

ZHANGGUTAI GUSHALIN
SHENGTAI XITONG DE
JIEGOU YU GONGNENG

章 古 台 固 沙 林
生 态 系 统 的
结 构 与 功 能

焦树仁 著

辽宁科学技术出版社



章古台固沙林生态 系统的结构与功能

焦树仁 著

辽宁科学技术出版社

目 录

第一章 章古台的自然条件	1
第一节 章古台及邻近气象站地面气候资料分析.....	1
第二节 沙地起源及流沙形成.....	3
第三节 沙层和沙地类型.....	5
第四节 沙地土壤.....	6
第五节 沙地植物.....	9
第二章 固沙林生态系统的组成	12
第一节 人工林群落.....	12
第二节 固沙林生态系统的土壤.....	16
第三节 固沙林生态系统的消费者和分解者.....	17
第三章 乔灌木树种的适应性与生长状况	22
第一节 主要树种生理生态特征.....	22
第二节 主要乔灌木树种根系的分布状态.....	31
第三节 主要乔灌木树种的适应性和生长状况.....	36
第四节 樟子松生长状况与生长趋势.....	39
第四章 无机环境条件与固沙林生长的关系	50
第一节 不同沙丘部位对固沙林生长的影响.....	50
第二节 不同土壤类型对固沙林生长的影响.....	51
第三节 水分条件与固沙林生长的关系.....	53
第五章 固沙林的生物量	61
第一节 立木生物量的分布与组成.....	61
第二节 樟子松林木的生物量.....	65
第三节 林分生物量与生物生产力.....	68

第六章 固沙林生态系统的能量流动与物质循环	70
第一节 能量流动与热量分布	70
第二节 养分的蓄积与分布	73
第三节 水分的分布状况与变动趋势	81
第七章 固沙林生态系统经济效益评价	99
第一节 固沙林的小气候效益	99
第二节 王家村固沙林的经济评价	101
第三节 大一间房固沙林的经济评价	104
第四节 固沙造林效益的综合评价	106
第八章 固沙林生态系统的调控	109
第一节 水分条件的控制	109
第二节 食物链关系的调正	110
结 语	111
参考文献	113

第一章 章古台的自然条件

章古台位于辽宁省彰武县境内，往北距内蒙古哲里木盟科左后旗甘旗卡镇30km，往南距彰武县城40km。自然区域属于科尔沁沙地，处于它的东南部边缘（见图1）。

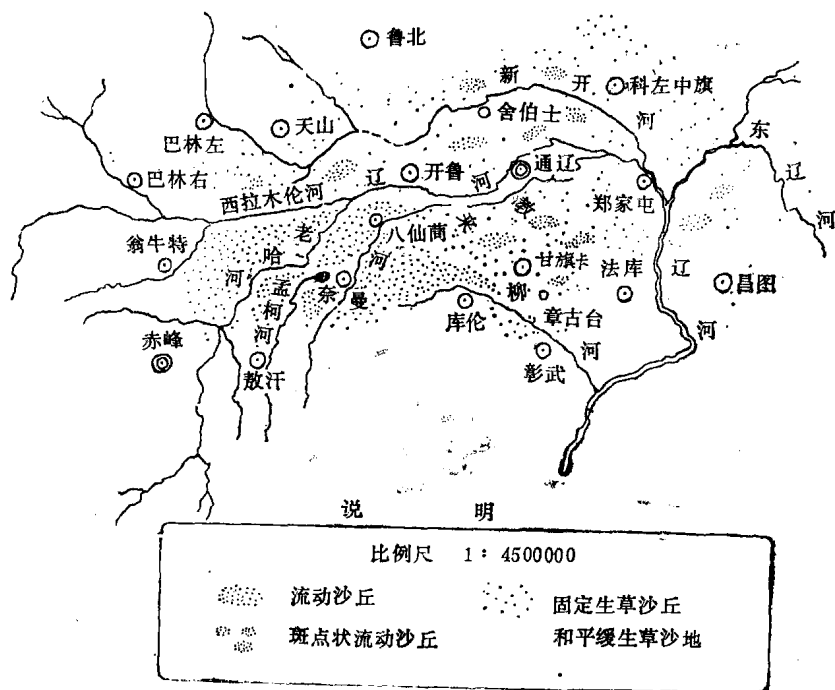


图1 科尔沁沙地分布状况与章古台地理位置

沙地的自然条件包括气候、沙地起源、沙地类型、土壤和植被等。这些因子中对固沙林有作用的成分综合起来构成固沙林生境条件或称立地条件。生境因子既是固沙林生长发育的条件，又是固沙林生态系统的组成成分。

第一节 章古台及邻近气象站地面气候资料分析

根据章古台1959—1965年和1983—1987年气象资料，这里的年均降水量为499.7—512.2mm，年均蒸发量为1727.3—1783.4mm，年均气温5.9—6.1℃，相对湿度为58.0

