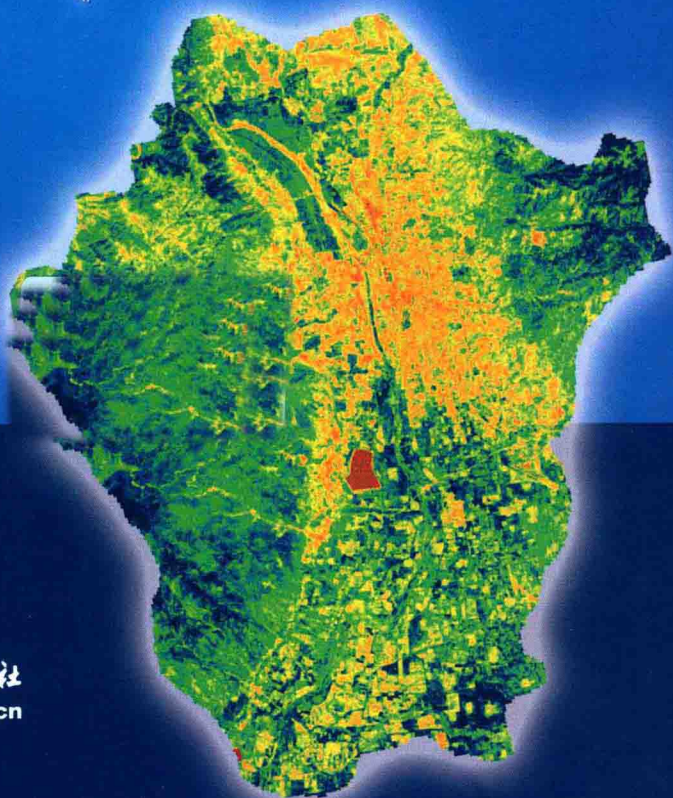


基于 RS 的城市水生态系统 特征及其服务价值研究

刘萍 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

基于 RS 的城市水生态系统 特征及其服务价值研究

刘萍 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书重点介绍城市水生态系统的遥感应用研究,利用 Landsat 遥感数据源反演城区的土地利用分类和景观格局的时空变化;利用 ArcGIS 的缓冲区分析法设置城区水体岸线周边的三级缓冲区,并分析水体岸带的 LUCC 时空特征;基于 MODIS 数据运用 SEBS 模型反演典型日的日蒸发量,推算年蒸发量并进行空间叠加分析;利用层次分析法建立城市水生态系统服务价值修正模型并进行计算分析。

本书可作为水利类、生态类和遥感水文类等管理、科研人员的参考用书,同时也可供相关领域与部门的专业技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基于RS的城市水生态系统特征及其服务价值研究 /
刘萍著. — 北京:中国水利水电出版社, 2016.9
ISBN 978-7-5170-4796-4

I. ①基… II. ①刘… III. ①遥感技术—应用—城市
—水环境—生态环境—环境管理—研究 IV. ①X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第238234号

书 名	基于 RS 的城市水生态系统特征及其服务价值研究 JIYU RS DE CHENGSHI SHUISHENGTAI XITONG TEZHENG JI QI FUWU JIAZHI YANJIU
作 者	刘 萍 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中献拓方科技发展有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 8.25 印张 162 千字
版 次	2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷
印 数	001—500 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

生态资源提供的各种生态服务是社会经济发展和人类生存的基本保障,城市中生态资源的供需落差正在日益加大。水是维系区域生态环境健康发展的关键因素。因此,研究城市的水生态系统服务价值对探索城市水生态的演变规律和建立合理的水生态系统管理与评价机制具有重要的理论和现实意义。

