

中国农业科学院

硕士学位论文

基于水热时空分布的锡林郭勒草地保护类型分区评价研究

姓名：杨文义

申请学位级别：硕士

专业：农业推广·农村与区域发展

指导教师：李茂松

20071101

摘 要

本文对锡林郭勒盟草原气候资源特点进行了分析,同时根据水热条件进行了气候分区,分析了锡林郭勒盟草原气候资源变化趋势,以气候资源中影响最大的水热条件为依据,进行了草原保护分区,并阐述了各分区的特征及有关保护对策。主要结论如下:

(1) 锡林郭勒草原气候资源具有明显的配置不协调性。光、热资源丰富的地区,水分资源差,而光、热资源贫乏的地区,水分资源却丰富。将年降水量 ≤ 200 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 2300^{\circ}\text{C}$ 划分为干旱温暖荒漠草原气候区;年降水量 $200 < R < 350$ 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$,为干旱温暖典型草原气候区;年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为半湿润温凉草甸草原气候区;年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉农牧交错气候区;年降水量 ≥ 400 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉林牧交错气候区。

(2) 锡林郭勒盟西部地区气候总的变化趋势是降水减少,气温在不断升高,导致干旱发生的频率加快、程度不同程度加重。

锡林郭勒盟西部地区气温变化与全球变暖的趋势一致,80年代以前呈稳定上升的趋势,平均每十年升高 $0.1\sim 0.3^{\circ}\text{C}$;进入90年代开始明显上升,平均每十年升高 $0.5\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

年降水量在80年代以前阿巴嘎旗、二连浩特市呈增加趋势,苏尼特左旗呈减少趋势,苏尼特右旗变化不大;90年代除二连浩特市略有减少外,其它地区都有增加趋势,苏尼特右旗最为明显;自1999年以来各地降水持续偏少,平均降水量比90年代偏少 $12\%\sim 31\%$,是减少幅度最大的时期。

锡林郭勒盟西部地区受地理和气候影响,风大、雨少,是大风和沙尘暴的多发地区。60年代后期至70年代是沙尘暴高发期80至90年代有明显的减少趋势,其中1966年是沙尘暴发生最多的年份。进入本世纪,强沙尘暴的发生频率明显高于往年。

锡林郭勒盟西部地区年际降水变率大,但丰雨年少,只占 $22\%\sim 24\%$ 的年份;少雨年多,是干旱发生比较频繁的地区。干旱发生频率达 64% (1956~2005年),严重干旱的发生频率也在 30% 以上。

(3) 以气候资源为依据,根据水热计算模式,结合气象卫星监测资料和实地考察,将锡林郭勒草原划分为:划区轮牧区、季节性休牧区、永久禁牧区、退耕还草区、沙源治理区。

年降水量在300毫米以上, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2000°C 以下。天然牧草产量达大部分2000千克/公顷以上,牧草高度大于30厘米,牧草覆盖度大于 60% ,该区域划分为划区轮牧区。

年降水量在210~300毫米之间, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以下。天然牧草产量为1000~2000公斤/公顷,牧草覆盖度在 $30\sim 60\%$,划分为季节性休牧区。

年降水量 < 210 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以上。天然牧草产量不足1000公斤/公顷,牧草覆盖度在30以下。划分为永久禁牧区。

年降水量在350毫米以下, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 $1800^{\circ}\text{C}\sim 2100^{\circ}\text{C}$ 之间,年日照时数为2800~3100小时,无霜期短,大部地区在100天以下。已经不适应耕作,化为退耕还草区。

部分草原沙地区域年降水量200~350毫米,气温较高,大部地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2000°C 以上;日照充足,多在3000小时以上;年大风日数大于60天,已构成沙尘天气的沙源地,划分为沙源

治理区。

按照上述气候指标和草地利用现状，对锡林郭勒草原进行科学的划区，从而实现对草原的有效保护和合理利用。

关键词：水热变化，锡林郭勒草地，资源分区，保护分区

Abstract

This paper attempted to analyze characteristics of the climate resources in Xilingol grassland, making climate regionalization under hydrothermal conditions, analyzed the trend of climate resources changes, divided protected regionalization as the basis of hydrothermal conditions, explained the characteristics of the regionalization and the relevant protection measures. The main conclusions are as follows:

(1) Climatic resources allocation in Xilingol grassland is obvious disharmony. In the light and heat resource-rich areas, relative water resources are poor. The areas which light and heat resources are poor, while are rich in water resources. Five zones are divided in this study: Drought warm desert steppe climate zone, with annual precipitation ≤ 200 mm and ≥ 10 °C temperature ≥ 23 °C; Drought warmth typical steppe climate zone, with $200\text{mm} < \text{Annual precipitation} < 350$ mm and ≥ 10 °C Temperature ≥ 1800 °C, Sub-humid climate zone cool meadow grassland, with annual precipitation ≥ 350 mm and ≥ 10 °C Temperature < 1800 °C, Humid Climate cool farming-pastoral area, with annual precipitation ≥ 350 mm and ≥ 10 °C Temperature ≥ 1800 °C; Cool animal staggered humid climate zone, with annual precipitation ≥ 400 mm, and ≥ 10 °C Temperature < 1800 °C.

(2) The tend of the climate change is drier and warmer. The precipitation will decrease but the temperature and evaporation will increase steadily. The frequency of drought increase and drought will become severe. The trends of temperature changes and global warming were upward steadily before 1980s in the western region of xilingol grassland. It was increased by 0.1 to 0.3 °C every ten years; In the 1990s, it increased significantly which was increased by 0.5 to 0.9 °C.

Annual rainfall has been showed an upward trend in Abaga county and Erlianhaote city before 1980s, decreased in SonidZuo banner and little changed in Sonidyou Banner. After the 1990s, a slight decrease has occurred in Erlianhaote, and other regions have an increased trend. Since 1999, all area precipitation was continued under the normal level, the average precipitation was reduced by 12%-31% compared to 1990's. The reduction rate was the largest in this period.

Affected by the geography and climate in Xilingol grassland, wind and rainfall were less than other regions, but sandstorms was very strong. During the late 1960s to 1970s, it was a period of high dust storms, and it reduced in 1980s to 1990s. In the 21st century, strong dust storm frequency was significantly higher than that in previous years.

The rate of interannual precipitation changing was more variable. The rainy years were account for only 22% to 24%, drought disaster occurred frequently in the region.

(3) Based on climate resources and meteorological satellite monitoring data, under the hydrothermal computing model, we divided Xilingol grassland into five zones: grazing area, seasonal grazing areas, permanent ban areas, returning farmland to pasture areas and sources of sand governance areas.

With annual precipitation ≥ 300 mm and ≥ 10 °C temperature ≤ 2000 °C, most of the natural forage production was 2,000 kg / ha , and the grass height is higher than 30 cm, forage coverage is more

than 60 per cent, the region is divided into grazing areas.

With 300 mm \cong annual precipitation \cong 210 mm and \cong 10 °C temperature \cong 2300 °C, natural forage production was 1000 to 2000 kg / ha, orage coverage was more than 60 per cent, grass cover rate was 30 - 60% of the area, the region is divided into Seasonal grazing areas.

With 350 mm \cong annual precipitation and 1800°C \cong 10°C temperature \cong 2100°C, the sunshine hours are for the 2800 to 3100 hours, and the frost-free period is short which is less than 100 days in most areas. This area isn't suit for farming, and we should return farmland to pasture areas.

Some grassland is influenced by sandland, when there have strong wind in the area it will become sandstorm. We called the area of ources of sand governance areas. With 350 mm \cong annual precipitation \cong 200mm and 2000°C \cong 10°C temperature, sunshine hours is more than 3,000 hours

The grassland protection should be placed first as to achieve the sustainable use of grassland resources.

Key words: hydrothermal changes, Xilingol grassland, resources regionalization, protected regionalizatio

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中国农业科学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：



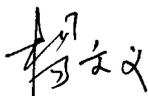
时间：2007年12月25日

关于论文使用授权的声明

本人完全了解中国农业科学院有关保留、使用学位论文的规定，即：中国农业科学院有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国农业科学院可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

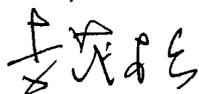
(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

论文作者签名：



时间：2007年12月25日

导师签名：



时间：2007年12月28日

第一章 绪论

1.1 研究目的和意义

我国现有不同类型草地面积约 4 亿 hm^2 ，约占我国土地总面积的 40%以上，是我国陆地最大的生态系统，其面积约为我国耕地面积的 4 倍，森林面积的 3.6 倍（李博等，1997）。有学者对我国草地的价值也进行了估算，其总价值为 1009.2×10^8 美元，是我国耕地总价值的 6.1 倍（陈仲新和张新时，2000）。然而，随着人口的不断增长、人类经济活动范围的不断扩大和资源利用强度的加深，特别是在全球气候变化的大环境下，草地退化日益严重，生产力和物种多样性不断降低，草地生态系统的平衡受到严重的胁迫(Rapport & Whitfor, 1999; Pimm & PRaven, 2000)。所以，保持草地生态系统良性健康的发展，保证草原作为人类赖以生存的重要的畜牧业基地，具有重要的理论和现实意义。

内蒙古拥有天然草原 8800 万公顷，占自治区国土面积的 74.4%，是耕地面积的 12.4 倍，是森林面积的 4.2 倍，占全国草原总面积的 22%，可利用草原面积 6 8 0 0 万公顷，居全国首位（杜青林，2006）。因此，草原是内蒙古的主体生态系统和最大的绿色生态屏障。同时，内蒙古草原是欧亚大陆草原的重要组成部分，也是目前世界上草原类型最多、保存最完整的草原之一，有欧亚大陆众多草原类型的典型特征和天然草原生态系统的自然特性（孟林，1998）。

内蒙古草原年产干草总量为 612.17 亿千克，每公顷可利用草原年产干草量为 972.58 千克。暖季载畜量为 4861.67 万羊单位，冷季载畜量为 3445.12 万羊单位，全年平均载畜量为 3943.20 万羊单位。全区草原暖季平均一个羊单位需 0.60 公顷有效草原面积，冷季需 0.99 公顷，全年需草地 1.60 公顷（白永飞和许志信，1997）。长期以来，由于草地自身的脆弱性和人类在利用过程中存在的如乱开滥垦、超载过牧、经营方式单一等种种弊端，造成了草地资源生产效率低下、抵御自然灾害的能力降低，草原出现一系列退化、沙化和碱化现象，严重阻碍了地区经济的发展，也极大地制约了人类社会生产力的不断提高（孟林，1998；包维楷，1999）。据统计，全区草原“三化”面积已经高达 3948 万公顷，退化草原面积由 20 世纪 60 年代的 18%，发展到 80 年代的 39%，现在已达到 58%（退化面积占可利用草原面积的比例），导致内蒙古天然草原地表裸露，优质牧草锐减，部分地段几乎丧失了生产能力，致使草原鼠、虫害、沙尘暴等自然灾害频繁发生，草地生产力下降 30~50%，使得草原的可持续生产能力持续下降，草地资源的优势明显削弱（曾德慧等，1999）。

目前，由于人类活动、化石燃料和生物物质的燃烧、森林的砍伐、土地利用方式的变化等使大气温室气体浓度持续增加，例如，夏威夷 Mauna Loa 的观测结果表明，在过去的四十年间，大气 CO_2 浓度已从 315ppm 增加到 368ppm；而大气 CH_4 的浓度在过去三百年间大致以指数形式增加，近年来每年大约以 1% 的速率递增（IPCC，2001）。全球温暖化、干旱化已经成为一个不争的事实（方精云，2000）。全球气温升高将会导致海平面上升、降水分布变异、植被分布、生产力的改变和气候灾害事件的发生，给各种类型的生态系统以及人类的生存和发展构成了巨大的威胁（方精云，1996）。

随着气候变化对生态系统的影响研究的深入，草地生态系统生产力退化的问题已经引起广大

学者的关注,并成为当今世界各国政府和科学工作者们普遍关注的重大环境问题。全球温暖化、干旱化已经并且将继续给全球和我国的自然生态环境及社会经济发展带来深远而显著的影响(周勤等, 2006; Alward et al., 1999)。

草原植被的形成与发展是在长期的历史过程中各种自然和非自然因素相互作用的结果,其中气候条件起着决定性的作用。它是影响和制约草原生态系统最重要的环境因素,决定着草原类型及其分布,直接影响着草原生产力。同时也决定着畜种的地理分布(彭祺, 王宁, 2005; 白永飞, 许志信, 1995; 汪诗平等, 2003; 许红梅等, 2006;)。

随着全球气候变化、草场载畜量的增加和草场不合理的利用,草原生态环境呈现出逐年恶化的态势,草原可利用面积逐年减少,生物量锐减,覆盖度降低,优良牧草明显减少,生物多样性遭到破坏,河道水道干涸,湿地萎缩消失,地下水位下降,地表植被变劣,鼠虫灾害频繁出现,沙尘暴肆虐。草原退化、沙化既有气候因素,也有超载过牧的原因。长期以来缺少对草原利用的科学规划,盲目追求牲畜头数,致使草原承载能力明显下降。草原退化、沙化已对国家的生态安全构成了严重的威胁,威胁着人类的生存(李青丰等, 2002; 郝璐等, 2006; 黄富祥等, 2001; 付明胜等, 2002)。

为了合理保护利用草地资源,有效地防止草原退化、沙化的态势,恢复和保护人类和动物赖以生存的草原生态环境,促进草原生态系统良性循环和可持续发展。本研究以内蒙古锡林郭勒盟气候资源为依据,根据水热资源的时空分布,提出内蒙古锡林郭勒盟草原保护和利用的气候划分指标,从而为实现草地资源的合理利用和科学保护提供科学依据。

1.2 国内外研究进展情况

1.2.1 国内研究进展

20世纪末人类面临的重大问题之一便是地球环境问题。全球的气候与环境发生了重大变化,导致水资源短缺,生态系统退化,土壤侵蚀加剧,生物多样性锐减,臭氧层耗损,大气化学成分改变等环境问题已经成为人类的重大威胁。土地荒漠化成为全球十大生态问题之首,草地退化已成为一个世界性问题。近年来,由于草原植被退化,生产力下降,草地退化、沙化严重,对草原地区的可持续发展和畜牧业的发展构成威胁。草原退化已经是一个不争的事实,已引起了世界广大学者的高度重视和社会各界的广泛关注。

但对于草原退化的程度和面积在不同的报道中相差很大。李青丰等(2002)分析了内蒙古草原地区 1970~1999 年 30a 来的气候变化特征,探讨了气候因子对草地退化的影响;从草地生态系统的物流平衡及人类活动对草地生态系统的影响等方面探讨了草地生态环境劣变的原因。他提出:系统内物流的出入失调和季节性的草-畜供求失衡是引起草地生态系统迅速退化的主要因素;气候变化对系统的劣变仅起了推波助澜的作用。李镇清等(2003)根据中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究(IMGERS)近 20 年的观测资料,利用 Holdridge 生命地带系统的气候指标分析得出:近 20 年以来,内蒙古锡林郭勒盟地区有变暖的趋势,冬季增温尤为明显;净第一性生产力自 1993

年以后有明显的下降趋势；冬季增温使该地区春季干旱加剧，并使典型草原的生产力下降。陈佐忠等(1998；2003)也从多个方面综合分析了内蒙古草原退化的原因。他认为内蒙古草原生态系统的退化，是气候变化与长期的不合理的人类活动共同作用的结果。气候变化是正常的自然现象。历史上长期的气候变化并没有导致像今天这么严重的草原退化。长期的不合理的人类活动与气候变化的结合，才导致草原的退化。但是1999~2001年，连续的急剧的气候变化加剧了草原退化的进程，并在一定程度上改变了草原退化的趋势和格局。

王玮(1997；1998)等对内蒙古锡林郭勒草原长期定位观测研究表明，内蒙古草原植被退化演替的本质是人类对草原的不合理管理与超限度利用导致草原正常群落的生产力、生物组成发生明显的退化性变化、土壤退化、水文循环改变以及相应的小气候环境恶化的过程总体。其中人类活动的干预包括过牧、超负荷收割等，超越了原有群落中某些种群的再生能力，从而导致生物量减少、群落稀疏矮化、种群亦有变化。值得提出的是，由于半干旱草地所面临的气候相对恶劣，存在着水分因素的严重制约，而且有重大的年际变化，导致低于草原生物群落自我维持阈值从而产生退化。以降水为关键制约因素的生态环境变化还包含着春季大风对土壤表层的风蚀、水热组合的非同季性对植被生长的制约等。因此即使是针对平均气候状态年份的相对合理的人类活动干预也会造成气候恶劣年份的植被退化，并难以短期恢复。

很多专家学者在对内蒙古草原进行多年研究以后，基本都承认这样的事实，即内蒙古草原退化已经十分严重，但对于引起草原退化的原因专家却众说纷纭，首先国际IPCC认为我国北部整体上温度升高、降水量加大，这样的气候变化应该有利于草原的生长。但是我国很多学者认为内蒙古草原气候变化不规则的变化，特别是连续的急剧的气候变化加剧了草原退化的进程。草原退化的原因中人类活动是起决定性的因素之一(巩爱歧，1999；吕达仁等，1997；李月臣等，2006；)。

有超载过牧之说：认为牧民为了追求近期的利益，盲目扩大牲畜的饲养数量，草牧场长期超载过牧，致使草原退化和沙化。也有学者认为开垦草原造成了草原退化和沙化开垦直接造成了草原面积的减少，特别是优良草原面积的减少。盲目的开垦，然后是弃耕撂荒，引起了土地和周边的草原沙化，退化(苏志珠等，2006；陈佐忠等，2003)。

对于如何利用气候资源进行分区治理，达到草原退化修复的目的，很多学者进行了研究，其中主要包括以下两方面：

A. 气候资源利用

田志会等(2005)人为了定量分析农业气候资源,利用1平方公里小网格的气候资料,应用农业气候适宜度理论、模糊数学和因子分析等方法,通过农业气候指标与栽培植物生长发育条件之间隶属函数的建立及其权重的确定,分别计算各网格点的农业气候资源指数、效能指数和利用系数,并在GIS的支持下建立了它们的栅格图；樊锦召(1991)等人系统的研究了天然牧草生长发育的气象指标，建立了不同草原类型的草场生长力模式；马兴祥(2004)等人研究了祁连山东部气候资源对林木牧草生长的影响因子结果表明，降水是影响祁连山东部牧草生长关键时段(5月下旬至7月上旬)的主要因素，降水和热量是影响林木生长季的主要因素。并根据祁连山东部气候资源分布

特征,提出还林还草区域布局建议。

陈海(2006)等人运用GIS与RS技术,选择日平均温度、生育期日平均温度、生育期积温、生育期降水、全年降水和生育期日照时数等指数,依据主要作物适宜条件构建模糊隶属函数,利用主成分分析法定量评判研究区农业气候资源适宜度。在此基础上,进一步指出农业气候资源各单项指数及综合指数的空间分异规律。结果表明:①相对热量和光照而言,水分是研究区农牧林业生产的主要限制因子,水分指数的分布大体呈现东北—西南走向;②研究区总气候资源指数和资源效能指数的计算表明,农业气候资源潜力小,光、热、水的配合效果差;两指数由东南向西北的分布次序均为由好到差;③研究区气候资源利用效率计算表明:大多数作物对农业气候资源利用的实际效率低。该指数由东南向西北的分布次序为较高、一般、较低和低4种类型。

常履福(2005)分析了毕节地区气候资源和牧草、饲料的关系,找出发展畜牧养殖业的气候资源优势,以气候资源为主要依据,在考虑牧草地状况、饲料来源和社会因素的前提下进行畜牧气候资源分区,为畜牧业的规划和健康发展提供参考依据。

温敏、张人禾(2004)等人提出:气候资源是人类生产和生活不可缺少的自然资源,它的开发利用对于经济社会的可持续发展具有十分重要的意义。综合评述了我国主要气候资源的分布及利用现状,指出了其中存在的主要问题,并探讨了气候资源合理开发利用的发展目标:开展全国和重点区域气候资源普查、评估气候资源的承载能力,在此基础上根据社会发展和需求进行气候资源综合区划工作;建立我国气候资源监测评估体系,研究气候资源未来演化趋势及其对环境、生态和社会经济系统的影响;推广气候资源的开发利用技术,特别是对太阳能和风能等气候能源的利用。

B.草场保护利用

达林太(2006)指出,造成草原退化的直接和主要原因,是定居后牲畜头数的盲目增长,草原超载过牧。牲畜的数量远远超过草原承载能力,牲畜的任意啃食、践踏和蹄创严重损毁了草原植被,牧民把这种过度放牧对草原的破坏称为“蹄灾”。超载过牧造成草原退化具有普遍性和必然性,许多国家都有过这方面深刻的教训。1936年美国森林局对美国西部草原问题作了广泛的概括,确定了下列事实:过度放牧已毁坏了草原牧草资源的一半以上,当时全部草原的四分之三还在继续退化。“五十多年中过高的牲畜头数,在公有土地上无限制的放牧,缺乏知识,或对土地不照管,是破坏草原的主要原因。”美国草原退化的这种情况直到上世纪30年代保护运动的发展,才开始扭转。我国牧区牲畜头数盲目增长背后的经济原因,是人口的自然增长和机械增长形成的压力和新时代牧民对改善生活的渴求。

汪诗平(2006)提出,针对我国目前草原生态建设中存在的一些理论和实践问题,如草原退化的面积和程度,造成退化原因的作用和权重等不确定性问题;载畜量及其估测的理论基础问题;“围封转移”和“春季休牧”措施的理论基础以及草原生态系统多功能等问题。认为这些问题将严重困扰着我国草业能否健康、和谐的可持续发展,因此在研究我国草业发展战略时,必须面对并迫切需要解决;

哈斯(2003)分析了草原生态环境逐年加剧后,提出了中国草业应长期坚持生态治理、草地保护作为首要工作。并对今后的草业产业化,牧草及饲料作物育种及良种繁育应采取的措施进行了分析;李巍(2006)提出了草地保护是牧区经济发展与生态建设的关键,为此,分析了甘南牧区生态环境退化的表现及机理,指出了生态补偿机制的建立、草业的良性发展、科学技术适时适地的运用是解决甘南生态退化实现可持续发展的主要措施;师守祥(2004)提出草地保护与建设在国民经济和社会可持续发展中具有重要作用,我国草地资源破坏严重,草原生态环境日趋恶化的现状,迫切需要基本草地保护制度的实施。建议实行草畜平衡制度、调整牧区经济结构和加大草原建设资金投入,以实现草地资源的持续利用和草业的健康发展;

