

# 基于制造业价值链的区域绿色制造水平评价 ——以宁波市为例

王雪珍<sup>1</sup> 姜山<sup>2</sup> 刘佳程<sup>31</sup>

(1. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 浙江 宁波 315201;

2. 中国科学院武汉文献情报中心, 湖北 武汉 430071;

3. 中国科学院大学 图书情报与档案管理系, 北京 100190)

**【摘要】:** 以涵盖制造业价值链的各主要环节, 融合产品全生命周期的各个阶段为出发点, 构建了包括产品设计生态化水平、生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平、回收再生资源化水平和产业耦合一体化水平五个维度的绿色制造评价模型。以宁波市为例, 运用层次分析法和倒数方法对 2014—2018 年宁波市绿色制造水平进行测度。结果显示, 宁波市绿色制造水平整体快速增长, 五个维度指标对近年来宁波市绿色制造水平的提升均发挥了积极的推动作用。其中生产过程清洁化水平发展最为迅速, 但近年有放缓迹象, 回收再生资源化水平对宁波市绿色制造水平贡献较低。针对制造业价值链不同周期对应指标的量化计算结果, 提出大力发展绿色工艺创新、优化宁波产业结构、完善资源回收再生体系等措施, 以进一步推动宁波绿色制造水平提升。

**【关键词】:** 绿色制造 层次分析法 倒数方法 制造业价值链 评价模型

**【中图分类号】:** F062.2; F427 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)01-047-06

绿色制造又称清洁制造、环境意识制造等, 它是以绿色环保思想为主要理念, 在保证产品质量和功能的基础上, 综合考虑资源效率 and 环境影响, 通过技术和管理手段, 整合产品设计、制造生产工艺、包装、供应、报废回收等过程, 进一步改善绿色制造技术, 使得产品在其全生命周期流程中效益最大化。《中国制造 2025》中明确提出, 绿色制造的发展方向为产品设计生态化、生产过程清洁化、能源利用高效化、回收再生资源化和产业耦合一体化。现阶段, 绿色制造已成为政府规划和学术研究的热点。由于城市是区域绿色制造的主战场, 构建城市绿色制造水平评价指标体系, 进行科学客观的评价, 能够推动绿色制造的有效深入实施。

由于绿色制造领域的重心已转向区域绿色制造水平评价, 绿色制造水平评价不仅局限于绿色发展、绿色绩效和绿色创新三个方面。绿色制造作为一种全新的制造模式, 不仅正在颠覆原有的产业模式和制造流程, 也为产业发展评价注入了新的视角和可

---

**作者简介:** 王雪珍, 硕士, 副研究员, 研究方向为区域经济与科技政策、先进制造业创新与管理。E-mail:wangxzh@nimte.ac.cn;姜山, 硕士, 副研究员, 研究方向为先进制造与新材料科技战略发展。E-mail:jiangs@whlib.ac.cn

**基金项目:** 浙江省 2018 年度软科学研究计划项目“创新设计视角下的浙江省高端装备产业优势领域选择及发展策略研究”(2018C35041)

---

持续发展理念。绿色制造对传统制造业的影响是真实存在的。因此，合理的绿色发展评价体系应重点突出制造业从设计到生产到回收的全生命周期过程，从环境影响、能源利用、生态建设角度，反映绿色制造发展的核心特征以及在城市可持续发展和转型的重要地位。

宁波作为我国制造业大市，也是资源小市，钢铁、造纸、纺织等传统行业发展迅猛，能源、资源消耗大，绿色转型任务紧迫，绿色制造是发展趋势。以宁波市为例进行城市绿色制造水平实证研究，具有一定的研究价值，对其他地区也有一定的借鉴作用。

鉴于绿色制造水平对中国城市发展的重要性，本文专注于城市绿色制造水平，涵盖制造业价值链的每个环节，融合产品全生命周期的各个阶段，结合《中国制造 2025》提出的五大绿色发展方向，构建城市绿色制造水平评价指标体系。该指标体系可以从整体性视角反映城市绿色制造水平，与现有研究相比具有更好的覆盖度，为城市绿色转型和区域绿色发展明晰方向、提供依据。本文对宁波市的绿色制造水平进行了实证研究，验证了评价指标体系的科学性和适用性，提出的绿色制造发展对策，有一定的理论意义和参考价值。

