图书在版编目—建议数据

智能环境监测 / 叶林安 施美霞 等著 . —澳门:

澳门科学出版社，2026.11

ISBN 978-99996-58-26-3

Ⅰ. ①智… Ⅱ . ①叶…②施… Ⅲ . ①环境科学、环境监测

Ⅳ . ① X83

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

智能环境监测

叶林安 施美霞 等著 ISBN 978-99996-58-26-3

责任编辑：彭 俊

责任校对：陈斯若

装帧设计：何幸祉

出版发行：澳门科学出版社

地　　址：澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网　　址：https://www.mospbs.com，https://moaj.mospbs.com

总　　机：+00853-62961666

印装公司：广东省盛兴彩印刷发展有限公司

开　　本：787mm×1092mm 1/16　　**印　　张**：16.5

字　　数：299 千字　　**印　　数**：1~3000

版　　次：2026 年 11 月第 1 版

印　　次：2026 年 11 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题，请联系本社销售中心。

版权所有，违者必究

主编介绍



叶林安

博士，高级工程师，海洋生态-环境科学与工程专家，自然资源-环境科学与技术专家，宁波市高级人才，美国质量协会（ASQ）注册六西格玛黑带，英国ACCA环境、社会和治理（ESG），宁波职业技术大学产业教授，中国知网评审专家库专家，智库专家库专家，中国科协专家库专家，浙江省环境保护专业政府采购评审专家。负责或参与国家自然科学基金、浙江省自然科学基金等科研项目10余项，累计在SCI、EI、核心等期刊发表学术论文50余篇，其中以第一作者或通讯作者发表学术论文30余篇，申请专利7项，软件著作8项，著作4本等成果。

副主编介绍



施美霞

博士，副教授，现任宁波职业技术大学化学工程学院环境监测技术专业主任。入选浙江省钱江人才、浙江省访问工程师、宁波市“科技副总”。工业废水处理工高级技师，工业废水处理工高级考评员，浙江省职业教育高级“双师型”教师。参与国家级专业教学资源库建设项目子项目1项，先后主持浙江省自然科学基金、浙江省博士后择优资助、宁波市自然科学基金、浙江省住房和城乡建设厅科研项目、宁波市产教融合协同育人项目、浙江省高职院校“十四五”第二批重点教材建设项目、等。获全国职业院校石油和化工类专业教师教学能力大赛高职组特等奖、全国职业院校化工装备技术类专业教师微课大赛二等奖、浙江省高职院校教学能力比赛二等奖和三等奖各一次。指导学生多次在浙江省“挑战杯”大学生创业计划竞赛中获奖。

编委会

主　编：叶林安

副主编：施美霞

编　委：宋海明　邓青辉　金职权　应泽腾
张　凯　雷　磊　陈文明　张未颖

参编单位：宁波职业技术大学
自然资源部宁波海洋中心
宁波中聘信息科技股份有限公司

前言

生态文明建设是关系中华民族永续发展的根本大计，精准、全面实时的环境监测，是污染防治、生态管控、环境决策不可或缺的基础性支撑。随着“蓝天、碧水、净土”保卫战持续深化，减污降碳协同治理、新污染物防控、全域精细化监管等新需求不断涌现，传统以人工采样、定点实验室分析、少量标准站监测为主的模式，已难以适配现代化环境治理对数据“真、准、全、快、新”的核心要求。在此背景下，物联网、传感器、边缘计算、人工智能、大数据等数字技术与环境监测深度融合，催生了智能环境监测完整技术体系，构建起天地一体、全域覆盖、自动感知、智能分析的新型监测网络，成为生态环境治理现代化的核心抓手。

2026 年正式实施的《生态环境监测条例》，明确提出建设陆海统筹、上下协同、信息共享的现代化监测网络，强制推动自动监测设备规模化联网、智能化升级。全国已建成超二十万个网格化监测点位，形成覆盖大气、水、土壤、噪声、辐射、温室气体六大介质的五级监测体系，智能监测市场保持高速增长。但产业快速扩张的同时，行业深层短板同步凸显：高端敏感材料、高精度光学与电化学传感器核心部件长期存在进口依赖，野外设备零点漂移、交叉干扰、高湿高尘环境适应性差，大规模传感器网络运维成本高、数据质控体系不完善，国产设备长期稳定性与国际先进产品仍存在差距；多部门监测数据互通壁垒、AI 污染溯源与预警模型落地难、新污染物专用感知技术不成熟等问题，制约智能监测体系效能充分释放。市场与行业亟需一本兼顾理论原理、工程实操、国产化发展的专业教材，系统梳理智能感知、数据传输、平台管控、校准运维全链条核心技术，填补跨学科知识融合的内容空白，为高校教学、行业工程实践提供完整参考。

