



“中国森林生态系统连续观测与清查及绿色核算”系列丛书

王 兵 ■ 主编

山东省济南市森林与湿地 生态系统服务功能研究

李景全 牛 香 曲国庆 等 ■ 著
黄龙生 商 凯 李传文



中国林业出版社



“中国森林生态系统连续观测与清查及绿色核算”系列丛书

王 兵 ■ 主编

山东省济南市森林与湿地 生态系统服务功能研究

李景全 牛 香 曲国庆 等 ■ 著
黄龙生 商 凯 李传文



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

山东省济南市森林与湿地生态系统服务功能研究 / 李景全等著.

-- 北京: 中国林业出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5038-8889-2

I. ①山… II. ①李… III. ①森林生态系统—服务功能—研究—济南②沼泽化地—生态系统—服务功能—研究—济南 IV. ①S718.55②P942.521.78

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第325900号

中国林业出版社·科技出版分社

策划、责任编辑: 于界芬 于晓文

出版发行 中国林业出版社

(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

网 址 www.lycb.forestry.gov.cn

电 话 (010) 83143542

印 刷 北京卡乐富印刷有限公司

版 次 2017年3月第1版

印 次 2017年3月第1次

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 11.25

字 数 252千字

定 价 98.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《山东省济南市森林与湿地生态系统服务功能研究》

著 者 名 单

项目完成单位：

中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所

中国森林生态系统定位观测研究网络 (CFERN)

济南市林业局

济南市各县（市、区）林业（农发）局、高新区社会事业局

项目首席科学家：

王 兵 中国林业科学研究院

项目组成员：

丁访军	于秋祥	马 璟	马宪宏	王 丹	王 兵	王 慧
王协芳	王庆波	王明霞	王学文	王晓燕	王雪松	王景生
牛 香	丛日征	邢聪聪	师贺雄	曲国庆	朱海宏	乔培超
任传明	刘 兵	刘 波	刘 娜	刘 斌	刘云超	刘而功
刘胜涛	刘祖英	孙建军	孙爱宗	李传文	李连军	李英绩
李明文	李学刚	李居涛	李景全	李新奇	李增峰	杨 强
吴丽杰	宋庆丰	张 新	张玉龙	张金旺	张维康	陈传松
范志强	周 梅	房瑶瑶	孟京莲	郝 军	胡小龙	柏鲁林
姜 艳	姜富林	顾建军	徐丽娜	高 鹏	高志强	高瑶瑶
郭 慧	郭承富	郭厚利	陶玉柱	黄龙生	崔明杰	商 凯
蒋秀丽	韩 友	韩黎光	程公远	窦新宏	管清成	潘勇军
鞠丽萍	魏文俊	魏江生				



特别提示

1. 本研究依据森林生态系统连续观测与清查体系（简称：森林生态连清体系），对济南市森林生态系统服务功能进行评估，范围包括历下区、市中区、槐荫区、天桥区、历城区、长清区、章丘市、平阴县、济阳县、商河县 10 个县 / 市辖区。

2. 评估所采用的数据源包括：①森林生态连清数据集：济南市周边地市的 5 个森林生态站和辅助观测站点的长期监测数据；②森林资源连清数据集：2015 年济南市森林资源二类调查数据；③社会公共数据集：国家权威部门以及济南市公布的社会公共数据，根据贴现率将非评估年份价格参数转换为 2015 年现价。

3. 本书第三、四章，基于济南市 2015 年森林资源二类调查数据，分别评估了济南市森林生态系统服务功能的物质量和价值量；第五章，基于济南市 2012 年湿地资源调查数据，评估了全市湿地生态系统服务功能的价值量。

4. 依据中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》（LY/T 1721—2008），针对县级区域和优势树种（组）分别开展济南市森林生态系统服务功能评估，评估指标包括：涵养水源、保育土壤、固碳释氧、林木积累营养物质、净化大气环境、生物多样性保护、森林防护和森林游憩 8 类 23 项指标，并首次将济南市森林植被滞纳 TSP、PM_{2.5}、PM₁₀ 指标进行单独评估。

5. 当用现有的野外观测值不能代表同一生态单元同一目标林分类型的结构或功能时，为更准确获得这些地区生态参数，引入了森林生态功能修正系数，以反映同一林分类型在同一区域的真实差异。

6. 在价值量评估过程中，由物质量转价值量时，部分价格参数并非评估年价格参数，因此引入贴现率将非评估年价格参数换算为评估年份价格参数以计算各项功能价值量的现价。

凡是不符合上述条件的其他研究结果均不宜与本研究结果简单类比。



前言

建设生态文明的实质就是建设以资源环境承载力为基础、以自然规律为准则，以可持续发展为目标的资源节约型、环境友好型社会。党的十八大提出，要把生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。十八届三中全会提出加快建立系统完整的生态文明制度体系，十八届四中全会要求用严格的法律制度保护生态环境。十八大以来，国家尤为注重生态文明建设，因为，生态文明建设和环境保护本身就是生产力，建设生态文明，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。为此，在中共中央、国务院印发《关于加快推进生态文明建设的意见》中，要求充分认识加快推进生态文明建设的极端重要性和紧迫性，切实增强责任感和使命感，牢固树立尊重自然、顺应自然、保护自然的理念，坚持绿水青山就是金山银山。这既是落实全会精神的重要举措，也是基于我国国情作出的重要战略部署。

