

总 序

我国国土辽阔，地形复杂，生物多样性丰富，拥有森林、草地、湿地、荒漠、海洋、农田和城市等各类生态系统，为中华民族繁衍、华夏文明昌盛与传承提供了支撑。但长期的开发历史、巨大的人口压力和脆弱的生态环境条件，导致我国生态系统退化严重，生态服务功能下降，生态安全受到严重威胁。尤其 2000 年以来，我国经济与城镇化快速的发展、高强度的资源开发、严重的自然灾害等给生态环境带来了前所未有的冲击：2010 年提前 10 年实现 GDP 比 2000 年翻两番的目标；实施了三峡工程、青藏铁路、南水北调等一大批大型建设工程；发生了南方冰雪冻害、汶川大地震、西南大旱、玉树地震、南方洪涝、松花江洪水、舟曲特大山洪泥石流等一系列重大自然灾害事件，对我国生态系统造成了巨大的影响。同时，2000 年以来，我国生态保护与建设力度加大，规模巨大，先后启动了天然林保护、退耕还林还草、退田还湖等一系列生态保护与建设工程。进入 21 世纪以来，我国生态环境状况与趋势如何以及生态安全面临怎样的挑战，是建设生态文明与经济社会发展所迫切需要明确的重要科学问题。经国务院批准，环境保护部、中国科学院于 2012 年 1 月联合启动了“全国生态环境十年变化（2000—2010 年）调查与评估”工作，旨在全面认识我国生态环境状况，揭示我国生态系统格局、生态系统质量、生态系统服务功能、生态环境问题及其变化趋势和原因，研究提出新时期我国生态环境保护的对策，为我国生态文明建设与生态保护工作提供系统、可靠的科学依据。简言之，就是“摸清家底，发现问题，找出原因，提出对策”。

“全国生态环境十年变化（2000—2010 年）调查与评估”工作历时 3 年，经过 139 个单位、3000 余名专业科技人员的共同努力，取得了丰硕成果：建立了“天地一体化”生态系统调查技术体系，获取了高精度的全国生态系统类型数据；建立了基于遥感数据的生态系统分类体系，为全国和区域生态系统评估奠定了基础；构建了生态系统“格局-质量-功能-问题-胁迫”评估框架与技术体系，推动了我国区域生态系统评估工作；揭示了全国生态环境十年变化时空特征，为我国生态保护与建设提供了科学支撑。项目成果已应用于国家与地方生态文明建设规划、全国生态功能区划修编、重点生态功能区调整、国家生态保护红线框架规划，以及国家与地方生态保护、城市与区域发展规划和生态保护政策的制定，并为国家与各地区社会经济发展“十三五”规划、京津冀交通一体化发展生态保

护规划、京津冀协同发展生态环境保护规划等重要区域发展规划提供了重要技术支撑。此外，项目建立的多尺度大规模生态环境遥感调查技术体系等成果，直接推动了国家级和省级自然保护区人类活动监管、生物多样性保护优先区监管、全国生态资产核算、矿产资源开发监管、海岸带变化遥感监测等十余项新型遥感监测业务的发展，显著提升了我国生态环境保护管理决策的能力和水平。

《中国生态环境演变与评估》丛书系统地展示了“全国生态环境十年变化（2000—2010年）调查与评估”的主要成果，包括：全国生态系统格局、生态系统服务功能、生态环境问题特征及其变化，以及长江、黄河、海河、辽河、珠江等重点流域，国家生态屏障区，典型城市群，五大经济区等主要区域的生态环境状况及变化评估。丛书的出版，将为全面认识国家和典型区域的生态环境现状及其变化趋势、推动我国生态文明建设提供科学支撑。

因丛书覆盖面广、涉及学科领域多，加上作者水平有限等原因，丛书中可能存在许多不足和谬误，敬请读者批评指正。

《中国生态环境演变与评估》丛书编委会

2016年9月

前 言

2000~2010年,是我国社会经济、城市化快速发展的十年,也是我国生态环境受人类活动干扰不断加剧,但同时国家对生态环境建设和改善的投入不断增加的十年。2012年,经国务院批准,环境保护部和中国科学院联合启动并实施了“变化全国生态环境十年(2000—2010年)调查与评估”重大专项项目,目标是全面掌握2000~2010年全国生态环境质量的基本状况及其变化的特点和规律,为加强国家宏观生态环境管理和新时期环境保护工作提供科技支撑。其中,重大专项设置了“重点城市化区域生态环境三十年变化调查与评估”专题项目,本书是该专题下设课题“京津冀城市群生态环境三十年变化调查与评估”相关研究成果的系统总结,重点研究了京津冀城市群在区域和城市两个尺度上,1980~2010年的城市化进程、生态系统格局与变化、生态环境质量特征与演变、资源环境利用效率,以及城市化对生态环境质量的影响,研究结果可为我国新型城市化的城市群构建与可持续发展战略的实施提供可靠的科学支撑。

