

引用格式: 江平. 基于熵权-TOPSIS模型的我国省域标准化发展水平评价研究[J]. 标准化学报, 2026 (7): 49-55.
JIANG Ping. Research on the Evaluation of China's Provincial Standardization Development Level Based on the Entropy Weight-TOPSIS Model[J]. Journal of Standardization, 2026 (7):49-55.

基于熵权-TOPSIS 模型的我国省域标准化 发展水平评价研究

江 平

(上海市质量和标准化研究院)

摘 要: 【目的】聚焦我国省域标准化发展不均衡的问题,通过系统化评价标准化发展梯度与区域差异特征,为国家及地方标准化战略优化提供科学依据。【方法】本研究构建了基于“要素支撑—创新产出—价值实现”框架的评价体系,涵盖标准创新驱动基础、标准供给水平、标准化影响力三大维度,采用熵权-TOPSIS模型对我国31个省(区、市)的标准化发展水平开展量化评价。【结果】我国标准化发展呈现“金字塔”梯队格局,区域层面呈现东部领先、中部中等、西部滞后、东北待振兴的差异特征。【结论】研究成果可为国家制定差异化区域标准化战略、地方精准优化发展路径提供科学支撑,对推动我国标准化协调发展、充分释放标准化在经济社会发展中的引领作用具有重要现实意义。

关键词: 标准化; 标准化发展水平; 熵权-TOPSIS模型

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.07.006

Research on the Evaluation of China's Provincial Standardization Development Level Based on the Entropy Weight-TOPSIS Model

JIANG Ping

(Shanghai Institute of Quality and Standardization)

Abstract: [Objective] Focusing on the issue of unbalanced development of standardization among China's provinces, this study aims to clarify the development gradient and regional differential characteristics through systematic quantitative evaluation, so as to provide scientific basis for optimizing national and local standardization strategies. [Methods] This paper constructs an evaluation system built on the framework of “factor support—innovation output—value realization”, encompassing three core dimensions: the foundation for innovation-driven standardization, the level of standard supply, and the influence of standardization. The entropy weight-TOPSIS model is employed to conduct a quantitative assessment of the standardization development level among 31 provinces of China. [Results] The research reveals that China's standardization development presents a pyramid-like echelon structure. At the regional level, distinct characteristics emerge: the eastern region takes the lead, the central region achieves moderate development, the western region lags behind, and the northeastern region awaits revitalization. [Conclusion] The research findings can offer scientific backing for the nation to formulate differentiated regional standardization strategies and for local governments to precisely optimize

基金项目: 本文受上海市市场监督管理局科技项目“基于区域协同发展的城市综合标准化辐射能力评价模型构建及实证研究”(项目编号: 2024-55)资助。

作者简介: 江平, 硕士, 高级工程师, 研究方向为标准化管理。

their development paths. It bears great practical significance for advancing the coordinated development of China's standardization and fully unleashing its leading role in economic and social progress.

Keywords: standardization; standardization development level; entropy weight-TOPSIS model

0 引言

在全球科技革命与产业变革加速演进的背景下,标准化已成为重塑国际竞争格局、驱动产业升级、提升国家核心竞争力的关键支撑。世界主要经济体均将标准化战略作为国家发展的核心布局,通过掌控标准规则制定权巩固全球产业话语权^[1-4]。我国高度重视标准化事业发展,《国家标准化发展纲要》明确了新时期标准化发展的四大战略转变,标志着我国标准化工作从被动追赶转向主动引领,在构建新发展格局、推动高质量发展中发挥着日益重要的基础性作用。然而,我国地域辽阔,各省市在经济基础、产业结构、科技创新能力等方面存在显著差异,这也必然导致不同区域之间标准化发展水平的不均衡,这种不均衡已成为制约全国标准化事业整体跃升的重要因素。

面对区域标准化发展的差异化现状,如何构建科学系统、可量化的评价指标体系与评价方法,测度各地区标准化发展水平,识别优势与短板,已成为当前区域协同发展需求下亟待解决的问题。在此背景下,开展省域标准化发展水平评价研究,不仅能够客观呈现我国31个省、自治区、直辖市标准化发展的梯队格局与区域差异,为国家制定差异化区域标准化战略提供数据支撑,还能为地方政府找准发展定位、优化资源配置、补齐发展短板提供科学参考。该研究对推动我国标准化协调发展、充分释放标准化在经济社会发展中的引领作用具有重要的现实意义。

