

松嫩平原盐渍化区 水盐转化规律与调控机理

SONGREN PINGYUAN

YANZIHUAQU SHUIYAN ZHUANHUA
GUILV YU TIAOKONG JILI

杨 帆 罗金明 王志春 等 著

松嫩平原盐渍化区 水盐转化规律与调控机理

SUNGHAN PENGJIAN

中国地质大学(北京)地球科学与资源学院
地球与空间科学学院

王 强 王 强 王 强 王 强

松嫩平原盐渍化区水盐 转化规律与调控机理

杨帆 罗金明 王志春 等著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

松嫩平原盐渍化区水盐转化规律与调控机理/杨帆, 罗金明, 王志春等著. —北京: 中国环境出版社, 2014.3

ISBN 978-7-5111-1607-9

I. ①松… II. ①杨…②罗…③王… III. ①松嫩平原—苏打盐土—盐碱土改良—研究 IV. ①S156.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 251597 号

出版人 王新程
责任编辑 葛莉
文字编辑 许思佳
责任校对 尹芳
封面设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 26.5
字 数 640 千字
定 价 82.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

作者对松嫩平原西部盐渍化区域水盐迁移转化规律的研究已近 10 年。《松嫩平原盐渍化区水盐的转化规律与调控机理》是作者这些年科研成果的总结，同时也是作者对盐渍化土壤科学和湿地科学问题的长期努力、不断思索和实践的体现。近 10 年来，作者长期在松嫩平原西部开展调查、取样和监测，获取了大量的第一手资料。如今，作者把自己多年的科研成果进行总结整理，本书的出版，正是对他们辛勤工作的一个回报。

盐渍化土壤发育和发展是在气候、地貌、水文、植被以及现代人类活动等多种因素作用下的结果和综合表现。探讨盐渍化区域水盐转化规律，是盐渍化地区环境研究的最核心问题。地下水的特征及其运行规律与地表土壤的积盐速率及其盐渍化程度有密切的联系，进行干旱-半干旱地区土壤盐渍化地下水临界深度研究是十分重要的研究课题。盐渍化区域由于其特殊的水文环境和独特的生态功能而受到人们高度的重视，尤其近几十年来，由于人类对干旱-半干旱区水环境的影响越来越剧烈，破坏程度不断加重，导致该区本已脆弱的生态环境不断退化和下降。相应地，盐渍化区域水盐迁移转化为主题的科学研究也不断增多。松嫩平原苏打盐渍土是在温带季风气候条件下，特殊的水文和地质地貌环境下发育而成的，具有典型性和代表性。因此，对该地区苏打盐渍土水盐转化特征的研究具有十分重要的科学定义。

全书以苏打盐渍土发育和演化的自然环境，不同尺度、不同时相苏打盐渍土的水盐迁移转化为线索撰写，包括“点”尺度苏打盐渍土的发育与演替规律，微域苏打盐渍土时空变异特征，地表植被对土壤水盐变化的响应，也包括冻融作用下苏打盐渍土的水盐迁移特征及其对盐渍土形成与演替影响方面的研究。

作者应用数理方法和数学模型将定性描述和定量分析相结合,对苏打盐渍土形成以及植被的响应进行了实证研究。书中所用数据大部分是作者在野外收集、实验分析的第一手资料,翔实可靠。其结论反映了松嫩平原苏打盐渍化形成与演化规律研究方面的最新进展,对指导同类研究具有重要科学价值。全书结构清晰,特色鲜明。

