化关系

а д и л б у с г а з а р н ө х ц ө л и й н о й м о д н ы э л с э н х э м ж э э б а с а л х и н ы х у р д а ц
х о о р о н д о х х о л б о г д о л

样地号	立地类型	植被盖度 (%)	起动风速 (V ₀ ,m/s)	风杯高度	输沙量关系式(一)	相关性	平均差	SD	输沙量关系式(二)	相关性	平均差	SD
IV	流沙地	无植被	4.35	74.15	$Q=1.85829 \times 10^{-3} V^{4.08187}$	0.9940	0.1226	0.3502	$Q=0.861999 (V-V_0)^{2.00366}$	0.996	0.511	0.715
I	流沙地	10	5.06	84.5	$* Q=2.21547 \times 10^{-4} V^{4.7267}$	0.9701	0.1628	0.4035	$Q=0.492664 (V-V_0)^{2.17716}$	0.954	0.599	0.774
					$** Q=1.4971 \times 10^{-4} V^{4.8731}$	0.9713	0.1604	0.4005				
V	半固定地	15	5.278	77	$Q=3.29477 \times 10^{-6} V^{6.05965}$	0.9813	0.1030	0.3222	$Q=0.195671 (V-V_0)^{2.26859}$	0.989	0.939	0.969
VI	覆沙地	25	5.104	79.5	$Q=1.92407 \times 10^{-6} V^{6.3728}$	0.9813	0.1295	0.3599	$Q=0.124737 (V-V_0)^{2.53386}$	0.991	0.654	0.809
VI	固定地	60	8.70	77	$Q=9.1719 \times 10^{-9} V^{7.01682}$	0.9189	0.0264	0.1623	$Q=0.107936 (V-V_0)^{1.32718}$	0.820	0.588	0.767
VI	滩地	无灌木含沙	4.406	78	$Q=3.21663 \times 10^{-6} V^{6.61225}$	0.9781	0.0871	0.2859	$Q=0.100169 (V-V_0)^{2.93011}$	0.992	0.428	0.654

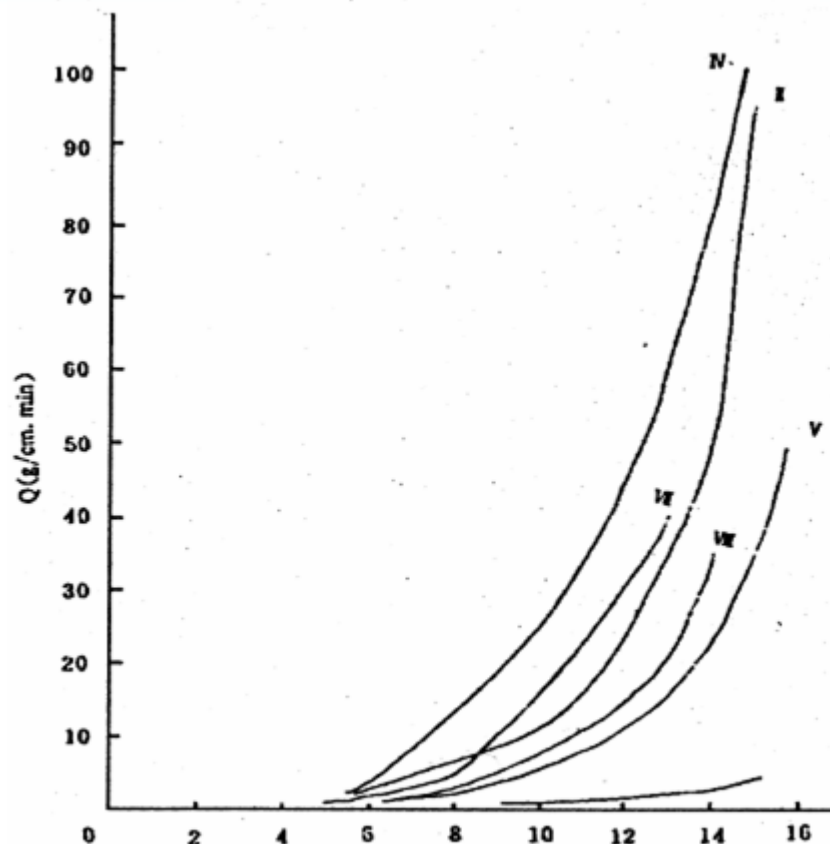


图-12不同植被盖度林分输沙率随风速变化过程曲线图

а д и л б у с г а з а р н е х ц е л и й н о й м о д н ы
э л с э н х э м ж э э б а с а л х и н ы х у р д а ц
х о о р о н д о х х о л б о г д о л





- 由图-12可以看出，在0~60%植被覆盖度范围内，随风速的增加，输沙量呈增加趋势，其增加幅度随林地植被盖度的增加而降低。其中以植被盖度为60%的固定沙地(VI)号曲线增幅最小，而无植被的流动沙地(IV)号曲线增幅最大，图中滩地输一沙率(VII)号曲线在低速区(8m/s)呈平缓增加，而后其陡度骤增，基本呈线性关系。这种增加模式充分说明滩地表面草本植被在低速区具一定防护效益，但是，当风速加大到一定程度时其防护效益基本丧失。其主要原因是由于草本植被低矮且草本枝叶阻挡风沙的能力较差。但它却有较强的抗风蚀能力。





- 灌木林防护效果在高、中、低3个植被盖度范围内，低盖度林分输沙率随风速增加其增幅变化迅速，说明沙粒能大量通过林带，其防护效果有利于风沙流的输导；高盖度林分输沙率随风速增加其增加量变化甚微，且变化过程均匀，表明沙粒能通过林分的数量较少，其防护效果以固阻为主；中盖度林分输沙率随风速增加其增幅居中，其值约为低盖度林分的一半，表明风沙可部分通过林分，部分滞留，其防护效果表现为输导与固阻相结合。





■ 研究小结与建议 с у д а л г а а н ы д о х о м д ү г н э л т б а с а н а м ж

- (1) 从风向频率玫瑰图4和风速频率直方图可以明显看出，毛乌素沙地冬季主导风向为西北风和北风，冬季风速大多为 1m/s 和 2m/s ，此风速不会起沙。在试验地冬季的最小起沙风速为 4.6m/s ，冬季风沙对铁路路基危害不大，但春季沙埋路基情况极为严重。据此建议在复垦取土场恢复、植被建设，各类防风固沙障和铁路路基平面防沙固沙措施，都应该在每年3月初至4月底或者是在9月底至11月中旬完成为佳。这样在次年春季沙害频发时，沙障可以有效保护在建和已完工的铁路风沙路基免遭沙埋和风蚀。如果在施工当年不及时完成路基平面固沙，错过了两个种植期，次年春季路基将会加重风沙危害。所带来工程经济损失和对生态的破坏是巨大的。





- (2) 根据以上分析说明风速是沙流移动的最主要原因，沙的动能、沙通量与风速存在3次多项式关系，且相关性较好（相关指数大于0.5）。因此，防治沙害的主要措施应为降低地表的风速，增加地表粗糙度减少风沙流的形成。
- (3) 生物治沙是防止风蚀和水土流失，防止荒漠化的各项措施中最经济、最有效、最持久的技术措施。生物防沙治沙措施中植被建将会有助于发展沙产业，推动地方经济的发展（发展畜牧业、药材种植等）。





- 在地下水位比较高的地方设置 $1 \times 1\text{m}$ 沙柳沙障，种植期选择在每年3月初至4月底，或在9月底~11月中旬，精心选苗，认真种植，使其成活率在70%以上。在治理流动沙丘时，建议采用 $1 \times 1\text{m} \times 0.25\text{m}$ 经编沙障先固沙，经编沙障阻沙效果很好，成本略高于沙柳沙障。但是，后期可以在经编沙障方格内种植沙生植物，沙障可防止风沙剥蚀植物根系，可大大提高植物成活率和生物量。