1 指标体系构建与数据处理

1.1 指标体系构建

本文响应《国家标准化发展纲要》中创新引

领、供需并重、内外联动的战略,基于“要素支撑—创新产出—价值实现”的逻辑框架,结合已有研究对标准化核心维度的界定^[5-11],构建了包括标准创新驱动基础、标准供给水平、标准化影响力3个一级指标在内的标准化发展水平评价指标体系(见表1)。其中,“标准创新驱动基础”聚焦研发投入、人才储备、技术储备等核心支撑要素;“标准供给水平”兼顾国际与国家标准的存量、增量及产出效率;“标准化影响力”涵盖国际话语权与国内领导力双重维度。

1.2 数据来源

本文所使用的数据主要来源于各类官方统计年鉴、全国标准信息公共服务平台、标准化管理部门发布的公告以及相关权威数据库。具体数据来源包括但不限于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》、全国标准信息公共服务平台、国家市场监督管理总局(国家标准委)发布的相关公告以及国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)等国际标准组织的官方网站数据等。

1.3 数据处理

1.3.1 数据预处理

本文以2024年底为统计节点,收集了各指标的基础数据(承担ISO/IEC技术委员会主席、副主席数量采用截至2021年底的数据进行替代),形成数据集。对于数据集中的异常高值,本文采用“对数转换+Winsorize缩尾”组合方法进行处理:通过对数转换弱化极端值对数据分布的干扰,再结合Winsorize缩尾法将超出合理范围的异常值替换为临界分位数对应值,保障数据分布的合理性与有效性。

1.3.2 数据标准化处理

为消除不同指标间量纲、量级差异对综合评价结果的干扰,本文采用极差标准化法对指标数

表1 标准化发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标含义	单位	指标权重
标准创新驱动基础	研发创新基础	研发投入强度	R&D经费投入强度	无量纲	0.014 7
		创新人才规模	研发人员全时当量	万人年	0.037 3
		高技术产业集聚度	高技术产业企业数/法人单位数×1000	无量纲	0.026 3
	创新产出质量	有效专利密度	有效专利数/法人单位数×1000	件/千个	0.028 7
		创新型企业密度	实现创新企业数/法人单位数×1000	家/千个	0.019 3
标准供给水平	国际标准供给	国际标准存量	牵头制修订国际标准存量	项	0.078 2
		国际标准增量	当年新增牵头制修订国际标准数量	项	0.079 6
		国际标准产出效率	当年牵头制修订国际标准数量/（资金、组织综合投入）	项/份投入	0.048 3
	国家标准供给	国家标准存量	“十三五”以来主导制修订国家标准数量	项	0.062 5
		国家标准增量	当年新增主导制修订国家标准数量	项	0.069 2
		国家标准产出效率	当年主导制修订国家标准数量/（资金、组织综合投入）	项/份投入	0.023 7
标准化影响力	国际标准化影响力	国际标准化机构影响力	承担ISO/IEC技术委员会秘书处数量	个	0.104 8
		国际标准化人才领导力	承担ISO/IEC技术委员会主席、副主席数量	人	0.114 3
		国际标准化技术支撑能力	承担国内技术对口单位数量	个	0.122 5
	国内标准化领导力	国内标准化机构领导力	承担全标委秘书处数量	个	0.085 3
		标准化专家人才储备	全标委委员数量	个	0.049 0
		标准核心主导制度能力	当年主导制定国家标准单位数量/法人单位数×10000	家/万个	0.036 2

据进行标准化处理, 将数据映射至[0, 1]区间, 为后续熵权法权重计算及综合评价模型的运行奠定基础。其中, 针对不同分析环节采用差异化标准化策略: 熵权法权重计算环节直接使用原始数据进行标准化处理, 以确保权重赋值的客观性, 见式(1); TOPSIS法综合评价环节采用经预处理后的数据进行标准化处理, 以弱化极端值的干扰。

