

基于 Rasch 模型的公众科学态度的 量表编制与测量

朱鑫卓^{1, 2} 彭红燕² 郑念³

(中国科学院大学人文学院, 北京 100049)¹

[中国地质大学(武汉)艺术与传媒学院, 武汉 430074]²

(中国科普研究所, 北京 100081)³

[摘要] 公众科学态度是科普领域的重要议题。本文以心理学假设为基础编制公众科学态度的量表, 并用 Rasch 模型对量表进行单维性检验、局部独立性检验、结构分析、试题项目及被试拟合分析、评定尺度分析。经检验, 本文量表可测量公众科学态度, 并用于其他延伸性研究。此外, Rasch 模型还可作为微观科普效果评估方法的补充。

[关键词] Rasch 模型 公众科学态度 科普效果评估

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.05.007

缺失模型 (Deficit Model) 认为公众因“无知”而致“猜忌”。但缺失模型作为一种线性单向性模型备受批判, 学界转而关注以公众科学态度为重点的公众理解科学, 乃至公众参与科学。从科普实践工作与科普研究层面上而言, 公众科学态度仍极具讨论价值。实践表明, 公众科学态度影响着科研资助、科技成果转化等一系列问题。在理论研究方面, 公众参与科学本身夹杂着科学性与民主性的协商。科学技术革命日新月异, 而我国公众科学素质仍处在较低水平。就现实而言, “谁参与”“为何参与”“如何参与”等问题仍

处于深刻探讨之中。因此, 公众科学态度是当前实践工作与理论研究的重要议题。

尽管公众科学态度整体偏向积极, 但近年来争议性科学议题逐渐浮现, 公众对科学呈现出期待与恐惧交织的态度, 使得相关研究呈现出紧迫性。但当前对“公众科学态度”这一变量的测量尚存争议, 需先厘清变量, 方可在此基础上进行深入研究。

从评估工具来看, 社会科学领域内常见将李克特量表 (Likert scale) 的定序数据作为定距数据进行推论统计的错误, 予非线性数据以线性特征。因而, 本文将运用 Rasch

收稿日期: 2024-02-23

基金项目: 中国科协 2024 年度研究生科普能力提升项目 (KXYJS2024003)。

作者简介: 朱鑫卓, 中国科学院大学人文学院博士生, 研究方向: 科学传播, E-mail: zhuxinzhuo77@163.com。郑念为通讯作者, E-mail: zhengnian515@163.com。

模型转化数据类型,以减少变量测量误差。

1 公众科学态度的缘起与测量

1.1 公众面对的科学

科学是近代的产物,19世纪前,科学以依附于宗教、自然哲学的形式存在。尽管科学划界问题经历了可确证、可证伪乃至解构的变迁,但科学作为知识机器以其“铁律”^[1]广泛影响着社会。从狭义上而言,科学指系统化的自然科学。

现代自然科学的发展日新月异,在极大程度上改善了公众生活水平,但随之而来的生态、伦理等外在问题日渐凸显,“勾勒姆”(Golem)、“李森科主义”(Lysenkoism)等内在问题发人深省。科学被赋予的确定性逐渐消弭,取而代之的是不确定性。媒体环境更迭,媒体生产逻辑与科学知识生产规范的背离触发了媒介化风险,成为科学不确定性的放大器^[2]。而公众科学态度呈现摇摆的倾向,尤其体现在对争议性科学议题的态度上,涉及科学知识、科学建制、科学共同体、科学的社会影响等方方面面。

1.2 公众科学态度的心理构成

19世纪60年代,赫伯特·斯宾塞(Herbert Spencer)和亚历山大·培因(Alexander Bain)将态度引入心理学领域用以指称行动准备的内心阶段^[3]。詹姆斯·M.奥尔森(James M. Olson)和马克·P.赞纳(Mark P. Zanna)认为态度由认知(cognition)、感觉(affect)、行为倾向(behavior tendency)三种成分构成^[4]。而“公众科学态度”这一概念还未形成得到普遍认可的定义。目前国内外学界主要从细分对象着手构建变量指标体系,相关研究主要聚焦在以下三个方面。

其一,公众对科学态度的评估。国内代表性评估如中国公民科学素质调查将公民科

学态度分为三个维度:公民对科技的感兴趣程度、公民对科技的态度与看法、公民对科学家的认知看法^[4]。此外,中国科学技术指标中将公民对科学技术的态度降维为公民对科学技术信息的感兴趣程度、公民对科学技术的看法、公民对公共科技议题的看法三个二级指标^[5]。

国外的代表性调查有欧洲晴雨表(Eurobarometer)、美国科学指标(Science Indicators)^[6]、美国国家科学基金(National Science Foundation, NSF)调查^[7-8]、米勒(J·D. Miller)公众科学素养测量^[9]、美国民意调查等。如欧洲晴雨表认为公众科学态度包含公众对科学、科学的社会影响、科学共同体、科技政策等方面的兴趣、认知与评价^[10-11]。美国民意调查则将科学家的职业威望程度、公众信任科学家的程度、公众对科学的利弊感知、公众对科学发展的认知等多方面纳入变量范畴^[12]。

