

辽河流域铁岭段 非点源污染及防治对策的研究



辽宁省环境科学研究院
铁岭市环境保护科学研究所

2001年12月

辽河流域铁岭段 非点源污染及防治对策的研究

辽宁省环境科学研究院
铁岭市环境保护科学研究所

2001年12月

课题组组长：宋吉明

课题组成员：李 何 周 莹 邵 红 李铁庆 左 力
刘秀云 徐少立 田 野 刘 春 张 颖

目 录

1 绪论	1
1.1 研究的意义	1
1.2 国内外研究概况	3
1.3 课题设计	4
2 辽河流域铁岭段环境概况	7
2.1 自然环境概况	7
2.1.1 自然环境	7
2.1.2 自然资源概况	22
2.2 社会环境概况	27
2.3 环境污染概况	29
3 土地利用分类	41
3.1 遥感应用的基本原理	41
3.1.1 土壤调查遥感应用原理	41
3.1.2 植被调查遥感应用原理	42
3.1.3 地表水资源调查应用原理	42
3.1.4 城市调查遥感应用原理	43
3.2 主要方法	45
3.2.1 光学处理	45
3.2.2 计算机图像处理	45
3.2.3 目视解译	45
3.2.4 野外调查	45
3.2.5 数据转换	45
3.3 本研究中采用的方法	47
3.3.1 波段的选择	47
3.3.2 分类方法	47
3.3.3 最大似然法判别函数的建立	48
3.4 分类结果	50
4 污染物产生量的计算	64
4.1 水土流失污染物产生量	64
4.1.1 水土流失量的计算	64
4.1.2 水土流失污染物产生量的监测与计算	67
4.2 城镇(矿区)地表径流污染物产生量	72
4.2.1 技术路线及方法	72

4.2.2 计算结果 74

4.3 规模化畜禽养殖污染物产生量 76

4.4 化肥流失污染物产生量 78

5 典型小流域径流实验场实验 80

5.1 实验场地选择及自然概况 80

5.2 实验方法 80

5.2.1 实验区的布设 80

5.2.2 实验设计 81

5.2.3 实验项目 81

5.2.4 观测项目与方法 82

5.3 实验结果分析 82

5.3.1 降雨对水土流失的影响 82

5.3.2 坡度对水土流失的影响 84

5.3.3 植被对水土流失的影响 85

5.3.4 水土流失导致土壤污染物产生量分析 85

5.3.5 土壤中有机质含量与 COD 关系实验 86

5.3.6 小流域径流实验的基本结论 87

6 结论及对策的研究 89

6.1 非点源排放是辽河铁岭段水质污染的主要原因 89

6.2 水土流失是非点源污染产生的主要原因 91

6.3 非点源污染防治对策的研究 92

6.3.1 非点源污染防治对策制定的基本原则 92

6.3.2 非点源污染防治管理对策的几种模式 92

6.3.3 非点源污染防治技术措施 93

参考文献 94

1 绪论

1.1 研究的意义

通常意义的水环境非点源污染(Non-point Source Pollution)与点源污染相对应,是指溶解的或固体污染物从非特定的地点,在降水和径流冲刷作用下,通过径流过程而汇入受纳水体(如河流、湖泊、水库、海湾等),引起的水体污染。

水环境的非点源污染是由自然降雨、产流、产污、汇污等内容组成的物理、化学、生物变化的过程。两大类型的下垫面(渗透性与非渗透性)是地表产流、产污的主体。在渗透性的下垫面上,降雨经植被截流、填洼后,一部分渗入土壤,一部分形成地表径流汇入河道。截流、填洼及渗入土壤的水分在非降雨期以供给植物吸收及蒸发进入大气。在非渗透性下垫面上,初期降雨被地表吸附,其后多余的降雨则以地表径流汇入河道。地表吸附水分在非降雨期蒸发进入大气。降雨中所含的污染物与降雨前地表已经储存的污染物随地表径流汇入河道,对河流水质造成污染。污染物在水体的迁移过程中通过物理、化学、生物等途径发生不同程度的降解,非点源污染途径见图 1-1。

