

鐵路防沙

H·A·波得普梁多夫 著



人民鐵道出版社

鐵 路 防 沙

H·A·波得普梁多夫 著

本 社 譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五八年·北京

定價：0.80 元 零售：0.05 元

沙漠地区铁路经常遭受各种沙害的严重威胁，它们影响了线路的完整和行车的安全，本书主要解决防止铁路沙害的问题。叙述了有关沙地的特性、沙土的成分、各种沙害及其特征；提出了铁路上防止沙害的方法及在受到沙害区段上经常维修的特点。这些经验都对我国目前和今后大规模地在沙漠及半沙漠地区进行铁路建设提供了宝贵的资料。可供从事铁路建筑和运营工作的工程师、技术员、领工员以及其他有关人员参考用。

本书由人民铁道出版社自译出版，参加翻译及编辑工作的有安世珍、王炳圻、王育泉、郭钟新、曾友勤等同志。

铁 路 防 沙

БОРЬБА

С ПЕСЧАНЫМИ ЗАНОСАМИ

НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

苏联 Н·А· ПОДПРЯДОВ 著

苏联国家铁路运输出版社（一九五八年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1958

人民铁道出版社译、出版

（北京市霞公府17号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印

（北京市建国门外七圣庙）

书号1063 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张4 字数91千

1958年9月第1版

1958年9月第1版第1次印刷

印数0001—2,000册 定价（8）0.41元

著者的話

流沙給我国橫穿流沙散布地区各鉄路的运营工作造成严重的困难，并且使这些地区修建新的鉄路极端复杂。

从帝俄时期組織鉄路防沙工作起，迄今已七十五年。然而在这数十年来，特别是在近几年来，所积累的一些經驗还没有很好地整理和总结出来。关于防护工业建筑物免受沙害的方法和以植物固定流沙的方法虽有专门書籍出版，但是很少提到直接有关防止鉄路沙害的問題。其实，到现在为止，在勘测、設計和修建鉄路时，以及后来在鉄路运营时，已经发生由于不知道防沙理論和实践所引起的錯誤，并且常常給国民經济带来很大的損失。

本書试图以通俗語句說明防止鉄路沙害的經驗和关于流沙性质的基本知識。著者力求叙述简单明了使鉄路工作人員人人能懂。

本書主要的插图取自下列各書：М·П·彼得洛夫（参考文献21），А·А·霍札耶夫（参考文献25），Н·Г·札哈罗夫等（参考文献11）和1953年工务总局的图册。

著者謹向对本書提供宝贵意見和建議的М·А·契尔内舍夫，Н·Н·維諾格拉多夫，Я·А·馬尔戈林，А·И·普罗沃洛維奇，Д·И·彼斯維阿尼澤和В·Ф·戈尔巴契娃等同志，以及热誠协助著者查閱防沙資料的諸同志，致以衷心的謝忱。

目 录

著者的話	序
第一章 苏联沙漠地带及半沙漠地带的沙地	5
铁路跨越的流动沙地	5
沙土的成分和特性	9
沙土运动的规律	14
第二章 铁路上的沙害	17
沙害的种类	17
产生沙害的某些原因	21
沙对机车车辆的影响	32
第三章 防止铁路沙害	36
铁路上采用的防止流沙的人工防护	37
变更铁路线路构造以预防沙害	47
铁路上的天然防护沙障	50
防止铁路沙害各项农林土壤改良措施的效果	91
苏联各铁路采用的各种防止沙害的方法	93
国外采用的某些防止沙害的方法	100
防止沙害工作机械化	105
第四章 沙漠地带修建铁路简述	107
沙漠中修建铁路路基防止路堤和路堑边坡土壤风蚀的方法	109
跨越流沙的铁路用地	115
第五章 沙害区段上铁路线路的维修	117
第六章 暴风沙发生时行车安全的保证	119

序

在1880—1888年間，俄罗斯工程师們首先在鐵路建筑史上写下了这一頁，修建了一条橫跨世界上最大的沙漠之一卡拉庫姆地帶的鐵路——查卡斯皮斯基鐵路（現在的阿什哈巴德鐵路）。后来，在1904—1906年間，在流沙地区修建了普里伏尔斯基鐵路（原梁贊——烏拉尔鐵路）阿斯特拉罕綫（从烏尔巴赫到阿斯特拉罕間一段綫路）。