■ 五、铁路风沙危害防治技术的研究

Т а в . Т ө м ө р
З а м ы н Э л с
Ш у у р г а н ы
а ю у л а а с
с э р г и й л э х
М ө р г э ж и л

■ 1. 沙漠地区铁路沙害概况

1. Э л с э р х э г о р н ы т ө м ө р
З а м ы н Э л с э н а ю у л ы н т у х а й





沙漠地区铁路边坡防治的应用研究

■ 五、铁路风沙危害防治技术的研究

ШУУРГАНЫ АЮУЛААС СЭРГИЙЛЭХ
МЭРГЭЖИЛ

■ 1. 沙漠地区铁路沙害概况 ЭЛСЭРХЭГ ОРНЫ ТӨМӨР

■ ЗАМЫН ЭЛСЭН АЮУЛЫН ТУХАЙ

■ 干旱半干旱沙漠地区铁路沙害情况较为严重，首先表现在，线路所经地段铁路两侧的沙地，多以流动、半流动沙丘为主，在干旱多风的气候条件下容易产生扬沙，对铁路路基、边坡和路面造成风蚀和埋压。其次，沙漠铁路地段是人为活动较频繁的区域，人为活动的增加和人类对自然资源的不合理利用，干扰了正常的自然生态系统，造成流沙威胁铁路的正常运行。另外，在修筑铁路时，自然植被遭受大量破坏，引起土壤风蚀沙化，产生新的沙源。筑路时的废弃物堆积，使风沙遇到障碍后风速减小，携沙能力降低而沉积铁路路肩路面，形成片状积沙，从而危及铁路正常交通运输。





- 具体因素包括 Г О Л Ш а л Т а Г а а Н
Н Ь：路基断面结构不合理。风沙流不宜通过而引起路面积沙；路基较低容易积沙而造成埋压；路侧有障碍物，沙粒遇到障碍后下沉堆积在铁路上；高大沙丘在强风作用下向前移动，整体埋压路面；铁路两侧原来固定的沙丘植被遭到破坏后沙丘活化，很快演变成流动或半固定状态，使流沙面积迅速扩大而埋压铁路；机械沙障受损后失去阻沙作用，形成铁路沙害。





路基风蚀 г а з р ы н с у у р ы н с а л х и н д и д э г д э х: 铁路

路基风蚀是沙区铁路沙害最为普遍的形式。沙区的一个重要特征是气候干旱、风大沙多，而铁路路基主要由当地的风沙土填筑而成，路基结构松散、固结性差，受到风力作用，沙粒很容易被风吹走，产生路基、边坡、路肩的风蚀；或因过境风沙流的冲击、磨蚀，导致路肩或路面底层被掏空而塌陷。

路面沙埋 з а м ы н г а д а р г а э л с э н д х у ч и г д а х: 沙埋

路面是沙区铁路最为严重的风沙危害形式。当铁路穿越密集的流动沙丘时，则易造成沙丘整体前移上路，阻碍交通，尤其是沙丘群低矮，主风向单一且与路基垂直时，沙丘移动迅速，造成大量沙子堆积，路面形成堆状积沙；当过境饱和风沙流在运行过程中遇到路基阻碍时，由于地形的变化而削弱风沙流的挟沙能力，引起多余沙粒沉积，造成舌状积沙和片状积沙。





■ 2. 铁路边坡防护研究 Т О М О Р З а м ы н

х а ж у у г ы н Г а з р ы н С э р г и й л э л т

- 在铁路沿线沙害风蚀严重地段，开展不同防护材料、不同坡降比对边坡防护效果的试验。重点开展：不同防护材料、不同坡比及对照段的风蚀、水蚀深度、面积的调查；不同防护材料、不同坡降比及对照段的坡角积沙宽度、积沙厚度、坡面、坡角的植被种类、盖度的调查；不同防护材料、不同坡比及对照段的路基断面的风速变化和粗糙度的观测。
- 随着我国西部地区铁路建设步伐的加快，在西部沙漠地区铁路各等级铁路也在快速发展，但沙漠地区粘性材料严重匮乏，如何就地取材利用风积沙筑路等一直困扰沙漠铁路发展的问题急待解决，因此，我们这次的课题的主要研究目就是要根据沙漠地区铁路工程的特点，在工程中利用土工合成材料这种新型材料，找到切实可行、经济合理的解决方案。





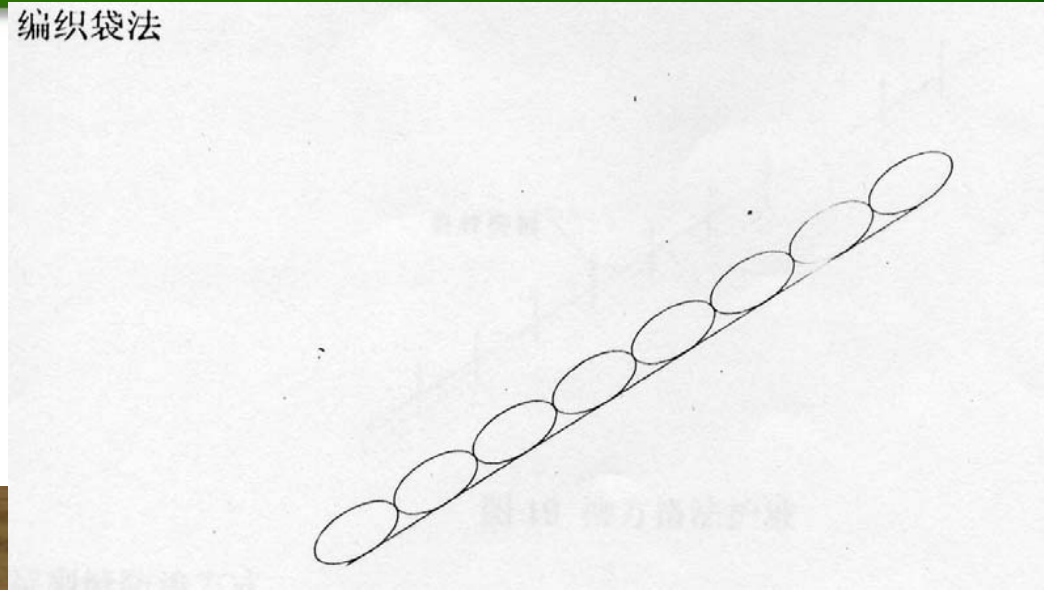
■ 2.1. 路堤坡面防护、绿化 з а м ы н х а ж у у г ы н с э р г и й л э л т н о г о о р у л а л т

- 路堤高度大于5m时，路堤边坡采用水泥砂浆砌片石带截水槽拱型骨架护坡防护，水泥骨架内种紫穗槐、沙棘、柠条、黄刺玫或老芒麦、冷地早熟禾等植物种；总之，路堤坡面防护、绿化区间树种应选择生长快、根系发达、耐干旱的北方常见树种。路堤高度小于5m时，在路堤边坡可以结合土工合成材料采用生物措施。
- (1) 编织袋法边坡防护技术：使用防老化土工合成材料的编织袋(70×40cm)，可以就地取材，把风沙土和少量保水剂搅拌均匀后，装入袋中平铺在铁路边坡，为稳定起见用竹签子加以固定。在编织袋上打孔，播种的植物种子：沙棘、柠条、蒙古冰草、草木樨状黄芪等植物种。每袋3~5穴，每穴3~5粒种子，覆土后踏实即可。





编织袋法







■ 2) “固化法”边坡防护技术 б у х л э л т и й н а р г а

- 处理后的边坡为自然流线型，上面按**50×50cm**布设直径为**15cm**的木桩，然后喷洒固化剂(原计划的固化剂具有透水性，植物可以穿透固化层，但由于材料到货不及时而改用水泥进行固化)。固化剂控制深度为**3~5cm**，待固化剂固化后拔出木桩，这样就在坡面上形成**15cm**直径的栽植穴，穴内添加风沙土和少量保水剂，在雨季时进行播种，每穴**3~5**粒种子，播种深度**2~3cm**。播种的植物种子：与编织袋法边坡防护技术使用植物种相同。