造成水环境非点源污染的原因主要有以下几种类型,即水土流失、农药化肥流失、城镇(矿区)地表径流、规模化畜禽养殖粪便排放、大气干沉降与湿沉降等。

非点源污染对农业生产、水资源、水生生物栖息地和流域水文特征均具有严重影响。由于水土流失,淤积水体,降低水体的生态功能;由于化肥、农药流失,大量的氮磷营养元素进入水体,引起水体的富营养化,破坏水生生物的生存环境;由于家畜粪便和生活垃圾随地表径流而流失,污染饮用水源,危害人体健康。水环境的非点源污染具有随机性、广泛性、滞后性、模糊性、潜伏性,研究和控制难度大等特点。与点源污染相比,非点源污染无法定点监测、季节性强、危害规模大、防治更加困难。

非点源污染是造成水环境污染的一个主要来源。在美国,进入水体中的污染物有 60%来自非点源。在丹麦的 270 条河流中,94%的氮污染负荷、52%的磷污染负荷由非点源引起。荷兰水环境污染中 60%的总氮和 40~50%的总磷由农业非点源所提供。日本的琵琶湖最大污染源是稻田排水。我国土地面积广阔,自然生态条件复杂,人为的经济活动带来的生态破坏导致大量的水土流失,特别是近年来农药化肥的大量使用,规模化畜禽养殖量的急剧增加,非点源污染问题日益突出。长期以来,我国以城市环境和工业污染的防治作为环境保护工作的重点,以点源作为污染控制的重点,非点源污染没有得到应有的重视,相关的研究成果和法规条例也十分有限。例如,我国目前实施中的水污