一些学者也分析了分区治理对于草原修复的作用。唐永昌(2003)在对临复县天然草地现状分析表明:由于长期超载过牧,砍、挖、垦荒和干旱少雨,造成了已退化天然草地占可利用草地的75%。建立人工草地,退耕还林还草,以草定畜,划区轮牧和草场承包,是实现该地区天然草地合理持续利用的有效途径;呼天明(2001)指出,中国西北地区的广阔草原约为1.2亿 hm^2 ,占我国北方天然草地总面积的50%,是我国畜牧业的主要基地之一。由于过分地注重牧畜头数的增加,草原退化日趋严重。保护西北的天然草地,实现其合理利用,基本对策为:①. 稳定性畜头数,提高牲畜群体质量,以质定数;②. 施行季节畜牧业,实现草畜平衡,逐步建立牧区繁殖—农区肥育的新体系;③. 进一步加强草地建设的投资;④. 封育改良相结合,实行大范围的轮封轮牧制度;⑤. 解决实现上述对策的关键问题与技术;黄国安(2003)在“呼伦贝尔草原生态现状及治理对策”中,着重介绍了呼伦贝尔市草原生态现状及建设现状。从呼伦贝尔市的实际出发,论述了退化沙化草地治理对策,在牧区坚持走保护与建设并重的路子,大力推广季节性休牧、划区轮牧和节水型建设工程,在农区积极调整种植结构,扩大人工种草比例。因地制宜,调整畜种结构,发展生态畜牧业;

王殿臣(2004)在对苏尼特左旗草原利用情况进行研究后,结果表明近年来苏尼特左旗草原生态严重恶化,为了保护和恢复草原生态,苏尼特左旗进行着大规模的草原建设和草原保护,采取了多种建设和保护措施,尤其是围封转移战略休牧、禁牧和生态移民等项目的实施,加大了草原建设与保护的力度,加快苏尼特左旗草原生态恢复的步伐,通过对各种保护措施的研究和示范,结果表明划区轮牧措施是今后苏尼特左旗草原保护和合理利用的必由之路;潘诚(2003)提出,实施“围封转移”的必要性和紧迫性,同时也论述了苏尼特左旗在“围封禁牧、收缩转牧、集约经营”所采取的综合措施和方法。

1.2.2 国外研究进展

气候对植被的影响研究早在20世纪30年代就开始了,如Koppen(1936)提出了将气候界限与植物生长或植被类型相关联的气候分类方案。这些研究尽管停留在定性研究阶段,但其关于植物与气候关系的概念和定量分析的标准及系统,为定量研究气候—植被关系提供了理论和方法。进入80

年代以来,随着人们对陆地生态和气候变化的重视,在全球不同气候区对代表性植被进行了大规模的国际间合作的陆地过程观测研究,包括法国中部开展的HAPEX/ MOBILHY 计划(中尺度森林、农田、草原等复杂植被下垫面),美国Kansas草原开展的FIFE 试验(15km人工草场),中国和日本在甘肃黑河流域进行的HEIFE实验(戈壁、绿洲、沙漠等复杂下垫面),欧洲共同体进行的沙漠化威胁地区试验(EFEDA),据不完全统计这类实验有40多个。

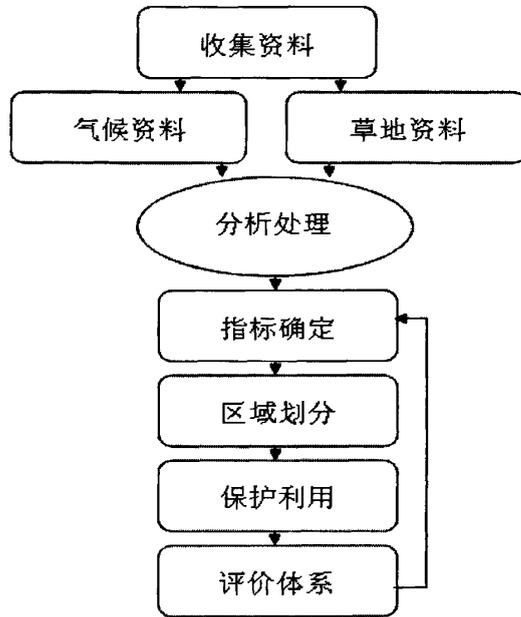
在气候变化影响草地植被的研究中,大部分采用草地生产力与气候条件关系研究以及在此基础上建立草地生产力气候模型,这样对于评估未来气候变化对草地生态系统的影响就显得十分重要。在这方面,最早的国外学者有 Yan Dyne(1978), Breymeyer (1980), Parton(1995), Ojima(1996)等就气候变化对草地生产力以及其它生态系统过程的影响进行了评估。而 BIOME3 模型(1996)和 IBIS 模型(1996) (Integrated Biosphere Simulator) 将植被的类型与植被的结构与功能有机地联系起来。MelilloM 等(1997)提出的 TEM(1991)全球模型、Schimel 等(1994,1997)提出的 CENTURY 全球模型和 Liu 等(1997)提出的 BEPS 区域性模型根据植被生长规律,利用遥感数据和 GIS 软件来描述生态系统中的各种作用过程及它们对环境气候条件的依赖。

1.3 研究内容和技术路线

以锡林郭勒气候资源、草地生态现状为基础,根据锡林郭勒盟 22 个气象站长期定位气候监测资料,利用数理统计方法建立气候资源推算模型,依托地理信息系统、1:25 万高程数据进行小网格推算,建立栅格图层。根据多年天然草场牧草地上生物量分布和利用现状,提出划分区域的主要气候指标,利用“三 S”技术重点开展以下方面的研究:

- (1) 确定光、热、水的时空分布及划区。
- (2) 分析锡盟草地气候资源变化发展趋势。
- (3) 完成草地保护利用的区域划分。
- (4) 提出不同类型区草地生态保护、利用的评价意见。

技术路线如下图:



第二章 研究区域概况和研究方法

2.1 研究区域概况

2.1.1 自然概况

锡林郭勒盟草原地域辽阔，位于内蒙古自治区中部，东经 $111^{\circ}08'36'' \sim 119^{\circ}58'35''$ ，北纬 $41^{\circ}35'00'' \sim 46^{\circ}46'30''$ 。东西长 600 多公里，南北宽 460 公里，总面积约 20.3 万平方公里。具有以高平原为主体，兼低山丘陵、台地、盆地和沙地的地貌结构；以草原植被为基本类型，草地面积占全盟总面积的 97.2%。其中典型草原占草原面积的 63%；荒漠草原占草原面积的 20%；草甸草原占草原面积的 17%，草原畜牧业构成了当地的主体经济。北与蒙古国接壤，南与河北省交界，东与兴安盟、通辽市、赤峰市毗邻，西与乌兰察布盟相连。辖九旗一县二市及乌拉盖开发区，锡林浩特市是盟委、行署所在地，是全盟政治、经济、文化中心。

锡林郭勒盟海拔高，平均海拔高度在 1000 米以上，地势南高北低，自西南向东北倾斜。西、北部地形平坦，东、南部多低山丘陵，浑善达克沙地横跨锡盟中部。锡林郭勒盟分布有三大水系，南部为滦河水系，中部为呼尔查干淖尔水系，东北部为乌拉盖水系。主要河流近 20 条，最大河是乌拉盖河，全长 548 公里。

锡林郭勒盟土壤带因气候与地貌不同，呈西北~东南走向，相应分布着棕钙土带、栗钙土带、黑钙土带、灰色森林土带，栗钙土带是最主要的土被组成部分。植被差异也很大，植被高度与盖度由东到西依次递减，地带性植被除草原植被这一基本类型外，还分布有森林植被、沙地植被、草甸植被、沼泽植被、盐生植被、荒漠植被等。

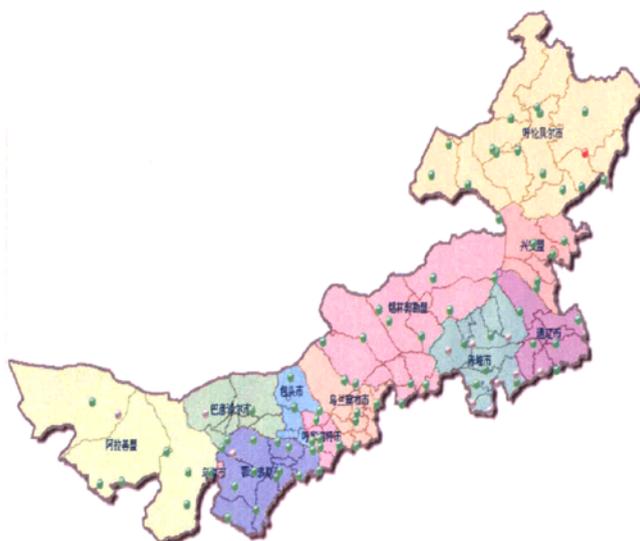


图 2-1 锡林郭勒盟地理位置

Fig2-1 location of xinlinggol

2.1.2 气候特点

锡林郭勒盟地处中纬度内陆，为西风环流控制，海拔高，距海远，又有南部阴山山脉，东部大兴安岭的屏障作用，受极地大陆气团控制时间较长，季风气候明显。按中国气候区划分区标准，属中温带半干旱、干旱大陆性气候，具有寒冷、风大、雨少的气候特点。四季气候是：春季风多雨少易干旱，夏短温热雨不均，秋季凉爽霜雪早，冬长寒冷冰雪茫。

寒冷

锡林郭勒盟地区气温低，冷季长。受地理地形影响，具有东冷西暖分布趋势，年平均气温自西南向东北递减，分别为 $5\sim-1^{\circ}\text{C}$ ，北部高原台地、东部边缘山地及灰腾梁一带均达 0°C 以下，而浑善达克沙地至二连盆地为相对暖区。

全年最冷月份为1月，月平均气温在 -14°C 以下，北部大部地区在 -20°C 以下，而东北部地区和阿巴嘎旗北部边境地区则达 -22°C 以下。年极端最低气温一般出现在1月份，而东部一些地区则出现在2、3月份，均达到 -35°C 以下，东北部和中部地区则达 -41°C 以下，最低为乌拉盖，达 42.1°C 。冬季漫长，霜期 $232\sim 273$ 天，日平均气温低于 0°C 日数 $153\sim 176$ 天，锡林郭勒盟比同纬度北疆地区冷季长，气温低，是华北最冷的地区之一。

由于锡林郭勒盟地处西风带，受蒙古高压和季风的影响，构成了风大风多风向稳定的气候特征，尤其春、秋两季，极地干冷空气侵袭频繁，风速大，大风日多。近年来，由于草场退化和风蚀沙化，强沙尘暴天气增多，危害亦加重。

年平均风速空间分布受地域和地形影响差异较大，西部和正兰旗在 4m/s 以上，而朱日和达 5.5m/s ，其余地区也在 3m/s 以上。大风日多，全年大风日数(≥ 8 级)均在47天以上，最多的是朱日和，达86天。大风多集中于春季，并常伴有沙尘天气。最大风速普遍达 $23\sim 36\text{m/s}$ 。

雨少

锡林郭勒盟深居内陆，距海远，海拔高，加之由大兴安岭余脉同阴山余脉所构成的天然屏障之阻，使暖湿气流不能完全深入境内，造成锡林郭勒盟地区雨季短促，雨量不足。年平均总降水量多在 $200\sim 350\text{mm}$ 之间，西北部不足 150mm ，东部、南部边缘地区可达 400mm 或以上，是华北雨量较少的地区。 $6\sim 8$ 月是草原的主要降雨时节，也是牧草生长需水期，其雨量约占年降水量的70%左右。但由于普雨和连阴雨少，多数为分布不均匀的阵性降水，且年季降水变率大，故常有区域性或阶段性干旱发生。雨量分布自东南向西北递减，等雨量线呈东北~西南走向，形成南多北少和东多西少的分布状态。

由于上述气候特点，使锡林郭勒盟地区自然灾害频发。干旱是造成生态环境恶化的主要气象灾害，而白灾、洪涝、暴风雪、沙尘暴、寒潮、冷雨湿雪等灾害直接威胁着畜牧业生产和人民生命财产，低温、霜冻、冰雹也给饲草基地和农业生产构成了危害。

2.1.3 四季气候

2.1.3.1 春季(3~5月)

春季雨少风大，气候干燥，天气变化剧烈。随着太阳直射位置北移，北半球地面热量逐渐增多，蒙古气旋活动频繁，常出现以大风、降温为主的天气，降水天气则较少。该季增温快，蒸发

量大,降水少,又值牧草返青期,干旱发生频数高。

春季平均气温 $1.2\sim 6.2^{\circ}\text{C}$,降水量 $14.8\sim 54.1$ 毫米,蒸发量 $539.3\sim 992.0$ 毫米,平均风速 $3.8\sim 6.1\text{m/s}$,大风日数 $22\sim 34$ 天,日照时数 $801.3\sim 898.0$ 小时。3至5月间气温回升迅速,月增温均在 7°C 以上,其中,4月份增温最快,与三月份相比,升温幅度达 $9\sim 12^{\circ}\text{C}$,除个别高寒地区外,日平均气温都在中下旬稳定通过 5°C ,牧草陆续返青,树木渐渐发芽展叶,也正值牧业接羔旺季和农作物春播期。除西部干旱地区在5月上旬,其余大部地区在5月中、下旬日平均气温才稳定通过 10°C ,此时,牧草和农作物开始进入积极生长期,而5月份气温日较差在 15°C 左右,是日较差最大的季节,由于冷空气活动频繁,春霜冻对农作物危害较大。

春季风多雨少,蒸发量大,失墒快,易发生春旱。5月降水对植被生长发育起着至关重要的作用,也是重要的干旱指标,但降水变率大,大部地区有三分之二的年份达不到历史同期值。4、5月份又是大风天气的集中期,相对湿度是全年最低的季节,失墒快,因此,多数年份属于干旱年景。由于下垫面干燥,土壤沙化严重,大风多,沙尘暴灾害也主要发生于这个季节。春季是冬夏交接季节,冷空气活动频繁,冷暖变化大,寒潮、暴风雪、冷雨湿雪等灾害性天气也最多,对畜牧业和农业影响较大。

春季还是草原火灾的高发期,经过漫长的冬季,牧草干枯,春季气候干燥,风大,植被干湿比大,燃点低,易于着火。如冬季积雪少,春季雨少风大,则极易引起草原火灾。

2.1.3.2 夏季(6~8月)

夏季雨热同季,雨季短促而集中,日照充足。极地冷空气势力减弱,副热带高压北移,东南季风将雨带推进到华北北部,锡林郭勒盟地区降水自6月份开始增多,至7月下旬达到高峰,降水最集中的时段是在7月上旬至8月上旬期间,这也是全年气温最高的时期。昼长夜短,光照充足,光热水资源最为丰富,配合最佳,这对牧草和农饲作物生长十分有利。因此,夏季是草原百花盛开,水草丰美的时节。但生长季短促,旬平均气温北部地区只有7月上旬至8月上旬在 20°C 以上,而南部地区均在 20°C 以下,至8月中旬,气温开始逐渐下降,雨水减少,植被渐入成熟期。

6至8月总降水量一般达 $100\sim 200\text{mm}$,东部和南部可达 250mm 左右,占全年总降水量的70%。平均气温 $16.9\sim 21.3^{\circ}\text{C}$,日照时数 $789.5\sim 929.1$ 小时。夏季虽是草原多雨季节,但雨量的月际和年际变率较大,所以阶段性和区域性干旱发生频率也较大。由于地处中高纬内陆,大陆性气候明显,多雨年份往往气温相对较低,少雨年份气温则高,也常造成水热失衡现象,影响植被(生物)产量。由于多阵性降水,局部暴雨、冰雹也时有发生。

2.1.3.3 秋季(9~10月)

秋季降温快,秋风寒,霜冻早。进入9月份,副热带高压南撤,极地冷空气加强,蒙古冷高压逐渐开始控制锡林郭勒盟,雨季基本结束,随之而来的是瑟瑟秋风,气温日趋下降,天气渐凉,牧草黄枯,农作物成熟,树木落叶,既有秋高气爽,五谷丰登牛羊壮的喜庆,也有秋凉叶落风沙起的荒芜景象。

气温急剧下降,9月普遍下霜,植被生长季结束;10月开始下雪,10月下旬普遍结冰。雨量日趋减少,多晴朗天气,风力不大,气候稳定,天高云淡,秋高气爽,是打贮草和牲畜抓膘的好季节,也是农作收割时期。这个季节的草原已不需要太多的降水,雨水太多反会对打贮草工作造成影响。秋季有时会出现冷雨湿雪和暴风雪,个别年10月末即可形成白灾。

2.1.3.4 冬季(11~2月)

冬季漫长、寒冷，灾害多。极地冷空气强盛，蒙古冷高压控制本盟，强冷空气分裂南下常造成风雪寒潮天气。初冬时气温急剧下降，大部地区的旬平均气温在10月下旬即可达0℃以下，冬季开始，天气逐日变冷。至11月上旬日均温普遍达-5℃以下，牲畜开始进入掉膘期，直至来年3月。牧草枯萎，树木凋零，土壤冻结，河湖封冻，天气寒冷。冬季平均气温-10~-23℃，而11月平均气温已达-5℃以下，12~2月各月平均气温达-12℃以下。最低气温达-35℃以下，寒冷常造成牧民冻伤和牲畜流产乃至冻死。

冬季总降雪量一般达6~21mm。白灾是冬季畜牧业的主要灾害，雪多年千里冰封，万里雪飘，野外积雪40cm以上，交通中断，牲畜不能出牧，牧民生产生活困难，严重白灾常造成大批牲畜死亡，是草原畜牧业的重大灾害之一，也是生产不稳定的重要因素。暴风雪也对畜牧业生产危害极大，常造成人员和牲畜冻死和失踪。

2.2 资料来源与研究方法

2.2.1 资料来源及处理

气候资料来源于锡林郭勒盟22个气象站30年资料(1971年-2000年)

草地资料来源于锡林郭勒盟畜牧业气象试验站25年资料(1980年-2005年)

(1)光能资源数据：年日照时数、日照百分率，年总辐射量。

太阳总辐射量由经验公式计算而得(乌学智,1984)：

$$Q=Q_0(a+bs) \quad (1)$$

式(1)中Q为总辐射量，Q₀是天文辐射，可以根据所在地的纬度查算。S是日照百分率，a、b是经验系数(表3.1、表3.2)。a大气透明度。b云量、云状及日变化。

(2)热量资源：年平均气温、极端最高、最低气温、≥0℃积温、≥5℃积温、≥10℃积温、初终霜日与无霜期，各年代际平均气温。

(3)水分资源：各月降水量、年降水量、年降水变率，生长季降水量、年代际平均降水量、4—8月降水距平百分率、4—8月降水正距平旬数、连续无有效降水日数(天)、≥10毫米降水日数(天)。

(4)退化草地面积、每一绵羊单位占天然草场面积等资料来源于《锡林郭勒盟地方志》(1995年)。

(5)各区域天然草场牧草产量来源于锡林郭勒盟畜牧业气象试验站。

2.2.2 研究方法

本研究以3S技术为依托，使用北京大学天创公司开发的Citystar4.0软件，利用1:25万地形数据库和数字高程等数据建立地理背景信息。并以VB6.0、VFP6.0等编程软件为辅助开发工具，通过小网格推算，建立栅格图层，并将所有区划产品在Citystar4.0上集成。

区划的核心部分是在统计分析基础上构造区划模型。我们采用多元回归等统计方法建立小网格推算模型，所选因子为纬度、经度和高度。将已建模型经相关检验后代入地理信息系统进行区划。并推算出化区指标。

各推算方程为：

(1) 年总辐射推算模型：

$$Y=627.5579365-0.009588637\varphi-0.038045314\lambda-0.010525213h \quad R=0.80 \quad (2)$$

方程检验：F=23.5 F > df a=0.05 通过检验

(2) 4~9月日照时数推算模型为：

$$Y=62996.56594-0.679587617\varphi-3.517914928\lambda-2.250942867h \quad R=0.72 \quad (3)$$

方程检验：F=10.66 F > df a=0.05 通过检验

(3) $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温推算模型：

$$Y=23825.11768-1.580605209\varphi-1.067666092\lambda-1.681593123h \quad R=0.95 \quad (4)$$

方程检验：F=123.7 F > df a=0.05 通过检验

(4) $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温推算模型：

$$Y=24113.16235-1.465455117\varphi-1.171344318\lambda-1.769577146h \quad R=0.96 \quad (5)$$

方程检验：F=154.3 F > df a=0.05 通过检验

(5) 生长季 4-9 月降水量推算模型：

$$Y=-31913.92781-2.079755932\varphi+3.639184861\lambda+1.320502421h \quad R=0.94 \quad (6)$$

方程检验：F=54.8 F > df a=0.05 通过检验

(6) 年降水量推算模型：

$$Y=-34311.00581+1.489532212\varphi+4.010678741\lambda-24.86512931h \quad R=0.95 \quad (7)$$

方程检验：F=102.3 F > df a=0.05 通过检验

(7) 年沙尘暴日推算模型：

$$Y=1732.371558-0.185020209\varphi-0.0664947\lambda-0.102489573h \quad R=0.74 \quad (8)$$

方程检验：F=25 F > df a=0.05 通过检验

以上式中 φ 为纬度， λ 为经度，h 为海拔高度，R 为复相关系数

气候资源综合划区采用 GIS 图层叠加方法，将 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温推算模型、年降水量推算模型和下垫面性质进行叠加建立区划模型，

根据多年天然草场牧草地上生物量分布和利用现状，进行草原资源气候分区和草原保护类型分区。

注：锡林郭勒盟简称锡盟，二连浩特市简称二连，苏尼特右旗简称西苏旗，苏尼特左旗简称东苏旗，阿巴嘎旗简称阿旗，镶黄旗简称黄旗，正镶白旗简称白旗，太仆寺旗简称太旗，正兰旗简称兰旗，多伦县简称多伦，东乌珠穆沁旗简称东乌旗，西乌珠穆沁旗简称西乌旗。

第三章 气候资源及时空分布

锡林郭勒盟太阳辐射年总量在 5177~6174 兆焦耳/m²。中东部不足 5460 兆焦耳/m²，其它地区均在 5460 兆焦耳/m²以上，苏尼特左旗、苏尼特右旗 5964~6174 兆焦耳/m²，南部及其他地区 5177~5880 兆焦耳/m²。

