

# 典型城市群的市域生态文明水平评估研究

杨娇, 张林波, 罗上华, 解钰茜, 李芬, 孟伟

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:** 为评估和反映我国生态文明发展水平, 结合联合国 2030 年可持续发展议程和国家生态文明建设目标, 构建了以环境质量改善为核心的生态文明发展指标体系。基于市域评估单元, 采用双目标渐进赋分, 评估了京津冀、长三角和珠三角三个城市群的生态文明发展水平。结果表明, 珠三角城市群生态文明发展水平最高, 均值为 69.95; 其次是长三角城市群, 均值为 67.61, 最后是京津冀城市群, 均值为 59.04。三个城市群生态文明发展水平的短板都体现在绿色环境领域。城市生态文明发展水平评估, 揭示其生态文明建设的短板, 为城市提升生态文明发展水平指明了方向。

**关键词:** 生态文明发展水平; 京津冀城市群; 长三角城市群; 珠三角城市群; 双目标渐进法

**中国分类号:** X22 **文献标识码:** A

## An Evaluation of the Ecological Civilization Level of Typical Urban Agglomerations in China

Yang Jiao, Zhang Linbo, Luo Shanghua, Xie Yuxi, Li Fen, Meng Wei

(Chinese Research of Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** In order to evaluate China's level of ecological civilization, a set of indicators was established according to the United Nations' 2030 Agenda for Sustainable Development and the goal of ecological civilization construction in China. Using the double-benchmark progressive method and taking a city as an evaluated unit, this study examines the level of ecological civilization of three typical urban agglomerations: Beijing-Tianjin-Hebei (Jingjinji), the Yangtze River Delta, and the Pearl River Delta. The results indicate that the ecological civilization level of the Pearl River Delta ranks highest (69.95) and the ecological civilization level of Jingjinji ranks lowest (59.04). Green environmental field is the shortcoming of the three urban agglomerations' EC level. The urban EC level evaluation data shows the shortcomings of the EC, and designate the direction for the EC development level.

**Keywords:** ecological civilization development level; Beijing-Tianjin-Hebei (Jingjinji) urban agglomeration; Yangtze River Delta urban agglomeration; Pearl River Delta urban agglomeration; double-benchmark progressive method

### 一、研究背景

为评估我国生态文明建设水平,《2014 中国绿色发展指数报告——区域比较》提出了兼顾经济增

长绿化度、资源环境承载潜力、政府政策支持度三个方面的绿色发展指数指标体系,意在评估区域可持续发展的潜力和能力 [1]。《中国省域生态文明建设评价报告 (ECI2015)》提出了从生态活力、环

收稿日期: 2017-06-26; 修回日期: 2017-07-12

通讯作者: 罗上华, 中国环境科学研究院, 副研究员, 研究方向为可持续性科学与城市生态学; E-mail: luosh@craes.org.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究(二期)”(2015-ZD-16)

本刊网址: www.enginsci.cn

境质量、社会发展、协调程度四个维度评估中国省域生态文明发展, 致力于凸显生态之体的基础作用, 以及经济、社会、环境协调发展对生态文明建设的关键作用 [2]。国家发展和改革委员会印发的《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》 [3], 可以作为生态文明建设评价考核的重要依据。我国自然地理、经济社会和人文历史条件差异巨大, 地区间生态文明发展水平高低不均, 不同的建设领域各有长短, 同样地也反映在各地区生态文明发展的得分与排名上。因此, 基于市级尺度, 开展市域生态文明发展水平评估, 评价我国市级阶段性生态文明发展水平, 对我国生态文明发展与建设具有重要意义。

京津冀、长三角、珠三角城市群是我国典型的城市群, 也是发展最早、最快的城市群, 代表着我国改革开放以来城市发展的先进水平。为反映现阶段我国典型城市群生态文明发展水平、指出生态文明建设短板、提升生态文明发展水平的前进方向, 本研究结合 2030 年世界可持续发展总目标 [4] 和我国生态文明建设发展目标, 提出了一套生态文明指