科学需要不断的探索 and 发现。希望作者坚持不懈,为东北西部盐渍化区域生态环境保护和资源开发作出新的贡献。

中国工程院院士



2014年1月

前 言

在松嫩低平原上,地下水作为生态环境的重要组成部分,具有不可忽视的生态效应。土壤盐渍化是在浅埋深地下水和地面渍涝积水共同作用下发生的,其中浅埋深地下水迁移变化对地表的作用是土壤表层积盐的主要原因。近年来,由于人类活动不断加强,特别是各种水利工程(水库、堤坝、水渠)的大量建设,极大地改变了原来的水环境。现代水环境下松嫩平原西部地面盐分分异和累积特征也发生了明显的变化。松嫩平原西部盐渍化土地面积从20世纪50年代的240万 hm^2 已经发展到现今的340万 hm^2 以上,并且还在以每年1.4%~1.5%的速度增长。尽管“地下水位的抬升导致土壤盐渍化”理论下的研究成果在实践中发挥了重要作用,然而我们发现,在微地形作用下的土壤水盐表现出的微域特征,使地表植物群落分布格局同样表现出其特殊性和微域性。在微域环境下,土壤盐渍化空间分布驱动因子及植物群落演替盐渍化阈值的确定,成为该区土壤盐渍化的大面积治理和生态恢复的重要理论依据。另外,松嫩平原每年11月初到次年5月下旬,土壤表层处于冻融状态,在这期间盐渍土的水盐运移模式与融通后的水盐运移模式存在一定差异。消融期正是农业耕作期,搞清该地区盐渍土盐分运移规律,对于该地区土壤次生盐渍化的防治、生态恢复与重建均具有十分重要的意义。

近年来在盐渍化区改良过程中,人们已探索出多种苏打盐渍土改良和利用技术,其中种稻治碱改良土壤盐渍化技术的成功实施,使水田得到大面积开发。同时,2008年国务院常务会议通过了《吉林省增产百亿斤商品粮能力建设总体规划》,粮食增产的重要途径之一是大力发展灌区,开发盐渍化区和实施“旱改水”。然而水田的大面积开发极大地改变了原来的水文过程和水量平衡,这种变化引起了人们的忧虑:水田开发所引起的地下水的改变是否会引起土壤次生盐渍化?有无必要采取工程措施把地下水位控制在一定深度?这些问题很重要,关系到治理和改良苏打盐渍土技术的研究方向,也关系到盐渍土区的生态保护

和建设政策的制定。本书系统介绍了国内外(半)干旱区域盐渍化影响地区的成功开发经验,可以详尽地回答上述问题和忧虑。

本书共分为四个部分:第一部分(第一章、第二章)介绍了松嫩平原盐渍化土壤发育和演化的自然环境,包括盐沼湿地形成的地质地貌特征、气候条件和水文格局。第二部分(第三章至第六章)详细阐述了“点”尺度下浅层地下水作用的土壤表层积盐机理与植被响应,包括浅层地下水作用下土壤表层积盐特征,植物对地下水作用下的苏打盐渍化土壤水盐变化的响应,一维垂向模式下苏打盐渍化土壤水分运移数值模拟和地下潜水蒸发数值模拟与地下水临界水位的确定。第三部分(第七章至第十章)讨论了多维尺度下苏打盐渍化地区的水盐转化规律及其机理,包括多维空间尺度下苏打盐渍化区土壤的水盐转化及其植被响应,非冻融季节盐渍化区水盐变化和冻融作用对松嫩平原西部土壤表层盐渍化影响的研究。第四部分(第十一章至第十四章)详细总结了国内外盐渍土区水盐调控措施与改良经验。

本书由杨帆制定、编写提纲,由杨帆、罗金明、王志春和尹雄锐进行撰写,具体分工如下:

第一章、第二章、第六章、第九章、第十章和第十二章由罗金明撰写,第三章至第五章、第七章以及第八章由杨帆撰写,尹雄锐参与了第六章、第八章以及第九章的撰写工作,第十一章和第十三章由罗金明和王志春共同撰写,第十四章由王志春撰写。书中插图和表格由罗金明进行编绘。全书由罗金明进行统稿,杨帆负责最后审定和定稿。

本书撰写过程中,借鉴了大量国内外相关成果,各章节所引用的资料与成果都尽可能地进行标注,并把成果所属的文献列于该章的结束部分。由于盐渍化区域土壤及其水环境的变化是由多个因素所决定的,其水盐转换也是十分复杂的,包含了多个学科领域,内容极其广泛,加之作者的水平有限,本书的错漏和不当之处在所难免,恳请同行专家和广大读者予以指正。