## 1 文献回顾

绿色制造追求资源利用最大化和环境影响最小化，新时代生态文明建设背景下，绿色制造成为城市绿色转型的关键，是城市绿色发展的重要组成部分。我国关于绿色制造基础理论和发展策略的研究开始较早。绿色制造发展策略既可围绕产品的全生命周期制定<sup>[1]</sup>，也可拓宽视角，放眼所在行业和产业<sup>[2]</sup>。或者将绿色制造理念与工业工程相结合<sup>[3]</sup>，突出绿色制造在工业生产中的重要地位。因此，绿色制造与产品制造、工业生产密切相关，合理的绿色发展评价体系应重点突出制造业从设计到生产到回收的全生命周期过程，从环境影响、能源利用、生态建设角度，反映绿色制造发展的核心特征以及在城市可持续发展和转型的重要地位。

绿色制造作为一种全新的制造模式，不仅正在颠覆原有的产业模式和制造流程，也为产业发展评价注入了新的视角和可持续发展理念。在绿色制造产业评价方面，相关研究主要围绕某特定产业链，将绿色制造理念与之结合并进行评价。如吴小珍和张华<sup>[4]</sup>、张绪美和张华<sup>[5]</sup>从绿色制造理念和生态文明发展理念出发，对绿色制造产品和工业制造过程进行了评价。高芬和江心英<sup>[6]</sup>从生命全周期视角，构建了制造企业的绿色竞争力评估体系。李锐和许涵青<sup>[7]</sup>、Salem&Deif<sup>[8]</sup>将清洁生产审核、环境质量评价体系等方法应用在对企业的绿色制造水平进行评价上。此外，还有学者将资源消耗情况和经济产出水平<sup>[9,10]</sup>等纳入对特定制造业的评价体系。

近年来，有学者从区域角度对绿色制造水平开展了评价，如李博洋和顾成奎<sup>[11]</sup>基于绿色制造的发展趋势提出了区域绿色制造评价指标体系；王鸣涛和叶春明<sup>[12]</sup>、刘旭红和揭筱纹<sup>[13]</sup>分别构建了区域工业绿色制造水平评价指标体系；张乃明等<sup>[14]</sup>从生态维度出发构建了区域绿色发展评价指标体系；田泽等<sup>[15]</sup>将政府政策支撑纳入评价范围；游建民和张伟<sup>[16]</sup>、吴传清和黄磊<sup>[17]</sup>基于效益、环境、创新等角度构建了绿色制造绩效评价指标体系。此外，还有学者从技术创新角度开展了区域绿色技术创新评价<sup>[18,19,20]</sup>。

通过文献回顾可以发现，当前研究或者是以多个特定行业或企业为对象分析其绿色制造水平，或者是从技术创新、工业过程指标、生态环境指标等角度评价区域绿色制造水平，基于区域或城市级制造业全工业价值链的绿色评价指标体系还较少。因此，本文专注于城市绿色制造水平，涵盖制造业价值链的各主要环节，融合产品全生命周期的各个阶段，结合《中国制造 2025》提出的五大绿色发展方向，构建城市绿色制造水平评价指标体系。该指标体系可以从全工业价值链视角反映城市绿色制造水平，为城市绿色转型和区域绿色发展明晰方向。本文对宁波市的绿色制造水平进行了实证研究，验证了评价指标体系的科学性和适用性，提出的绿色制造发展对策有一定的理论意义和参考价值。

## 2 指标体系构建与数据来源

## 2.1 指标体系构建

《中国制造 2025》提出覆盖整个工业价值链各个环节的“五化”绿色发展方向，即“产品设计生态化”“生产过程清洁化”“能源利用高效化”“回收再生资源化”“产业耦合一体化”。因此，构建宁波绿色制造发展评价指标体系，也应沿着产品全生命周期各个阶段，从“五化”出发，系统综合衡量宁波绿色制造水平。