其二,公众对争议性科学技术的态度。如公众对转基因^[13]、5G技术^[14]、核能^[15]等技术的态度。

其三,影响公众对科学的态度的因素。如科学知识^[12, 16-17]、大众媒体^[18]、社会结构因素、社会文化观念^[19]等因素对公众态度的影响。这两类研究建立在对“公众对科学的态度”这一变量的测量上,但由于概念界定不清、指标体系不明确、试题项目数量少等问题,测量准确性不及代表性调查。

公众科学态度的指标体系是变量测量与延伸性研究的基础所在。尽管各量表所涉指标不尽相同,但基本上围绕科学、科学共同体、科技政策、科技应用、科学的社会影响等方面展开。当前研究的指标体系较少从心理学范畴出发,也较少从态度这一基本单位着手构建,因而忽视了态度层次的多元性。

综上, 本文将公众科学态度定义为公众基于科学各方面现状所形成的一种对科学的认知取向、情感倾向、行为意向的心理结构。

1.3 公众对科学态度的倾向

测量公众科学态度时, 既往研究通常将其置于态度二元论的框架之下, 以积极、消极二元表述划分试题项目倾向。同时采用李克特量表衡量公众态度倾向程度, 结果以百分比例或数值的形式呈现, 且相关研究尚未划定阈值以区分公众科学态度, 如美国科学指标、欧洲晴雨表、中国公民科学素质调查等。

除此之外, 既往研究所呈现的数据形式难以满足延伸性研究需求, 百分比例的结果无法实现试题项目间累加累减的计算, 难以形成对变量的整体测量。而定序数据并无数值意义, 不可进行累加累减。此外, 由于各量表采用的李克特量表尺度不同, 相关结果难以进行纵横向比较。

因此, 本文将基于 Rasch 模型对变量数据进行多次迭代直至收敛以取得较为精确的数值。经过 Rasch 模型的转化, 变量数据由定序数据转为定距数据, 对变量的整体倾向程度以线性形式呈现。

2 研究设计

2.1 测量对象: 样本描述

本文将进行预测量、正式测量两轮测量。测量前将量表指标体系进行细化, 共计 11 个试题项目。预测阶段共抽取 31 人, 其中男性 17 人、女性 14 人; 小学学历 3 人、初中学历 16 人、高中学历 6 人、大学学历 6 人; 16~35 周岁 12 人、36~60 周岁 11 人、60 周岁以上 8 人。

正式测量阶段采用多阶段抽样, 共抽取 300 人, 对浙江省金华市、河南省驻马店市、

河南省焦作市、新疆维吾尔自治区喀什市的被测对象进行调查, 其中每市抽选一个社区、一个村, 并以家庭为单位进行整群抽样。测量对象为 16 岁以上的公民, 其中男性 153 人、女性 147 人; 小学学历 27 人、初中学历 124 人、高中学历 72 人、大学学历 77 人; 16~35 周岁 113 人、36~60 周岁 150 人、60 周岁以上 37 人。

2.2 公众科学态度量表编制

本文将公众科学态度这一潜在变量进行降维。以心理学假设为理论基础, 考察公众对科学的认知取向、情感倾向、行为意向三个层面。首先, 认知取向不等同于认知, 认知取向指对某客体赞同与否的评价性看法等, 而并非公众对科学认知的能力, 即正确作答科学试题项目的能力。其次, 情绪不等同于情感, 两者作为同一心理现象的不同层次, 情感可由情绪表达, 情绪的累积式变化也会影响情感的转变。此外, 行为意向不等同于行为, 行为意向是主体付诸某行为的意愿等。根据心理学假设, “态度—行为”具有一致性倾向, 即公众科学态度与公众对科学采取的行为有内在一致性。

公众科学态度具体指标以公众科学素养评估、公众调查等相关测量为基础, 如中国科学技术指标、欧洲晴雨表、美国国家科学基金、美国科学指标、美国民意调查等。部分调查将“公众从事科学相关职业”纳入测量, 但这一指标具有年龄局限性, 从普遍性的角度考量将这一指标剔除。而伴随着风险社会的显现, 公众科学态度这一变量也需考虑公众对科学社会性勾连的认知^[20]。此外, 本文将公众传播科学的意向、参与科学决策的意向^[21]、运用科学的意向^[22]等行为意向纳入指标。