本书基于 Landsat 遥感影像对山西省太原市城区的土地利用分类、土地利用动态度和土地利用程度综合指数进行研究,并分析斑块面积 *CA*、斑块比例 *PLAND* 和景观破碎度等生态景观格局的时空变化特征;利用 ArcGIS 的缓冲区分析法在太原市城区的晋阳湖水域岸带设置距岸线 0~200m、200~400m 和 400~600m 的三级缓冲区,在汾河水域岸带设置距岸线 0~200m、200~500m 和 500~1000m 的三级缓冲区,分析太原市城区水域及其岸带的 LUCC 与景观格局特征;基于地表能量平衡原理,运用 SEBS 模型反演 2000 年和 2013 年共 33 景 MODIS 影像数据的日蒸发量,推算年蒸发量并进行 GIS 空间叠加分析,验证分析表明反演估算结果较可靠;利用谢高地的生态系统服务价值模型计算太原市城区和城区水域及其岸带的生态系统服务价值,基于 LUCC 分析生态服务价值的变化趋势,敏感性验证说明计算结果具有一定的参考价值,但还不能真正地反映研究区的实际生态变化;结合海绵城市的建设背景,将“水景观、水文化、水环境、水经济、水安全、水生态”等 6 大模块确定为城市水生态系统服务价值的一级功能,其中包含 13 个二级功能,利用层次分析法确定各功能的权重,修正谢高地的生态系统服务价值模型,建立城市水生态系统服务价值模型,并计算太原市城区和城区水域及其岸带的水生态系统服务价

值。本书的研究成果可为城市水生态系统的管理与保护、山西省绿色发展战略的实施和太原市“海绵城市”的建设提供一定的理论依据。

本书的研究是在恩师郑秀清教授的悉心指导下完成的，在她的启发和影响下，研究思路和技术方法更加开阔和多样。在此感谢郑秀清老师给予的一切关怀和帮助，同时也非常感谢武鹏林教授对研究工作的大力支持和帮助。

本书仅是作者在该领域的一些思考、尝试和探索，鉴于专业知识、学术水平、实践经验以及时间所限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

作 者

2016年7月

前言

第 1 章 绪论	1
第 2 章 研究区概况和遥感数据源	8
2.1 研究区概况	8
2.2 遥感数据源	14
2.3 基础资料	26
第 3 章 土地利用与景观格局变化规律	28
3.1 研究方法	28
3.2 结果分析	35
3.3 水域及其岸带缓冲区结果分析	45
3.4 本章小结	53
第 4 章 城区蒸发量的遥感反演估算	55
4.1 地表能量平衡原理	55
4.2 SEBS 模型蒸发量反演	61
4.3 城区的蒸发量变化规律	61
4.4 城区水域的蒸发量变化规律	69
4.5 结果验证	72
4.6 GIS 空间叠加分析	73
4.7 本章小结	78
第 5 章 生态系统服务价值分析	79
5.1 分析方法	79
5.2 城区结果分析	81
5.3 水域和岸带缓冲区结果分析	84
5.4 敏感性分析及其结果讨论	87

5.5 本章小结.....	89
第 6 章 城区水生态系统服务价值分析	91
6.1 海绵城市的水生态系统.....	91
6.2 模型构建原理与方法.....	98
6.3 模型构建与结果分析	104
6.4 结果测评	106
6.5 本章小结	110
第 7 章 结论与展望.....	112
7.1 结论	112
7.2 展望	113
参考文献	115

第1章

绪论

生态资源可以提供各种生态服务,这些服务为社会经济的发展和生存提供了基本保障。农村的生态资源较为丰富,而城市的居民正在日益感觉到对生态资源的需求。蒸散发是地表陆地水分和能量循环过程中的重要环节,是陆地生态系统和水文过程联系中最为活跃和重要的纽带,是维系区域生态环境健康发展的关键因素。因此,研究城市蒸散发和城市水域的生态系统服务,对了解区域内水循环和能量平衡,合理配置与规划水资源、保护水生态环境,以及促进自然存积、自然渗透、自然净化的海绵城市的建设等都有着重要的意义。

自然存在的生态系统是人类生存和发展的必要基础。人类依赖于生态系统提供的各种服务,因此需要与整个生态系统中的生物和植物形成和谐共处的关系。长期受人类影响的城市生态系统是人为改变了结构、改造了物质循环和部分改变了能量转化的陆生生态系统。随着城市化进程的加快,城市人口已由1800年占世界总人口的10%,增至1900年的15%和2000年的50%,到2050年将会增加至70%。然而,在人类对自然长期的利用和改造过程中,由于过分注重自然资源的直接使用价值,忽略了其生态价值,特别是近些年来以追求经济快速发展为目的而对自然资源进行的过度开发,对生态系统造成了严重破坏,使其承载能力不断降低。