本研究遵循构建指标体系的科学性、可操作性、简明性、动态性原则，首先将《中国制造 2025》中工业价值链各环节的绿色制造发展方向，即生产过程清洁化、能源利用高效化、回收再生资源化和产业耦合一体化定义为一二级指标。其次，结合国内外现有绿色制造与绿色发展评价指标体系，统计出 23 种国内外绿色制造或绿色发展指标体系，从中选取出高频率、高特征性的二级指标，建立初选指标体系。其中，高频率系指该指标在超过 70% 的绿色制造与绿色发展指标体系中出现，高特征性则指该指标能够反映绿色制造内涵和影响因素。

在上述初选指标体系基础上，通过邮件问卷、电话访谈、实地征询等方式对 20 余位相关领域专家开展了 3 轮意见咨询，同时翻阅近年的相关统计年鉴和数据，考虑指标数据的可获得性、统计口径一致性，对部分指标进行了修正、剔除或替换，如将新产品数量改为新产品产值率，将新技术产业产值占工业总产值比重改为高新技术产业增加值占规上工业增加值比重。最终，本研究设计出包含产品设计生态化水平、生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平、回收再生资源化水平和产业耦合一体化水平 5 个一级指标、17 个二级指标的宁波绿色制造发展评价指标体系，如表 1 所示。

表 1 宁波绿色制造发展评价指标体系

一级指标	二级指标	指标属性
产品设计生态化水平	省级工业设计中心数/个	正向指标
	重点工业设计机构营业收入/亿元	正向指标
	工业企业 R&D 支出占增加值比重/%	正向指标
	工业企业 R&D 人员占从业人员比重/%	正向指标
	新产品产值率/%	正向指标
生产过程清洁化水平	通过清洁生产审核企业比例/%	正向指标
	节能和淘汰落后产能专项资金支出/亿元	正向指标
	单位工业增加值废水排放量/(吨/万元)	逆向指标
	单位工业增加值废气排放量/(标立方/元)	逆向指标
	单位工业增加值固体废弃物排放量/(吨/万元)	逆向指标
能源利用高效化水平	规上企业单位产值能耗/(吨标准煤/万元)	逆向指标
	单位工业增加值用水量/(立方米/万元)	逆向指标
回收再生资源化水平	工业危险废弃物综合利用率/%	正向指标
	工业固体废弃物综合利用率/%	正向指标

产业耦合一体化水平	国家绿色园区数量/个	正向指标
	节能环保产业产值/亿元	正向指标
	高新技术产业增加值占规上工业增加值比重/%	正向指标

为确定指标体系权重，本研究采用层次分析法，该方法既避免了单纯由专家直接给出权重的主观随意性，又避免了熵权法对样本数据的过度依赖，是一种具有较高实用性和有效性的决策方法。根据此前建立的宁波绿色制造发展评价指标体系，本研究将宁波绿色制造发展评价作为目标层 A；将产品设计生态化水平、生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平、回收再生资源化水平和产业耦合一体化水平 5 个一级指标作为准则层 (B<sub>1</sub>~B<sub>5</sub>)；将规上企业单位产值能耗、单位工业增加值废气排放量、节能环保产业产值等 17 个二级指标作为方案层 (C<sub>1</sub>~C<sub>17</sub>)，构建了一个宁波绿色制造发展评价层次分析结构模型，见表 2。

表 2 宁波绿色制造发展评价层次分析结构模型

目标层	准则层	指标层
宁波绿色制造发展评价 (A)	产品设计生态化水平 (B <sub>1</sub> )	省级工业设计中心数 (C <sub>1</sub> )
		重点工业设计机构营业收入 (C <sub>2</sub> )
		工业企业 R&D 支出占增加值比重 (C <sub>3</sub> )
		工业企业 R&D 人员占从业人员比重 (C <sub>4</sub> )
		新产品产值率 (C <sub>5</sub> )
	生产过程清洁化水平 (B <sub>2</sub> )	通过清洁生产审核企业比例 (C <sub>6</sub> )
		节能和淘汰落后产能专项资金支出 (C <sub>7</sub> )
		单位工业增加值废水排放量 (C <sub>8</sub> )
		单位工业增加值废气排放量 (C <sub>9</sub> )
		单位工业增加值固体废弃物排放 (C <sub>10</sub> )
	能源利用高效化水平 (B <sub>3</sub> )	规上企业单位产值能耗 (C <sub>11</sub> )
		单位工业增加值用水量 (C <sub>12</sub> )
	回收再生资源化水平 (B <sub>4</sub> )	工业危险废弃物综合利用率 (C <sub>13</sub> )
		工业固体废弃物综合利用率 (C <sub>14</sub> )
	产业耦合一体化水平 (B <sub>5</sub> )	国家绿色园区数量 (C <sub>15</sub> )
		节能环保产业产值 (C <sub>16</sub> )
		高新技术产业增加值占规上工业增加值比重 (C <sub>17</sub> )