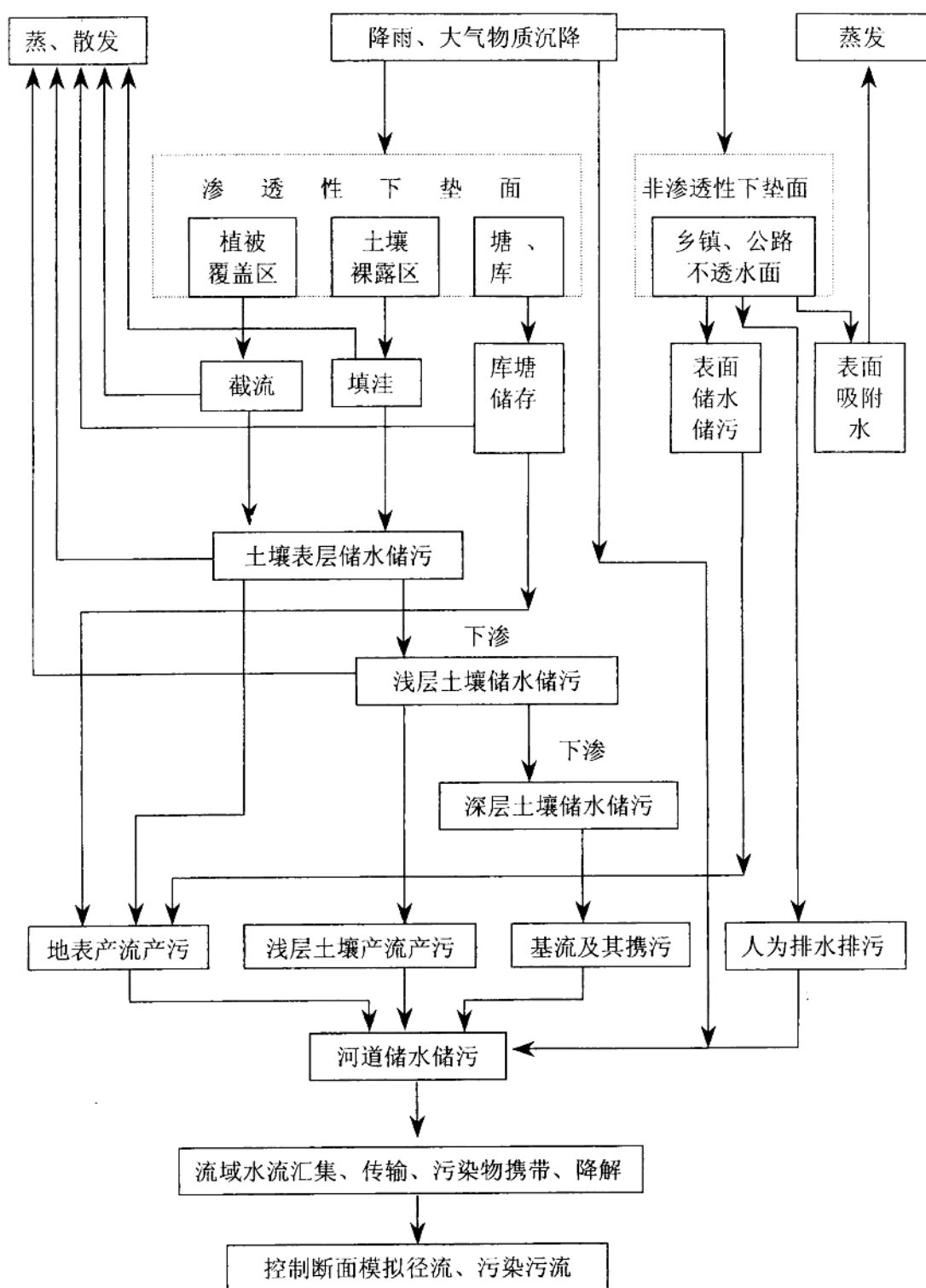


图 1-1 非点源污染全过程图

染物总量控制基本上是在对点源的控制, 对非点源污染的控制考虑较少。事实上非点源污染负荷已占去相当比例的水环境容量, 已分配的城市排污口或工业污染源的污染负荷量中有很大部分来自非点源。因此据此制定的控制目标势必损害企业的经济利益, 不利于总量控制的健康发展, 也难以达到预期的环境目标。所以, 借鉴其他发达国家的先进经验, 开展对非点源污染的研究和防治具有重要意义。

辽河为我国水污染防治重点“三河、三湖”之一。辽河流域地形复杂, 生态环境脆弱, 夏季降雨集中, 水土流失量大, 河流水质含沙量高, 有机污染严重。根据对辽河铁岭段水质 COD 的测定分析, 水样静置上清液的 COD 值与均匀混合水样的 COD 值比为 1:2.71。另外, 铁岭段工业污染源相对较少, 人口密度相对较小, 多年来河流水质基本仅是 COD 超标, 挥发酚未检出, 石油类、氨氮浓度均较低。一般来说, 河流水质丰水期应该好于枯水期。而在铁岭段丰水期的 COD 值却高于枯水期。以上情况说明, 非点源污染是辽河铁岭段的主要污染源。为了实现辽河水污染防治规划的水质目标, 必须积极开展对非点源污染的调查和研究, 掌握非点源产生的污染负荷, 提出对非点源污染的防治对策。

1.2 国内外研究概况

日本早在 30 年代通过对引起水体富营养化影响因子的探讨, 就开始进行了对非点源污染的研究。美国在 70 年代对非点源污染的研究十分活跃。开发了农业化学品运输模型(ACTMO)和城市暴雨地表径流数学模型(STORM), 将通用土壤流失方程(USLE)广泛应用于各类非点源污染负荷定量计算, 对非点源污染的特征、影响因素、单场暴雨和长期平均污染负荷输出等方面也都具有了初步认识。到 80 年代, 以陆地卫星数据库、航空摄影、GIS 和陆地资源信息系统为代表的 3S 技术与非点源污染模型相结合, 使得对非点源污染的研究地域范围更加广泛, 类型更加多样, 污染物迁移机理研究更加深入。进入 90 年代, 美国在对过去非点源污染模型进行总结的基础上, 对模型的预测能力进行了评价。非点源污染负荷估算、非点源污染管理和非点源污染风险评价成为本时期应用模型研究的最新突破点。GRASS、GIS、ARC/INFO 与 WEEP、AGNPS、USLE 模型结合, 进一步应用于非点源污染危险区域识别、显示多种非点源污染输出结果、绘制水源保护区范围和设计地表水监测网等众多方面。丹麦、瑞典等西欧国家开发了估算水体酸沉降临界负荷的酸化模型, 并大范围用于水体酸化敏感性评价。