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

(1)

式中: X_{ij} 为原始数据值; $\max(X_j)$ 和 $\min(X_j)$ 分别为相应指标数据集的最大值和最小值; X'_{ij} 为

标准化后的结果。

2 熵权—TOPSIS模型构建

2.1 熵权法计算指标权重

熵权法确定权重的核心原理是利用信息熵来衡量指标数据的离散程度。数据离散程度越大, 表明该指标在不同评价对象间的差异越显著, 其区分能力越强, 因此应赋予更高的权重。具体计算步骤如下:

步骤1: 计算指标比重

计算第*i*个评价对象在第*j*个指标下的比重 p_{ij} , 见式(2)。

$$P_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (2)$$

式中: m 为评价对象的数量。

步骤2: 计算信息熵

计算第 j 个指标的信息熵 e_j , 见式 (3)。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (3)$$

式中: $k=1/\ln(m)$, 为常数。当 $p_{ij}=0$ 时, 定义 $p_{ij} \ln(p_{ij})=0$ 。

步骤3: 计算权重

计算第 j 个指标的权重 w_j , 见式 (4)。

$$w_j = \frac{(1-e_j)}{\sum_{j=1}^n (1-e_j)} \quad (4)$$

式中: n 为指标的数量。

2.2 TOPSIS法计算综合得分

通过熵权法获得各指标权重后, TOPSIS法利用这些权重构建加权矩阵, 并计算各评价对象与理想解的相对贴近度。具体步骤如下:

步骤1: 构建加权矩阵

将标准化后的数据矩阵 X' , 与权重矩阵 W 相乘, 得到加权标准化矩阵 Z , 见式 (5)。

$$Z = (Z_{ij})_{m \times n} = (w_j \cdot x'_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

步骤2: 确定理想解

确定正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^- 。正理想解 Z^+ 是每个指标在所有评价对象中的最大值构成的向量, 见式 (6):

$$Z^+ = (\max z_{i1}, \max z_{i2}, \dots, \max z_{in}) \quad (6)$$

负理想解 Z^- 是每个指标在所有评价对象中的最小值构成的向量 (本文中各指标的最小值均定义为0), 见式 (7):

$$Z^- = (\min z_{i1}, \min z_{i2}, \dots, \min z_{in}) \quad (7)$$

步骤3: 计算距离

计算每个评价对象到正理想解的距离 D_i^+ 和到负理想解的距离 D_i^- , 见式 (8)、式 (9):

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (8)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (9)$$

步骤4: 计算相对贴近度

计算每个评价对象与理想解的相对贴近度 C_i , 见式 (10)。

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (10)$$

式中: C_i 的取值范围为 $[0, 1]$, C_i 值越大, 表示该评价对象越接近正理想解, 其综合发展水平越高。

3 省域标准化发展水平实证分析

3.1 实证结果

基于本文构建的标准化发展水平评价指标体系, 采用前文所述熵权法计算各指标的权重 (见表1)。权重越高的指标意味着其在不同省 (区、市) 间的数值差异越大, 对整体评价结果的贡献也越大。根据计算结果, 权重排名前三的指标分别是“国际标准化技术支撑能力” (0.122 5)、“国际标准化人才领导力” (0.114 3) 和“国际标准化机构影响力” (0.104 8)。这表明, 在当前我国各省市的标准化发展中, 与国际标准化直接相关的核心要素是区分各地区发展水平高低的最关键因素, 即参与国际标准制定的平台 (TC/SC数量)、主导国际标准制定的领导力 (主席数量) 及为国际标准制定提供支持的能力。这3个指标的总权重超过了34%, 凸显了“标准化影响力”, 特别是“国际标准化影响力”在评价体系中的核心地位, 这与当前我国标准化“走出去”的发展需求高度契合。

进一步, 采用TOPSIS法测度我国31个省、自治区、直辖市 (不含港澳台地区) 标准化发展水平综合得分, 结果见表2。总体来看, 我国标准化发展水平呈现出明显的“金字塔”结构, 头部省市优势明显, 中部省市数量庞大, 尾部省市基础薄弱, 区域发展不平衡问题突出。