这几条鐵路的修建是在下列极端困难的自然条件下进行的：鐵路穿过滿布流沙的沙漠地帶，沙漠中綠洲之間彼此相距很远，在山洪暴发时河流湍急、并經常变更河床的位置。

著名俄罗斯地理学者，中亚細亚探險家（天山）П.П.西蒙諾夫在庆祝查卡斯皮斯基鐵路最后一段鐵路通車时，曾写道：『这是无可爭辯的，……在地球上从来也沒有橫跨像在查卡斯皮斯基省內这样辽阔的沙漠，来修建一条鐵路』。

鐵路建設者在新加利福尼亚和在阿尔及尔所进行的防沙工作的規模，还没有像在里海沿岸，特别是像在麦尔夫斯基綠洲和阿穆达里亚河之間所进行的規模那样大。实际上，这项工程是在极端困难的情况下建成的。曾經遇到过，同一段路堤要修建若干次，因为这段路堤修成后就全部被风吹走了。1906年6月，在阿斯特拉罕綫上曾发生过这样的路基风蚀事故，在几公里长的路基上軌节由于风蚀而悬空。

在沒有实施人工防御措施的流动新月形沙丘的沙原上，不但修建鐵路非常困难，而且維修綫路也是很不容易的，因为鐵路路基經常会被风蚀和被沙埋沒（图1）。

在1768年植物学家兼地理学家Э·拉克斯曼建議用当地的植物来固定流沙。十九世紀初，俄罗斯已經认为草原植树的問題和沙原的农林土壤改良工作有很大意义。

在1886—1888年，俄罗斯地理学会在当时尚系青年采矿工程师、后来成为苏联的偉大地质学家科学院院士B·A·奥布鲁契夫的领导下，对查卡斯皮斯基铁路所跨过的沙原，組織了考察工作。

B·A·奥布鲁契夫根据他考察的結果，曾建議采用保存沙原既有的植物层和人工栽植固沙植物来防止沙害的方法及一些其他的措施，这些措施确定了铁路防沙工作組織的未来方向。

铁路固沙工作組織和发展方面的偉大功蹟应属于1895年被聘到阿什哈巴德铁路局工作的森林学家B·A·帕列茨基。他曾研究了沙的移动理論問題，詳細地制定了用植物固沙的方法，确定了各种植物和沙的流动程度之間的联系，研究了沙的自然形成情况等等（参考文献19）。

为了培植固沙用的植物，B·A·帕列茨基曾在法拉布（1896年），哲別尔（1908年）和布尔古奇（1928年）等铁路車站先后設立特別的不加灌溉的沙地苗圃。B·A·帕列茨基首先在中亚細亚沙原铁路綫路沙害最烈的法拉布——霍札达夫列特区段創設了防护林。在这个区段上种植塩木屬植物和其他沙地灌木，生出了很好的幼苗，而沙很快地就被植物复盖住^①。

^①但是应当指明，在阿什哈巴德铁路受过沙害的各區段上，特别是在第76号會議站——卡拉烏尔——庫尤，卡拉烏尔——庫尤——第77号會議站，涅比特达格——維什卡和卡贊吉克——克拉斯諾沃德斯克等三个區段上，由于以下不利于植物發育的条件，如地下水位深、沙的流动性大和土壤的塩漬高度，所以大的新月形沙丘到現在为止还是危害着綫路。

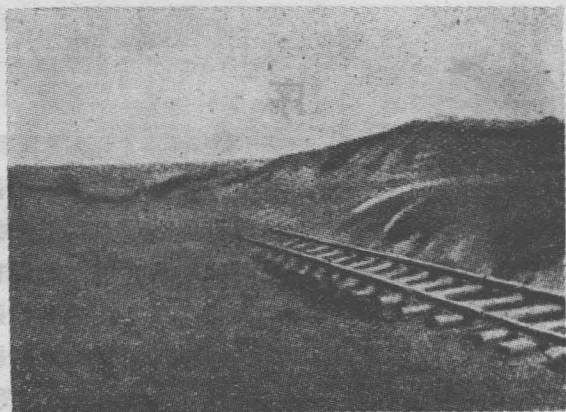


圖 1

俄罗斯交通工程师X·B·格尔曼于1891—1892年游历欧洲各国、埃及和阿尔及尔后，在他的报告書内写出：『到现在为止，已有这样的沙原（像在中亚細亚的）而不采取防沙措施的国家已經是找不到了』（参考文献4）。