我国的非点源污染研究从 80 年代的北京城市径流污染研究开始, 之后相继在上海、杭州、长沙、南京、成都等城市开展了城市非点源污染的研究。农村非点源污染研究始于 80 年代初对湖泊、水库富营养化调查和河流水质规划的研究。先后在于桥水库、滇

池、太湖、鄱阳湖及坨江内江段、晋江流域、淮河淮南段、黄河兰州段、渭河宝鸡段进行了探索性研究。为湖泊、河流的水质规划提供了科学依据，也为非点源污染研究积累了宝贵经验。

1.3 课题设计

以辽河流域铁岭段为背景，利用遥感技术对该地区土地利用状况进行分类；在一般降雨条件下，利用通用土壤流失方程对不同利用类型土地的土壤流失量进行测算；通过实地采样分析，测定不同利用类型土地流失物中化学需氧量(COD)、氮(N)、磷(P)的单位含量，提出不同利用类型土地非点源污染物产生量，为制定辽河流域非点源污染防治对策提供科学依据。

主要研究内容为：

- ① 利用遥感技术对土地利用状况的调查方法研究；
- ② 主要土地利用类型污染物产生量计算方法的研究；
- ③ 典型小流域径流实验场实验；
- ④ 辽河流域铁岭段非点源污染防治对策的研究。

水环境非点源污染研究是以陆地水文学、水土保持学等相关学科的理论和方法为基础发展起来的。目前国内外常用的研究方法有径流实验场法和通用土壤流失方程法。非点源污染在形成上，与土地利用方式、地质地貌、降水条件密切相关。野外实地考察、监测是水环境非点源污染研究中获得各种基础数据的基本手段。但是非点源污染来源广泛，类型复杂，在调查区域内布置大量的监测点，时间花费长、投资要求大，是非点源污染研究的主要困难。

卫星遥感技术具有宏观、动态、准确、快速的特点，在土地资源调查方法上，实现了一次大飞跃。由于陆地卫星的改进，由多光谱扫描仪(MSS)增设了专题制图仪(TM)。由于不同的地物具有各自独特的反射光谱，因此人们不仅能够从遥感影像所包含的众多地物中区分出岩石、土壤、植被、农田、水域、城市等，而且实践已经证明，通过适当的不同光谱段的组合(光谱参数)可以区分出不同的岩石、土壤类别，甚至可以获取植被光合作用强度的空间分布等。因此从原则上讲利用遥感方法可以深入到像元尺度(TM 图像 30m/像元)，与传统的统计分析方法相比，遥感方法可以提供空间分布信息，能够满足土地资源的调查和动态监测。这就可以大大节省人力、物力，缩短调查时间和成图周期。但是，卫星遥感技术不能独立完成全部基础数据的搜集任务，需要地面实地考察、

监测的支持。

在本项研究中,采用对卫星遥感影像图进行计算机图像处理与野外调查相结合的方法,对辽河流域铁岭段的土地利用状况进行分类。利用中国卫星地面站所接收的美国陆地卫星资料编制辽河流域铁岭段的卫星影像图,根据不同的地物具有各自独特的反射光谱,利用遥感卫片通过适当的不同谱段组合与不同类型植被、土壤和坡度的组合,采用统计类聚的方法,即根据自上而下的等级分类系统,在分类前预先划定若干等级的土地利用类型和亚类型,然后将影像像元划入某一类型。根据土地的利用状况划分为耕地、林地、草地、城镇、工矿用地、道路、河流、湖泊水库、沙地等不同类型。在内业典型样区预判后,去野外实地考察,将卫片、地形图与地面实况相对照,建立判读标志,保证判读的准确性。