早在2005年，时任浙江省委书记的习近平同志在浙江安吉天荒坪镇余村考察时，就曾首次提出了“绿水青山就是金山银山”的科学论断。经过多年的实践检验，习近平总书记后来再次全面阐述了“两座山论”，即“我们既要绿水青山，也要金山银山。宁要绿水青山，不要金山银山，而且绿水青山就是金山银山”。这三句话从不同角度阐明了发展经济与保护生态二者之间的辩证统一关系，既有侧重又不可分割，构成有机整体。“金山银山”与“绿水青山”这“两座山论”，正在被海内外越来越多的人所知晓和接受。习总书记在国内国际很多场合，以此来阐明生态文明建设的重要性，为美丽中国指引方向。

2012年年初，山东省委省政府首次提出建设生态山东的重要决定。当前，山东省正处在全面建设小康社会，推进经济文化强省建设的关键时期和深化改革开放，加快转变经济发展方式的攻坚时期。山东省委省政府研究决定，凝聚全省的智慧和



力量，实施生态山东建设，全面提升生态文明水平。切实增强生态山东建设的责任感和紧迫感。在当前和今后一段时期，努力建设经济繁荣、人民富裕、环境优美、社会和谐生态山东。建设生态山东的奋斗目标是，到2020年，全省基本形成经济社会发展与资源环境承载力相适应的生态经济发展格局，可持续发展能力显著增强，城乡环境质量全面改善，自然生态系统得到有效保护，生态文明观念更加牢固，人民群众富裕文明程度明显提高，率先建成让江河湖泊休养生息的示范省，努力走出一条生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。

森林生态服务功能评估成为近些年来国内外研究的热点之一。从“八五”开始，国家林业局在已有工作基础上，积极部署长期定位观测工作，不仅建立了覆盖主要生态类型区的中国森林生态系统定位研究网络（简称CFERN），对森林的生态功能进行长期定位观测和研究，获得了大量的数据，并在功能评估等关键技术上取得了重要的进展。

借助CFERN平台，“中国森林生态服务功能评估”项目组，2006年，启动“中国森林生态质量状态评估与报告技术”（编号：2006BAD03A0702）“十一五”科技支撑计划；2007年，启动“中国森林生态系统服务功能定位观测与评估技术”（编号：200704005）国家林业公益性行业科研专项计划，组织开展森林生态服务功能研究与评估测算工作；2008年，参考国际上有关森林生态服务功能指标体系，结合我国国情、林情，制定了《森林生态系统服务功能评估规范（LY/T1721—2008）》，并对“九五”“十五”期间全国森林生态系统涵养水源、固碳释氧等主要生态服务功能的物质量进行了较为系统、全面的测算，为进一步科学评估森林生态系统的价值量奠定了数据基础。

2009年11月17日，国务院新闻办举行了第七次全国森林资源清查新闻发布会，国家林业局贾治邦局长首次公布了我国6项森林生态系统服务功能价值量合计每年达10.01万亿元，相当于全国GDP总量的1/3。评估结果更加全面地反映了森林的多种功能和效益。2015年，由国家林业局和国家统计局联合启动并下达的“生态文明制度构建中的中国森林资源核算研究”项目的研究成果显示，全国森林生态系统服务功能年价值量达12.68万亿元，相当于2013年全国GDP总量（56.88万亿元）



的 23.00%，与第七次全国森林资源清查期末相比，增长了 27.00%。该项研究核算方法科学合理、核算过程严密有序，内容也更为全面。在此基础上，目前省级层面上，如安徽、吉林、黑龙江等省份陆续完成了相应的森林生态系统服务功能评估工作，并且取得了良好的效果，为各自所在省份的生态文明建设提供了有力的科学支撑。

济南市位于山东省腹地，是山东半岛与华东、华北和中西部地区联结的重要门户，也是全国交通、信息大通道的重要枢纽，在承接产业转移、配置生产要素、拓展经济腹地、提高综合实力等方面享有得天独厚的优势和条件。济南还是齐鲁文化的交汇地，拥有独特的泉城风貌，正在不断完善城市基础设施、提升服务功能、优化生态环境，并依托泉城文化努力将济南发展成为宜居的生态文化城市。截止到 2015 年年底，济南市林业用地面积为 28.29 万公顷，占全市总土地面积的 34.60%，其中，有林地面积为 24.46 万公顷，占全市总土地面积的 29.91%，全市森林覆盖率达到 35.24%。湿地总面积 2.20 万公顷，占全市总面积的 2.69%。自 2010 年济南市政府作出创建国家森林城市的部署，5 年间共投入创建资金 140 亿元，新造林 108 万亩，建设绿色通道 2855 千米，建设河道景观带 328 千米，新建和晋升市级以上森林公园 23 处、湿地公园 17 处。2015 年，济南市被全国绿化委员会、国家林业局正式授予“国家森林城市”称号。