将构建的指标体系交由 20 位从宁波市政府相关部门、企业、高校及科研院所选取的绿色制造领域专家进行打分，通过每个层级内部指标的两两重要程度比较，确定准则层  $B_1 \sim B_5$  五个因素对目标层 A 的影响程度，以及确定指标层  $C_1 \sim C_{12}$  对相应准则层  $B_1 \sim B_5$  的影响程度，对重要性程度按 1~9 进行打分。

将专家判定的每一层次不同指标的相对重要程度经几何平均处理后输入 Yaahp12 软件中构建判断矩阵，分别求出各判断矩阵的最大特征根  $\lambda_{max}$  及其特征向量 W，并对特征向量进行归一化处理，得到各级指标权重(见表 3)。通过对权重进行可行性检验，得出各判断矩阵的  $CR < 0.1$ ，符合一致性要求。

由于涉及不同层次的多指标综合分析，考虑计算方法的可操作性，本研究采用多目标线性加权函数法计算宁波绿色制造的总评价分值，即：

$$s = \sum_{i=1}^m W_i \sum_{j=1}^n (R_{ij} \times W_{ij}) \quad (1)$$

式中：s 为绿色制造评价指数；m 为准则层个数；n 为某准则层选取的具体指标数； $W_i$  为第 i (i=1, 2, ..., m) 个准则层在总目标层所占的权重； $W_{ij}$  为  $W_i$  准则层选取的第 j (j=1, 2, ..., n) 个指标在该准则层所占的权重； $R_{ij}$  为第 i 个准则层中选取的第 j 个指标的评分值。

## 2.2 数据来源

本评价指标数据来源分别直接或间接地来自《宁波统计年鉴》《国家统计年鉴》《宁波环境质量报告书》和宁波统计局、经信委、生态环境局、水利局等部门的在线监测统计数据以及调研数据。原始数据见表 4。

表 3 宁波绿色制造发展评价各级指标权重表

一级指标	一级权重	二级指标	二级权重	合成权重
产品设计生态化水平	0.177	省级工业设计中心数	0.07	0.0124
		重点工业设计机构营业收入	0.15	0.0266
		工业企业 R&D 支出占增加值比重	0.23	0.0407
		工业企业 R&D 人员占从业人员比重	0.17	0.0301
		新产品产值率	0.38	0.0673
生产过程清洁化水平	0.313	通过清洁生产审核企业比例	0.17	0.0532
		节能和淘汰落后产能专项资金支出	0.11	0.0344
		单位工业增加值废水排放量	0.27	0.0845
		单位工业增加值废气排放量	0.31	0.0970
		单位工业增加值固体废弃物排放	0.14	0.0438
能源利用高效化水平	0.192	规上企业单位产值能耗	0.65	0.1248

		单位工业增加值用水量	0.35	0.0672
回收再生资源化水平	0.127	工业危险废弃物综合利用率	0.33	0.0419
		工业固体废弃物综合利用率	0.67	0.0851
产业耦合一体化水平	0.191	国家绿色园区数量	0.35	0.0669
		节能环保产业产值	0.39	0.0745
		高新技术产业增加值占规上工业增加值比重	0.26	0.0497

