

# 区域工业企业环境责任评估体系的统计学检验与优化

王子灵<sup>1</sup>, 向珍<sup>2</sup>, 向兰<sup>3</sup>, 刘智宇<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>长沙学院经济与管理学院, 湖南 长沙

<sup>2</sup>长沙市夏铎铺中学, 湖南 长沙

<sup>3</sup>湖南师范大学旅游学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年5月27日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年6月30日

## 摘要

工业企业环境责任的履行, 是生态文明建设的重要方面, 目前关于企业环境责任评估体系构建的研究较为丰富, 但关于评估体系检验的研究却不足。在党的二十大报告对推进生态文明建设提出了更高要求的背景下, 本文面向生态文明建设中工业企业环境责任评估体系的检验与优化问题, 运用结构方程模型等统计学方法, 对已有的区域工业企业环境责任评估体系进行了检验, 并提出优化建议, 为生态文明建设中检验和改进现有工业企业环境责任评估体系提供方法论参考。

## 关键词

企业环境责任, 评估体系, 统计学检验, 结构方程模型

# Statistical Test and Optimization of Regional Industrial Enterprises' Environmental Responsibility Assessment System

Ziling Wang<sup>1</sup>, Zhen Xiang<sup>2</sup>, Lan Xiang<sup>3</sup>, Zhiyu Liu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Economics and Management, Changsha University, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Changsha Xiaduopu Middle School, Changsha Hunan

<sup>3</sup>College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha Hunan

Received: May 27<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 20<sup>th</sup>, 2025; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

The fulfillment of industrial enterprises' environmental responsibility is an important aspect of the

\*通讯作者。

文章引用: 王子灵, 向珍, 向兰, 刘智宇. 区域工业企业环境责任评估体系的统计学检验与优化[J]. 统计学与应用, 2025, 14(6): 360-370. DOI: 10.12677/sa.2025.146174

construction of ecological civilization, and the current research on the construction of enterprises' environmental responsibility assessment systems is relatively abundant, but the research on the testing of the assessment system is insufficient. In the context of the 20th Party Congress report, which puts forward higher requirements for promoting the construction of ecological civilization, this paper is oriented to the testing and optimization of the assessment system of industrial enterprises' environmental responsibility in the construction of ecological civilization. By employing statistical methods such as structural equation modeling, this paper tests the existing regional industrial enterprises' environmental responsibility assessment system and puts forward optimization suggestions, providing a methodological reference for testing and improving the existing industrial enterprises' environmental responsibility assessment system in the construction of ecological civilization.

## Keywords

Enterprises' Environmental Responsibility, Assessment Systems, Statistical Tests, Structural Equation Modeling

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》中重点提出“实施分区域、差异化、精准管控的生态环境管理制度，健全生态环境监测和评价制度”，对生态文明建设中生态环境的监测和评价提出了新的要求。近年来，随着生态文明建设的推进，转变经济发展方式、发展绿色产业已成为我国经济发展的新增长点[1]。由于企业是经济社会发展的重要力量，企业积极承担环境责任不仅能推动企业自身效益与竞争力的提升，对于自然环境与社会福利改善也发挥着重要的作用[2]，是落实生态文明建设的重要方面。因此，企业对环境责任的履行日益成为全社会关注的焦点问题，企业环境责任的监测评估也成为学界研究的热点问题。

目前，已有关于企业环境责任评估的文献或立足不同的视角[3]-[5]，或针对不同的行业[6]-[9]、不同的区域[5] [10] [11]，建立了一系列企业环境责任的评估体系。但已有文献均将研究的重点放在企业环境责任评估体系的构建上，而鲜有对企业环境责任评估体系进行检验与优化的研究。实际上，如果企业环境责任评估体系缺乏科学性和有效性，不能够科学地测量评估对象的特征并有效反映评估对象的状况，则评估结果将不能为企业自身环境责任的履行和改进、政府对企业环境责任的监督和引导等提供有效的依据，进而影响生态文明建设的推进。

因此，在党的二十届三中全会对生态环境监测和评价提出了新要求的背景下，如何对以往企业环境责任评估指标体系的进行检验，发现已有企业环境责任评估体系的不足，进而改进和优化现有的企业环境责任评估体系，既是重要的学术问题，也是迫切的现实问题。本文基于这一背景，运用统计学方法，对已有的区域工业企业环境责任评估指标体系进行了统计学检验，并提出了优化建议，为生态文明建设中检验和改进现有企业环境责任评估体系提供了方法论参考。

