

“互联网+”智慧环保评价指标体系研究

刘锐^{1,2}, 刘文清³, 卫晋晋^{1,2}, 谢涛^{1,2}, 王菲^{1,2}, 李红华^{1,2}, 杨靖文³

(1. 中科宇图科技股份有限公司, 北京 100101; 2. 中科宇图资源环境科学研究院, 北京 100101;
3. 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031)

摘要: “大数据”“互联网+”等信息技术已成为推进环境治理体系和治理能力现代化的重要手段, 深入推进“互联网+”智慧环保建设是我国环境信息化发展的客观要求和理性选择, 然而, 国内尚未形成完善的“互联网+”智慧环保评价指标体系, 无法对环境信息化建设的投入和产效(产出和效益)做出客观、公正和准确的评判。本研究基于对“互联网+”智慧环保总体架构和目标内涵的解析, 遵循指标具有代表性、独立性、可理解性、可采集性、可扩展性的原则, 运用因素分析法、文献调研法和专家咨询法三种方法, 构建评价指标体系; 该指标体系共包含4个维度、14个要素、64个指标, 对引导“互联网+”智慧环保建设有序发展、促进环境信息化发展具有重要意义。

关键词: 互联网+; 智慧环保; 评价指标体系

中图分类号: F202 **文献标识码:** A

Study on the Index System for “Internet Plus” Smart Environmental Protection

Liu Rui^{1,2}, Liu Wenqing³, Wei Jinjin^{1,2}, Xie Tao^{1,2}, Wang Fei^{1,2},
Li Honghua^{1,2}, Yang Jingwen³

(1. China Sciences Mapuniverse Technology Co., Ltd., Beijing 100101, China; 2. Institute of Resources and Environment Science, MAPUNI, Beijing 100101, China; 3. Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: “Big data” “Internet Plus,” and information technology have become important means to promote environmental governance systems and governance capacity modernization. An objective requirement of the development of China’s environmental information and rational choice is to further promote “Internet Plus” smart environmental protection construction. However, China has not yet formed a suitable “Internet Plus” smart environmental protection assessment index system with which the environmental information construction investment (cost) and production efficiency (output and benefit) could be evaluated by an objective, fair, and accurate method. Based on the analysis of the overall structure and the target of “Internet Plus” smart environmental protection, following the principles of representativeness, independence, comprehensibility, collectability, and extensibility, using the method of factor analysis, literature research, and expert consultation, an assessment index system including four dimensions, 14 factors, and 64 indexes were formed. The introduction of the assessment index system should be of great significance in the guidance of the orderly development of “Internet Plus” smart environmental protection construction and in the promotion of the development of environmental protection information.

Keywords: Internet Plus; smart environmental protection; assessment index system

收稿日期: 2018-03-13; 修回日期: 2018-03-17

通讯作者: 刘锐, 中科宇图资源环境科学研究院, 院长、教授, 主要研究方向为地理信息系统与卫星遥感技术的综合应用、环境监测与管理、人工智能、环境大数据、智慧环保技术等; E-mail: liur@mapuni.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“‘互联网+’行动计划的发展战略研究”(2016-ZD-03)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

在全球新一轮科技革命和产业变革中,互联网与各领域的融合发展具有广阔前景和无限潜力,已成为不可阻挡的时代潮流,正对各国经济社会发展产生战略性和全局性的影响。国务院于 2015 年 7 月 4 日发布了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,环境保护部于 2016 年 3 月 8 日印发了《生态环境大数据建设总体方案》的通知,指出“大数据”“互联网+”等信息技术已成为推进环境治理体系和治理能力现代化的重要手段。

在这样的时代背景下,深入推进“互联网+”智慧环保建设是我国环境信息化发展的客观要求和理性选择,“智慧环保”已经成为环境信息化发展的必然趋势 [1]。然而,国内尚未形成完善的“互联网+”智慧环保评价指标体系,无法对环境信息化建设的投入和产效(产出和效益)做出客观、公正和准确的评判。因此,本研究基于对“互联网+”智慧环保定义和内涵的解析,构建“互联网+”智慧环保评价指标体系,以更具科学性、指导性的评估模式引导“互联网+”智慧环保有序建设,进一步促进环境信息化发展。