标体系, 并以市域为研究单元, 评估京津冀、长三角、珠三角三个典型城市群的生态文明发展水平, 为各区域相关政策的制定提供重要的决策借鉴。

## 二、研究方法

### (一) 指标体系

该指标体系是基于市域单元为评价单元的指标体系, 由于数据缺失较严重, 市域生态文明指标体系比省域生态文明发展水平的指标体系要少。中国生态文明发展水平评价指标体系, 如表 1 所示。

### (二) 研究区域

京津冀城市群处于环渤海地区和东北亚的核心重要区域, 主要包括北京、天津以及河北省的保定、廊坊、唐山、秦皇岛、石家庄、张家口、承德、沧州 8 个地级市, 共 10 个城市; 长三角城市群包括上海, 江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州, 浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州, 安徽省的合

表 1 中国生态文明发展水平评价指标体系

| 序号 | 领域            | 指数            | 指标                    | 单位                     |                      |
|----|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 1  | 绿色环境 (0.25)*  | 生态状况指数 (0.4)* | 生态环境质量指数 (1)*         | %                      |                      |
| 2  |               |               | 环境质量指数 (0.6)*         | —                      |                      |
| 3  |               |               | 地表水环境质量 (0.5)*        | —                      |                      |
| 4  | 绿色生产 (0.35)*  | 产业优化指数 (0.6)* | 人均 GDP(0.5)*          | 元                      |                      |
| 5  |               |               |                       | 第三产业增加值占 GDP 比重 (0.5)* | %                    |
| 6  |               | 产业效率指数 (0.4)* | 单位建设用地 GDP(0.3)*      | 万元 / km <sup>2</sup>   |                      |
| 7  |               |               |                       | 主要水污染物排放强度 (0.2)*      | kg/ 万元               |
| 8  |               |               |                       | 主要大气污染物排放强度 (0.2)*     | kg/ 万元               |
| 9  |               |               | 单位农作物种植面积化肥施用量 (0.3)* | t/hm <sup>2</sup>      |                      |
| 10 | 绿色生活 (0.2)*   | 城乡协调指数 (0.5)* | 城镇化率 (0.4)*           | %                      |                      |
| 11 |               |               |                       | 城镇居民人均可支配收入 (0.3)*     | 元                    |
| 12 |               |               | 城乡居民收入比例 (0.3)*       | —                      |                      |
| 13 |               | 城镇人居指数 (0.3)* |                       | 人均公园绿地面积 (0.5)*        | hm <sup>2</sup> / 万人 |
| 14 |               |               |                       | 建成区绿化覆盖率 (0.5)*        | %                    |
| 15 |               |               |                       | 绿色消费指数 (0.2)*          | 人均生态足迹 (1)*          |
| 16 |               | 绿色治理 (0.2)*   | 污染治理指数 (0.4)*         | 城市生活污水处理率 (0.5)*       | %                    |
| 17 |               |               |                       | 城市生活垃圾无害化处理率 (0.5)*    | %                    |
| 18 | 建设绩效指数 (0.6)* |               |                       | 自然保护区面积占比 (0.5)*       | %                    |
| 19 |               |               |                       | 单位 GDP 能耗下降率 (0.5)*    | %                    |
| 20 |               |               | 调节指数                  | 生态文明建设示范创建             | —                    |
| 21 |               |               | 突发环境风险指数              | —                      |                      |

注: \* 为权重。

肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城，共 26 个城市；珠三角城市群包括广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山、江门、肇庆、惠州，共 9 个城市。2014 年，三个典型城市群的基本情况，如表 2 所示。

表 2 典型城市群基本情况

| 指标          | 京津冀   | 长三角   | 珠三角   |
|-------------|-------|-------|-------|
| 城市数量 / 个    | 10    | 26    | 9     |
| 面积占比 / %    | 2.27  | 2.16  | 0.57  |
| 人口 / 亿      | 1.10  | 1.59  | 0.58  |
| 人均 GDP / 万元 | 6.04  | 8.45  | 10.00 |
| 城镇化率 / %    | 57.34 | 63.59 | 80.03 |

### (三) 数据来源

本研究数据基于 2014 年的统计数据，主要来自于统计年鉴、行业统计数据、科研成果等资料。除“人均公园绿地面积”“建成区绿化覆盖率”的数据统计口径为市辖区外，其他指标均为全市的统计数据。