综上, 公众科学态度的指标体系如表 1 所示, 共包含 11 项指标。本文将以核电技术为例, 测量时将指标体系进一步具象化。

表 1 公众对科学的态度指标体系

潜在变量	指标	指标来源
公众对科学的态度	公众对科学的认知意愿	中国科学技术指标 ^[5] ；美国科学指标 ^[6] ；美国国家科学基金 ^[7] ；欧洲晴雨表 ^[10]
	公众对科学社会影响的认知评价	欧洲晴雨表 ^[10] ；Rahat N K 等 ^[12]
	公众对科学创新发展的风险与收益感知	美国科学指标 ^[6] ；美国国家科学基金 ^[7] ；欧洲晴雨表 ^[10]
	公众对科学的社会性勾连的认知评价	Kallerud E 等 ^[20]
	公众对科学及其发展的情感	欧洲晴雨表 ^[10]
	公众对科学共同体的认同与信任	中国科学技术指标 ^[5] ；美国科学指标 ^[6] ；美国国家科学基金 ^[7] ；欧洲晴雨表 ^[10] ；Rahat N K 等 ^[12]
	公众对科学管理体系的认同与信任	欧洲晴雨表 ^[10]
	公众对科研资助的情感	欧洲晴雨表 ^[10]
	公众向他人传播科学的倾向	彭红燕等 ^[21]
	公众运用科学的倾向	菲利普·贝尔 ^[22]
	公众参与科学监督与决策的倾向	欧洲晴雨表 ^[10]

2.3 测量方法：Rasch 模型

经典测量理论 (Classical Test Theory, CTT)、概化理论 (Generalizability Theory, GT)、项目反应理论 (Item Response Theory, IRT)、Rasch 模型是常见的测量理论。CTT 作为早期测量理论，具有简单易操作的特点，是一种中观测量理论；GT 则改进了 CTT 理论中误差不可分解的缺陷，注重结论的概化，属于宏观测量理论；IRT 与 Rasch 模型则均为微观测量理论，可对试题项目、被试水平进行细致分析。尽管同为微观测量模型，但 IRT 与 Rasch 模型也有着本质不同，IRT 是一种模型拟合数据的理论，而 Rasch 模型是一种数据拟合模型的理论^[23-24]。

格奥尔格·拉希 (Georg Rasch) 于 1960 年提出 Rasch 测量 (Rasch Measurement)。其前提假设为，被试作答试题项目满足一种数学关系，即被试能力越强，则越可能正确作答较难试题项目；试题项目越难，则被试越难以正确作答。当被试能力水平与试题项目难度相当时，被试正确作答该试题项目的概率是 50%。当被试能力水平高于试题项目水平

时，被试正确作答该试题项目的概率将大于 50%，反之则低于 50%^[25]，且 Rasch 模型参数间保持相对独立性，即被试能力水平与试题项目难度互不影响。

Rasch 测量建立在概率论基础之上，能力为 B_n 的被试 n 正确作答难度为 D_i 的试题项目 i 的概率为 P ，公式如下：

$$P(X = 1|B_n, D_i) = \frac{e^{(B_n - D_i)}}{1 + e^{(B_n - D_i)}} \quad (1)$$

已知概率 P ，Rasch 测量将利用概率 P 进一步假设可能性 (odds) 模型，并利用自然对数进一步优化，可得 Rasch 模型 (Rasch Model) 公式：

$$B_n - D_i = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right) \quad (2)$$

Rasch 模型作为“尺子的尺子”，不仅仅在转化定序数据上有良好的表现，对“测量”本身的纠正也是 Rasch 模型最大的优势。Rasch 模型通过总体统计值对量表信度 (Reliability)、区分度 (Separation)、试题总体拟合度、被试总体拟合度进行评估，考察数据对模型的整体拟合情况。Rasch 模型需满足单维性假设，确保量表中所有指标均为测量同一潜在变量；此外，可以通过试题项目拟合度分析进一步检验试题项目效度；Rasch 模型假设各试题项目之间为相互独立，即局部独立性；借助怀特图 (Wright map) 可考察量表中各试题项目的难度分布情况、被试能力水平分布情况，将过度重合的试题项目予以修改；Rasch 模型需检验试题项目的选项设置情况，如若存在多余选项可进行选项合并。基于量表的多项检验，使得测量过程被不断优化，以便获取相对精准的数据。

2.4 预测量表及其分析

预测量表共计 11 项试题项目，分别对

应 11 项指标。本文应用量表时，将以核电技术为例，采用李克特四级量表。如“我认为核电技术未来发展整体利大于弊”对应指标“公众对科学创新发展的风险与收益感知”，“我愿意主动了解核电技术”对应指标“公众对科学的认知意愿”，“我尊重、信任核电技术专家”对应指标“公众对科学家身份的认同与信任”等。

将预测数据录入 Winsteps 3.72.3 进行处理。预测阶段量表总体统计值良好，基本满足单维性假设，评定尺度拟合良好。从局部独立性假设来看，Item6 与 Item7 之间的残差相关系数达 0.61，超出临界值范围。从怀特图中可知，预测阶段 Item8 与 Item10 难度重合。此外，在试题项目拟合方面，Item1 的 Infit MNSQ、Outfit MNSQ 值分别为 2.12、2.20，点一测量相关系数为 0.38，均落在临界值之外。被试拟合不良共计 2 人，将该数据删除后，重新测量量表总体统计值。删除异常被试后，各部分指标数值有所优化，但变化较为微弱，考察综合情况后对异常数据予以保留。