众所周知，修建查卡斯皮斯基铁路的施工經驗已被法国人在設計撒哈拉大沙漠的铁路时应用过。

如果是在流动新月形沙丘的沙原上修建铁路带有极大困难的话，那末如果不采取特别的固沙措施而进行铁路运营和維修工作是完全不可能的。我們铁路修建工作者和运营人員面临着以下两个問題：即防止铁路路基被风吹毀和組織防止沙害的有效措施。俄罗斯学者們乃是解决这两个問題的先驅。

在俄罗斯流沙地带內远在十八世紀就已开始进行了农林土壤改良工作，当时首先解决的是对农业和居民区造成很大危害的流沙必需固定的問題。

在原梁贊——烏拉爾鐵路阿斯特拉罕綫上，工務處防護林科的工作人員在A·A·霍札耶夫領導下，在固定新月形沙丘的沙原上進行了很大的工作。

在1906年交付運營的阿斯特拉罕綫（跨越新月形沙丘的沙原），因為沙害嚴重，常常不能使用，特別是在上巴斯昆恰克——阿斯特拉罕區段上更為嚴重。

在這一區段，特別是恰普恰奇與布贊兩站之間的地區內，經常發生機車車輛脫軌事故並在綫路被沙埋沒的區間停車。

A·A·霍札耶夫在新月形沙丘上种草和沿着路基栽植防沙林，得到了很好的效果，阿斯特拉罕綫現在已不見有沙害了，列車在這條綫上以正常的速度按照規定的時刻運行。

為了對各種卡拉庫姆沙型進行科學研究工作，俄羅斯地理學會於1912年在阿什哈巴德鐵路列別切克站附近設立了列別切克研究站，這個研究站直到現在還繼續工作着。

蘇維埃政權時代在開垦沙漠沙地方面曾進行了巨大的工作。在土庫曼修建了許多水庫，其中包括大的德詹水庫；在烏茲別克斯坦修建了一個完善的灌溉網；修建了卡拉庫姆水力發電站、大費爾干納運河和最大的卡塔-庫爾干水庫。

在第六個五年計劃期間大規模地進行了沙漠的開垦工作。目前，在戈洛德草原進行着開垦工作；在中亞細亞東部地區修建着卡拉庫姆運河（土庫曼內最大的灌溉建築物）。由於修建運河的結果，有450,000公頃土地得到了灌溉，約有5,000,000公頃的牧場得到了水源。

為了順利地開垦沙地，特別是為了技術作物，目前在上述地區廣泛地展開了新鐵路的修建工作；大力設置防沙林，以防止鐵路路基上的沙害。設置防沙林乃是全國改造自然計劃中的一個組成部分。

第一章 苏联沙漠地带及半

沙漠地带的沙地

铁路跨越的流动沙地

经过我国最大沙漠地带——卡拉库姆沙漠（图2）的几条铁路计有：克拉斯诺沃德斯克——察尔周铁路线，察尔周——昆格勒铁路线和阿什哈巴德铁路的涅比特达格——维什卡支线及马雷——库什卡支线。



圖 2

卡拉库姆沙漠位于科彼特达格山脉、巴德黑兹高原之间，南接卡拉比里高地，北至旧有的乌兹巴河道，东邻阿姆河流域的大平原。沙漠所占面积约3500万公顷，其中流动沙地面积约占5%（参考文献21）。

沿巴尔汗地区（大巴尔汗和小巴尔汗山脉区域）的沙地，对阿什哈巴德铁路，特别是对克拉斯诺沃德斯克——卡赞得日克和涅比特达格——维什卡两个区段是非常不利的。

由于該地区特有的大风，沙的流动性很大。我們可以看看这个地区的考察者B·A·費多罗維奇描述的：『在土尔曼西部，于其东南面科彼特达格山系和西北面克拉斯諾沃德斯克高原及大巴尔汗山脉之間，是低窪的走廊地带，小巴尔汗山像島屿般地聳立其間。到了春季，沙漠上的气温升高，热空气較輕而开始上升，接着就从过了冬而天气尚未暖和的里海方面吹来的較重的冷空气迅速侵入。空气流在这个山間走廊內被压縮而变成具有真正颶风的哪种速度』（参考文献24）。