大部地区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温在 2400 $^{\circ}\text{C}$ 以上，中部和西部地区 2700 $^{\circ}\text{C}$ 以上，其中，二连浩特市、苏尼特右旗达 3200 $^{\circ}\text{C}$ 以上。南部的大部地区和阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东部均不足 2600 $^{\circ}\text{C}$ ； $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温，中部和西部地区在 2500 $^{\circ}\text{C}$ 以上，其中苏尼特右旗和二连浩特市达 3000 $^{\circ}\text{C}$ 以上，其余地区均在 2200~2500 $^{\circ}\text{C}$ 之间； $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温大部地区在 2000 $^{\circ}\text{C}$ 以上，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东南部、锡林浩特市南部以及南部旗县的大部地区低于 2000 $^{\circ}\text{C}$ ，边缘地区则低于 1700 $^{\circ}\text{C}$ 。西部和中东部的部分地区在 2300 $^{\circ}\text{C}$ 以上，苏尼特右旗、二连浩特市达 2700 $^{\circ}\text{C}$ 以上。

无霜期除苏尼特右旗中部 133 天，二连浩特市、苏尼特左旗 120 天左右外，其余地区 100 天左右，其中，南部大部地区以及北部、东部的边缘地区均不足 100 天。

锡林郭勒盟地区气温有明显的上升趋势，从年平均气温不同年代的演变趋势看，60 至 80 年大多数地区每个年代都有 0.1~0.4 $^{\circ}\text{C}$ 的增幅，而 90 年代增温最明显，比 80 年代增加了 0.6~0.9 $^{\circ}\text{C}$ 。

锡林郭勒盟属干旱、半干旱气候，大部地区年降水量小于 300 毫米，常年性河流极少，湖泊虽多，但水量少，水质差，地下水不丰。所以自然降水是锡林郭勒盟草原水分的唯一来源，降水主要集中于 4~9 月，7 月是各地降水最多的月份。年降水量地域差异较大，东多西少，大部地区在 200~350 毫米之间，而苏尼特右旗、二连浩特市和苏尼特左旗的大部地区不足 200 毫米，其中二连浩特市只有 140 毫米。东部和南部的部分地区在 350 毫米以上，部分边缘地区达 400 毫米。4~9 月生长季的降水量占年降水量的 90%左右。降水变率大，年降水变率在 14~27%之间，南部地区相对较小，为 14~17%，西北部地区较大，为 24~27%，其余大部地区为 18~22%。年降水量 80%保证率，二连浩特市不足 100 毫米，其余大部地区在 150 毫米以上，而东部和南部地区均在 200 毫米以上。

3.1 光能资源

3.1.1 太阳辐射

植物生长是通过光合作用将太阳能转化为化学能，而光合作用的唯一能量来源是太阳辐射，所以牧草产量的形成，首先取决于太阳辐射。太阳总辐射是太阳能通过直接辐射和散射辐射到达地面的能量，其多少主要取决于太阳高度角、大气透明度、云量云状等，因此随各月、各地而异。

锡林郭勒盟地域辽阔，按中国太阳辐射区划分区，锡林郭勒盟分属两个区，即西北区和中部区，分别用二连浩特和呼和浩特两地经验公式对各适用区的站点计算。西北区包括阿巴嘎旗、那仁宝拉格、苏尼特左旗、二连浩特市、苏尼特右旗和朱日和等地，采用二连浩特经验公式计算见公式（1）表 3.1；中部区包括乌拉盖、东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、锡林浩特市、正兰旗、正镶白旗、镶黄旗、太卜寺旗和多伦县等地，采用呼和浩特经验公式计算见公式（1）表 3.2。

表 3.1 二连浩特经验公式各季 a、b 系数

Table 3.1 The empirical formula's a, b coefficient of each season in Erlianhaote

系数	春季	夏季	秋季	冬季
a	0.10	0.2	0.28	0.18
b	0.75	0.53	0.52	0.66

表 3.2 呼和浩特经验公式各季 a、b 系数

Table 3.1 The empirical formula's a, b coefficient of each season in Hohhot

系数	春季	夏季	秋季	冬季
a	0.13	0.03	0.22	0.20
b	0.67	0.77	0.54	0.57

太阳辐射各月变化是由太阳高度角的大小决定的。当然与大气透明度、云量、云状以及云的变化均有关系。太阳辐射最高值是在 5 月，其次是 6 月。最底值是在 12 月，其次是 1 月。夏季（6~8 月）最高，冬季（12~2 月）最低。

3.1.2 生理辐射

植物在光合作用过程中，只能吸收波长在 0.38~0.71 微米范围内的可见光部分，这部分太阳辐射称生理辐射，又叫光合有效辐射。生理辐射能约占太阳辐射能的 50%。锡林郭勒盟全年生理辐射能在 2604~3108 兆焦耳/m²之间，生长季（4~9 月）一般在 1680~2016 兆焦耳/m²之间。其年季分布同太阳辐射总量基本相似。各月各季的变化趋势也同总辐射量的变化相似。

3.1.3 日照

3.1.3.1 日照时数

锡林郭勒盟年日照时数大部地区在 2880~3230 小时之间，西部和东南部地区多，在 3000 小时以上，乌拉盖和西乌珠穆沁旗东部最少，在 2900 小时以下，3000 小时等值线经东乌珠穆沁旗——锡林浩特市——正镶白旗呈东北~西南走向。春季日照时数各地差异较大，在 800~900 小时之间，西北和东南部多，大部地区为 870~900 小时；中东部和西南部少，在 800~830 小时之间。夏季日照时数由西北向东南依次递减，在 790~930 小时之间，西北部达 900 小时以上；而多伦县和乌拉盖最少，不足 800 小时。秋季日照时数在 480~534 小时之间，中东部和西南部少，在 500 小时以下；西北部和东南部多，在 500 小时以上。冬季日照时数也是西部和东南部多，在 850~884 小时之间，其余地区则少，在 780~820 小时之间，见表 3.4。

表 3.3 锡盟各月累年平均太阳辐射 (兆焦耳/m²)

Table 3.3 The average solar radiation of each season and annual in XILIGOL

地区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
乌拉盖	231	306	478	561	667	593	573	537	457	357	229	188	5177
东乌	231	309	489	587	691	632	612	571	470	360	236	192	5379
西乌	239	305	470	559	669	624	595	567	462	363	237	198	5289
锡市	247	307	481	579	693	643	614	567	473	375	246	207	5434
阿旗	267	337	562	617	739	677	657	593	519	404	227	222	5821
东苏	275	344	526	632	757	704	684	611	532	413	271	234	5982
二连	284	355	520	650	778	733	706	625	546	422	284	244	6148
西苏	289	358	525	645	769	720	693	615	544	425	293	250	6127
黄旗	277	331	496	602	706	665	609	558	490	402	279	241	5657
白旗	174	326	486	593	706	656	618	548	483	394	269	227	5479
太旗	264	322	480	582	698	656	599	550	477	395	271	234	5528
兰旗	277	341	512	613	740	685	638	582	497	404	281	242	5812
多伦	282	340	518	609	723	646	589	550	481	281	244	248	5511
那仁	269	341	520	632	748	684	664	599	525	393	269	226	5870
朱日和	301	367	531	648	772	713	688	612	543	437	301	261	6174

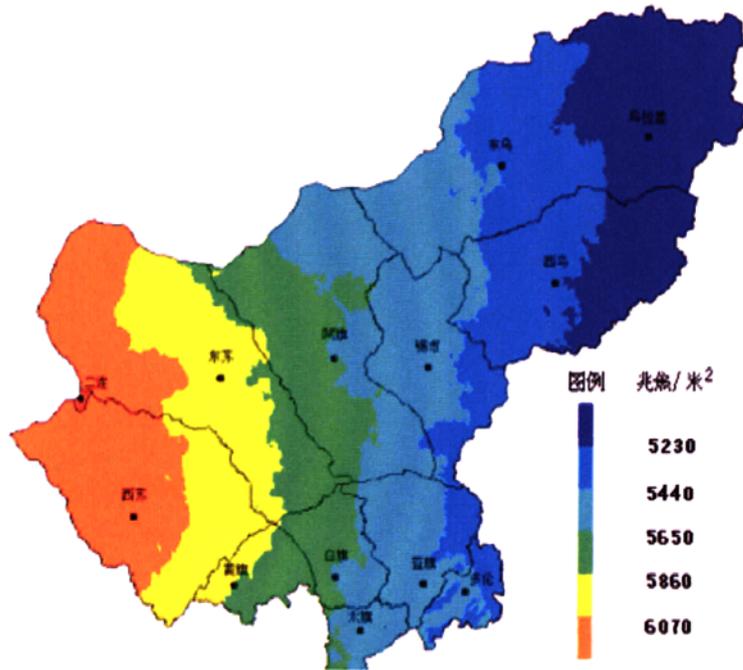


图 3-1 年太阳辐射量分级图

Fig3-1 Classification map of the annual volume of solar radiation

表 3.4 锡盟各月累年平均日照时数 (小时)

Table 3.4 The average Sunshine hours of each season and annual in XILIGOL (h)

地区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
乌拉盖	204.5	219.1	269	263.2	286.8	267.6	260.2	261.7	246.2	237.4	194.2	182.4	2892.5
东乌	204.2	220.9	274.5	277.5	301.2	286.2	279.9	278.6	256.9	238.1	201.3	186.8	3006.1
西乌	200.5	211.4	258.6	260.1	282.6	278.7	266.3	271.4	247.7	232.7	191.3	181.1	2882.3
锡市	205	213.7	262.1	271.6	298.2	287.3	276.9	273.3	254.5	239.7	199.7	187.8	2969.8
阿旗	205.7	219	271.3	279.7	307.3	291.7	280.1	274.1	260.2	240.6	200.2	186.7	3016.5
东苏	216.1	225	276.5	286.8	314.2	310	298.7	290.9	274.1	251.8	211.3	200.9	3156.3
二连	221	228.6	281.4	293	323.6	324.4	310.7	294	279	255.3	216.3	205	3232.3
西苏	220.5	225.5	274.6	289.7	319.1	315.1	302.6	286.5	276.9	256.9	217.3	208.1	3192.7
黄旗	217.9	218.9	260.3	273.8	295.2	289.8	266.8	260.1	256.9	249	211.1	203	3002.8
白旗	205.5	214.6	256.6	270.1	300	288.5	271.5	257.7	252	244.3	204.1	190.2	2955.2
太旗	203.8	209.5	250.7	264	291.9	284.2	260.8	256	245.7	243.5	203.6	195	2908.6
兰旗	223.2	227.8	276.9	283.4	313.3	297.8	279.5	272.9	264.9	256.2	219.9	210.2	3126
多伦	223.8	227.3	275.8	279.2	306.9	281.3	256.5	254.9	251.3	251	217	211.3	3036.1
那仁	213.8	223.2	278.4	286.9	309.4	296.3	284.5	278.5	268.2	246.6	208.4	195.8	3089.9
朱日和	226.3	227.5	272.3	287.8	316	310.7	294.7	281.7	273.3	258.8	219	211	3179.1

3.1.3.2 日照百分率

如表 3.5 所示,日照百分率分布西部高,东部低,年日照百分率在 65~73%之间,西部达 70%以上,二连浩特最高,为 73%。最多的月份是 2 月,在 72~77%之间,最少的月份是 7 月,在 55~67%之间。

表 3.5 锡盟各月累年平均日照百分率 (%)

Table 3.5 The average Sunshine percentage of each season and annual in XILIGOL (%)

地区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
乌拉盖	72	75	73	65	62	57	55	60	66	70	68	67	65
东乌	72	76	75	69	65	61	59	64	69	71	71	69	68
西乌	70	72	70	64	62	60	57	63	66	69	67	66	65
锡市	71	72	71	67	65	62	59	63	68	71	70	68	67
阿旗	72	74	74	69	67	63	60	64	70	71	70	68	68
东苏	75	76	75	71	69	67	64	67	73	74	73	73	71
二连	76	77	76	73	71	71	67	69	75	75	75	74	73
西苏	76	76	74	72	70	69	65	67	74	75	75	74	72
黄旗	74	73	71	69	66	64	58	61	69	73	72	72	68
白旗	70	72	70	68	66	63	59	60	68	72	70	68	67
太旗	69	70	68	66	65	63	57	60	66	71	69	69	66
兰旗	76	77	75	71	70	66	61	64	71	75	75	75	70
多伦	76	76	75	70	68	62	56	60	67	73	74	75	68
那仁	75	76	75	71	68	64	61	65	72	73	73	72	69
朱日和	77	77	74	72	70	68	64	66	73	76	75	75	72

3.1.4 光能资源分布

锡林郭勒盟属于干旱少雨地区，大部地区阳光充足，日照时数长，日照百分率高，光能资源比较丰富。植被生命活动期主要集中在4~9月，这一季节的日照时数可以代表该地区的光能资源状况。因此，采用4~9月日照时数推算模型（公式（3））将全盟分为光能资源丰富区、光能资源较丰富区、光能资源欠缺区三个气候区（图3-2）。

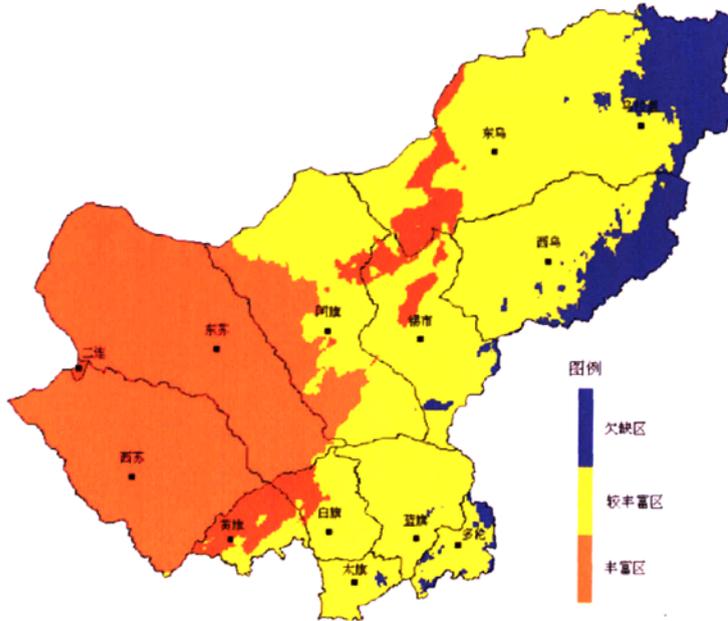


图 3-2 光能资源区划图

Fig3-2 regionalization map of Solar energy resources

3.1.4.1 光能资源丰富区

根据全盟的光能资源,将生长季日照时数大于1700小时,年日照时数在3100小时以上,日照百分率在70%以上;年太阳总辐射在5880兆焦耳/m²以上,生长季太阳辐射在3780兆焦耳/m²以上的光能充足,日照多,日照百分率高,确定为光能资源最丰富的地区。

该区主要分布在锡林郭勒草原的西部地区,包括:二连浩特市、苏尼特右旗、苏尼特左旗、镶黄旗北部、正镶白旗西北部,上述大部地区多属于干旱荒漠区。年降水量不足200毫米,气温高、蒸发量大,不利于植被生长,光能利用率较低。该区还包括锡林郭勒盟中北部的部分地区,即阿巴嘎旗东北部、锡林浩特市北部、东乌珠穆沁旗西部的部分地区,上述地区属半干旱地区。年降水量为200~250毫米,少部分地区超过250毫米,水分条件稍好,气温较高,光能利用率虽好于西部地区,但也较差,是草场退化最严重的地区。

3.1.4.2 光能资源较丰富区

本区以生长季日照时数在1600~1700小时之间,年日照时数为2900~3100小时,日照百分率

大于 65%,年太阳辐射在 5250~5880 兆焦耳/m² 之间,生长季太阳辐射在 3570~3780 兆焦耳/m² 之间,该区光能资源虽然不如光能资源丰富区高,但对植被生长需求而言也是比较丰富的。该区包括锡林郭勒盟的中东部和南部的大部分地区,年降水量除北部部分地区不足 250 毫米外,大部地区在 250~400 毫米之间,水分条件适中,但气温较低,热量条件较差,适合寒旱植被生长,光能利用率高。

3.1.4.3 光能资源欠缺区

本区以生长季日照时数小于 1600 小时,年日照时数小于 2900 小时,年日照百分率小于 65%。该区年太阳总辐射小于 5250 兆焦耳/m²,生长季太阳辐射小于 3570 兆焦耳/m²,是光能资源最少的地区。该区包括东乌珠穆沁旗东北部、西乌珠穆沁旗东南部和锡林浩特市、正兰旗、太卜寺旗、多伦县等地的一小部分地区。年降水量多,大部地区在 350 毫米以上,只有东北部的部分地区在 300~350 毫米之间,是锡林郭勒盟水分条件最好的地区,但热量资源差,气温低,适合林木生长,光能资源虽少,但利用率高。

3.2 热量资源

热量是植物生长发育的重要条件,是植物进行生化反应的主要能源,对作物布局和生态结构分布起着重要作用。温度是反映热量的最好因子,温度的高低,特别是各级界限的累计温度,是反映热量资源的重要标志。

3.2.1 气温时空分布

3.2.1.1 年平均气温分布

锡林郭勒盟年平均气温分布受地理地形、下垫面和大气环流等因素影响,由西南向东北依次变冷,最暖的地区在苏尼特右旗和二连浩特市,年平均气温在 4 度℃以上,朱日和气温最高,达 5.1℃;最冷的地区在阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部和西乌珠穆沁旗东南部的边缘地区,年平均气温均在 0℃以下,其余大部地区年平均气温在 1~4℃之间,见表 3.6。

3.2.1.2 四季平均气温分布

春季平均气温分布

春季气温分布与年气温分布趋势基本一致,平均气温大部地区在 1℃以上,苏尼特右旗最暖,在 6℃以上,二连浩特、苏尼特左旗、镶黄旗、锡林浩特市次之,在 4~6℃之间,乌拉盖最冷,为 1℃左右,其余地区 2~4℃。

夏季平均气温分布

夏季平均气温呈西北暖,东南冷的分布趋势,二连浩特市、苏尼特右旗、苏尼特左旗在 20℃以上,二连浩特市最暖,为 21.7℃;正镶白旗、正兰旗、太卜寺旗和多伦县均在 18℃以下,太卜寺旗最冷,为 16.9℃;其余地区在 18~20℃之间。最暖月是七月,北部、东部的边缘地区和南部的大部地区月平均气温在 18~20℃之间,其余地区在 20℃以上,二连浩特市最高,为 22.3℃。

秋季平均气温分布

秋季温差较小,呈西暖东冷的分布趋势,大部地区在7~10℃之间,苏尼特右旗最暖,为9.9℃,太卜寺旗、西乌珠穆沁旗最冷,为6.9℃。

冬季平均气温分布

冬季平均气温也呈西南暖东北冷的分布趋势,苏尼特右旗和镶黄旗在-12℃以上,朱日和最暖,为-10.0℃,阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗、乌拉盖及西乌珠穆沁旗东南部在-16℃以下,乌拉盖最冷,为-17.5℃,其余地区在-12~-16℃之间。最冷月是1月,阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗、乌拉盖及西乌珠穆沁旗东南部在-20℃以下,其余地区在-14~-19℃之间。

表 3.6 锡盟各月累年平均气温(℃)
Table 3.6 Average temperature of each season and annual in XILIGOL (℃)

地区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
乌拉盖	-22.2	-18.8	-9.5	2.5	10.7	16.7	19.6	17.7	10.5	1.2	-10.3	-18.8	-1.0
东乌	-20.8	-17.2	-7.6	4.0	12.2	18.2	21.1	19.0	11.7	2.3	-9.0	-17.3	1.4
西乌	-18.7	-15.7	-7.1	3.8	11.6	17.1	19.9	18.0	11.2	2.6	-7.7	-15.5	1.6
锡市	-18.8	-15.1	-5.9	5.2	13.1	18.5	21.2	19.2	12.5	3.6	-7.0	-15.3	2.6
阿旗	-21.2	-17.0	-7.2	4.2	12.3	18.0	20.8	18.7	11.8	2.5	-8.8	-17.9	1.3
东苏	-18.7	-14.4	-5.1	5.5	13.5	19.3	22.1	20.0	13.2	4.1	-6.9	-15.6	3.1
二连	-18.1	-13.5	-4.0	6.4	14.7	20.6	23.3	21.1	13.9	4.6	-6.3	-15.0	4.0
西苏	-15.0	-11.3	-3.0	6.9	14.8	20.3	22.9	20.7	14.2	5.6	-4.4	-11.9	5.0
黄旗	-15.8	-12.3	-4.2	5.5	13.0	18.1	20.6	18.6	12.4	4.3	-5.4	-12.8	3.5
白旗	-17.3	-13.8	-5.2	4.5	12.0	16.9	19.4	17.4	11.1	3.2	-6.5	-14.2	2.3
太旗	-16.7	-13.1	-5.3	3.9	11.2	15.9	18.2	16.5	10.7	3.0	-6.5	-13.9	2.0
兰旗	-17.5	-14.0	-5.5	4.2	11.6	16.4	18.9	17.1	10.8	3.1	-6.5	-14.3	2.0
多伦	-17.1	-13.3	-5.0	4.6	11.8	16.4	19.0	17.1	11.1	3.5	-6.0	-13.8	2.4
那仁	-21.3	-17.2	-8.0	3.3	11.5	17.4	20.1	18.0	11.0	1.6	-10.0	-18.3	0.7
朱日和	-14.2	-10.6	-2.8	6.9	14.7	20.0	22.5	20.3	14.0	5.8	-4.0	-11.3	5.1

3.2.1.3 极端最高、最低气温

表 3.7 锡盟各地极端最高气温(℃)

Table 3.7 extreme maximum temperatures Around in XILIGOL

乌拉盖	东乌	西乌	锡市	阿旗	东苏	二连	西苏	黄旗	白旗	太旗	兰旗	多伦	那仁	朱日和
38.0	39.7	37.4	39.2	38.6	41.5	41.1	40.5	36.5	35.3	33.3	35.2	36.1	39.2	40.4

表 3.8 锡盟各地极端最低气温(℃)

Table 3.8 extreme minimum temperatures Around in XILIGOL

乌拉盖	东乌	西乌	锡市	阿旗	东苏	二连	西苏	黄旗	白旗	太旗	兰旗	多伦	那仁	朱日和
-42.1	-39.7	-37.8	-38.0	-41.5	-35.5	-37.1	-33.5	-35.8	-35.9	-35.7	-36.6	-38.5	-39.7	-32.6