除部分试题项目外，量表整体表现良好。根据预测阶段数据，拟对量表中 Item7、Item8 进行修改。其中 Item7 为“我对我国核电安全管理制度有信心”，对应指标“公众对科学管理体系的认同与信任”；Item8 为“我为国家资助核电技术感到高兴”，对应指标“公众对科研资助的情感”。预测阶段测试人数较少，使得部分指标情况欠佳，将结合正式测量阶段数据进一步考察。

3 数据分析

3.1 量表总体统计值

Rasch 模型量表总体统计值中需考察区分度、信度、Infit、Outfit。区分度是衡量试题项目差异、被试个体能力差异的重要指标，

信度则是检验量表可信程度的指标。

Infit、Outfit 是 Rasch 模型中检测数据是否拟合模型的关键值，其中 Infit 是加权拟合值，Outfit 是非加权拟合值；MNSQ 指均方统计值，ZSTD 指显著性检验值。Infit 主要检测被试能力与试题项目难度相近时的表现，该部分数据产生较大方差；Outfit 则对离估计值更远的被试或试题项目更敏感，如对高能力被试错误作答低难度试题项目的情况予以反应，该部分数据产生较大残差。一般情况下，优先考察 Outfit，其次考察 Infit；优先考察 MNSQ，其次考察 ZSTD。在分级量表中，Infit MNSQ、Outfit MNSQ 在 0.6~1.4 区间可视为拟合良好^[26]，接近 1 时最为理想。Infit ZSTD、Outfit ZSTD 值在 ± 2.0 区间内为合理值^[27]，接近 0 时最为理想。

如表 2 所示，被试平均估计值为 1.19，试题项目估计值为 0.00；被试区分度为 1.81，试题项目区分度为 10.89；被试信度为 0.77，试题项目信度为 0.99。被试与试题项目的 Infit MNSQ 值均为 0.99，Outfit MNSQ 值均为 0.99；Infit ZSTD 值分别为 -0.20、-0.10，Outfit ZSTD 值分别为 -0.20、-0.10，均在合理范围内。

表 2 量表总体统计值

	估计值	标准误	Infit		Outfit		区分度	信度
			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
被试	1.19	0.73	0.99	-0.20	0.99	-0.20	1.81	0.77
试题项目	0.00	0.13	0.99	-0.10	0.99	-0.10	10.89	0.99

3.2 Rasch 模型单维性检验

较为常见的单维性检验方法是主成分分析法 (Principal Component Analysis, PCA)、探索性因子分析法 (Exploratory Factor Analysis, EFA) 与验证性因子分析法 (Confirmatory Factor Analysis, CFA)。这类检验方法可以通过 SPSS 等分析工具操作，如探索性因子分析中，第一因素特征根为第二特征根的 3~5 倍即可认为量表满足单维性假设。但这种检验法并非直接检验 Rasch 模型的单维性，被质疑

效度有限。

目前，基于 Rasch 模型本身的单维性检验方法为残差主成分分析法 (Principal Component Analysis of Residuals, PCAR)。该方法标准如下：其一，由测量解释的原始方差 (Raw variance explained by measures) 比例至少为 40%^[28]；其二，第一对比中未解释方差 (Unexplained variance in 1st contrast) 比例小于 5%，特征根小于 3^[29]；其三，由测量解释的原始方差比例与第一对比中未解释方差比例比值大于 3^[30]。

如表 3 所示，总体来看量表满足单维性假设。其中由测量解释的原始方差比例的实际值 (Empirical) 为 49.5%，高于临界值 40%。此外，由测量解释的原始方差比例与第一对比中未解释方差比例比值为 4.85，大于推荐值 3。第一对比中未解释方差特征根为 2.2，符合低于 3.0 的标准，其比例达到 10.2%，大于理想值 5%，但仍处在能接受的 15% 范围内。因此，整体上量表基本满足了单维性假设。

表 3 量表单维性检验

	实际值	模型值
观察值的总原始方差	21.8	100.0%
测量解释的原始方差	10.8	49.5%
被试解释的原始方差	5.1	23.5%
试题项目解释的原始方差	5.7	26.0%
未解释的原始方差总数	11.0	50.5%
第一对比中未解释的方差	2.2	10.2%
第二对比中未解释的方差	1.6	7.4%
第三对比中未解释的方差	1.3	6.0%
第四对比中未解释的方差	1.2	5.6%
第五对比中未解释的方差	1.0	4.6%

3.3 局部独立性检验

Rasch 模型中，局部独立性假设与单维性假设同等重要，要求被试能力与试题项目之间相互独立，即被试能力水平不受试题项目难度影响。Rasch 模型局部独立性通过计算残差间相关性进行测量，若不满足将导致量表信度被过度夸大。已有研究将局部独立性假