## 2. 企业环境责任评估体系及其检验

### 2.1. 企业环境责任及其评估体系

企业环境责任是在人类寻求解决环境问题的进程中与企业社会责任运动相结合而形成的，是企业社

会责任的主要方面之一[12]。企业环境责任的评估是基于多个因素来综合判断企业环境责任水平、状态等的过程,“基于多个因素来综合判断评价对象水平或状态或类型的认识过程,都可认为是综合评价活动”[13],因此它是一种综合评估体系。已有文献都基本遵循综合评估的过程,首先基于相关理论对主题进行不同层级的要素分解和指标解释,之后通过一定的方法来量化指标数据,进而对不同范畴下的企业环境责任进行评估。企业环境责任评估是监督和促进企业加强环境保护的工具,为衡量企业环境管理过程 and 环境保护效果提供标准,为管理者或其他利益相关者制定环境方面的决策提供相关、可靠的信息[14]。在目前已有的从区域层面开展对企业环境责任的评估研究中,赵黎等从市域层面开展了对企业环境责任的评估[10],何雅娟等、冯梅等则从省域层面开展了企业环境责任的评估[5] [11]。

## 2.2. 综合评估体系的统计学检验

综合评估体系的检验,涉及到以下问题:一是评估指标的选取、结构设计、计算方法等是否合理;二是计算的结果能否反映现实情况,是否有效[15]。这些问题并不好回答,尤其第二点所涉及问题的检验,还需要依赖于人的理论解释与判断[13]。但是对于第一点所涉及问题,可以通过统计方法进行检验,判断假设是否合理、方法是否有效、误差是否可控等等,进而推动评价方法和指标体系进一步完善[16]。综合评估体系的检验,因环节众多,也会涉及到多元的统计学方法,需要依据具体情况来进行选择,但基于结构方程模型的验证性因素分析,是常常会用到的方法之一。结构方程模型的原理是通过实际数据,基于统计分析对比假设模型与观察到的数据之间的一致性 or 差异性,来决定研究者所提出的假设性看法是否合理[17]。

## 3. 研究对象选择及数据准备

### 3.1. 研究对象选择

由于本文主要探讨的是区域工业企业环境责任评估指标体系统计学检验中的应用,且如前文所述,目前赵黎等、何雅娟等、冯梅等均开展了区域工业企业环境责任评估且构建了指标体系[5] [10] [11],因此本文基于已有研究的指标体系进行检验。以上区域工业企业环境责任评估体系都涉及到环境管理、减污减排、节约能源等方面,且随着时间的推移,评估体系越来越完善,但只有何雅娟等公开了指标数据[11],考虑到数据的公开性和可得性,本文选择该指标体系进行检验与优化,如表 1 所示。

表 1 中二级指标“环境管理(Y1)”下对应 6 个三级指标,分别为“工业废水处理量(X1)”、“工业废水治理设施数(X2)”、“工业废水治理设施处理能力(X3)”、“工业废气治理设施数(X4)”、“工业废气治理设施处理能力(X5)”、“环境污染治理投资占 GDP 比重(X6)”,二级指标“降污减排(Y2)”对应 4 个三级指标,分别为“一般工业固体废物综合利用量(X7)”、“工业废水排放量(X8)”、“工业废气排放量(X9)”、“一般工业固体废物产生量(X10)”。指标的含义、数据来源等,可参考上述文献,本文不再赘述。

**Table 1.** Assessment system for environmental responsibility of industrial enterprises in the region

**表 1.** 区域工业企业环境责任评估体系

一级指标	二级指标(编号)	三级指标(编号)	单位
区域工业企业环境责任评估体系	环境管理(Y1)	工业废水处理量(X1)	万吨
		工业废水治理设施数(X2)	套
		工业废水治理设施处理能力(X3)	万吨/日
		工业废气治理设施数(X4)	套
区域工业企业环境责任评估体系	环境管理(Y1)	工业废气治理设施处理能力(X5)	万立方米/时
		环境污染治理投资占 GDP 比重(X6)	/
	降污减排(Y2)	一般工业固体废物综合利用量(X7)	万吨
		工业废水排放量(X8)	亿立方米

续表

工业废气排放量(X9)	万吨
一般工业固体废物产生量(X10)	万吨

### 3.2. 指标数据

表 1 中工业企业环境责任评估体系共有 10 个三级指标, 各个指标对应的 28 个省、直辖市的数据, 如表 2 所示。

Table 2. Indicator data for 28 provinces/municipalities directly under the central government