京津冀城市群位于华北平原东北部,以北京、天津和唐山等重点城市为核心,是我国继珠三角和长三角之后又一经济快速发展的地区。该区域资源丰富、工业基础良好、科学技术发达、交通便利、区位优势,是从太平洋到欧亚内陆的主要通道和欧亚大陆桥的主要出海口,同时,还是我国参与国际政治、经济、文化交流与合作的重要枢纽与门户。改革开放以来,尤其是2000~2010年,京津冀城市群得到了快速的发展,土地、人口和经济城市化程度不断提高,但同时也给生态环境带来了巨大的影响。

“京津冀城市群生态环境三十年变化调查与评估”以北京市、天津市和河北省为研究对象,以遥感数据为主,辅以地面调查和长期生态系统监测数据,通过构建评价指标体系,从区域(城市群)和重点城市(北京、天津和唐山)两个尺度,定量评估了京津冀城市群1980~2010年的城市化进程及其对生态环境的影响。针对城市群,利用中等分辨率遥感数据,结合地面监测数据和统计数据,揭示了1980~2010年京津冀城市群的城市化强度、生态质量、环境质量、资源环境利用效率和生态环境胁迫的时空特征与演变;针对重点城市,进一步利用高空间分辨率遥感数据,阐明了2000~2010年主城区扩展及其内部格局特征与演变,并揭示了重点城市城市化的生态环境效应。

本书包括四部分内容,共10章。第一部分阐述了京津冀城市群城市化及生态环境概

况（第1章）和主要技术方法概述（第2章）；第二部分从城市群尺度，阐述了京津冀城市群城市化进程及其影响因素（第3章）、生态质量特征与演变（第4章）、环境质量及资源环境利用效率（第5章）和生态环境胁迫特征与演变（第6章），并总结了城市群城市化的生态环境效应（第7章）；第三部分从重点城市尺度，揭示了北京、天津和唐山3个重点城市的主城区扩展及其内部格局特征与演变（第8章），并深入解析了重点城市城市化的生态环境效应（第9章）；最后一部分，概括总结了京津冀城市群生态环境的总体状况并提出了政策建议（第10章）。

本课题的实施过程和本书的编辑整理过程得到了中国科学院和环境保护部等有关部门，以及众多不同领域专家的大力支持和悉心指导，尤其是项目首席科学家、丛书主编欧阳志云研究员和王桥研究员对本书架构和内容提出了很多宝贵的建议，谨此向他们表示诚挚的谢意！

由于作者研究领域和学识所限，书中还有诸多不足之处，恳请读者朋友们批评指正，不吝赐教，以有助于我们今后工作的不断改进。

编 者

2016年10月

目 录

总序

前言

第 1 章 京津冀城市群城市化及生态环境概况	1
1.1 京津冀城市群概况	1
1.2 京津冀城市化过程及其生态环境效应	6
第 2 章 京津冀城市群生态环境评估的技术方法概述	8
2.1 调查评价目标和内容	8
2.2 研究框架	9
2.3 数据收集及数据库建设	14
2.4 分析与评价方法	15
2.5 主要技术难点及相关解决方案	17
第 3 章 京津冀城市群城市化进程及其影响因素	19
3.1 土地城市化格局与演变	19
3.2 人口城市化格局与演变	30
3.3 经济城市化格局与演变	32
3.4 城市化进程综合评估与影响因素分析	35
第 4 章 京津冀城市群生态质量特征与演变	50
4.1 生态系统时空分布特征	50
4.2 植被覆盖的时空分布特征	63
4.3 生物量空间分布特征及其变化趋势	68
4.4 净初级生产力分布特征及变化趋势	71
4.5 生态质量综合评估	73
第 5 章 京津冀城市群环境质量及资源环境利用效率	79
5.1 环境质量	79
5.2 资源环境利用效率	84
第 6 章 京津冀城市群生态环境胁迫特征与演变	96
6.1 人口密度	96

6.2	经济活动强度	98
6.3	水资源开发强度	99
6.4	能源利用强度	100
6.5	大气污染	101
6.6	水污染	104
6.7	热岛效应	105
6.8	生态环境胁迫综合评估	108
第7章	京津冀城市群城市化的生态环境效应	111
7.1	城市化对生态质量的影响	111
7.2	城市化对环境质量的影响	116
7.3	城市化对资源环境利用效率的影响	122
7.4	城市化对热岛效应的影响	124
7.5	城市化的生态环境效应综合评估	129
第8章	重点城市主城区扩展及其内部格局特征与演变	131
8.1	重点城市主城区扩展时空特征及对比分析	131
8.2	重点城市主城区内部精细景观格局特征与演变	149
第9章	重点城市城市化的生态环境效应	161
9.1	重点城市生态质量特征与变化	161
9.2	重点城市资源环境利用效率变化	170
9.3	重点城市生态环境胁迫变化	190
第10章	总体状况及政策建议	215
10.1	总体状况	215
10.2	生态环境保护建议和对策	217
参考文献		219
索引		225