二、“互联网+”智慧环保的定义和内涵

“互联网+”可以被简单地解释为“连接一切、万物互联” [2],它被认为是与电力能源并列的“信息能源” [3]。“互联网+”把互联网的创新成果与经济社会各领域深度融合,推动技术进步、效率提升和组织变革,提升实体经济创新力和生产力,形成更广泛的以互联网为基础设施和创新要素的经济社会发展新形态。

随着“智慧地球”概念的提出,人们更加关注新技术在环保领域的智慧应用,“智慧环保”概念由此产生 [4]。智慧环保的定义有很多不同版本,但内涵基本一致,比较有代表性的是著作《智慧环保体系建设与实践》中提出的定义:“智慧环保是在原有数字环保的基础上,借助物联网技术,把感应器和装备嵌入到各种环境监控对象中,通过超级计算机和云计算将环保领域物联网整合起来,实现人类社会与环境业务系统的整

合,以更加精细和动态的方式实现环境管理和决策的智慧” [5]。

随着环境治理制度改革不断深化,将互联网与环境保护相结合,能够充分调度政府、企业、公众的资源 and 力量,实现协同创新环境治理的格局。本研究将“智慧环保”定义为:“智慧环保”是“数字环保”概念的延伸和拓展 [6],它采用“互联网”“云计算”“大数据”“物联网”等新技术,在环境监测全时空立体网络建设的基础上,推动污染源监管数据、环境质量监测数据、环境治理数据、环境产业数据的开放和共享,形成源头防控、过程监管、综合治理、全民共治的环境管理闭环,实现生态环境综合决策科学化、监管精准化和公共服务便民化,助力于环境质量的改善和环境风险防范,为人民提供更优质的生态产品。

具体而言,“互联网+”智慧环保包括环保数据资源中心层、感知/接入/通信传输层、云服务平台层、云服务应用层(见图 1),具有如下几个特征。

(1)“测得准”的智能多元化环境感知。利用传感器、多跳自组织传感器网络以及任何可以随时随地感知、测量、捕获和传递信息的设备、系统或流程,实现对环境质量、污染源、生态、辐射等环境因素“更透彻的感知”。感知层构建技术主要包括数据采集、处理技术以及传感器的部署、自组织组网和协同等,以传感器等采集感知技术、射频识别(RFID)技术、卫星遥感技术、全球定位系统、地理信息系统以及无线传感器网络技术为代表。

(2)“传得快”的高速网络传输。利用环保专网、电子政务网、卫星通信网络、互联网以及移动互联网等,将个人、企业、社团组织和环境监测与管理信息系统中储存的环境信息进行交互和共享,实现“更全面的互联互通”。

(3)“搞得清”的智慧信息处理。以云计算、虚拟化和高性能计算等技术手段,整合和分析多维度海量的跨地域、跨行业的环境信息,实现海量数据存储、实时处理、深度挖掘和模型分析,实现“更深入的智能化”。信息处理包括数据清洗、分析、挖掘与可视化展示等方面,以数据统计、同化、融合、挖掘和环境模型分析等技术为代表。