设的临界值设为 ± 0.2 ^[31]，也有研究将临界值设为 ± 0.5 ^[32] 或是 ± 0.7 ^[33]。

量表局部独立性情况如表 4 所示，各试题项目间相关系数绝对值在 0.24~0.41 区间。较预测量阶段的 0.38~0.61 区间，正式实验阶段的局部独立性指标有所提升，处在 ± 0.5 的临界范围内。尽管没有达成 ± 0.2 的临界值要求，但整体上满足了 Rasch 模型的局部独立性假设。预实验阶段 Item6 与 Item7 的相关系数达 0.61，结合各项指标，正式实验阶段将 item7 “我对我国核电安全管理制度有信心” 修改为 “我国核电安全管理制度能充分预防核泄漏”，修改后的试题项目表现良好。

表 4 量表试题项目间相关系数

试题项目	试题项目	相关性
Item1	Item9	0.24
Item1	Item7	-0.41
Item7	Item9	-0.37
Item2	Item11	-0.34
Item8	Item9	-0.32
Item6	Item8	-0.29
Item2	Item9	-0.28
Item1	Item3	-0.26
Item7	Item11	-0.25
Item1	Item10	-0.24

3.4 量表结构分析

Rasch 模型中，怀特图是反映被试能力与试题项目难度的重要图示，在怀特图中被试与试题项目被同时放置于同一刻度下，刻度单位为 Logits。怀特图可以考察被试能力与试题项目难度是否分布合理。

如图 1 所示，图示左边为被试能力分布，右边为试题项目难度分布。被试能力越高、试题项目越难则越居上方。从怀特图中可知，整体上被试对核电技术呈现积极的态度，被试水平整体高于试题项目难度，被试能力均值大于试题项目均值 1Logits。若在能力水平测试中，该怀特图所展示的结果欠佳，但本次测量的潜在变量是公众科学态度，怀特图所示的均值差距恰恰验证了现阶段我国公众

对科学的积极态度^[10]。正式测量阶段对 item8 进行了修改，从怀特图分布情况来看，修改后 item8 的难度达到预期效果。

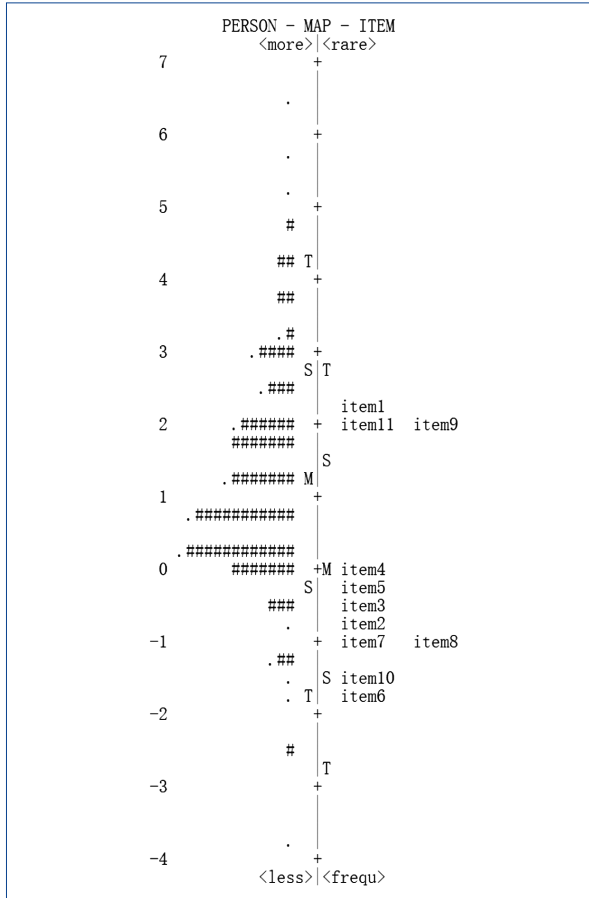


图 1 Rasch 模型怀特图

综合看来，量表结构并不算良好，item11 与 item4 之间存在较大空缺。试题项目难度分布存在两处重合。但可从中知悉，被试对核电技术的态度呈现分层的态势，即具有较为积极的认知评价、情感态度，但认知兴趣、传播意向、参与意向却极低。

3.5 试题项目及被试的拟合度分析

试题项目及被试的拟合度分析是指实验数据与 Rasch 模型的拟合程度，上文报告了量表整体的拟合程度，该部分将细化至每一试题项目与被试，利于筛选出拟合不良的试题项目与被试，进一步修改试题项目或删除被试数据。评价标准为 Infit、Outfit 中的 MNSQ、ZSTD 值以及点一测量相关系数。该

部分 MNSQ 值的临界值为 0.60~1.40，ZSTD 值临界值为 ± 2.0 。如若 MNSQ 值达标，则可不报告 ZSTD 值。而点一测量相关系数的临界范围为 0.40~0.80。如表 5 所示，量表试题项目的拟合情况良好。Infit、Outfit 的 MNSQ 值在 0.85~1.19 区间，点一测量相关系数（Point-Measure correlation）整体落在 0.52~0.66 区间内，符合 0.40~0.80 区间的临界范围。证明各试题项目均符合量表所测量的“公众科学态度”这一潜在变量。