表 4 宁波市 2014—2018 年绿色制造指标原始数据表

二级指标	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
省级工业设计中心数/个	7	18	18	23	23
重点工业设计机构营业收入/亿元	1.86	2.05	2.30	2.59	2.89
工业企业 R&D 支出占增加值比重/%	4.60	5.10	4.80	4.90	5.60
工业企业 R&D 人员占从业人员比重/%	5.60	6.30	6.20	6.60	6.80
新产品产值率/%	26.20	29.40	32.00	32.40	32.50
通过清洁生产审核企业比例	0.037	0.058	0.077	0.085	0.095
节能和淘汰落后产能专项资金支出/亿元	1.36	1.47	1.50	1.38	1.32
单位工业增加值废水排放量/(吨/万元)	4.68	4.43	3.96	3.12	3.05
单位工业增加值废气排放量/(标立方/元)	1.80	1.73	1.55	1.50	1.45
单位工业增加值固体废弃物排放/(吨/万元)	0.34	0.32	0.29	0.26	0.25
规上企业单位产值能耗/(吨标准煤/万元)	0.2227	0.2160	0.1829	0.1756	0.1668
单位工业增加值用水量/(立方米/万元)	16.00	16.60	15.00	12.60	12.00
工业危险废弃物综合利用率/%	49.27	60.93	62.89	50.88	51.38
工业固体废弃物综合利用率/%	90.76	94.80	94.86	95.55	98.18
国家绿色园区数量/个	0	0	0	1	1
节能环保产业产值/亿元	275.50	289.50	324.20	380.00	553.50
高新技术产业增加值占规上工业增加值比重/%	34.70	37.00	41.20	40.90	50.20

### 3 研究方法

由于各二级指标的计量单位不同,不能进行直接简单的加权计算,因此必须对原始数据进行标准化处理,消除指标量纲和数量级的影响。本研究采用 Z. Score 方法对指标进行无量纲化处理,该方法能够将所有变量通过标准化转化为均值为 0、方差为 1 的无量纲数值,从而避免由于变量均值不同导致的数据扭曲,其计算公式为:

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (2)$$

式中:  $X_i$  为需进行标准化的二级指标在 2014—2018 年的原始值;  $n$  为 2014—2018 之间年数。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

此外,由于在绿色制造发展评价指标中存在正向指标和逆向指标之分,因此需要对逆向指标进行正向化处理,本研究采取倒数方法进行逆向指标正向化。最终,经过逆向指标正向化和 Z. Score 标准化方法处理过后的宁波市 2014—2018 年绿色制造指标指数如表 5 所示。

表 5 宁波市 2014—2018 年绿色制造指标标准化指数表

二级指标	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
省级工业设计中心数	-1.6528	0.0306	0.0306	0.7958	0.7958
重点工业设计机构营业收入	-1.1584	-0.6979	-0.0921	0.6107	1.3377
工业企业 R&D 支出占增加值比重	-1.0505	0.2626	-0.5252	-0.2626	1.5757
工业企业 R&D 人员占从业人员比重	-1.5275	0.0000	-0.2182	0.6547	1.0911
新产品产值率	-1.5818	-0.4046	0.5518	0.6989	0.7357
通过清洁生产审核企业比例	-1.4470	-0.5372	0.2859	0.6325	1.0657
节能和淘汰落后产能专项资金支出	-0.6051	0.8418	1.2364	-0.3420	-1.1312
单位工业增加值废水排放量	-1.0232	-0.7958	-0.2905	0.9819	1.1275
单位工业增加值废气排放量	-1.2527	-0.8329	0.3297	0.6697	1.0862
单位工业增加值固体废弃物排放	-1.1716	-0.7660	-0.0526	0.8253	1.1648
规上企业单位产值能耗	-1.1528	-0.9429	0.3194	0.6618	1.1145
单位工业增加值用水量	-0.7665	-0.9851	-0.3633	0.8655	1.2494

工业危险废弃物综合利用率	-0.9162	0.9257	1.2353	-0.6619	-0.5829
工业固体废弃物综合利用率	-1.5299	-0.0113	0.0113	0.2707	1.2593
国家绿色园区数量	-0.7303	-0.7303	-0.7303	1.0954	1.0954
节能环保产业产值	-0.7875	-0.6637	-0.3568	0.1367	1.6713
高新技术产业增加值占规上工业增加值比重	-1.0304	-0.6419	0.0676	0.0169	1.5879