表 2. 28 个省/直辖市的指标数据

省市	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
湖北	281,237	2110	1023.1	6136	93,354	0.0128	91,609	19512.5	7611	5737
宁夏	25,385	377	159.2	1766	17,215	0.0238	16,548	9324.5	2961	2044
安徽	206,430	2412	1020.7	5848	40,258	0.0192	67,175	29,645	12,022	10,266
山西	204,376	3567	1013.3	12,706	62,972	0.0271	48,108	38124.3	29,031	20,135
河南	176,636	3610	970.4	10,184	76,908	0.0071	137,356	35001.9	15,250	11,597
江西	175,329	2488	811	5426	26,452	0.0244	67,871	14814.1	11,134	6071
湖南	269,496	3131	1121.9	5734	34,007	0.0086	97,133	15887.5	8116	5188
北京	11,081	521	64.5	3004	10,901	0.0192	9190	3263.7	1104	872
天津	40,464	967	170.8	3911	22,382	0.0122	19,117	9032.2	1820	1816
河北	776,119	4780	3725	16,924	182,217	0.0183	122,645	67647.4	45,576	17,361
辽宁	235,649	2387	1212.3	11,585	86,497	0.0275	87,168	31,917	27,280	11,862
吉林	99,305	677	485	3627	31,065	0.0087	44,842	10316.3	4731	3198
黑龙江	92,346	1199	1214.3	5006	37,098	0.0159	58,355	10444.6	6313	4646
上海	78,777	1802	321	4795	32,703	0.0066	46,359	13361.3	2199	2140
江苏	405,492	7495	1953.1	17,641	99,232	0.0122	236,094	48623.3	10,224	9342
浙江	256,554	8572	1361.9	17,771	159,773	0.0108	175,416	23967.3	4461	4083
福建	173,788	3461	736	7780	85,065	0.0113	106,319	14739.3	7720	6887
山东	365,429	5317	2007.2	15,915	116,317	0.0148	183,634	45420.2	18,343	17,073
广东	287,598	10,608	1654.7	18,667	78,241	0.0046	186,126	27078.2	5965	5198
广西	345,307	2392	1275	6418	38,313	0.0146	110,671	27610.7	7964	5369
海南	9144	364	39.9	555	3003	0.0157	7465	1960.3	386	238
重庆	44,824	1578	394.5	4319	19,990	0.0164	30,611	8359.9	3115	2569
四川	207,455	4255	999.4	8384	50,885	0.0075	69,984	21909.6	13,187	6052
贵州	92,722	1663	442.6	3413	22,084	0.0101	23,399	14311.6	7835	4839
云南	143,693	4878	933.8	6618	32,704	0.0128	42,811	14955.2	16,038	7938
陕西	63,704	2206	333	4701	30,906	0.0125	38,037	14767.4	7215	4422
甘肃	33,001	631	206.9	3237	39,977	0.0215	19,188	13899.7	6671	3593
青海	19,785	185	66.5	1229	7772	0.0127	8917	5507.6	12,301	6831
平均	<b>182,897</b>	<b>2986</b>	<b>918.46</b>	<b>7617</b>	<b>54,938</b>	<b>0.0146</b>	<b>76,862</b>	<b>21121.5</b>	<b>10,591</b>	<b>6691</b>

### 3.3. 数据的描述性统计

本文用 SPSS 软件对上述指标的数据进行了描述性统计分析, 如表 3。其中, 偏度统计的是数据分布的偏斜方向和程度, 完全服从正态分布的偏度值为 0, 越接近于 0, 越接近于正态分布; 反之, 若偏度值

显著偏离 0，则不服从正态分布。峰度，用于描述数据分布的陡缓程度，峰度值为 3 时，表明数据完全服从正态分布，峰度越接近于 3，数据越接近于正态分布；反之，若峰度值显著偏离 3，则不服从正态分布。从表 3 所示的检验结果看，其偏度值与峰度值都不接近于正态分布值，因此需要对原始数据进行优化处理，方可进行进一步的分析。

**Table 3.** Descriptive statistics of data

**表 3.** 数据描述性统计

指标 编号	N 统计量	极小值	极大值	均值	标准差	偏度		峰度	
		统计量	统计量	统计量	统计量	统计量	标准误	统计量	标准误
X1	28	9144	776,119	182897.34	160595.336	1.862	0.434	5.520	0.845
X2	28	185	10,608	2986.86	2521.304	1.473	0.434	2.240	0.845
X3	28	39.90	3725.00	918.4641	768.94196	1.789	0.434	5.249	0.845
X4	28	555	18,667	7617.83	5321.726	0.936	0.434	-0.255	0.845
X5	28	3003	182,217	54938.93	43699.579	1.414	0.434	1.867	0.845
X6	28	0.0046	0.0275	0.014603	0.0060540	0.595	0.434	-0.221	0.845
X7	28	7465	236,094	76862.41	60423.916	1.027	0.434	0.467	0.845
X8	28	1960.3	67647.4	21121.521	14910.5923	1.377	0.434	2.161	0.845
X9	28	386	45,576	10591.86	9632.260	2.130	0.434	5.578	0.845
X10	28	238	20,135	6691.66	4936.994	1.311	0.434	1.398	0.845

