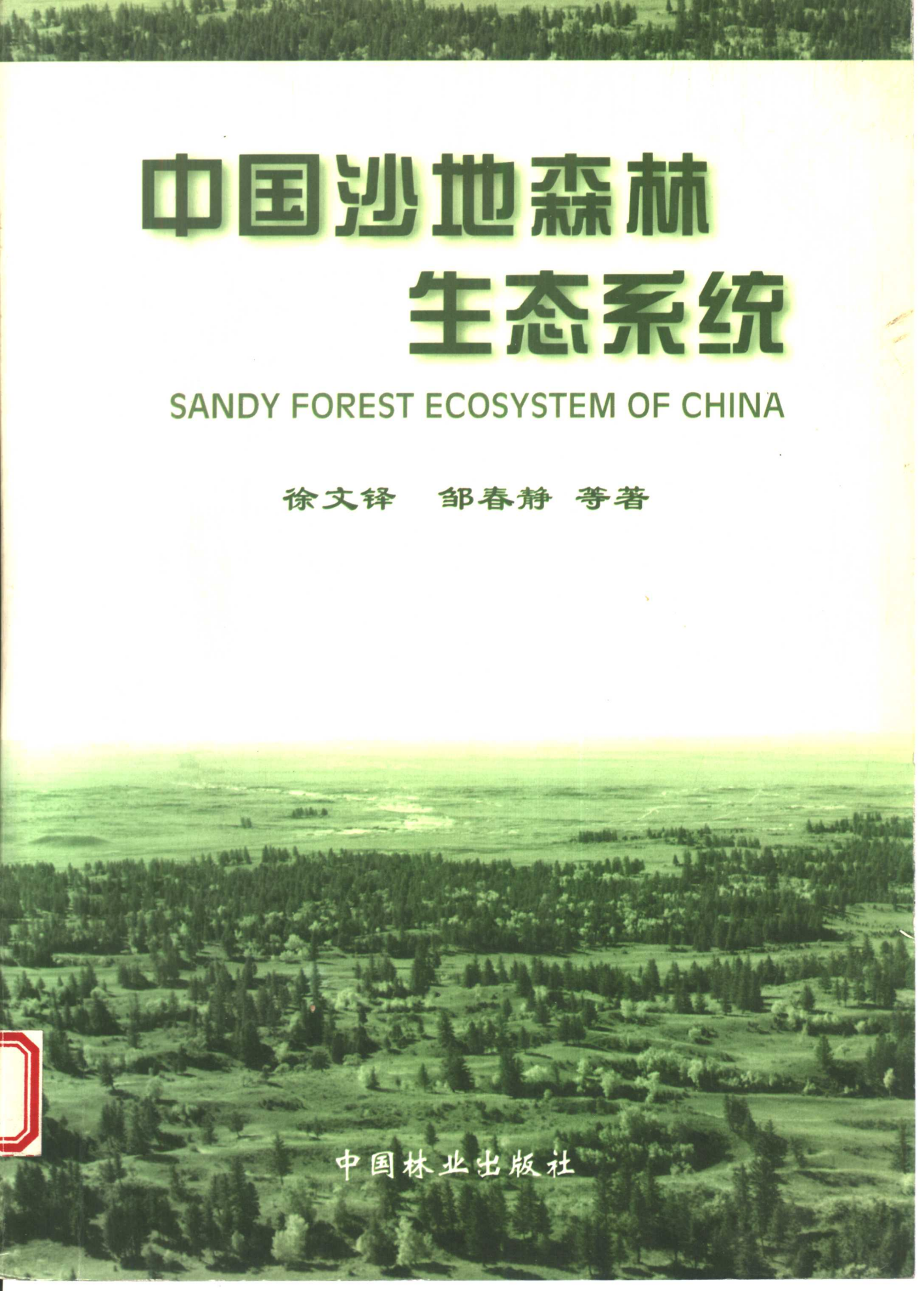




中国沙地森林 生态系统

SANDY FOREST ECOSYSTEM OF CHINA

徐文铎 邹春静 等著



中国林业出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

中国沙地森林生态系统

徐文铎 邹春静 等著

国家自然科学基金资助项目

中国林业出版社

责任编辑：牛玉莲

责任校对：杨 静

图书在版编目 (CIP) 数据

中国沙地森林生态系统/徐文铎等著. —北京：中国林业出版社，1998.12

ISBN 7-5038-2088-8

I 中… II. 徐… III. 沙漠-森林-生态系-中国 IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 29915 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

发行 新华书店北京发行所

印制 北京地质印刷厂

版次 1998 年 12 月第 1 版

印次 1998 年 12 月第 1 次印刷

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 25.75

字数 560 千字

印数 1~800 册

定价 45.00 元

前 言

沙地森林是指分布在我国草原带沙地上,并以大(中)高位芽为建群种形成的森林群落。其中比较重要的有呼伦贝尔沙地上的沙地樟子松林、科尔沁沙地上的油松林和阔叶林以及浑善达克沙地上的沙地云杉林等。这是一类陆地上非常特殊的森林生态系统类型,是我国珍贵的自然财富,由于它们的存在,为我国北方防风固沙,控制土地沙漠化,改善当地农牧区人民生活环境发挥着巨大的生态效益、经济效益和社会效益。

但是,由于长期经营管理不善、森林火灾时而发生和病虫害的蔓延,致使沙地森林资源遭到严重破坏,甚至达到灭绝的边缘(沙地云杉林、沙地油松林)。为了拯救这些珍稀资源,我国政府先后建立了内蒙古白音敖包沙地云杉林自然保护区、大青沟沙地阔叶林自然保护区和红花尔基沙地樟子松林自然保护区。然而目前有关沙地森林生态学研究资料很少,不能满足社会发展和生产的需要。