表 5 量表试题项目拟合值

试题项目	Infit		Outfit		点一测量	
	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.
Item1	1.19	2.2	1.17	2.0	0.54	0.60
Item2	0.99	-0.1	0.96	-0.4	0.56	0.57
Item3	0.98	-0.2	1.02	0.2	0.65	0.57
Item4	1.15	1.8	1.20	2.1	0.52	0.57
Item5	0.85	-1.9	0.85	-1.6	0.53	0.57
Item6	0.85	-1.7	0.81	-1.9	0.66	0.57
Item7	0.88	-1.3	0.82	-1.7	0.63	0.57
Item8	1.12	1.2	1.10	0.9	0.54	0.57
Item9	1.00	0.0	1.02	0.3	0.56	0.60
Item10	0.92	-0.9	0.85	-1.5	0.59	0.57
Item11	1.02	0.3	1.07	0.8	0.63	0.60

由于量表试题项目数量较少，被试拟合值较为敏感，少量异常作答便可影响被试拟合值。因此，被试 Infit MNSQ、Outfit MNSQ 值以小于 2.0 为临界范围^[34]。正式测量阶段超出拟合临界值的被试共 31 人。被试拟合不佳的原因可能在于被试未认真作答、表现不稳定、存在干扰因素等。将异常作答的数据删除后，重新测量量表总体统计值。结果如表 6 所示，量表中被试 Infit MNSQ 值由原本的 0.99 下降为 0.97；被试与试题项目的 Outfit MNSQ 值由 0.99、0.99 下降为 0.98、0.98。被试的信度从原本的 0.77 上升至 0.80。删除被试数据需考察删除后量表各项指标是否有明显改善，或是被试数据确实存在高度异常表现，否则予以保留。删除部分被试数据后，仍会有新的异常被试出现。综上，尽管被试信度有所提升，但其他拟合值有所下

降，综合考察情况后决定对异常作答被试数据予以保留。

表 6 校正后量表总体统计值

	估计值	标准误	Infit		Outfit		区分度	信度
			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD		
被试	1.38	0.81	0.97	-0.10	0.98	-0.10	1.97	0.80
试题项目	0.00	0.15	0.99	-0.10	0.98	-0.10	11.56	0.99

3.6 量表评定尺度分析

Rasch 模型的基本假设认为，高能力被试正确作答高难度试题项目的概率更高。在李克特量表中表现为高能力被试更有可能选择高等级选项，单个选项被选中的概率应当随着被试能力的提高而呈现单调递增性，即 Rasch 模型的单调性假设 (monotonicity)。

其一，需考察选项被选择的次数 (observed count)，如若频次低于 10，则应当将其合并至邻近选项中。如表 7 所示，类别标签中 1 表示“非常不同意”，2 表示“不同意”，3 表示“同意”，4 表示“非常同意”。所有选项均满足最低频次值。

其二，若量表满足模型单调性假设，则平均估计值 (average measure) 应当为单调递增；同时拟合指标应当小于 2.0^[35]，拟合值过大则认为该选项存在较大误差，应考虑合并至邻近选项。4 个选项的平均估计值分别为 -2.24、-0.69、1.61、3.93，呈现单调递增，拟合指标均在合理范围内。

其三，相邻选项间临界值 (thresholds) 的差值应当在 1.4~5.0 的范围内。相邻选项间临界值指被试从一个选项到另一邻近选项的临界值，是衡量被试作答反应是否与预估一致的重要指标。以本实验所用的李克特四级量表为例，四级量表应当有 3 个临界值。临界

表 7 量表评定尺度分析

类别标签	观察计数 / 个	平均估计值	Infit		Outfit		临界值
			MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	
1	76	-2.24	1.24	1.32	None		
2	845	-0.69	0.95	0.94	-4.04		
3	2 008	1.61	0.99	0.98	-0.37		
4	371	3.93	0.99	0.95	4.41		

值间差值分别为 3.67、4.78，均处合理范围。此外，量表评定尺度分析可结合评分等级结构图进一步判断。如图 2 所示，各选项都呈现较为明显的峰值，并且各选项间呈现较为均匀的间隔。因此，本测量所采用的李克特四级量表满足了 Rasch 模型基本假设。