作者

2014年1月

目 录

第一部分 苏打盐渍土发育的地理环境演变

第一章 松嫩平原苏打盐渍土发育的水环境	3
第一节 松嫩平原西部地理环境的演变	3
第二节 松嫩平原古气候的演替	8
参考文献	27

第二章 松嫩平原近现代水环境的变化特征	29
第一节 近代松嫩平原生态景观结构的演变	29
第二节 人为扰动盐沼湿地水环境的演变特征	35
第三节 基于“3S”技术下松嫩平原盐渍化的发展	41
参考文献	45

第二部分 地下水对苏打盐渍化区土壤积盐的影响及模拟研究

第三章 浅层地下水作用下土壤表层积盐特征与机理	49
第一节 地下水“临界水位”深度概念辨析及研究进展	49
第二节 中国北方地下水作用下土壤积盐研究进展	55
参考文献	71

第四章 地下水作用下的苏打盐渍化土壤水盐变化与植物的响应	73
第一节 实验方案与实验区土壤理化性质	73
第二节 不同潜埋深盐化草甸土和苏打盐渍土土壤水量平衡	77
第三节 不同潜埋深土壤水分动态变化	85
第四节 不同潜埋深盐化草甸土和苏打碱土土壤盐碱动态变化	102
第五节 不同潜埋深植物生理生态响应机制	112
参考文献	119

第五章 苏打盐渍化土壤水分运移数值模拟	121
第一节 异质性土壤中溶质运移模型的研究进展	121
第二节 土壤水分运移参数确定方法	129
参考文献	151

第六章 地下潜水蒸发数值模拟与地下水临界水位的确定	156
第一节 地下水临界深度确定方法	156
第二节 地下潜水蒸发动态与临界水位确定	167
参考文献	174
 第三部分 多维尺度下苏打盐渍化区土壤积盐机理探讨	
第七章 盐沼/盐渍化区域水环境多种尺度结合的研究方法	179
第一节 土壤水盐运移的异质性概述	179
第二节 盐沼区多尺度水盐转化研究概况	184
参考文献	191
第八章 土壤水盐空间变异特征与植物群落分布	197
第一节 盐沼湿地的持水性特征	197
第二节 苏打盐渍土的微域结构	203
第三节 实验区土壤和浅埋地下水的特征	210
第四节 盐渍化区植被分布与土壤的关系及植被演替特征	212
第五节 植被分布的微域特征	218
第六节 小尺度苏打盐渍土的特征以及演变规律	224
参考文献	230
第九章 非冻融季节盐渍土的水盐运移特征	232
第一节 碱性洼地的裂隙结构及其水盐运移特征	232
第二节 地表滞水差异对水盐运移的影响	240
第三节 降雨对盐渍土水盐运移的影响	241
第四节 基于地统计学的田间尺度水盐空间变异特征	251
第五节 土壤盐渍化空间变异驱动因子分析	265
第六节 土壤盐渍化与微地形的相关分析	273
第七节 土壤水盐变化与植物群落演替的盐渍化阈值	278
参考文献	287
第十章 冻融作用对松嫩平原西部土壤表层盐渍化影响的研究	290
第一节 松嫩平原地区典型盐渍土体的热力特征	290
第二节 季节性冻融对盐沼湿地演化的影响	297
第三节 消融期土壤水溶液迁移的热力学机理	316
第四节 浅埋深地下水条件下微域尺度苏打盐渍土的积盐机理探讨	322
参考文献	328

第四部分 苏打盐渍化地区水盐调控与改良

第十一章 苏打盐渍土区水盐调控与改良	333
第一节 国内外盐渍化区水盐调控经验	333
第二节 国外常见灌溉区水盐调控措施	351
第三节 松嫩平原旱地碱化土壤改良与淋洗制度研究	356
参考文献	358
第十二章 松嫩平原低洼碱化土壤种稻改良措施与经验	360
第一节 种稻改良盐渍化区的主要措施	360
第二节 种稻条件下的水盐动态	366
第三节 我国东北松嫩平原大规模种稻开发的可行性	385
参考文献	397
第十三章 苏打盐渍化地区养鱼技术及模式	400
参考文献	404
第十四章 苏打盐渍化地区造林与植物改良措施	405
第一节 盐渍化地区造林技术	405
第二节 苏打盐渍化土壤的生物改良	407
参考文献	414