早在 50 年代初期,中国科学院林业土壤研究所就非常重视沙地森林的研究工作,在老一代科学家刘慎谔教授和王战教授倡导下,开展了固沙造林实验,引种了樟子松、油松等树种。同时为了配合引种工作,1963 年赵兴梁等出版了《樟子松》专著。30 多年来,随着三北防护林体系的建设,沙地樟子松引种面积愈来愈大,1989 年焦树仁出版了《章古台固沙林生态系统的结构与功能》一书。这些专著为我国沙地改良起到了重要作用,但由于专著的局限性,主要是对沙地樟子松人工林进行了研究总结,而对沙地天然林研究较少。为了全面开展沙地森林生态系统研究,从 1989~1998 年十年间,徐文铎先后向国家自然科学基金委员会申请开展《内蒙古沙地云杉林生态系统研究》(38970166)、《沙地云杉种群保护生态学研究》(39470138)、《沙地樟子松(长白松)林生态系统结构、功能和生产力研究》(39170160)和《沙地残遗油松种群脆弱性分析》(39670133)研究项目,并完全得到批准,列为国家自然科学基金研究课题。在国家自然科学基金资助下,全面系统地开展了沙地森林生态系统的个体生态、种群生态、群落生态、生态系统生态以及保护生态学等研究工作,为创建新兴的边缘交叉科学——沙地森林生态学奠定了理论基础。

令人欣慰的是,在执行国家自然科学基金项目研究过程中,当时有几位研究生参加课题研究,他们是郑元润博士、邹春静博士、卜军博士、常禹硕士,他们的论文丰富了本专著研究内容。此外,还有中国科学院沈阳应用生态研究所的关文彬博士后、曾德慧博士、赵光博士、郑景明硕士以及北京林业大学刘涛博士、北京师范大学贾利硕士,他们的研究生毕业论文都与沙地森林生态系统有关,所提供的资料润泽了本专著,在此表示谢意。

为了全面系统总结沙地森林生态系统研究,我们还邀请辽宁省固沙造林研究所焦树仁和东北林业大学张国财及中国科学院沈阳应用生态研究所赵焕胤等先生撰写了部分章节。

本专著共分 6 部分 20 章,其中第一至第四章、第十一至第十三章由徐文铎执笔;第五至第八章、第十五至第十六章、第十八章由邹春静执笔;郑元润撰写第十四章及其他部分章节;曾德慧撰写第十章、卜军撰写第九章、赵焕胤撰写第十七章、张国财撰写第十九章、焦树仁撰写第二十章及提供部分章节资料;东北林业大学陈华豪、王义弘、赵雨森提供部

分章节资料。全书由邹春静统稿，徐文铎作了部分修改。

本书承蒙中国科学院植物研究所张新时教授、中国科学院沈阳应用生态研究所王战教授、东北林业大学周以良教授、中国林业科学研究院蒋有绪教授的推荐和帮助。此外，在材料整理和撰写时又得到内蒙古大学雍世鹏教授、中国科学院沈阳应用生态研究所姜凤歧教授和东北林业大学侯爱菊教授的大力支持，在此一并致谢。

沙地森林生态系统研究为沙地森林生态学科的建立奠定了理论基础。沙地森林生态学是一门具有重大理论意义和生产实践价值的新兴的边缘交叉学科，目前在国际上还没有引起注意，但近年来随着土地沙漠化、防风固沙林的营造，沙地森林生态学的基本理论和研究方法逐渐完善，将形成一门崭新的科学。为了迎接挑战，瞄准国际生态学发展前沿，直取生长点。我们在国家科学技术著作出版基金资助下，出版了本专著。

由于著者的水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

徐文铎 邹春静

1998-04

目 录

前 言

第一部分 沙地森林生态环境

第一章 沙地森林与生态条件	(2)
第一节 沙地森林的基本概念及其研究前景	(2)
第二节 沙地森林生态条件	(3)

第二部分 沙地森林主要树种的分类、生长和适应

第二章 沙地森林主要树种分类问题	(14)
第一节 沙地云杉新种的鉴别与近缘种关系	(14)
第二节 樟子松分类与近缘种的关系	(21)
第三章 沙地森林树种的生长发育规律	(29)
第一节 沙地森林主要树种生长过程	(29)
第二节 沙地森林树种苗期生长规律	(36)
第三节 沙地森林主要树种生长与生态因子的关系	(40)
第四章 沙地森林树种的适应性	(49)
第一节 沙地森林主要树种生理生态特性	(49)
第二节 沙地森林树种根系分布特征	(55)
第三节 沙地森林树种的适应性	(56)

第三部分 沙地森林优势树种的种群结构与动态

第五章 沙地森林优势树种的种群结构	(66)
第一节 沙地森林优势种群统计学特征	(66)
第二节 沙地森林优势种群的空间格局	(73)
第六章 沙地森林优势树种的种群动态	(87)
第一节 沙地森林优势种群的生殖动态	(88)
第二节 沙地森林优势种群的生活史动态	(97)
第三节 沙地森林优势种群的增长动态	(101)
第四节 沙地森林优势树种的更新与扩散	(105)
第七章 沙地森林种群的种内种间关系	(117)
第一节 沙地森林的种群调节	(117)
第二节 沙地森林种群的种内种间竞争	(125)
第三节 沙地森林树种与动物种群的关系	(128)

第八章 沙地森林种群的构件性状特征与生长规律	(136)
第一节 沙地森林种群性状变异	(136)
第二节 沙地森林树种构件生长特征	(143)