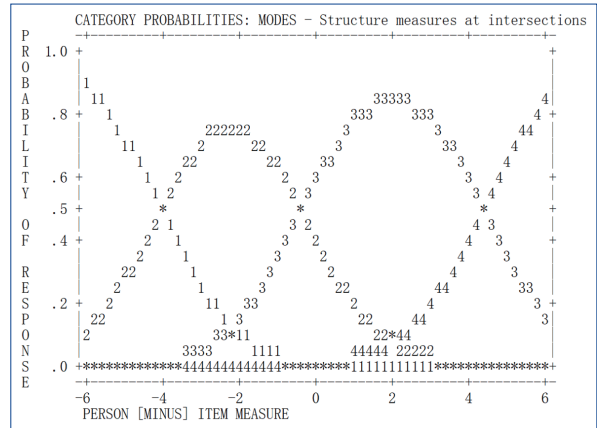


图 2 评定尺度分析图

3.7 公众科学态度测量

潜在变量经 Rasch 模型迭代转化为定距数据，得到公众科学态度估计值 (person measure)，数据以 Logits 为单位。估计值数值越高，则公众科学态度越积极，反之则越消极，此处数值正负不代表态度方向性。国际测量通常采用相关计算扩展估计值区间，如以 0~1 000 Logits 区间范围替代原始区间。如表 8 所示，公众科学态度估计值在 -3.70Logits 至 6.52Logits 区间，差值为 10.22Logits，呈现极端态度的公众人数较少。结合图 1 Rasch 模型怀特图所示，公众对核电技术的态度整体上偏向积极，对核电技术、其社会影响、科研资助等方面较为支持。但公众对 Item1、Item9、Item11 的态度偏向消极，即公众对核电技术缺乏认知兴趣、传播意向、参与意向。因此，未来科普领域相关研究可着眼于提升公众认知兴趣、启动公众传播意向、完善公众参与机制等方面。

表 8 公众科学态度估计值

被试估计值/Logits	人数 / 个	被试估计值/Logits	人数 / 个
6.52	1	1.22	30
5.78	2	0.76	45
5.17	2	0.32	49
4.64	4	-0.09	28
4.17	8	-0.48	12
3.74	8	-0.84	3
3.33	6	-1.18	9
2.93	17	-1.52	1
2.52	13	-1.85	3
2.10	26	-2.54	4
1.67	28	-3.70	1

4 结语

Rasch 模型已广泛运用于心理学、教育学、医学等领域，主要用于测量如能力水平、科学素养、抑郁症、态度等潜在变量。本文测量的是“公众科学态度”这一潜在变量，在指标体系的构建上考量了心理学假设，并

以科普领域现有公民科学素质评估、公众调查为基础形成 11 项指标。经检验，本文所涉量表符合 Rasch 模型各项假设，可用于测量公众科学态度。在未来研究中，量表指标细化时可适应具体研究议题变化，如转基因、人工智能等科学议题。

Rasch 模型不仅可以校正量表，也可实现数据类型转化。李克特量表产生的数据属于定序数据，不可进行累加累减。通过 Rasch 模型的转化，定序数据以估计值的形式输出，此时数据为定距类型，可进行推论性统计，应用于延伸性研究。如探究影响公众科学态度的影响因素，可将估计值与其他变量进行相关性分析；微观科普效果评估，考察科普对公众认知、态度^[36]、行为产生的影响；公众科学态度横纵向比较等。

参考文献

- [1] 迈克尔·斯特雷文斯. 知识机器：非理性如何造就近现代科学 [M]. 任焯，译. 北京：中信出版社，2022：75.
- [2] 唐继光. 拟态环境下的“媒介化风险”及其预防 [J]. 新闻知识，2008(2)：38-40.
- [3] L·R. 艾肯. 态度与行为：理论、测量与研究 [M]. 何清华，雷霆，陈浪，译. 北京：中国轻工业出版社，2008：4.
- [4] Olson J M, Zanna M P. Attitudes and Attitude Change[J]. Annual Review of Psychology, 1993, 44(1): 117-154.
- [5] 中华人民共和国科学技术部. 中国科学技术指标 [M]. 北京：科学技术文献出版社，2017：200.
- [6] 美国国家科学理事会. 美国科学指标 [M]. 韩建国，齐志英，郝致京，等译. 北京：科学出版社，1991：241-261.
- [7] U. S. National Science Board. Science and Technology: Public Attitudes, Knowledge, and Interest[EB/OL]. (2020-05-15) [2023-10-07]. <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20207/>.
- [8] U. S. National Science Board. Science and Technology: Public Perceptions, Awareness and Information Sources[EB/OL]. (2022-05-04) [2023-10-07]. <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20227/>.
- [9] Miller J D. The Measurement of Civic Scientific Literacy[J]. Public Understanding of Science, 1998, 7(3): 203-223.
- [10] Eurobarometer. European Citizens' Knowledge and Attitudes towards Science and Technology[EB/OL]. (2021-09-23) [2023-10-07]. <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2237>.
- [11] 何薇, 张超, 任磊, 黄乐乐. 中国公民的科学素质及对科学技术的态度——2020年中国公民科学素质抽样调查报告 [J]. 科普研究, 2021, 16(2): 5-17, 107.
- [12] Rahat Nabi Khan, 杨京京. 科学、科学家与社会：公众对科学技术的态度 [J]. 科学对社会的影响, 1989(3): 38-50.
- [13] 游淳惠, 金兼斌. 新媒体环境下科学知识对争议性科技态度的影响——以转基因为例 [J]. 国际新闻界, 2020, 42(5): 81-98.
- [14] 秦川申. 积极、消极和矛盾：公众对 5G 基站部署的态度与邻避倾向 [J]. 经济社会体制比较, 2021(6): 131-144.
- [15] 褚建勋, 朱玉洁, 张露溪, 等. 基于核安全认知态度的在线调查及其对中国核科普的启示 [J]. 科普研究, 2017, 12(2): 47-53.
- [16] Sturgis P, Allum N. Science in Society: Re-Evaluating the Deficit Model of Public Attitudes[J]. Public Understanding of Science, 2004, 13(1): 55-74.
- [17] Hart P S, Nisbet E C. Boomerang Effects in Science Communication: How Motivated Reasoning and Identity Cues Amplify Opinion Polarization about Climate Mitigation Policies[J]. Communication Research, 2012, 39(6): 701-723.