#### 4 宁波市绿色制造发展水平的实证分析

根据前面构建的宁波绿色制造发展水平评价模型，对宁波市 2014—2018 年绿色制造发展综合指数(图 1)和宁波绿色制造发展五大因素指数(见图 2 和图 3)进行了计算和分析，其中指数越高就表示绿色制造发展水平越高。需要说明的是，综合指数和五大影响因素指数中有部分为负数，但这并不代表其发展水平为负，这里的正负仅表示该年份指数水平与平均水平的位置关系，负值仅表明该年相应指数水平处于平均水平之下。

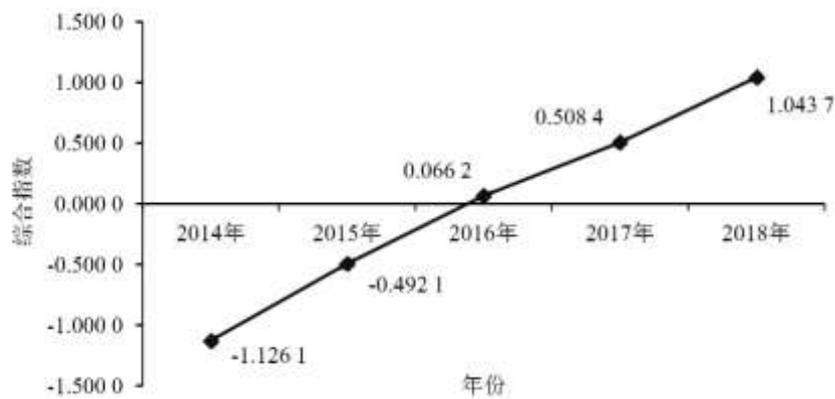


图 1 2014—2018 年宁波绿色制造发展综合指数变化趋势图

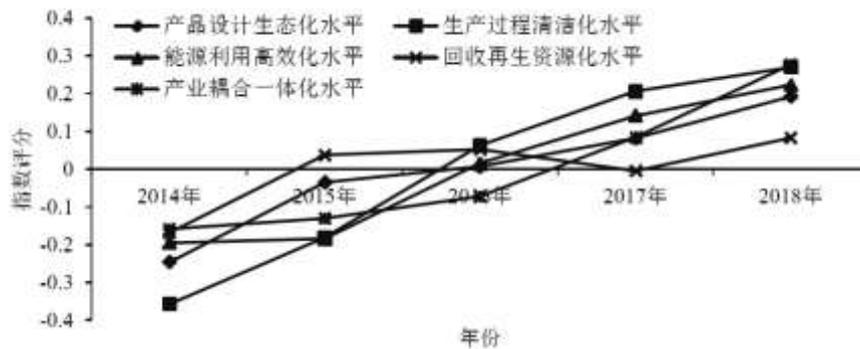


图 2 2014—2018 年宁波绿色制造发展五大因素指数变化趋势图

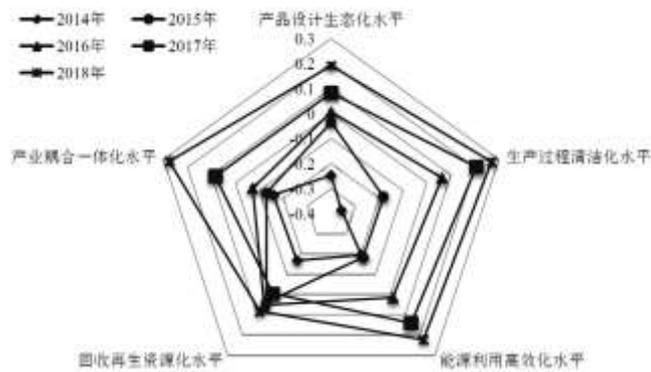


图3 2014—2018年宁波绿色制造发展五大因素指数变化雷达图

可以发现，近5年宁波绿色制造发展综合指数从2014年的-1.1261提升到2018年的1.0437，并且各年度间的指数增长幅度保持相对稳定，分别为0.6340、0.5583、0.4422、0.5353，这说明宁波绿色制造水平呈现出了持续快速增长态势。

为比较各因素对宁波市绿色制造发展水平的影响，我们分别计算了五大因素指数在2014—2018年间的变化情况，其中产品设计生态化水平指数增长0.4382，生产过程清洁化水平指数增长0.6267，能源利用高效化水平指数增长0.4184，回收再生资源化水平指数增长0.2513，产业耦合一体化水平指数增长0.4353。这说明近5年宁波企业生产过程清洁化水平发展最为迅速。