我国城镇化建设取得显著成就的同时也带来了开发强度高、不透水面增多等问题,城市原有的自然生态本底和水文特征被改变,继而导致了越来越严重的水生态恶化、水资源短缺和水环境污染等问题。城市水系是城市发展的重要基础,固化河岸、建设人工湖等人类活动,正在改造着城市水系的整体系统和自然演进过程,高度的人工化水系的出现已成为必然。人类长期对土水资源的侵占,使土地利用景观格局和水资源发生了很大变化,水资源供需矛盾日益尖锐,缺水已经成为许多城市可持续发展的重要制约因素。面对目前逐渐加剧的人口、水资源与环境之间的矛盾,人们开始意识到土地、水等生态资源可提供的生态系统服务对于人类的生存和发展所发挥的无可替代的作用,以及生态系统保护的重要意义。在全球气候变暖的大背景下,生态安全已成为全球关注的焦点。随着人口的持续增长和生活水平的提高,自然资源和生态稀缺性还会进一步增强。我国城市生态

逐步退化的形势较为严峻,2015年10月11日,国务院办公厅发布的《关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发〔2015〕75号)指出,将在全国大力推广建设海绵城市,统筹发挥自然生态功能和人工干预功能,目的是修复城市水生态、涵养水资源并增强城市的防洪能力。目前,已选定16个试点城市,130多个城市已制订了海绵城市建设方案。海绵城市的推广建设对于城市生态文明的新发展具有标志性的重要意义。在常态化、长期化的海绵城市规划建设中,关于城市生态环境系统方面的科学研究成果是非常重要的理论基础,然而当今国内研究成果与国际先进成果尚存在一定的差距。生态系统服务价值的相关研究已逐渐成为该领域的研究前沿,但基于水景观、水环境和水文化等要素的城市水生态系统服务价值的研究还很少。科学评估城市水生态系统服务价值,合理评价被忽视的或计量较小的一些生态系统的价值,对增强城市生态保护意识和修复生态环境具有重要的意义。

土地利用、植被覆盖、水分蒸散和城市水体是城市生态系统中的关键要素。蒸散发是水分平衡和地面热量平衡的组成部分,而天气、气候的变化在很大程度上受下垫面热量和水分的收支影响,反过来又进一步影响着生态环境的形成和演变过程。蒸散发过程是全球气候变化研究中的关键问题之一。因此,多年来地表蒸发量的研究一直是国内外水资源、生态和气候等领域的热点问题。如何在定量估算水分蒸发量的基础上,探究城市水生态系统服务价值的变化规律?目前,相关的课题研究还很少。

山西省煤长水短、十年九旱,地下水严重超采、水土流失严重和水生态环境脆弱都已成为山西转型跨越发展和全面建成小康社会的“瓶颈”。太原市作为山西省会城市,在全省的经济发展中发挥着重要作用。随着太原市城市建设的发展,城区内面状形态的晋阳湖和带状形态的汾河呈现出不同的水域演变特征。因此,本书以太原市城区为研究区,在分析城区和城区水域LUCC(Land-Use and Land-Cover Change)和景观格局的时空变化规律的基础上,基于地表能量平衡原理反演估算城区和水域的蒸发量,探究人类活动条件下的城市水生态系统服务价值的变化规律。研究成果对城市的水资源保护、水生态系统建设和海绵生态城市的规划决策具有重要的理论价值和现实意义。

LUCC又称为土地利用/土地覆盖变化,该计划由国际地圈生物圈计划(IGBP)和国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)于1992年共同正式确立,此后,诸多国家和相关组织广泛地开展了LUCC的研究工作。近年来,国际上LUCC研究工作取得了重要进展。以美国为代表的相关研究,由美国航空航天局集中负责,协调统筹区域和全球性的LUCC检测、土地覆盖变化与生态气候效应的研究。我国也开展了大量的相关研究,如“中国土地利用土地覆盖变化研究”项目,基于NOAA卫星数据对土地利用和植被覆盖的变化以及区域的季节性规律