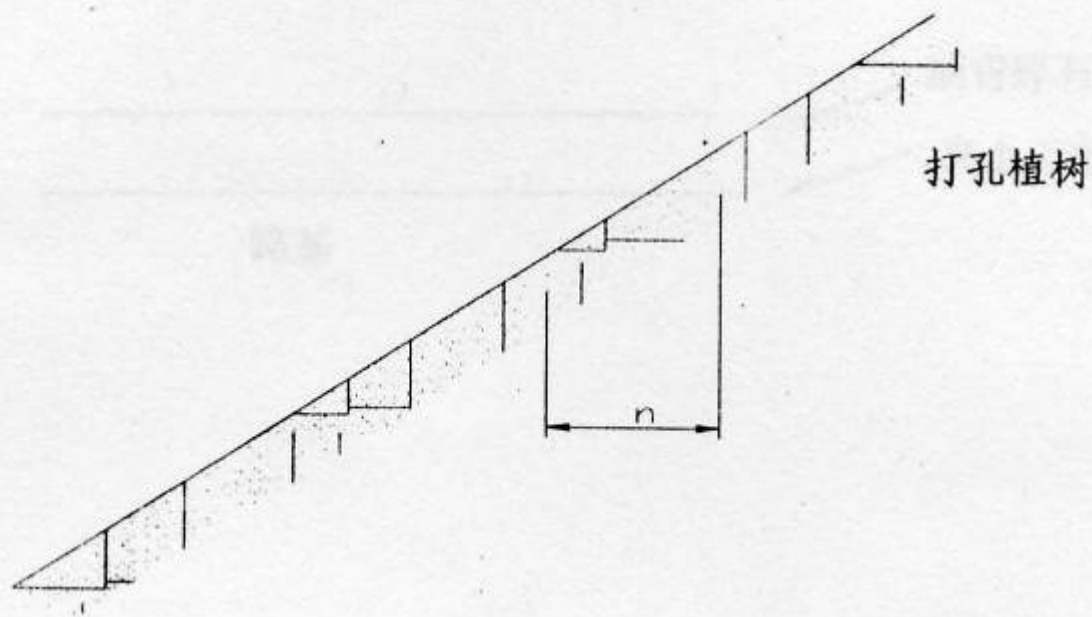


固化法

方法进行试验，分别是（构造形式如图所示）。

土工布防冲法；

土工格室防冲法







■ (3) “营养杯法”边坡防护技术

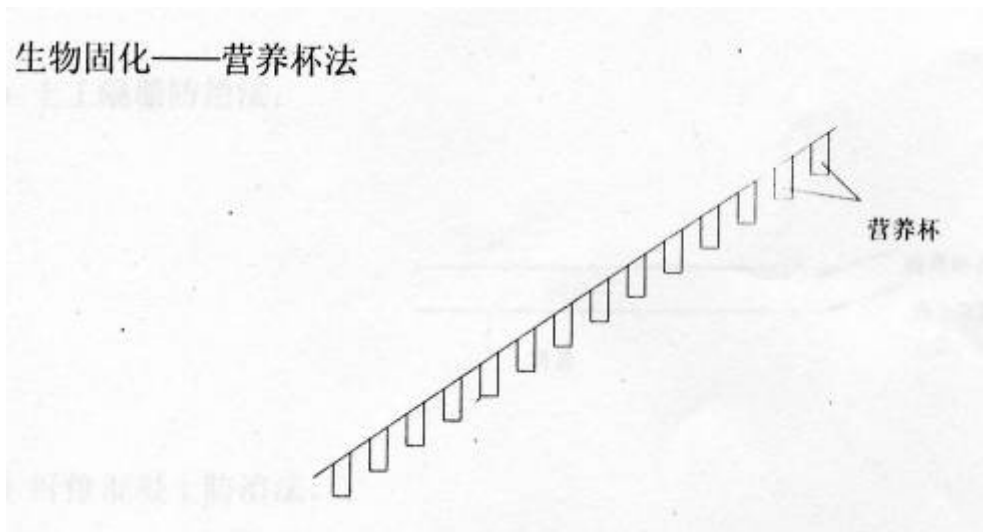
Т Э Ж Э Э Л И Й Н а Я Г Ы Н а р Г а

- 该项边坡防护技术在处理后的自然流线型风沙土边坡上放置蜂窝状营养杯，在杯内添加风沙土、保水剂。营养杯内直播植物种子，播种的植物种子：与编织袋法边坡防护技术使用植物种相同。每亩播种1.5~2.0kg。播种深度2~3cm。





生物固化——营养杯法





■ (4) “柳方格法”边坡防护技术 У Д М О Д

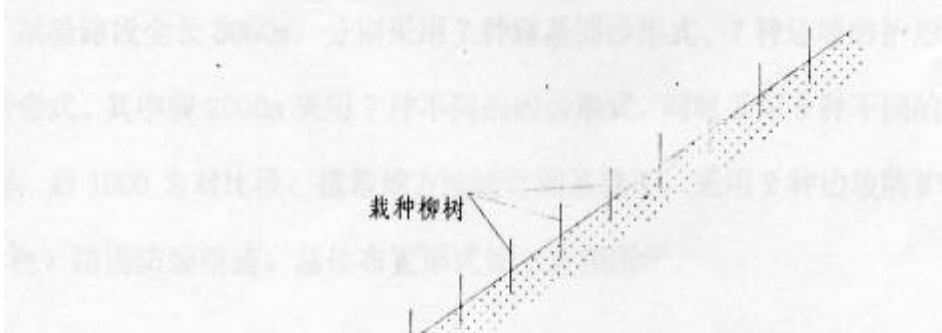
Т а р и х а р Г а

- 该项边坡防护技术在处理后的自然流线型风沙土上设置柳方格沙障，沙柳条长50~60cm，插入土中30cm左右，做成1×1m方格状，在风力不强的平缓边坡可做成1.5×1.5m方格状，在边坡的中下部方格内栽植紫穗槐或杨柴、柠条。在铁路边坡上部直播多年生牧草种子。播种的植物种子：蒙古冰草、紫花苜蓿、柠条、草木樨状黄芪等草种，每亩播种1.5~2.0kg。播种深度1.5~2cm，覆土后踏实。





柳方格法







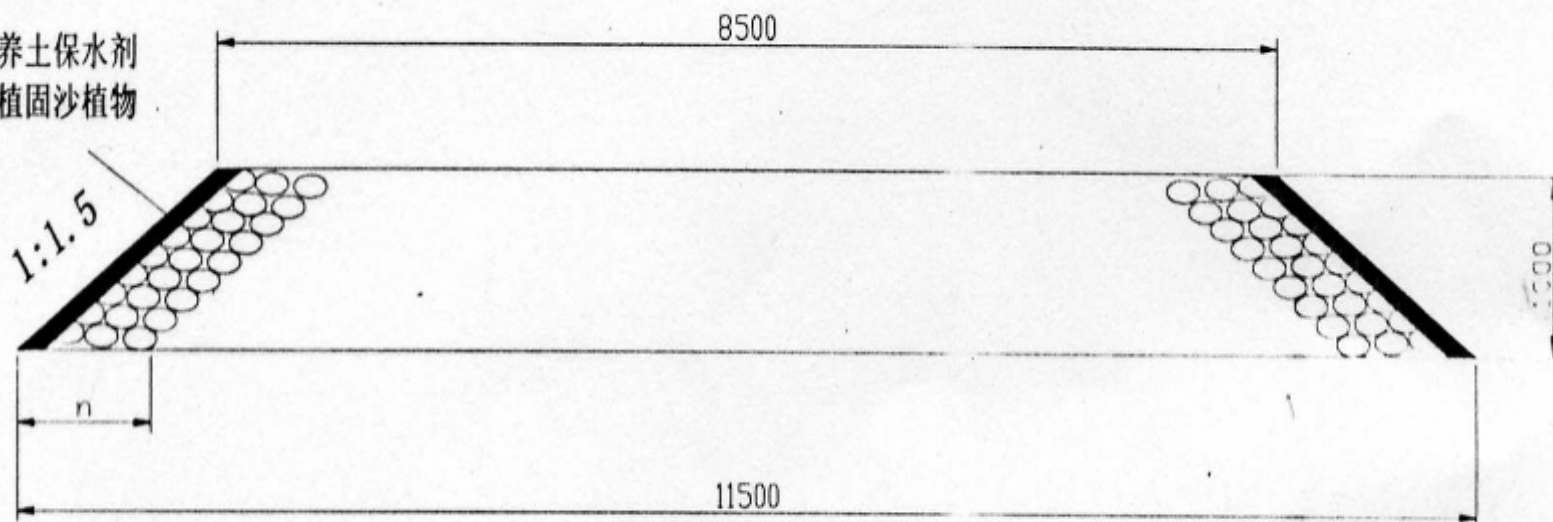
■ (5) 堆垛法路基边坡防护技术 х а ш и л г а ө р ө х а р г а