第四部分 沙地森林群落的类型与特征

第九章 沙地樟子松林 (天然林)	(150)
第一节 沙地樟子松林地理分布及其历史变迁	(150)
第二节 沙地樟子松林植物区系特点	(154)
第三节 沙地樟子松林的群落类型及其特点	(157)
第四节 沙地樟子松林群落的稳定性	(159)
第十章 沙地樟子松人工林	(164)
第一节 沙地樟子松引种区划	(164)
第二节 沙地樟子松人工林直径分布规律	(169)
第三节 沙地樟子松人工林自疏规律	(170)
第四节 沙地樟子松人工林稳定性	(173)
第十一章 沙地云杉林	(178)
第一节 沙地云杉林的分布与性质	(178)
第二节 沙地云杉林的植物区系分析	(182)
第三节 沙地云杉林的群落结构特征	(186)
第四节 沙地云杉林群落类型与动态	(195)
第五节 沙地云杉林中的沙地云杉种群稳定性	(202)
第十二章 沙地油松林	(204)
第一节 沙地油松林的分布	(204)
第二节 沙地油松林主要类型	(204)
第三节 沙地油松林生长量与气候的关系	(206)
第四节 沙地油松林的更新与演替	(207)
第五节 沙地油松林的经营管理	(208)
第十三章 沙地榆树林和沙地杨桦林	(209)
第一节 沙地榆树林	(209)
第二节 沙地杨桦林	(213)
第十四章 大青沟沙地阔叶林	(217)
第一节 大青沟沙地阔叶林的起源	(217)
第二节 大青沟沙地阔叶林的群落类型及特点	(220)
第三节 大青沟植物群落的分布格局与动态	(228)
第四节 大青沟植物群落的多样性与稳定性	(236)

第五部分 沙地森林生态系统的结构与功能

第十五章 沙地森林的生物量与生产力	(246)
第一节 沙地樟子松林的生物量与生产力	(246)

第二节 沙地云杉林的生物量与生产力	(261)
第三节 沙地油松林的生物量与生产力	(265)
第四节 沙地阔叶林的生物量与生产力	(274)
第十六章 沙地森林生态系统的功能	(276)
第一节 沙地森林生态系统的物质循环	(276)
第二节 沙地森林生态系统的能量流动	(287)
第十七章 半干旱区森林的水量平衡	(291)
第一节 半干旱区森林水量平衡系统	(291)
第二节 半干旱区森林对降水的影响	(294)
第三节 半干旱区林冠对降水的截留	(298)
第四节 半干旱区森林对蒸发散的影响	(306)
第五节 半干旱区森林对径流的影响	(319)

第六部分 沙地森林生态系统的保护与可持续利用

第十八章 沙地森林生态系统保护生态学的基本理论	(324)
第一节 岛屿生物地理学理论	(324)
第二节 保护经济学理论	(328)
第三节 种群脆弱性分析	(333)
第四节 Meta-种群动态理论	(336)
第五节 自然保护区生态建设——以白音敖包自然保护区为例	(338)
第十九章 沙地森林病虫害及防治	(346)
第一节 沙地针叶林主要虫害及防治	(346)
第二节 沙地阔叶林主要虫害及防治	(360)
第三节 沙地针叶林主要病害及防治	(366)
第四节 沙地阔叶林主要病害及防治	(379)
第二十章 沙地人工固沙林的营造与管理	(384)
第一节 造林立地类型划分——以科尔沁沙地东南部地区为例	(384)
第二节 造林设计与树种选择	(386)
第三节 沙区气候特点与造林技术的关系	(388)
第四节 章古台试验示范固沙林	(391)
第五节 沙地人工林的经营技术	(393)
参考文献	(396)

第一部分

沙地森林生态环境

第一章 沙地森林与生态条件

第一节 沙地森林的基本概念及其研究前景

沙地森林是陆地上一种非常特殊的森林生态系统类型。因此，在讨论沙地森林生态系统之前，有必要对沙地森林的基本概念以及与山地森林、草原的关系作一概述，这对于深入开展沙地森林生态系统研究具有重要意义。

我们所研究的沙地森林是指草原地带发育在纯沙性母质土壤上的森林群落，这里不包括荒漠草原地带的胡杨（*Populus euphratica*）林，也不包括荒漠地带的梭梭（*Haloxylon ammodendron*）林，主要是在草原地带沙地上的以大（中）高位芽植物为建群种形成的针叶林和阔叶林，其中比较典型的沙地森林有呼伦贝尔沙地上的樟子松（*Pinus sylvestris* var. *mongolica*）林、科尔沁和浑善达克沙地上的油松（*Pinus tabulaeformis*）林、沙地云杉（*Picea mongolica*）林、榆树（*Ulmus pumila*）林、白桦（*Betula platyphylla*）林、山杨（*Populus davidiana*）林，以及大青沟阔叶林。这些沙地森林在半湿润半干旱草原地带背景上构成一个独特的，具有超地带顶极性质的沙地森林草原景观。

这里我们引用的超地带性概念（extrazonal）与前苏联地植物学家 Paczowski（1915）不同。我们是根据刘慎谔（1985）动态地植物学说原理提出来的。所谓“超地带性顶极”就是指沙地森林是在地带性草原区中形成的顶极群落，并有“地带性质”，但不是地带性顶极。超地带性顶极与非地带性顶极两者含义不同，非地带性顶极是对地带性顶极而言，地带性顶极是受大气候条件控制，有什么样的气候就应该有什么样的地带性顶极，而且在一个气候区域中只能有一个地带性顶极，其余的顶极都是非地带性顶极。非地带性顶极是在水平地带性植被中分布有非地带性植被类型，是指水平分布方面的局部分布格局和跨区现象，如沼泽植物群落，在很多地区都有分布，就不是由大气候所决定的。大气候因子很多，但最重要就是水热条件以及两者的组合状况。一般来说，决定山地森林分布的主导因子是热量，而不是水分；但是限制沙地森林分布的主导因子是水分而不是热量。根据徐文铎的湿润指数（ HI ），沙地森林只分布 $HI 7.5 \sim 3.5 \text{ mm}/(\text{℃} \cdot \text{月})$ 之间， $HI < 3.5 \text{ mm}/(\text{℃} \cdot \text{月})$ 沙地自然成林已有困难，不能形成中生的大（中）高位芽常绿或落叶的森林群落，只适合旱生夏绿灌木植被发育。因此，沙地森林是长期自然历史发展和现代自然条件综合作用的产物，它的形成、发展和地理分布也受大气候控制，带有地带性烙印。