第 1 章 | 京津冀城市群城市化及生态环境概况

城市和城市群是人类活动最为集中的区域，也是对生态环境影响最强烈的区域。城市化带来的一系列生态环境问题已经威胁到城市和区域的可持续发展，城市化与生态环境之间的矛盾日益加剧。目前，我国正处在城市化的快速发展阶段，预计到 2030 年，我国城市化率将超过 65%，城市人口达 10 亿左右。分析城市化对生态环境的影响是我国当前推进城市群可持续发展的迫切需要和亟待解决的重大科学问题。京津冀城市群以北京、天津和唐山等重点城市为核心，是我国区域经济增长最快、经济发展水平最高的地区之一。本书以京津冀城市群为研究区，通过定量分析京津冀区域城市化过程、调查城市群的生态环境质量变化、评估城市化的生态环境效应，为促进社会经济发展、提高人居环境质量和增强区域生态系统服务功能提供科学依据。本章将简要介绍京津冀城市群的自然和社会经济概况、城市化过程及其面临的主要生态环境问题，为后续章节的展开奠定基础。

1.1 京津冀城市群概况

改革开放以来，京津冀地区城市化发展迅速，借助自然资源、政治中心、经济产业、交通枢纽和地理区位优势，成为中国经济增长最快、经济发展水平最高的地区之一。同时，大规模、快速的城市化发展及不合理的人类活动，也给该区域带来了一系列严重的生态环境问题。

1.1.1 自然地理

京津冀城市群位于华北平原东北部，地处 $113^{\circ}27'E \sim 119^{\circ}50'E$ ， $36^{\circ}05'N \sim 42^{\circ}40'N$ ，北枕燕山，西倚太行山，东临渤海湾，总面积 21.6 万 km^2 （图 1-1）。受燕山、太行山、内蒙古高原的影响，地势西北高，主要为高原山地地貌；东南低，主要为平原地貌。该地区的河流发源于太行山和燕山山脉，均注入渤海，主要分为海河和滦河两大水系。京津冀地属暖温带半湿润季风气候带，全年无霜期较长，气候温和，适宜各种农作物生长。春季干旱多风少雨，夏季湿润多雨，秋季秋高气爽少雨，冬季干冷少雨雪。年平均气温在 $0 \sim 14.5^{\circ}\text{C}$ ，年日照时数在 $2400 \sim 3100\text{h}$ ，平均年降水量为 525mm ，年潜在蒸发量在 $900 \sim 1400\text{mm}$ 。

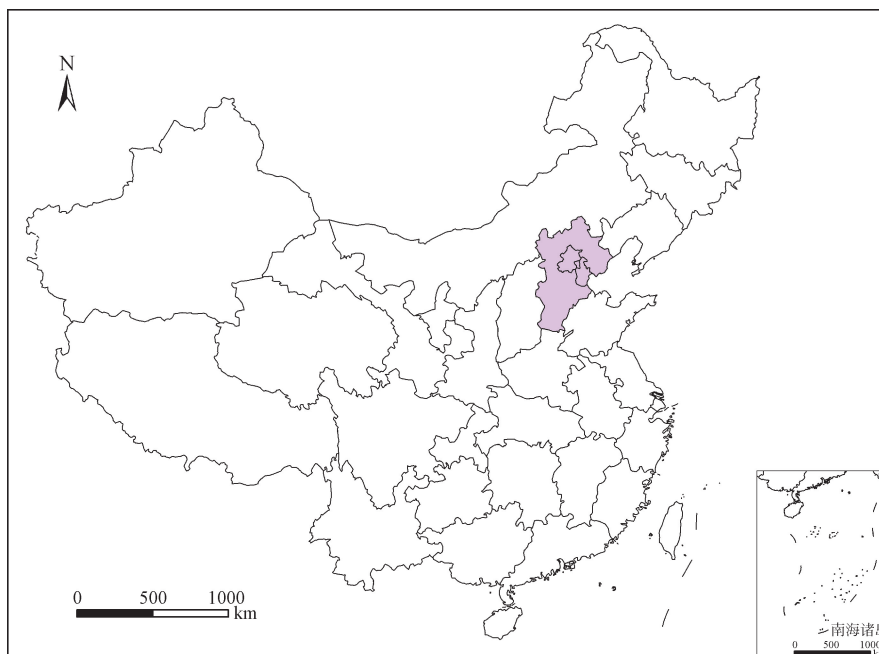


图 1-1 京津冀城市群区位

京津冀城市群的森林覆盖率较低，北京、天津和河北分别为 35.84%、9.87% 和 23.41%，人均森林覆盖面积为 0.027hm²、0.007hm² 和 0.059hm²，在内地 31 个地区中排名倒数第四位、倒数第二位和倒数第七位（中华人民共和国国家统计局，2015）。受城市化和人类活动的影响，京津冀的野生物种主要分布在西北部山区。其中，河北省高等植物较为丰富，全省有 204 科 940 属 2800 多种，其中蕨类植物 21 科，占全国的 40.4%；裸子植物 7 科，占全国的 70%；被子植物 144 科，占全国的 49.5%；陆生脊椎动物 540 余种，其中鸟类 420 余种，约占全国的 33.5%（王洪梅，2004）。