此外，通过对五大因素指数的年度变化趋势进行分析(图4)可以发现，产业耦合一体化水平发展速度在逐年加快，特别是在2018年其对宁波绿色制造发展的影响已经超过了生产过程清洁化水平，产品设计生态化水平在2015年以后发展速度也在逐年加快。不过2015年以后，生产过程清洁化水平和能源利用高效化水平的发展速度在逐年下降。

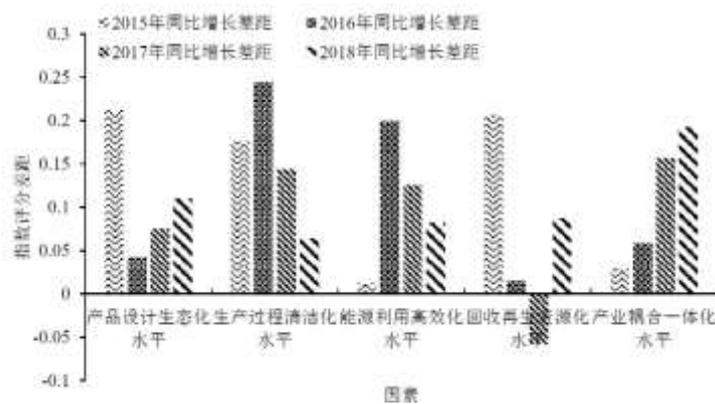


图4 2014—2018年宁波绿色制造发展五大因素指数同比增长差距图

## 5 主要结论与政策建议

### 5.1 主要结论

(1)通过产品设计生态化水平、生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平、回收再生资源化水平、产业耦合一体化水平五

个维度的指标体系，用层次分析法构建的区域绿色制造水平模型能够较客观地反映一个地区的绿色制造发展水平，并给出一个定量评价价值，为相关决策部门制定绿色发展政策提供理论依据。

(2) 产品设计生态化水平、生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平、回收再生资源化水平、产业耦合一体化水平五个维度指标对近年来宁波市绿色制造水平的提升均发挥了积极的推动作用，不过各项指标的发展趋势存在差别。宁波市生产过程清洁化水平发展最为迅速，不过近年来该指标提升速度放缓。产业耦合一体化水平发展速度在逐年加快，特别是在 2018 年其对宁波绿色制造发展的影响已经超过了生产过程清洁化水平，产品设计生态化水平在 2015 年以后发展速度也在逐年加快。宁波回收再生资源化水平指标对绿色制造发展贡献相对较低，且在 2017 年出现负增长。

## 5.2 政策建议

### (1) 支持绿色工艺创新发展。

宁波市绿色制造水平的提升，前期主要依靠生产过程清洁化水平和能源利用高效化水平的大幅提升，这两个指标的提升可以依靠淘汰落后产能、生产设备更新换代，以及严格执行相关法律法规来实现，但随着市场自身对落后技术的优胜劣汰和执法环境的逐渐严格，要进一步提升生产过程清洁化水平和能效水平，就必须依赖工艺技术进一步创新和优化。推动化工、汽车大型骨干企业设立绿色技术研发中心、推动校企合作，帮助家电、纺织行业的中小企业建立技术共享平台，开展创新技术示范，设立专项资金扶持技术创新等，是进一步挖掘宁波市传统制造业节能减排降耗潜力的有效途径。

### (2) 优化宁波市产业结构。

宁波市生产过程清洁化水平、能源利用高效化水平近年来的提升速度减缓，主要原因在于宁波市的主导产业是化工、家电、汽车、纺织等传统制造业，其产业自身特点决定了行业能耗水平和废弃物排放不太可能一直保持大幅下降趋势。而后期，宁波绿色制造水平的提升主要依靠产品设计生态化水平和产业耦合一体化水平的大幅提升。因此，宁波市要进一步提高生产清洁化和能效利用水平，就需要进一步优化本市产业结构，着力发展数字经济、工业互联网、创意设计等新兴产业，加快区域经济由传统高能耗、高污染、劳动密集型向低能耗、低排放、创新驱动方向发展。