那么沙地森林又与山地森林、草原有什么联系呢？

首先，从沙地森林历史变迁来看。沙地樟子松是欧洲赤松一个地理变种（*Pinus sylvestris* var. *mongolica*），而山地樟子松是欧洲赤松原变种（*Pinus sylvestris* var. *sylvestris*）（详细见第二章和第九章）。欧洲赤松是欧洲大陆的广布种。根据刘慎谔（1955）研究，欧洲赤松是在冰期被迫经西伯利亚逐渐向东南迁移，迁至内蒙古呼伦贝尔盟西部和大小兴安岭，一直延伸到长白山北坡。而在间冰期回流时，形成间断分布，进入大兴安岭的欧洲松，组成山地

樟子松林；分布在呼伦贝尔沙地上的欧洲松，形成沙地樟子松林，因此，山地樟子松和沙地樟子松是冰期两支平行进入我国的欧洲松。由于欧洲赤松原是山地环境，因此，山地樟子松与欧洲松更有亲缘关系，而沙地樟子松经过近万年的干旱风沙适应与原种差异较大。所以说沙地樟子松与山地樟子松间断分布自成体系，形成各自独立的森林类型。而大青沟沙地阔叶林与沙地樟子松林不同。大青沟沙地阔叶林过去与长白山森林相连接。由于地质的变迁和人类活动的影响，引起气候干燥，形成草原植被，这是大青沟地带性顶极植被。而大青沟内的蒙古栎（*Quercus mongolica*）林，在沟底的水曲柳（*Fraxinus mandshurica*）、黄波罗（*Phellodendron amurense*）和核桃楸（*Juglans mandshurica*）构成的羽叶林是长白山残遗间断性的地带性顶极，是后顶极，大青沟周围的草原是地带性顶极。这种“森林和草原”景观，实质上是森林（中生）和草原（旱生）两个相互没有任何联系的独立生态系统在自然景观上的再现。

沙地云杉林是山地云杉林变体，也是残遗植被，但是沙地云杉林不是山地云杉林（白杆 *Picea meyeri*）间断性的地带性顶极，而是超地带性顶极。因为沙地云杉也经过了近万年的适应已经形成一个独立新系统（*Picea mongolica*），并从机体内部结构到外部形态特征，都适应干旱沙地环境，以它为建群种形成的沙地森林，构成一种独特的沙地森林草原景观。另外，其他沙地森林类型如沙地油松林、沙地山杨林、沙地白桦林以及沙地榆树林都是后顶极。

其次，从沙地森林群落特征来看，沙地森林在群落结构和组成上都具有森林和草原的双重性。一般来说，群落上层为大（中）高位芽植物层片，具有森林外貌特征。如沙地樟子松林，有明亮泰加林景色，沙地云杉林有阴暗潮湿的暗针叶林特点。群落中层为旱中生或中旱生（旱生）矮高位植物层片，如虎榛子（*Ostryopsis davidiana*）植物层片，黑果枸杞木（*Cotoneaster melanocarpus*）植物层片，小叶锦鸡儿（*Caragana microphylla*）植物层片。下层总是草原植物成分占有一定比重，如贝加尔针茅（*Stipa baicalensis*）、落草（*Koeleria cristata*）、羊草（*Aneurolepidium chinense*）、线叶菊（*Filifolium sibiricum*）、细叶鸢尾（*Iris tenuifolia*）、星毛委陵菜（*Potentilla acaulis*）等 50 多种。这种森林与草原的结合，形成一个独特的真正沙地森林草原景观。

总之，沙地森林既有山地森林属性，又不同于山地森林。由于沙地森林长期在自然干旱条件下，无论是个体还是群落，在结构和功能上都适应干旱贫瘠的沙地环境，形成了旱化类型。限制沙地森林发生、发展和地理分布的主导因子是湿度而不是温度。相反，决定山地森林生存与发展的生态因子是温度而不是湿度。在这一点上，沙地森林与山地森林又有明显区别，因此，研究沙地森林水分规律是沙地森林生态学核心问题，而山地森林生态学关键问题是温度。随着沙地森林生态基本规律的发现和研究方法的完善，必将产生一门崭新的边缘交叉学科——沙地森林生态学。