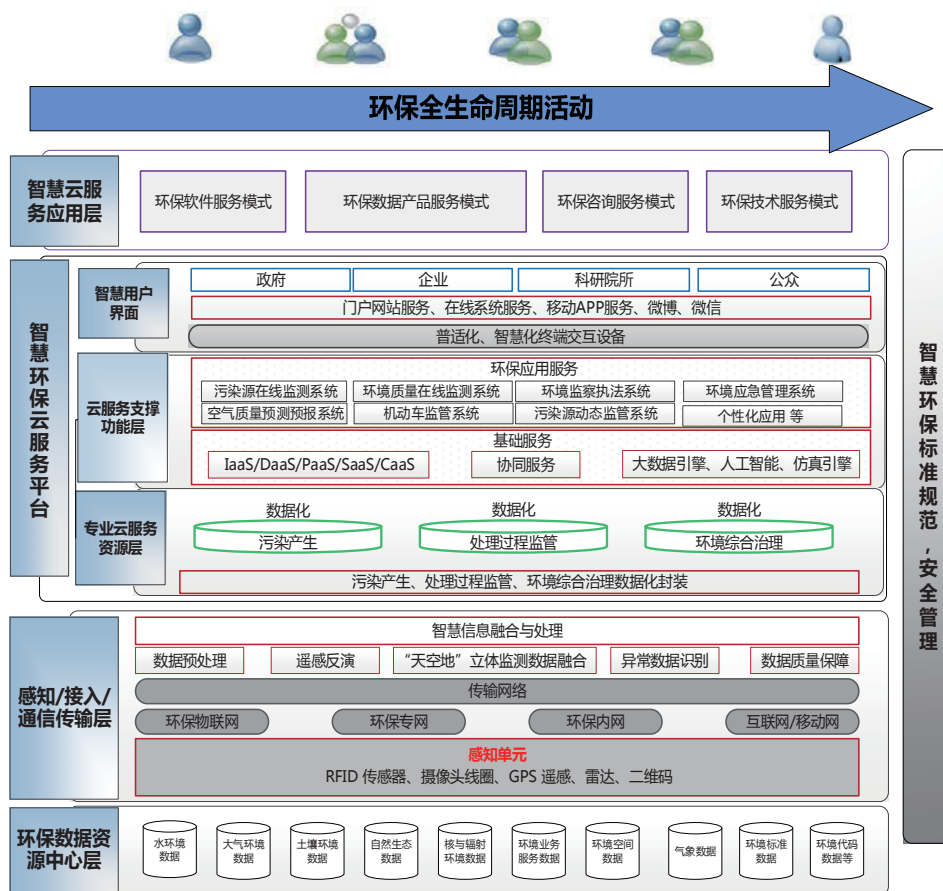


图1 “互联网+”智慧环保体系架构图

注：IaaS：基础设施即服务；DaaS：数据即服务；PaaS：平台即服务；SaaS：软件即服务；CaaS：通信即服务。

(4) “管得好”的智能管理决策和信息服务。通过业务应用软件、环保数据产品、环保咨询服务和技术服务，提供“更智慧的管理与决策支持”。具体而言，为环境质量、污染源、生态保护、核与辐射管理等环保业务应用和管理决策提供系统支持；为第三方治理和环保产业发展提供信息服务；为公众了解环境信息和参与环境保护提供信息渠道。

三、“互联网+”智慧环保评价指标体系的设计方法和原则

(一) 设计思路

建立科学合理的评价指标体系要以评价目的为出发点和落脚点，因此对“互联网+”智慧环保目标、特征等进行分解是首要问题。为此，提出以下设计思路。

首先，对“互联网+”智慧环保建设相关政策文件与文献的调研、收集和梳理相关资料。由于

“互联网+”智慧环保评价指标体系建设尚属于新的研究领域，缺少可以直接参考的文献，本文选取智慧城市、电子政务绩效等评价指标体系的建设过程进行参考。

其次，从搜集的资料中选取“互联网+”智慧环保建设所采用的指标。由于涉及的方面较多，在时间、成本等因素的约束下，从考核内容、考核指标中筛选最能反映“互联网+”智慧环保建设根本性特征的要素作为代表性指标。