如表 3.7、表 3.8 所示,极端最高气温西部高于东部,北部高于南部,除太卜寺旗外,全盟均在 35℃以上,西部大部地区在 40℃以上。极端最高气温都出现在 7 月份,苏尼特左旗最高,达

41.5℃。

极端最低气温东部低于西部，北部低于南部，除苏尼特右旗外，全盟均在-35℃以下，最冷的是乌拉盖，达-42.1℃，其次是阿巴嘎旗，为-41.5℃。

3.2.2 界限温度的时空分布

界限温度的初、终日期与积温，是衡量植物生长季长短和热量盈亏的重要指标，也是草原生态分区的主要依据。一般日平均气温稳定通过 0℃，植物种籽开始萌动、发芽，直至秋季达到 0℃以下，植物因受冻而停止生长或死亡，这一界限温度是反映植物生命活动期和作物可利用总热量状况的热量指标。当日平均气温稳定通过 5℃时，牧草开始返青生长，所以≥5℃积温是牧草生长期的热量指标。日平均气温稳定通过 10℃积温是反映一个地区热量资源的重要指标，也是牧草、农作物积极生长期所需要的热量指标

3.2.2.1 ≥0℃积温

锡林郭勒盟大部地区≥0℃积温在 2400℃以上，中部和西部地区 2700℃以上，其中，二连浩特市、苏尼特右旗达 3200℃以上。南部的大部地区和阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东部均不足 2600℃。气温稳定通过 0℃的初日，中、西部地区早，其余地区稍晚，其中，苏尼特右旗和二连浩特市最早，出现在 4 月 1 日和 2 日，其余地区则出现在 4 月 6 日至 13 日，早晚差不足半个月。终日大部在 10 月下旬，西部地区出现在 10 月 25 日至 29 日，其余地区出现在 10 月 18 日至 24 日。稳定通过 0℃初终日间的天数，大部在 190 天左右，西部地区和多伦县在 200 天以上，而苏尼特右旗达 210 天，以≥0℃积温推算模型（公式（4））建立≥0℃活动积温分级图（见图 3-3）。

3.2.2.2 ≥5℃积温

≥5℃积温，中部和西部地区在 2500℃以上，其中苏尼特右旗和二连浩特市达 3000℃以上，其余地区均在 2200~2500℃之间。稳定通过 5℃初日，中部和西部地区在 4 月 18 日至 24 日，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东部最晚，出现在 5 月 2 日，其余地区出现在 4 月 25 日至 29 日。终日大部地区在 10 月上旬，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东部最早，出现在 9 月 30 日，苏尼特右旗和二连浩特市最晚，出现在 10 月 12 日至 13 日。初终日数在 150—180 天之间，其中，苏尼特左旗、苏尼特右旗和二连浩特市在 170 天以上，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东部只有 150 天，其余地区则有 160 天左右，见表 3.9。

3.2.2.3 ≥10℃积温

锡林郭勒盟中、西部大部地区≥10℃积温在 2000℃以上，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东南部、锡林浩特市南部以及南部旗县的大部地区低于 2000℃，边缘地区则低于 1700℃。西部和中东部的部分地区在 2300℃以上，苏尼特右旗、二连浩特市达 2700℃以上。显然西半部比东半部多，热量资源丰富。稳定通过 10℃的初日：苏尼特右旗、二连浩特市在 5 月上旬，阿巴嘎旗北部、东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东南部、锡林浩特市南部以及太卜寺旗在 5 月下旬出现，其余地区在 5 月中旬。终日出现日期大部地区在 9 月中旬，只有苏尼特左旗、苏尼特

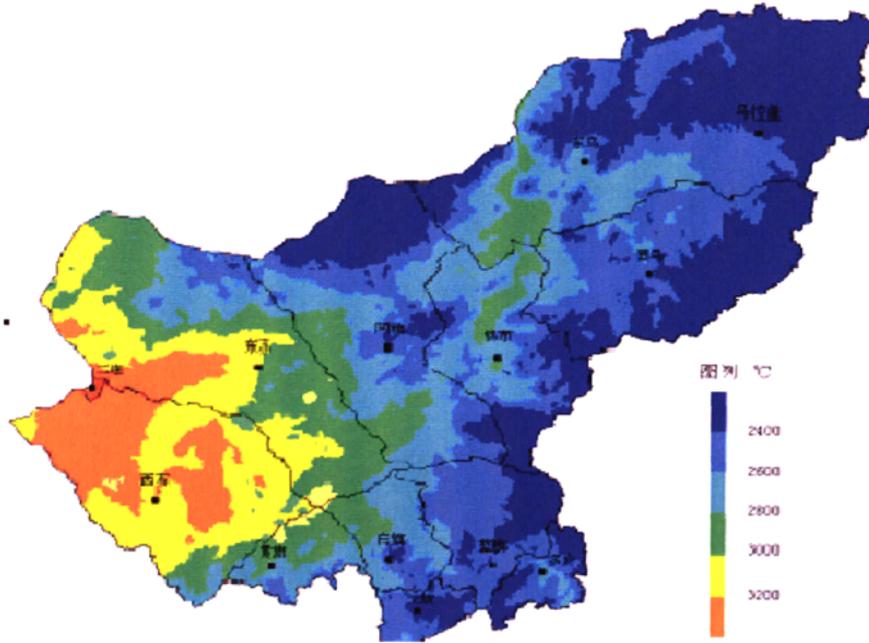
图 3-3 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 活动积温分级图Fig3-3 Classification map of the activities temperature $\geq 0^{\circ}\text{C}$

表 3.9 锡盟各地界限温度初终期与积温

Table 3.9 Early end-temperature limits and temperature in XILIGOL

地区	0.0 °C				5.0 °C				10.0 °C			
	初日 (月/日)	终日 (月/日)	天数	积温	初日 (月/日)	终日 (月/日)	天数	积温	初日 (月/日)	终日 (月/日)	天数	积温
乌拉盖	13/4	18/10	189.3	2467.0	2/5	30/9	151.7	2305.6	22/5	13/9	115.4	1972.4
东 乌	10/4	20/10	193.8	2741.2	26/4	5/10	162.6	2604.9	16/5	18/9	125.3	2252.8
西 乌	10/4	20/10	193.9	2604.1	28/4	3/10	159.4	2445.0	19/5	16/9	120.4	2077.7
锡 市	7/4	22/10	199.1	2871.5	22/4	7/10	169.4	2737.7	14/5	21/9	130.6	2368.4
阿 旗	9/4	20/10	194.7	2726.0	27/4	5/10	162.2	2582.9	15/5	18/9	126.2	2241.5
东 苏	7/4	24/10	201.4	3007.0	22/4	8/10	170.1	2858.6	5/5	21/9	134.7	2518.5
二 连	2/4	26/10	207.5	3227.4	19/4	12/10	177.0	3091.2	7/5	25/9	142.4	2768.7
西 苏	1/4	28/10	210.9	3246.8	18/4	13/10	178.6	3092.1	6/5	26/9	143.9	2759.1
黄 旗	6/4	25/10	202.2	2836.1	23/4	7/10	167.2	2666.2	14/5	18/9	128.8	2287.8
白 旗	9/4	23/10	197.9	2601.4	25/4	4/10	162.8	2449.1	18/5	16/9	122.3	2062.7
太 旗	11/4	23/10	195.5	2438.0	29/4	4/10	159.2	2280.7	22/5	15/9	117.1	1881.0
兰 旗	10/4	23/10	196.8	2526.7	26/4	4/10	162.0	2376.1	20/5	15/9	119.4	1975.5
多 伦	6/4	24/10	201.3	2571.4	25/4	6/10	165.1	2417.6	18/5	17/9	123.3	2029.4
那 仁	12/4	18/10	189.6	2572.5	29/4	3/10	157.4	2435.3	19/5	15/9	120.0	2081.4
朱日和	1/4	29/10	211.6	3205.2	18/4	12/10	178.0	3041.9	7/5	26	142.8	2698.8

右旗、二连浩特市和锡林浩特市出现在 9 月下旬。稳定通过 10°C 初终日数：西部地区在 130 天以上，其中苏尼特右旗、二连浩特市达 140 天以上，其余地区在 110~130 天之间。

3.2.3 初终霜日与无霜期

根据锡林郭勒盟气候干燥的特点,以地面最低温度达到 0℃ 以下为霜冻指标,春季地面最低温度最后一次达到 0℃ 以下的日期为终霜期,秋季地面最低温度第一次达到 0℃ 以下的日期为初霜期。锡林郭勒盟终霜期除苏尼特右旗、二连浩特市在 5 月中旬,苏尼特左旗在 5 月下旬初外,其余地区均在 5 月末至 6 月初。初霜期苏尼特右旗、二连浩特市在 9 月下旬,其余地区均在 9 月上

表 3.10 锡盟各地初终霜日

Table 3.10 Finally, early frost in XILIGOL

	乌 拉 盖	东 乌	西 乌	锡 市	阿 旗	东 苏	二 连	西 苏	黄 旗	白 旗	太 旗	蓝 旗	多 伦	那 仁	朱 日 和
初日(日/月)	10/9	11/9	14/9	15/9	10/9	18/9	21/9	25/9	11/9	5/9	8/9	11/9	11/9	12/9	19/9
终日(日/月)	1/6	31/5	1/6	27/5	1/6	21/5	19/5	14/5	31/5	3/6	3/6	1/6	4/6	29/5	18/5
天数	100	102	105	109	100	119	124	133	102	92	95	101	97	105	123

中旬。无霜期除苏尼特右旗中部 133 天,二连浩特市、苏尼特右旗 120 天左右外,其余地区 100 天左右,其中,南部大部地区以及北部、东部的边缘地区均不足 100 天(表 3.10)。

3.2.4 气温历史演变

表 3.11 锡盟各年代及 30 年(1971~2000 年)年平均温度(℃)

Table 3.11 the annual average temperature of the age and 30 years total in XILIGOL (℃)

地区	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	30 年
乌拉盖	-0.4	-0.2	-0.3	0.3	-0.1
东 乌	0.7	1	1.3	1.9	1.4
西 乌	0.9	1.3	1.5	2.2	1.6
锡 市	1.8	2.2	2.4	3.2	2.6
阿 旗	0.8	1	1.2	1.9	1.3
东 苏	2.6	2.9	3	3.4	3.1
二 连	3.5	3.7	3.6	4.7	4
西 苏	4.2	4.5	4.8	5.7	5
黄 旗	2.9	3.2	3.2	4.1	3.5
白 旗	1.8	1.9	2.1	2.9	2.3
太 旗	1.3	1.6	1.9	2.6	2
兰 旗	1.2	1.7	1.8	2.6	2
多 伦	1.1	2	2.2	2.9	2.4
那 仁	0	0.4	0.5	1.1	0.7
朱日和	4.4	4.8	4.9	5.7	5.1
平均	1.8	2.1	2.3	3	2.5

锡林郭勒草原气候变化与全球气候变化的趋势是一致的。从有气象记录以来看,气温有明显的上升趋势(图 3-4),六十至 80 年代多数地区每个年代都有 0.1~0.4℃ 的增幅,而 90 年代增温最明显,比 80 年代增加了 0.6~0.9℃,见表 3.11。

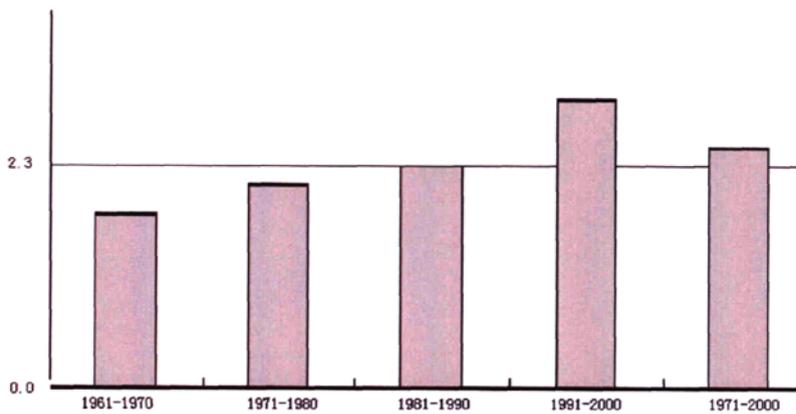


图 3-4 锡盟地区各年代平均气温直方图

Fig3-4 Histogram of every age average temperature in XILIGOL

3.2.5 热量资源的分布

气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温是衡量牧草生长状况和生长期的重要指标，牧草生长需要一定的热量累积，其积极生长期一般是在日平均气温稳定超过 10°C 以后。根据全盟的热量资源,采用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温模型见（公式（5））

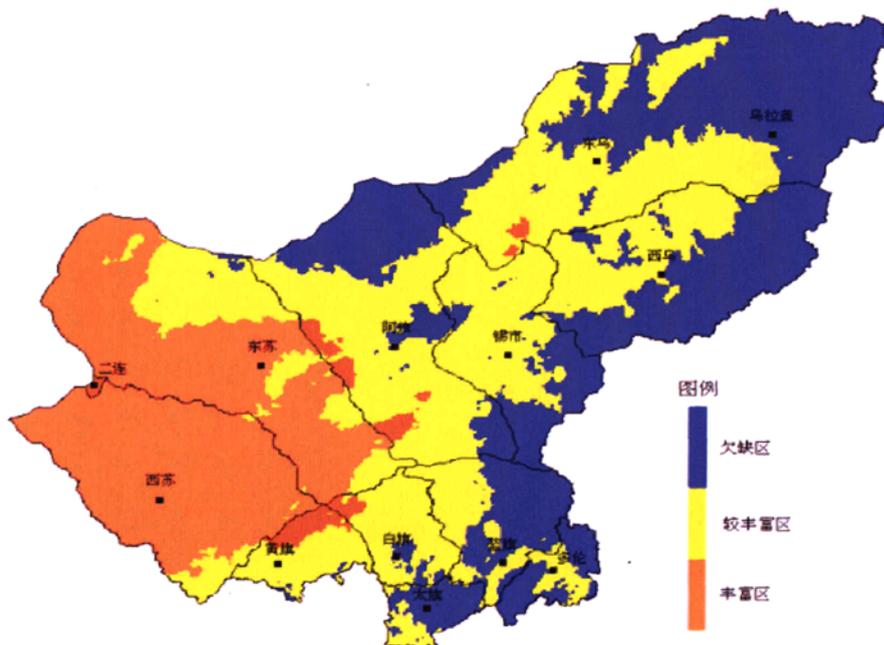


图 3-5 锡盟地区热量资源区划图

Fig3-5 regionalization map of hot energy resources in XILIGOL

将全盟分为热量资源丰富区、热量资源较丰富区、热量资源较欠缺区三个气候区见图 3-5。

3.2.5.1 热量资源丰富区

气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2400°C 以上,该区年平均气温为 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$,生长季平均气温为 $16\sim 17^{\circ}\text{C}$,无霜期120天以上,初霜期在9月中下旬,终霜期在5月中下旬。 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温在 2800°C 以上, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日在4月18~22日,为牧草返青期, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日在5月6~10日,进入积极生长期,7月份平均气温在 22°C 以上,为全盟热量资源最丰富地区。

该区主要位于锡林郭勒西部,包括二连浩特市、苏尼特右旗、苏尼特左旗、镶黄旗北部和正镶白旗西北部,阿巴嘎旗西部、南部、东乌珠穆沁旗西部的一小部分地区。热量资源丰富、光照足、气温高,光热条件极好。但降水量少、年降水量 $< 250\text{ mm}$ 。属于干旱荒漠区和半干旱沙地。草地植被差,草场退化严重,一些地区已沙化。

3.2.5.2 热量资源较丰富区

气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 $2000^{\circ}\text{C}\sim 2400^{\circ}\text{C}$ 之间。该区年平均气温 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$,生长季平均气温 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。无霜期 $100\sim 110$ 天,初霜期9月10~15日,终霜期5月27~6月1日。 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温在 2400°C 以上, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温初日在4月22~26日,为该区牧草返青期。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温初日在5月14日~18日,7月平均气温在 $19\sim 21^{\circ}\text{C}$ 。

该区在锡林郭勒盟各旗县均有分布,但主要位于锡盟中部。其中包括浑善达克沙地的一部,本区热量资源能够满足草地植被生长。光能资源也交好。但降水分布差异大。由200至350mm不等。南部一些地区大于350mm。

3.2.5.3 热量资源欠缺区

气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 2000^{\circ}\text{C}$ 。年平均气温 $< 2^{\circ}\text{C}$,北部大部地区在 $< 0^{\circ}\text{C}$,生长季平均气温 $< 13.2^{\circ}\text{C}$ 。无霜期 < 100 天,初霜期9月5~10日,终霜期6月1~3日, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温在 2400°C 以下, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温初日4月26~5月2日,终日9月30日~10月4日, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温初日在5月20日~22日,7月平均气温在 20°C 以下。

该区主要位于锡林郭勒盟东部的周边地区,包括阿巴嘎旗北部、中部和东南部,东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东南部、锡林浩特南部和南部旗县的大部地区。温度低,光照少,生长季短,光、热、水配置不好。

锡林郭勒盟热量资源西多东少,就草地植被而言,大部地区热量资源丰富,而东部周边地区,尤其是南部农作区热量资源差,温度低,生长季短。锡林郭勒盟地区气温日较差大,有利于植物有机物质的积累。

3.3 水分资源

水是植物进行光合作用的原料,是维持生命的基本物质,是植物生长发育和产量形成的基本因子。水分资源包括自然降水、河流、湖泊、地下水、冰雪融水等。锡林郭勒盟属干旱、半干旱气候,大部地区年降水量小于300毫米,常年性河流极少,湖泊虽多,但水量少,水质差,地下水不丰。所以,自然降水是锡林郭勒盟的基本水分资源,是水分循环的主项,天然草牧场的产量主要取决于自然降水的多少。自然降水是锡林郭勒盟制约农牧业生产和生态环境建设的主导因素,年降水量和生长季(4~9月)降水量是评鉴水分资源的重要指标。

3.3.1 降水量分布规律和特点

3.3.1.1 年降水量分布

锡林郭勒盟年降水量分布受地形和季风影响，具有明显的地带性和季节性分布规律，等值线呈东北~西南走向，由西北向东南依次递增，纬度低，海拔高的地区降水多。降水主要集中于4~9月的暖季，7月是各地降水最多的月份。

如表 3.12 所示，年降水量地域差异较大，东多西少，大部地区在 200—350 毫米之间，而苏尼特右旗、二连浩特市和苏尼特左旗的大部地区不足 200 毫米，其中二连浩特市只有 140 毫米。东部和南部的部分地区在 350 毫米以上，部分边缘地区达 400 毫米。4~9 月生长季的降水量占年降水量的 90% 左右，其分布与年降水量基本一致。就年降水量而言，锡林郭勒盟虽属华北少雨干旱地区，但除西部外大部地区能满足牧草生长的需要，这是形成锡林郭勒草原重要的气候条件。以生长季降水量推算模型（公式（6））建立生长季降水量分级图如图 3-6

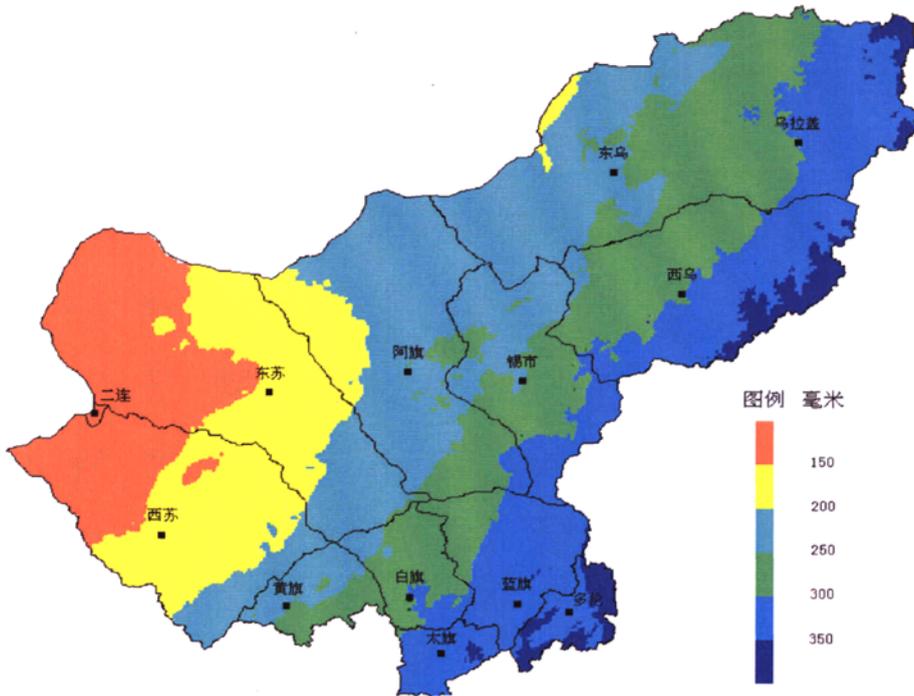


图 3-6 生长季降水量分级图

Fig3-6 Classification map of rainfall of growing season

3.3.1.2 各季降水量分布

春季降水量大部地区在 20~50 毫米之间，只有二连浩特市最少，为 14.8 毫米，而太卜寺旗最多，为 54.1 毫米；夏季是降水最集中的季节，大部地区在 120~250 毫米之间，二连浩特市仅为 96.3 毫米，多伦县最多，为 264.8 毫米，200 毫米等雨量线经东乌珠穆沁旗东部，锡林浩特市，

至正镶白旗西北部呈东北~西南走向；秋季降水对农牧业生产意义不大，降水量在 25~65 毫米之间，由西北向东南递增；冬季降水以雪为主，具有保墒作用，但极易造成雪灾。冬季降水量大部地区在 9~15 毫米之间，而太卜寺旗、正镶白旗降水量较多，为 19—21 毫米，二连浩特市只有 6 毫米

表 3.12 锡盟各月降水量(mm)

Table 3.12 Precipitation of each month in XILIGOL(mm)