第二节 沙地森林生态条件

一、地形条件

沙地森林主要分布于我国草原地带沙区，北部有呼伦贝尔沙地，集中分布在海拉尔河

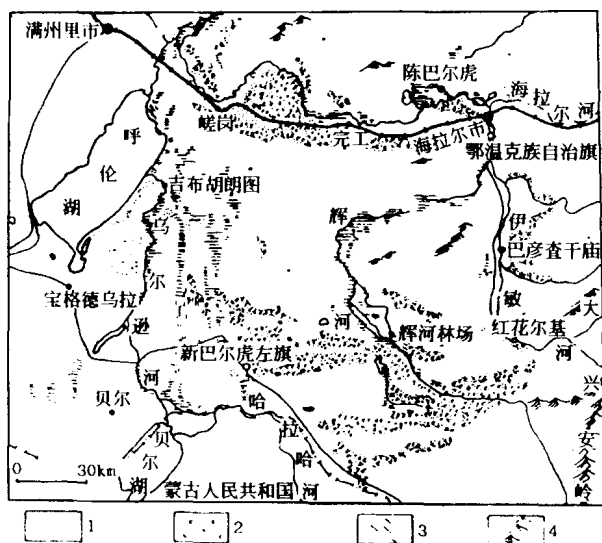


图 1.1 呼伦贝尔沙地景观

1. 固定平沙地 2. 半固定蜂窝状沙地 3. 沙垄 4. 山丘

流域的中上游地区，地处大兴安岭西麓草甸草原向典型草原过渡地带。海拔高平均 600~750m，基本上以固定、半固定沙地为主，沙丘呈长岗状，西北—东南走向，相对高度 10~15m 左右，最高可达 30m，沙层厚度一般都超过 50m 以上（图 1.1）。按沙带分布位置，可分别称为北部沙带、中部沙带和南部沙带。沙地樟子松林广泛分布在沙岗背阴坡的中上部，并与沙岗中下部的杨桦林相连，和沙岗阳坡的草原植被共同组成典型沙地森林草原景观。向西过渡，沙地樟子松林亦逐渐稀疏化形成疏林，而杨桦林消退，被沙地榆树疏林代替，呈现出沙地榆树疏林——半干旱沙生草原景观（《内蒙古植被》1985）。

沙地森林中部为科尔沁沙地，位于大兴安岭和冀北山地之间的三角地带。地势是南北高，中部低，西部高东部低。西辽河水系横贯其中，海拔 178.5m（通辽）~631.9m（乌丹）。地貌最显著特点是沙层有广泛的覆盖，丘间平地开阔，形成了坨甸相间的地形组合，当地群众泛称“坨甸地”（图 1.2）。沙丘多是北西西—南东东走向的垄岗状，在沙岗上广泛分布沙地榆树疏林。西辽河上游的老哈河流域还有沙黄土堆积，植被以虎榛子灌丛和油松

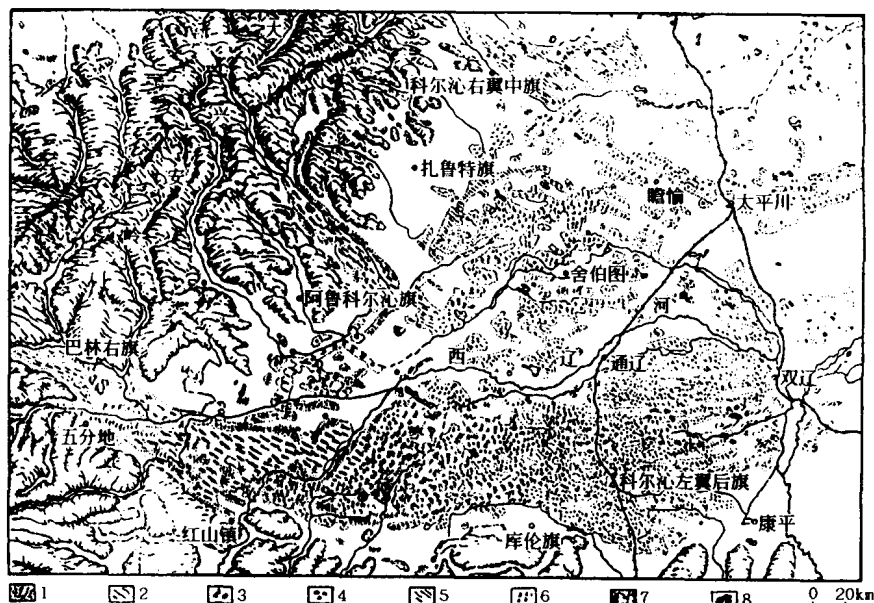


图 1.2 科尔沁沙地分布图

1. 流动新月形沙丘及沙丘链 2. 半固定沙垄 3. 半固定梁窝状沙丘 4. 半固定灌丛沙丘
5. 固定沙垄 6. 固定梁窝状沙丘 7. 山地及丘陵 8. 湖泊

人工林为主。在科尔沁沙地西部翁牛特旗松树山及附近沙地分布有沙地油松林。沙地东南部大青沟内分布有沙地阔叶林（水曲柳林）。

南部有浑善达克沙地位于大兴安岭以西，集二铁路沿线以东。东西长约 340km，南北宽 30 (50) ~ 100km，地势由东南向西北倾斜，平均海拔 1 100 ~ 1 300m。浑善达克沙地是一个有着巨厚第四纪湖相沉积盆地，以宝昌——锡林浩特公路为界，东侧沙地固定程度较高，以固定梁窝状沙丘为主，东南部主要为抛物线沙丘，沙丘高度 10 ~ 15m。公路以西以半固定