有效的 N (列表状态): 28。

### 3.4. 逆向指标正向化及数据标准化

上述评估体系中的指标 X8、X9 和 X10 是逆向指标，即指标值越小越好，因此本文首先用 SPSS 软件对指标 X8、X9 和 X10 的原始数据进行了取倒数的正向化处理[18]。同时，上述评估体系中指标度量各异，在进一步分析前，需要做标准化处理[19]，本文将正向化后的所有指标数据进行了 Z-score 标准化 (0-1 标准化)处理。

## 4. 统计学检验过程及结果

### 4.1. 信度检验

原文献中未对指标数据进行信度检验，本文首先使用 SPSS 软件对指标数据进行了信度检验。信度分析显示，所有指标数据的 Cronbach's  $\alpha$  值为 0.639，“环境管理(Y1)”和“降污减排(Y2)”对应指标数据的 Cronbach's  $\alpha$  值分别为 0.852 和 0.601，均大于 0.6，说明数据信度基本达标。另外，“环境管理(Y1)”去掉指标“环境污染治理投资占 GDP 比重(X6)”后，对应的“删除项后的 Cronbach's  $\alpha$  值”提高到 0.949，“降污减排(Y2)”去掉“一般工业固体废物综合利用量(X7)”后，对应的“删除项后的 Cronbach's  $\alpha$  值”提高到 0.981。因此信度检验初步现实，三级指标 X6 和 X7 与现有二级指标的归属关系存在偏差。

### 4.2. 基于探索性因子分析法的效度检验

在验证了指标数据信度的可靠性之后，本文使用软件 SPSS 软件，先和原文献一样，采用探索性因子分析法，对评估体系的结构效度进行初步检验。

#### 4.2.1. KMO 和 Bartlett 检验

本文对数据进行 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)检验和 Bartlett 检验，结果如表 4 所示，其中 KMO 值为 0.766 (超过了 0.7)，Bartlett 检验的显著水平值为 0.000 (小于 0.001)，均表明数据非常适合进行因子分析。

**Table 4.** KMO and Bartlett's test**表 4.** KMO 和 Bartlett 的检验

检验类型		取值
取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 检验		0.766
Bartlett 的球形度检验		近似卡方
	<i>df</i>	394.994
	<i>Sig.</i>	45
		0.000

#### 4.2.2. 公因子和成份分析

在探索性因子分析中, 方差解释率依据特征值大于 1 的提取原则, 有 3 个因子被提取, 累计解释率为 90.559%, 如下表 5 所示。这一结果与原文献有所区别, 原文献只提取了 2 个公因子, 累计解释率为 85.816%。产生这一差异的原因, 应是本文对原始数据进行了逆向指标正向化和原始数据标准化处理, 进而降低了分析误差, 使得分析结果更加优化。

**Table 5.** Total variance explained**表 5.** 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	5.939	59.388	59.388	5.939	59.388	59.388	5.939	59.388	59.388
2	1.964	19.639	79.028	1.964	19.639	79.028	1.964	19.639	79.028
3	1.153	11.532	90.559	1.153	11.532	90.559	1.153	11.532	90.559
4	0.474	4.738	95.297						
5	0.193	1.926	97.223						
6	0.142	1.416	98.639						
7	0.069	0.693	99.332						
8	0.037	0.368	99.699						
9	0.024	0.241	99.941						
10	0.006	0.059	100.000						

提取方法: 主成分分析法

一般累积方差贡献率达到 60% 就可以用公因子来替代原始指标变量, 因此 10 个三级指标应潜在对应 3 个公因子(二级指标)。据此本文进一步计算了的因子成份得分系数矩阵, 如表 6, 它描述了每个公因子(二级指标)中 10 个三级指标所占的成份。根据该矩阵, 以所占成份大于 0.5 为分界, 可以得出: 指标 X1、X2、X3、X4、X5、X7 对应公因子 1(二级指标 1), 指标 X6 对应公因子 2(二级指标 2), 指标 X8、X9、X10 对应公因子 3(二级指标 3)。

**Table 6.** Matrix of ingredient score coefficients**表 6.** 成份得分系数矩阵

指标变量	因子 1 成份	因子 2 成份	因子 3 成份
X1	0.852	0.234	0.274
X2	0.814	0.309	-0.290
X3	0.875	0.239	0.267
X4	0.913	0.284	0.021

提取方法: 主成份分析法

续表

X5	0.866	0.264	0.183
X6	-0.160	-0.156	0.920
X7	0.869	0.292	-0.184
X8	-0.776	0.588	0.048
X9	-0.646	0.755	0.035
X10	-0.633	0.762	0.066