3.2 发展成熟度分析

为了更直观地展示结果, 本文将各省 (区、市) 按照得分高低划分为4个梯队。

表2 各省(区、市)标准化发展水平综合得分

序号	省(区、市)	综合发展水平	标准化创新基础	标准供给水平	标准化影响力
1	北京	0.926	0.711	1.000	1.000
2	上海	0.814	0.898	0.903	0.781
3	江苏	0.707	0.922	0.868	0.642
4	广东	0.704	0.916	0.805	0.651
5	浙江	0.637	0.885	0.790	0.564
6	陕西	0.583	0.571	0.740	0.511
7	四川	0.558	0.652	0.596	0.527
8	河南	0.544	0.552	0.614	0.496
9	天津	0.534	0.698	0.696	0.443
10	辽宁	0.529	0.540	0.659	0.458
11	山东	0.515	0.648	0.694	0.413
12	安徽	0.472	0.730	0.530	0.416
13	黑龙江	0.430	0.451	0.466	0.375
14	湖南	0.429	0.734	0.613	0.312
15	湖北	0.407	0.647	0.601	0.263
16	广西	0.375	0.364	0.316	0.399
17	河北	0.372	0.465	0.577	0.225
18	福建	0.334	0.629	0.497	0.205
19	吉林	0.296	0.476	0.306	0.246
20	甘肃	0.283	0.348	0.482	0.148
21	重庆	0.282	0.619	0.335	0.175
22	江西	0.277	0.623	0.408	0.141
23	山西	0.264	0.331	0.334	0.169
24	内蒙古	0.232	0.255	0.302	0.144
25	云南	0.217	0.353	0.312	0.112
26	贵州	0.188	0.341	0.266	0.083
27	新疆	0.158	0.253	0.219	0.088
28	海南	0.152	0.247	0.186	0.080
29	宁夏	0.123	0.295	0.178	0.039
30	青海	0.092	0.119	0.145	0.026
31	西藏	0.016	0.018	0.000	0.000

(1) 第一梯队(领先型, 得分>0.7): 北京、上海、江苏、广东。这4个省市构成了我国标准化发展的第一梯队。北京以0.926的高分位居榜首, 在“标准化影响力”和“标准供给水平”2个维度上均达到满分, 展现了其作为首都和国家科技创

新中心的绝对优势。上海(0.814)在“标准化创新基础”和“标准供给水平”上表现突出, 体现了其强大的经济和创新实力。江苏(0.707)和广东(0.704)作为经济大省, 在“标准化创新基础”方面得分最高, 显示出其雄厚的产业基础和创新能力是标准化发展的重要引擎。

(2) 第二梯队(成熟型, $0.5 < \text{得分} \leq 0.7$): 浙江、陕西、四川、河南、天津、辽宁、山东。这些省市的标准化发展水平较高, 但与第一梯队存在一定差距。其中, 浙江(0.637)在创新基础方面表现优异, 接近第一梯队水平。陕西(0.583)和四川(0.558)作为西部地区的代表, 能够跻身第二梯队, 主要得益于其在“标准供给水平”上的良好表现, 尤其是在国家标准和国际标准供给方面。

(3) 第三梯队(发展型, $0.2 < \text{得分} \leq 0.5$): 安徽、黑龙江、湖南、湖北、广西、河北、福建、吉林、甘肃、重庆、江西、山西、内蒙古、云南。这一梯队的省(区、市)数量最多, 涵盖了我国大部分中西部和东北地区省份。它们的共同特点是标准化发展水平中等, 在3个一级指标上均有短板, 但部分省份在某一维度上表现相对较好, 如安徽在“标准化创新基础”上得分较高。

(4) 第四梯队(起步型, 得分 ≤ 0.2): 贵州、新疆、海南、宁夏、青海、西藏。这几个省(区、市)的标准化发展水平相对落后, 综合得分远低于全国平均水平, 在各项指标上均存在显著差距, 是未来标准化工作需要重点扶持的地区。