的研究等。这些研究为评估土地利用现状、预测未来土地变化趋势以及提高生态环境质量提供了科学的分析与指导。随着遥感技术的高速发展,遥感影像已成为LUCC研究的重要数据源,遥感技术也成为LUCC数据采集的主要手段。目前,LUCC主要研究内容是土地利用/土地覆盖变化的过程、趋势和驱动力,热点地区的LUCC典型变化规律,由此在区域、国家乃至全球尺度上研究LUCC的速度、模式和驱动力变化,预测未来50年LUCC趋势。近年来,我国学者与其他国家和相关国际组织合作在该领域开展了案例研究:刘纪远等设计了星地一体化LUCC-气候-生态系统耦合研究的技术方法体系;孙云等从LUCC对气候影响的生物地球物理途径角度阐述了其对气候系统的影响机制,并且结合多项研究结果归纳了森林砍伐/造林活动、农业发展、城市化等人类LUCC活动在区域尺度的气候效应;王军等归纳了土地利用变化对生态系统服务影响研究的主要方法和模型。与LUCC相关的景观生态学的产生与发展经历了萌芽、形成和全面发展3个阶段。近几年国内最新的相关研究,如同水玉、杨会会等系统地阐述了美国生态思想历程的5个阶段,尤其对城市规划中的生态思想进行了分析总结,对于我国的景观生态规划研究具有广泛的借鉴意义。钱云等基于景观生态学原理和景观生态网络方法分别对城市边缘区绿色空间系统构建和市域生物多样性保护开展了进一步研究。国外也有一些最新相关研究工作,如Dikou Angela等运用RS、GIS及多元统计方法结合景观生态学和地理信息学分析解读了景观动态区域规划机制,Tabea Turrini等运用景观生态学方法和NDVI对城市生物多样性的重要驱动程序及植被区域数量与斑块离散度的景观因子进行了广泛研究。因此,目前的LUCC研究主要是基于时间序列的变化和驱动力的探索,与生态系统结合做的研究较少。随着城市化的快速发展,水生态系统作为一种独特的地理单元和生存环境,受到土地利用/土地覆盖变化的影响很大。

国外对蒸散发的研究始于18世纪,目前有关蒸散发量研究的方法和模型主要有波文比-能量平衡法、土壤-植被-大气传输模型、彭曼-蒙蒂斯模型和水量平衡法等。从20世纪50年代起,我国的研究者在蒸散发研究方面做了大量的工作,主要包括基于传统方法的潜在蒸发(蒸发力)、蒸散发量测定和实际蒸散发量的计算等,虽然这些方法在单点或者小范围内精度较高,但利用传统模型法计算蒸发量存在一定的局限性,难以扩展到大范围区域内。随着遥感卫星技术和计算机技术的快速发展,利用遥感反演估算大尺度区域的蒸发量的方法快速发展起来。1973年,Brown K W等利用热红外遥感进行蒸发量的研究,根据作物阻抗和能量平衡原理提出了蒸散模型;S B Idso等在1975年提出了能够应用遥感方法计算潜在蒸发量的经验模型;Bastiaanssen W G M等提出了可以估算地表能量平衡方程中的各个分量的模型;2000年,G J Roerink等提出了相对简化的地表能量平衡指数,得到蒸发比。其他模型还有土壤-植被-大气传输模型(SAVT)、

热量平衡模型、互补相关模型、Evapo - Transpiration Mapping Algorithm (ETMA) 模型、METRIC 模型、STSEB 模型、SEBS 模型等。我国利用遥感数据估算区域蒸发量的研究起步较晚。田国良、郑柯等利用地面气象站资料并结合 AVHRR 数据估算了土壤含水量和作物蒸散量；郭亮等利用卫星 AVHRR 数据反演归一化植被指数，监测了蒸发蒸腾量；巩俊骥运用 MODIS 数据和 ENVI 软件反演估算了 2002—2012 年黄河三角洲的蒸散发量；郑文武提出了城市蒸散发遥感反演的多源平行模型。2002 年，Z Su 提出的基于能量平衡原理的表面能量平衡系统 (SEBS) 模型，使用经验公式计算阻抗，该模型利用遥感数据和气象资料估算区域蒸散量，有较好的实用性和精确度，已被广泛应用。随着 SEBS 模型的逐步发展，我国学者开始利用该模型估算区域的蒸发量。崔亚莉、何延波等分别应用遥感方法基于 SEBS 模型和 MODIS 数据，分析了不同下垫面条件下区域蒸发量的分布特征和利用遥感技术能够经济、快速地估算大尺度范围内不同地表覆盖类型所对应的蒸发量数据的可行性。2008 年，Lin W J 等通过 SEBS 模型获得河北平原区域蒸发量，分析了地表蒸发量的时空分布特征，并进行了模型精度评价。Jin X M 等基于 SEBS 模型得到了张掖盆地的实际蒸发量，并采用水均衡法验证了模型的运算结果。2010 年，裴超重等基于 SEBS 模型并利用 NOAA 数据，估算了 1991—2001 年长江源区的蒸发量，研究了其年际变化规律以及蒸发量与温度、降水、植被指数等影响因素的关系。Yang D W 等估算了华北平原的实际蒸发量及相关的能量通量。Ershadi A 等利用 SEBS 模型得到区域蒸发量并分析了不同空间尺度对其计算结果的影响，并将得到的结果通过水均衡法验证。郭任宏基于 SEBS 模型运用遥感数据估算了柴达木盆地的蒸发量，并分析了其与浅层地下水的分布特征关系。胡光成在地表平衡原理的理论基础上，用遥感技术反演估算了银川平原的地表蒸发量，同时分析了蒸发量空间分布特征与地下水水位埋深和地表植被覆盖之间的关系，结果表明，SEBS 模型估算区域尺度上的蒸发量是合理可行的，反演结果经验证均可靠。因此，目前蒸散发多集中于时间序列的变化特征或与地表干旱、地表土地利用、地下水等相结合的研究，蒸发量与城市水生态系统的结合研究还很少。