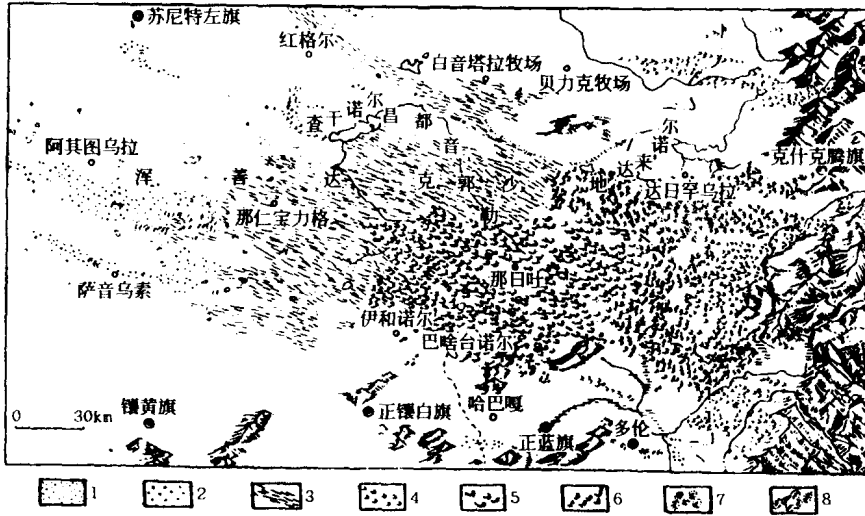


图 1.3 浑善达克沙地景观

1. 平沙地 2. 草灌丛地 3. 固定沙垄 4. 抛物线沙丘 5. 半固定梁窝状沙丘
6. 固定梁窝状沙丘 7. 半固定蜂窝状沙丘 8. 新月形沙丘及沙丘链

的梁窝状沙丘分布最多（图 1.3）。由于浑善达克沙地是一块东西向延展的大型沙地，东端深入大兴安岭南段西麓的草甸草原地带，西端楔入荒漠草原地带，中间广大沙区处于半干旱草原地带。因此，东部沙生系列植被的组成受大兴安岭南段山地和燕山北部山地区系的影响，形成南北相互渗透复杂植被类型。在黄岗梁、大局子等沙山以及达里诺尔沙地上分布有残存的油松林（雍世鹏，1982），为我国油松林分布的最北界。

锡林河上游沙地分布大面积原始沙地云杉（*Picea mongolica*）林，并与杨桦林、沙生禾草类草原等形成有规律的结合，这种结合与呼伦贝尔沙地樟子松复合体在生态上和区系组成上有许多相似之处。

在浑善达克沙地有广泛的沙地榆树林分布，常与内蒙古沙蒿（*Artemisia intramongolica*）半灌木形成复合景观特征。进入沙地西部，很少见到沙地森林草原景观，已转变成荒漠草原地带。

二、气候条件

沙地森林分布区处于中纬度，蒙古高压边缘，具有明显温带大陆性气候的特点。由于沙地森林分布三块大沙区，其气候有很大分异。呼伦贝尔沙地具有半湿润——半干旱的过渡特点，冬季严寒漫长，夏季温和短暂，春季多风，秋高气爽。年平均气温较低，在 -2 ~ 0℃ 以下，1 月最冷平均气温 -28.3℃，极端最低气温可达 -49℃，7 月最热平均气温

20.9℃, 极端最高气温达 40℃。无霜期 100~110d 左右。年降水量平均 350mm 左右, 80% 集中在植物生长季节。 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年积温在 1 800~2 000℃, 湿润度 1.0~0.6。

海拉尔的气候图解见 (图 1.4)。

沙地樟子松林分布的重点地区——红花尔基的年平均气温为 -3.6°C , 极端最高气温为 40.1°C , 极端最低气温为 -49.3°C , 年降水量为 377.8mm, 年蒸发量为 1 210.1mm。

科尔沁沙地离海洋较近, 易于受湿润气流的影响, 年平均降水量可达 300~450mm, 降水量分配不均, 多集中于 7~9 三个月, 约占全年降水量 70%~80%, 冬春季降水仅占全年降水量 20% 左右。降水年际变化大, 相对变率为 22%~25%。沙地南部由于受海洋气团影响相对较大, 降水量略高于沙地中部。受蒙古冷高压和太平洋暖低压消长变化影响, 当地冬春季以西北风和偏北风为主, 夏季以东南风为主。年平均风速为 3~4.4m/s, $\geq 5\text{m/s}$ 起沙风的日数达 200~350d。年平均气温 $4\sim 6^\circ\text{C}$, 自沙地东部向西呈递减趋势分布, 平均日照 2 700~3 100h, 年蒸发量 2 200~2 400mm, 干燥指数 1.09~1.76, 无霜期 110~144d, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3 000~3 200℃。

浑善达克沙地东部受大兴安岭山脉的阻隔, 海洋气候的影响微弱, 具温带大陆性气候特点。气温日较差和年较差大, 寒暑剧变, 冬季寒冷漫长, 春季风频干燥, 夏季温和短促, 秋季气温骤降。全区降水不均, 从东向西递减, 年降水量 450~150mm, 湿润度 0.2~0.6。以沙地云杉林分布最集中地区白音敖包自然保护区为例说明。

根据白音敖包气象站多年观测资料, 年平均气温 -1.4°C , 1 月平均气温 -23.4°C , 7 月平均气温 14.7°C , 极端最高气温 30.8°C , 极端最低气温 -42.7°C , $\geq 5^\circ\text{C}$ 的年积温为 1 942℃, 温暖指数 (WI) $42.0^\circ\text{C}\cdot\text{月}$, 寒冷指数 (CI) $-114.3^\circ\text{C}\cdot\text{月}$, 湿润指数 (HI) $7.1\text{mm}/(^\circ\text{C}\cdot\text{月})$ 年平均降水量 448.9mm, 集中于 6~8 月, 占全年的 68%, 年蒸发量 1 526.8mm, 为降水量的 3.4 倍, 无霜期平均只有 65d (图 1.5)。以上热量条件尚能满足温带草原植物和北方树种以及春小麦、燕麦、荞麦和土豆等农作物生长的需要, 油菜的早熟品种也可种植, 但已接近临界值。