京津冀地区的主要粮食作物是小麦、玉米、谷子、水稻、高粱、豆类等，经济作物是棉花、油料、麻类等。其中，冬小麦种植面积和产量居各种粮食作物之首，是全国小麦主产区之一（王洪梅，2004）。河北省成矿地质条件优越，矿产资源比较丰富。现已发现各类矿产 129 种，探明储量 78 种，其中保有储量居全国内地省份前 6 位的达 38 种（王洪梅，2004）。京津冀海岸线总长 640 多公里，是具有巨大开发潜力的“黄金海岸”。中国四大盐场之一的长芦盐场、大港油田、任丘油田和黄渤海渔场均分布在这里，为京津冀城市群的经济的发展提供了丰富的物资保障。

1.1.2 社会经济

京津冀城市群所接省域为：以北与辽宁、内蒙古相接壤，以西与山西交界，以南与河南、山东相邻，以东紧傍渤海。包括北京、天津两个直辖市，以及河北省的石家庄、邢台、邯郸、唐山、秦皇岛、承德、廊坊、沧州、保定、张家口和衡水 11 个地级城市（图

1-2 和表 1-1)。



图 1-2 京津冀城市群组成

改革开放以来，京津冀地区经济发展迅速。京津冀以北京和天津为经济增长龙头，带动了整个地区的经济腾飞，成为中国经济增长最快、经济发展水平最高的地区之一（王少剑等，2015）。京津冀城市群是我国继珠三角和长三角之后又一经济快速发展的地区。区域内资源丰富、工业基础良好、科学技术发达、交通便利、区位优势。京津冀地区是从太平洋到欧亚内陆的主要通道和欧亚大陆桥的主要出海口，是我国参与国际经济交流与合作的重要枢纽与门户。

2015 年，京津冀地区拥有常住人口 8971 万人，占全国的 6.5%（中华人民共和国国家统计局，2016a）。该地区人口密度为 415 人/km²，而同期全国为 143 人/km²，其中北京更是达到 1322 人/km²，约是全国的 9.2 倍（中华人民共和国国家统计局，2016a）。2000~2012 年，京津冀人口增速明显高于同期全国平均水平，人口大幅增长地区主要分布在北京、天津及石家庄、保定、唐山等大城市。京津冀三地间人口流动频繁，北京户籍人口年均增长率中近 1/5 来自河北，且呈逐年上升趋势。

表 1-1 京津冀城市群范围一览表

城市化区	省份	地级市	辖县（区、市、自治县）	
京津冀城市群	北京		北京市市辖区、密云县、延庆县	
	天津		天津市市辖区、宁河县、静海县、蓟县	
	河北	唐山		唐山市市辖区、滦县、滦南县、乐亭县、迁西县、玉田县、唐海县、遵化市、迁安市
		保定		保定市市辖区、满城县、清苑县、涞水县、阜平县、徐水县、定兴县、唐县、高阳县、容城县、涞源县、望都县、安新县、易县、曲阳县、蠡县、顺平县、博野县、雄县、涿州市、定州市、安国市、高碑店市
		廊坊		廊坊市市辖区、固安县、永清县、大城县、文安县、香河县、大厂回族自治县、霸州市、三河市
		秦皇岛		秦皇岛市市辖区、青龙满族自治县、昌黎县、抚宁县、卢龙县
		张家口		张家口市市辖区、宣化县、张北县、康保县、沽源县、尚义县、蔚县、阳原县、怀安县、万全县、怀来县、涿鹿县、赤城县、崇礼县
		承德		承德市市辖区、承德县、兴隆县、平泉县、滦平县、隆化县、丰宁满族自治县、宽城满族自治县、围场满族蒙古族自治县
		沧州		沧州市市辖区、沧县、青县、东光县、海兴县、盐山县、肃宁县、南皮县、吴桥县、献县、孟村回族自治县、泊头市、任丘市、黄骅市、河间市
		石家庄		石家庄市市辖区、高邑县、行唐县、井陉县、灵寿县、栾城县、平山县、深泽县、无极县、元氏县、赞皇县、赵县、正定县、辛集市、新乐市、藁城市、晋州市、鹿城市
		邢台		邢台市市辖区、柏乡县、广宗县、巨鹿县、临城县、临西县、隆尧县、南和县、内丘县、宁晋县、平乡县、清河县、任县、威县、新河县、邢台县、沙河市、南官市
邯郸		邯郸市市辖区、鸡泽县、邱县、永年县、曲周县、邯鄲县、肥乡县、馆陶县、涉县、广平县、成安县、魏县、磁县、临漳县、大名县、武安市		
衡水		衡水市市辖区、枣强县、武邑县、武强县、饶阳县、安平县、故城县、景县、阜城县、冀州市、深州市		