这种风的风向，常年是东风和东北风。在涅比特达格地区，这样风的速度每秒鐘达35~40公尺，并夹带有大量的沙，給铁路运营工作造成了非常严重的困难。

遭受卡拉庫姆沙漠砂害的还有德詹—察尔周区段和安納烏車站地带。

阿什哈巴德铁路的察尔周一卡干綫和卡干—布哈拉支綫，均經過克茲尔庫姆沙漠的流沙地区。这个沙漠位于阿穆达里亚河和錫尔达里亚河之間，北起咸海，南至塞拉夫森河流域。

克茲尔·庫姆沙漠砂的流动性，較卡拉庫姆沙漠沙的流动性弱得多。在这里主要是那些以植物固定了的壠形沙地和丘陵沙地，而新月形沙丘的流动沙地所占面积不大。

阿尔哈巴德铁路的法拉布—卡干—卡尔希—克尔基奇铁路綫，通过靠近新月形沙丘松杜克利沙原的地带，这个沙原位于阿穆达里亚河与卡什卡达里亚河流域之間，西北面与塞拉夫森河下游相連，东南面以卡尔希—克尔基奇铁路綫为界。

阿什哈巴德铁路斯大林納巴德綫的卡尔希—穆克雷区段遭受沙害最为严重。

捷尔麦茲—扎尔庫尔干区段，經過卡塔庫姆沙漠的壠形

沙丘地区，这个地区地势十分平坦，植物固定得很好。但是由于过去植物遭到过度破坏的结果，砂地的地形就开始形成了起伏不定危害铁路路基的新月形沙丘。

塔什干铁路费尔干纳方面的，科干德—高尔察科沃—安集延—乌奇库尔干—纳曼干环行线，占有面积约 120,000 公顷的沙地。

上述铁路所经地区很少遇到新月形沙丘的沙地，这条线上在近几年来没受到严重的沙害，但是在个别的区段和车站上，沙害并未完全消除。

在塔什干铁路的干线上，有不少区段靠近克兹尔沙漠的主要沙原，在某些地点上有些区段还会跨越这些沙原。这首先是克兹尔奥尔金斯克铁路分局（通过完全不生杂草的沙丘）朱萨雷—奇里区段，以及捷姆尔和乌尔萨齐耶夫车站。

土尔克斯坦—西伯利亚铁路经过了許多沙漠地带，其中有：穆云库姆沙漠，塔乌库姆沙漠，萨雷—依希克—奥特拉乌沙漠，阿拉尔库姆沙漠，萨雷库姆沙漠等。

穆云库姆沙漠所占面积约 500 万公顷，其中流动状态的地带约占 7~10% 的面积。

靠近沙原或跨越沙原的铁路线各区段和车站有：卡拉库姆—艾纳布拉克区段（该段通过地区是巴尔喀什沿岸被固定丘陵沙地的盆地）；艾纳布拉克—伊犁区段；伊犁车站及楚城车站地区。

靠近列普萨车站的铁路线，遭受到列普萨河流域带来的沙害，这是由于该流域的植物常被当地的牲畜和车马的踏毁而造成的。这种情况也在马泰车站可以见到，在这个地区出现了新月形沙丘带。在马泰站和44号会让站之间长56公里距离内到处有分散沙地和不生杂草的丘陵沙地。

奥连布尔格铁路的南面（由契尔卡尔站到朱萨雷站）的

一段通过咸海海滨的卡拉庫姆沙漠。这个沙漠位于錫尔达里亚河下游与契尔卡尔-滕吉茲湖之間。这里有遍生杂草的沙地——微波沙和丘陵沙；非遍生杂草的沙地——新月形沙丘沙。疾风吹动起伏不定的沙地約占全面积的20%。

奥連布尔格铁路地区內造成沙害最烈的沙原，是大巴尔苏克沙漠和小巴尔苏克沙漠，它們是咸海北岸的两条不寬的狭长地带。

大巴尔苏克沙漠的沙原总面积为 800,000 公頃；其中地形起伏不定的流动沙地約占全面积的25%。小巴尔苏克沙漠的面积大約为300,000公頃。

小巴尔苏克沙漠为丘高15~25公尺的新月形丘陵的地形。

巴尔苏克地区，也像咸海沿岸所有地区一样，其特点是气候十分干燥，并且常常有强烈颶风。

契尔卡尔車站地区內的铁路綫有12公里长是通过大巴尔苏克沙漠，而卡拉乔卡特車站地区內通过小巴尔苏克沙漠的铁路綫有 9 公里长。受沙害最烈的地方是68、69、71号会让站和德日兰車站。