—59.0%，年均风速为3.7—4.6m/s（见表1）。

表1 章古台气候因子统计

年 份	因 子	降水量 (mm)	蒸发量 (mm)	气温 (℃)	空气湿度 (%)	风速 (m/s)
1959		631.7	1690.5	6.4	62	3.5
1960		447.4	1648.8	5.9	62	3.7
1961		442.0	1955.8	6.5	58	3.7
1962		570.4	1746.6	5.9	61	3.7
1963		443.8	1915.8	6.3	56	4.1
1964		597.5	1606.4	5.9	61	3.6
1965		452.3	1920.0	5.7	54	3.8
1959—1965年平均		512.2	1783.4	6.1	59	3.7
1983		424.9	1751.2	6.9	54	4.5
1984		626.4	1749.7	5.7	55	4.2
1985		446.7	—	5.3	58	4.3
1986		592.0	1708.4	5.9	60	5.5
1987		408.0	1699.7	5.8	64	4.3
1983—1987年平均		499.7	1727.3	5.9	58	4.6

章古台与彰武和甘旗卡几乎处于同一经度线，而纬度彰武至甘旗卡则逐渐增加，海拔也逐渐增高（见表2）。章古台处于彰武和甘旗卡的中心地带，气候条件也介于两地中间。由于章古台气候资料不连贯，故还可参照彰武和甘旗卡的资料（见表3、4）。

表2 章古台及邻近站经纬度和海拔高度

站 名	纬 度	经 度	海 拔 (m)
彰 武	42°24′	122°29′	81.3
章古台	42°43′	122°22′	226.5
甘旗卡	42°58′	122°21′	247.6

由表3中1959—1965年和1983—1987年两个期间资料的平均值，比较各站间的差异，章古台与甘旗卡的气温、风速和蒸发等差值比较小，降水量相差较大。章古台与彰武的降水差值较小，气温、风速和蒸发等差值较大。章古台的空气湿度较高。由表4可知彰武至甘旗卡1959—1987年间降水量为441.4—513.8mm，蒸发量为1737.1—1814.3mm，空气湿度为59.1—60.0%，气温为5.9—7.2℃，风速3.8—4.2m/s，≥10℃积温3033.6—3323.3℃，日照时数2680.0—2853.4。根据张宝堃的干燥气候分类标准，本区属于半湿润气候。

表3 章古台与彰武和甘旗卡气候因子比较

年 度	站 名	降水量 (mm)	蒸发量 (mm)	相对湿度 (%)	气 温 (℃)	风 速 (m/s)
1959—1965年	彰 武	496.3	1923.8	59.4	7.5	3.4
	章古台	512.2	1814.1	59.1	6.1	3.7
	甘旗卡	467.3	1895.8	60.9	6.0	4.7
	章古台与彰武差值	+15.9	-109.7	-0.3	-1.4	+0.3
	章古台与甘旗卡差值	+44.9	-81.7	-1.8	+0.1	-1.0
1983—1987年	彰 武	567.8	1730.8	60.0	7.1	3.5
	章古台	499.7	1727.3	58.4	5.9	4.6
	甘旗卡	449.3	1673.6	58.8	5.9	3.9
	章古台与彰武差值	-68.1	-3.5	-1.6	-1.2	+1.1
	章古台与甘旗卡差值	+50.4	+53.7	-0.4	0.0	+0.7
1959—1965 和1983—1987 平均	章古台与彰武差值	-26.1	-56.6	-1.0	-1.3	+0.7
	章古台与甘旗卡差值	+47.7	-14.0	-1.1	+0.1	-0.2

表4 彰武与甘旗卡地面气候资料

地 点	期 间 (a)	降水量 (mm)	蒸发量 (mm)	空气 湿度 (%)	气温 (℃)	风速 (m/s)	≥10℃ 积温	日照时 数	日照 (%)	≥8级 风日	沙暴 日
彰 武	1953—1958	548.9	1667.1	63.3	6.7	3.1	3169.9	2833.2	63.8	14.7	6.2
	1959—1968	471.0	1888.0	59.3	7.4	3.6	3373.0	2517.6	63.6	30.7	5.1
	1969—1978	549.5	1775.1	61.2	6.9	4.1	3268.1	2823.9	63.4	33.2	5.7
	1979—1987	521.6	1776.1	59.6	7.2	3.6	3329.3	2700.6	60.8	21.7	1.4
	1959—1987	513.8	1814.3	60.0	7.2	3.8	3323.3	2680.0	62.7	28.8	4.2
甘旗卡	1959—1958	429.1	1832.2	59.2	5.9	4.7	3043.4	2874.6	64.8	31.0	3.8
	1969—1978	473.3	1689.5	58.8	5.8	4.2	3017.7	2894.8	65.1	24.6	3.9
	1979—1987	419.5	1689.2	58.1	6.0	3.7	3169.2	2830.8	63.9	—	4.1
	1959—1987	441.4	1737.1	59.1	5.9	4.2	3033.6	2853.4	64.6	27.8	3.8

第二节 沙地起源及流沙形成

一、沙地起源

章古台地区属于科尔沁沙地的一部分，西辽河横贯这块沙地的中部，这块沙地就其起源属于古代冲积沙地。宋达泉先生认为这里是第四纪冰期后西辽河及其支流泛滥沉积

的沙层，其后西辽河下切及泛滥面缩小而形成的沙质阶地⁽⁴⁾。

二、流沙的形成

科尔沁沙地沙漠化发生在19世纪以后，19世纪后期清朝政府推行轮荒招垦政策，滥行放垦沙质草原。例如，史料记载，1907年（光绪33年）封建王公放价招垦沙重土薄的高力板一带沙质草原，仅1907年在科右中旗就放荒了5万多公顷⁽⁵⁾。本世纪50年代初期据当地老农讲，“70—80年前章古台植被茂密，野兔山鸡成群，只是在近60—70年才逐渐风蚀沙化，出现流沙”。