- 当堤边坡高度大于8m时，边坡自地面至基床表层底面每0.6m铺设一层土工格栅，横向宽度2.0m；路堤边坡高度大于15m时，横向宽度3.0m；路堤边坡高度大于25m时，横向宽度4.0m。除采用干砌片石垛加固之外，还可以采用“土工袋法”堆垒边坡防护技术。
- 在准备好的下层上按层高及坡度放边坡线，按边坡线将土工袋稳固的堆垛好。边坡堆垒材料为：利用土工合成袋(70×40cm)，袋内添加风沙土堆垒成坡。该种类型堆垒边坡最外侧一层用防老化(3~5年)的黑色土工袋，最外层土工袋内添加风沙土和营养土和少量保水剂。堆垒材料边坡整形后在最外侧土工袋上打穴，穴播植物种子，每穴3~5粒，每个土工袋打2~3穴，穴播深度3cm左右，覆土后踏实。播种的植物种子：与编织袋法边坡防护技术使用植物种相同。





填装营养土保水剂
以便种植固沙植物











■ (6) 全面覆土播种法边坡防护技术 б ү х
т а л а а р ш о р о о д э в ь с э ж
у р г а м а л т а р и х а р г а

- 该项技术的实施范围是那些地势比较平缓，铁路两侧不易遭受风沙危害的地区，施工方法是在常规施工的边坡上实施，本项目试验实施长度为100m，在处理后的自然流线型种植土上直接播撒种子，播种的植物种子：沙蒿、沙打旺、杨柴、蒙古冰草、柠条、草木樨状黄芪，每亩播种1.5~2.0kg。播种深度2~3cm，覆土后踏实。







■ (7) 土工格室法路基边坡防护技术 ш о р о о м о д н ы
ү й л д в э р л э л и й н а р г а

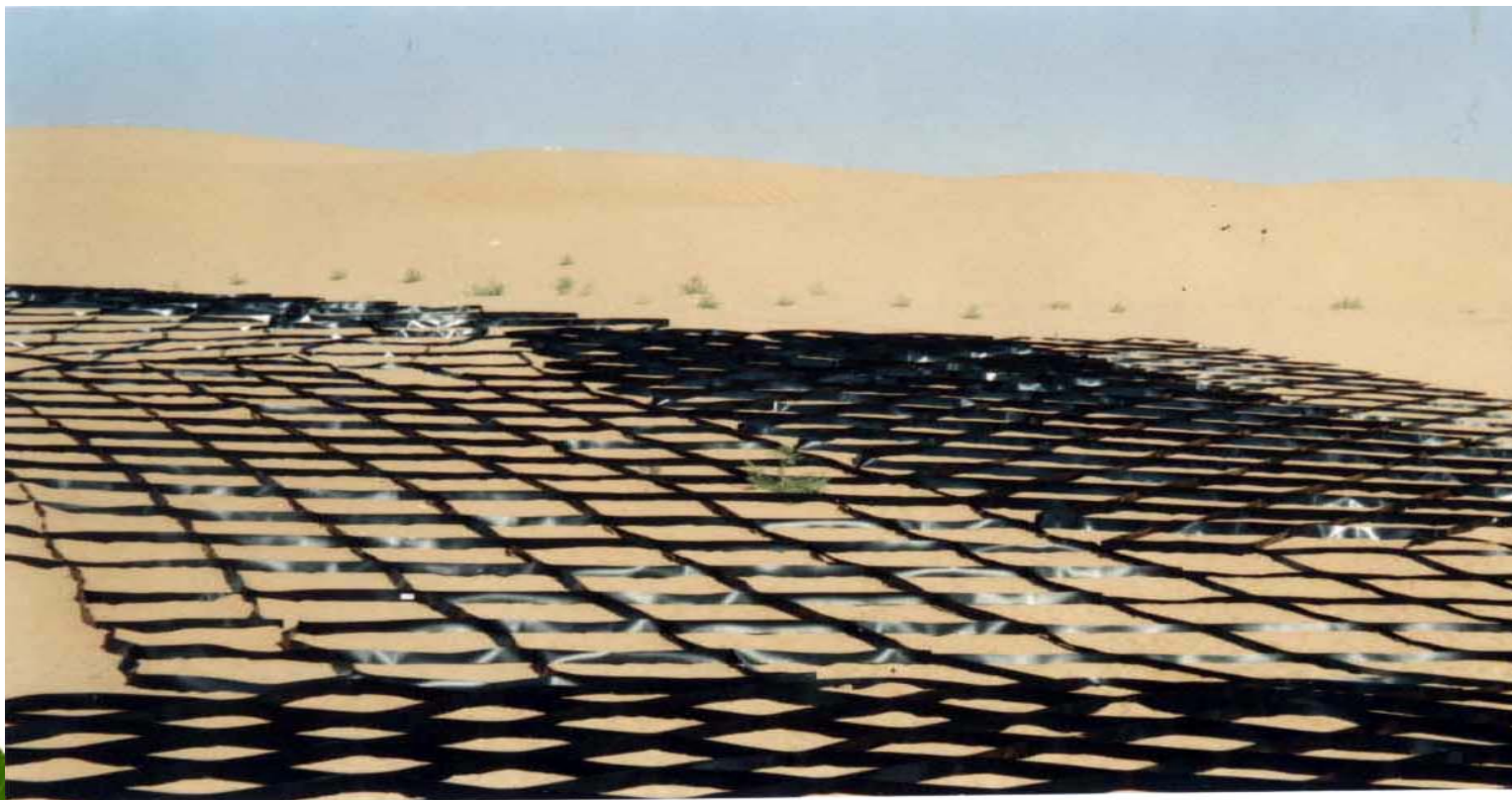
■ 土工隔障法处理的边坡实施100m，土工格室全铺法(单层)实施100m，土工格室全铺法(多层)实施100m。

■ 将土工格室在铺设地段展开，一层一层呈阶梯状，将外露的土工格室内添加营养土，施用少量保水剂，直接进行植物种植。路基边坡实施长度为300m，播种的种子有：沙蒿、沙打旺、杨柴、蒙古冰草、柠条、草木樨状黄芪。每亩播种1.5~2.0kg，播种深度2~3cm。

■ (8) “土工格室斜铺”边坡防护技术 ш о р о о м о д н ы
ү й л д в э р л э л и й н ж и ш ү ү д э в ь с э х а р г а

■ 在已处理好的自然流线型风沙土边坡上，把土工格室展开，用木桩固定，平铺在路基边坡。土工隔障路基边坡平铺土工格室 49m，格室内添加营养土，加入少量保水剂，直接进行植物播种，播种的植物种子：播种的种子有：沙蒿、沙打旺、杨柴、蒙古冰草、柠条、草木樨状黄芪。每亩播种1.5~2.0kg，播种深度2~3cm。







■ (9) 土工三维网垫边坡防护技术 т о р д э в ь с э х а р г а

■ 该方法在常规施工的边坡上实施，在处理后的自然流线型风沙土边坡上展开三维土工网垫，用竹片钉固定，平铺在路基边坡上，直播植物种子，品种有冰草、草黄芪、柠条、沙蒿、沙打旺、杨柴，然后覆配方土1cm. 铁路两侧每侧完成45延长米。