最终，对各级指标进行分层和汇总，搭建出“互联网+”智慧环保评价指标体系的基本结构。

“互联网+”智慧环保评价指标体系具体的设计思路，如图2所示。

(二) 设计原则

在“互联网+”智慧环保评价指标体系的设计过程中，应遵循指标具有代表性、独立性、可理解性、可采集性和可扩展性等原则。

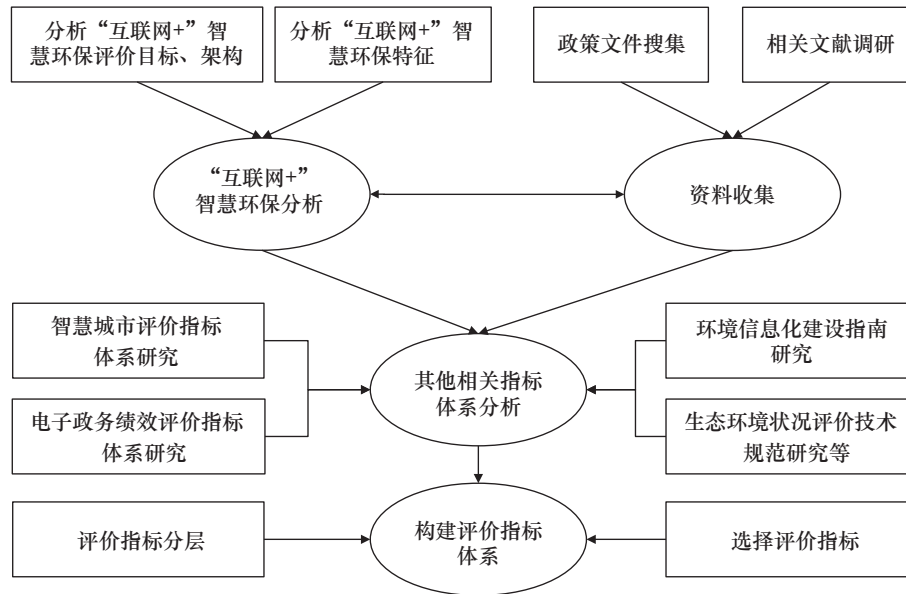


图 2 “互联网+”智慧环保评价指标体系设计思路

1. 代表性

“互联网+”智慧环保建设是一个系统工程，涵盖内容较多，涉及到环境保护和环境信息化的方方面面。评价指标在选取的过程中需要既能够较全面地反映智慧环保建设各方面的总体发展水平，又不能使所指代的内容有交叉和重叠，因此需具有代表性。

2. 独立性

独立性指的是评价指标体系中相关性大的指标仅保留一个，避免指标冗余，保持指标实质上的独立和形式上的独立。

3. 可理解性

可理解性指的是对于评价指标体系中涉及到的各个指标含义明确且易于理解，避免在使用过程中引起歧义。

4. 可采集性

可采集性指的是评价指标体系中涉及的历史和当前数据可以通过监测数据、公式计算、专家评审等方式进行采集，从而进行最终结果的计算、评价和对比。

5. 可扩展性

随着“物联网”“云计算”“大数据”“移动互联”等技术的发展，“互联网+”智慧环保的定义、总体框架、目标内涵等也在不断更新，在对“互联网+”智慧环保建设进行评价的时候需要涵

盖的内容也会不断变化，因此评价指标需要能够根据“互联网+”智慧环保的实际发展情况进行增减和修改。

（三）设计方法

“互联网+”智慧环保评价指标体系设计过程中综合运用了因素分析法、文献调研法和专家咨询法三种方法。

1. 因素分析法

从“互联网+”智慧环保建设的投入、过程和产效出发，分析“互联网+”智慧环保建设的资源投入、融合应用水平、协同创新和经济社会效益等要素，全面评价“互联网+”智慧环保建设，确定评价指标体系的整体框架。

2. 文献调研法

基于评价指标体系的整体框架，针对每一维度或要素进行智慧城市评价指标体系、电子政务绩效评价指标体系、环境信息化建设指南、生态环境状况评价等方面的文献和政策调研，提取涉及智慧环保的相关指标，明确指标来源，减小争议。

3. 专家咨询法

在“互联网+”智慧环保评价指标体系构建过程中，部分评价指标属于综合类指标（如环境监察执法能力建设标准等级、环境应急处置能力建设标准等级、宏观决策能力建设标准等级、环境舆情监

测和政策引导标准等级等), 需定期咨询相关领域专家, 综合专家经验与主观判断, 对评价指标体系进行调整和修正。

四、“互联网+”智慧环保评价指标体系构建

(一) 指标体系构建思路

“互联网+”智慧环保评估从投入、过程、产效三个方面进行构建, 由资源投入能力、融合应用水平、协同创新能力和经济社会效益四大维度构建。其中, 资源投入能力属于投入, 融合应用水平和协同创新能力属于过程, 经济社会效益属于产效。

1. 资源投入能力

资源投入能力重点评估“互联网+”智慧环保实施的基础条件, 主要衡量相关的投入、设施、安全保障、信息化应用等的水平与能力。资源投入能力包括要素投入、平台建设、数据资源、安全防护四个要素。

2. 融合应用水平

融合应用水平重点评估环保部门在线上线下互动、环保业务的智能应用和用户体验的情况, 主要衡量环保部门开展互联网互动、环保业务信息化应

用、用户参与等的水平和能力。融合应用水平包括设施和产品的互联网化、智能化应用、用户参与三个要素。

3. 协同创新能力

协同创新能力重点评估环保部门在内外部、不同环节开展环保业务协同和环境监管模式创新的情况, 主要衡量环保部门利用互联网手段开展内部业务协同、外部业务协同、模式创新等的水平与能力。协同创新能力包括外部资源利用、产业链整合、模式创新三个要素。