本区自然灾害以“黑灾”和“白灾”最为频繁严重。所谓“黑灾”是指冬季积雪过少, 不利于土壤保墒和翌年牧草返青, 影响农业和畜牧业

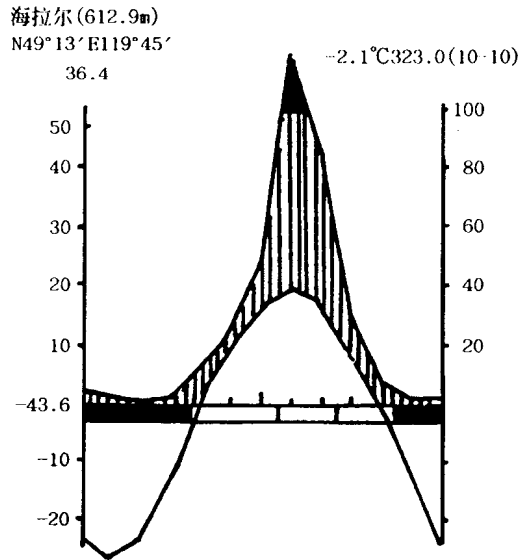


图 1.4 沙地樟子松林分布地区 (海拉尔) 气候图解

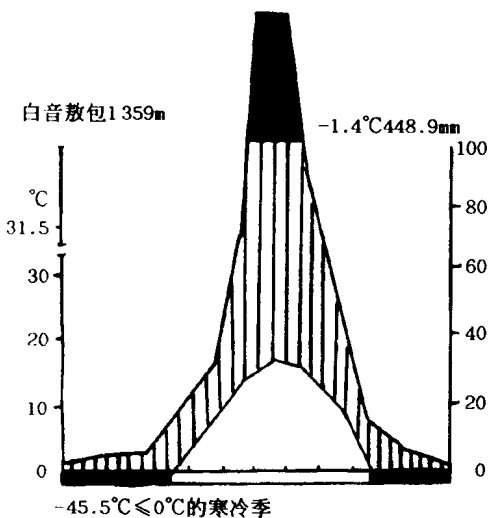


图 1.5 白音敖包气候图解

生产, 从而造成不同程度的灾害。相反, 如果降雪过大, 积雪掩埋草场, 放牧发生困难, 又会酿成所谓的“白灾”。本区“黑灾”“白灾”十分频繁, 一般3年有一个小灾, 10多年有一个大灾, 尤其是“白灾”, 积雪过大, 压断沙地云杉枝干, 严重影响树木生长, 给农、林、牧业生产造成极大损失。

三、土壤条件

土壤和植被在自然界是相互影响、相辅相成的历史产物。为了对研究地区土壤有一个全面的了解, 因此, 在土壤条件中, 首先论述沙区土壤概况, 然后重点介绍沙地森林土壤条件。

呼伦贝尔沙区的地带性土壤水平分布规律是自东向西依次为森林草原区灰色森林土带—草甸草原区黑钙土带—草原区栗钙土带。这里的优势土壤在第四纪就已经存在(高尔捷也夫, 1959)。

灰色森林土主要分布在陈巴尔虎东北部以北、以东的山地阴坡。成土过程主要是淋溶和腐殖质的积累, 具有从典型的森林土壤向草原土壤过渡的性质, 枯枝落叶层厚可达2~5cm; 有机质含量高, 微酸性至酸性, 质地以壤质为主, 保肥能力较强, 是一种自然肥力较高的土壤。

黑钙土主要分布于胡列也图—东风牧场—陈巴尔虎旗—海拉尔—浩特罕—乌布尔宝力格一线以东, 可分为三个亚类, 由东向西依次为暗黑钙土—黑钙土—淡黑钙土。暗黑钙土土壤腐殖质层深厚, 有机质含量10%以上, 中性或微碱性; 淡黑钙土明显特点是颜色较淡, 腐殖质层一般不超过30~50cm。表层有机质含量3%~6%, 钙积层一般出现在40~50cm以下; 黑钙土的土壤的理化性质属于暗黑钙土与淡黑钙土之间。

典型草原栗钙土分布于淡黑钙土以西地区, 成土过程的特点是腐质化过程更加削弱, 钙化过程显著加强。栗钙土可分为两个亚类, 暗栗钙土和栗钙土。

除上述地带性土壤外, 尚有一些非地带性土壤, 例如草甸土、盐渍土和沙土等。其中沙土上分布有生长良好的樟子松, 在本区占有很大的面积。风沙地区沙土是沙性母质土发育的一种幼年土壤, 土壤有机质积累少, 物理粘性贫乏, 本区有三种沙土类型:

(1) 风沙土: 分布于半固定或尚有流动性的沙丘上的土壤。植被以沙生植物为主。

(2) 黑沙土: 主要分布在东部黑钙土地带的沙地上。表面生草化程度较好, 土壤疏松, 通气透水性好, 保肥性能不强, 但养分有效性较好。这种土壤适于樟子松生长。

(3) 栗沙土: 主要分布于栗钙土地带的沙地上。从土壤形成过程看, 发育原始, 是一种低肥力土壤。常有樟子松呈斑块状分布, 生长尚好。

在红花尔基地区沙地樟子松林生长的沙土的土壤条件是:

(1) 土壤通层疏松、深厚, 质地多为沙壤质, 粒径以细沙(0.25~0.05mm)居多, 物理性粘粒($d < 0.01\text{mm}$)占12%以下。

(2) 土壤通体无碳酸盐, 呈中性或酸性反应, pH值为6.2~6.8。

(3) 阳离子交换性不高, 通常低于10cmol/kg土, 土壤盐基饱和度仅50%~60%, 属盐基不饱和土壤。

(4) 有机质含量不高, 有时仅1%以下, 故土壤养分不足, 全氮量、全磷量、缓效钾及交换性盐基含量均较低。

科尔沁沙地土壤类型多样,具有过渡特点。科尔沁东部和东北部有少量黑钙土分布。科尔沁西部大兴安岭山前冲积扇上主要发育栗钙土。南部黄土丘陵、台地主要发育褐土、黑垆土。沙质平原上广泛分布风沙土,这是沙地森林分布的主要土壤。根据《东北土壤》分类,可将风沙土划分为:流动风沙土、生草风沙土和栗钙土型风沙土等三个亚类。

(一) 流动风沙土

风沙土是科尔沁沙地基本土类,流动风沙土又是风沙土中分布面积最广的亚类。翁牛特旗松树山的沙地油松林生长在此土类上,土壤剖面特征是上下层均为沙质,无层次结构,pH值7.0左右,其机械成分见表1.1。