为了客观、动态、科学地评估济南市森林与湿地生态系统服务功能，准确量化森林与湿地生态系统服务的物质量和价值量，提升林业在济南市国民经济和社会发展中的地位，济南市林业局组织启动了此次评估工作，以中国森林生态系统定位观测研究网络（CFERN）为技术依托，项目组结合济南市森林与湿地资源实际情况，运用森林生态系统连续观测与定期清查体系，以济南市林业局 2015 年发布的森林资源二类调查数据为基础，以 CFERN 多年连续观测数据、国家权威部门和山东省及济南市发布的公共数据和中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范（LY/T1721—2008）》为依据，采用分布式测算方法，从物质量和价值量两方面，首次对济南市森林生态系统服务进行了效益评价。并以第二次全国湿地资源调查中的济南市湿地资源数据为基础，对济南市湿地生态系统服务功能价值量进行了评估。



本次评估结果显示：截止到 2015 年年底，济南市林业生态系统服务总价值量 288.62 亿元 / 年，相当于 2015 年济南市 GDP 的 4.65%，其中，森林生态系统服务总价值为 264.41 亿元 / 年，湿地生态系统服务总价值为 24.21 亿元 / 年。因此，本次评估既是一项反映济南市生态建设成果的工作，也是检验济南市林业发展成就最直观和最好的方法。

本研究报告充分反映了济南市林业生态建设成果，将有助于确定森林与湿地在济南生态环境建设中的主体和作用，并有助于济南市开展森林资源资产负债表的编制工作，以及推动生态效益科学量化补偿和“生态 GDP”核算体系的构建，进而推进济南市林业走向森林与湿地生态、经济、社会三大效益统一的科学发展道路，为实现习近平总书记提出的林业工作“三增长”目标提供技术支撑，并对构建生态文明制度、全面建设小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦不断创造更好的生态条件，帮助人们把“绿水青山值多少金山银山”这笔账核算得更清楚。

编 者

2017 年 2 月



目 录

前 言

第一章 济南市森林生态系统连续观测与清查体系

第一节 野外观测技术体系 2

第二节 分布式测算评估体系 4

第二章 济南市自然资源概况

第一节 自然地理概况 26

第二节 社会经济概况 32

第三节 旅游资源概况 32

第四节 森林资源概况 33

第五节 湿地资源状况 42

第三章 济南市森林生态系统服务功能物质量评估

第一节 济南市森林生态系统服务功能物质量评估结果 44

第二节 济南市各县 / 市辖区森林生态系统服务功能物质量评估结果 49

第三节 济南市不同优势树种（组）生态系统服务功能物质量评估结果 70

第四章 济南市森林生态系统服务功能价值量评估

第一节 济南市森林生态系统服务功能价值量评估总结果 84

第二节 济南市各县 / 市辖区森林生态系统服务功能价值量评估结果 85

第三节 济南市不同优势树种（组）生态系统服务功能价值量评估结果 100

第五章 济南市湿地生态系统服务功能价值量评估

第一节 济南市湿地生态系统服务功能价值量评估方法 109

第二节 济南市湿地生态系统服务功能价值量评估结果 115

第三节 济南市湿地存在的问题及对策建议 120



第六章 济南市森林生态系统服务功能的综合影响分析

第一节	济南市生态 GDP 核算	122
第二节	济南市森林生态效益科学量化补偿研究	127
第三节	济南市森林资源资产负债表编制研究	129
参考文献		147
名词术语		153
附表		155
表 1	IPCC 推荐使用的木材密度 (D)	155
表 2	不同树种组单木生物量模型及参数	155
表 3	IPCC 推荐使用的生物量转换因子 (BEF)	156
表 4	济南森林生态系统服务评估社会公共数据表 (2015 年推荐使用价格)	157
附件 相关媒体报道		159
一项开创性的里程碑式研究		159
生态数据诠释龙江绿水青山巨大价值		165

第一章

济南市森林生态系统连续观测与清查体系

济南市森林生态系统服务评估基于济南市森林生态系统连续观测与清查体系（图 1-1），（简称济南市森林生态连清体系），是指以生态地理区划为单位，依托国家现有森林生态系统国家定位观测研究站（简称森林生态站）和济南市内的其他林业监测点，采用长期定位观测技术和分布式测算方法，定期对济南市森林生态系统服务进行全指标体系观测与清查，它与济南市森林资源二类调查数据相耦合，评估一定时期和范围内的济南市森林生态系统服务，进一步了解其市内森林生态系统服务的动态变化。