20 世纪 70 年代，生态服务方面的研究逐步开始。1970 年，联合国大学最早提出生态系统服务功能的概念，定义了人类受益于生态系统的环境服务功能。基于此，许多学者做了进一步的研究。Westman 于 1997 年提出了“自然的服务”内涵及其价值评估方面的问题，这是标志性的研究成果。自 20 世纪 90 年代后期以来，有关生态服务价值的理论与方法的研究较多，如 Jakbosson 等评估了澳大利亚濒危物种的生态服务价值，其中最具影响力的研究为 1997 年 Costanza 对全球生态系统服务价值与自然资本进行了全面评估。自 21 世纪以来，国外学者对于生态系统服务价值在各个领域都进行了大量而广泛的研究工作，如 2002 年

Sutton 分析了有关全球生态系统的市场与非市场价值及其与全球各国 GDP 变化规律的关系, 2004 年, 印尼科学家研究了减轻 Manggarai 流域旱灾的生态价值意义, 2005 年, “千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment)” 工作组对 33 个区域尺度以及全球尺度进行了生态系统与人类福利之间相互联系方面科学信息的研究。此后, 诸多研究开始侧重生态系统服务价值与经济、社会等的联系和服务价值与空间异质性的关系。2006 年, Heina 进行了生态系统服务价值与尺度及利益之间相关性的研究; 2007 年, Adrienne 和 Susanne 将生态系统服务价值形象地表达为投入产出表, 使得自然服务和区域经济融为一体, 生态系统服务价值研究的逐步深入对于区域资源配置的均衡发展具有重要意义。我国有关生态系统服务价值的研究, 可大致划分为 3 个阶段: 萌芽阶段、初级阶段、深入与多元化阶段。国内生态系统服务价值的相关研究始于 20 世纪 80 年代。著名的生态学家马世骏先生于 1984 年发表由生态学研究贯穿延伸至经济学领域的文章。1999 年, 薛达元等对长白山自然保护区生物多样性的间接使用价值和非使用价值进行了较为具体的分析与评价。1999 年, 欧阳志云等首先采用了生态系统服务的概念, 同时对我国陆地生态系统的 6 种服务价值进行了初步评估, 认为我国陆地生态系统服务价值潜力巨大。2000 年, 我国著名植物学家陈仲新、张新时等基于 Costanza 等的研究成果, 对我国生态系统服务价值进行了评估分析。2003 年, 赵景柱和徐亚骏归纳得到能值分析法、物质质量评价法和价值量评价法 3 种定量评估方法。赵同谦等将我国陆地地表水生态系统划分为河流、湖泊、水库和沼泽 4 种类型, 并分别对其服务价值进行了初步评价, 构成了较完整的评价指标体系。赵士洞等结合国际上“千年生态系统评估”计划的成果, 对生态系统评估的概念框架和内涵进行了详细的阐述。赵军等以上海浦东张家派为例, 采用支付卡式 CVM 研究方法, 得到城市河流生态系统的平均支付意愿为 195.07~253.04 元/(户·a)。近几年, 陈美球等对赣江上游流域生态系统服务价值变化及其对促进区域生态建设和可持续发展的影响进行了研究, 对生态系统综合评估的研究进展和评估框架模式也做了一些工作。根据生态系统与自然资本的市场发育程度, 国际上现行通用的评价生态价值的方法可大致分为 3 类: ①实际市场评估法, 此方法适用于具有实际市场的生态系统产品和服务, 认为生态系统服务的经济价值可由市场价格来反映。其评价方法包括费用支出法 (expenditure method) 和市场价值法 (market method)。②替代市场评估技术, 此方法适用于没有直接市场交易与市场价格但具有这些服务的替代品的市场与价格的生态服务。通过估算使用某种技术手段获得与之相应的生态系统服务相同的结果所需要的生产费用, 来间接评估生态系统服务的价值。评估方法包括替代成本法 (replacement cost approach)、机会成本法 (opportunity cost approach)、旅行费用法 (TCM)、恢复和防护费用法 (recovery and preventive approach)、