普里伏尔斯克铁路的阿斯特拉罕綫和奥尔忠尼启則铁路的基茲利亚尔—阿斯特拉罕綫，均通过里海盆地的沙漠。

从1906年修建原梁贊—烏拉尔铁路烏尔巴赫—阿斯特拉罕綫（阿斯特拉罕綫）时起，在恰布恰奇—布贊斯基区段上，就发生了最剧烈的沙害。

但是在苏維埃政权年代里，由于采取了适当的措施，这里的沙害在目前差不多是中止了。奥尔忠尼启則铁路的基茲利亚尔—阿斯特拉罕綫上的捷尔庫姆沙地尚未完全固定，对于铁路运输还有严重的威胁。

阿塞拜疆铁路（原南高加索铁路）的巴拉扎雷—捷尔宾

特，巴拉扎雷—阿利亚提和阿利亚提—阿扎卡布尔各区段，均跨越沙漠地带。

在1924年，原南高加索铁路工务处設立了防沙林科，由林业土壤改良专家И. Я. 扎克特列格尔工程师领导，进行了很大的固沙工作，由于这样作的結果，上述各铁路区段上的沙害现象是消除了。但考虑到由于里海的水位下降，沿海地带吹来的沙子迅速地蔓延，还有重新发生沙害威胁铁路线路的可能。

敖德薩铁路和斯大林斯克铁路，均通过德聶伯河下游的沙漠地带（由德聶伯河下游至德聶伯河口）。

受德聶伯河下游沙漠的沙害最大的铁路各区段計有：斯大林斯克铁路的赫尔松—詹科依区段的楚留宾斯克—阿美尼亚綫，和德聶伯罗彼得罗夫斯克分局各段。

沙土的成分和特性

沙土的机械成分。沙土的流动性要根据它的机械成分和风力来决定。

流沙按其机械成分來說，其大多数含量是由0.25~0.05公厘的小顆粒沙組成的；經過很好篩分的砂土中，粉沙末和粘土粒的含量不超过1.5~2.0%^①。

铁路跨越的各个不同地区內，流沙的机械成分，可根据表1的資料（参考文献21）按百分数來說明。

沙土的化学成分。沙土的化学成分对于农林土壤改良工作是有特殊重要意义的。

沙土的化学成分，由于沙原的地理情况、生长年代、篩分的程度及某些其他因素的不同，而有所变化。

① 但是粉沙末（小于0.05公厘）要完全除淨是不可能的，因为由于較大沙粒的破坏，粉沙末就不断的形成。

表 1

取 試 样 地 点	鐵 路 及 区 段 名 称	大 粒 沙 1.0~0.5公厘	中 粒 沙 0.5~0.25公厘	小 粒 沙 0.25~0.05公厘	末 沙 小于0.05公厘
列彼帖克車站	阿什哈巴德鐵路 馬雷—察尔周……………	0.0	3.7	96.2	0.1
德日別尔車站	阿什哈巴德鐵路 涅比特达格—克拉斯諾 沃德斯克……………	0.0	0.2	96.2	3.6
涅比特达格碩尔捷 里郭特站	阿什哈巴德鐵路 克拉斯諾沃德斯克—卡 贊得日克……………	0.1	0.3	90.6	9.0
列普薩車站	土尔克斯坦—西伯利亞鐵路 阿克托盖—馬泰……………	—	0.4	93.9	5.6
圖尔特庫尔地区	阿什哈巴德鐵路 察尔周一昆格勒……………	10.4		88.4	1.1
布哈拉沃地	阿什哈巴德鐵路 卡干—布哈拉……………	0.2	96.8	3.0	—
阿斯特拉罕沙漠	普里伏尔斯克鐵路 烏尔巴赫—阿斯特拉罕…	0.12		95.9	4.0
哈赤馬斯車站	阿塞拜疆鐵路 巴拉扎雷—捷尔宾特……	20.0		76.7	3.2
馬哈奇卡拉車站	奥尔忠尼啓則鐵路 捷尔宾特—古迭尔麦斯…	68.2*		35.6	2.2
德聶伯下游沙地	斯大林斯克鐵路……………	0.3	28.9	62.8	2.0