非点源污染研究的另一个难点是非点源污染的不确定性。利用数学模型模拟非点源污染的形成成为研究非点源污染来源和扩散的有效手段。在土壤侵蚀污染物流失量计算方面,通用土壤侵蚀方程式(Universal Soil Loss Equation, USLE),修改后的土壤侵蚀方程式(Revised, USLE)是研究土壤侵蚀最为广泛的一种模型。在林地径流与城镇(矿区)地表径流方面,分别采用 SWMM(Storm Water Management Model)、STORM(Storage Treatment Overflow Runroff Model)等模型。在本项研究中,针对不同的土地利用类型分区,采用不同的数学模型,根据实际调查与小流域的实验数据选取模型所需的各类参数,对模型进行修正,建立符合实际的数学模型,计算各类土地利用分区水土流失量。通过分别在各类土地利用分区中的实地采样,分析样品中化学需氧量(COD)、氮(N)、磷(P)含量,计算主要污染物的流失量。

为了进一步提高对污染物流失量估算的准确度,采用径流实验场法为模型计算提供参数,并对模型计算结果进行校正。在本项研究中选择在辽河铁岭段一级支流寇河上游的泉河沟流域进行径流实验。该流域面积约 18 平方公里,河道长 8.5 公里,坡度大部分在 5~40 度之间,在铁岭东部山区具有较好的代表性。通过对 6~9 月份,四个月降雨期水质、水量的同步监测,掌握该流域降雨对水土流失量的影响;地面坡度对水土流失量的影响;地表植被对水土流失量的影响;水土流失量与污染物产生量的关系。