从大一间房和王家两块流动沙丘形成的特点看，这里的流动沙丘群是由于垦荒和过渡放牧，破坏了植物覆被发生风蚀后，经过就地起沙，就地堆积而形成的。

大一间房流动沙丘面积240ha，王家流动沙丘330ha，在这两块沙丘南及西南部是风蚀洼平地，面积分别为500ha和700ha。从地貌上看，呈现出风蚀洼平地与风积沙丘交错分布的特点。另外，在这两块流动沙丘群间的丘间低地上普遍分布着草甸土型沙土，土层厚度达50—90cm，土壤剖面的下部有铁锈斑和灰粘层等草甸土特征。同时，在这些沙丘的中下腹使用3.0m深土钻取土，也发现了流沙下伏着埋藏古土。而风蚀洼平地的土层确比较浅，发育时间短。大一间房土层厚度为5—9cm，王家为15—30cm，这说明风蚀后的成土年限距今很近（见图2）。

这两个风蚀洼平地都处在流动沙丘的上风方向，未遭受风蚀前为草甸地（从附近残留的未风蚀地段可以证实），由于风蚀沙化作用，将风蚀沙移向下风部位，堆积起来，形成现在的流动沙丘群。因受地下水和土壤湿度等的制约作用，侵蚀到一定深度就停止起沙，且表面大致保持在一个平面上，称做风蚀洼平地⁽⁶⁾。而在下风地段上堆积起来的流动沙丘群则按照风沙流的运动规律变化。

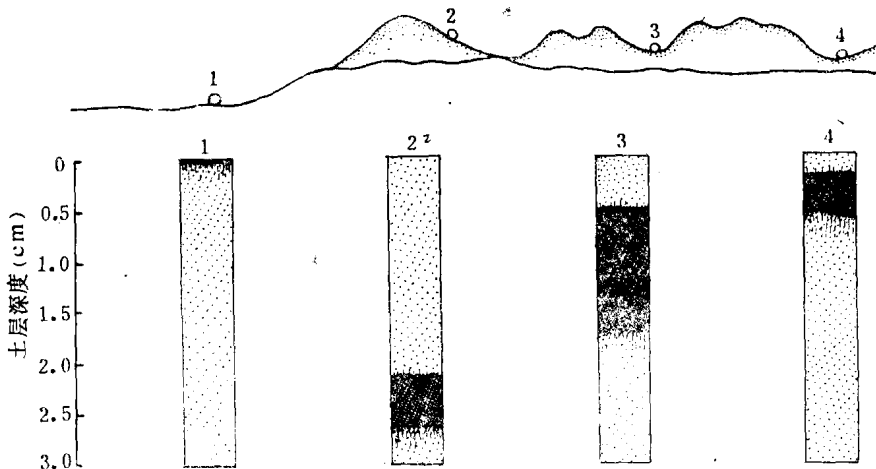


图2 风蚀洼平地与大一间房流动沙丘丘间低地土壤剖面

1. 风蚀洼平地 2. 标准地No5 3. 标准地No1 4. 标准地No6

在50年代初期大一间房流动沙丘由西南向东北方向移动速度为3—4 m/a, 王家流动沙丘移动速度为4—5 m/a。沙面稍稳定后, 移动速度也随之降低为1.2—2.1 m/a。

第三节 沙层和沙地类型

一、钻探岩芯资料分析

根据钻探资料, 这里的沙层厚度为126—128m, 沙层的颜色和机械粒径成层更迭分布, 变化比较明显。

整个沙层出现五次灰黑色土层, 除表层外, 埋藏的深度为25.6—26.9m、30.2—31.2m、27.3—90.6m、和108.1—111.6m, 有机质含量较高, 为0.7002—3.0504%。其余沙层为浅灰蓝色和灰白色, 有机质含量较低, 为0.0345—0.3742%。

全沙层的机械成分以中细沙粒为主, 但也多次出现较粘重沙层。极细沙与粗粉沙含量较高层次出现4次, 即5.3—8.7m、30.2—32.2m、89.8—101.1m、119.1—123.2m; 细粉沙和粘粒含量也出现4次峰值, 即在8.7—12.0m、25.6—30.2m、78.5—83.3m和123.2—127.8m。

沙层上段(0—87m)含盐量为0.23g/L, 水化学类型为重碳酸——钙镁钠型; 下段含盐量为0.2g/L, 水化学类型为重碳酸——钠钙镁型*。

二、沙地地类

章古台沙地从地貌上看呈现出椭圆型或圆型沙丘群与风蚀洼平地交错分布的特点。按照地貌特征, 地形起伏状况、植物覆盖度和土壤性质等因素将章古台沙地划分为4种类型: 流动与半流动沙丘、固定沙丘、平缓沙地和风蚀洼平地(详见表5)。