地区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
乌拉盖	1.3	2.2	5.8	8.2	29.2	54.8	105.8	63.6	35.5	13.2	4.1	2.6	326.3
东 乌	1.5	1.8	4.1	6.5	17.5	39.9	81.6	59.9	27	11.6	4.2	3	258.6
西 乌	2.1	2.7	6.8	9.7	29.3	57.3	108.3	70.8	33.2	15.4	7	3.3	345.9
锡 市	2.2	2.1	5.3	6.8	23.2	45	89	70.2	23.7	11.3	5.3	2.5	286.6
阿 旗	1.3	2	3.8	7.3	18.1	43.6	74.7	59.7	20.6	11.7	4.5	2.2	249.5
东 苏	1.7	1.8	3.7	4.9	15.2	24.8	50.8	45.6	19.7	11.6	3.6	2	185.2
二 连	1.2	1	2.5	4.5	7.8	19.2	37	40.1	17.2	8.1	2.6	1.1	142.3
西 苏	1.9	2.2	3.4	6	14.1	28.9	50.3	45.8	17.6	11.1	3.6	1.7	186.4
黄 旗	2.4	3	4.8	9	22.1	44.6	73.1	56.9	31.6	14.2	4.9	2.6	269.3
白 旗	3.9	4.9	7.6	12.3	29.7	56	96	74.2	43.4	18.7	8	4.1	358.8
太 旗	3.5	4.8	9.4	12	32.7	59.5	109.7	80.4	44.2	20.3	7.3	3.4	387.1
兰 旗	2.2	2.9	5.9	12.9	30.2	58	106.2	78.8	42.3	17.8	5.6	2.2	365.1
多 伦	1.8	2.6	6.5	12.8	29.5	64.1	102.4	98.3	44.4	17.1	5.5	1.5	386.4
那 仁	1.2	2.2	3.3	5.8	15.3	35.1	73.2	64.3	21.5	9.7	3.7	2.1	237.2
朱日和	1.6	2.1	3.4	5.8	14.3	32.2	62.5	47.2	23.8	11.7	3.4	1.4	209.3

3.3.1.3 干湿状况

表示水分资源的另一重要指标是湿润度，用 4~9 月降水量和蒸发量的比值表示，

$$K = R / V \quad (9)$$

式 (7) 中 K 为湿润度，R 为 4~9 月降水量，V 为 4~9 月蒸发量，

$K < 0.1$ 为干旱区， $0.1 \leq K < 0.2$ 为半干旱区， $K \geq 0.2$ 为半湿润区。

3.3.2 降水变率与保证率

锡林郭勒盟降水年际变率大，用年降水量的相对平均差，即历年降水距平百分率的绝对平均值表示降水变率，作为衡量不同年际间降水量波动程度的指标。降水变率大，说明不同年际间降水量差异大，易引起旱涝灾害。锡林郭勒盟年降水变率在 14~27% 之间，南部地区相对较小，为 14~17%，西北部地区较大，为 24~27%，其余大部地区为 18~22%。

年降水量 80% 保证率，二连市不足 100 毫米，其余大部地区在 150 毫米以上，而东部和南部地区均在 200 毫米以上。生长期 4~9 月和 5~8 月，80% 保证率的降水量比年降水量就更低了。雨量虽少，但主要集中在光热条件比较好的时期，基本能满足干旱草原牧草生长的需要(表 3.13)。

表 3.13 锡盟各地年降水变率 (%)

Table 3.13 Variable rate of annual rainfall (%)

	乌拉盖	东乌	西乌	锡市	阿旗	东苏	二连	西苏	黄旗	白旗	太旗	兰旗	多伦	那仁	朱日和
降水 变率%	20	22	18	22	19	20	27	19	17	14	15	16	15	24	20

3.3.3 年降水量历史演变

如表 3.14 所示, 中东部地区年降水量有增加的趋势, 90 年代降水最多; 西部地区呈减少的趋势, 但苏尼特右旗 90 年代仍为最多; 南部地区至 80 年代具有减少的趋势, 而 90 年代又明显增多。从全盟平均降水量的变化情况看, 全盟降水量总的变化趋势是增加的, 90 年代降水最多。

表 3.14 年平均降水量 (mm)

Table 3.14 Average precipitation 1971~2000(mm)

地区	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	30 年
乌拉盖	302.3	301.2	355.6	318.9	326.3
东 乌	248.2	239	255.8	281.1	258.6
西 乌	326.6	320	342.7	375.1	345.9
锡 市	269.3	297.2	262.4	300.1	286.6
阿 旗	232.7	242	251.3	255.4	249.5
东 苏	194.3	194.7	176.4	184.6	185.2
二 连	131.6	142.2	144.7	140	142.3
西 苏	177.1	177	173.6	208.8	186.4
黄 旗	257.6	251.5	281.9	274.6	269.3
白 旗	356.1	363.7	366.2	346.9	358.8
太 旗	404.9	390.8	388.2	382.6	387.1
兰 旗	389.9	358.7	336.7	400.2	365.1
多 伦	373.7	372.8	364	422.7	386.4
那 仁	208.8	231	229.7	250.9	237.2
朱日和	215.6	218.6	197.3	216.2	209.3
平均	272.6	273.4	275.1	290.5	279.6

3.3.4 水分资源分布

草地植被分布主要依赖于水分条件, 锡林郭勒盟植物生长季的降水量占全年降水量的 90%左右, 因此, 锡林郭勒盟年降水量的分布基本能代表各地气候类型。以年降水量 (见公式 (7)) 将全盟分为水分资源丰富区、水分资源较丰富区、水分资源欠缺区三个气候区, 见图 3-7。

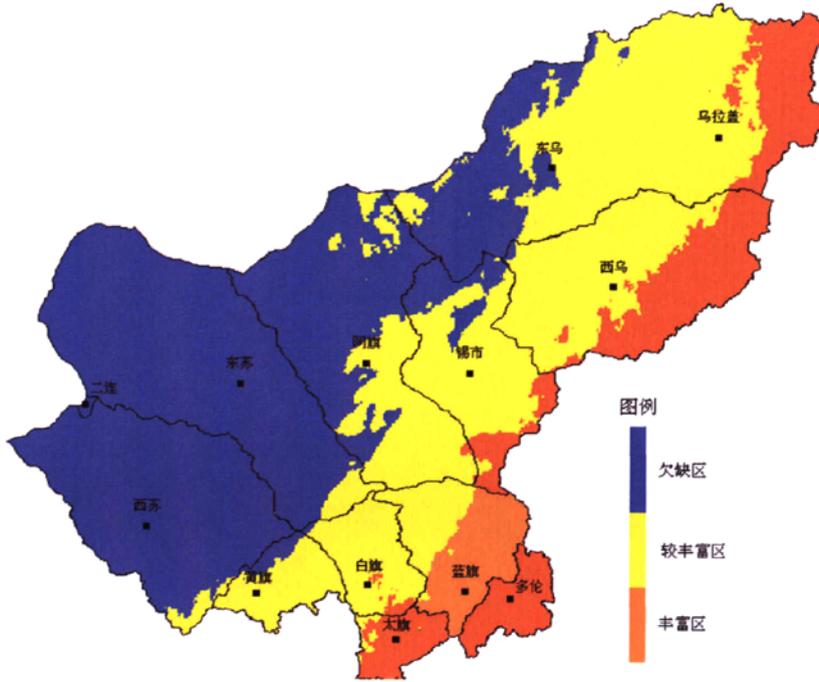


图 3-7 水分资源区划图

Fig3-7 regionalization map of water resources

3.3.3.1 水分资源丰富区

年降水量 ≥ 350 毫米。该区生长季降水量也在 310 毫米以上，是锡林郭勒盟降水量最多，水分条件最丰富的地区。主要位于锡林郭勒盟东部和南部地区，包括东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗东南部、锡林浩特市南部、正兰旗东南部、太卜寺旗大部和多伦县，水分条件基本能满足农牧植被生长需求，但光、热资源条件差，适合饲草基地建设和发展林业，是草甸草原适宜区。

3.3.3.2 水分资源较丰富区

年降水量 ≥ 250 毫米而 < 350 毫米。该区生长季降水量在 220—310 毫米之间，是锡林郭勒盟水分条件较好的地区。主要位于锡林郭勒盟中东部、中部和西南部，包括东乌珠穆沁旗中部、西乌珠穆沁旗西北部、锡林浩特市中部、阿巴嘎旗南部、正兰旗西北部、正镶白旗和镶黄旗的大部及太卜寺旗、苏尼特右旗、苏尼特左旗东南部的一小部分地区，另外还包括阿巴嘎旗北部和乌珠穆沁旗西部交界地区的一小部分地区。该区大部地区光、热资源条件好，西北部的水分条件基本能满足旱地草场植被生长需求，东南部水分条件基本能满足草甸草场植被生长需求，是锡林郭勒盟光、热、水资源配置最好的地区，是典型草原气候适宜区。

3.3.3.3 水分资源欠缺区

本区指标是年降水量 < 250 毫米。该区生长季降水量在 220 毫米以下，大部地区不足 200 毫米，是锡林郭勒盟水分条件最差的地区。主要位于锡林郭勒盟北部和西北部地区，包括乌珠穆沁旗西部、锡林浩特北部、阿巴嘎旗北部和西部、苏尼特左旗、苏尼特右旗、二连浩特市及镶黄旗北部的一小部分地区。光、热条件好，但水分条件极差，尤其西部地区，年降水量不足 190 毫米，

很难满足草地植被生长需求。干旱、大风、荒漠化和沙化是该区的气候特点。草场退化，牧草种群单一，植被盖度低，已不适于发展畜牧业生产。

锡林郭勒盟水分资源分布东南多，西北少，且年际变率大。东南部水分资源丰富的地区，光、热条件差，不利于农作物产量提高，适于饲草生产和发展林业。中部光、热、水资源配置最好，适合牧草生长，但年际降水变率大，干旱发生率高，应根据年景和植被状况有规划的发展草原畜牧业。西部干旱少雨，草场退化，不适于畜牧业生产，应采取生态保护措施。

3.4 气候资源分布及划区

锡林郭勒草地气候资源具有明显的配置不协调性。光、热资源丰富的地区，水分资源差，而光、热资源贫乏的地区，水分资源却丰富。干旱地区牧草对光、热条件适应性强，对水分条件要求较高。因此，影响干旱地区草地植被生长的主要气候因子是水分条件，热量条件则能反映干旱、半干旱地区的植被状况和土壤性质，植被稀少，沙质化重的地区导热性强，热容量小，积温也高。湿润地区气温低，光照少，水分和热量条件都是影响植被生长的主要气候因子。因此，以年降水量和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温推算模型见（公式 4、6）将锡林郭勒草原分为干旱温暖荒漠草原气候区、半干旱温暖典型草原气候区、半湿润温凉草甸草原气候区、半湿润温凉农牧交错气候区和半湿润温凉林牧交错气候区等五个基本气候类型。另外还依据下垫面性质将沙地和沼泽、湿地划为各自单独的气候类型，见图 3-8。

通过图层叠加得到分区区域和化区指标：

表 3.15 气候综合区划指标
Table 3.15 indicators of climate comprehensive zoning

区域名称	划区指标	
	年降水量	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温
干旱温暖荒漠草原气候区	≤ 200 毫米	$\geq 2300^{\circ}\text{C}$
半干旱温暖典型草原气候区	$200 < R < 350$ 毫米	$\geq 1800^{\circ}\text{C}$
半湿润温凉草甸草原气候区	≥ 350 毫米	$< 1800^{\circ}\text{C}$
湿润温凉农牧交错气候区	≥ 350 毫米	$\geq 1800^{\circ}\text{C}$
湿润温凉林牧交错气候区	≥ 400 毫米	$< 1800^{\circ}\text{C}$
沙地、湿地		

3.4.1 干旱温暖荒漠草原气候区

分区指标为年降水量 ≤ 200 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 2300^{\circ}\text{C}$ 。该区位于锡林郭勒草原西北部，气候温暖干燥，风大，蒸发量也大，湿润度小于 0.1，是锡林郭勒草原水分资源最缺乏，光能资源和热量资源最丰富的地区。

该区生态环境比较严酷，草地植被低矮，稀疏，生产力低，土壤风蚀、沙化严重。同时，草场载畜量低，放牧牲畜对地表植被破坏严重，畜牧业经济投入产出比低，生态环境恶化。

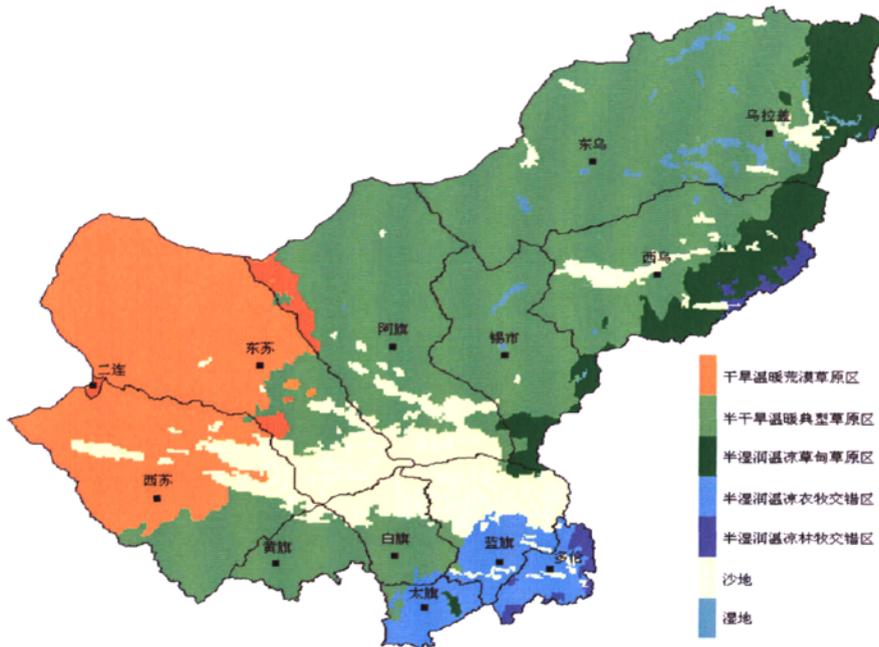


图 3-8 综合气候区划图

Fig3-8 regionalization map of integrated climate

3.4.2 半干旱温暖典型草原气候区

分区指标为年降水量 $200 < R < 350$ 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 。该区位于锡林郭勒草原中部、东部和西南部的大部分地区, 气候和植被分布状况东西差异较大, 热量资源和光能资源西部好于东部, 水分资源东部好于西部。植被状况东部好, 西部差, 尤其西部边缘地区草场退化严重。

该区大部分草场由于自然灾害和载畜量过大, 草场退化严重, 防灾抗灾能力低。西部已向荒漠化演变, 土壤肥力下降, 植被产量不高, 尤其春季和干旱年份, 土质表层极易遭受破坏。

3.4.3 半湿润温凉草甸草原气候区

分区指标为年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 。该区位于锡林郭勒草原中东部的边缘地区, 气候寒冷, 水分资源比较丰富, 草地植被较好。

该区草场生产力高, 草质好, 是理想的放牧畜牧区。

3.4.4 湿润温凉农牧交错气候区

分区指标为年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 。该区位于锡林郭勒草原南部。

该区由于长期粗放耕作，水土流失严重，肥力差，产量低，沙化严重。

3.4.5 湿润温凉林牧交错气候区

分区指标为年降水量 ≥ 400 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 。该区位于锡林郭勒草原东南边缘，是锡林郭勒草原水分资源最好的地区，但热量资源和光能资源较差。

该区土壤肥力较高，水分条件优越，但热量资源和光能资源差，

3.4.6 沙地、湿地

锡林郭勒草原沙地面积较大，主要有浑善达克沙地、嘎亥额勒苏沙地和沙麦沙地，分布于锡林郭勒盟中西部偏南地区、西乌珠穆沁旗西部和东乌珠穆沁旗北部，其他零星沙地全盟各地均有分布，属多种气候类型。湿地主要分布于锡林郭勒草原中东部，是由于季节性积水和长期积水而成。该区气候湿润，而气温较低，不适合农牧业生产。

沙地以风沙土为主，基质流动性大，植被覆盖度低，植被一旦遭受破坏，易造成沙漠化，已成为沙尘暴灾害的源地，是锡林郭勒草原生态系统最脆弱的地区。

3.5 小结

锡林郭勒草地气候资源具有明显的配置不协调性。光、热资源丰富的地区，水分资源差，而光、热资源贫乏的地区，水分资源却丰富。将年降水量 ≤ 200 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 2300^{\circ}\text{C}$ 划分为干旱温暖荒漠草原气候区；年降水量 $200 < R < 350$ 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 。为干旱温暖典型草原气候区；年降水量 ≥ 350 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为半湿润温凉草甸草原气候区。年降水量 ≥ 350 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉农牧交错气候区；年降水量 ≥ 400 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉林牧交错气候区。此外，依据下垫面性质将沙地和沼泽、湿地划为各自单独的气候类型。

第四章 锡林郭勒草地气候资源变化趋势分析

锡林郭勒盟西部地区气候干燥，雨少风大，草地植被稀疏，土壤沙化严重。年平均（1956~2005年）降水量在 235.3~135.2 毫米之间，牧草生长季（4—9月）降水量在 214.0~120.9 毫米之间，自东南向西北依次减少；年平均气温 5.0℃~1.5℃，自西南至东北递减，极端最高气温 41.5℃（苏尼特左旗 1999 年），极端最低气温 -41.5℃（阿巴嘎旗 1964、1978 年）；年平均风速 3.2~4.3 m/s，大风日数 59~66 天，年沙尘暴日数 5~11 天。

锡林郭勒盟降水具有自东南向西北依次递减的分布规律（图 4-1），因此，西部地区是锡林郭勒盟降水最少的地区，其年降水量平均比中东部地区（乌拉盖、东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、锡林浩特市）少 100 毫米，比南部地区（镶黄旗、正镶白旗、太仆寺旗、正兰旗、多伦县）少 160 毫米；4~8 月大于 5 毫米有效降水日年平均只有 9 天，比中东部地区少 5 天，比南部地区少 7 天；大于 10 毫米降水日年平均只有 4 天，比中东部地区少 3 天，比南部地区少 4 天；该地区是沙尘暴的高发地区，最多的苏尼特右旗年平均沙尘暴日数达 11 天，比中东部地区多 8 天，比南部地区多 6 天（图 4-2）。干旱和沙尘暴是对锡林郭勒盟西部地区生态环境危害最大的自然灾害。

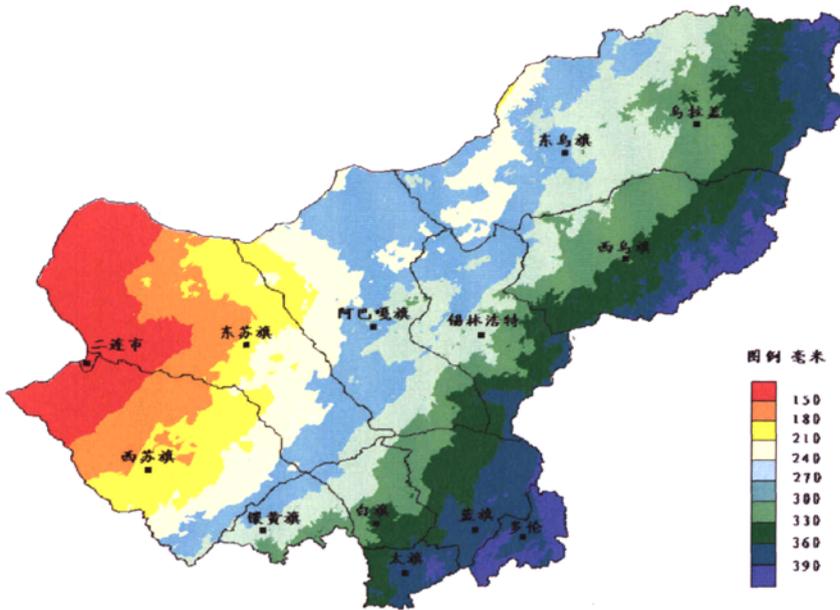


图 4-1 锡林郭勒草地年降水量分布图

Fig4-1 regionalization map of annual average precipitation in XILIGOL

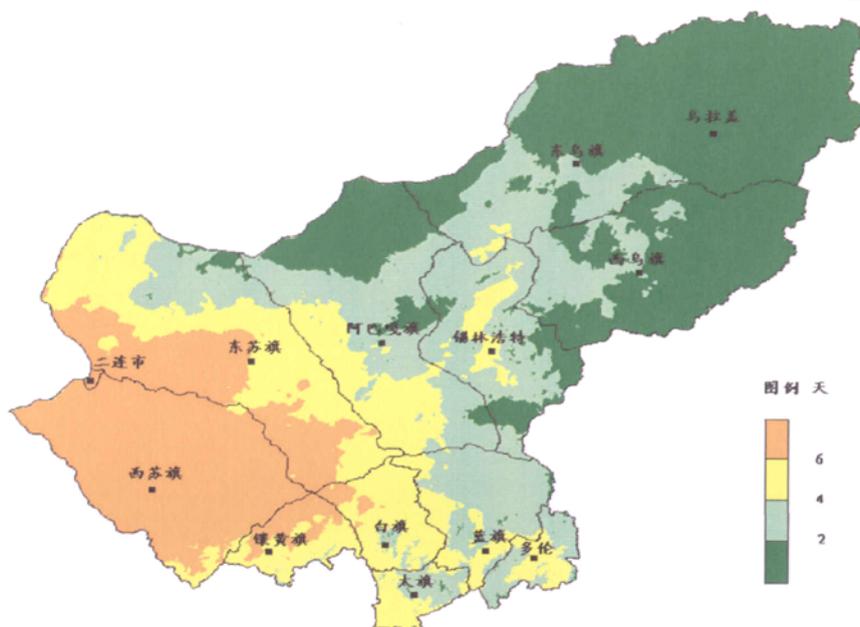


图 4-2 锡林郭勒草地年沙尘暴日数分布图

Fig4-2 regionalization map of annual average the number of dust storms in XILIGOL

4.1 气候变化

4.1.1 气温变化

锡林郭勒盟西部地区气温变化与全球变暖的趋势一致，1980 年以前呈稳定上升的趋势，平均每十年升高 0.1~0.3℃；进入 1990 年开始明显上升，平均每十年升高 0.5~0.9℃。自 1960 年开始至 2005 年的 45 年中，气温平均升高了 1.6~2.0℃（未排除城市热岛效应的影响）（图 4-3）