Science Identity: An Ontological Indicator of Adolescents' Scientific Literacy

Huang Lu¹ Pei Xinning²

[Chinese Education Modernization Research Institute (Zhejiang Provincial Key Think Tank),
Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121]¹

(Institute of International and Comparative Education, East China Normal University, Shanghai 200062)²

Abstract: Science identity plays a critical role in fostering adolescents' scientific literacy and cultivating national scientific talent. Science identity, derived from the psychological concept of "identity," refers to an individual's possession of scientific capabilities, ability to work like a scientist, self-recognition as a "science person," and acknowledgment by others as such. Science identity is conceptualized through four frameworks: the single-dimensional "recognition" framework, the two-dimensional "self-social" framework, the three-dimensional "recognition-competence-performance" framework, and the four-dimensional "recognition-competence-performance-interest" framework. As an ontological marker of adolescents' scientific literacy development, science identity functions as both a means of identifying and expressing scientific literacy ontologically and a framework for evaluating it. The practical pathway to enhancing adolescents' scientific literacy through the lens of science identity can be summarized in three steps. First, adolescents establish science identity standards during scientific learning to cultivate an ontological awareness of scientific literacy. Second, they "input" science identity through social interactions, thereby activating this ontological awareness. Third, they compare their science identity during scientific practice to validate this awareness, ultimately "outputting" a subjective understanding of scientific literacy.

Keywords: science identity; scientific literacy; identity; ontology; science and technology career aspirations

CLC Numbers: N4; G639 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.05.006

Development and Validation of a Scale Measuring Public Attitudes toward Science Based on the Rasch Model

Zhu Xinzhuo^{1, 2} Peng Hongyan² Zheng Nian³

(School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)¹

[School of Arts and Communication, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074]²

(China Research Institute of Science Popularization, Beijing 100081)³

Abstract: Public attitudes toward science constitute a key research focus in the field of science popularization. This study develops a scale for measuring public attitudes toward science based on psychological assumptions and validates it through the Rasch Model, examining its unidimensionality,

local independence, structural validity, item fit, person fit, and rating scale functioning. The validated scale effectively measures the construct of “public attitudes toward science” and can be applied in subsequent research. Additionally, the Rasch Model proves to be a valuable supplementary tool for assessing the micro-level impacts of science popularization.

Keywords: Rasch Model; public attitudes toward science; micro-level evaluation of science popularization

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.05.007

Research on the Efficient Dissemination Path of Health Science Popularization Short Videos: A Configuration Analysis from the Perspective of Socio-Technical Systems Theory

Lei Licai Chen Lvmin

(Business School, Xiangtan University, Xiangtan 411105)

Abstract: In the process of advancing the development of a Healthy China, it is of great significance to explore the key factors and configuration paths influencing the dissemination effectiveness of health science popularization short videos on TikTok. This study, based on the socio-technical systems theoretical framework and the fsQCA method, analyzes the complex relationships between key factors in the “social” and “technical” sub-system dimensions and the achievement of high dissemination effectiveness of health science popularization short videos from a configurational perspective. The findings show that: (1) Individual key factors are not necessary conditions for achieving high dissemination effectiveness. However, conditional variables such as topic guidance and content related to healthy lifestyles play a more universally significant role in attaining high dissemination effectiveness for short videos. (2) Three types of configuration paths can achieve high dissemination effectiveness: socially-driven, technologically-driven, and “subject-title-length” compensatory paths. In addition, this study identifies four configurations leading to low dissemination effectiveness. First, shorter titles and video durations result in insufficient depth in the video's content. Secondly, the lack of appeal in the video content categories and themes results in low dissemination effectiveness. Thirdly, the absence of topic guidance and content categorization leads to low dissemination effectiveness. Lastly, the uncertainty of key elements such as title length and video duration within the technical system can also lead to low dissemination effectiveness. This paper adopts a configurational analysis perspective to examine the coupling effects between key factors on the dissemination effectiveness of health science popularization short videos. The findings hold significant theoretical and practical value in uncovering the configurational paths for achieving high dissemination effectiveness in such videos.

Keywords: health science popularization short videos; socio-technical systems theory; fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA); necessary condition analysis; configuration analysis

CLC Numbers: N4; G206.3 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.05.008