表5 章古台沙地类型划分条件

立地因子 沙地类型	地形起伏高差 (m)	植物覆盖度 (%)	土壤粘粒含量 (%)	有机质含量 (%)	土壤平均含水率 (%)
流动及半流动沙丘	5—25	10—40	>6.0	0.036—0.064	3.5—4.0
固定沙丘	3—20	40—80	6.0—7.3	0.047—0.23	3.5—5.5
平缓沙地	2—5	65—85	7.4—9.5	0.135—0.5	4.0—6.0
风蚀洼平地	1—2	70—95	9.6—11.3	0.425—0.95	5.0—21.0

流动及半流动沙丘占18.9%, 这类沙地地势较高, 起伏比较大, 沙丘呈新月型或相互联成椭圆型沙丘群。其上生长一些沙生植物和旱生植物, 覆盖度较低。固定沙丘和平缓沙地占69.1%, 这类沙地地势稍低, 地形起伏不平或比较平缓, 植物覆盖度变动较大。风蚀洼平地占12.0%, 地势较低, 起伏较小, 地下水位高, 植被茂密, 覆盖度较大; 其

*根据安钟元的分析资料。

中低凹处水分聚积，形成泡沼。

各类沙地相互交错地分布着，又处于经常的运动和转化过程中。固定沙地由于频繁的经济活动，常使沙地遭受破坏，出现侵蚀。最初出现风蚀穴，而后扩大成风蚀坑，群众把这种现象称做“坨子开花”。采取封沙育草和人工种树种草等措施，流动沙丘又逐渐固定。地势比较低的草甸地容易积沙，地势逐渐抬高，而地势较高的沙丘则因土壤干燥植物覆盖率低易遭风蚀，地势逐渐变低。在比较高的沙丘群中常常见到埋藏古土出现，是低地变高的见证；许多草甸地的土层浅，成土晚，则是高地变低的后果。

第四节 沙 地 土 壤

一、土壤类型

章古台沙地土壤属于风沙土、草甸土、草炭土和水稻土等4种土类。其中风沙土最多占89.4%，草甸土占8.74%，草炭土占1.55%，水稻土占0.31%。风沙土又包括生草风沙土和流动风沙土两种亚类。这里因开发利用较早，土壤表层风蚀和积沙现象很普遍。因而土壤的性质受风蚀强度和盖沙层厚度影响很大，由于风蚀和风积过程反复发生，土壤剖面的层次变化复杂。有些草甸土表层受风蚀后，草甸化过程停止，但剖面下部仍保留着亚铁层和灰粘层，还有草甸土特征。因此，这类土壤称为草甸土型风沙土。这里的古土土层深厚达50—90cm，被风积沙覆盖后土壤性质也就随着改变。当盖沙层厚度小于50cm时，植物的根系仍较容易到达埋藏古土层，故称盖沙土型土壤。当盖沙层厚达50—300cm时，植物根系分布相对减少，利用较差。因而这类土壤的性质主要取决于盖沙层次生土壤，故称为埋藏古土型土壤。当古土的埋藏深度超过3.0m时，对植物生长的影响很小，故完全可以依据盖沙的次生土壤性质来命名。按照这些特性将生草风沙土分为5个土种，将流动风沙土分成两个土种。草甸土分为沙质草甸土和盐化草甸土两个亚类，4个土种。草炭土分为一个亚类一个土种；水稻土分为一个亚类一个土种（见表6）⁽⁸⁾。

生草风沙土分布在固定沙丘和平缓沙地上，土壤剖面的一般特征如下：

0—5 cm 浅灰黑色，枯枝落叶混合沉降的沙尘，质地疏松，较干燥。

5—47cm 灰黑色，沙壤质，植物根较多，块状结构，较紧密湿润。

47—82cm 黄褐色，沙质，植物根较多，稍紧密，无结构，较湿润。

82—113cm 浅黄色，沙质，无结构，植物根较少，疏松较湿润。

113cm以下 灰白色，沙质无结构，植物根很少，疏松湿润（见图3）。

流动风沙土分布在流动及半流动沙丘，自上至下为灰白色疏松沙层，无层次较湿润，但0—5 cm较干，称为干沙层，有阻挡表土水分蒸发的作用。

沙质草甸土、盐化草甸土和水稻土分布在风蚀洼平地，其中沙质草甸土面积较大，剖面特征如下：

表6

章古台地区土壤分类系统表

土类	亚类	土种	土类	亚类	土种
风沙土	生草风沙土	厚层生草风沙土	草甸土	沙质草甸土	厚层草甸土 薄层草甸土 盖沙草甸土
		弱生草风沙土		盐化草甸土	轻度盐化草甸土
		盖沙生草风沙土	草炭土	草炭土	草炭土 盖沙草炭土
		埋藏土型生草风沙土			
		草甸土型生草风沙土	水稻土	水稻土	水稻土
	流动风沙土	流动风沙土 埋藏古土型流动风沙土			