来自行业领域的的数据包括：环境空气质量、地表水环境质量 [5]、主要水污染物排放强度、主要大气污染物排放强度、突发环境风险指数。环境空气质量即空气污染指数 (AQI)；地表水环境质量城市水质指数 (CWQI) 计算公式，如式 (1) 所示：

$$CWQI_{城市} = \frac{CWQI_{河流} \times M + CWQI_{湖泊} \times N}{(M + N)} \quad (1)$$

式 (1) 中：CWQI<sub>城市</sub> 为排名城市的水质指数；CWQI<sub>河流</sub> 为河流的水质指数；CWQI<sub>湖泊</sub> 为湖库的水质指数；M 为城市的河流断面数；N 为城市的湖库点位数。

主要水污染物排放强度即工业化学需氧量 (COD)、氨氮排放量之和与 GDP 之比；主要大气污染物排放强度即工业 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和烟尘排放量之和与 GDP 之比；突发环境风险事件主要参考《国家突发环境事件应急预案》[6]，突发环境风险指数计算公式，如式 (2) 所示：

$$\begin{aligned} \text{突发环境风险指数} = & (-3 \text{ 分}) \times \text{特大环境事件数} + \\ & (-2 \text{ 分}) \times \text{重大环境事件数} + \\ & (-1 \text{ 分}) \times \text{较大环境事件数} + \\ & (-0.5 \text{ 分}) \times \text{一般环境事件数} \end{aligned} \quad (2)$$

来自科研成果的指标包括：生态环境质量指数和人均生态足迹 [7]。

生态环境质量指数计算公式，如式 (3) 所示：  
生态环境质量指数 =  $A_{\text{bio}} \times (0.35 \times \text{林地} + 0.21 \times \text{草地} + 0.28 \times \text{水域湿地} + 0.11 \times \text{耕地} + 0.05 \times \text{未利用地}) / \text{区域面积}$  (3)

人均生态足迹计算公式，如式 (4) 所示：

$$\text{人均生态足迹: } EF = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{EP_i} EQ_i \quad (4)$$

式 (4) 中：EF 为总生态足迹，ha；n 为总人口数；EP<sub>i</sub> 为全球年平均生态生产力，kg/ha；C<sub>i</sub> 为资源消费量；EQ<sub>i</sub> 为等量化因子。

其他数据主要来自统计年鉴、政府公报等。

### (四) 标准化与赋分

参考国家或行业各类标准、相关规划要求、国际类比值及数据统计学特征，确定各指标的基准值，采用双目标渐进法对各指标进行标准化与赋分。双目标渐进法计算公式，如式 (5) 所示：

$$A_{ij} = (X_{ij} - S_{C(X_{ij})}) \times \frac{(S_A - S_C)}{(S_{A(X_{ij})} - S_{C(X_{ij})})} + S_C \quad (5)$$

注：当 A<sub>ij</sub> < 0 时，取值为 0；当 A<sub>ij</sub> > 100，取值为 100。式 (5) 中：A<sub>ij</sub> 为赋分结果；X<sub>ij</sub> 为指标数据；S<sub>A(X<sub>ij</sub>)</sub> 为双目标中的优秀值；S<sub>C(X<sub>ij</sub>)</sub> 为双目标中的及格值；S<sub>A</sub> 为常数 90；S<sub>C</sub> 为常数 60。

### (五) 权重的确定与综合评估

权重的确定与综合评估，采用文献 [8] 的方法。采用层次分析法确定指标体系的权重，如表 1 所示；采用综合加权法综合评估区域生态文明发展水平，并将生态文明发展水平综合得分划分为 4 个等级，如表 3 所示。