有效成本法、疾病成本法、影子工程法 (shadow project approach) 等。③模拟市场评估法, 对于没有实际市场交易和市场价格生态系统产品和服务, 通过人工构造模拟假想市场来评估各种情况下生态系统服务的价值 (Wilson 和 Carpenter, 1999; Gregory, 1999)。其广泛应用的方法是条件价值法或意愿调查法, 即通过假想市场情况下直接调查人们对某种生态系统服务的支付意愿, 以此来统计评估生态系统服务的经济价值。因此, 可以说我国的生态系统服务价值评估方法正处于分析模拟向逐步成熟的过渡时期, 国内研究热点为土地利用变化对生态系统服务价值的响应以及特定生态系统的服务价值研究。

生态系统服务指人类从生态系统中所获取的利益。相应地, 城市生态系统服务指人类从城市生态系统中获取的利益。随着对地观测技术的迅速发展以及高分辨率商业卫星的投入使用, 为研究水体和土地利用信息提供了新的技术手段。利用多时相遥感数据监测土地覆盖状况与环境问题已成为国内外研究和应用的热点。与其他生态系统服务的研究相似, 城市生态系统可通过不同评价方法来量化其服务价值, 如 Setälä 等通过构建关系模型指出了城市资源及空间的差异导致不同生态系统服务间可能存在着线性负相关, Larondelle 等用指标法分析了欧洲多个城市的生态系统服务, Viguié 等利用情景分析法评价了巴黎的生态系统服务, Sanon 等应用多目标分析法分析了奥地利维也纳罗堡岛在增加岛屿连接度的情景下几种生态系统服务的关系。

目前城市化的迅速发展, 使得我国城区范围不断扩大, 城区的地表状况和河湖周边的土地利用的变化加剧。人类活动影响下整个城区的生态系统发生了改变, 其中水体及其扩展区域的土地利用类型和覆盖的动态演变对城区生态环境的影响较大。城市水系的保护与生态修复是海绵城市建设中的一项重要工作, 一方面要加强对城市坑塘、河湖、湿地等水体自然形态的保护和恢复; 另一方面要增大绿地面积和减少不透水面面积, 实现涵养水源和构建城市良性水循环系统的目标。水是生态系统服务价值估算中非常重要的因素。如果忽略了城市水体和岸线周边区域与生态系统服务的关系, 以及周边更大区域范围的环境响应, 则城市环境的远期保护实施是有一定难度的。近年来对于城市河湖水域生态系统服务价值的研究逐渐增加, 但大部分研究仍然是基于生态服务功能的定义来进行水域生态系统服务功能价值的计算。例如, 吕晋在评价武汉市浅水湖泊的生态系统服务功能价值时, 从水资源蓄积、洪水调蓄等 6 个方面分别计算; 赵秋艳考虑生物资源、水供给、水资源蓄积等 10 个方面对东昌湖生态系统服务功能价值进行了价值评估; 张修峰等以肇庆仙女湖为例, 仅就城市湖泊水生态系统自然资产价值部分的演变进行了评估。不同的评估方法、研究背景、研究目的及侧重等都会影响评价结果, 并且现有的服务价值框架可能并没有包括生态系统价值的所有类型, 仍有许多水生态服务价值未被开发。从研究发展趋势来看, 近期内生态系统服务