说明：“盖沙”沙层厚度 $<50\text{Cm}$ ；“埋藏”沙层厚度 $50-300\text{Cm}$ 。

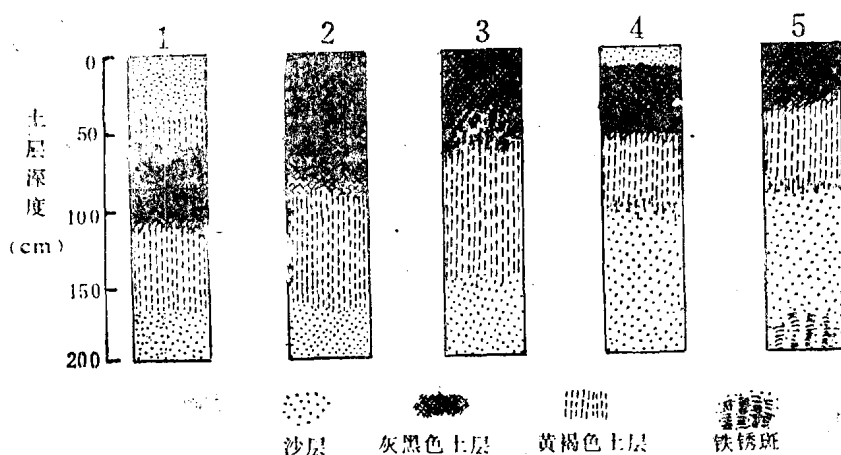


图3 风沙土土壤剖面特征

1. 埋藏古土型流动风沙土 2. 厚层生草风沙土 3. 弱生草风沙土 4. 盖沙生草风沙土
5. 草甸土型生草风沙土

0—72cm 灰黑色，沙壤质，植物根很多，块状结构，紧密湿润。

72—103cm 浅灰黑色，沙壤质，植物根较多较紧密，块状结构，湿润，有锈斑。

103—126cm 浅黄色，沙壤质，无结构，很湿润，植物根较少，多铁锈斑。

126—160cm 灰蓝色，壤质无结构，极湿，植物根很少。

160cm以下 灰白色，沙质，出现地下水。

草炭土分布在风蚀洼平地或固定沙丘的边缘，草炭层厚度为 30—90cm，最深达 170cm，有些草炭埋在沙丘下面，埋藏深达 3—5m。

二、土壤理化性质

沙地各类土壤的物理沙粒 ($>0.01\text{mm}$) 含量均较高, 物理粘粒 ($<0.01\text{mm}$) 含量相应较低, 有机质和其它养分含量也比较低。流动风沙土的物理沙粒含量为94.74%, 物理粘粒为5.26%, 有机质为0.064%, 全N为0.017%, 全P为0.007%。生草风沙土表层因有积沙影响, 物理沙粒含量偏高, 中层沙粒含量较低, 下层受母质层影响物理沙粒含量高, 有机质和N、P营养元素含量由上往下逐渐降低。沙质草甸土表层的物理粘粒含量较高, 往下逐渐降低, 有机质和其它养分含量以中层含量较高。草炭土的物理粘粒和养分含量都比较高。流动风沙土和生草风沙土的pH值较高, 沙质草甸土和草炭土pH值较低。各类土壤的 Ca^{++} 、 Mg^{++} 含量都较低, 而草炭土较高, 各种土壤速效钾含量均较高 (见表7、8)。

表7

土壤机械成分 (%)

土 壤	土层 (cm)	洗失量	机械粒径 (mm)						总 量	
			1.0— 0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001	<0.01	>0.01
流动风沙土	0—120	0.00	46.56	48.18	0.0	0.0	0.0	5.26	5.26	94.74
生草风沙土	0—30	0.51	27.88	58.58	8.8	0.4	0.8	3.03	4.74	95.26
	30—80	2.09	13.96	51.77	17.6	1.6	5.2	7.78	16.67	83.33
	80—110	0.30	65.86	32.40	0.0	0.4	0.4	0.64	1.74	98.26
沙质草甸土	0—17	3.18	9.07	56.35	16.4	2.0	2.4	10.6	18.18	81.82
	17—84	1.17	6.93	51.72	28.0	2.4	3.2	6.58	13.35	86.65
	84—110	0.11	24.45	71.60	1.60	0.0	0.4	1.84	2.35	97.65
草炭土	119— 220	6.58	20.75	34.84	20.0	0.0	7.0	10.83	24.41	75.59

表8

土壤养分含量

土 壤	地类	土层 (cm)	pH	有机质 (%)	全N (%)	全P (%)	速效 K_2O (%)	Ca^{++} (%)	Mg^{++} (%)
流动风沙土	流动沙丘	0—120	7.0	0.0640	0.0170	0.0070			
生草风沙土	固定沙丘 沙地	0—30	7.9	1.5351	0.04309	0.01334	1.250×10^{-3}	0.00320	0.00586
		30—80	7.4	1.2940	0.03945	0.00763	3.375×10^{-3}	0.00360	0.00098
		80—110	7.4	0.3560	0.01315	0.00360	2.750×10^{-3}	0.00160	0.00512
沙质草甸土	风蚀洼 平地	0—17	6.03	0.4068	0.01241	0.00706	1.375×10^{-3}	0.00120	0.00390
		17—84	5.83	2.1106	0.08902	0.01134	0.5×10^{-3}	0.00080	0.00561
		84—110	6.13	0.3189	0.00439	0.00281	1.875×10^{-3}	0.00120	0.00215
草炭土	丘间低地	0—119	5.00	8.8377	0.54586	0.04173	2.625×10^{-3}	0.01600	0.00366
		119—220	6.25	3.7764	0.24476	0.02434	0.925×10^{-3}	0.00160	0.01915