### 4.3. 基于结构方程模型的效度检验

本文使用 AMOS 软件, 首先基于原文献中的评估体系结构(既表 1)设定结构方程模型(如图 1, 其中  $\lambda$  为初始设定的路径系数,  $e$  为观察变量和潜在变量设置的残差), 并导入原始数据进行分析, 分析显示, 该模型无法通过拟合。由于结构方程模型是验证性因子分析, 模型无法通过拟合, 说明原评估体系的结构设定不合理。

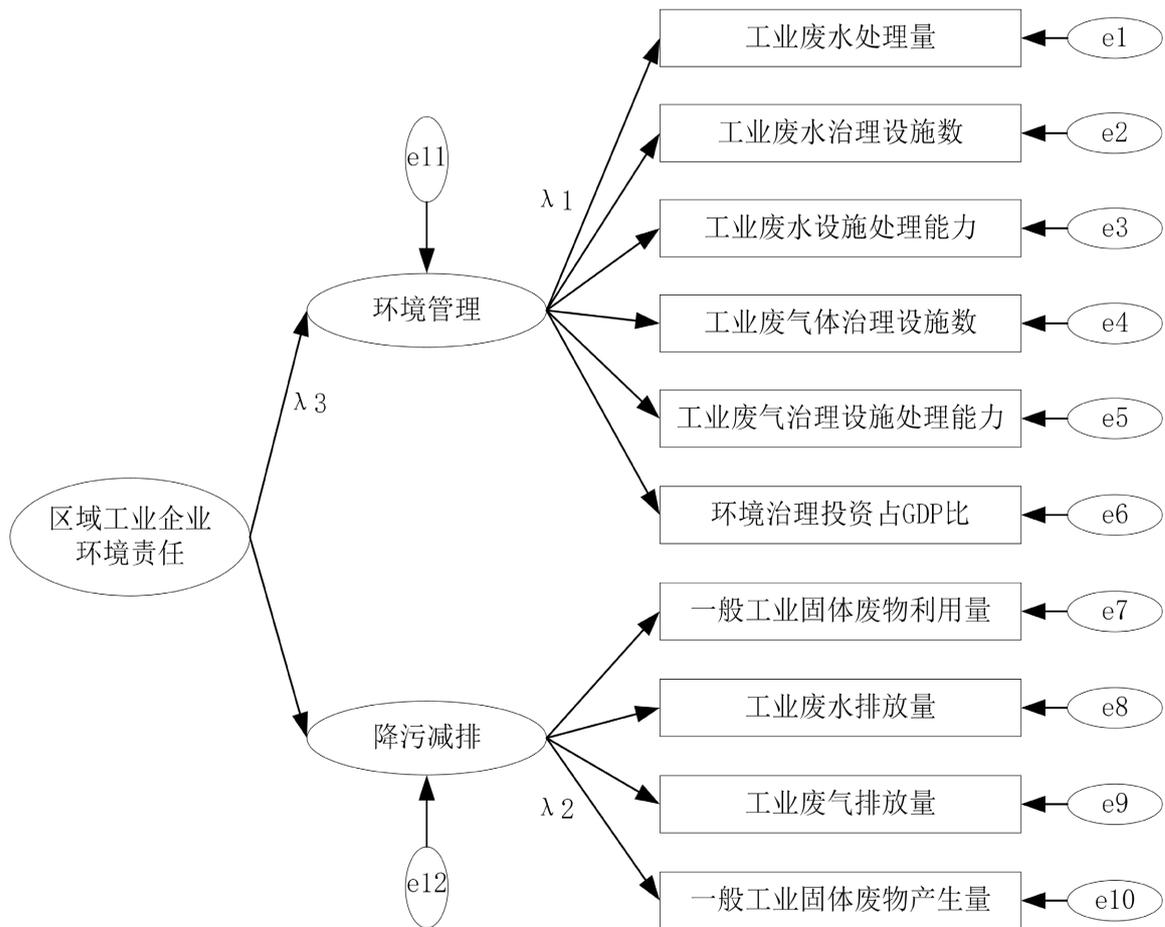
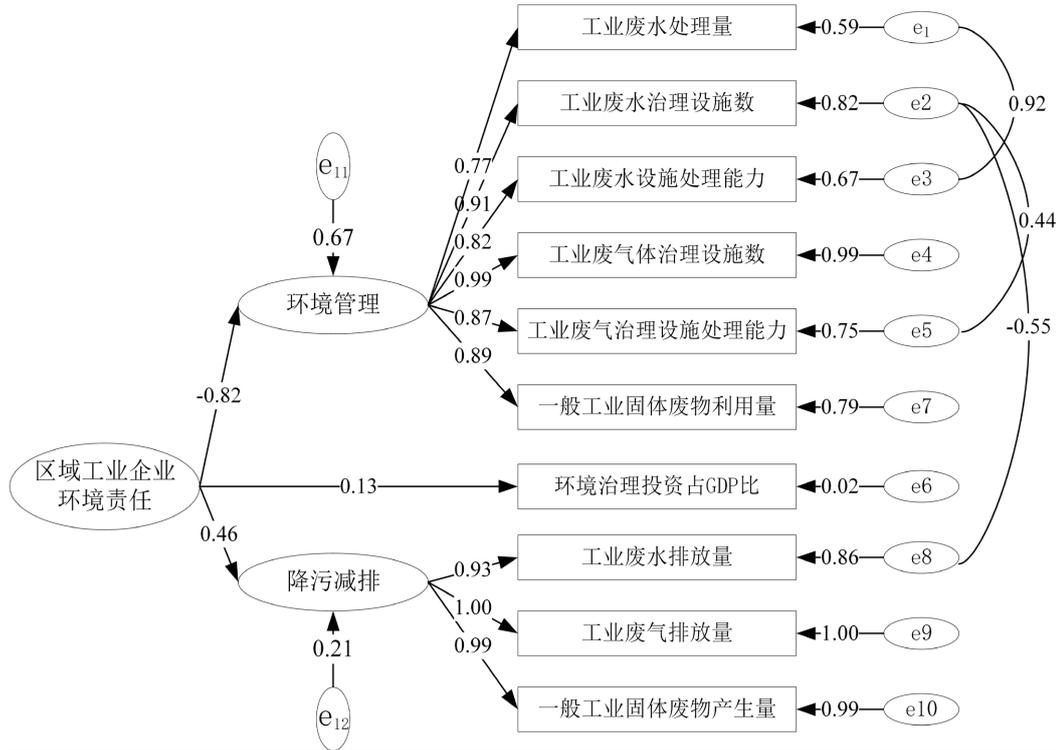