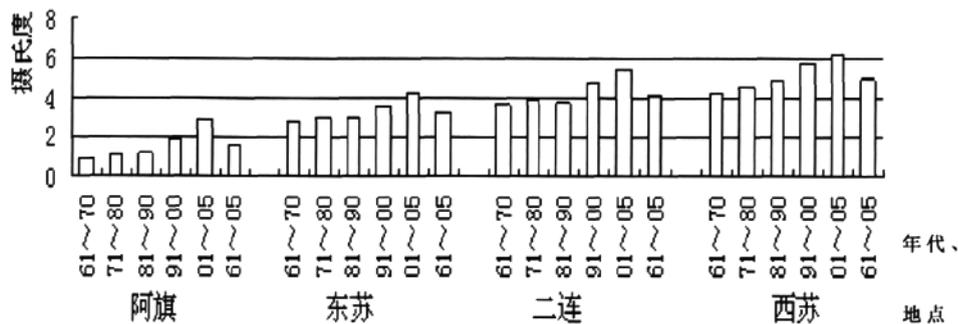


图 4-3 锡林郭勒西部地区各年代平均气温

Fig4-3 each year average temperature in Western Xilinguole

4.1.2 降水变化

年降水量在 1980 年以前阿巴嘎旗、二连浩特市呈增加趋势，苏尼特左旗呈减少趋势，苏尼特右旗变化不大（图 4-5、图 4-6、图 4-7、图 4-8）；1990 年除二连浩特市略有减少外，其它地区都有增加趋势，苏尼特右旗最为明显；自 1999 年以来各地降水持续偏少，平均降水量比 1990 年偏少 12%~31%，是减少幅度最大的时期（图 4-4）。

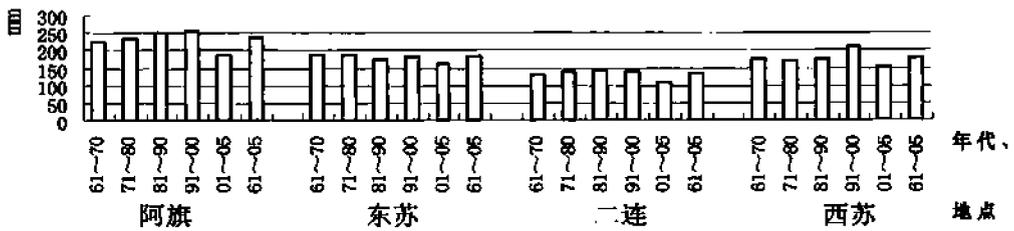


图 4-4 锡林郭勒西部地区各年代平均降水量(mm)
Fig4-4 each ten year Average precipitation in Western Xilinguole(mm)

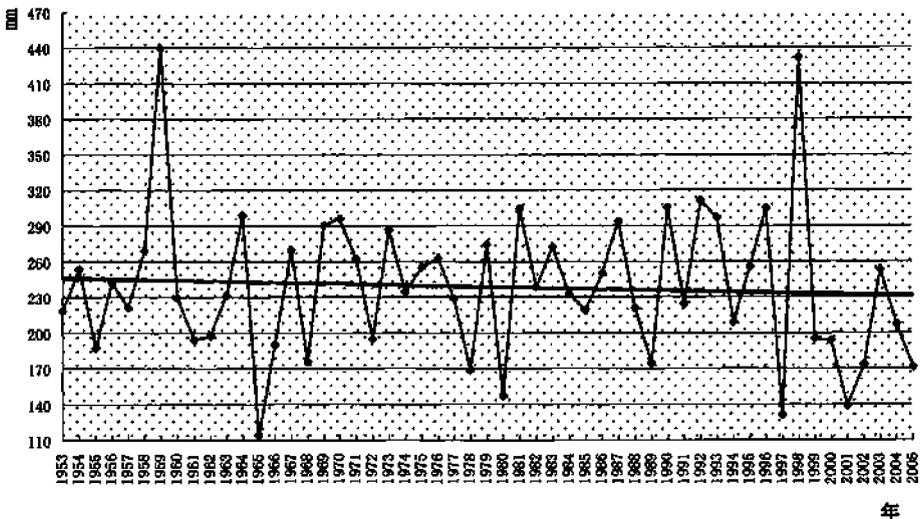


图 4-5 阿旗 1953-2005 年降水量(mm)
Fig4-5 annual precipitation in 1953-2005 in abaga banner

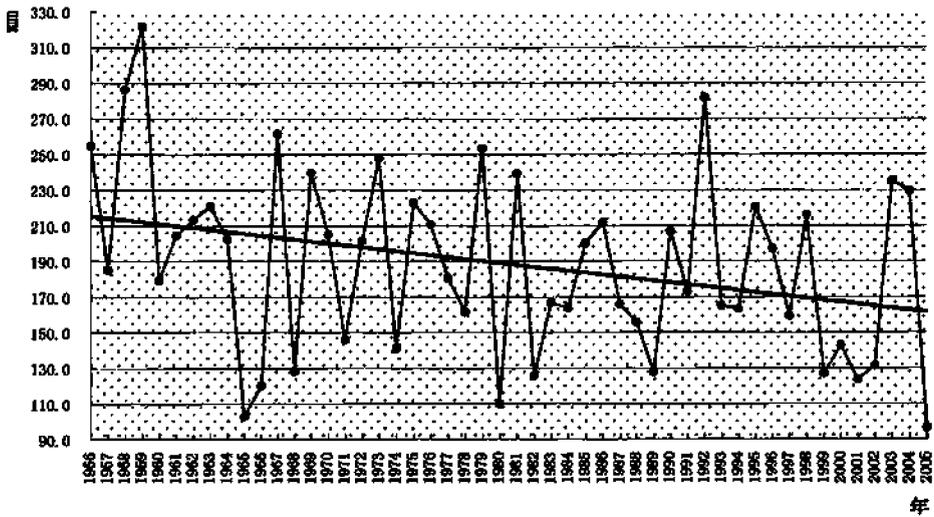


图 4-6 东苏旗 1956-2005 年降水量
Fig4-6 annual precipitation in 1956-2005 in DongSu banner

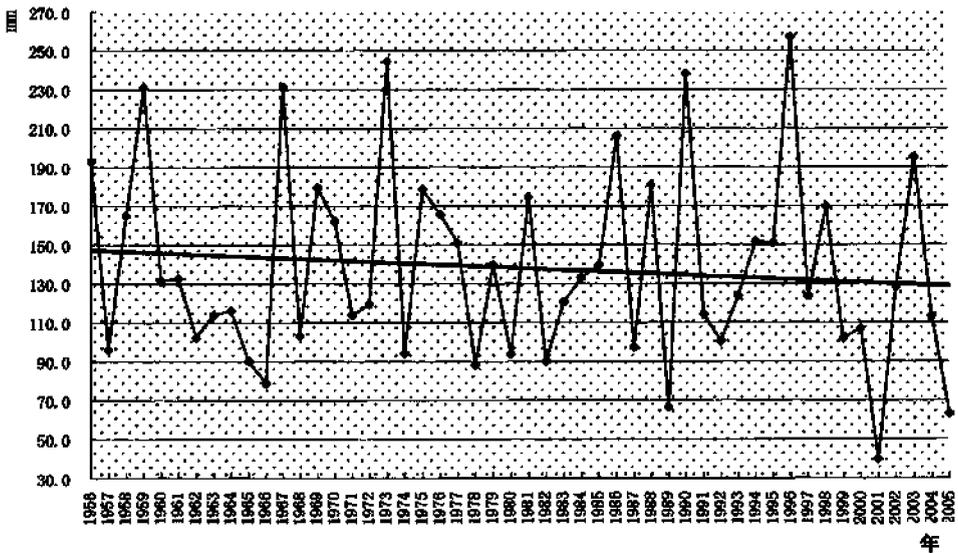


图 4-7 二连 1956-2005 年降水量
Fig4-7 annual precipitation in 1956-2005 in Erlianhaote

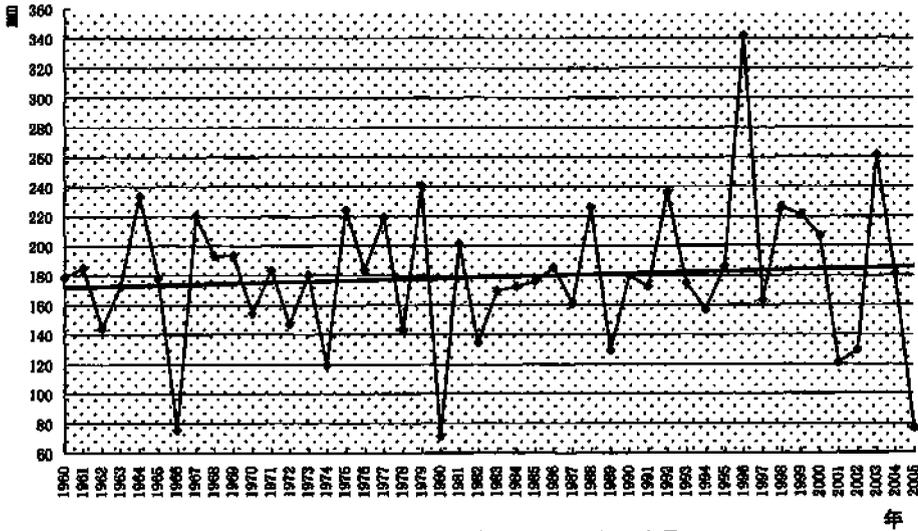


图 4-8 西苏旗 1956-2005 年降水量

Fig4-8 annual precipitation in 1956-2005 in SonidZuo banner

4.1.3 沙尘暴

锡林郭勒盟西部地区受地理和气候影响，风大、雨少，是大风和沙尘暴的多发地区。60年代后期至70年代是沙尘暴高发期，1980至90年代有明显的减少趋势，其中1966年是沙尘暴发生最多的年份（苏尼特右旗65天）。进入二十一世纪，由于经历了1999~2002年连续四年的严重干旱，又出现了2001~2002连续两年的沙尘暴高发期，强沙尘暴的发生频率明显高于往年（图4-9、图4-10、图4-11、图4-12）。

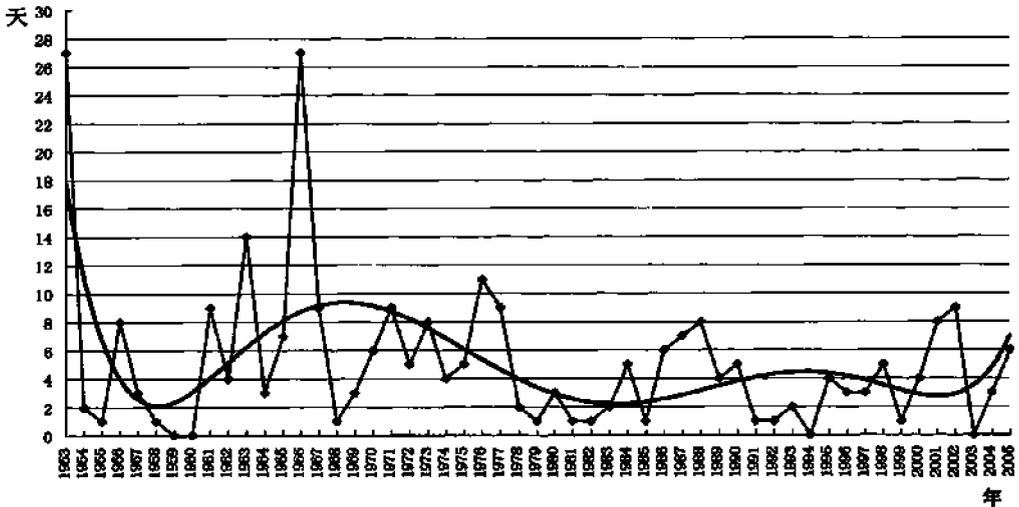


图 4-9 阿旗 1953-2005 年沙尘暴日数

Fig4-9 annual the number of dust storms in abaga banner

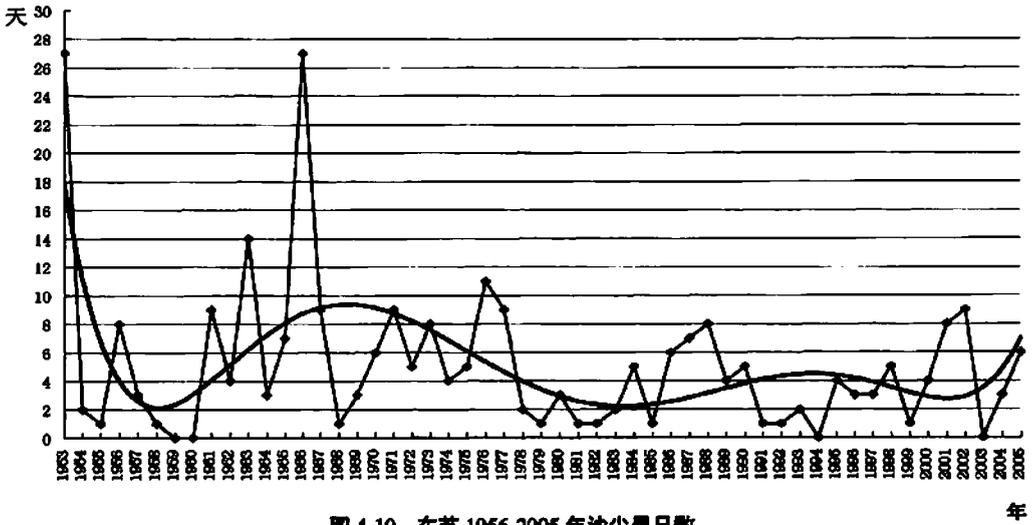


图 4-10 东苏 1956-2005 年沙尘暴日数
Fig4-10 annual the number of dust storms 1956-2005 in DongSu banner

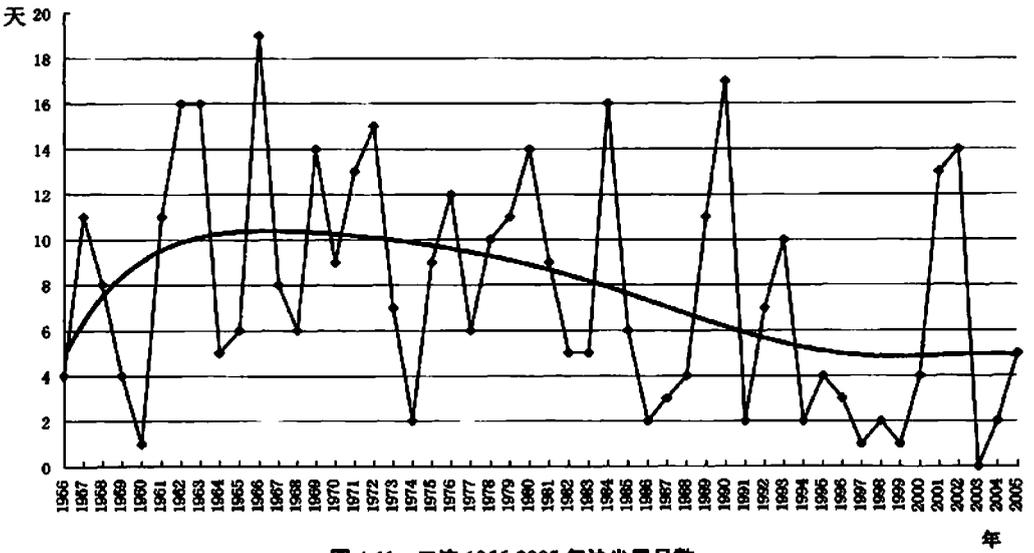


图 4-11 二连 1956-2005 年沙尘暴日数
Fig4-11 annual the number of dust storms in 1956-2005 in Erlianbaote

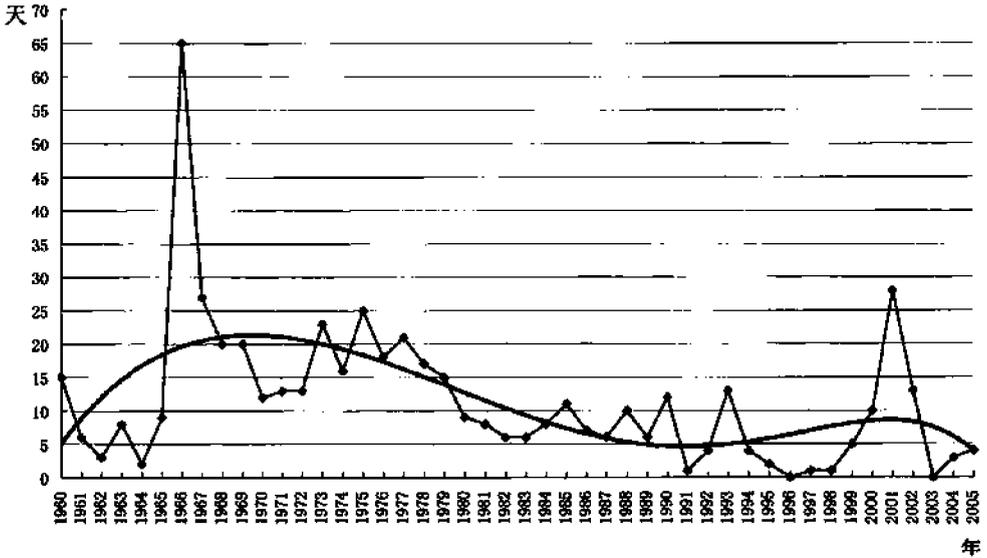


图 4-12 西苏 1960-2005 年沙尘暴日数

Fig4-12 annual the number of dust storms in 1960-2005 in SonidZuo banner

4.1.4 干旱发生规律

锡林郭勒盟西部地区年际降水变率大，但丰雨年（4~8 月降水量偏多 20%）少，只占 22%~24%的年份；少雨年多，是干旱发生比较频繁的地区。干旱发生频率达 64%（1956~2005 年），严重干旱的发生频率也在 30%以上。从历史上看，五、60 年代干旱发生较少，自 1956 年~1970 年发生频率 34%~54%，苏尼特左旗最少，只发生 5 年干旱，平均 3 年一次；七、80 年代干旱发生较多，达到 57%~70%的年份，苏尼特左旗最多，达到 70%，每十年中有 7 年干旱；进入 90 年代以来干旱发生频率又有所增加，达到了 74%（图 4-13）。

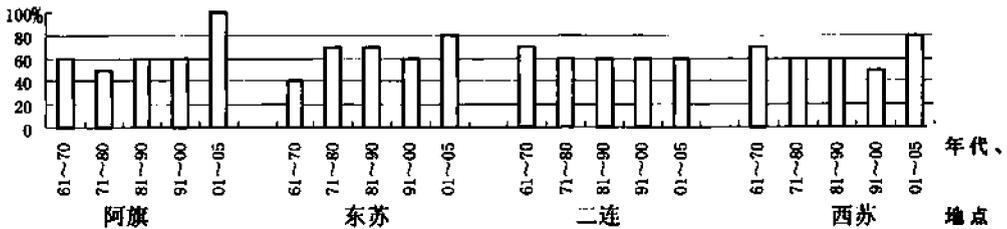


图 4-13 锡林郭勒盟西部各年代干旱发生频率（%）

Fig4-13 each ten year The frequency of drought in Western Xilinguole

4.2 干旱对草原植被的影响

4.2.1 连续干旱发生时段

连续干旱给锡林郭勒盟草原生态环境造成巨大的影响，锡林郭勒盟西部地区自有气象记录以来出现了三个连续干旱的时期，即：1960~1966年，1980~1985年，1999年~2005年，其中，1960~1966年七年中有六年发生干旱，这期间沙尘暴处于高发期；1980~1985年连续六年出现干旱，是草场退化最严重的时期；1999年~2005年苏尼特左旗、阿巴嘎旗连续7年发生了不同程度的干旱，其中6年为重旱或特旱，是有气象记录以来连续干旱时间最长的时期，对草原生态环境影响极大。自1953年以来连续两年以上不旱的年份仅有1958~1959年、1969~1970年、1975~1976年，最多连续两年，而在这几个时期的前后都是严重的连续干旱年景（表4.1）。因此，在发生连续干旱或严重干旱后，草场植被往往难以得到恢复，需着力加以保护。

表 4.1 锡林郭勒盟西部地区 1998~2005 年气候特征值
Table 4.1 Climate eigenvalue in 1998~2005 in western Xilinguole

年份	4—8月降水距平百分率%	4—8月降水正距平均数	连续无有效降水日数(天)	≥10毫米降水初日	≥10毫米降水日数(天)	旱情
1998	34~114	6~8	20~44	11/4~21/5	4~12	不旱
1999	-35~13	3~7	35~69	31/5~22/6	0~5	重旱
2000	-23~12	2~5	48~60	18/5~11/8	0~6	重旱
2001	-77~21	1~3	54~80	24/5~29/6	0~3	特旱
2002	-35~11	5~7	40~60	5/5~21/6	1~5	特旱
2003	1~47	7~10	28~42	6月5日	5~8	春旱
2004	-30~32	2~7	35~91	29/6~26/7	1~5	特旱
2005	-60~-23	1~2	50~59	21/5~29/6	1~3	特旱

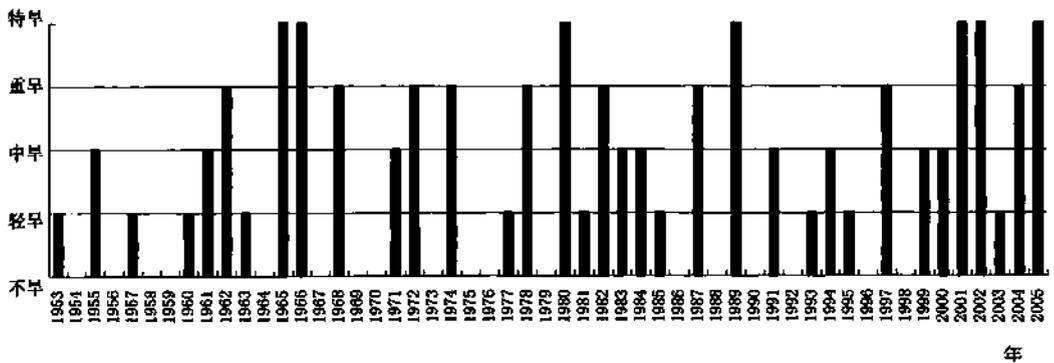


图 4-14 锡林郭勒盟西部干旱年图
Fig 4-14 Map of annual drought in western Xilinguole

4.2.2 2001~2005 年草场植被的卫星遥感监测

从 2001~2005 年的植被遥感图可直观看出，西部地区连续几年的草地植被长势相当差，裸地面积在不断扩大(图 4-15、图 4-16、图 4-17、图 4-18、图 4-19)。