第五节 沙地植被

章古台附近沙地共有维管束植物89科338属564种。其中天然植物501种，引种造林树木29种，园林树木31种，绿肥牧草3种。天然植物中以菊科最多为68种，其次是禾本科45种，豆科44种，再次是蔷薇科34种，莎草科29种，蓼科20种，藜科17种。上述各科中含有最多种之属是菊科蒿属17种，其次是蓼科蓼属15种。

章古台属于蒙古植物区系西辽河小区。代表性植物有色木 (*Acer mono*)、山里红 (*Crataegus pinnatifida*)、家榆 (*Ulmus pumila*)、大果榆 (*Ulmus macrocarpa*)、山杏 (*Armeniaca sibirica*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、小黄柳 (*Salix gordejvii*)、差巴戈蒿 (*Artemisia halodendron*)、中华隐子草 (*Cleistogenes chinensis*) 等。同时也分布着华北植物区系常见的一些种，如小叶朴 (*Celtis Bungeana*)、花曲柳 (*Fraxinus rhynchophylla*)。近年来由于人类经济活动的影响，流动风沙土面积增加，耐干旱瘠薄的地带性植物的分布也随之增多，有些草甸被沙压或开垦为水田，草甸植物的分布面积和种群数量明显减少。

一、植被的分布和组成

植被的分布和组成受沙地类型及土壤条件等影响，不同生境条件的主要植物及组成状况如下：

(一) 流动和半流动沙丘

主要植物有蒺藜梗 (*Agriophyllum areuarium*)、差巴戈蒿 (*Artemisia halodendron*)、小黄柳 (*Salix gordejvii*)、沙蓼 (*Polygonum divaricatum*)、东北棘豆 (*Oxytropis tunliaensis*)、大果虫实 (*Corispermum macrocarpum*)、西伯利亚虫实 (*Corispermum sibiricum*)、猪毛菜 (*Salsola collina*)、刺沙蓬 (*Salsola ruthenica*)、紫花窝苣 (*Lactuca tatarica*)、沙苦菜 (*Ixeris chinensis*) 等。

主要群落有差巴戈蒿小黄柳群落，蒺藜梗群落，沙苦菜沙蓼群落等。

(二) 固定沙丘和平缓沙地

主要植物有野麦子 (*Agropyron cristatum*)、野古草 (*Arundinella hirta*)、中华隐子草 (*Cleistogenes chinensis*)、落草 (*Koeleria crista*)、兴安胡枝子 (*Lespedeza davurica*)、茵陈蒿 (*Artemisia Capillaris* var *simplex*)、黄金蒿 (*Artemisia aurata*)、小白蒿 (*Artemisia frigida*)、万年蒿 (*Artemisia Sacrorum*)、锦鸡儿 (*Caragana microphylla*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、拂子茅 (*Calamagrostis epigejos*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、细叶胡枝子 (*Lespedeza hedysaroides*)、草木樨黄芪 (*Astragalus melilotoides*)、斜基黄芪 (*Astragalus adsurgens*)、米口袋 (*Amblytropis multiflora*)、山马料 (花苜蓿) (*Trigonella korshinskyi*)、灰野豌豆

(*Vicia pseudocracca*)、多叶棘豆 (*Oxytropis myriophylla*)、绿珠藜 (*Chenopodium acuminatum*)、木地肤 (*Kochia prostrata*)、石竹 (*Dianthus chinensis*)、桃色女娄菜 (*Melandrium apricum*)、棉团铁线莲 (*Clematis hexapetala*)、飞燕草 (*Delphinium grandiflorum*)、白头翁 (*Pulsatilla Turczaninowii*)、展枝唐松草 (*Thalictrum squarrosus*)、线叶花旗杆 (*Dentostemon integrifolius*)、南蛇藤 (*Celastrus articulatus*)、小叶鼠李 (*Rhamnus Parvifolius*)、白薔 (*Ampelopsis japonica*)、防风 (*Siler divarcatum*)、百里香 (*Thymus serpyllum*)、阿尔泰紫苑 (*Heteropappus altaicus*)、细叶鸢尾 (*Iris tenuifolia*)、麻黄 (*Ephedra distachya*)、山杏 (*Armeniaca sibirica*)、欧李 (*Prunus humilis*)、山里红 (*Crataegus pinnatifida*)、家榆 (*Ulmus pumila*) 等。

主要群落有中华萎陵菜麻黄群落、中华隐子草小白蒿群落、落草欧李群落、野古草山杏群落、黄金蒿胡枝子群落、茵陈蒿拂子茅群落、中景隐子草细叶胡枝子群落、兴安胡枝子苦参群落等。