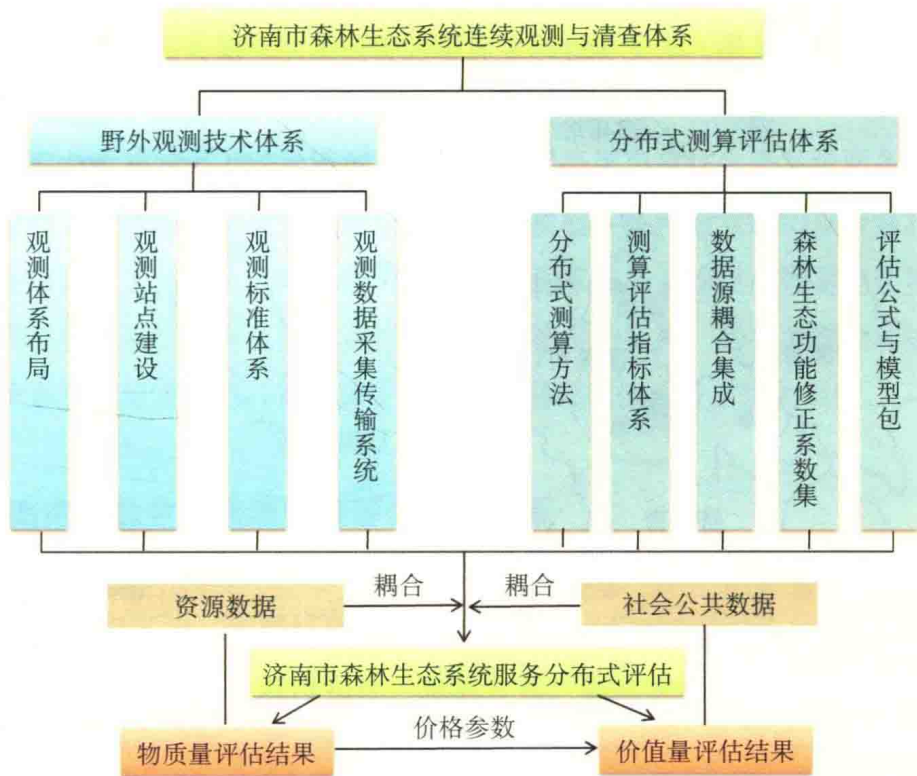


图 1-1 济南市森林生态系统连续观测与清查体系框架



第一节 野外观测技术体系

一、济南市森林生态系统服务监测站布局与建设

野外观测技术体系是构建济南市森林生态连清体系的重要基础，为了做好这一基础工作，需要考虑如何构架观测体系布局。国家森林生态站与济南市内各类林业监测点作为济南市森林生态系统服务监测的两大平台，在建设时坚持“统一规划、统一布局、统一建设、统一规范、统一标准，资源整合，数据共享”原则。

森林生态站网络布局是以典型抽样为指导思想，以全国水热分布和森林立地情况为布局基础，选择具有典型性、代表性和层次性明显的区域完成森林生态网络布局。首先，依据《中国森林立地区划图》和《中国地理区域系统》两大区划体系完成中国森林生态区，并将其作为森林生态站网络布局区划的基础。同时，结合重点生态功能区、生物多样性优先保护区，量化并确定我国重点森林生态站的布局区域。最后，将中国森林生态区和重点森林生态站布局区域相结合，作为森林生态站的布局依据，确保每个森林生态区内至少有一个森林生态站，区内如有重点生态功能区，则优先布设森林生态站。