Figure 1. Model based on the assessment system in the original literature

图 1. 依据原文献中评估体系设定的模型

结合本文在前文中的信度检验结果, 以及提取的 3 个公因子的主成份情况, 本文优化了结构方程模型设定, 如图 2。



**Figure 2.** Optimized assessment system model  
**图 2.** 优化后的评估体系模型

优化后的模型可以通过拟合，但初始拟合数据不佳。考虑到允许残差相关是结构方程模型修正的常见策略，本文通过释放部分残差协方差约束对优化后的模型进一步修正后，模型拟合数据如表 7 所示。本文参考武海东的研究[20]，同时给出了拟合指标的可接受范围及最佳值，表 7 中部分拟合数据已达到最佳值，其他则处于或接近可接受范围。考虑到原文献的原始数据为省域工业企业环境责任数据，数据量受省、直辖市数量的客观限制为小样本，模型拟合应适度放宽，避免盲目追求统计完美，可认为该模型已处于合理范围，也说明本文对原评估体系的优化方向是合理的。

**Table 7.** Values of the main fit of the optimized model  
**表 7.** 优化后的模型主要拟合度数值

拟合度指标	CMIN/DF (卡方自由度比)	GFI (拟合优度指数)	AGFI (调整的拟合优度指数)	RMSEA (近似误差均方根)	PGFI (节俭拟合指数)	CFI (比较拟合指数)
拟合数据	1.241	0.814	0.660	0.093	0.444	0.983
可接受值	小于 3	大于 0.8	大于 0.8	小于 0.1	大于 0.5	大于 0.9
最佳值	小于 2	大于 0.9	大于 0.9	小于 0.08	大于 0.6	大于 0.95

从图 2 的模型及其数据来看：(1) 原评价体系未考虑“治理投资”相关指标(包括 X6 在内)的独立性；(2) 部分残差相关，说明三级指标之间存在共性(相关性)或存在隐含未被量化的因素。因此，原评估体系需做如下优化：(1) 指标结构优化：增加二级指标“治理投资(Y3)”，将现有的三级指标“环境污染治理投资占 GDP (Gross Domestic Product)比重(X6)”纳入该二级指标下，并进一步增加若干“治理投资”相关的三级指标，例如“环技术研发投入占 GDP 比”，“污染治理实施运行费用” [7]，“环保投资占营业收