价值的评估将逐渐从大尺度转向小尺度，区域生态系统将向不同特点的单个生态系统发展。目前针对草地、森林、湿地和流域等的生态服务价值估算研究较多，但是对城市人工干预的水系及其岸带的生态系统服务价值的研究却较少，城市和城市水域岸线周边的土地利用与覆盖变化正逐步引起研究者的关注。例如，Ignacio Palomo 研究了公园和周边区域对外围环境的响应，结果表明公园和周边区域可以提供多样化的生态系统服务，这对周边的土地和区域环境是非常有益的。城市水体岸带周边的缓冲区域生态系统服务对水资源的生态保护具有重要意义，并且对整个城市的生态系统服务价值有一定的影响。如果将与水有关的湿润度、水景观、水环境等因素和土地利用类型变化综合考虑，建立城市水生态系统服务价值的模型，则可以更好地反映城市水生态系统服务价值的演变过程。

基于以上背景分析，探索城市水生态系统服务价值在快速城市化进程中的变化规律，对城市的水生态环境规划和保护具有重要的现实意义。

第 2 章

研究区概况和遥感数据源

本章讲述了研究区的概况、基础资料和遥感数据源。本书研究运用的基础资料和数据源较多,本章一并介绍了在土地利用分类、景观格局变化和蒸发量的反演研究中所采用的数据源和基础资料。

2.1 研究区概况

2.1.1 地理位置

太原市位于东经 $111^{\circ}30' \sim 113^{\circ}09'$ 和北纬 $37^{\circ}27' \sim 38^{\circ}25'$, 国土总面积 6988km^2 , 其中城区总面积 1460km^2 。全市辖 3 县 1 市 6 区, 3 县为清徐县、阳曲县和娄烦县, 1 市为古交市, 6 区为小店区、迎泽区、晋源区、万柏林区、杏花岭区和尖草坪区。太原市城区是指小店区、迎泽区等 6 个区。

2.1.2 地形地貌

太原市城区地处太原断陷盆地的北端, 黄土高原的东部。太原市东、西、北三面环山, 中部和南部为汾河冲积扇平原, 汾河自北向南流经城区, 地形北部稍高、南部略低, 逐渐倾斜。东西宽 144km , 南北长 107km , 境内地势起伏较大, 高低悬殊。太原市城区的平均海拔为 800m 左右。

太原市地貌类型大致可分为山地、丘陵、平原、盆地、谷地 5 种地貌单元, 以黄土山地地貌为主。以上 5 种地貌单元按其成因、岩性, 又可划分为穹窿剥蚀中山、溶蚀侵蚀中山、溶蚀侵蚀低中山、剥蚀侵蚀中山, 山前黄土台丘、梁状黄土丘陵、破碎黄土塬, 冲洪积平原、冲积平原, 山间侵蚀小盆地、山间构造小盆地 11 个不同的亚类。

2.1.3 气候与水文

2.1.3.1 气候

太原市城区属暖温带半干旱大陆性季风气候, 冬季干燥寒冷, 晴朗少雨, 夏季炎热湿润, 雨量集中, 全年盛行西北风, 出现的频率高, 强度大。从全年看,

冬春长, 夏秋短, 降水和气温年度变化大。

收集研究区历史气象资料, 并以太原观象台近 20 年数据为依据, 研究区年平均气温为 10.98°C , 最高气温为 39.4°C (2010 年 7 月 30 日), 最低气温为 -23.3°C (2002 年 12 月 27 日)。研究区内多年 (太原观象台, 1979—2013 年) 平均年降水量为 422.55mm, 最大年降水量为 652.0mm (太原观象台, 1996 年), 最小年降水量为 247.8mm (太原观象台, 1997 年), 极值比为 2.63。降水多集中在 7 月、8 月、9 月 3 个月, 占全年总降水量的 70%。月最大降水量为 238.4mm (1996 年 8 月), 日最大降水量为 93.5mm (2009 年 7 月 8 日), 历年 1h 最大降水量为 80.4mm, 历年 10min 最大降水量为 72.8mm。多年平均年蒸发量为 1644.91mm, 多年平均风速为 2.2m/s, 无霜期为 170d 左右, 最大冻土深度为 1.06m。易发生干旱, 暴雨、冰雹、霜冻等灾害性天气也经常发生, 尤以干旱危害最大。太原市城区大风日数近几年逐渐增多。太原市城区 1995—2013 年平均气温变化曲线见图 2.1, 平均降水量见图 2.2。