4. 经济社会效益

经济社会效益重点评估环保部门及环保企业利用互联网提高管理水平、决策水平和经济社会效益的变化情况, 主要衡量实施“互联网+”智慧环保对效率、绩效等方面的影响。经济社会效益包括政策环境、竞争力、经济效益、社会价值四个要素。

本研究中, “互联网+”智慧环保评价指标体系包括目标层、维度层、要素层和指标层(见图3)。

(二) 指标的提出依据

“互联网+”智慧环保评价指标体系中提出的指标尽量从相关政策文件和文献中选取, 以避免争

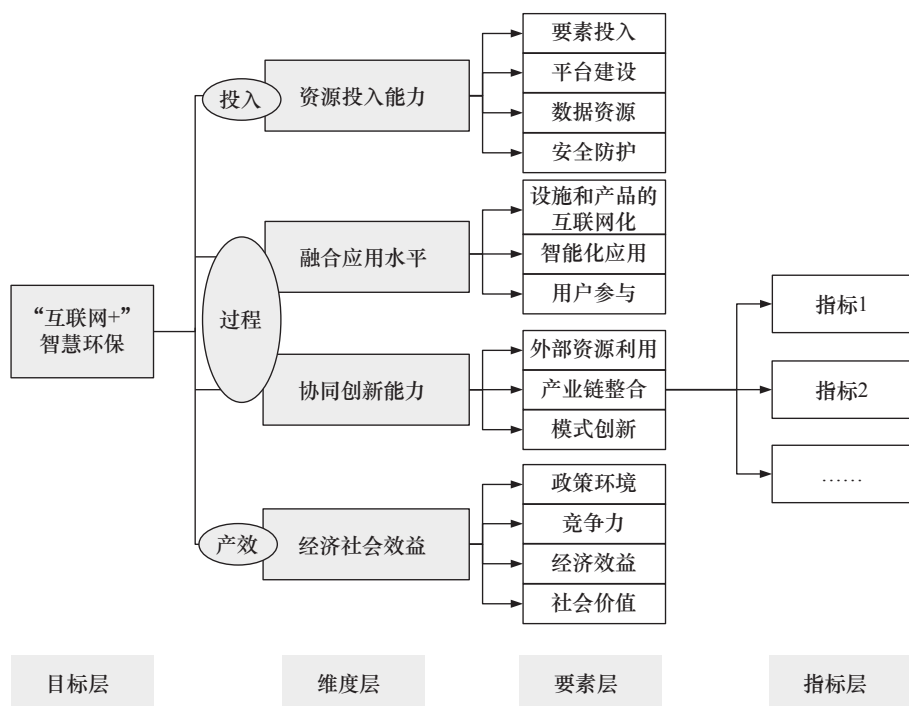


图3 “互联网+”智慧环保指标体系构建思路

议。然而, 由于相关内涵的不断扩展与技术的不断进步, 仍有文件和文献中少有提及的指标, 则尽量采用总结归纳的方法提出。

“互联网+”智慧环保评价指标体系中参考的相关政策文件和文献, 如表 1 所示。

(三) “互联网+”智慧环保评价指标体系

基于对“互联网+”智慧环保总体架构和目标内涵的分析, 在遵循代表性、独立性、可理解性、可采集性、可扩展性等设计原则的基础上, 综合运用因素分析法、文献调研法和专家咨询法, 参考智慧城市、电子政务绩效评价、环境信息化建设指南、生态环境状况评价等相关政策文件和文献, 经过多次专家咨询建议, 形成一套“互联网+”智慧环保评价指标体系, 共包含 4 个维度, 14 个要素, 64 个指标, 如表 2 所示。

五、结语

建立“互联网+”智慧环保体系, 将大力推动我国环保人员、技术、数据、产品等各类创新资源和创新要素的优化配置, 引发生态环境监管体制的

持续变革, 推动我国环保事业的健康发展, 助力美丽中国的建设。

本研究基于《“互联网+”智慧环保战略研究》项目, 以促进国家生态环境部门及地方生态环境保护单位智慧环保体系建设为目标, 在对基于互联网的智慧环保体系评价目标、架构、特征等进行分解的基础上, 参考智慧城市、电子政务绩效、环境信息化建设指南、生态环境状况评价技术规范等相关文献和政策文件, 从投入、过程和产效三个方面选取智慧环保建设所采用的评价指标, 构建了包括 4 个维度、14 个要素、64 个指标的智慧环保评价指标体系, 对智慧环保良性建设与发展具有一定的引导意义。