第一部分

苏打盐渍土发育的地理环境演变

盐渍化土壤的形成、演化与地球化学循环过程有着密切的联系。在时间尺度上,地球化学循环概括了地质时期、土壤时期和生态时期的地球化学演化,包括地质地球化学过程和景观地球化学过程两部分。在空间尺度上,元素的地球化学演化以土壤圈为核心。盐渍土环境的形成与演化实际上是景观地球化学的一部分。松嫩平原盐渍土环境的形成与演化同样受多种物质系统、能量系统以及时空结构作用和控制。

我国大约有 $2.5 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 湿地,其中沼泽有 $1.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$,内陆盐渍化沼泽约有 $2.7 \times 10^6 \text{ hm}^2$,主要分布在松嫩平原西部、内蒙古的戈壁南缘、新疆及青藏高原。松嫩平原西部盐渍化沼泽分布在双阳河、乌裕尔河、霍林河及龙涛河下游闭流区,区内分布有较大范围的内流区域,盐碱泡沼星罗棋布,土壤盐渍化现象普遍,盐生植被发育,从而形成了与盐渍化土壤相适应的各种类型和大小不一的植被复合体。盐渍土、盐渍化草甸土和盐渍化淡黑钙土分布面积较广,盐渍化程度较重,成因复杂。

松嫩平原西部在 18 世纪中叶前曾是“地沃宜种植,水草宜畜牧”的良好自然景观,人类对自然环境的影响完全掩盖在生态环境的自然演化动力之内,此时该区属于生态环境的自然协调发展时期。在此之后,虽然由于战乱和朝代更迭及移民屯植的原因,其水土环境质量的自然演化受到了一定的影响,但其影响程度尚在本区生态阈值之内,因此直到 19 世纪末期,该地区依然是一片湖泡广布、水草丰美的景象,素有“风吹草低见牛羊”的美誉。之后,由于清政府的移民屯粮戍边政策、20 世纪前期的战争迭起、当时侵略者对本区资源的疯狂掠夺,加之 20 世纪 50—70 年代在“以粮为纲”思想指导下,大规模盲目毁林、毁草、开荒,使本区水土环境的自然演化过程受到极度严重的干扰,隐含着严重的生态环境危机。

近几十年来,人类活动不断加强。一方面松嫩平原西部农业开发力度增加,各种水利工程的不断建设,加之灌排措施不当;另一方面畜牧业的大力发展,使松嫩平原草地不断退化,以上原因造成该地区盐渍化程度以惊人的速度发展。

第一章 松嫩平原苏打盐渍土发育的水环境

松嫩平原是东北平原的重要组成部分，地理坐标为 $121^{\circ}38'$ — $126^{\circ}12'E$ ， $43^{\circ}59'$ — $46^{\circ}18'N$ ，总面积约 17 万 km^2 ，西部主要包括嫩江下游、洮儿河中下游及第二松花江西岸地区，面积约 5 万 km^2 ，为冲积低平原。行政分区上该区包括吉林省白城地区及黑龙江省西部和内蒙古自治区兴安盟的东南部。松嫩平原是中国最大平原——东北平原的主体，是世界上开发最晚的温带平原之一，然而生态环境却发生了严重退化，引起人们普遍关注。

第一节 松嫩平原西部地理环境的演变

一、地质地貌环境演变

松嫩平原是一个发育在古生代褶皱基地之上的中生代大型沉降盆地，是新生代松辽断陷盆地的一部分，平原地势平坦，河网发育，多湖泊，由松花江、嫩江及其支流冲积/湖积形成。松嫩平原形成以前，以多个走向北北东或北东向的中小型盆地组成，比较分散，盆地两侧受断裂控制，沉积特征以侏罗纪断陷或湖相沉积为主，从白垩纪开始松辽平原才开始逐渐发育。平原基底由不同时代的变质岩、花岗岩组成，盖层为中生代沉积岩。松辽盆地的形成和发育受燕山运动的影响和控制，其演化可以分为 5 个阶段：盆地发育初期、盆地发展阶段、盆地面积收缩阶段、盆地构造定型阶段和现代松嫩平原塑造阶段（裘善文等，1988）。