### (3) 完善资源回收再生体系。

与其他各维度指标相比，宁波市回收再生资源化水平提升较慢，2017 年甚至出现同比下跌，对于促进绿色制造发展的贡献度偏低。可见，回收再生资源领域已成为宁波推动绿色制造发展进程中的短板。为补齐这一短板，宁波需要加快制定出台再生原料和产品推广使用制度，完善废弃产品回收补贴方案，解决资源回收企业资金周转困难问题；鼓励相关科研单位与固废产生、综合利用、处置单位，从污染综合诊断、工艺流程优化、多要素协同治理等开展联合攻关，统筹解决处置过程中废弃物循环利用问题；强化相关产业间的资源耦合、原料互补、生态链接，从单一治理向综合利用转变，建立以市场为导向的全主体多元协同共治体系。

## 参考文献：

[1]陶永，李秋实，赵罡. 面向产品全生命周期的绿色制造策略[J]. 中国科技论坛，2016(9)：58-64.

[2]“中国工程院绿色制造发展战略研究”课题组. 推进绿色制造建设生态文明——中国绿色制造战略研究[J]. 中国工程科学，2017(3)：53-60.

- 
- [3]钟玥, 陈伟栋. “工业工程+绿色制造” 战略研究体系的构建[J]. 中国管理信息化, 2018(23): 131-134.
- [4]吴小珍, 张华. 绿色制造的生态评价体系及方法研究[J]. 制造业自动化, 2015(2): 50-53.
- [5]张绪美, 张华. 生态文明下绿色制造评价与优化框架体系[J]. 现代制造工程, 2016(10): 153-158.
- [6]高芬, 江心英. 装备制造企业绿色竞争力评价指标体系的构建——基于生命全周期理论[J]. 中国集体经济, 2017(4): 26-27.
- [7]李锐, 许涵青. 基于清洁生产审核应用的绿色制造水平评价模型与评价方法[J]. 上海节能, 2018(9): 704-710.
- [8]Zhou W, Wang J, Zhu X. Research on environmental assessment model of shipyard workshop based on green manufacturing[J]. Journal of Coastal Research, 2019, 94(sp1):16-20.
- [9]Nallusamy S, Ganesan M, Balakannan K, et al. Environmental sustainability evaluation for an automobile manufacturing industry using multi-grade fuzzy approach[J]. International Journal of Engineering Research in Africa, 2015, 19:123-129.
- [10]Salem A H, Deif A M. Developing a Greenometer for green manufacturing assessment[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 154:413-423.
- [11]李博洋, 顾成奎. 中国区域绿色制造评价体系研究[J]. 工业经济论坛, 2015(2): 23-30.
- [12]王鸣涛, 叶春明. 基于熵权 TOPSIS 的区域工业绿色制造水平评价研究[J]. 科技管理研究, 2020(17): 53-60.
- [13]刘旭红, 揭筱纹. 西部地区工业绿色制造体系评价及提升对策研究[J]. 北方经济, 2020(1): 37-40.
- [14]张乃明, 张丽, 卢维宏, 等. 区域绿色发展评价指标体系研究与应用[J]. 生态经济, 2019(12): 185-189.
- [15]田泽, 魏翔宇, 丁绪辉. 中国区域产业绿色发展指数评价及影响因素分析[J]. 生态经济, 2018(11): 103-108.
- [16]游建民, 张伟. 国家生态文明试验区绿色制造绩效评价及影响因素研究——以贵州为例[J]. 贵州社会科学, 2018(12): 120-128.
- [17]吴传清, 黄磊. 长江经济带工业绿色发展绩效评估及其协同效应研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2018(3): 46-55.
- [18]赵少飞, 赵鑫, 陈翔. 基于改进密切值法的区域工业绿色技术创新能力评价[J]. 工业技术经济, 2020(7): 152-160.
- [19]王彩明, 李健. 中国区域绿色创新绩效评价及其时空差异分析——基于 2005—2015 年的省际工业企业面板数据[J]. 科研管理, 2019(6): 29-42.
- [20]张文字, 于琦, 杨风霞, 等. 创新驱动战略下区域制造业绿色创新能力评价——基于 30 个地区数据的复杂网络建模分析

---

[J]. 工业技术经济, 2018(8): 86-94.