本研究评价指标主要以相关政策文件要求为依据提出, 随着生态环境监管体制创新、技术创新以及国家政策引导性的加强, “互联网+”智慧环保评价指标体系将得以进一步完善。此外, 本研究提出部分指标尚不能够完全定量化, 仍需要依靠专家分析评判得以定量。未来, 本研究可在对全国智慧环保建设工程调查分析的基础上, 进一步推进“互联网+”智慧环保评价方法的建立, 提高本研究的实用价值, 为全国的智慧环保建设提供指导和建议。

表 1 “互联网+”智慧环保评价指标提出的依据

政策或文献	维度	要素
《全国地方环保系统环境信息机构规范化建设标准》	资源投入能力	要素投入
《环境信息能力建设技术指南》	资源投入能力	平台建设
《新型智慧城市评价指标 (2016 年)》	融合应用水平	设施和产品的互联网化
	资源投入能力	数据资源
《全国环境监察标准化建设标准》	融合应用水平	设施和产品的互联网化
	资源投入能力	数据资源
《信息通信行业发展规划物联网分册 (2016—2020 年)》	融合应用水平	智能化应用
	资源投入能力	数据资源
《环境信息系统安全技术规范》[7]	资源投入能力	安全防护
《“十三五”国家信息化规划》	融合应用水平	设施和产品的互联网化
《主要行业环境监察指南》《生态环境大数据平台建设方案》《全国环保部门环境应急能力建设标准》《突发事件应急能力评价指标体系建模研究》[8]	融合应用水平	智能化应用
	融合应用水平	智能化应用
《“互联网+政务服务”技术体系建设指南》	融合应用水平	用户参与
	协同创新能力	产业链整合
	经济社会效益	竞争力
《地级市电子政务绩效评估测评系统设计研究》[9]	经济社会效益	竞争力
	经济社会效益	社会价值
《生态环境状况评价技术规范》[10]	经济社会效益	社会价值

表2 “互联网+”智慧环保评价指标体系

维度	要素	评价指标	
资源投入能力	要素投入	1. 环保业务专网网络覆盖率、带宽速率达标率	
		2. 环保移动网络覆盖率、带宽速率达标率	
		3. 基础软硬件建设情况	
		4. 业务用房	
		5. 人才队伍建设情况	
		6. 资金投入情况	
	平台建设	1. 环境监测管理信息系统建设覆盖率和利用率	
		2. 污染监控管理信息系统建设覆盖率和利用率	
		3. 生态保护管理信息系统建设覆盖率和利用率	
		4. 核安全与核辐射管理信息系统建设覆盖率和利用率	
		5. 环境应急管理信息系统建设覆盖率和利用率	
		6. 环境应急指挥系统建设覆盖率和利用率	
数据资源	数据资源	1. 水质监测断面连续在线监测率	
		2. 空气监测点位连续在线监测率	
		3. 噪声连续在线监测率	
		4. 核辐射连续在线监测率	
		5. 废水连续在线监测率	
		6. 废气连续在线监测率	
		7. 污染源治污设施工况连续在线监控率	
		8. 机动车连续在线监测率	
		9. 扬尘连续在线监测率	
安全防护	安全防护	1. 环境信息物理安全防护等级	
		2. 环境信息网络安全防护等级	
		3. 环境信息主机安全防护等级	
		4. 环境信息应用安全防护等级	
		5. 环境信息数据安全与备份恢复等级	
		6. 系统建设环境安全防护等级	
		7. 系统运维环境安全防护等级	
		8. 终端与办公安全防护等级	
融合应用水平	设施和产品的互联网化	1. 环保业务专网网络互联互通率	
		2. 环境信息资源共享平台建设覆盖率和利用率	
		3. 内外网网站使用率	
		4. 移动平台使用率	
		5. 环境信息资源社会开放率	
		6. 企业事业单位环境信息公开率	
	智能化应用	智能化应用	1. 环境监察执法能力建设标准等级
			2. 环境应急处置能力建设标准等级
			3. 宏观决策能力建设标准等级
			4. 环境舆情监测和政策引导标准等级
			5. 环境信息公开平台建设标准等级
			6. 环境信息资源社会开放率
用户参与	用户参与	1. 在线办理深度	
		2. 在线服务成效度	