3.3 区域差异分析

通过对我国四大区域内各省(区、市)标准化发展水平评价得分的均值进行横向对比(见表3), 可系统呈现全国标准化发展的区域差异特征及各区域内部的发展分化态势。

3.3.1 东部地区

东部地区作为我国经济发展的龙头, 其标准化发展水平同样处于全国领先地位, 平均综合得分高达0.569。该地区在“标准化创新基础”(0.702)和“标准供给水平”(0.702)2个维度上拥有绝对优势, 这得益于其雄厚的经济实力、强大

表3 四大区域标准化发展水平一级指标平均得分对比

区域	平均综合得分	标准化创新基础	标准供给水平	标准化影响力
东部地区	0.569	0.702	0.702	0.500
中部地区	0.399	0.603	0.517	0.299
西部地区	0.259	0.349	0.324	0.188
东北地区	0.418	0.489	0.477	0.360

的科技创新能力和完善的产业体系。区域内拥有北京、上海、广东、江苏、浙江等多个标准化发展的“领头羊”，这些省（区、市）在各项指标上均表现优异，共同拉高了整个区域的平均水平。然而，值得注意的是，东部地区内部也存在分化，海南（0.152）、福建（0.334）和河北（0.372）的得分相对较低，与区域内的发达省（区、市）差距明显。未来，东部地区应继续发挥其创新优势，重点提升国际标准化影响力，同时加强对区域内相对落后省（区、市）的扶持，促进内部协调发展。

3.3.2 中部地区

中部地区作为承东启西、连接南北的枢纽，其标准化发展水平处于全国中等位置，平均综合得分为0.399。该地区在“标准化创新基础”（0.603）和“标准供给水平”（0.517）上表现尚可，但在“标准化影响力”（0.299）方面存在明显短板。区域内各省（区、市）发展水平较为均衡，河南（0.544）、湖北（0.407）、湖南（0.429）、安徽（0.472）等省份在各自的优势领域都有一定的标准化积累。中部地区应充分利用其区位优势和产业基础，加强与东部地区的合作与交流，积极承接产业转移和技术溢出，重点提升在国家标准和国际标准制定中的参与度，努力将自身的产业优势转化为标准优势和影响力优势。

3.3.3 西部地区

西部地区标准化发展水平整体落后，平均综合得分仅为0.259，与东部地区差距显著。该地区在3个一级指标上的得分均为四大区域中最低，发展基础薄弱、创新能力不足、标准供给和影响力有限是其共同面临的困境。然而，西部地区内部也存在亮点，陕西（0.583）和四川（0.558）作为西部地

区的“双核”，其发展水平处于全国第二梯队，在“标准供给水平”上表现突出，成为带动区域发展的增长极。未来，西部地区应实施差异化的发展战略，对于陕西、四川等基础较好的省份，应重点支持其参与国际标准化活动，打造西部标准化高地；对于其他省份，应加强标准化基础设施建设，加大人才培养和引进力度，逐步提升标准化发展水平。

3.3.4 东北地区

东北地区作为我国的老工业基地，其标准化发展水平处于全国中等水平，平均综合得分为0.418。区域内辽宁（0.529）的发展水平相对领先，而黑龙江（0.430）和吉林（0.296）则相对滞后。该地区各核心维度中，“标准化创新基础”（0.489）和“标准供给水平”（0.477）高于西部地区但低于东中部地区，在“标准化影响力”（0.360）方面同样存在短板，与东部差距明显。东北地区应抓住新一轮东北振兴的战略机遇，加快产业结构转型升级，将标准化工作与改造升级“老字号”、深度开发“原字号”、培育壮大“新字号”紧密结合，利用其在装备制造、现代农业等领域的产业优势，重塑标准化竞争力。

4 对策与建议

4.1 实施差异化的标准化战略

为推动我国标准化的协调发展，充分释放标准化对经济社会高质量发展的支撑引领作用，需结合不同地区的发展基础与阶段特征，实施差异化的标准化发展战略：

（1）东部地区依托创新、产业与开放优势，聚焦国际标准化高端突破，强化战略性新兴产业和高技术产业的国际标准供给，主动参与国际标准化治理、争取核心资源，同时加强区域协同，以领先地区辐射带动滞后地区，巩固核心引擎地位。