注：以 2010 年的行政区划为准。

2015 年，京津冀城市群的国内生产总值（GDP）为 69 313 亿元，占全国的 10.24%，在全国 22 个城市群中排名第三（中华人民共和国国家统计局，2016b；河北省统计局，2016a；北京市统计局，2016a；天津市统计局，2016a）。总体上看，京津冀城市群的三次产业结构为“二三一”。其中北京于 1994 年率先实现“二三一”到“三二一”的转变，并且第三产业在 GDP 中所占比重越来越大（叶立梅和崔文，2004）。天津作为老的工业城市，目前仍处于“二三一”结构，第二产业所占比重仍最大，其中电子信息产品制造、医药业占主导地位（马献林，1995）。同时，第三产业比重不断上升，正处于“二三一”到“三二一”的转变中。河北目前是典型的“二三一”结构，第二产业将在一定时期内仍保持对国民经济增长的支柱作用（崔文静和王莉娟，2015）。

1.1.3 生态环境概况

京津冀区域地质地貌环境复杂，资源与环境长期被过度利用，整个区域的可持续发展能力严重受损（把增强和王连芳，2015）。据中国社会科学院和首都经济贸易大学联合发布的《京津冀发展报告（2013）——承载力测度与对策》报告显示，北京的综合承载力已进入危机状态，天津已达警戒线，河北发展空间有限。生态环境形势严峻已成为制约京津冀可持续发展的重要因素之一（冯海波等，2015）。具体表现为以下几个主要方面。

（1）水资源短缺，水质污染严重

京津冀地区是我国水资源最短缺的地区之一，所属的海河流域具有“十年九旱”之称。1956~2000年多年平均水资源量为153.5亿 m^3 ，人均水资源量仅有320 m^3 ，属于重度资源型缺水地区（封志明和刘登伟，2006；卢路等，2011）。20世纪80年代以来，京津冀地区年降水量减少，中旱、重旱面积呈增加趋势，加剧了水资源供需矛盾（严登华等，2013）。1953~2010年，73个水文站点中74%的站点径流量显著减少，15个水资源区中12个显著下降（徐华山，2015）。因地表水资源不足，过度开采地下水，海河流域地面累计沉降量大于200mm的沉降面积近6.2万 km^2 ，出现了30多个地下水漏斗区，形成了全国面积最大的地下水漏斗连绵区（乔瑞波，2009；中华人民共和国国土资源部和中华人民共和国水利部，2012）。而且，京津冀城市群的水质污染十分严重。2014年，京津冀水资源总量仅占全国的0.51%，然而化学需氧量（COD）排放量占全国的7.2%，氨氮排放量占全国的6.13%（中华人民共和国国家统计局，2015）。

（2）空气污染严重

京津冀地区是我国空气污染最严重的地区。2008~2010年，大气酸沉降年度总量为4.2~11.6 $keq/(hm^2 \cdot a)$ ，是同纬度发达国家的几倍甚至几十倍（Pan et al., 2013）。2003~2012年， PM_{10} 和 SO_2 是京津冀大气污染的首要污染物（梁增强等，2014）。从2012年开始，国家试行新的空气质量标准，并开始监测 $PM_{2.5}$ ， $PM_{2.5}$ 成为京津冀大气污染的首要污染物。该区域大量的水泥、钢铁、炼油石化等高污染产业排放了大量的大气污染物，加之太行山和燕山地形和气候系统不利于污染物扩散，是造成空气污染的主要原因（王跃思等，2014）。近年来，京津冀城市化快速发展，不断开工的建设项目的扬尘污染和日益增多的机动车尾气排放，已成为大气环境中继燃煤废气污染之后的又一重点污染源。

（3）水旱灾害频繁，水土流失严重

京津冀植被覆盖率不高，植被水源涵养调蓄能力较差。大部分山区土层薄，在失去地表植被保护的情况下，一旦遭遇暴雨，极易发生山洪、泥石流和水土流失灾害（李晓松等，2011）。遇到干旱少雨的年份，降水减少，蒸发量大，干旱化加剧，荒漠化区域增大。以北京为例，多年的建设开发严重破坏了原生植被覆盖，导致水土流失比较严重。2000年调查表明，全市水土流失总面积为4088.91 km^2 ，约占全市土地总面积的24.3%，其中轻度侵蚀2974.70 km^2 、中度侵蚀1114.21 km^2 （靳怀成，2001）。“十二五”期间，京津冀大力度推进生态环境建设、治理水土流失，启动实施密云水库上游生态清洁型小流域建设和