■ (10) 土工布全铺法边坡防护技术 б ү х т а л а а р б ү с

д э в ь с э х а р г а

■ 该项技术在常规施工的边坡上的自然流线型风沙土边坡上全面铺设营养土和少量保水剂均匀搅拌，铺设厚度10cm。然后用土工布全面覆盖，并用竹签加以固定，然后按预定规格打孔进行穴播，每穴2~3粒种子，播种的植物种子：蒙古冰草、柠条、草木樨状黄芪。人工播种后加以覆土即可。







■ 2.2 路基两侧 绿 化 措 施 的 要 求

- 路基两侧绿化，为了水土保持，稳定路基，美化路容，在铁路用地界内路基两侧不妨碍行车了望及信号机显示的适当位置植树绿化。由于沿线属暖温带亚湿润气候区，夏无酷暑、冬季寒冷，昼夜温差较大，冬季以西风或西北风为主，夏秋季以东北风为主。冻结期在11月中旬至翌年3月中旬。工程沿线植被具有针叶林、落叶阔叶林、乔木、温性阔叶林、温性针阔叶混交林交替分布的特点。铁路建设在土石方工程施工结束后，对线路路基边坡及两侧和站场征地范围内可绿化地段植树、种草，既稳固铁路的基础工程，又可以改善铁路两侧生态环境，控制路基等铁路工程的水土流失。





■ 树种、草种应选择适合于当地立地条件的植物，采用乔木、灌木、草本相结合的绿化形式，构造多层次的绿化体系，既可起到良好的生态效益，又可构造最佳的景观视觉效果。

■ М О Д Е В С Н И Й Т Е Р Л И Й Г З Е В С О Н Г О Х

■ 铁路两侧，俗称线外绿化。 Т е м е р з а м ы н х о ё р т а л 沿铁路线绿化树种采用乔灌结合的方法，外侧栽植乔木（侧柏、杜松、油松、旱柳、榆树等）1行，株距2m，每公里501棵；内侧种植灌木（沙柳、柠条、酸枣、黄刺玫、沙棘等）2行，穴行距离各为1m呈三角形栽植，每公里2002穴。为提高成活率和生长势，栽植针叶树最好使用容器苗，栽植灌木或花灌木时，要注意苗木根系的保水，切不可失水。





- 铁路两侧平坦地段可以采用植物生长袋法，
ТӨМӨР ЗАМЫН ХОЁР ТАЛД
УРГАМАЛЫН БҮС БАЙГУУЛАХ
арга即使用防老化（3-4年）土工合成材料的编
织袋（70×40cm），可以就地取材，把风沙土和少量
保水剂搅拌均匀后，装入袋中呈带状平铺在铁路两
侧，带距2~3m。在编织袋上打孔，播种的植物种子
：以乡土植物种为主，如紫穗槐、沙棘、柠条、黄
刺玫、老芒麦、冷地早熟禾、蒙古冰草、柠条、草
木樨状黄芪等植物种。每袋3~5穴，每穴3~5粒种
子，覆土后踏实即可。









- 3. 研究成果与分析 **с у д а л г а а н ы ү р д ү н**
- 3.1 沙漠地区铁路边坡防护技术研究 **э л с э р х э г о р н ы т ө м ө р з а м ы н х ө в ө ө н и й с э р г и й л э л т и й н м э р г э ж и л**
- 对试验区不同类型分别进行了边坡防护技术实施，试验内容的总长度符合规划设计要求，并按照预定计划施工。施工后，由项目组组织专人进行定期调查，调查方法是按不同类型区、不同施工方法进行全面调查。调查内容：不同防护材料、不同坡降比及对照段的风蚀、水蚀深度、面积、坡角积沙宽度、积沙厚度、各种边坡防护施工法的植被种类、盖度、生长量、根系分布等情况进行调查。并根据调查结果进行综合分析，详见表-1





表-1

各种施工法植物生长情况调查表

施工方法	播种方法	播种时间	播种面积 m ²	成活率 %	生长高度 cm	风蚀 cm	积沙 cm	植被覆盖率%
土工袋	穴播	5月	5000	90	20	0.00	0.00	35
土工布	穴播	5月	750	72	11	0.00	0.00	30
土工格室 斜铺法	穴播	7月	294	85	20	0.00	0.05	55
三维网垫	撒播	7月	225	85	20	0.00	0.00	63
固化法	穴播	7月	204	75	10	0.00	0.00	25
营养杯	穴播	5月	420	88	19	0.00	0.05	45
柳方格	撒播	7月	3800	88	20	0.00	0.05	65
覆土法	撒播	7月	720	80	18	0.05	0.00	67
土工格室法	穴播	5月	1200	70	18	0.00	0.00	30





■ 由表-1可以看出几种边坡防护的施工方法都具有较好的防风固沙效果，但是在现场也可以看出土工布全铺法和固化法还存在着许多不足之处。土工布全铺法施工较为困难，成本也比较高，而且不利于植物生长和发育。固化法缺点更多，一是施工方法繁琐且需要一定的养护时间，二是投入成本较高，三是不利于植物生根发育和生长。从施工现场看到植物生长高度为，但其长势却很微弱，究其原因这是由于水泥固化层制约了植物生长，若能采用透水性较好的固沙乳化剂进行喷洒，其效果也许会比水泥固化层要好。





另外，从表-1还看到了覆土法即在处理好的托面上直接播种的防护法，从测试结果来看，效果很好，稍微有微量的风蚀现象，而施工却很方便，成本也很低。但是这种方法还存在着很大的局限性，这种方法还不能在流动沙丘密集或风沙流动性较强的区域，尤其是还不能在边坡上采用，它还会产生风蚀或积沙，这一现象已在项目区附近的人工播种区看到了。那么，为什么试验区的效果很好呢？分析其原因是由于试验区属于地势平坦、铁路两侧防护区的植被生长良好而且是无风沙危害的区域，因此没有产生风蚀或积沙。





- 半干旱沙漠区铁路边坡的防护技术中利用土工合成材料与生物固沙措施相结合的技术是个值得重视的防风固沙途径。土工合成材料坚固耐用、使用年限较长，这样就为植物生长发育提供了有利条件和繁育的基础，使生物措施达到长久固沙的目的。





经过一年的吹蚀，沙障的风蚀沙埋程度及对风速的影响。

Н Э Г Ж И Л И Й Н С А Л Х И Н Ы Э Л С Э Н
Х а ш и л г а д х а р у у л а х н ө л ө ө

表-2 草方格沙障风蚀沙埋程度及对风速的影响

类 型	风蚀沙埋面积%	$V_{2.0}$	$V_{0.5}$	$V_{0.5}/V_{2.0}$	Z_0
1×1m	12-20	7.2	5.0	0.694	2.141
1.5×1.5m	26-35	6.8	5.1	0.75	1.282
2×2m	39-65	6.8	5.4	0.794	0.4196

注:粗糙度测定于 2002 年 6 月 风蚀沙埋调查于 2004 年 4





- 从表-2可见, 3种规格沙障的抗风蚀、沙埋能力及对风速的影响, 其差别是极明显的,
- З үйлийн баримжаа бүхий элсэн хашилга байж, зөрөө нь их байдаг
- $1 \times 1\text{m}$ 规格粗糙度是 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 规格的1.67倍, 是 $2 \times 2\text{m}$ 规格的5.1倍, 其对风速的削弱值就更为明显, 地表风速减弱就改变了风沙流的结构, 使防护地段流沙的抗风蚀能力增强, 但在沙障的前缘, 由于地表粗糙度的增加, 其沙埋程度较为严重。 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 规格和 $2 \times 2\text{m}$ 规格的沙障, 由于规格较大抗风蚀能力较 $1 \times 1\text{m}$ 规格的差, 所以风蚀沙埋程度均大于 $1 \times 1\text{m}$ 规格的草方格沙障。