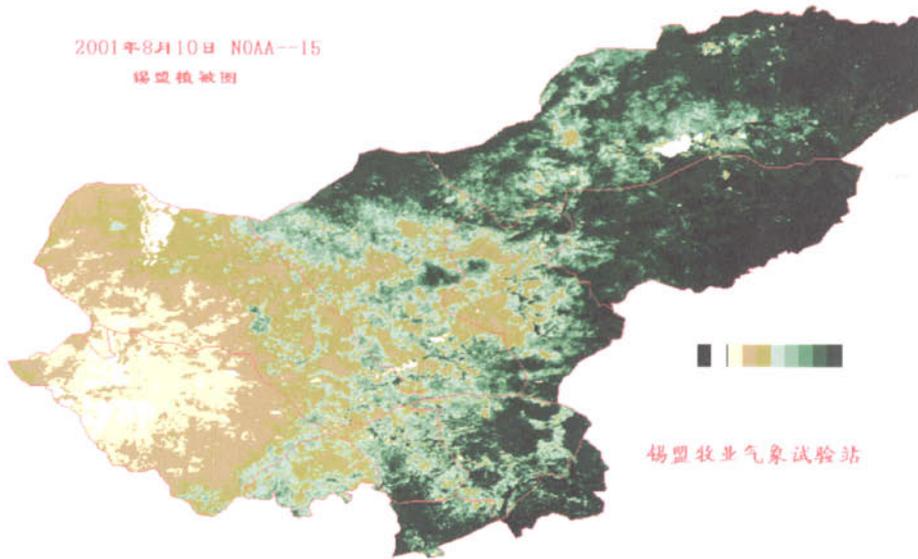


图 4-15 锡林郭勒盟 2001 年草场植被的卫星遥感监测图

Fig 4-15 Satellite remote sensing monitoring plans of Grassland vegetation In 2001 in western Xilinguole

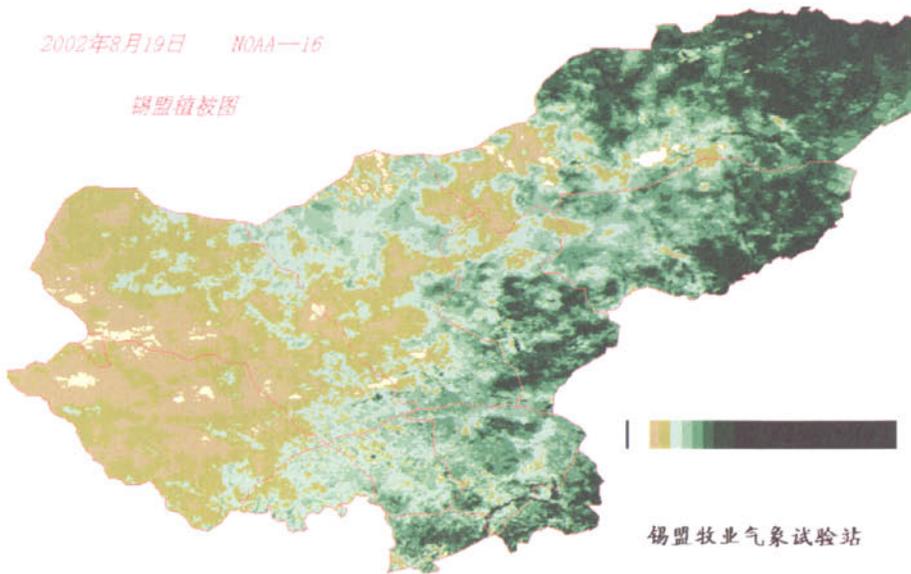


图 4-16 锡林郭勒盟 2002 年草场植被的卫星遥感监测图

Fig 4-16 Satellite remote sensing monitoring plans of Grassland vegetation In 2002 in western Xilinguole

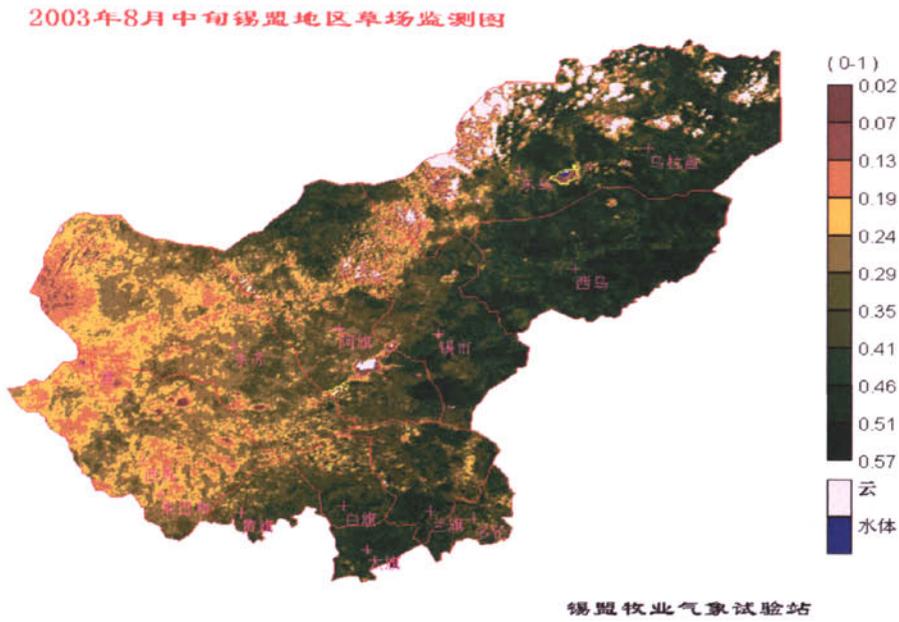


图 4-17 锡林郭勒盟 2003 年草场植被的卫星遥感监测图
Fig 4-17 Satellite remote sensing monitoring plans of Grassland vegetation In 2003 in western Xilinguole

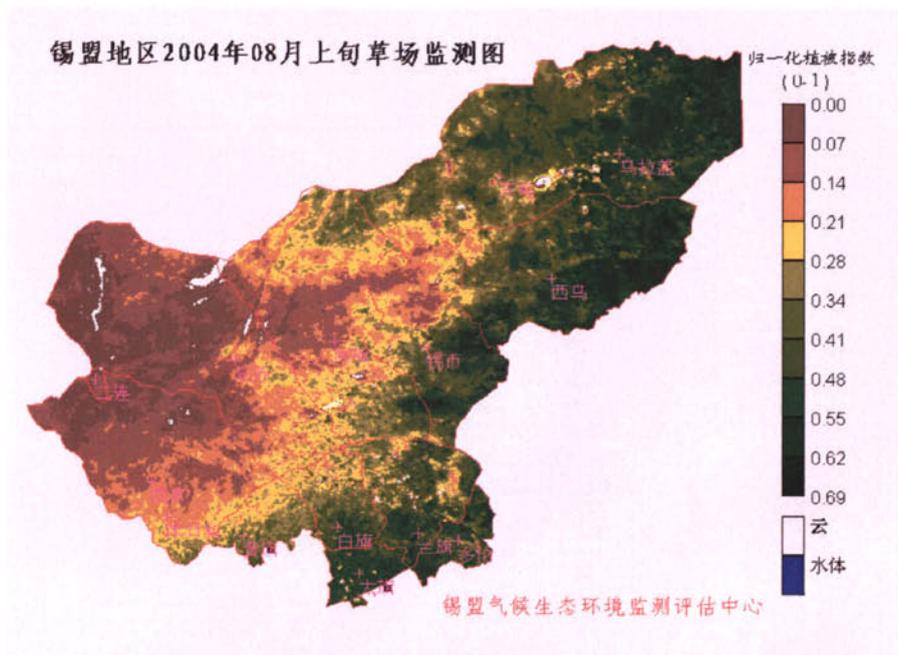


图 4-18 锡林郭勒盟 2004 年草场植被的卫星遥感监测图
Fig 4-18 Satellite remote sensing monitoring plans of Grassland vegetation In 2004 in western Xilinguole

锡林郭勒草地2005年8月4日卫星遥感监测图

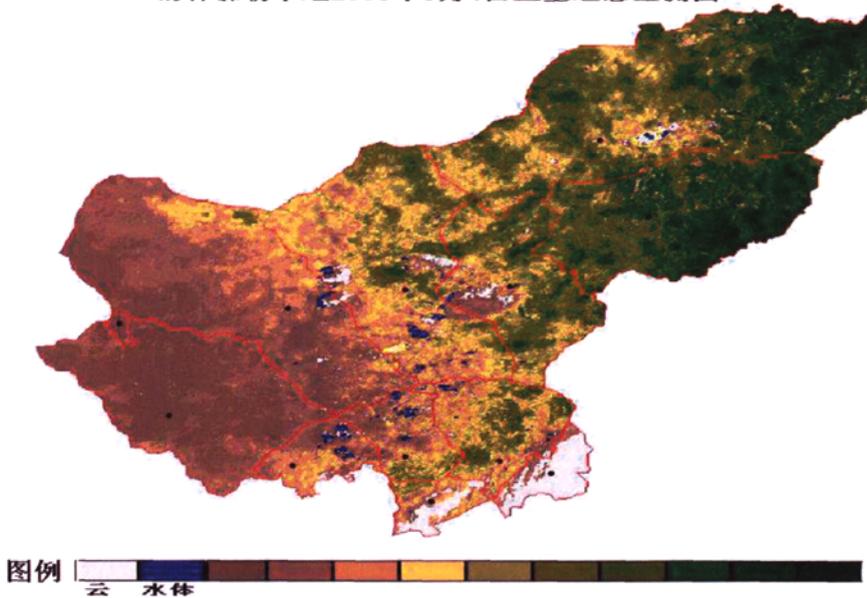


图 4-19 锡林郭勒盟 2005 年草场植被的卫星遥感监测图

Fig 4-19 Satellite remote sensing monitoring plans of Grassland vegetation In 2005 in western Xilinguole

4.2.3 干旱对草原生态环境的影响

通过对历史气候资料的分析可以看出，锡林郭勒盟西部地区气候总的变化趋势是降水减少，气温在不断升高，导致干旱发生的频率和发生的程度都在不同程度的加重。

锡林郭勒盟西部地区以荒漠草原和沙地为主，草地植被覆盖度低，土质疏松，土壤持水量低，抗旱能力差，气候变暖和连续干旱，尤其自 1999 年以来的持续干旱导致草地植被遭到严重破坏。由于锡林郭勒盟极少出现连续的丰雨年景，当发生连续干旱后，即使出现丰雨年也使草场植被难以得到恢复，需采取有力的生态治理措施，长期加以恢复和保护，否则将加剧草原的荒漠化和沙漠化演变。

4.3 小结

锡林郭勒盟西部地区气候变化趋势是降水减少，气温不断升高，干旱发生的频率增加，程度加重，草原退化沙化比较严重。

第五章 草地保护类型分区

5.1 锡林郭勒草原草地退化现状

据调查，锡林郭勒草原退化草地面积占总面积的 49%，西部和南部地区草地退化最为严重，退化草地面积已占草地总面积的 70% 以上，中东部部分地区在 20% 以下，其余地区在 40% 左右（表 5.1）。

表 5.1 锡盟退化草地面积

Table 5.1 area of degrading grassland in Xilinguole

地 名	总面积 (万亩)	退化面积(万亩)	占百分比 (%)
乌拉盖	1720.13	172.01	10.00
东 乌	5410.17	2123.09	39.24
西 乌	3319.77	736.30	22.18
锡 市	2227.09	467.42	20.99
阿 旗	4053.57	2317.73	57.18
东 苏	4969.11	3557.96	71.60
西 苏	4000.78	3004.19	75.09
黄 旗	730.93	567.59	77.65
白 旗	878.56	378.81	43.12
兰 旗	1472.12	510.33	34.67
太 旗	288.03	201.61	70.00
多 伦	466.02	326.21	70.00

注：引自《锡林郭勒盟地方志》（1995 年）

5.2 退化草场生态系统的恢复

恢复草原生态系统是为了实现草原畜牧业的可持续发展。制定退化草原恢复措施，首先要了解草原退化的原因。根据锡林郭勒草原退化现状和气候特点，应对锡林郭勒退化草原主要进行自然恢复，并辅以人工恢复重建。由于生态系统具有自我修复能力，在环境条件不变时，只要排除使其退化的因素，给予足够的时间，可使其通过演替进行恢复。如锡林郭勒草原西部草地退化严重地区应实行“围封转移”；中、东部地区则实行季节性休牧和划区轮牧。南部开垦地区则应因地制宜采取松土、浅耕翻等改善土壤结构，增施肥料，补播优良牧草等人工恢复重建措施，增加植被恢复速率；沙地应选择适宜当地生长的树种实施人工育林；沼泽、湿地应得到进一步保护。对尚未退化的草原进行合理的生态系统管理。根据土地类型和草场状况制定不同的放养策略，控制

表 5.2 锡林郭勒草原每一绵羊单位占天然草场面积
Table 5.2 the area of each sheep units need natural grassland in Xilinguole

年度	草场面积 (亩)	年度	草场面积 (亩)	年度	草场面积 (亩)
1949	77.1	1963	24.0	1977	16.9
1950	65.5	1964	21.9	1978	28.1
1951	56.9	1965	19.5	1979	24.0
1952	48.8	1966	19.3	1980	21.3
1953	42.8	1967	19.6	1981	21.7
1954	38.1	1968	22.1	1982	20.1
1955	34.2	1969	24.2	1983	19.2
1956	31.0	1970	26.3	1984	19.0
1957	33.0	1971	22.2	1985	17.8
1958	31.8	1972	20.4	1986	19.4
1959	27.2	1973	19.7	1987	18.4
1960	26.2	1974	18.3	1988	17.7
1961	24.5	1975	17.6	1989	15.1
1962	24.9	1976	17.0	1990	15.7

注：引自《锡林郭勒盟地方志》(1995年)

家畜承载量，了解植被动态，根据季节特性和气候年景，实行家畜放养动态管理。

5.3 锡林郭勒草原生态环境的保护分区

5.3.1 分区依据

为了合理保护利用草地气候资源，发展集约化草原畜牧业生产，有效地防止锡林郭勒草原进一步沙化、退化态势，恢复和保护人类和动物赖以生存的草原生态环境，促进草原生态系统可持续发展，以气候资源为依据，实现对草地气候资源科学的使用和保护。

利用多年的牧草产量数据， $>10^{\circ}\text{C}$ 积温和年降水量数据采用回归分析方法分析结果如下：

$$\text{回归方程为: } Y=761.05 - 0.58657X_1 + 0.787159X_2 \quad (10)$$

式(10)中 X_1 : $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 X_2 : 年降水量

复相关 $R=0.92$ $F=66.7 > F_d$ 置信度 $\alpha=0.05$

结果表明锡林郭勒盟草原牧草产量与 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温成反相关，与年降水量成正相关，说明降水量是锡林郭勒盟草原牧草生长的主要限制因子，因此本文选择 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温，年降水量为草地类型生态区划的划分指标。

5.3.1 分区指标

根据锡林郭勒草原现状，结合气象卫星监测资料，按照土壤和植被的地带性分布，以年降水量和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温作为主要划分指标，将年降水量图和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温图进行叠加，同时将沙地、沼泽图

叠加到栅格图层,对锡林郭勒草原进行保护分区。根据公式(10),及图形叠加后各区域的主要特征,确定划区主要指标见(表 5.3)

推算模型见(公式 4、6),分区如(图 5-1)

表 5.3 锡林郭勒草原生态区划指标

Table 5.3 indicators of Ecological Division in the XilinGol Grassland

划分区域	指标		
	年降水量	≥10℃积温	当地实际生产情况
划区轮牧区	300mm 以上	2000℃以下	天然牧草产量达大部分 2000 千克/公顷以上,牧草高度大于 30 厘米
季节性休牧区	210~300mm 之间	2300℃以下	天然牧草产量为 1000~2000 公斤/公顷,牧草覆盖度在 30~60 %
永久禁牧区	<210 毫米	2300℃以上	天然牧草产量不足 1000 公斤/公顷,牧草覆盖度在 30 以下
退耕还草区	350 毫米以下	1800℃~2100℃ 之间	年日照时数为 2800~3100 小时,无霜期短,大部地区在 100 天以下。已经不适应耕作
沙源治理区			沙地

5.3.2 各区域分布与特征

5.3.2.1 划区轮牧区

划区轮牧区的气候特征是:气温低,日照少,无霜期短,但降水量多。年降水量在 300 毫米以上,生长季降水量在 250 毫米以上,≥10℃积温在 2000℃以下。

锡林郭勒草原划区轮牧区分布在东乌珠穆沁旗东部、西乌珠穆沁旗大部 and 锡林浩特市、多伦县部分地区。这些地区的草原类型是草甸草原或部分典型草原,天然牧草产量达大部分 2000 千克/公顷以上。牧草高度大于 30 厘米。牧草覆盖度大于 60%。牧草种类主要以禾本科植物羊草、贝加尔针茅、克氏针茅以及部分豆科和菊科植物为主。优质牧草产量占总产量的比例达 70%以上。畜群主要是乌珠穆沁绵羊和牛、马等。平均 10 亩草场养 1 只羊。

5.3.2.2 季节性休牧区

季节性休牧制度是锡林郭勒草原生态建设保护的一项重要措施。在第一种天然牧草返青期至大部分天然牧草从缓慢生长转为迅速生长期,正值天然牧草积蓄营养和放牧家畜跑青时期,此期间天然牧草生长缓慢,放牧家畜跑青体能消耗大,家畜不宜放牧。在这一时期禁止放牧的制度称为季节性休牧。

在水分充足的条件下,天然牧草生长高度随时间变化趋量呈“缓慢生长——迅速生长——缓慢生长”,可用 Logistic 方程拟合,即天然牧草生长高度随时间变化动态模型(王英舜,杨文义等,2001)为:

$$H = 50.0 / (1 + \exp(2.672 - 0.036t)) \quad (10)$$

式中: H 为天然牧草生长高度,单位为 (cm); t 为天然牧草返青后的日数,单位为 (天)。

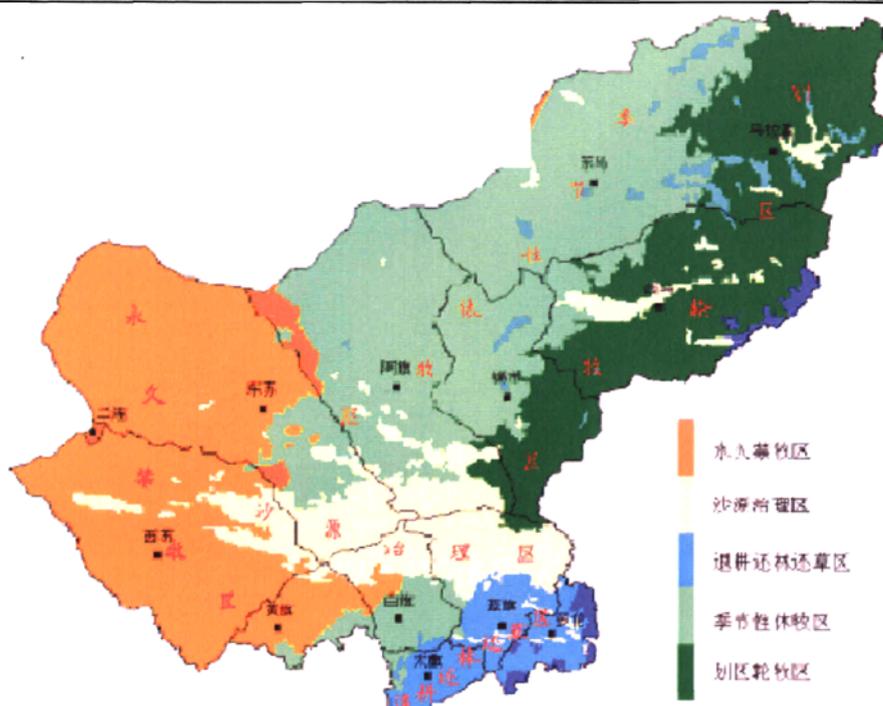


图 5-1 锡林郭勒草原保护利用规划图
Fig5-1 Protection and utilization plans about Xilinguole grassland

在水分充足的条件下，天然牧草生长高度从缓慢增长转为迅速增长需天然牧草在返青后 38 天；从迅速增长转为缓慢增长需天然牧草在返青后 112 天季节性休牧区的气候特征差异较大：东部、南部降水多，气温低，大风少；西部降水少，气温高，大风多。年降水量在 210~300 毫米之间， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以下。

锡林郭勒草原季节性休牧区主要分布在东乌珠穆沁旗西部、锡林浩特市、阿巴嘎旗大部 and 西乌珠穆沁旗、正兰旗、正镶白旗的部分地区。北部为熔岩台地，海拔 1100 米左右，以栗钙土为优势土壤；南部以沙地植被、疏林、灌丛为主，地形起伏不大，海拔 1200 米左右，地表水条件差，地下水条件好。这些地区的草原类型主要是典型草原，天然牧草产量为 1000~2000 公斤/公顷，牧草覆盖度在 30~60%，牧草种类主要以禾本科植物羊草、克氏针茅以及部分豆科和菊科植物为主，优质牧草产量占总产量的比例 40~70%，畜群主要是乌珠穆沁绵羊、蒙古绵羊及蒙古马、牛等，平均载畜量一般为 20 亩养一只羊。

5.3.2.3 永久禁牧区

由于气候变迁和不合理利用草场，生态极为脆弱的荒漠草原和部分典型草原区不能再承受放牧畜牧业带给它的压力，必须实施完全禁牧，使这部分草原得以休养生息，草原环境得以保护的措施称为永久禁牧。

永久禁牧区的气候特征是：气温高，日照充足，大风多，降水量少。年降水量不足 200 毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以上。

锡林郭勒草原永久禁牧区主要分布在苏尼特左旗、苏尼特右旗、二连浩特市、镶黄旗及阿巴

嘎旗部分地区。这些地区的草原类型主要是荒漠草原或部分典型草原，天然牧草产量不足 1000 公斤/公顷，牧草覆盖度在 30 以下，牧草种类主要以禾本科植物沙针茅以及部分葱类植物和一年生植物为主，优质牧草产量占总产量的比例低于 40%。