入比例”[9]; (2) 指标间存在相关性的优化: 如前文所述, 本文数据分析前已经进行逆向指标正向化及数据标准化(去量纲)处理, 可一定程度消除指标间的共性(相关性)的影响[21], 若需进一步消除指标之间共性(相关性)关系的影响, 还可在二级指标下对相关性强度的指标进行取舍, 如 X1 和 X3; (3) 新增指标消除可能存在的隐含未被量化因素: 新增同类相关性不强的指标, 如在“降污减排”中增加如“碳排放量”, “SO<sub>2</sub>排放消减率”[5], “固废综合利用率”[3], “单位产值废水排放量”[7]指标。上述调整, 能使评估体系更为符合“环境管理压力-实施治理措施-产生治理效果”的理论逻辑, 进一步得到优化。优化后的评估体系如表 8 所示。

**Table 8.** Optimized regional industrial enterprise environmental responsibility assessment system  
**表 8.** 优化后的区域工业企业环境责任评估体系

一级指标	二级指标(编号)	三级指标(编号)	单位	
区域工业企业环境责任	环境管理(Y1)	工业废水处理量(X1)	万吨	
		工业废水治理设施数(X2)	套	
		工业废水治理设施处理能力(X3)	万吨/日	
		工业废气治理设施数(X4)	套	
		工业废气治理设施处理能力(X5)	万立方米/时	
		一般工业固体废物综合利用量(X7)	万吨	
		环境管理体系认证率(X12)	/	
		环保培训覆盖率(X13)	/	
		环保指数完善指数(X14)	1~5 级	
		环境事故应急预案完备率(X15)	/	
	治理投资(Y3)	环境污染治理投资占 GDP 比重(X6)	/	
		环保技术投入占 GDP 比(X11)	/	
		污染治理设施运行费用(X16)	万元/年	
		环保投资占营业收入比例(X17)	/	
		降污减排(Y2)	工业废水排放量(X8)	亿立方米
			工业废气排放量(X9)	万吨
			一般工业固体废物产生量(X10)	万
			SO <sub>2</sub> 排放消减率(X18)	/
			固废综合利用率(X19)	/
			单位产值废水排放量(X20)	吨/万元

注: 占比/比率指标无单位, 用“/”代替。

## 5. 结论与展望

### 5.1. 本文结论

本文立足党的二十届三中全会对生态环境监测和评价提出了新要求的背景下, 需要对已有企业环境责任评估体系进行检验和优化的现实需要, 选取已有文献所提出的企业环境责任评估体系, 综合运用多种统计学方法进行检验和优化, 主要工作结论及不足如下:

#### 5.1.1. 对原始数据的统计学处理能使分析过程中的阶段性结果更加优化

在基于原文献所使用的探索性因子分析法上, 本文通过增加逆向指标正向化和原始数据标准化处理, 使得公因子由原文献中 2 个增加到本文中 3 个、累计解释率由 85.816% 提高到 90.559%, 同时也为之后评估体系的优化提供了依据。

#### 5.1.2. 结构方程模型能检验评估体系结构的不足并为评估体系的结构优化提供辅助

本文运用结构方程模型方法, 依据原文献中的评估体系设定模型并进行检验后, 发现该模型无法通

过拟合，既原评估体系的结构设定不合理。在结构模型的辅助下，本文优化了原有评估体系的结构，优化的评估体系模型不仅结构更合理，也更为符合理论逻辑。同时，本文也提出了进一步优化的建议。

## 5.2. 不足之处

首先，本文是在前人文献基础上进行的研究，由于原文献未提供详尽的数据来源，因此对于本文提出的新增指标，无法通过与原文献一致的来源进行数据补充，因而无法对优化后的指标体系进行再次检验。其次，由于指标数据获取的局限性，虽然论文中所呈现的优化模型仍有完善的空间，但已经是基于现有数据进行多种模型尝试之后，相对较好的结果。

## 5.3. 对未来相关研究的建议

本文的研究，充分证明了如探索性因子分析、结构方程模型等统计学方法的组合运用，在检验和优化现有企业环境责任评估体系中的有效作用。结合本文的研究，对未来相关的评估体系构建及实证研究建议如下。

### 5.3.1. 注重评估体系构建中的理论驱动

理论驱动是确保评估指标体系科学性和解释力的核心，原评估体系的构建中未充分考虑理论逻辑，因而导致评估体系构建不合理。本文通过将基础理论逻辑贯穿评估体系构建及数据实证的全过程，不仅优化了评估体系构建上的偏差，也能提升评估体系的实践应用价值。

### 5.3.2. 注重评估实证中多元统计方法的运用

如本文对原始数据进行逆向指标正向化和原始数据标准化处理后，降低了分析误差，使得进行探索性因子分析的结果更加精准，为评价体系模型的优化设定打下了基础，而结构方程模型验证，又能有效的发现原评估体系的不足和优化方向。这说明通过多元统计方法的运用，能够降低误差、发现不足，提高评估实证的精准性和有效性。