■ 3.2 粘土沙障对风速及粗糙度的影响

Н а н г и
ш о р о о н ы э л с э н х а ш и л г а н ь
с а л х и н х у р д а ц б а ш ү р ү ү н и й
х э м ж э э д ү з ү ү л э х н ө л өө

- 粘土取土区距项目区较远，运输费用高，布设时需投入较多的劳动力，所以只进行了小面积的布设。不同规格的粘土沙障抗风蚀沙埋程度及对风速、粗糙度的影响详见（表-3）。
- 由表-3可见，由于布设粘土沙障时，未能切断前方沙源，粘土质量不高，经5个月的风蚀沙埋， $1 \times 1\text{m}$ 和 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 规格有53%和87%被吹毁，2003年春季则全部被吹毁。从粗糙度比较， $1 \times 1\text{m}$ 规格为 $2 \times 2\text{m}$ 规格的4.4倍，抗风蚀能力明显优于 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 和 $2 \times 2\text{m}$ 规格的粘土沙障。





■表-3 粘土沙障抗风蚀程度、对风速、粗糙度影响表
 н а н г и
 ш о р о о н ы э л с э н х а ш и л г а н ь с а л х и н
 х у р д а ц б а ш ү р ү ү н и й х э м ж э э д ү з ү ү л э х
 н ө л өө

表-3 粘土沙障抗风蚀程度、对风速、粗糙度影响表

项目 规格	风蚀沙埋程度		$V_{2.0}$	$V_{0.5}$	$V_{0.5}/V_{2.0}$	Z_0
	2002.9	2003.4				
1×1m	53%	100	6.96	4.92	0.707	1.768
1.5×1.5m	87%	100	7.7	5.56	0.72	1.365
2×2m	100%	100	6.37	5.05	0.792	0.4015

注:粗糙度调查于2002年6月20日





土工方格沙障对风速及粗糙度的影响

Ш О Р О О
 М О Д Н Ы Э Л С Э Н Х А Ш И Л Г А Н Ы С А Л Х И Н
 Х У Р Д А Ц Б А Ш У Р ҮҮ Н И Й Х Э М Ж Э Э Д Ү З ҮҮ Л Э Х
 Н Е Л Е Е

土工方格沙障布设于流动沙丘下部及平坦覆沙地，经过一年的观测，其风蚀沙埋程度及粗糙度（表4）。

规格	$V_{2.0}$	$V_{0.5}$	粗糙度
1×1	3.56	1.05	- 25.74
1.5×1.5	3.37	1.30	20.92
2×2	3.26	1.34	19

注：风蚀沙埋程度及粗糙度调查时间为 2003 年 4 月





- 由表-4可见，高度为15cm的土工方格沙障 $1 \times 1\text{m}$ 的粗糙度大于 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 、 $2 \times 2\text{m}$ 规格的土工方格沙障。 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 、 $2 \times 2\text{m}$ 规格的沙障内部形成稳定的凹曲面后粗糙度均有不同程度的下降。
- 土工材料硬度高、抗风蚀，透风系数为零，沙障掏蚀严重，尤以 $1 \times 1\text{m}$ 严重。 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 和 $2 \times 2\text{m}$ 规格的土工沙障前缘由于后续沙源没有切断而被流沙埋没。
- 垂直于风向的土工板下方由于风力的掏蚀，使土工板悬空，形成比较稳定的凹曲面，风沙流发生非堆积搬运，形成较稳定的下垫面结构。存在的主要问题：后续沙源没有切断，沙障埋压严重，降低了固沙效能。





表-5 化学固沙方式对风速及粗糙度的影响

项目 类项	沙埋比例%	$V_{2.0}$	$V_{0.5}$	粗糙度
1×1m 规格	42	6.9	5	1.309
全面封固	23	6.3	5.2	0.144

■从表-5可见，土壤凝剂沙障的粗糙度为全面喷洒的9.12倍，由此可见用土壤凝结剂设置的沙障对下垫面改变的作用非常明显，其沙垄中形成光滑凹曲面，唯一的缺点是结皮被人为破坏后容易被风掏蚀，形成大的风蚀破口，影响整体固沙效果。





3.3 不同规格、不同工程固沙措施防固沙能力比较

адилбусбаримжаа, адилбус

инженерийнэлсхатууруулахарга

从抗风蚀沙埋能力及粗糙度比较, 同规格、不同工程措施的防风固沙能力调查结果 (表-6)。

表-6 同规格、不同工程措施沙埋及粗糙度的影响

项目 类型	沙埋的程度%				粗糙度			
	1×1	1.5×1.5	2×2	全面	1×1	1.5×1.5	2×2	全面
草方格	21	30.5	52		2.141	1.282	0.4196	
粘土	100	100	100		1.768	1.365	0.4015	
土工方格	97	27	21		25.74	20.92	19	
土壤凝结 剂沙障	42			23	1.309			0.1435

注: 没切断沙源





- 由表5-6可见，从风蚀沙埋的程度来比较，以 $1 \times 1\text{m}$ 的草方格和 $2 \times 2\text{m}$ 土工方格沙障效果最佳。其次为土壤凝结剂全面喷洒方式和 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 土工方格沙障。从对风速及地表粗糙度的影响程度分析，以土工方格沙障效果最明显，其次为草方格沙障。综合各种工程措施短期和长期防风固沙的效果来看，以 $1 \times 1\text{m}$ 草方格为最优，其次为 $2 \times 2\text{m}$ 土工方格和土壤凝结剂。在实践运用中，如能结合各种工程措施的长处，扬长避短，因地制宜，综合运用，就可发挥工程治沙措施的最大效益。





综上所述，在流沙上设置沙障的作用，就是通过改变下垫面的性质，从而改变风沙流的运动条件。工程措施是一种行之有效的改变下垫面性质的防沙措施。

草方格沙障因地上部分低矮，以 $1 \times 1\text{m}$ 抗风蚀性较强，应做为基本规格。 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 规格仅限于沙丘非风蚀部位采用， $2 \times 2\text{m}$ 规格易遭风蚀，不能采用。

粘土沙障因材料困难，且易遭风蚀沙埋维持时间较短，且耗费的劳动大，不宜在本区采用。





3.4 不同边坡防护技术对风速、输沙量、地面稳定性的影响

а д и л б у с х ө в өө х я р ы н

с э р г и й л э л т и й н м э р г э ж и л н ь

с а л х и н х у р д а ц , э л с э н х э м ж э э ,

г а з р ы н г а д а р г и й н х э м ж э э д

х а р у у л а х н ө л өө

实践证明，采用土工合成材料与生物措施相结合的防治技术进行沙区铁路、公路防风固沙，效果十分理想，当年见效。规划设计中应控制的流沙业已固定，路面不再积沙。2003年气候干旱、风大的特点仍然很突出，仅5—6月，大 6m/s 的起沙风达17次，根据在鄂尔多斯市乌审旗境内沿路调查发现，有些地段已经出现严重积沙。个别地段已侵袭整个路面，不得不投入人力和机械进行清沙。





■ 关于不同边坡防护技术对风速、输沙量、地面稳定性的影响以及不同边坡防护法的制作成本的分析，进行综合评价，进而确定在半干旱沙漠地区公路边坡防护的技术措施。可见表-7以及表-8。

■ а д и л б у с з а м ы н х ө в ө ө г и й н с э р г и й л э л т и й н м э р г э ж и л и й н т у х а й

■ 从表-7和表-8中完全可以看出土工合成材料和生物沙障的防风固沙效果十分显著。同时也可以看出生物沙障和土工合成材料沙障的降低风速、减少输沙量、提高起沙风速度的显著作用。例如：当各种边坡防护施工试验区的风速为4.21-5.02m/s时，而试验对照区的风速则为6.10m/s，这是由于土工合成材料和生物措施的防风固沙作用，使风速降低了1.08-1.89m/s。