盆地发展的初期受燕山运动影响，开始零星分布阶段断陷盆地，沉积了一定厚度的侏罗纪火山碎屑岩。到了盆地发展阶段，断陷盆地迅速发展，形成了统一的大型凹陷盆地，沉积了厚约 6 000 m 的地层，其范围约 20 万 km^2 ，该时段盆地湖水较深，沉积范围广。由于盆地四周是山岭，所以大量可溶性碎屑物迁移到盆地形成巨厚的湖相沉积和洪积物层。

到了白垩纪末，嫩江组和四方台组之间的盆地发生了一次明显的褶皱运动，致使白垩纪构造和局部构造结构初步形成。晚白垩纪时代盆地边缘隆起上升，盆地面积逐渐缩小。这期间称为盆地面积收缩阶段。在中生代末期，盆地又发生了一次明显的褶皱构造运动，盆地内的二级构造和局部构造基本形成，受两次褶皱构造运动的影响，促使白垩纪地层发生褶皱和断裂，特别是在东部隆起地区，发育了北北向的褶皱断裂层。该期间称为盆地构造定型阶段。新第三纪，松辽盆地再次沉降，盆地面积明显扩大，沉降了大安组、泰康组和依安组。第四纪以来，由于周边山地以抬升为主，盆地继续沉降，但是也发生了局部抬

升，例如松辽分水岭的形成。

新构造运动总体上延续了中生代的构造格局，形成中部低平原、大小兴安岭山前倾斜平原和东部高平原的格局。中部低平原在新构造运动下持续沉降，其中第三纪中新世至第四纪中更新世期间沉积幅度最大。在新构造运动作用下形成了扶余、榆树和双城等一系列小盆地，由于小盆地沉降幅度变化较大，因此沉积物厚度变化较大。

松嫩平原第四纪地层堆积时代岩性特征和厚度变化在新构造运动和地貌条件控制下，东、中、西部地形地貌有明显的差异。西部倾斜平原地区沉积物以下更新统和上更新统粗粒砂砾岩为主，厚 50~120 m；东部高平原在第二松花江以南、呼兰河以北地区，以下、中、上更新统冲积黄土状及冲积湖积亚黏土为主，厚 10~30 m；第二松花江以北、呼兰河以南，以下、中、上更新统砂砾质土以及黏土构成，厚 50~120 m；中部低平原普遍堆积了下、中、上更新统湖相黏性土和砂性土互层，厚度 120~180 m；北部岗状高平原主要为下更新统砂砾石地层以及中更新世以来喷发的钾质玄武岩。第四纪期间，松嫩平原的构造运动类型为断陷-拗陷运动，断陷-拗陷的总幅度达 250 m 左右（表 1.1）。

表 1.1 松嫩平原第四纪地层特征

地层		西部山前冲、 洪积平原	北部松嫩平原	东部山前剥蚀平原
统	组			
全新统		风积物：分布于松嫩平原西南部，主要形态为大型复合沙垄、沙丘以及沙盖，岩性为粉细砂、中细砂。冲积物：呈带状沿河分布于一级阶地、河漫滩，上部夹薄层灰黄、灰黑色亚黏土、亚砂土，底部为砂、砂砾石		
上更新统	顾乡屯组	—	浅黄色状亚砂土，下伏粉细砂层，厚 5~35 m，构成平原面	浅黄色黄土状亚砂土，下伏砂、砂砾石层，厚 10~25 m，分布于二级阶地
中更新统	大青沟组	—	灰黑色、灰绿色淤泥质亚粒土夹薄层粉砂透镜体，厚 30~90 m	褐黄色黄土状亚粒土，含铁锰结核及少量砾、卵石，厚 10~40 m
下更新统	白土山组	—	灰白色、杂的砂砾石，局部夹卵石层，厚 5~40 m，分布普遍	灰白色砂砾石，厚 1~5 m，分布极其零星