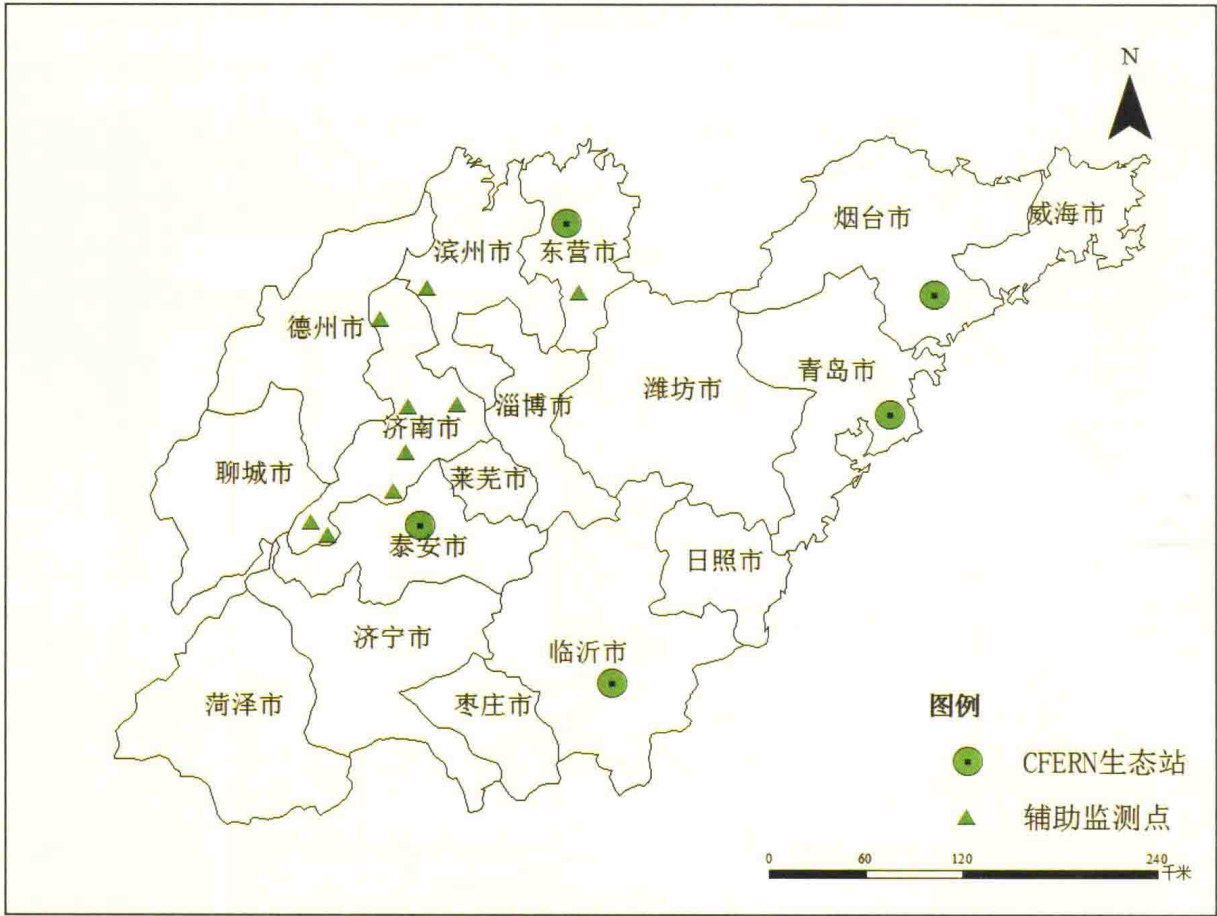


图 1-2 济南市森林生态系统服务监测站点分布



由于自然条件、社会经济发展状况等不尽相同，因此在监测方法和监测指标上应各有侧重。目前，依据山东省 17 个市级行政区的自然、经济、社会的实际情况，将山东省分为 3 个大区，即鲁西北平原区（东营市、滨州市、德州市、聊城市）、鲁中南山地丘陵区（济南市、菏泽市、淄博市、莱芜市、潍坊市、泰安市、枣庄市、临沂市、济宁市、日照市）和鲁东丘陵区（烟台市、威海市、青岛市），对山东省森林生态系统服务监测体系建设进行了详细科学的规划布局。为了保证监测精度和获取足够的监测数据，需要对其中每个区域进行长期定位监测。山东省森林生态系统服务监测站的建设首先要考虑其在区域上的代表，选择能代表该区域主要优势树种（组），且能表征土壤、水文及生境等特征，交通、水电等条件相对便利的典型植被区域。为此，项目组和山东省相关部门进行了大量的前期工作，包括科学规划、站点设置、合理性评估等。

森林生态站作为济南市森林生态系统服务监测站，在济南市森林生态系统服务评估中发挥着极其重要的作用。这些森林生态站中，有分布在济南市北部的黄河三角洲森林生态站（东营市）、南部的泰山森林生态站（泰安市）和临沂森林生态站（临沂市）、东部的昆嵛山森林生态站（烟台市）和青岛森林生态站（青岛市）。此外，在济南市境内及周边地区还有一系列的辅助监测站点和实验样地，主要包括由山东农业大学、山东师范大学等科研院所在济南市南部山区或北部黄河滩地建立的实验样地。

目前山东省的森林生态站和辅助站点在布局上能够充分体现区位优势和地域特色，兼顾了森林生态站布局在国家和地方等层面的典型性和重要性，已形成层次清晰、代表性强的森林生态站网，可以负责相关站点所属区域的森林生态连清工作（图 1-2），同时对济南市森林生态长期监测也起到了重要的服务作用。

借助上述森林生态站以及辅助监测点，可以满足济南市森林生态系统服务监测和科学研究需求。随着政府对生态环境建设形势认识的不断发展，必将建立起山东省森林生态系统服务监测的完备体系，为科学全面地评估济南市乃至山东省林业建设成效奠定坚实的基础。同时，通过各森林生态系统服务监测站点作用长期、稳定的发挥，必将为健全和完善国家生态监测网络，特别是构建完备的林业及其生态建设监测评估体系做出重大贡献。