(三) 沙质草甸

草甸地主要植物有小红柳 (*Salix microstachya*)、蒙古柳 (*Salix mongolica*)、茴茴蒜 (*Ranunculus chinensis*)、龙牙草 (*Agrimonia pilosa*)、节节草 (*Eguisetum ramosissimum*)、鹅绒萎陵菜 (*Potentilla anserina*)、车前 (*Plantago asiatica*)、地榆 (*Sanguisorba officinalis*)、泽兰 (*Eupatorium Lindleyanum*)、剪股颖 (*Agrostis trinii*)、莎草 (*Cyperus glomeratus*)、苔草 (*Carex spp.*)、天蓝苜蓿 (*Modicago lupulina*)、野大豆 (*Glycine ussuriensis*)、乌苏里蓼 (*Polygonum ussuriense*)、小酸模 (*Rumex acetosella*)、灰绿藜 (*Chenopodium glaucum*)、车轴草 (*Trifolium lupinaster*)、金丝桃 (*Hypericum ascyron*)、千屈菜 (*Lythrum salicaria*)、水湿柳叶菜 (*Epilobium palustre*)、宽叶泽芹 (*Sium Suave Walt. var. angustifolium*)、点地梅 (*Androsace umbellata*)、鳞片龙胆 (*Gentiana squarrosa*)、地瓜儿苗 (*Lycopus lucidus*)、薄叶黄芹 (*Scutellaria konnikovii*)、柳叶婆婆纳 (*Veronica tubiflora*)、蓬子菜 (*Galium Verum*)、轮叶沙参 (*Adenophora tetraphylla*)、山梗菜 (*Phyteuma japonicum*)、桔梗 (*Platycodon grandiflorum*)、旋复花 (*Inula britannica*)、羽叶鬼针草 (*Bidens Maximowicziana*)、蓍草 (*Achillea sibirica*)、大蓟 (*Cirsium setosum*)、蒲公英 (*Taraxacum falcilobum*)、野稗子 (*Echinochloa cusgalli*)、针蒿 (*Heleocharis sp.*)、綫草 (*Spiranthes amoena*) 等。

主要群落有鹅绒萎陵菜旋复花群落、扁莎剪股颖群落、车前蒙古柳群落、苔草毛茛群落、野大豆三棱草群落、箭叶蓼泽芹群落等。

(四) 盐渍化草甸

主要植物有圆叶碱毛茛 (*Halerpestes salsuginsa*)、长叶碱毛茛 (*Halerpestes ruthenica*)、海乳草 (*Glaux maritima*)、碱蓬 (*Suaeda sp.*)、碱草 (*Aneurolepi-*

dium chinense)、马蔺 (*Iris ensata*)、扁蓄 (*Polygonum aviculare*)、碱蒿 (*Artemisia anethifolia*)、碱地肤 (*Kochia sieversiana*)、西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum*) 等。

主要群落有碱毛茛西伯利亚蓼群落、扁蓄海乳草群落、碱蒿马蔺群落、碱地肤碱草群落等。

(五) 泡沼边沿与水中

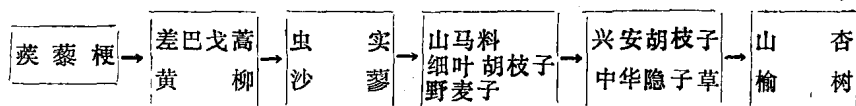
泡沼边沿及水中主要有慈菇 (*Sagittaria trifolia* var. *angustifolia*)、黑三棱 (*Sparganium stoloniferum*)、泽泻 (*Alisma orientale*)、香蒲 (*Typha minima*)、水毛茛 (*Ranunculus trichephyllum*)、水芋 (*Calla palustris*)、野菱 (*Trapa Maximowiczii*)、金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum*)、雨久花 (*Monochoria korakowii*)、杉叶藻 (*Hippuris vulgaris*)、两栖蓼 (*Polygonum amphibium*)、眼子菜 (*Potamogeton Tepperi*)、睡莲 (*Nymphaea tetragona*)、芦苇 (*Phragmites communis*)、苔菜 (*Nymphoides peltatum*) 等^(9 10)。

主要群落有慈菇黑三棱群落、芦苇群落、水芋香蒲群落、眼子菜睡莲群落、金鱼藻苔菜群落等。

二、植被的演替

随着沙地条件的变化，植被的分布与组成也不断地发生变化，这种变化主要沿着发展演替和退化演替两种趋势进行。

当沙地还处于流动状态，首先侵入的是一年生长期短的蒺藜梗，又称为先锋植物；小黄柳和差巴戈蒿等沙生植物或称喜沙植物，具有沙压旺特点，也是流动沙丘的主要植物。随着沙面逐渐稳定，蒺藜梗、小黄柳和差巴戈蒿等沙生植物生长衰弱，数量减少。这时藜科虫实属、猪毛菜属、菊科蒿属（除差巴戈蒿以外）以及禾本科根茎类植物逐渐侵入。一般演替过程如下：



由于对沙地利用的不合理，如过渡放牧打柴、轮荒耕作等，使沙地发生“三化”，即草场退化、土壤沙化和碱化。于是植被的层次和种类组成简化，即发生退化演替。这里至今仍保持着轮荒耕作，开垅子种晚田等习惯，开荒以后植被完全破坏，演替过程中断，只有撩荒以后才重新开始恢复。过渡放牧可使兴安胡枝子、中华隐子草草地退化为苍耳、扁蓄草地，过渡打柴也使草地退化，可使豆科植物减少，鹅绒萎陵菜等适口性差的植物增加。草甸植被还因风积沙的影响，水肥条件变差，使剪股颖、天蓝苜蓿的分布减少，而使拂子茅，兴安胡枝子等增加。

第二章 固沙林生态系统的组成

生态系统是生物群落及其所在生境两者相互作用所产生的一个相对稳定的系统^[11]。固沙林生态系统是在流动沙丘的条件下，经过固沙造林，同时在人工影响下又自然进入了其它植物和动物，并且在生物与非生物环境之间，生物与生物之间出现相对稳定平衡后所形成的。