综合得分 K 的计算公式，如式 (6) 所示：

表 3 生态文明发展水平等级划分

| 等级划分 | 综合得分 K      |
|------|-------------|
| A    | K ≥ 80      |
| B    | 70 ≤ K < 80 |
| C    | 60 ≤ K < 70 |
| D    | K < 60      |

$$K = \sum_{i=1}^n W_i \cdot A_i \quad (6)$$

式(6)中:  $W_i$  为各指标权重;  $A_i$  为各指标标准化后值。

### 三、结果与讨论

在三个典型城市群中, 珠三角城市群的生态文明发展水平得分最高 (69.95); 其次是长三角城市群 (67.61); 排名最后的是京津冀城市群 (59.04), 属于 D 级水平。其中, 绿色环境领域、绿色生产和绿色生活得分最高的都是珠三角城市群, 绿色治理得分最高的是长三角城市群; 绿色环境领域得分最低的是京津冀城市群, 远低于其他两个城市群; 绿色生产、绿色生活和绿色治理得分最低的都是京津冀城市群, 如表 4 所示。综上可见, 三个典型城市群生态文明发展水平的短板都是生态环境领域, 生态文明发展水平发展较好的主要是产业优化和效率两个方面, 如图 1 所示。

京津冀城市群的生态文明发展指数远低于其他两个城市群。长三角和珠三角城市群在绿色环境、绿色产业、绿色治理领域的发展差异不大。珠三角

表 4 三个典型城市群生态文明发展水平平均值

|          | 京津冀   | 长三角   | 珠三角   |
|----------|-------|-------|-------|
| 生态文明发展指数 | 59.04 | 67.61 | 69.95 |
| 绿色环境     | 39.08 | 56.17 | 59.07 |
| 绿色生产     | 68.82 | 76.23 | 78.79 |
| 绿色生活     | 63.18 | 68.23 | 73.11 |
| 绿色治理     | 64.98 | 67.92 | 65.90 |

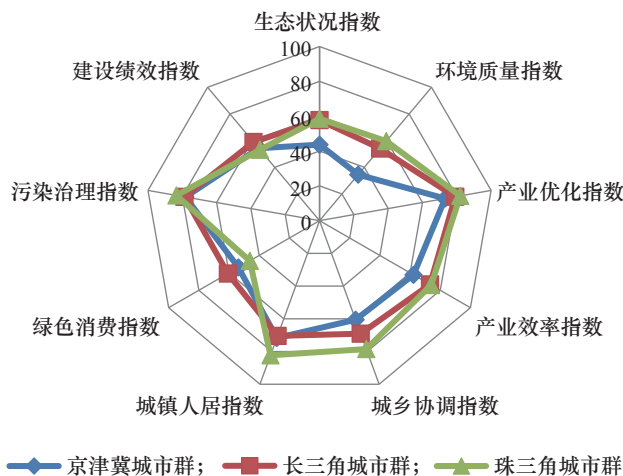


图 1 三个典型城市群生态文明发展指数

城市群各领域和各指数发展普遍较好, 但绿色消费指数得分较低, 是生态文明发展的短板。

在三个典型城市群中, 没有一个城市的生态文明发展水平达到 A 级。珠三角城市群生态文明发展水平达到 B 级水平的城市最多, 达到 66.67%; 其次是长三角城市群, 占比为 38.46%。长三角城市群生态文明发展水平达到 C 级水平的城市最多, 达到 57.69%; 其次是京津冀城市群, 占比为 40%。京津冀城市群生态文明发展水平为 D 级水平的城市最多, 达到 60%; 其次是长三角城市群, 占比为 3.85% (见表 5)。

#### (一) 京津冀城市群生态文明发展水平评估

京津冀城市群中, 北京、天津和承德生态文明发展水平位列前三。承德和张家口绿色环境得分最高, 北京和天津的绿色环境得分较低; 北京和天津的绿色生产得分最高; 天津和秦皇岛的绿色治理得分较高 (见图 2)。

#### (二) 长三角城市群生态文明发展水平评估

长三角城市群生态文明发展水平属于全国较先进水平。在长三角城市群的 26 个城市中, 杭州的生态文明发展水平排名第一, 如图 3 所示。从各领域来看, 绿色环境领域排名靠前的是台州、池州、杭州、宣城和安庆, 排名靠后的是嘉兴和镇江; 绿

表 5 城市生态文明发展水平占比 %

| 等级 | 京津冀 | 长三角   | 珠三角   |
|----|-----|-------|-------|
| A  | 0   | 0     | 0     |
| B  | 0   | 38.46 | 66.67 |
| C  | 40  | 57.69 | 33.33 |
| D  | 60  | 3.85  | 0     |