辽河铁岭段非点源污染研究作业流程如图 1-2 所示。

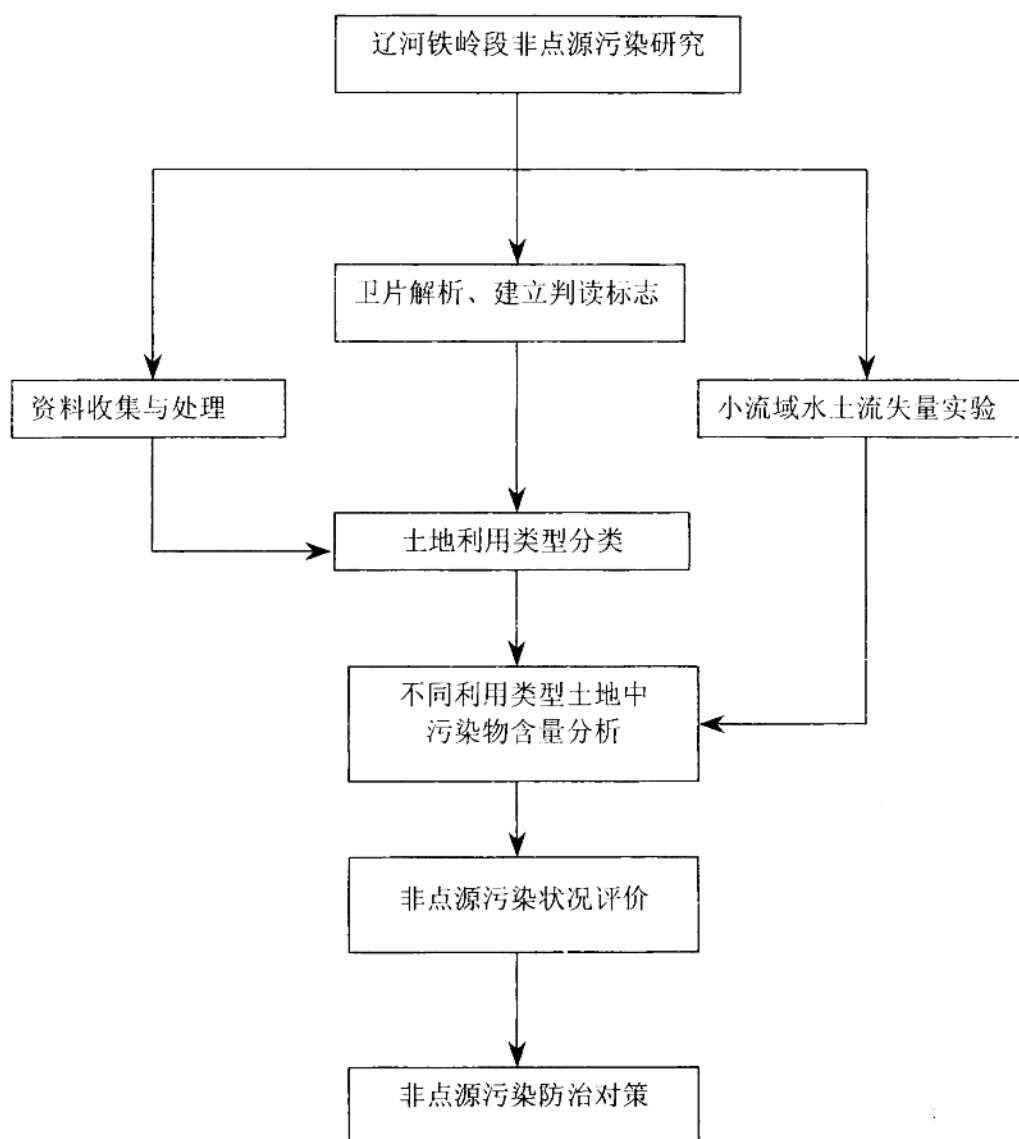


图 1-2 辽河铁岭段非点源污染研究作业流程框图

2 辽河流域铁岭段环境概况

2.1 自然环境概况

2.1.1 自然环境

辽河流域铁岭段总控制面积约 17469.3 平方公里，位于辽宁省的北部，地处松辽平原中段，西与阜新市的彰武县，内蒙古科泌左翼后旗接壤；北与吉林省四平市的梨树县毗邻；东部和南部与抚顺市的清原县、沈阳市的新城子区相连。地理座标为 $122^{\circ} 21' \sim 125^{\circ} 06'$ ，北纬 $41^{\circ} 59' \sim 43^{\circ} 29'$ ，见图 2-1。

辽河流域铁岭段的地质构造大体以康法之间与寇河一线为界，南部属华北陆台，北部属兴蒙地槽。中生代时期强烈的南北大断裂将该区域以哈大公路为界，东西分为两部分。东部由于岩浆活动，地层抬升为山地，西部相对下沉为平原。中生代燕山运动北东向断裂更加活跃，进一步造成区域内地质构造复杂。新生代以来，除北部松辽分水岭地区隆起外，地质构造相对稳定，在山前倾斜平原和辽河波状漫岗平原上沉积了第四纪黄土状沉积物。因此该区域的地质构造是西大构造体系的接合部。南北的地台地槽分异与东西华夏的隆起沉降作用相互交错，地质结构复杂，地貌类型多样，地域分异性大。东部是长白山支脉哈达岭的延伸部分，海拔高度为 400 米以上，最高海拔 870 米，为低山丘陵区；中部为辽河及其主要支流构成的冲积平原、海拔高度 50~250 米；西部是内蒙古科尔泌沙地南缘，为风沙区，海拔高度 90~200 米之间。俯瞰地貌北高南低，东高西低。地貌分区面积见表 2-1，地貌分区乡镇统计见表 2-2。

辽河流域铁岭段区域属于中温带大陆性气候区。一年之中，四季分明，冬季寒冷，夏季炎热，秋季凉爽，春季温暖。年平均气温为 $5^{\circ}\text{C} \sim 7.3^{\circ}\text{C}$ 。一月份最冷，月平均气温 $-12.9^{\circ}\text{C} \sim -16.9^{\circ}\text{C}$ 。七月份最热，月平均气温 $23.1^{\circ}\text{C} \sim 24.4^{\circ}\text{C}$ 。年极端最高气温 $35.2^{\circ}\text{C} \sim 36.5^{\circ}\text{C}$ ，年极端最低气温 $-29.9^{\circ}\text{C} \sim -41.1^{\circ}\text{C}$ ，按 80% 保证率。生长季节的热量资源可用气温稳定通过某一界限值的日期表表示。该地区以 10°C 初日到 15°C 终日之间日数计算，通常为 5~9 月，约 150 天。无霜期从东至西约为 128~159 天。全年日照总时数为 2638.8~2934.2 小时。5~9 月份为 1207.6~1343.4 小时。冬季多西北风，夏季多西南风，常年主导风向为西南风，多年平均风速 3.5m/s。6 级以上大风(瞬时风速大于 17m/s，平均风速大于 10m/s)的地理分布主要在平原及沿河两岸，最多全年可出现大风 76 次；季节分布规律是春季(3 月~5 月)最多，占全年的 45%，秋季、冬季次之，夏季最少。大风分布见表 2-3。