5.3.2.4 退耕还草区

由于历史原因，锡林郭勒草原南部大部分地区开垦草原，种植农作物，使得原生草原遭到破坏。为了恢复这些地区的草原生态环境，根据本地区气候特点，因地制宜地在农作物种植区开展人工牧草种植，以恢复日益恶化的生态环境。

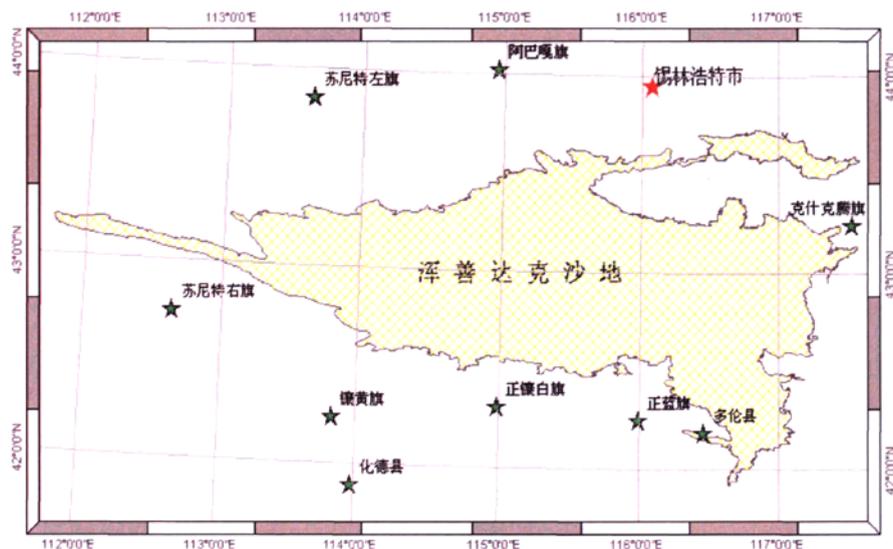


图 5-2 浑善达克沙地地理位置示意图
Fig 5-2 location Sketch of Hunshandake Saudi

锡林郭勒草原退耕还草区主要分布在太卜寺旗和正兰旗、正镶白旗及多伦县的大部分地区。该区年降水量在 350 毫米以下， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 $1800^{\circ}\text{C} \sim 2100^{\circ}\text{C}$ 之间，年日照时数为 2800~3100 小时，无霜期短，大部地区在 100 天以下。该区年降水量虽可达 350 毫米左右，但时常发生阶段性干旱，且大部地区热量条件不足，不适合发展农业。应实施退耕还草，以恢复原生草原植被。

5.3.2.5 沙源治理区

沙源治理区主要以地表土壤性质而定，由于锡林郭勒草原属干旱、半干旱气候，土壤沙性较大，沙地在锡林郭勒盟各地均有分布，尤其浑善达克沙地横跨锡林郭勒草原中西部，占地面积较大，对锡林郭勒草原生态系统有重要影响。沙地植被稀少，多以沙生植物为主，南部沙地生有灌木丛，以榆树疏林和柳灌丛为主。沙地生产潜力差，可利用草场少，抗灾能力弱。由于气候和人为等因素，锡林郭勒草原区沙地在逐年扩大，尤其浑善达克沙地已成为京津地区风沙源，对生态系统的危害日益严重，急需封育治理。

该区主要位于锡林郭勒草原中西部的偏南地区，另外在东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗和苏尼特右旗也有多处沙地分布。浑善达克沙地横跨正兰旗、正镶白旗的北部，阿巴嘎旗、苏尼特左旗

的南部，苏尼特右旗的东部地区。气候差异较大，年降水量由在 200 毫米至 350 毫米，气温较高，大部地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2000 $^{\circ}\text{C}$ 以上；日照充足，多在 3000 小时以上；风大，年大风日数大于 60 天，沙尘暴灾害严重。对浑善达克沙地生态恢复应该尽力保持这一天然生态屏障环的完整性，力保其发挥正常的生态功能，进而保持沙地边界的稳定。对沙地边缘应该进行重点保护，合理调配流域用水，保证各类湿地生态系统有足够的水量维持其自身的健康；同时要减小施加于浑善达克沙地边缘的放牧压力，给浑善达克沙地边缘的湿地和灌丛化草原休养生息恢复活力的机会(图 5-1)。

综上所述，锡林郭勒草原是中国北方最重要的生态防线，决定着国家的生态安全。为了合理的保护利用，根据锡林郭勒草原利用现状，提出了对锡林郭勒草原实施“围封转移”具体措施，确定了“划区轮牧区”、“季节性休牧区”、“永久禁牧区”、“退耕还林还草区”、“沙源治理区”的区域范围和气候指标，把草原保护放在首位，从而实现对草地资源的可持续利用。

5.4 小结

以气候资源为依据，结合气象卫星监测资料和地面实地考察，将锡林郭勒草原划分为：划区轮牧区、季节性休牧区、永久禁牧区、退耕还草区、沙源治理区，把草原保护放在首位，从而实现对草地资源的可持续利用。

第六章 主要结论及展望

本文对锡林郭勒盟草原气候资源特点进行了分析,同时根据该区域水热条件进行了气候分区,论文分析了锡林郭勒盟草原气候资源变化趋势进行,以气候资源中影响最大的水热条件为依据,进行了草原分区,并阐述了各分区的特征及有关对策。

6.1 主要结论

6.1.1 锡林郭勒盟草原气候资源特点分析和气候分区

锡林郭勒草原气候资源具有明显的配置不协调性。光、热资源丰富的地区,水分资源差,而光、热资源贫乏的地区,水分资源却丰富。将年降水量 ≤ 200 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 2300^{\circ}\text{C}$ 划分为干旱温暖荒漠草原气候区;年降水量 $200 < R < 350$ 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 。为干旱温暖典型草原气候区;年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为半湿润温凉草甸草原气候区;年降水量 ≥ 350 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉农牧交错气候区;年降水量 ≥ 400 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $< 1800^{\circ}\text{C}$ 为湿润温凉林牧交错气候区。

6.1.2 锡林郭勒盟草原气候资源变化趋势分析

(1)、锡林郭勒盟西部地区气温变化与全球变暖的趋势一致,80年代以前呈稳定上升的趋势,平均每十年升高 $0.1\sim 0.3^{\circ}\text{C}$;进入90年代开始明显上升,平均每十年升高 $0.5\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

(2)、年降水量在80年代以前阿巴嘎旗、二连浩特市呈增加趋势,苏尼特左旗呈减少趋势,苏尼特右旗变化不大;90年代除二连浩特市略有减少外,其它地区都有增加趋势,苏尼特右旗最为明显;自1999年以来各地降水持续偏少,平均降水量比90年代偏少 $12\%\sim 31\%$,是减少幅度最大的时期。

(3)、锡林郭勒盟西部地区受地理和气候影响,风大、雨少,是大风和沙尘暴的多发地区。60年代后期至70年代是沙尘暴高发期,1980至90年代有明显的减少趋势,其中1966年是沙尘暴发生最多的年份(苏尼特右旗65天)。进入二十一世纪,由于经历了1999~2002年连续四年的严重干旱,又出现了2001~2002连续两年的沙尘暴高发期,强沙尘暴的发生频率明显高于往年。

(4)、锡林郭勒盟西部地区年际降水变率大,但丰雨年(4~8月降水量偏多 20%)少,只占 $22\%\sim 24\%$ 的年份;少雨年多,是干旱发生比较频繁的地区。干旱发生频率达 64% (1956~2005年),严重干旱的发生频率也在 30% 以上。

(5)、锡林郭勒盟西部地区气候总的变化趋势是降水减少,气温在不断升高,导致蒸发量增大,同时干旱发生的频率也在增加,干旱程度在加重。

6.1.3 草地保护类型分区

为了合理保护利用草地资源,发展集约化草原畜牧业生产,有效地防止锡林郭勒草原进一步沙化、退化态势,恢复和保护人类和动物赖以生存的草原生态环境,促进草原生态系统可持续发展,根据锡林郭勒草原现状,结合气象卫星监测资料,按照土壤和植被的地带性分布,以年降水量作为主要划分指标,将锡林郭勒草原进行保护性分区。

(1)、年降水量在 300 毫米以上,生长季降水量在 250 毫米以上, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2000°C 以下。天然牧草产量达大部分 2000 千克/公顷以上,牧草高度大于 30 厘米,牧草覆盖度大于 60%,该区域划分为划区轮牧区。

(2)、年降水量在 210~300 毫米之间, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以下。这些地区的草原类型主要是典型草原,天然牧草产量为 1000~2000 公斤/公顷,牧草覆盖度在 30~60%,划分为季节性休牧区。

(3)、年降水量 < 210 毫米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2300°C 以上。天然牧草产量不足 1000 公斤/公顷,牧草覆盖度在 30 以下。划分为永久禁牧区。

(4)、在部分农牧交错带,该区年降水量在 350 毫米以下, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 1800°C ~ 2100°C 之间,年日照时数为 2800~3100 小时,无霜期短,大部地区在 100 天以下。已经不适应耕作,化为退耕还草区。

(5)、部分草原沙地区域年降水量 200~350 毫米,气温较高,大部地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 2000°C 以上;日照充足,多在 3000 小时以上;风大,年大风日数大于 60 天,沙尘暴灾害严重。划分为沙源治理区。

6.2 研究展望

6.2.1 由于受气候变化影响,锡林郭勒草原的水热分布将发生一定的变化,所以,草地保护类型分区及划分指标也要随之进行相应调整。

6.2.2 本文提出的草地保护类型分区是以水热条件和草地利用现状为依据的,在保护利用过程中应根据草地的变化趋势进行气候指标划和分区域调整。

6.2.3 进一步做好模型建立和相关分析研究工作,本文利用了目前区划中较为先进的“3s”技术,并引用了小栅格推算方法,这些方法将随着统计资料的丰富、统计手段、计算机水平的提高,进一步发展,因此需要加强这方面的研究工作。

6.2.4 根据锡林郭勒草地的土壤、植被、地表水的分布状况开展人工草地种植区域的划分研究。加大人工草地的建设力度。

6.2.5 要根据气候变化加大气温对草地蒸散影响的研究。

参考文献

1. 白永飞, 许志信, 降水量的季节分配对羊草草原群落地上部生物量影响的数学模型. 草业学报, 1997, (6): 1
2. 白永飞, 许志信, 羊草草原群落初级生产力动态研究. 草地学报, 1995, 3 (1): 57-64
3. 包维楷, 陈庆恒, 生态系统退化的过程及其特点. 生态学杂志, 1999, 18 (2): 36-42
4. 常履福, 毕节地区发展畜牧养殖业的气候资源条件分析及分区探讨. 贵州气象, 2005, 29 (5): 3-5.
5. 陈海, 康慕谊, 曹明明, 北方农牧交错带农业气候资源空间特征分析. 自然资源学报, 2006, 21(2): 204-209.
6. 陈仲新, 张新时, 中国生态系统效益的价值. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.
7. 陈佐忠, 汪诗平, 王艳芬, 赵炳祥, 内蒙古草原生态系统退化与围封转移. 绿网环境研究中心, 2003, (4): 9
8. 陈佐忠, 我国天然草地生态系统的退化及其调控. 中国土地退化防治研究. 中国科学技术出版社, 1990, (5): 86-88.
9. 达林太, 草原荒漠化的反思. 贵州财经学院学报, 2006, (3): 46-50.
10. 杜青林, 中国草业可持续发展战略(地方篇). 中国农业出版社, 2006: 156-157
11. 樊锦沼, 天然牧草生长发育与气象条件关系研究. 畜牧气象文集, 气象出版社, 1991.
12. 方精云, 全球生态学——气候变化与生态响应. 北京: 高等教育出版社, 2000
13. 付明胜, 钱卫东, 牛萍, 马光亮, 连续干旱对土壤干层深度及植物生存的影响. 干旱区研究, 2002, 19 (2): 71-74
14. 巩爱歧, 彭毛, 康海军等, 青南牧区草地牧草产量与水、热因子的灰色关联分析. 草业科学, 1999, 16 (4): 37-41
15. 哈斯 马鹤林, 对中国草业发展战略的思考. 内蒙古草业, 2003, 15 (1): 4-7.
16. 郝璐, 吴向东, 内蒙古草地生产力时空变化及驱动因素分析. 干旱区研究, 2006, 23(4): 577-581
17. 呼天明, 论西北天然草地保护对策与技术. 干旱地区农业研究, 2001, 19 (2), 122-126
18. 黄富祥, 王跃思, 傅德山, 刘振铎, 毛乌素沙地低地草甸芨芨草-盐爪爪群落地上生物量对气候因子的动态回归分析. 草业学报, 2001, 10 (4): 21-30
19. 黄国安, 赵卫东, 张志海, 冯小杰, 徐国宏, 呼伦贝尔草原生态现状及治理对策. 内蒙古草业, 2003, 15 (4): 4-5.
20. 李博, 中国北方草地退化及其防治对策. 中国农业科学, 1997, 30 (6): 1-9.
21. 李青丰, 李福生, 乌兰, 气候变化与内蒙古草地退化初探. 干旱地区农业研究, 2002, 20 (4): 98-102
22. 李巍, 甘南生态经济建设支撑体系研究—草地保护与可持续发展. 草业科学, 2006, (5): 67-69.

23. 李月臣, 宫鹏, 刘春霞, 陈晋, 于德永, 北方 13 省 1982 年~1999 年植被变化及其与气候因子的关系.资源科学, 2006, 28 (2): 109-117
24. 李镇清, 刘振国, 陈佐忠, 杨宗贵, 中国典型草原区气候变化及其对生产力的影响.草业学报, 2003, 12 (1): 4-10
25. 刘钟龄, 王炜, 梁存柱, 郝敦元, 内蒙古草原植被在持续牧压下退化演替的模式与诊断.草地学报, 1998, 6 (4): 244-251
26. 吕达仁, 陈佐忠, 王庚辰, 陈家宜, 季劲钧, 李永宏, 陈洪滨, 乔劲松, 内蒙古半干旱草原土壤-植被-大气相互作用——科学问题与实验计划概述.气候与环境研究, 1997, 29(3): 99-209
27. 马兴祥 薛生梁 张杰 李岩瑛, 祁连山东部气候资源对林草恢复的影响研究.中国生态农业学报, 2004, 12 (4): 117-180.
28. 孟林, 草地资源综合评价研究进展.国外畜牧学——草原与牧草, 1998, (4): 1-6
29. 潘诚, 刘兵, 实施“围封转移”是保护和合理利用草原的有效措施.内蒙古草业, 2003, 15 (4), 54-55, 62.
30. 彭祺, 王宁, 不同放牧制度对草地植被的影响.农业科学研究.2005, 26 (1): 27-30)。
31. 师守祥 李凤娟, 实施基本草地保护制度促进草业可持续发展.草业科学, 2004, 21 (3): 49-52.
32. 苏志珠, 卢琦, 吴波, 靳鹤龄, 董光荣, 气候变化和人类活动对我国荒漠化的可能影响.中国沙漠, 2006, 26 (3): 329-335.
33. 唐永昌, 临夏县天然草地退化原因及改良保护对策.草业科学, 2003, 20 (12): 72-74.
34. 田志会, 郭文利, 赵新平, 王志华, 郑人玮, 北京山区农业气候资源系统的模糊综合评判.山地学报, 2005, 23 (4): 507-512.
35. 汪诗平, 天然草原持续利用理论和实践的困惑兼论中国草业发展战略.草地学报, 2006, (2): 188-192.
36. 汪诗平, 王艳芬, 陈佐忠, 气候变化和放牧活动对糙隐子草种群的影响.植物生态学报.2003, 12 (6): 46-49
37. 王殿臣, 苏尼, 特左旗草原保护和利用的途径.内蒙古草业, 2004, 16 (1): 26-29.
38. 王炜, 刘钟龄, 郝敦元, 梁存柱, 内蒙古退化草原植被对禁牧的动态响应.气候与环境研究, 1997, 2 (3): 236-240
39. 王英舜, 杨文义等, 草原干旱对天然牧草生长发育及产量形成的影响.气象.2001,2: 12-15
40. 温敏, 张人禾, 杨振斌, 气候资源的合理开发利用.地球科学进展, 2004, 19 (6): 896-902.
41. 乌学智, 内蒙古太阳总辐射的计算和初步分析. 科研报告-气象局科技情报, 2004, ,7:2-18
42. 许红梅, 高清竹, 黄永梅, 贾海坤, 气候变化对黄土丘陵沟壑区植被净第一性生产力的影响模拟.生态学报, 2006, 26 (9): 2939-2947
43. 曾德慧, 姜凤歧等, 生态系统健康与人类可持续发展.应用生态学报, 1999, 10 (6): 751-756
44. 周勤, 刘钦普, 林振山, 气候变暖对内蒙古羊草草原建群种的影响.生态学杂志, 2006, 25 (1): 24-28.

45. Alward RD, Detling JK, Milchunas DG Grassland vegetations changes and nocturnal global warming [J]. Science, 1999, 283: 229-231.
46. Breymeyer A. J. and Van Dyne G. M., Grasslands, systems and man, IBP 19.1980.
47. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2001-the scientific basis. OECD/ODCE, Paris, France,2001
48. Koppen W. Das geographisches system der klimate [A] .In : Koppen wm (eds) . Handbuch der Klimatologie [C].Berli n : Gebruder Borntraeger. 1936, 27 (3): 337~343.
49. Liu G , et al.. A process - based boreal ecosystem productivity simulator using remote inputs [J] . Remote Sensing of Environment . 1997,(62) :158~175.
50. Melillo J M , et al .. Global climate change and terrestrial net primary production[J] . Nature .1993,363 :234~240.
51. Ojima D S , Xiao X , Chuluun T ,et al. Asian grassland biogeochemistry: factors affecting past and future dynamics of Asian grasslands. Asian Change in the Context of Global Climate Change. In : Galloway J N , Melillo J M eds. International Geosphere2Biosphere Publication Series 3. Cambridge :Cambridge University Press ,1998. 128 - 144
52. Ojima D S, Parton }V J, Coughenour M B, et al. Impact of climate and atmospheric carbon dioxide changes on grassland of the world[A].In:Breymeyer A I, Hall D O,Melillo J M et al.eds.Global Change:Effects on Coniferous Forests and Grasslands[C].John VGiley&Sons, 1996, 271-311.
53. Parton W J, Scurlock J M O, Ojima D S, et al. Impact of climate change on grassland production and carbon worldwide. Global Change Biology. 1995,1: 13-22.
54. Pimm S. L. & P Raven.. Biodiversity extinction by numbers. Nature, 2000, 403:843-845.
55. Rapport D. J. & W G. Whitford. How ecosystem respond to stress. BioScience, 1999, 49: 193-202.
56. Schimel D S , et al .. Climatic ,edephic ,and biotic controls over carbon and turnover of carbon in soils [J] . Global Biogeochemical Cycles. 1994, 8 :279~293.
57. Schimel D S , et al .. Continental scale variability in ecosystem processes :models ,data ,and the role of disturbance[J] . Ecological Monographs.1997 ,67 (2) :251~271.

致 谢

在尊敬的导师李茂松研究员悉心指导下，我顺利地完成了硕士毕业论文。

感谢我的导师李茂松先生。从论文设计到撰写，都凝聚着导师的心血与汗水。导师以渊博的知识，敏捷的思维和严谨的治学态度时时给予我启迪和指导。在作论文的一年多里，导师勤恳、认真、求实的治学态度和热情、积极的生活态度深深地影响了我，使我的业务水平和科研水平有了明显的提高。

感谢刘志刚、王英舜、李长生同志在论文撰写过程中给予的支持和帮助。

我衷心地感谢中国农科院研究生院给我提供了难得的学习和深造的机会，感谢中国农科院研究生院各位领导的关心及各位老师的指导帮助。由于您们的无私奉献和精心培育，使得我的理论水平和实践能力都上升了一个新的高度。为我今后在工作岗位上，充分发挥自己的才能奠定了坚实的基础。我一定不辜负院领导和老师们的期望，把所学的理论知识一定要应用到实际工作当中去，进一步的解放思想、开拓进取、与时俱进。在实施西部大开发和可持续发展的战略中尽自己一份微薄之力。

衷心感谢内蒙古气象局党组多年来在工作和学习上给予的帮助和鼓励！

杨文义

2007年11月

作者简历

杨文义, 男, 1957年生人, 1986年破格晋升为牧业气象高级工程师, 1980年-2000年在内蒙古锡林郭勒盟牧业气象试验站从事业务、科研、管理工作; 2000年—2004年在锡林郭勒盟气象局担任副局长分管业务工作; 2004年到现在在内蒙古气象局科技减灾处担任副处长, 分管生态气象、气象服务等工作。

从事研究:

1981年-1985年参加了“天然牧草生长发育与气象条件关系的研究”1987年获自治区气象局科技进步二等奖。

1987年-1992年参加“气象条件与改革打草制度及牧草营养保存的研究”1992年获自治区科技进步三等奖。

1992年-1993年参加“开发利用草地气候资源推广蒙古羔羊育肥技术”1994年获中国气象局科技进步四等奖。

1996年-1998年主持“利用遥感信息建立冷季载畜量计算模式的研究”2005年获自治区科技进步三等奖。

1992年在自治区气象局首届科技大会上被评为全区优秀科技工作者; 1995年被锡林郭勒盟盟委、行署授予先进科技工作者; 2000年被锡林郭勒盟盟委、行署评为科技工作先进个人。

2003年-2004年编写了“内蒙古气候生态环境监测系统总体方案”、“内蒙古气候生态环境监测系统建设一期体实施方案”、“内蒙古自治区气候生态环境监测规范”、“内蒙古气候生态环境监测信息服务产品指南”。

发表的论文:

杨文义, 充分利用气候资源提高草原生产力. 农业气象, 1987. 4

杨文义, 加强牧业气象研究做好牧区服务. 中国气象, 1988. 7

杨文义, 天然牧草最适补播期的气象条件研究. 草业科学, 1994. 6

宋兰霞 杨文义, 放牧绵羊体重变化与气象条件的研究. 中国农业气象, 1995. 1

杨文义, 伏干草调制的天气气候条件研究. 中国农业气象, 1995. 2

杨文义, 典型草原牧草返青的气象条件研究. 草业科学, 1995. 6

杨文义, 王英舜, 贺俊杰, 利用遥感信息建立冷季载畜量计算模式的研究. 中国农业气象, 2001. 1

王英舜, 杨文义, 贺俊杰等, 草原干旱对天然牧草生长发育及产量形成的影响. 气象. 2001. 2