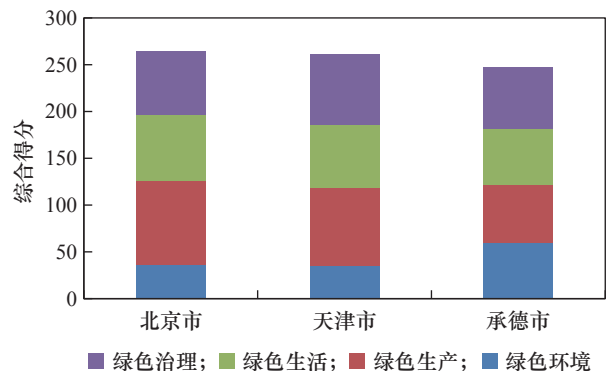


图 2 京津冀城市群部分城市生态文明发展水平



色生产领域排名靠前的是上海、杭州、无锡和苏州，排名靠后的是马鞍山、安庆、宣城和池州；绿色生活领域排名靠前的是舟山、宁波、镇江和铜陵，排名靠后的是上海、宣城和滁州；绿色治理领域总体水平较高，但滁州、泰州得分相对较低。

### (三) 珠三角生态文明发展水平评估

珠三角城市群生态文明发展水平属于全国领先水平。其中，珠海的生态文明发展水平排名第一，如图4所示。从各领域来看，绿色环境领域排名靠前的是肇庆、惠州和江门，排名靠后的是深圳和东莞；绿色生产领域排名不相上下，其中肇庆相对落后；绿色生活领域得分没有明显差异，其中肇庆和惠州相对较低；绿色治理领域排名靠前的是珠海与惠州，排名靠后的是肇庆、东莞和广州。

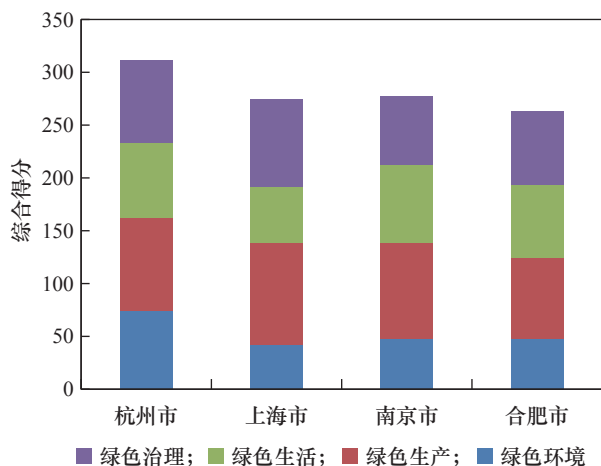


图3 长三角城市群部分城市生态文明发展水平

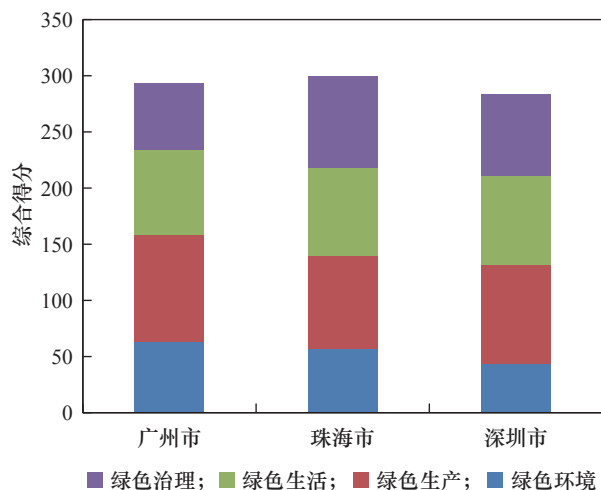


图4 珠三角城市群部分城市生态文明发展水平

## 四、结论与建议

京津冀、长三角和珠三角分别位于我国北部沿海、东部沿海和南部沿海，不仅代表了我国改革开放以来城市发展的先驱力量，也在一定程度上体现了我国城市发展情况的多样性与差异性。总体来看，我国典型城市群的总体发展水平较低，其中生态环境质量是我国生态文明发展的短板。