二、济南市森林生态连清监测评估标准体系

济南市森林生态连清监测评估所依据的标准体系包括从森林生态系统服务监测站点建设到观测指标、观测方法、数据管理乃至数据应用各个阶段的标准（图 1-3）。济南市森林生态系统服务监测站点建设、观测指标、观测方法、数据管理及数据应用的标准化保证了不同站点所提供济南市森林生态连清数据的准确性和可比性，为济南市森林生态系统服务评估的顺利进行提供了保障。

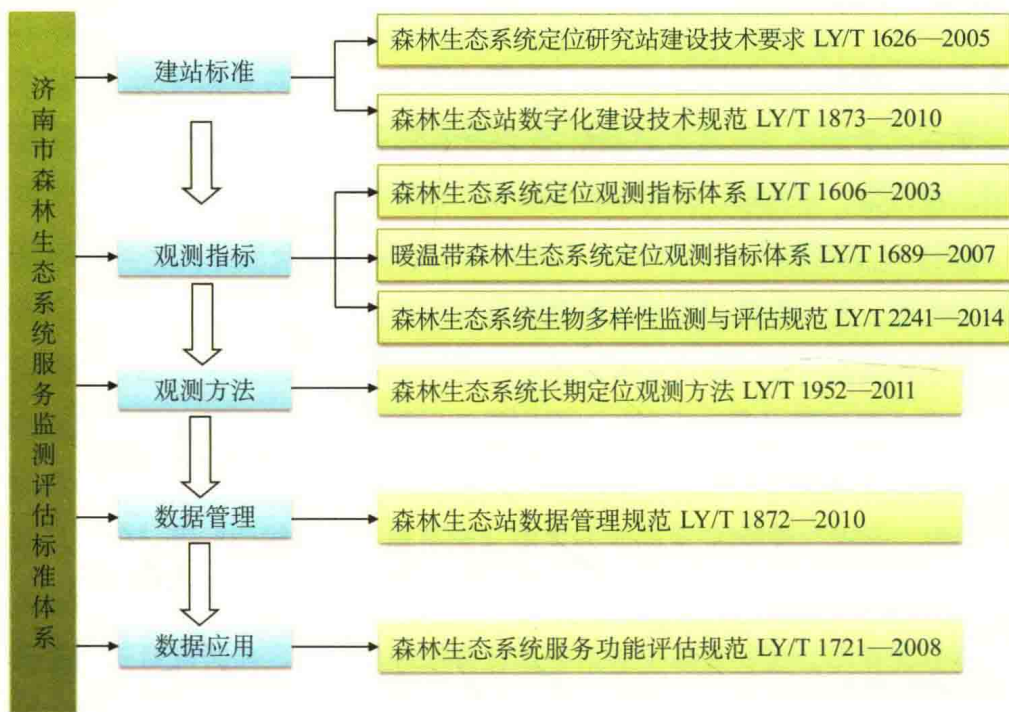


图 1-3 济南市森林生态服务连清监测评估标准体系

第二节 分布式测算评估体系

一、分布式测算方法

分布式测算源于计算机科学，是研究如何把一项整体复杂的问题分割成相对独立运算的单元，并将这些单元分配给多个计算机进行处理，最后将计算结果综合起来，统一合并得出结论的一种科学计算方法（Hagit Attiya, 2008）。

最近，分布式测算项目已经被用于使用世界各地成千上万位志愿者的计算机的闲置计算能力，来解决复杂的数学问题如 GIMPS 搜索梅森素数的分布式网络计算和研究寻找最为安全的密码系统如 RC4 等，这些项目都很庞大，需要惊人的计算量，而分布式计算研究如何把一个需要非常巨大计算能力才能解决的问题分成许多小的部分，然后把这些部分分配给许多计算机进行处理，最后把这些计算结果综合起来得到最终的结果。随着科学的发展，分布式计算已成为一种廉价的、高效的、维护方便的计算方法。

森林生态系统服务功能的测算是一项非常庞大、复杂的系统工程，很适合划分成多个均质化的生态测算单元开展评估（Niu 等，2013）。因此，分布式测算方法是目前评估森林生态系统服务所采用的较为科学有效的方法，通过诸多森林生态系统服务功能评估案例也证实了分布式测算方法能够保证结果的准确性及可靠性（牛香等，2012）。

基于分布式测算方法评估济南市森林生态系统服务功能的具体思路为：首先将济南市按照县 / 市辖区将济南市划分为历下区、市中区、槐荫区、天桥区、历城区、长清区、章丘

市、平阴县、济阳县、商河县等 10 个一级测算单元；每个一级测算单元又按不同优势树种（组）划分为柏类、落叶松、松类、栎类、刺槐、白杨类、黑杨类、泡桐、经济林、灌木林、竹林、其他等 12 个二级测算单元；每个二级测算单元再按龄组划分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林 5 个三级测算单元，再结合不同立地条件的对比观测，最终确定了 600 个相对均质化的生态服务功能评估单元（图 1-4）。