* 大貝壳屑。

由于沙質土壤中植物发育很差所以有机物含量极少。沙質土壤中因缺乏粘土粒的关系，其中鋁和鉄不多，錳更稀少。

在流动沙土中氧化鈣的含量达 5 ~ 6 %，而在以植物固定的密实的沙土中，其含量达 20 %。

在塩質强的沙土中（特別是經過篩分的沙土中）和在咸性的沙土中，所含的鉀和鈉量要比以植物固定的沙土中所含的多得多。

为使植物生长，必須有能溶于水的矿质化合物。这种化合物在新月形沙丘的沙土中是含有的，一般來說含量不大。这种沙土中腐植土的含量介于0.15~0.77%之間。

沙土的物理特性。即是沙的比重、黏性、結構性和孔隙度（多孔性），須按其机械成分和化学成分来决定。

經過篩分的沙土，在干燥状态下是松散的，沒有黏性，因而也沒有結構性。

各砂粒間所有孔隙的容积与砂土的总体积之比叫做孔隙度；由于沙土的机械成分不同，其孔隙度也是不一样的。例如粒徑1~2公厘的大粒沙，其孔隙度达35~39%，而粒徑0.05~0.25公厘的粉沙末达47~55%（参考文献21）。因为沙粒孔隙度大所以沙土中含有較多的水分。但是为了查明沙土含水的特性来对这种孔隙度作实际分析时，最重要的是要确定出大孔隙和小孔隙容积的比值，因为在較大孔隙的沙粒中多半沒有毛細管孔，而在較小孔隙的砂粒中多半有毛細管孔。

沙土含水的特性要依据沙土的机械成分和物理特性来决定，并以它的透水性、毛細管作用和持水量來說明。

沙的透水性，按透过沙子的水量和保持沙层中某种水位的含量来确定。沙粒越小，它的透水性将越弱，相反的，沙粒越大則透水性越强。

雨水降落在流动的細沙中不会停留，即迅速地透过整个沙层，一直滲到下面隔水岩层（不透水层）为止。雨水在下面的沙层中蓄积起来。因为沙粒的非毛細管孔隙度比較大，下面沙层的水上升的不高，因此在蒸发时只把上面一层沙土晒干，而在下面沙层中仍保持有水分，可为植物利用。

这可以用阿什哈巴德铁路列別切克車站附近的流动沙地透水性的資料作例來說明：沙土中水分每隔5分鐘往下滲透

可达34.6公分深，每隔20分鐘达87.7公分深，每隔30分鐘达120公分以上的深度。

沙粒的毛細管作用，或其使水上升的能力，决定于孔隙度的大小。正如大家已經知道的是流动沙土的多孔性非常高，因此它們使水上升的能力不大。

沙土的机械成分不同，其毛細管吸水能力也就不同，沙粒越小水上升得越高，但毛細管升水速度也越慢。这样，在大粒沙（1~2公厘）中毛細管升水高度每隔24小时达54公分，每隔4天最高能达到65公分；在中粒沙中（1~0.5公厘）每隔24小时为115公分，每隔4天最高能达到131公分；在小粒沙中（0.5~0.25公厘）每隔24小时为214公分，每隔8天最高能达到246公分。

由于沙土的毛細管作用很低，因之可以保持最深地层中的水份。

持水量，各沙粒之間的孔隙中能容納某些水量的能力，叫做持水量。持水量可分为飽和的和毛細管的二种。飽和的持水量是以所有毛細管和非毛細管孔隙中充滿的水量来确定；毛細管持水量是以毛細管孔隙中所保持的水量来确定。

持水量，也和沙土其他含水特性一样，是决定于沙土的机械成分的。

研究沙中水分的物理状态和运动时，証明水在沙中有各种不同的形象。

由于气温的經常变化和沙原上冷热的变化，土壤的上层中就形成了汽化水。汽化水充滿了沙土之間的孔隙。这种汽化水不能为植物利用。

吸着水在沙粒的周边形成一层极薄的水膜，这种水膜也和汽化水一样，不适用于植物。

成膜的水层被一种分子吸附力阻留在沙土的孔隙中。有