资料来源：裴善文等，1988。

二、松辽分水岭的演替与松嫩平原的形成

松辽分水岭的形成是本区第四纪地壳运动的表现和结果。孙广友（1991）从第四纪地壳运动规律入手分析了松辽分水岭的形成和松嫩平原的发育过程（图 1.1）。

（一）地质与地貌构造特征

从总体上说，本区属于松辽冲积平原，地势平坦开阔，平均海拔高度仅 180 m 左右。从地貌面的垂直分异来看，由高到低可分为三个层次。

（1）九台—长春—四平—线以西

这一地段为较高的一个地貌面，一般海拔高度为 220~240 m，主要地貌类型为冲、洪积台地，黄土堆积物直接覆盖在白垩纪地层上，目前台地正被剧烈切割中。

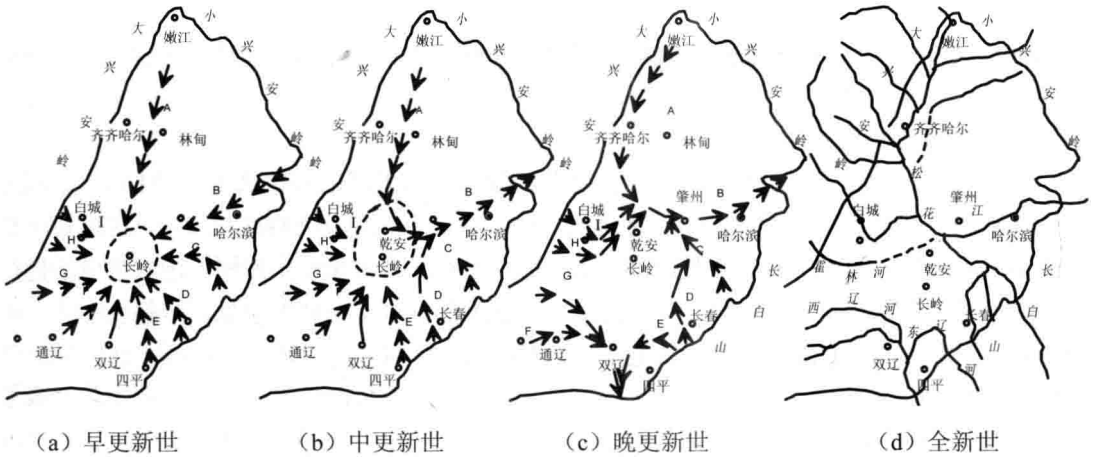


图 1.1 松辽水系发育过程图

资料来源：孙广友，1991。

(2) 怀德镇—长岭—王府—通榆一线

该区域是中间的一个地貌面，由河流一级阶地和部分二级阶地组成，呈“Z”字形，海拔高度 180~200 m，这恰是该区域东、西、南、北诸河流的分水地带。长岭—王府间是“Z”字形的东北向中轴，并向王府方向仰起，王府一带下更新统砂砾石大片出露地面。

(3) 东辽河的河网带、西辽河河谷和洮儿河—霍林河的河间带

这部分属于较低的一个地貌面，一般海拔高度 160 m，主要为河流一级阶地组成。这种层状地貌分布显然是第四纪地壳运动的结果。从水平方向上看，定向沙丘、沼泽和湖泊集中分布于长岭—扶余一线以西，特别是湖泊有数百个之多，而其中较大者如大布苏泡、查干湖等都是咸化湖泊。该线以东，则属于温带正常流水侵蚀区。

本区在大地构造上属于新华夏系第二沉降带，中生代前的古老构造体系以纬向为主，东北大陆裂谷发育后的构造体系以北北东及北西向为主，二者交错切割，形成复杂的构造网络。

北北东向的大安—双辽深断裂处于松辽盆地中央拗陷的主轴，其影响从白垩纪初直到第四纪，早、中更新世两次出现中央大湖，也位于此中轴线上。直到更新世中、后期，随着大陆裂谷的萎缩，北北东向主断裂活动性渐弱，而北西向及东西向断裂的活动性增强，至此，长时期发育的中央拗陷不复存在，代之以更新世后期的地壳隆起，在各地局部断裂控制下，出现了新隆起和新拗陷（它们的规模都小得多）交错的局势。