(续表)

维度	要素	评价指标
协同创新能力	外部资源利用	1. 环保相关外部数据资源接入情况 2. 外部基础设施利用情况 3. 外部运维服务使用情况
	产业链整合	1. 信息交互与共享程度 2. 业务协同率 3. 服务事项覆盖度
	模式创新	1. 环保管理模式创新能力(组织变革、绩效管理方式革新等) 2. 环境信息化服务模式创新能力
经济社会效益	政策环境	1. 与互联网+、智慧环保相关的政策规划 2. 与互联网+、智慧环保相关的法律法规 3. 与互联网+、智慧环保相关的标准规范
	竞争力	1. 公众满意度 2. 工作效率 3. 服务方式完备度 4. 办事指南准确度
	经济效益	1. 成本利润率 2. 销售利润率 3. 节约管理成本
	社会价值	1. 主要污染物排放强度 2. 污染源排放达标率 3. 城镇污水集中处理率 4. 空气质量达标率 5. 水质达标率 6. 集中式饮用水源地水质达标率

参考文献

- [1] 詹志明. “数字环保”到“智慧环保”——我国“智慧环保”的发展战略[J]. 环境保护与循环经济, 2012(10): 4-8.
Zhan Z M. “Digital environmental protection” to “smart environmental protection”——The development strategy of “smart environmental protection” in China [J]. Environmental Protection and Circular Economy, 2012(10): 4-8.
- [2] 马化腾, 张晓峰, 杜军. 互联网+: 国家战略行动路线图[M]. 北京: 中信出版社, 2015.
Ma H T, Zhang X F, Du J. Internet Plus: Road map of national strategic action [M]. Beijing: China Citic Press, 2015.
- [3] 马化腾. “互联网+”, 一个新的众创空间[N]. 新华日报, 2015-05-06.
Ma H T. Internet Plus: A new creation space [N]. Xinhua Daily, 2015-05-06.
- [4] 徐敏, 孙海林. 从“数字环保”到“智慧环保”[J]. 环境监测管理和技术, 2011, 23(4): 5-7.
Xu M, Sun H L. “Digital environmental protection” to “smart environmental protection” [J]. Environmental Monitoring Management and Technology, 2011, 23(4): 5-7.
- [5] 姚新, 刘锐, 孙世友, 等. 智慧环保理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
Yao X, Liu R, Sun S Y, et al. Theory and practice of intelligence and environmental protection [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2014.
- [6] 刘锐. 智慧环保: 为美丽中国建设保驾护航[J]. 中国环境管理, 2013, 5(5): 2-3.
Liu R. Smart environmental protection: Escort for the construction of beautiful China [J]. Environmental Management in China, 2013, 5(5): 2-3.
- [7] 环境保护部信息中心, 北京神州绿盟科技有限公司. HJ729—2014 环境信息系统安全技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015: 7-19.
Information Center of the Ministry of Environmental Protection of the PRC, Beijing Shenzhou Green League Science and Technology Co., Ltd. HJ729—2014 Security specification of environmental information system [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2015: 7-19.
- [8] 田依林, 杨青. 突发事件应急能力评价指标体系建模研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2008, 16(2): 200-207.
Tian Y L, Yang Q. Modeling study on evaluation index system of emergency response capability [J]. Journal of Applied Foundation and Engineering Science, 2008, 16(2): 200-207.
- [9] 王亚利, 李晓静. 地市级电子政务绩效评估测评系统设计研究[J]. 湖南科技学院学报, 2014, 35(10): 88-91.
Wang Y L, Li X J. Study on the design and evaluation system

- of municipal e-government performance evaluation [J]. Journal of Hunan University of Science and Engineering, 2014, 35(10): 88-91.
- [10] 中国环境监测总站, 环境保护部南京环境科学研究所, 上海市环境监测中心, 等. HJ/T192—2015 生态环境状况评价技术规范 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015: 3-7.
- China Environmental Monitoring Station, Environmental Protection Department of The Ministry of Environmental Protection, Nanjing Environmental Science Institute, Shanghai Environmental Monitoring Center, etc. HJ/T192—2015 Technical criterion for ecosystem status evaluation [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2015: 3-7.