滦河流域国土江河综合整治试点，生态环境得到一定程度的改善。

(4) 城市热岛效应显著

城市人为热释放直接决定了城市热岛效应的强度，同时城市下垫面变化也在一定程度上影响了地表能量平衡并加剧了城市热岛强度（刘伟东等，2016）。1971~2010年，北京、天津和石家庄平均气温热岛强度总体呈上升趋势，北京的热岛效应最强，为 1.26°C ；其次为天津 0.9°C ，石家庄相对较弱，为 0.75°C ；其中，石家庄平均气温的热岛效应近40年增加最显著，每10年达 0.13°C （刘伟东等，2016）。热岛强度明显的区域主要集中在工业区、道路建筑人口密集的区域（Gai et al., 2011）。随着城市的快速扩张，热岛的影响范围也随之增大，尤其北京、天津的城市热岛逐渐由孤岛转化为热岛链或热岛群。

(5) 生态系统退化

由于长期的人类活动干扰，京津冀地区的森林生态系统遭受了极大的破坏，尤其原始林已经不复存在（王洪梅，2004）。随着人们对森林生态功能重要性的逐步认识，京津冀相继开展了封山育林、退耕还林、水土保持、水源地保护等保护和恢复措施，促使次生林和灌丛逐步恢复。1950~2015年北京的林木覆盖率从1.3%提高到59%。尽管这些措施对京津冀地区的森林生态系统恢复起到一定程度的积极作用，但是次生林生态系统不成熟、不完善，人工林品种单一、病虫害严重等问题，致使京津冀地区的森林生态系统不能充分地发挥其应有的生态服务功能。

(6) 湿地减少，生物多样性减少

湿地，被称为“地球之肾”，是地表生物多样性最富有的生态系统之一，对保护环境起着极其重要的作用（牛振国等，2012）。1950年，京津冀所在的海河流域天然湿地广泛分布，约有 $10\,000\text{km}^2$ ，到20世纪70年代锐减到 889km^2 ，当前依然处于持续萎缩的趋势（郭丽峰等，2005）。白洋淀是京津冀最大的淡水湖。20世纪80年代以来，白洋淀水源补给不足、水位下降、干淀等问题频繁。1996年白洋淀的最大水量已经减少为1963年的 $1/10$ （刘春兰等，2007）。1974~2007年，湿地面积从 249.4km^2 下降到 182.6km^2 ，减少了26.8%（庄长伟等，2011）。湿地生物多样性急剧减少，藻类种类减少了15.5%，鱼类种类也减少了44.4%（郭丽峰等，2005）。可见，京津冀地区的湿地生态系统退化，已经严重影响了该地区的生态安全和区域可持续发展。

1.2 京津冀城市化过程及其生态环境效应

改革开放以来，京津冀地区经历了快速的城市化过程。1980~2015年，京津冀的城市化率从38.86%增加到62.53%，高于全国城市化率水平55.88%（王少剑等，2015；中华人民共和国国家统计局，2016a）。2015年，北京的城市化率为86.5%（北京市统计局，2016b），天津为82.64%（天津市统计局，2016b），河北为51.33%（河北省统计局，2016b）。城市化是一个经济、社会、文化等多种因素综合发展的过程，它不仅表现为人口由农村向城镇的转移集聚、城镇人口逐步增加，还表现为农业景观向城市景观转换、农业地域向城市地域转换导致城镇数量的增加和城镇规模的扩大。

在城市化过程中,人类活动对生态环境的胁迫压力日益增大,各种生态环境问题不断增多。与此同时,日益加剧的生态环境问题也影响和制约了城市的发展(把增强和王连芳,2015)。城市人口和产业的集聚、城市规模的快速扩张及城市内部的大拆大建,给城市及其周边区域带来了一系列的生态环境问题,对城市及其周边区域的水、土、气和生等各个方面产生了重要的影响。

城市化发展长期过度开发水资源,导致湿地萎缩消失、河流干涸断流、河口生态系统退化、地面沉降、海水入侵、水体污染等一系列的生态环境问题(刘瑜洁等,2016)。水资源已经成为制约京津冀地区社会经济可持续发展的重要因素。多年来的水利建设使本地水资源利用程度已达全国之首(王有民和王守荣,2010)。但是,人均水资源量已由20世纪90年代初的 $300 \sim 400\text{m}^3$ 下降到2000年以来的不足 200m^3 ,大大低于联合国提出的人均 1000m^3 的水资源安全警戒线(封志明和刘登伟,2006)。由于区域自产水资源供给量的持续下降和人口经济的快速增加,京津冀地区生活用水、工农业用水都面临巨大的压力。