本书立足于智能环境监测全链路技术逻辑，以感知层传感器技术为核心根基，串联数据通信、边缘计算、网络部署、智能质控、平台分析等关键模块，完整搭建“感知 — 传输 — 处理 — 应用”一体化知识框架。全书共分为十章，第一章智能环境监测绪论（叶林安）；第二章环境监测基础理论与指标体系（叶林安、施美霞）；第三章智能环境感知技术与传感器（施美霞、宋海明）；第四章数据传输与通信技术（宋海明、邓青辉）；第五章数据处理与大数据技术（邓青辉、金职权）；第六章AI在环境监测中的核心应用（叶林安、施美霞、邓青辉）；第七章系统集成与智慧环保平台建设（金职权、应泽腾、张凯）；第八章典型场景工程应用与标杆案例（应泽腾、张凯、雷磊）；第九章法规标准与合规管理（张凯、雷磊、陈文明）；第十章行业发展趋势与未来展望（叶林安、施美霞、张未颖）。全书由叶林安高级工程师统稿，施美霞副教授校稿。

与同类教材相比，本书突出工程化落地导向，所有性能参数、校准流程、布点规范均对标现行国家计量、环保行业标准，给出可直接复用的选型指标、运维周期、质控阈值，解决一线工程师设备选型、现场调试、故障处置的实际难题。明确 MEMS 微型传感、生物传感、光谱痕量检测等前沿发展方向，兼顾教学育人与产业技术升级需求，可作为环境工程、资源环境、物联网工程、自动化、生态监测等专业本科、研究生课程教材，也可供生态环境监测站运维人员、环保设备研发工程师、网格化监测项目集成商、第三方检测机构技术人员作为实操工具书；同时，环保管理、园区监管、智慧水务相关从业者，亦可通过本书系统掌握智能监测底层技术逻辑，为智慧环境管控平台建设、污染溯源执法提供技术支撑。

成书之际，衷心感谢各地生态环境监测站一线技术人员提供大量实测数据、工程案例与行业标准资料，感谢宁波经济技术开发区产教联合体项目对本书的出版支持。智能环境监测属于多学科交叉领域，传感技术、人工智能、环保标准迭代速度快，加之编者学识有限，书中难免存在疏漏与不足之处，恳请广大读者、行业同仁批评指正。期待本书能够助力环境相关专业人才培养，推动国产智能监测技术创新与规模化落地，以数字化感知技术筑牢生态环境监测根基，为美丽中国建设提供坚实技术保障。

编者

2026年8月于浙江宁波

目录

第 1 章　绪论 …… 1

1.1 环境监测的内涵与发展历程 …… 1

1.2 智能环境监测的定义、特征与体系架构 …… 6

1.3 智能环境监测的发展现状与面临的挑战 …… 13

1.4 本书的内容框架与读者对象 …… 22

1.5 本章小结 …… 28

第 2 章　环境监测基础理论与指标体系 …… 29

2.1 环境监测的基础理论 …… 29

2.2 环境质量标准与污染物排放标准体系 …… 33

2.3 典型环境要素监测指标体系 …… 39

2.4 环境监测全流程质量控制与质量保证 …… 47

2.5 本章小结 …… 54

第 3 章　智能环境感知技术与传感器 …… 55

3.1 传感器基础理论与核心性能参数 …… 55

3.2 大气环境智能感知传感器 …… 60

3.3 水环境智能感知传感器 …… 64
3.4 土壤、声与辐射环境智能感知传感器 …… 68
3.5 传感器校准与性能优化技术 …… 71
3.6 传感器网络部署、运维与国产化发展 …… 74
3.7 本章小结 …… 77
第 4 章　智能环境监测数据传输与通信技术 …… 78
4.1 智能环境监测通信体系架构与核心需求 …… 78
4.2 有线通信技术与环境监测应用 …… 81
4.3 短距离无线通信技术与环境监测应用 …… 84
4.4 广域无线通信技术与环境监测应用 …… 88
4.5 环境监测核心通信协议与数据标准化 …… 93
4.6 监测数据传输全链路安全防护体系 …… 96
4.7 通信方案选型与工程设计要点 …… 97
4.8 本章小结 …… 98
第 5 章　智能环境监测数据处理与大数据技术 …… 100
5.1 环境监测大数据基础理论与核心特性 …… 100
5.2 环境监测数据预处理核心技术 …… 104
5.3 环境监测数据存储技术与架构 …… 111
5.4 环境监测大数据计算引擎与应用 …… 115
5.5 多源环境监测数据融合技术 …… 118
5.6 环境监测数据治理与共享体系 …… 123