基于生态系统尺度的生态服务功能定位实测数据，运用遥感反演、过程机理模型等先进技术手段，进行由点到面的数据尺度转换，将点上实测数据转换至面上测算数据，即可得到各生态服务功能评估单元的测算数据。①利用改造的过程机理模型 IBIS（集成生物圈模型），输入森林生态站各样点的植物功能型类型、优势树种组、植被类型、土壤质地、土壤养分含量、凋落物储量以及降雨、地表径流等参数，依据中国植被图或遥感信息，推算各生态服务功能评估单元的涵养水源生态功能数据、保育土壤生态功能数据和固碳释氧生态功能数据。

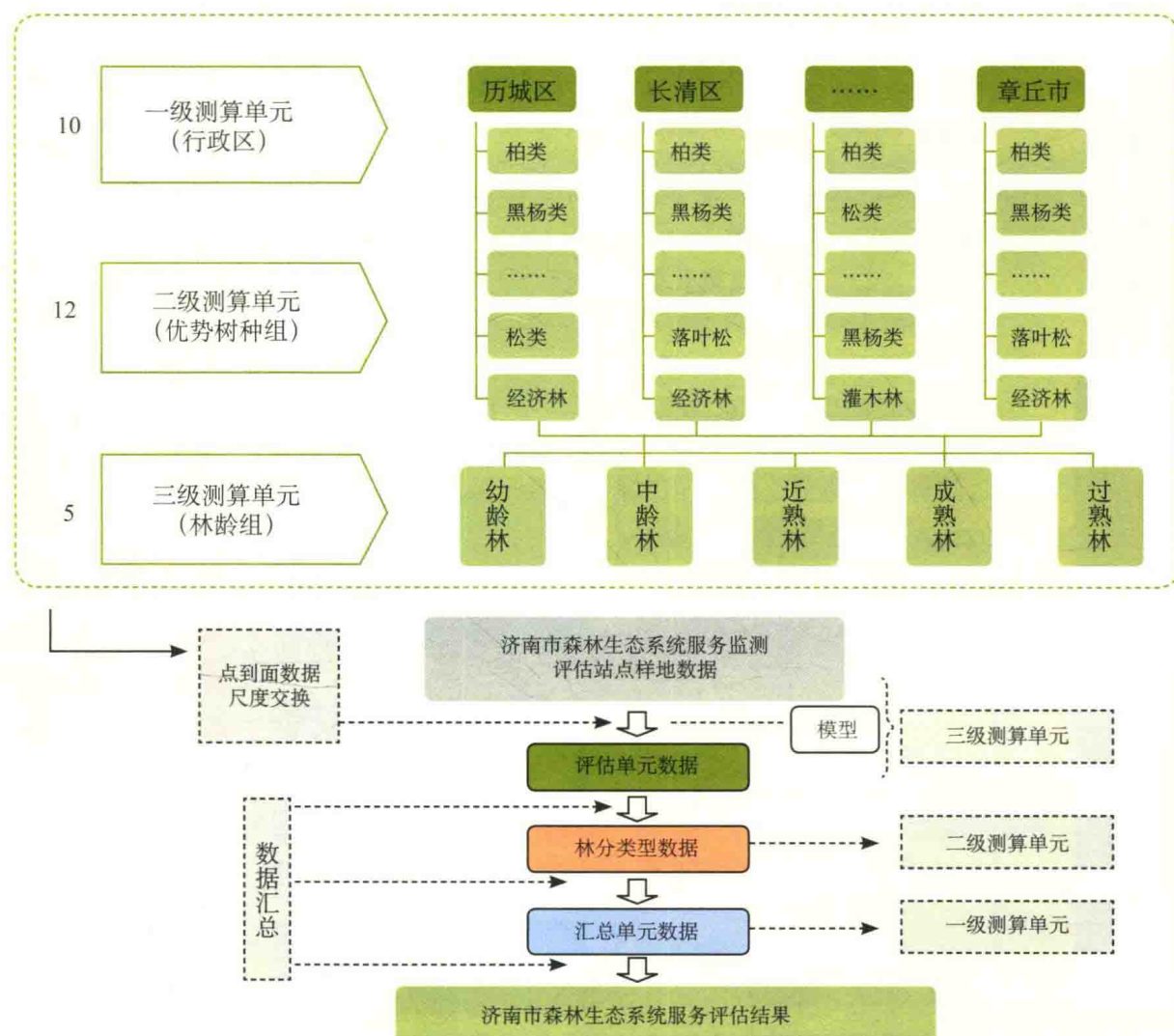


图 1-4 济南市森林生态系统服务分布式测算方法



②结合森林生态站长期定位观测的监测数据和济南市年森林资源档案数据（蓄积量、树种组成、龄组等），通过筛选获得基于遥感数据反演的统计模型，推算各生态服务功能评估单元的林木积累营养物质生态功能数据和净化大气环境生态功能数据。将各生态服务功能评估单元的测算数据逐级累加，即可得到济南市森林生态系统服务功能的最终评估结果。