(二) 运动特点

(1) 大面积中小幅度沉降是主要运动形式

区内第四纪地层的一般厚度为 80 m，最大厚度仅 140 m，而东北台地区一般小于 40 m，其厚度远小于下辽河断陷第四纪地层的厚度（可能达 400 m），也小于三江盆地（最大厚度 284 m），而后两者与本区同属东北大陆裂谷系上的第四纪沉积盆地。可见，就东北区来说，本区第四纪的沉降幅度是最小的，再同全国比较，已知黄河下游第四纪地层的一般厚度为

200~300 m, 河北平原东部一般厚度为 400 m 左右。内陆盆地中, 川西盆地最厚, 达 300~400 m, 横断山北部若尔盖地区最大厚度超过 300 m。因此, 本区是全国第四纪沉降量最小的盆地之一, 但第四纪沉降的范围却波及全区(孙广友, 1991)。

(2) 升降交替, 频繁震荡

本区尽管第四纪的沉降幅度较小, 但从两级阶地及河漫滩的存地来看(图 1.1), 第四纪地壳运动的振荡性是很明显的, 先后有 9 次波动, 可分为三个较大旋回。首先, 在更新世初有微弱沉降, 接收河流沉积, 并且成湖, 后期地壳抬升, 完成第一个旋回。进入中更新世初期, 地壳发生沉降并发生沼泽化, 说明沉降是很缓慢的, 至中更新世中期沉降幅度加大, 形成湖盆, 沉积了厚层淤泥质亚黏土及黏土, 但其间也有停顿。中更新世后期再一次明显沉降后地壳抬升, 结束了湖盆环境, 完成第二个旋回。晚更新世沉降幅度较小, 随之抬升完成第三个旋回, 目前正进入以缓慢沉降为特征的新旋回, 地表呈现沼泽化形态。由于中更新世沉降规模更大, 一般来说中更新统有超覆性质, 所以第一旋回的地壳抬升, 在平原中部的地貌显示并不清楚。但第二、第三旋回的地壳抬升却可分别与河流第二、第一级阶地相对应。

(3) 老断裂普遍复活, 成为各断块的运动边界

长春—德惠断裂作为著名郯庐断裂的北延, 在第四纪地壳运动中, 使东西两部分产生明显差异, 东部以抬升为主, 而西部以沉降为主。其次, 这一断裂大体直交的北西向断裂, 又使块体在前一运动形式基础上发生向北依次仰升, 造成河谷的不对称发育。拉林河也是南岸翘起, 二级阶地直抵河床, 而北岸却分布一级阶地, 地面高程相差 30 m, 是典型的第四纪正断层。大兴安岭东坡的洮儿河在通榆附近, 也同样是河流南岸沿断层仰起, 而北岸属于晚更新世的沉降中心范围。

(4) 中更新世以后横向新隆起发育, 导致松辽分水岭形成

中更新统湖相地层在大安舍力、老坎子、乾安令子井、前郭卡拉木和农安伏龙泉等地的剖面中都被发现, 证明中更新世确实存在一个湖泊。此时这里是一个较大的沉降中心, 无疑也是古东西辽河及伊通河、洮儿河和霍林河的汇水盆地。但中更新世后期或末期, 在北北东向断裂控制下, 长岭—乾安沉降中心隆起。与此同时, 通榆南侧出现横向隆起, 其东端在乾安东南与长岭—乾安隆起汇接; 怀德镇向西也出现横向隆起, 在新安镇一带与长岭—乾安隆起汇接, 构成一个连续的“Z”字形, 成为诸河分水岭。

三、松嫩平原西部盐沼形成的环境背景

松嫩平原包括松嫩冲积平原、平原与山地过渡的冲积-湖积台地平原和松辽分水岭的一部分。在冲积湖平原区域分布有大小不一、形状各异的湖泊, 并由河流、湖泊、沼泽组成特殊的湿地景观复合体, 尤其在嫩江中下游和第二松花江与嫩江汇合处以及乌裕尔河、洮儿河、霍林河流域一带, 湿地更为集中。松嫩平原西部主要介于大兴安岭以东、第二松花江以西。南以松辽分水岭为界, 北以齐齐哈尔为邻, 面积约 5 万 km^2 , 为冲积低平原。

湿地形成的地质地貌条件

(1) 松嫩平原地质格局的形成过程

地质条件对湿地的形成与演化作用主要体现在以下方面: ①地质构造主要通过控制地