表 7 不同边坡防护技术对风速、输沙量、地面稳定性的影响

调查区	风速 m/s	10cm 处 输 沙 量 g/min. cm ²	地面稳定性
土工袋施工区	4.71	0.00	稳定
土工布施工区	5.02	0.00	稳定
土工格室斜铺法施工区	4.55	0.00	稳定
三维网垫施工区	4.65	0.00	稳定
固化法施工区	5.01	0.00	稳定
营养杯法施工区	4.89	0.006	欠稳定
柳方格生物措施区	4.21	0.00	稳定
全面覆土生物措施区	5.00	0.006.	欠稳定
土工格室法施工区*	4.85	0.00	稳定
堆垛法施工区*	4.85	0.00	稳定
试验对照区	6.10	0.018	不稳定



表-8 不同边坡防护方法对比

施工方法	单位造价 (元/m ²)			施工的难易程度	防护效果	综合评价
	材料费	人工费	合计			
土工袋	7.3	1.0	8.3	一般	良好	造价较高 可以推广
土工布	5.3	0.5	5.8	一般	差	不宜推荐
土工格室 斜铺法	8.3	0.8	9.1	一般	良好	造价较高 可以推广
三维网垫 固化法	4.3	0.5	4.8	容易操作	良好	推荐使用
营养杯	3.3	1.5	4.8	一般	良好	可以推广
柳方格	8.8	1.5	10.3	较难操作	一般	不宜推荐
覆土法	2.3	1.5	3.8	容易操作	良好	可以推广
	2.8	0.5	3.3	容易操作	良好	在无风蚀 区推荐
土工格室法	2.8	1.0	3.8	一般	良好	推荐使用
堆垛法*	2.8	0.5	3.3	容易操作	良好	可全线推 广使用



由此可见，铁路、公路边坡保护区的防护作用是十分显著的。

Т ө м ө р з а м , а в т о з а м ы н х ө в ө ө н и й

х а м г а а л а л т ы н б ү с н и й

с э р г и й л э л т и й н н ө л ө ө н ь м а ш

Ч у х а л б а й д а г . 但是，在综合分析土工合成材料用于边坡防护中，也看到不尽人意之处，例如土工布全面平铺法和营养杯护坡法，还存在着一些不足，它不利于植物的生长发育，现场施工较为复杂而且造价比较高，防护效果也不是很好。因此，这种方法不适合在流沙区使用。





■六、风沙区生物 防护技术的研究

Э л с ш у у р г а н ы
б ү с и й н
б и о л о г ы н
с э р г и й л э л т и й
н м э р г э ж и л

1. 风力侵蚀的类型、 危害及特征

с а л х и н х ү ч н и й т ө р ө л
з ү й л , а ю у л х о р д о л
б а о н ц л о г





■ 六、风沙区生物防护技术的研究 э л с

ш у у р г а н ы б ү с и й н б и о л о г ы н
с э р г и й л э л т и й н м э р г э ж и л и й н
с у д а л г а а

■ 1. 风力侵蚀的类型、危害及特征 с а л х и н х ү ч н и й т ө р ө л з ү й л , а ю у л х о р д о л б а о н ц л о г

- 在干旱半干旱地区、植被稀疏的条件下，当风力大于土壤的抗蚀的能力时，土粒就被悬浮在气流中而流失。这种由风力作用引起的土壤侵蚀现象就是风力侵蚀，简称为风蚀。
- 铁路建设过程中，离不开土石方作业，而修建铁路施工中就必然会扰动土体结构，致使土体抗蚀能力降低，侵蚀加剧，造成水土流失。风力侵蚀是造成水土流失的原因之一。铁路建设项目在施工过程中，在风力的作用下产生剥蚀使表土流失，产生风蚀。





1.1 风力侵蚀的影响自然因素 с а л х и н

х ү ч н и й ш а л т г а а н

影响风力侵蚀的自然因素主要有两个：一是频繁的超过起沙风速的风力条件及其与干旱季节在时间配置上的一致性，是风力侵蚀的动力基础；二是以物理性砂粒为主的地面组成物质的分散性，为风力侵蚀的发生发展提供了物质基础。地表或风沙堆积物，因风蚀、磨蚀作用，相对细粒物质被运移后，又可激发崩塌等重力侵蚀。在黄土高原北部长城沿线的水力、风力复合侵蚀区，风蚀可加剧沟蚀。





■ 1. 2 危害类型 а ю у л х о р д о л ы н т ө р ө л з ү й л

- 风力侵蚀对铁路的危害类型大体可分为路基吹蚀和线路积沙两种。当风力达到起沙风而作用于路基时，产生路基风蚀。风蚀过程中形成的风沙流不断地撞击路堤和地表，继续将沙粒扬起，纳入运动的气流之中，使风蚀过程逐渐扩展；另一方面，路基本身又是风沙流运行的障碍物，导致风速降低，在线路上形成旋涡，丧失其前进速度，所携带的沙粒在线路上沉落，引起线路发生积沙现象。





1.3 风速变化特征 с а л х и н ы

х у р д а ц н ы х у в и р а л т ы н
о н ц л о г

(1) 路堤各部位的风速 з а м ы н х ө в ө ө н и й э л х э с г и й н с а л х и н х у р д а ц

大风对路堤边坡、路肩的风力侵蚀严重，直接影响到路基的稳定。路堤迎风坡，因路堤屏障，流线加密，风速由坡脚至路肩逐渐增大，路肩风速最大。翻越路堤的气流因再度扩散，使背风坡的风速从路肩至坡脚逐渐减小，坡脚风速最小。如6m高的路堤，风向与线路正交时，假设路堤迎风侧不受路堤影响的平地2m高的风速为1.00，则迎风坡坡脚的风速为0.52，坡中风速为1.16，路肩风速为1.57。背风坡路肩风速为0.47，坡中风速为0.30，坡脚风速为0.28。





■ (2) 路肩以上的风速变化 замьн далаас дээш
хэсгийн салхин хурданы
хувиралт

■ 路肩以上的风速垂直变化，受爬坡风影响，最大风速出现在离路肩1.0m高处，1.5m处风速变小。

■ (3) 路堤的增速作用

■ 路堤越高，爬坡风速越大。因此，路堤的增速是随着路堤的增高而增大，如4.0m高的路堤增速只有10%，6.4m高的路堤增速为12%，11.3m高的路堤增速是27%。

■ 路堤的增速与风向有很大的关系，风向与线路正交时，增速较大，随着交角变小，增速逐渐减小。当风向与线路方向一致时(即交角为0)，路堤的增速作用完全消失。即路堤上的风速等于同高的自由梯度风速。





■ (4) 路堤高度与风速的关系 з а м ы н х ө в өө н и й
ү н д э р б а с а л х и н х у р д а ц н ы
х а р и ц а а

■ 路堤上的风速是同高的自由梯度风速和爬坡风速之合速。因此，路堤越高，风速越大，风力侵蚀越严重。根据路堤高度与风速比值(风速比为路堤上2m高的风速与平地2m高的风速比)关系曲线，制成如下近似公式：

■
$$K = 1 + 0.06H$$

■ 式中：K为路堤上2m高的风速与路堤迎风侧不受路堤影响的平地2m高的风速比；H为路堤高度(m)。





■ 2 铁路风力侵蚀的防治

■ 在铁路建设施工过程中，由于破坏现有天然植被面积过大或者取土、弃土不合理，又未及时采取防护措施，也是人为造成线路风力侵蚀的重要原因，必须引起注意。

防治铁路风力侵蚀需要从预防和治理两个方面着手。首先，应尽量把线路通过地区沙害的潜在威胁减少到最小程度，并注意不使风力侵蚀的范围扩大；第二，在发生风力侵蚀地段，本着因地制宜，因害设防的原则，积极采取工程措施、生物措施和化学措施治理。因此，铁路风力侵蚀的防治工作是贯穿在选线、施工及运营等各个阶段的，每个阶段都不应忽视，尤其是运营阶段，防治风力侵蚀是保证列车正常运行的主要任务。