（2）中部地区立足承东启西区位优势，搭建跨区域协同转化平台，对接东部技术资源与本地产业需求，推动科研成果向实用标准转化，依托

优势产业强化特色标准供给,参与区域标准互认合作,完善工作机制,实现标准化与产业升级深度融合。

(3)西部地区坚持补短板与创特色并重,完善标准化基础设施、加强人才培育,立足特色资源制定地方和团体标准,打造特色产业标准品牌,通过与东中部地区的技术引进、人才培养、项目共建提升创新基础与标准供给能力,缩小发展差距。

(4)东北地区紧扣老工业基地振兴战略,推动传统产业转型升级与新兴产业培育同标准化深度衔接,更新装备制造、现代农业等领域标准并融入新技术要求,培育市场化标准化主体,鼓励企业参与各级标准制定,加强与先进地区产业标准化合作,引进先进标准与管理经验,重塑区域标准化竞争力。

4.2 深化区域协同发展机制建设

构建全国统一的标准化协同发展体系,以跨区域资源共享与精准帮扶为核心,推动东中西部、南北方协同共进。建立东西部标准化对口支援机制,鼓励东部地区标准化技术委员会、龙头企业及专家人才,通过技术转移、人才培养、项目共建等方式,向中西部地区输出先进经验与资源,带动欠发达地区标准化能力提升。依托现有的全国一

体化标准化信息服务平台,优化跨区域服务功能,强化标准数据整合等服务的深度应用,同时支持中西部地区建设区域性标准化研究机构与服务载体,夯实地方标准化服务基础。借鉴区域协同标准化实践经验,推动跨区域协同标准制定与数据共享,实现跨区域标准化资源的共建共享,并定期发布区域标准化发展指数,引导各地区精准定位、互补发展。

4.3 打通“创新—标准—影响力”传导链条

构建从创新投入到标准产出,再到影响力提升的全链条协同机制,强化科技创新与标准化的深度融合,引导创新资源向标准必要专利、关键核心技术领域集聚,推动创新成果及时转化为标准。优化标准供给结构,聚焦战略性新兴产业、民生保障、绿色低碳等重点领域,兼顾国际标准、国家标准与地方标准、团体标准的协同互补,建立标准实施后评估与动态调整机制,及时更新迭代滞后标准,持续提升标准的时效性、适用性和先进性。加强标准化影响力培育,支持企业、科研机构深度参与国际标准化活动,推动我国标准走向国际。通过标准互认、国际合作等方式,提升我国标准的国际认可度和话语权,实现标准化价值的充分释放。

参考文献

- [1] 王淼,徐丹丹,张明. 标准化驱动下的新能源汽车产业竞争力提升研究[J]. 标准科学, 2025(7): 63-67.
- [2] 王新宇. 标准化、技术创新与制造业产业升级[D]. 武汉: 中南财经政法大学, 2024.
- [3] 何储杏. 标准化对我国制造业出口竞争力的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2023.
- [4] 林茹钰. 标准化水平对经济发展质量的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2021.
- [5] 姚羽含, 刘波林, 贾爱娟, 等. 城市标准化发展水平与工作成效评价方法初探[J]. 中国标准化, 2025(23): 69-75.
- [6] 程若洁. 标准化发展水平内涵及影响因素研究[J]. 品牌与标准化, 2025(6): 64-67.
- [7] 江平. 我国省域标准化发展水平评价研究: 基于省域截面数据的实证分析[J]. 标准科学, 2023(5): 65-70.
- [8] 周立军, 金可怡, 刘思薇, 等. 区域标准化发展成熟度评价模型构建及实证研究[J]. 标准科学, 2023(1): 18-23.
- [9] 杨静, 方世世, 周立军, 等. 技术创新与标准化协同发展的省域差异动态研究[J]. 标准科学, 2022(6): 6-15.
- [10] 江平, 黎伟. 标准化发展水平评价指标体系及评价方法初探[J]. 中国质量与标准导报, 2022(3): 62-64, 69.
- [11] 汪悦. “一带一路”沿线国家标准化发展成熟度模型的构建与实证[D]. 杭州: 中国计量大学, 2021.