图 2-1 辽河流域铁岭段地理位置图

地貌分区面积表

表 2-1

分区 名称	项目	人口 (人)	区域 面积 (km ²)	耕 地		林 地		疏 林 草 地		草 地	
				面 积 (km ²)	占总面积 (%)	面 积 (km ²)	占总面积 (%)	面 积 (km ²)	占总面积 (%)	面 积 (km ²)	占总面积 (%)
合计		3,423,943	17469.3	7831.3	42.3	5339.0	23.0	994.3	5.7	1861.2	10.7
东部低山区		370,300	3727.4	767.6	9.5	1793.3	43.0	456.8	45.9	342.2	18.3
中东部丘陵河谷区		457,322	2909.6	805.9	10.2	1274.7	30.0	354.9	35.7	334.8	18.0
中部波状平原区		2,153,185	7521.8	4615.4	59.7	522.9	13.4	178.3	17.9	651.6	35.0
西北部风沙盐碱区		443,136	3310.0	1642.5	20.6	570.4	13.7	53.5	0.5	532.7	28.6

表 2-2

地貌分区乡镇统计表

	县 区		乡 镇 场	
	数	名 称	数	名 称
东部 低山区	3	西丰县	25	天德、平岗、平岗镇、柏榆、钓鱼、明德、陶然、德兴、振兴、安民
		开原县		金星、营厂、和隆、凉泉林丰、李家台、曾屯、上肥、下肥、靠山、黄旗寨
		铁岭县		大甸子、鸡冠山、白旗寨、横道河子
中东部 丘陵各区	5	吕图县	23	更刻、西丰镇、乐善、邓家店、松树
		西丰县		成平、房木莲花、威远、扬木林、八棵树、
		开原县		清河、清河镇、松山、马家寨、柴河。
		铁岭县		熊管屯、催阵、李千户、铁岭县种畜场
		银州区		铁岭种畜场
中北部 平原区	7	昌图县	85	曲家、八面、八面城镇、平安、老平、新乡农场、朝阳、虹牛、横沟、此路、双庙子、满井、太平、四面城、四合、大洼、东嘎、前双井子、宝力、头道、金家、大兴、两家农场、宝力农场、通江口、十八家子、长岭、亮中、万安、老城、老城镇、昌图镇、昌图站、马仲、虹牛马场
		开原县		金沟子、古城卜、八宝、庆云、三家子、业民、中岗、城郊、开原镇、老城镇、城东
		铁岭县		平顶、凡河、新台子、新台镇、阿吉、蔡牛、大青、双井子、镇西卜、腰堡
		银州区		龙山
		铁法区		晓明、大明、调兵山、孤山子、晓南。
		法库县		柏家沟、和平、红旗、慈恩寺、四家子、五台子、丁家房、灯仕堡、三面船、依牛卜、冯贝卜、大孤家、十间房、红五月、法库镇。
		康平县		郝官、胜利、康平镇、东关、方家、西关、三台子农场
西北部 风沙区	3	昌图县	25	三江口、三江口镇、三江口农场、古榆、付家、七家子、长发、后窑、付家林场。
		康平县		山东、四家子、两家子、新生农场、海洲、小城、二牛、张强、沙金、柳树、东升。
		法库县		双台子、卧牛石、秀水河、叶茂台、包家屯