由于数据的缺失，本研究中没有体现能源利用效率指标和土壤环境质量指标，同时也缺少自然资源资产等相关指标，不能体现能源结构优化、环境质量全面优化、生态质量，从而不能全面地体现区域的生态文明发展水平。因此，加强生态文明相关指标数据的统计和生态资产核算等方面的研究，是促进我国生态文明建设的重要举措。

## 致谢

感谢中国环境监测总站提供部分指标数据。

### 参考文献

- [1] 李晓西. 2014 中国绿色发展指数报告——区域比较 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.  
Li X X. China green development index report—Regional comparison [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2014.
- [2] 严耕, 吴明红, 樊阳程, 等. 中国省域生态文明建设评价报告 (ECI 2015) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2015.  
Yan G, Wu M H, Fan Y C, et al. Annual report on China's provincial eco-civilization index (ECI2015) [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2015.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 国家统计局, 环境保护部, 等. 发展改革委印发《绿色发展指标体系》《生态文明建设考核目标体系》[EB/OL]. (2016-12-22) [2017-05-20]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/22/content\\_5151575.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/22/content_5151575.htm).  
National Development and Reform Commission, National Bureau of Statistics, Ministry of Environmental Protection of the PRC, etc. The green development index system, ecological civilization construction assessment index system issued by National Development and Reform Commission [EB/OL]. (2016-12-22) [2017-05-20]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/22/content\\_5151575.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/22/content_5151575.htm).
- [4] 中华人民共和国外交部. 变革我们的世界: 2030 年可持续发展议程 [EB/OL]. (2016-01-13) [2017-05-22]. [http://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao\\_674904/zt\\_674979/dnzt\\_674981/xzxzt/xpjdmgjxgsfw\\_684149/zl/t1331382.shtml](http://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao_674904/zt_674979/dnzt_674981/xzxzt/xpjdmgjxgsfw_684149/zl/t1331382.shtml).  
The Ministry of Foreign Affairs of the PRC. Change our world: The 2030 agenda for sustainable development [EB/OL]. (2016-01-13) [2017-05-22]. [http://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao\\_674904/zt\\_674979/dnzt\\_674981/xzxzt/xpjdmgjxgsfw\\_684149/zl/t1331382.shtml](http://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao_674904/zt_674979/dnzt_674981/xzxzt/xpjdmgjxgsfw_684149/zl/t1331382.shtml).

- t1331382.shtml.
- [5] 中华人民共和国环境保护部. 关于印发《城市地表水环境质量排名技术规定(试行)》的通知 [EB/OL]. (2017-06-13) [2017-06-23]. [http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201706/t20170615\\_416115.htm](http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201706/t20170615_416115.htm).  
Ministry of Environmental Protection of the PRC. Circular on printing and distributing the technical regulations for the quality of urban surface water environment (interim) [EB/OL]. (2017-06-13) [2017-06-23]. [http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201706/t20170615\\_416115.htm](http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201706/t20170615_416115.htm).
- [6] 中华人民共和国环境保护部. 国家突发环境事件应急预案 [EB/OL]. (2016-01-24) [2017-05-30]. [http://www.zhb.gov.cn/gzfw\\_13107/zcfg/fg/xzfg/201605/t20160522\\_343336.shtml](http://www.zhb.gov.cn/gzfw_13107/zcfg/fg/xzfg/201605/t20160522_343336.shtml).  
Ministry of Environmental Protection of the PRC. National emergency plan for environmental emergencies [EB/OL]. (2016-01-24) [2017-05-30]. [http://www.zhb.gov.cn/gzfw\\_13107/zcfg/fg/xzfg/201605/t20160522\\_343336.shtml](http://www.zhb.gov.cn/gzfw_13107/zcfg/fg/xzfg/201605/t20160522_343336.shtml).
- [7] Borucke M, Moore D, Cranston G, et al. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The national footprint accounts' underlying methodology and framework [J]. *Ecological Indicators*, 2013, 24: 518–533.
- [8] 胡永宏, 贺思辉. 综合评估方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.  
Hu Y H, He S H. *Comprehensive assessment method* [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2000.