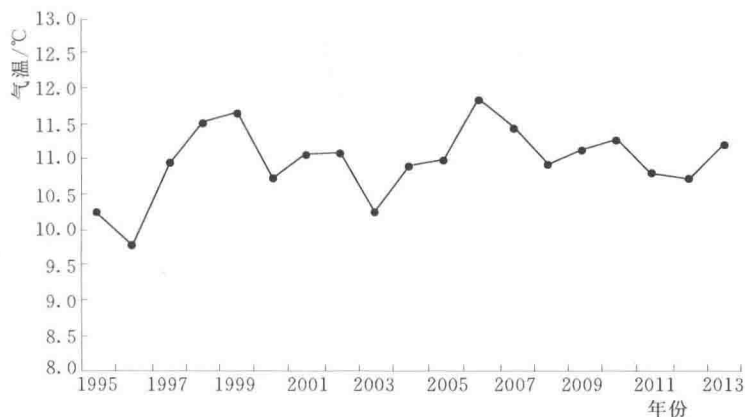


图 2.1 太原市城区 1995—2013 年平均气温变化曲线

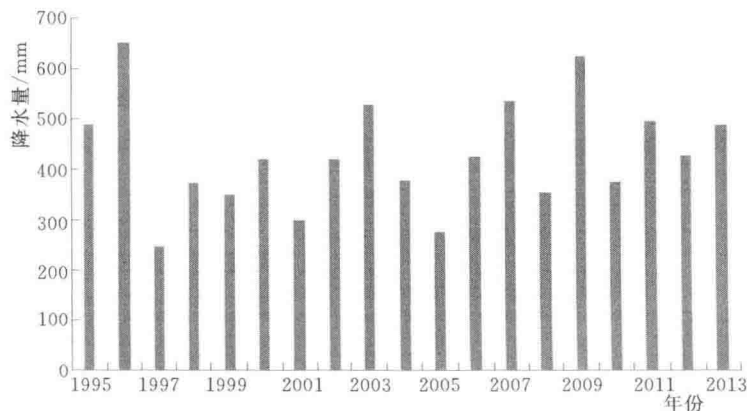


图 2.2 太原市城区 1995—2013 年平均降水量

2.1.3.2 水文

太原市河流分属黄河、海河两大流域，阳曲县的轿顶山、文昌山、水头岭、两岭山的南侧为黄河水系的一级支流汾河流域。汾河是黄河的第二大支流，流经太原市的干流长 193km，集水面积占全市总面积的 90.6%。太原市城区的最大河流为汾河，贯穿整个城区。太原市内有较大湖泊 6 处，最大的湖泊是位于晋源区金胜乡的晋阳湖，水面面积约 4.5km²。晋阳湖也是太原市城区的主要湖泊。太原市山麓地带出露众多泉水，岩溶泉流量较大，尤以城区的晋祠泉和兰村泉最为著名。境内地下水主体可分为基岩裂隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水和松散岩类孔隙水等，在山区以岩溶水和裂隙水为主，盆地区以孔隙水为主。

2.1.4 土壤与植被

2.1.4.1 土壤

太原市城区地处山西省腹部，中南部为汾河冲积扇平原，地势平坦。汾河由北向南流过，汾河河床宽且浅，两岸发育有二级阶地。太原以北的黄寨一带黄土台地冲沟比较发育，表面土壤主要为第四系冲洪积土层、填土层，总地势东西高，中部低。第四系沉积物主要分布于山沟河谷、山前断陷盆地和冲洪积平原上，自西向东逐渐增厚，沉积物颗粒逐渐变细。该区土壤为褐土性土，成土母质为黄土。总体上区域内土壤的水平地带性表现不突出，主要的地带性土壤为褐土，在各级阶地和低山丘陵地带均广泛分布。2004 年太原市城区土地利用分类见图 2.3。

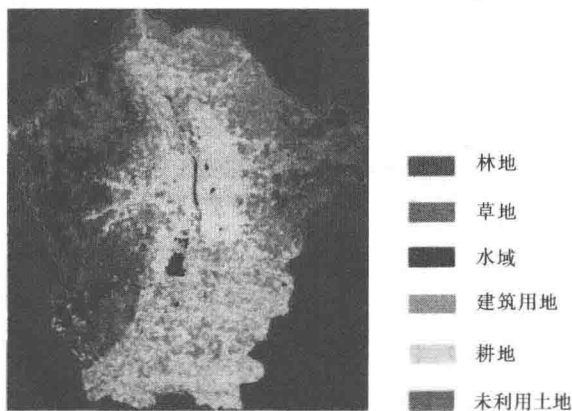


图 2.3 2004 年太原市城区土地利用分类图