表 2-3

各县大风的季节分布次数表

季 次数 县名	春	夏	秋	冬	全年
昌图	34.1	13.8	15.5	12.6	76.0
康平	35.0	10.0	14.0	12.0	71.0
法库	32.8	9.8	12.9	12.3	67.8
开原	30.3	7.0	10.8	10.7	58.8
铁岭	22.9	4.8	7.6	7.1	42.4
西丰	16.6	2.1	3.5	3.2	25.4

全区域的降水量为 525~739mm。年平均降水量为 650mm。年最高降水量为 831mm，年最低降水量为 558mm。降水量的季节变化是冬、春、秋、夏，逐渐增加，冬季(12~2 月)降水量为 8.1~18.5mm，占全年降水量的 1.5~2.6%；春季(3~5 月)降水量为 73.8~107.8mm，占全年降水量的 14.1-15.9%；夏季(6~8 月)降水量 344.9~478.0mm，占全年降水量的 62.9-65.8%；秋季(9~11 月)降水量为 97.5~135.2mm，占全年降水量的 18.3~19.3%。降水日数年平均为 79~106 天。冬季最少为 7~15 天；夏季降水日数最多为 37~44 天。降水强度冬季每个降水日数的降水量为 1.1~1.6mm，夏季为 9.3~10.9mm。春季和秋季为 4.2~6.4mm。生长季节的平均降水量为 536mm，占年总降水量的 78.9~83.3%。降水量的地域分布变化是从东到西，逐渐减少。东部地区年最多降水量为 1198.4mm，年最少降水量为 577.6mm；西部地区年最多降水量为 801.4mm，年最少降水量为 360.1mm。降水量、降水日的季节和地域变化见表 2-4~表 2-7。

表 2-4

各县雨量差

各 县 项 目	铁岭	开原	昌图	法库	康平	西丰
最多年量	1,065.8	863.3	895.7	839.1	801.4	1,198.4
最少年量	515.4	537.2	486.4	360.1	380.2	577.6
差 值	505.4	326.1	409.3	479.0	420.6	620.8
倍 数	2.1	1.6	1.8	2.3	2.1	2.1

表 2-5 不同保证率下各县降水可能值

保证率 县别	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
铁 岭	662	652	642	629	615	600	582	560	537	508
康 平	518	509	498	485	469	485	438	423	404	378
法 库	595	577	560	557	530	581	506	486	458	423
开 原	645	628	615	600	590	582	578	567	558	548
吕 图	647	630	616	600	583	572	550	530	510	585
西 丰	712	707	703	701	696	687	672	647	618	578
平均	630	617	605	595	581	574	554	535	529	487

全区域暴雨(是指 24 小时内降水量等于或大于 50mm)、大暴雨(是指 24 小时内日降水量等于或大于 100mm)据 22 年的历史资料统计分析共出现 201 次。其中暴雨 183 次,大暴雨 18 次。在 7~8 月共出现 136 次,大暴雨在 7~8 月共出现 16 次,分别占年暴雨和大暴雨出现总次数的 75%和 89%。各地区、各月出现暴雨次数统计见表 2-8 和表 2-9。

辽河流域铁岭段的流域面积 17350 平方公里,河长 248.5 公里,入辽河的一级支流有招苏台河、清河、柴河、凡河、沙河、拉马河、八家子河、长沟河、王河、秀水河等十八条。区域内共有小流域 650 条。辽河及主要支流的概况见图 2-2、表 2-10。

流域内有水库共 134 座,塘坝 296 座,总库容 25.2 亿立方米,总控制面积 1.01 万平方公里。其中大型水库 4 座,中型水库 12 座,小型水库 116 座。水库的分布见表 2-11。

年径流量的地区分布主要受年降水量影响,区域分布与年降水量的分布基本相应,另外,区域分布的不均匀性还受下垫断面的影响,因此年径流深变化很大,东部年径流深的高值区可达 300mm 以上,西部年径流深的低值区在 25mm 以下。年径流的多年变化和季节变化明显,丰水年和枯水年的径流量相差十几倍;径流量的季节变化是:春季占年径流量的 3~4%,夏季占年径流量的 70~80%,径流量最枯时期在冬季 12 月至次年 2 月份。各水文站年径流特征值统计情况见表 2-12,各水文站月份分配表见表 2-13。