5.7 本章小结 …… 126

第 6 章　人工智能在环境监测中的核心应用 …… 128

6.1 人工智能在环境监测中的应用基础 …… 128

6.2 基于 AI 的传感器智能校正与故障诊断 …… 132

6.3 环境质量智能预测与重污染预警 …… 136

6.4 污染精准溯源与智能解析 …… 140

6.5 环境遥感智能解译与生态监测 …… 144

6.6 非法排污行为智能识别与执法支撑 …… 147

6.7 大语言模型在环境监测中的创新应用 …… 150

6.8 AI 模型工程化落地与合规性要求 …… 153

6.9 本章小结 …… 155

第 7 章　智能环境监测系统集成与智慧环保平台建设 …… 156

7.1 智能环境监测系统集成基础理论与规范 …… 157

7.2 前端感知系统集成设计与实施 …… 162

7.3 传输与网络系统集成 …… 167

7.4 智慧环保平台整体架构设计 …… 170

7.5 智慧环保平台核心功能模块设计 …… 174

7.6 系统工程实施、验收与运维管理 …… 179

7.7 本章小结 …… 182

第 8 章　智能环境监测典型场景工程应用与标杆案例 …… 183

8.1 城市大气环境精细化管控智能监测应用 …… 183

8.2 流域水环境智慧监管智能监测应用 …… 187
8.3 化工园区智慧环保与风险管控智能监测应用 …… 190
8.4 农村环境综合整治智能监测应用 …… 193
8.5 突发环境事件应急智能监测应用 …… 196
8.6 双碳目标下的碳排放智能监测应用 …… 199
8.7 本章小结 …… 202
第 9 章 智能环境监测法规标准与合规管理 …… 204
9.1 智能环境监测法规标准体系 …… 204
9.2 智能环境监测全流程合规管理 …… 208
9.3 环境监测数据的法律效力与证据规则 …… 214
9.4 非现场执法的合规管理 …… 218
9.5 常见合规风险与防控措施 …… 221
9.6 智能环境监测合规管理体系建设 …… 224
9.7 本章小结 …… 226
第 10 章 智能环境监测行业发展趋势与未来展望 …… 228
10.1 智能环境监测行业发展现状与核心驱动因素 …… 229
10.2 智能环境监测核心技术发展趋势 …… 232
10.3 行业应用与市场发展趋势 …… 238
10.4 行业发展面临的核心挑战与应对策略 …… 243
10.5 行业未来展望与发展建议 …… 247
10.6 全书总结 …… 251

第1章　绪论

本章导读

本章作为全书的总纲，系统梳理环境监测的发展脉络与核心内涵，明确智能环境监测的定义、核心特征与全链条体系架构，全面分析国内外智能环境监测的发展现状与核心挑战，同时介绍全书的内容框架、知识体系与适用读者对象。通过本章学习，读者可建立对智能环境监测的整体认知，理解本书的编写逻辑与学习路径，为后续章节的学习奠定理论基础。

1.1 环境监测的内涵与发展历程

1.1.1 环境监测的定义与核心使命

根据《环境监测术语》（GB/T 34299–2017）国家标准定义，环境监测是指通过对影响环境质量的代表值进行间断或连续的测定，确定环境质量（或污染程度）及其变化趋势的活动。随着生态文明建设的深入推进，环境监测的内涵已从传统的污染因子监测，拓展为涵盖环境质量监测、污染源监测、生态状况监测、辐射环境监测、碳排放监测等全要素、全领域的生态环境监测体系，是生态环境保护工作的“耳目”与“基石”，是支撑生态环境治理体系和治理能力现代化的核心基础。

环境监测的核心使命，始终围绕生态环境保护的核心需求展开，可归纳为五大核心维度，且随着治理要求的提升不断深化：

1. **环境质量现状精准评价**：通过系统化、标准化的监测，全面反映区域大气、水、土壤、声、生态等环境要素的质量状况，明确环境质量等级、主要超标因子、时空分布特征，为环境质量状况考核提供量化依据。

2. **污染源全流程监管**：对重点排污单位的污染物排放状况开展实时监测，掌握污染源的排放浓度、排放总量、排放规律，核查企业排污行为与排污许可要求的符合性，为污染源日常监管、排污总量控制提供数据支撑。

3. **环境风险超前预警**：通过对监测数据的趋势分析，识别潜在的环境风险隐患，预判污染事件的发生、发展与影响范围，提前发布预警信号，为环境风险防控、污染事件应急处置争取时间窗口，实现从“事后处置”向“事前防控”的转变。

4. **环境执法与司法支撑**：按照国家相关标准规范开展的合规监测数据，是生态环境行政执法、环境公益诉讼、环境污染刑事案件办理的核心法定证据，是落实“依法治污”的关键支撑。