### 5.3.3. 注重使用时间序列数据检验评估体系

本文在对原评估体系模型进行拟合和优化时遇到的客观问题是，原文献的原始数据为省域工业企业环境责任数据，数据量受省、直辖市数量的客观限制，天然为小样本。而小样本将导致参数估计不稳定，拟合指标易偏离理想阈值。未来研究若遇到类似问题，可考虑引入长期的时间序列数据对评估体系进行检验，这可一定程度克服客观上存在的小样本问题，为模型拟合和优化提供更丰富的数据量。

### 5.3.4. 注重与政策导向和现实情况对接

基于研究中的观察和思考，本文也发现，除了统计学修正外，已有企业环境责任评估体系还有相当大的与政策导向和现实情况对接的优化空间，包括：针对特定行业选取细化指标，构建行业差异化的企业环境责任评估体系；将评估体系与政府环保考核机制结合，推动评估结果的政策衔接和实践应用等等。

## 致谢

感谢湖南省教育科学“十四五”规划课题对本文研究的资助。感谢期刊编辑部和审稿人在论文评审中的专业工作，这些工作对本文的完善至关重要。

## 基金项目

湖南省教育科学“十四五”规划 2021 年度课题：“高职教师实践教学能力评估模型构建研究”(XJK21BZJ030)。

## 参考文献

- [1] 邱牧远, 殷红. 生态文明建设背景下企业 ESG 表现与融资成本[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(3): 108-123.
- [2] 刘智宇. 企业社会责任信息披露与经济绩效关系研究——基于中国上市公司的证据[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2019.
- [3] 赵天燕, 孙涛, 郭文. 企业环境责任度量——基于绿色投入产出的视角[J]. 技术经济, 2013, 32(10): 87-92.
- [4] 贺立龙, 朱方明, 陈中伟. 企业环境责任界定与测评: 环境资源配置的视角[J]. 管理世界, 2014(3): 180-181.
- [5] 冯梅, 闫雅芬, 吴迪. 基于负外部性视角下中国工业环境责任评价体系研究[J]. 宏观经济研究, 2019(4): 63-72.
- [6] 王建华, 李杰, 曾嵘. 基于环境成本信息披露的煤炭企业环保责任评价研究[J]. 中国煤炭, 2014, 40(11): 10-12.
- [7] 冯俊华, 王靖, 张丹阳. 制革企业环境责任评价指标体系构建研究[J]. 中国皮革, 2016, 45(12): 32-36.
- [8] 渠旭梅. 中国矿山企业环境责任能力评估与分析[J]. 经济问题, 2018(2): 80-86.
- [9] 杨丽华, 张诗文, 贾林琅. 中国制造业跨国企业环境责任水平测度及提升策略[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2019, 13(3): 38-44.
- [10] 赵黎, 贺立龙, 靳慧祯. 基于环境资源配置的工业企业环境责任评价——以河南省为例[J]. 软科学, 2014, 28(2): 74-78.
- [11] 何雅娟, 钟原, 章玥, 等. 基于因子分析法的企业环境社会责任披露研究[J]. 经济师, 2017(1): 76-78, 80.
- [12] 刘智宇. 企业社会责任测评研究——以湖北省为例[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2015.
- [13] 苏为华. 我国多指标综合评价技术与应用研究的回顾与认识[J]. 统计研究, 2012, 29(8): 98-107.
- [14] 宋建波, 李丹妮. 企业环境责任与环境绩效理论研究及实践启示[J]. 中国人民大学学报, 2013, 27(3): 80-86.
- [15] 胡强, 甄峰. 指标体系构建与综合评估的统计检验——以全球创新指数为例[J]. 调研世界, 2021(9): 65-73.
- [16] 甄峰. 综合评价方法与应用的统计学内涵[J]. 统计与决策, 2016(19): 81-83.
- [17] 邱皓政. 结构方程模型的原理与应用(第二版) [M]. 第 2 版. 中国轻工业出版社, 2020.
- [18] 刘新华. 因子分析中数据正向化处理的必要性及其软件实现[J]. 重庆工学院学报(自然科学版), 2009, 23(9): 152-155.
- [19] 刘智宇, 向兰, 黄敬茹, 等. 因子分析法在旅游城市慈善文化发展评价中的应用[J]. 统计与管理, 2023, 38(4): 115-122.
- [20] 武海东. 用结构方程模型构建图书馆读者满意度评价指标体系[J]. 情报科学, 2011, 29(2): 227-230.
- [21] 胡永宏. 综合评价中指标相关性的处理方法[J]. 统计研究, 2002, 19(3): 39-40.