二、监测评估指标体系

森林生态系统是地球生态系统的主体，其生态服务功能体现于生态系统和生态过程所形成的有利于人类生存与发展的生态环境条件与效用。如何真实地反映森林生态系统服务的效果，观测评估指标体系的建立非常重要。

在满足代表性、全面性、简明性、可操作性以及适应性等原则的基础上，通过总结近年的工作及研究经验，本次评估选取的测算评估指标体系主要包括涵养水源、保育土壤、固碳释氧、林木积累营养物质、净化大气环境、森林防护、生物多样性保护和森林游憩等 8 项功能 23 个指标（图 1-5）。其中，降低噪音等指标的测算方法尚未成熟，因此本研究未涉及它们的功能评估。基于相同原因，在吸收污染物指标中不涉及吸收重金属的功能评估。

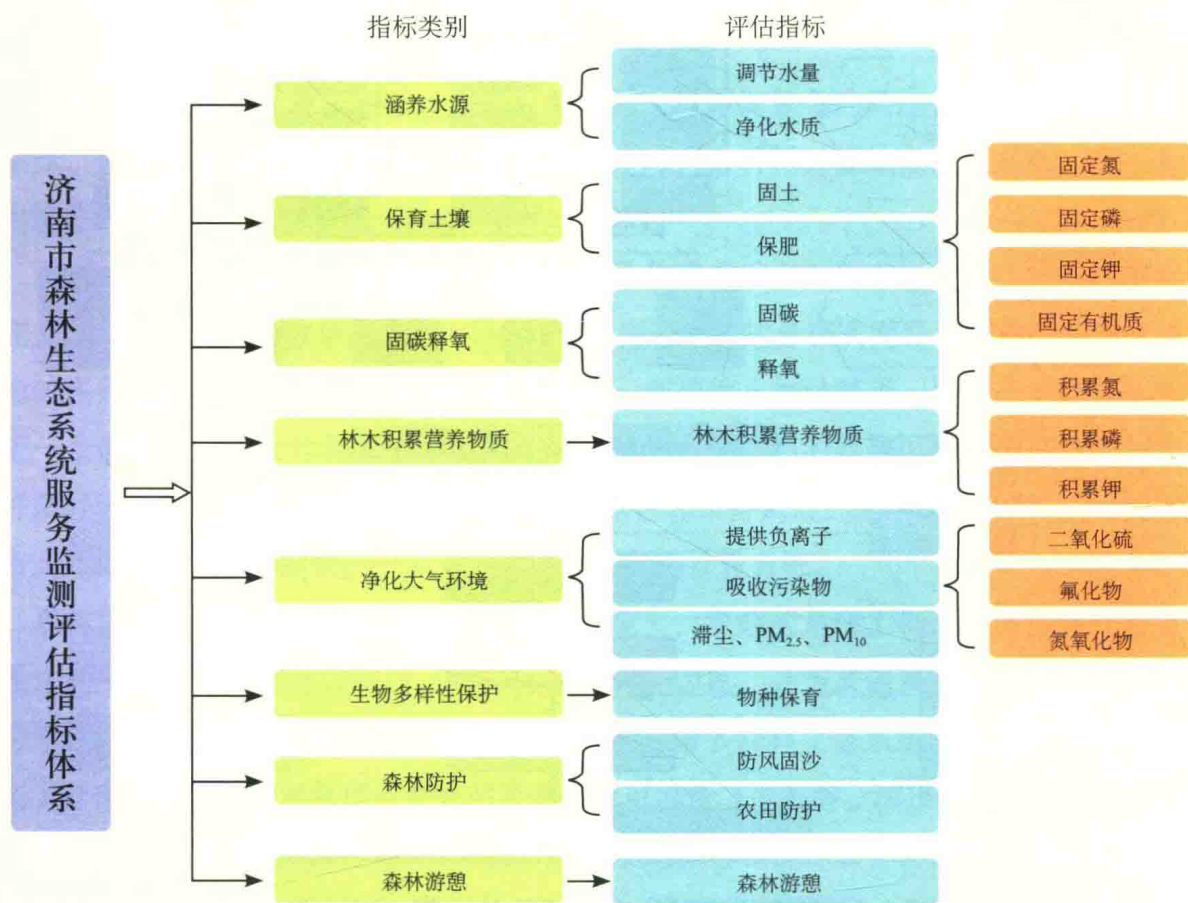


图 1-5 济南市森林生态系统服务测算评估指标体系