5. **环境规划与政策制定优化**：基于长期、系统的监测数据，分析环境质量变化与污染治理措施、经济社会发展之间的内在关联，评估生态环境保护政策、规划的实施成效，为后续政策优化、环境规划编制提供科学依据。

近年来，随着“双碳”目标的全面推进与美丽中国建设的深入实施，环境监测的使命进一步拓展，新增了碳排放监测、生态系统碳汇监测、新污染物监测、生物多样性监测等新兴领域，对监测的精度、频次、覆盖范围与智能化水平提出了更高的要求。

1.1.2 环境监测的发展阶段：从传统到智能

全球环境监测事业的发展，始终与工业化进程、环境污染治理需求、技术进步深度绑定，整体可划分为三个核心发展阶段。我国环境监测事业起步于20世纪70年代，历经数十年的发展，完成了从无到有、从弱到强、从人工到自动、从单点到全域的跨越式发展，与全球发展趋势整体同步，同时具备鲜明的中国特色。

2019 历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases



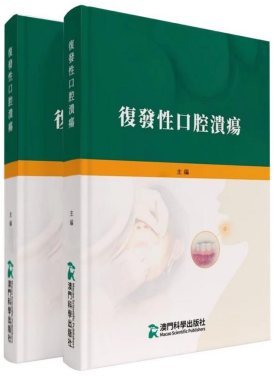
大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地**。



It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION 澳門科技總會
澳門科學出版社 Macao Scientific Publishers
澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com 电话：+853-62961666
邮箱：book@mospbs.com 邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。



全球发行 · Publishing worldwide

由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.





- 呼吸系统基本基础与临床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 临床肿瘤护理学 Clinical oncology nursing
- 感染性皮肤病学 Infectious dermatology
- 内分泌系统疾病 Endocrine system disease





- 实用小儿内科学 Practical pediatric internal medicine
- 消化系统疾病诊疗学 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 现代中医诊断学 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮肤修复与再生 Skin repair and regeneration

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION 澳門科技總會
澳門科學出版社 Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：book@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售字纸印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.

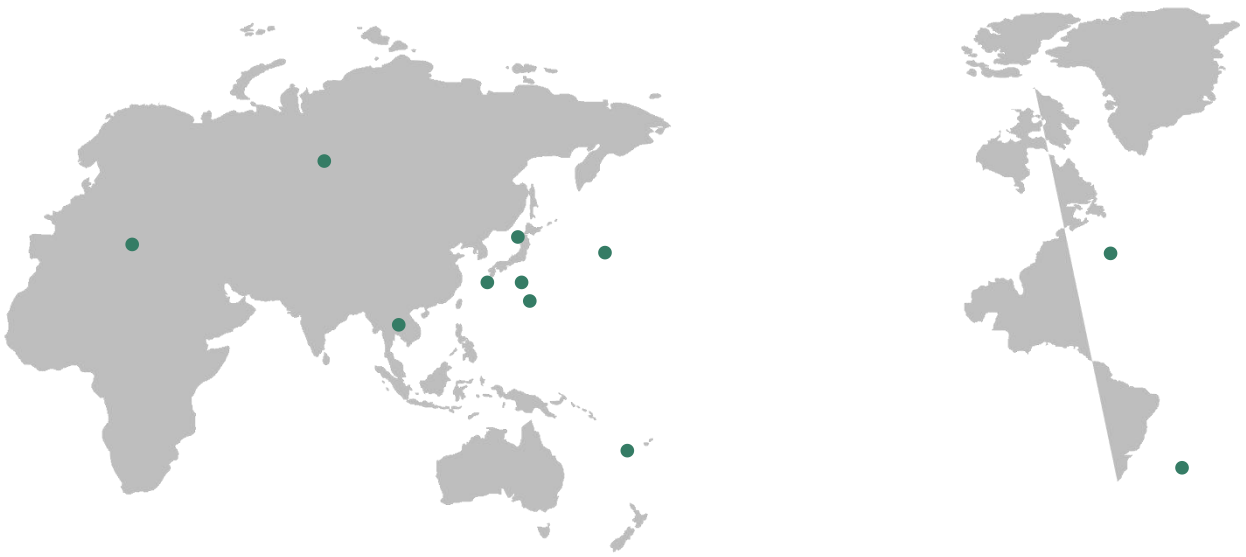


MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION 澳門科技總會
澳門科學出版社 Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：bookt@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

澳门科学出版社
MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”



正规国际出版，首选澳科出版

- **学术著作/个人作品 – 优质**
- **中华“强国文化”输出战略 – 翻译后国际出版**
- **数字教材 – 教材出书 & 数字化媒体上线**

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部
电话：0853-62961666（澳门）
邮件：book@mospbs.com
地址：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。