固沙林生态系统主要由四部分组成，即初级生产者包括人工栽植的乔灌木和自然进入林内的草本植物、灌木以及天然更新的幼树；消费者包括草食动物和肉食动物；分解者包括细菌、真菌等微生物和非生物物质包括光、热、大气、水、土等因子。这些成分在生态系统中各自占据着相应的位置，并且相互依存和制约着。

初级生产部分，主要对固沙林群落的草本植物发生演变及组成进行分析；非生物物质条件，主要对流沙的理化性质进行补充分析；消费部分，主要对昆虫、鸟类，其它动物和真菌等的种类进行分析；分解者，主要对土壤微生物分布组成状况进行分析。

第一节 人工林群落

在一定地段的自然条件下，总是由一定的植物种类结合在一起，成为一个有规律的组合，称为植物群落^[12]。固沙林是人工栽植的林木，但栽植在沙丘不同部位的树木已表现出不同的适应性，同时许多草本植物和灌木不断进入林中，一些树木还天然下种更新，这些新的植物群体，形成了新的植物组合，也就是人工固沙林群落。

人工影响下植被的发展演替分为三个阶段，既初期阶段、过渡阶段和相对稳定阶段。初期阶段，时间短，变化大。例如，1973年我们对20ha流动沙丘通过栽植灌木胡枝子进行固沙，曾选设10m²样地观测，结果，当年进入的植物有蒺藜梗和差把戈蒿共12株（簇），第二年又增加虫实、芦苇和细叶胡枝子等共计5种22株（簇），覆盖率由20%增加到40%，第三年覆盖率已增加到52%。至第五年，蒺藜梗已经消失，差把戈蒿明显衰退，植物种又增加有沙蓼、胡枝子（幼苗）和狗尾草等，覆盖率达65%。

过渡阶段，从第六年至第十七年，一些喜沙植物已经完全消失或衰弱，代之以野麦子、兴安胡枝子、细叶胡枝子、茵陈蒿、拂子茅等，这时植物种类比较多，覆盖度也较高，但是还没有明显的优势种出现（见表9）。

相对稳定阶段的特点是出现了明显的优势种且组成趋于稳定。一般从18年至20年以

后进入这一阶段。这时在沙丘的阴坡和丘间低地的松林内黄囊苔草成为优势种，而沙丘的阳坡，中华隐子草、寸草苔草等成为优势种，有时中景隐子草和拂子茅也成为优势种。灌木只有胡枝子成为优势种，鼠李和锦鸡儿也有逐渐增多的趋势（见表10）〔13〕。

表9

15年生樟子松林灌木和草本植物的组成

标准地26 (沙丘下部)			标准地19 (沙丘上部)		
植 物 名 称	高 度 (mm)	多 度	植 物 名 称	高 度 (mm)	多 度
细叶胡枝子(<i>Lespedeza hedysaroides</i>)	0.35	cop.'	兴安胡枝子 (<i>Lespedeza davurica</i>)	0.32	cop.'
山马料 (<i>Trigonella korshinskyi</i>)	0.29	cop.'	山马料 (<i>Trigonella korshinskyi</i>)	0.25	cop.'
兴安胡枝子 (<i>Lespedeza davurica</i>)	0.30	cop.	细叶胡枝子 (<i>Lespedeza hedysaroides</i>)	0.35	cop.'
野麦子 (<i>Agropyron cristatum</i>)	0.32	sp.	狗尾草 (<i>Setaria lutescens</i>)	0.26	sp.
小飞蓬 (<i>Erigeron canadensis</i>)	0.40	sp.	沙 蓼 (<i>Polygonum divaricatum</i>)	0.38	sp.
茜草 (<i>Rubia cordifolia</i>)	0.20	sp.	差巴戈蒿 (<i>Artemisia halodendron</i>)	0.40	sp.
莴苣 (<i>Lactuca tatarica</i>)	0.45	sp.	东北棘豆 (<i>Oxytropis tunliaoensis</i>)	0.12	sol.
打碗花 (<i>Calystegia pellita</i>)	0.15	sp.	绿珠藜 (<i>Chenopodium acuminatum</i>)	0.22	sol.
堇菜 (<i>Viola mandshurica</i>)	0.10	sol.	猪毛菜 (<i>Salsola collina</i>)	0.26	sol.
野艾蒿 (<i>Artemisia lavandulaefolia</i>)	0.36	sol.	列当 (<i>Orobanche coerulescens</i>)	0.15	sol.
苦蕒菜 (<i>Ixeris denticulata</i>)	0.30	sol.	虫实 (<i>Corispermum macrocarpum</i>)	0.30	sol.
绿珠藜 (<i>Chenopodium acuminatum</i>)	0.28	sol.	中华隐子草 (<i>Cleistogenes chinensis</i>)	0.22	un.
黄囊苔草 (<i>Carex korshinskyi</i>)	0.15	sol.			
中景隐子草 (<i>Cleistogenes hackelii</i>)	0.18	un.			

在沙丘边缘的平缓沙地和风蚀洼地上的杨树林下以蒙古柳、剪股颖等为主要植物，小红柳、女苑、碱草和苦参等也比较多（见表11）。