京津冀地区城市化对耕地等生态用地的侵占十分显著(吴健生等,2015)。2000~2010年京津冀地区的建设用地急剧扩张、耕地资源快速减少、整体破碎化增大是该时期京津冀地区土地利用变化的一大特点(吴健生等,2015)。城镇工矿及交通建设用地在平原区扩张最为明显;平原、台地和丘陵地区的耕地不断缩减。与此同时,林地建设在平原和大起伏山地效果显著(赵敏等,2016)。社会经济、农业生产条件、交通、地形和政策为影响土地利用/土地覆盖变化的主要驱动力(胡乔利等,2011)。

京津冀是我国现阶段空气污染最为严重的地区。近年来京津冀地区的霾污染事件频发可以归因为不利天气条件与人为排放的大量污染物的共同作用(缪育聪等,2015)。北京、天津和石家庄2014年上半年的空气质量达标天数比例仅为43.6%、46.4%和18.9%,京津冀地区空气污染形势十分严峻(缪育聪等,2015)。研究发现,二次污染物、生物质燃烧、交通排放、工业排放、沙尘、燃煤及建筑物扬尘等对北京地区的 $\text{PM}_{2.5}$ 具有重要的贡献(Sun et al., 2013; Zhang et al., 2013)。

由于京津冀城市扩张速度加剧、农田大量转化为建筑用地,城郊地区植被覆盖度迅速下降。1982~2013年,平原农业区和城郊地带植被覆盖度呈显著下降趋势(晏利斌和刘晓东,2011;赵舒怡等,2015)。另外,城市化通过改变人类活动方式和增加绿化建设,部分区域的生态质量逐步恢复好转。2000~2010年,城市内部和远郊区的植被覆盖呈逐步增加趋势(Qian et al., 2015;王坤等,2016)。京津冀相继开展的退耕还林还草、“见缝插针”等城市绿化工程和区域生态建设功能对植被覆盖恢复起到了积极作用。

第 2 章 | 京津冀城市群生态环境评估的技术方法概述

本章重点对京津冀城市群生态环境评估的技术方法进行概述。从城市扩张、生态质量、环境质量、资源效率、生态环境胁迫 5 个方面，在京津冀城市群及其重点城市两个尺度上，对城区扩张、生态环境状况与质量进行调查和评价所采用的技术方法展开论述。首先介绍本次调查评价的目标和内容，接下来介绍调查和评价的总体研究框架，并重点介绍构建的指标体系和总体技术路线，然后着重阐述数据收集及数据库建设情况和分析与评价方法，最后对本次调查评估中的主要技术难点及相关解决方案做了简要介绍。需要说明的是，本套丛书中的《中国典型区域城市化过程及其生态环境效应》，对包括京津冀在内的 6 个城市群的调查评估所采用的大部分技术和方法进行了详细的阐述。因此，本章简要介绍了在上述专著中详细阐述过的技术方法，重点介绍了京津冀城市群研究中涉及的特殊的问题、难点及其解决方案等。

2.1 调查评价目标和内容

从城市扩张、生态质量、环境质量、资源效率、生态环境胁迫 5 个方面对目标重点城市群和重点城市的城区扩张、生态环境状况与质量进行调查和评价。旨在明确：①1980~2010 年京津冀城市群以及 2000~2010 年北京、天津和唐山城市化的状况、扩展过程、强度及其生态环境影响；②1980~2010 年京津冀城市群以及 2000~2010 年北京、天津和唐山生态系统与环境质量状况及变化；③1980~2010 年京津冀城市群以及 2000~2010 年北京、天津和唐山城市化的生态环境胁迫与效应；④京津冀城市群城市化趋势及其生态环境问题与对策。

(1) 1980~2010 年京津冀城市群和 2000~2010 年北京、天津和唐山城市化的状况、扩展过程、强度及其生态环境影响

利用 1980 年、1990 年、2000 年、2005 年和 2010 年的遥感、土地利用和地面调查数据，分析和评价 1980~2010 年京津冀城市群以及 2000~2010 年北京、天津、唐山生态系统格局的状况和变化，重点调查和分析城市化的状况、扩展过程和强度。在城市群尺度，主要基于全国生态系统遥感分类结果，通过变化检测分析和统计分析，分析京津冀城市群森林、农田、草地、湿地等生态系统类型的格局与变化，以及城市建设用地的格局与变化；重点调查与分析城市群城市建成区的空间扩展过程、面积与分布；在城市尺度，以城市不透水层提取结果为数据源，分析北京、天津、唐山建成区不透水地面与城市绿地、湿地等