■ 路基本体防护：风沙地区的铁路路基，容易遭受风蚀，尤其是路堤的路肩部位风蚀最重，而且踩踏变形。路基本体防护的原则是根据路基本体遭受风蚀为主的特点，因地制宜，就地取材，以达到不受风蚀的目的。一般有下列措施：截砌碎卵石、路肩栽砌片石、平铺卵石、加宽路面、路堤喷播客土、边坡采用生物措施等。尽量将地表的粗糙度加大以避免出现取土场地表很平的状况。采用条带状取土且条带走向与工程区主导风向垂直，同时避免车辆对挖土后的松散地表进行碾轧等；取土场的表层土不得随地抛弃，应就近堆放（表面有遮盖）；严格管理，禁止在河、渠、沟堤上取土；在工程后期，应及时对取、弃土场及周围影响区实施水土保持措施，包括地表整平和植被恢复、各种水土保持设施的修复等。

■ З а м ы н с у у р ы г х а м г а а л а х : З а м ы н
с у у р ы г х а м г а а л а х з а р ч и м н ь з а м ы н
с у у р ы г т у х а й н г а з а р т н ь з о х и ц у у л ж ,
т у х а й н г а з а р а а с м а т е р и а л а в ч ,
с а л х и н а а с х а м г а а л а х з о р и л г о д х ү р н э .





■ 3 风沙地区生物防护措施 Элс шуурганы бүс нутгийн ургамар сэргийлэн хамгаалах арга

■ 3.1 防护原则

■ 3.1 хамгаалах зарчим

■ (1) 全面规划，预防为主，治理与防护结合，化害为利的原则。

■ (1) бүх талаар төлөвлөж, сэргийлэхээр гол болгох

■ (2) 实施“重点突出，生态优先，综合治理”的生物防护原则。根据本工程处于毛乌素沙地流动沙丘的地域地貌特点，重点突出实施风沙区生物防护措施和治理，并优先考虑原生植物恢复措施。

■ (2) “ерөнхийлэн сэргийлэх” ажлын зарчим

■ (3) 在突出经济的前提下，生物防治措施坚持实施同时设计，同时施工，同时投入使用的三同时原则。

■ (3) төлөвлөх, үйл ажиллагаа явуулах, ашиглалтад оруулахыг зэрэгт нь





- 3.2 防护目标 Х а м г а а л а л т ы н з о р и л г о
- (1) 工程施工形成的边坡,应采取有效的防护措施,确保其稳定,不致其失稳而形成滑坡、塌方,对主体工程和周围环境产生危害。
- (1) И н ж н е р г и б а р и л г а а с б о л с о н х а ж у у г ы н х я р у у г а з а р ы г б ү х ж ү ү л э х х э р э г т э й
- (2) 工程开挖地表产生的土、石弃碴,应得到有效利用或妥善处理,严禁弃置于河床、水库和农田,不增加河流、水库的泥砂含量,避免危及下游的水利水保设施和工农业生产。
- (2) И н ж н е р г и а ж л а а с ү ү с с э н х а я г д а м а л ы г з о х и с т о й ш и й д в э р л э х х э р э г т э и .
- (3) 对各类工程建设区和直接影响区进行植被保护,建成多树种、多种配置和牧草、乔、灌(突出沙地柏的绿化、美化作用)相结合的生物防护体系,在铁路沿线形成稳定的绿色屏障,保护和改善沿线生态环境。
- (3) Э л т ө р л и й н и н ж н е р г и й н б ү с б а д а г у у б ү с н у т а г т у р г а м а л ы н х а м г а а л а л т х и й х х э р э г т э й





■ 3.3 主要技术措施

■ 3.3 Г о л т е х н о л о г и м э р г э ж и л

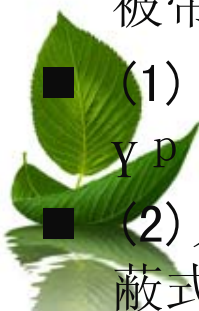
■ 针对风沙地区的自然条件和铁路沙害的特点，经过不断探索和反复实践，在解决流沙固定的原理与措施方面获得突破，建立了“以固为主、固阻结合，以生物固沙为主、机械固沙为辅”的铁路防沙体系。主要包括以下技术措施：

■ Э л с ш у у р г а н ы б ү с н у т г ы н б а й г а л ы н н ө х ц ө л б а т ө м ө р з а м ы н э л с э н а ю у л ы н о н ц л о г о о с б о л ж , д о о р о х т е х н о л о г и м э р э г ж и л б а й д а г :

■ (1) 合理的铁路防护带宽度和配置：即路北(主风向)500米、路南(次风向)200米的防护宽度和由前沿阻沙带-草方格固沙带-无灌溉条件下的人工植被带-有灌溉条件下的人工植被带构成的“四带一体”的防护带配置；

■ (1) Т ө м ө р з а м ы н х а м г а а л а л т ы н б ү с и й н ү р г э н б а т о н о г т ө х ө ө р ө м ж

■ (2) 人工沙障：在铁路两侧全面扎设人工沙障，选择最为经济有效的半隐蔽式方格沙障即草方格沙障，规格为1×1米~1.5×1.5米；





■ (3) 高立式栅栏和生物聚沙堤：在迎风侧边缘设置高1米的高立式栅栏，以阻截流沙入侵；同时，在距离栅栏背风一侧10米左右处栽植沙柳等耐沙埋的固沙植物，使越过栅栏有限的输沙产生堆积，形成生物聚沙堤，它是比栅栏更为稳定的一种生物阻沙措施，从而逐渐取代栅栏。

■ (3) Үндэр хашилга ба
ургамалын элсэн хашилга：

■ (4) 植物固沙：在草方格沙障发挥其最大效益的1~2年内，在障间种植以油蒿、花棒、柠条和沙木蓼为主的固沙植物，逐步建立人工植被，以植物固沙代替机械固沙。其中，固沙植物的选择、合理的密度与配置及栽植技术等对植物固沙的成效是至关重要的。



■ 通过流沙固定，风沙地区铁路沙害可以得到治理，铁路沙害可以得到控制，草方格沙障可以提高地表粗糙度，降低风速20%~30%，障内风蚀深度达到障间距离的10%即达到稳定，不再产生进一步的风蚀。高立式栅栏有效地阻截了流沙入侵，阻沙量达到90%，积沙高度1.1米，形成了生物聚沙堤，前移的沙丘叠置在聚沙堤上，移动速度大为减缓。防沙体系有效地保证了铁路的安全运行，随着流沙固定和人工植被的建立，风沙地区生态环境出现良性的转机，主要表现在土壤成土速率的加快、地表结皮的形成、植被盖度的增加、自然植被的恢复、动植物和微生物种群的日渐丰富等，形成了多功能良性循环的复杂的生态系统。

■ Элсийг тогтворжуулах аар дамжиж,
элс шуурганы бүс нутгийн төмөр замын
элс шуургыг засаж, төмөр замын элсэн
аяул нь хамгаалалтанд орж, элс
шуургаас сэргийлэх систем нь төмөр
замын аюулгүй ашиглалтыг баталж, эх
байгалыг нөхөн сэргээв.





■ 4. 总体防护效果 Ерөнхий

СЭРГИЙЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН

- 经过铁路平面防护试验段的观察和对比，试验段实现了保护铁路路基免遭沙害和快速恢复生态的目的。已防护地段，铁路路基上基本未见沙害，接渣平台和排水沟都清晰可见，施工便道畅通；铁路两旁到处可以看到沙生植物生长，生态在慢慢地发生改变，生态链在逐渐的形成。未设防护地段，部分风沙已上路基，部分排水沟和接渣平台被沙掩埋。从整体上来看，新恩陶铁路风沙路基平面防护试验工程已收到了初步的成效。

- Төмөр замын хавтгайн сэргийлэлтийн туршилтаар дамжин, төмөр замын суурь элс шуурганы аюулаас сэргилэх ба хурдан хугацаанд байгал орчинг нөхөн сэргээх зорилгод хүрсэн байна.























谢谢！
Thanks!

Б а я р а
л л а !