表 1.1 科尔沁沙地风沙土机械成分

沙地森林类型 (土壤类型)	土层深度 (cm)	机械粒径 (mm)						物理粘度 <0.01mm	物理沙粒 >0.01mm
		0~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.001	<0.001		
沙地油松林 (流动风沙土)	0~120	16.07	82.44	0.30	0.00	0.02	0.94	1.19	98.81
	0~50	33.64	53.50	7.20	0.40	2.40	1.84	5.66	94.34
沙地榆树林 (栗钙土 型沙土)	50~100	27.78	57.46	9.20	0.00	2.00	2.64	5.56	94.44
	100~130	21.20	76.05	0.40	0.00	1.60	0.00	2.35	97.65
大青沟沙地 阔叶林 (生草沙土)	0~50	22.21	74.25	1.60	0.00	0.00	1.44	1.94	98.06
	50~110	3.01	26.53	60.80	1.40	2.60	4.22	9.66	90.34

流动沙土养分含量最低,且上下层间无明显变化,0~120cm,土层平均有机质含量为0.0365%~0.0938%,全N含量为0.00120%~0.00430%,全P含量为0.00338%~0.00420%。

(二) 生草风沙土

生草风沙土主要分布科尔沁沙地的东部,分布在固定沙丘、沙地和丘间低平地,成土时间较早,土层较厚是草原植被长期作用下形成的。大青沟沙地阔叶林发育在此土壤类型上。从土壤剖面的颜色上看,还可分为古土型生草风沙土和弱生草风沙土。

1. 古土型生草风沙土

土壤剖面特征:

0~5cm: 枯枝落叶层,混有沉落的飞沙,浅灰黑色,疏松。

5~37cm: 灰黑色,多植物根。沙壤质较紧实,pH值6.9。

37~82cm: 棕黄色,有植物根,沙壤质较紧实,pH值6.9。

82~113cm: 浅棕黄色,沙质疏松,较湿润。

>113cm: 灰白色沙质,松软,湿润。

2. 弱生草风沙土

弱生草风沙土是流动沙丘经过生草固定后发育而来的,土层较浅。

土壤剖面特征:

0~30cm: 为灰黑色,多植物根,沙壤质较紧实。

30~50cm: 棕黄色,有植物根,沙质稍紧实。

> 50cm: 黄白色或灰白色, 沙质疏松。

全剖面较湿润, 有机质含量较低。

(三) 栗钙土型风沙土

主要分布科尔沁沙地的西部和西北部, 有钙积层和盐酸反应。常见沙地榆树疏林分布。

土壤剖面特征:

0~30cm: 棕黑色, 沙壤质, 有盐酸反应。

30~54cm: 黄棕色, 沙质, 有盐酸反应。

54~110cm: 黄褐色, 有明显的石灰碎屑、黄、白相间, 沙质, 盐酸反应强烈。

> 110cm: 浅黄色, 沙质, 有盐酸反应。

敖汉旗北部沙地的栗钙土型风沙土下部有白粉状物质层。

土壤剖面特征:

0~60cm: 灰白色, 沙质疏松, 多植物根, 无结构。

60~308cm: 灰棕色, 沙壤质, 有植物根, 块状结构, 有盐酸反应。

308~557cm: 棕红色, 砾石掺杂白色、粉状物质, 无结构, 有石块, 粗沙混合。

> 557cm: 有白色、细粉状物质。

上述栗钙土型风沙土和生草风沙土属于固定沙丘土壤, 在草原植被和天然阔叶疏林的作用下, 土壤养分含量较高, 且有明显的层次, 一般表层高于下层, 有时也因受积沙的影响, 下层反而高于表层。栗钙土型风沙土有机质含量为 0.069 2%~0.347 5%, 全 N 含量为 0.003 0%~0.023 1%, 全 P 含量为 0.006 86%~0.011 09%。生草风沙土有机质含量为 0.417 7%~1.953 1%, 全 N 含量为 0.036 62%~0.178 29%, 全 P 含量为 0.005 74%~0.026 38%。

浑善达克沙地的地带性土壤是栗钙土, 它是草原半干旱气候条件下的产物, 并与典型草原带分布一致形成栗钙土带。本区除栗钙土为优势土类外尚有草甸土、沼泽土、风沙土等分布。随着气候干旱程度和草原植被旱生性加剧, 栗钙土带还形成不同的亚带, 即暗栗钙土亚带—普通栗钙土亚带—淡栗钙土亚带, 由东南向西北有规律的更替。

本沙区的沙地森林土壤主要有沙质灰色森林土和疏林沙土(风沙土)。沙质灰色森林土是温带森林草原地带森林条件下发育的土壤, 在我国主要分布大兴安岭南端西坡。白音敖包沙地云杉林下的沙质灰色森林土是大兴安岭南端灰色森林土类型向西侧山前丘陵的延伸部分。由于白音敖包特殊的风沙母质条件形成了与大兴安岭主体的灰色森林土的不同类型, 即沙质灰色森林土。

本区灰色森林土在成土过程中, 除受白桦、山杨林等植被影响外, 还有一定数量的草本植物参加成土过程, 因此, 腐殖质含量较高, 一般腐殖质层有机质含量可达 10% 以上。根据汪久文等人的研究, 将此灰色森林土划为一个特殊的土属, 即沙质暗灰色森林土。

现将沙质暗灰色森林土的形态剖面特征概述如下:

(1) 有明显的枯枝落叶层, 约厚 2cm, 未分解至半分解物, 呈暗褐色。

(2) 腐殖质层通常为 20cm 左右, 上部为粗腐殖质, 暗褐色, 具有不明显的粒状结构, 质地为粉沙至细沙。

(3) 没有明显的淀积层, 自腐殖层向母质过渡明显, 细、粗沙, 浅灰黄至棕黄色, 50cm 以下基本为母质层。