透水地面的分布与变化。

(2) 1980 ~ 2010 年京津冀城市群和 2000 ~ 2010 年北京、天津和唐山生态系统与环境质量状况及变化

根据京津冀城市群和北京、天津、唐山建成区生态环境遥感分类结果,结合地面调查,并利用统计和环境监测数据,调查和分析城市群和重点城市建成区两个尺度上不同生态系统类型的面积、分布及其变化,尤其是湿地面积的变化。调查和分析京津冀城市群和北京、天津、唐山建成区生物多样性的变化。重点调查和分析京津冀城市群及北京、天津、唐山城市建成区大气环境和水环境质量的状况与变化:①调查和分析区域和城市两个尺度上大气污染的状况和变化,以及相关气体排放量的变化趋势,揭示大气污染的驱动因子和产生机制;②调查和分析城市群与重点城市建成区水环境状况,水质污染的分布、来源、程度及性质,分析其与生态系统格局和变化的相互关系。

根据城市化区域及建成区生态环境特征和变动趋势,建立区域与城市两个尺度的生态环境综合质量评价方法与指标,对 1980 ~ 2010 年城市群区域和 2000 ~ 2010 年重点城市的生态质量、环境质量及生态环境质量进行综合评价;通过对比分析不同年份的评价结果,得到京津冀城市群近 30 年和北京、天津、唐山 10 年间生态环境质量的变化,刻画和阐明城市群生态环境在两个尺度上的质量特征及演变。

(3) 1980 ~ 2010 年京津冀城市群和 2000 ~ 2010 年北京、天津和唐山城市化的生态环境胁迫与效应

从京津冀城市群和北京、天津、唐山重点城市两个尺度,分析城市化与区域和城市生态环境变化的关系,阐明城市化过程的生态环境影响和胁迫,从生态系统破坏、资源能源消耗、大气环境污染、水环境污染、固体废弃物排放及城市热岛效应等方面评估京津冀城市群和北京、天津、唐山城市化的生态环境效应强度和格局。

(4) 京津冀城市群城市化趋势及其生态环境问题与对策

分析京津冀城市群城市化趋势及其生态环境问题,揭示城市化过程产生的生态环境问题的特点,辨识城市生态环境问题形成与发展的关键驱动力,提出相应的生态环境管理对策。

2.2 研究框架

根据调查评价目标和内容,首先设计了调查和评价指标体系,在城市群和重点城市两个层次上,设计了 6 套指标体系,建立了 5 个方面的调查指标体系,通过指标筛选和构建新指标,建立了评价指标体系。最后设计了以数据收集与预处理、信息提取、综合分析和成果产出为主线的总体技术路线。

(1) 调查和评价指标体系

根据调查和评价目标,从自然条件、社会经济与资源、城市扩张、生态质量、环境质量 5 个方面选择调查指标,以充分了解京津冀城市群和重点城市生态系统及环境质量的各方面特征,建立我国城市群生态环境信息基础数据库,为我国区域生态环境变化及其驱动力分析、城市化生态环境问题辨识、生态环境管理政策和制度建设提供基础性信息支撑

(表 2-1)。在调查指标的基础上, 筛选一定数量的指标或组建一定数量的新指标来评价京津冀城市群区域与重点建成区的生态环境综合质量及其效应。指标框架包括自然条件、社会经济与资源、城市扩张与建成区格局特征、生态质量、环境质量 5 个方面 (表 2-2)。

表 2-1 京津冀城市群生态环境状况调查内容与指标

序号	调查内容	调查指标	数据来源
1	自然条件	①年均气温; ②年极端最高气温; ③年极端最低气温; ④月平均气温; ⑤月极端最高气温; ⑥月极端最低气温	气象部门
		①年均降水量; ②月均降水量; ③多年平均降水量; ④逐月多年平均降水量	地面气象站监测数据
		①地表水资源量 (主要河流、湖泊、水库年均水位与流量); ②地下水资源量	统计数据
2	社会经济与资源	行政区国土面积	遥感数据
		①人口总数; ②城市与乡村人口; ③户籍与常住人口	统计数据
		①国民生产总值; ②分产业产值与结构	统计数据
		城市建成区面积及分布	统计数据、遥感数据
		①各等级公路长度及分布状况; ②各类型铁路及分布; ③港口规模及分布	交通图件、统计数据
		①社会用水量; ②分行业用水量	水利统计
		能源消费总量; 第一产业、第二产业、第三产业	统计数据
3	城市扩张与建成区格局特征	不透水地面 (按人工建筑和道路分类) 面积与分布	遥感数据 (全国+京津冀城市群)
4	生态质量	各类生态系统的面积、比例、斑块大小、多样性、斑块密度和连接度	遥感数据 (全国)
		生物量	NDVI (归一化植被指数) 数据+遥感获取的植被分布
		①不同程度风蚀土壤侵蚀面积与分布; ②不同程度水蚀土壤侵蚀面积与分布	遥感数据 (全国)
		绿地类型、面积与分布	遥感数据 (全国)
		地表温度分布图	遥感数据 (京津冀城市群)