

公民科学素质分级评价研究

——基于第十三次中国公民科学素质抽样调查数据

任磊 马崑翔 王祯梅 冯婷婷 高宏斌

(中国科普研究所, 北京 100081)

[摘要] 传统测评公民是否具备科学素质的二元判定方法过于单一, 无法充分反映科学素质发展的层次特征, 需进一步拓展科学素质的评价方法。本文以 2023 年第十三次中国公民科学素质抽样调查数据为基础, 参考国际相关调查的分级评价方法, 开展我国公民科学素质分级评价研究。在调查结果的统计分布基础上结合国际测评等级划分的主要原则, 本文将我国公民划分为具备高阶科学素质、具备科学素质、具备基本科学素质、具备较少科学素质 4 个等级, 分析不同科学素质等级之间的层次差异与结构发展特征。通过回归分析探索分级科学素质与教育、经济和科技创新能力的作用关系, 结果表明: 教育因素对具备科学素质和具备高阶科学素质产生显著正向影响, 具备科学素质和具备高阶科学素质人群是经济发展和创新发展的正向影响因素。综上所述, 科学素质的二元划分与分级评价互为补充, 二元划分直观明确且与科学素质概念直接对应, 分级评价作为二元划分的扩展, 能够进一步细化不同人群科学素质的分布情况, 更加全面反映不同人群科学素质的结构发展特征。

[关键词] 科学素质 分级评价 结构特征

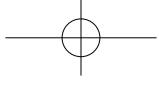
[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.03.002

1983 年, 美国学者米勒 (Jon D. Miller) 提出科学素质测量模型, 随后与杜兰特 (John Durrant) 共同编制出科学知识量表 (Factual Knowledge Scale, FKS), 并基于该量表, 划定科学素质得分超过 70 分作为具备科学素质的标准^[1]。经过多年应用, 这个测评公民是否具备科学素质的判定方法已被许多国家采用。我国自 1992 年开展公民科学素质测评以来, 截至 2023 年已开展了 13 次全国调查, 测评指标虽经历多次优化完善, 为保持方法上的国际可比, 也一直沿用该判定标准。

按照《全民科学素质行动规划纲要 (2021—2035 年)》[以下简称《科学素质纲要 (2021—2035 年)》]提出的公民科学素质监测评估要求, 根据新的科学素质概念和内涵, 课题组在充分继承原测评体系的基础上, 优化完善形成新时代公民科学素质测评指标体系。测评方法采用项目反应理论 (Item Response Theory, IRT) 计算不同问卷组合的等值标准得分, 实现全民及各类人群科学素质水平的等效评价。评价方法升级为共同标尺下多维度多人群的综合能力评价。

收稿日期: 2024-05-10

作者简介: 任磊, 中国科普研究所副研究员, 研究方向: 公民科学素质监测评估理论和实践研究, E-mail: renlei@cast.org.cn。高宏斌为通讯作者, E-mail: gaohongbin@cast.org.cn。



1 科学素质分级评价的必要性

1.1 进一步优化完善新时代公民科学素质测评体系

《科学素质纲要（2021—2035年）》指出，公民具备科学素质是指崇尚科学精神，树立科学思想，掌握基本科学方法，了解必要科技知识，并具有应用其分析判断事物和解决实际问题的能力。新时代公民科学素质的定义和内涵中特别强调弘扬科学精神的重要性，并对数字时代背景下公民的信息辨别和分析判断能力提出了更高要求。依照“知信行”理论，按照我国对公民具备科学素质的要求，我国公民科学素质测评框架在以往“知识+能力”的基础上，增加了科学精神和思想的测评维度，优化形成“科学知识+科学方法+科学精神和思想+科学能力”的科学素质测评指标体系。

在题目编制方面，根据《科学素质纲要（2021—2035年）》划分的农民、产业工人、老年人、领导干部和公务员等重点人群的科学素质要求，课题组设立“数字信息、健康和安、终身学习、公共参与”4个主题情境，针对不同人群在生产、生活、学习等情境中的科学素质表达，设计相应的等效情境题，开展各类重点人群科学思想和精神以及综合能力的有效评价。在组卷策略方面，按照科学素质“知识、方法、精神和思想、能力”的一级指标和20个二级指标组成的指标体系，依托研究开发的科学素质测评题库，探索最优的结构效度和效标效度，进一步提高调查的客观性和针对性。

1.2 探索从二元判定向分级评价拓展的评价方法

新时代公民科学素质测评体系是一套综合测评体系，在“测”的方面实现了多维度和多人群覆盖，在“评”的方面，采用IRT测量答题者的综合能力，在此基础上评估不同人群的能力分布情况。IRT模型所估计的

难度、区分度与被试样本无直接关联，这意味着对受访者个体能力的评估可不依赖于具体选用的题目^[2]。因此，IRT能够为每位受访者提供更为精准的能力水平评估，并有效评价受访者整体的质量。中国公民科学素质调查对受访者的科学素质能力评估，将IRT算法扩展至多维模型（Generalized Partial Credit Model, GPCM），以实现不同维度能力的并行评估^[3]。

公民科学素质评价本质上是一种综合能力评价，其直接表征是能力值，而受访者能力值是一种统计学意义的连续分布，为适配当前评价体系，将其能力值转化为0~100的标准化得分。序列变量也被广泛应用于对能力的测量和评价中，由于能力分布是连续的，在测评中通常将能力的测量结果进行等级划分，以便解释各等级结果，等级划分实际上可看作是将连续变量转化为序列变量的过程。

从统计学角度来看，当前采用的“公民是否具备科学素质”的判定方法是分级评价的一种特殊情况，将人群划分为具备和不具备科学素质两个类别，其优点是简洁直观，但往往也会过于聚焦科学素质人群。正如萨提亚（Virginia Satir）的冰山理论所指出的，全体公民就像一座漂浮在水面上的巨大冰山，具备科学素质人群只是露在水面上很小的一部分，而在水面之下更大的山体，那些不具备科学素质的广大公民群体，则是容易被忽略的人群^[4]。因此，需要扩展现有科学素质评价方法，拓展科学素质分级评价，探索科学素质的冰山全貌，从而更加细致全面地分析各层次、各类型人群科学素质的发展特征。

2 国际相关调查分级评价的主要思路

2.1 PISA 科学素质分级评价

作为当前最具规模与影响力的国际

素质类监测评估项目，国际学生评估项目（Programme for International Student Assessment, PISA）科学素质分级评测体系具有重要参考意义，其分级评价结果能够有效衡量学生的能力水平和项目难度。该体系的主要思路是，学生的相对能力可依据其在测试项目中的正确率进行评估，而测试项目的相对难度则可通过分析各项目的正确率来确定。该项目通过IRT分析评估受访者对特定测试项目正确回答的可能性，测评结果经过程序处理，得到一组受访者答题能力的估计值，它们共同构建了一个连续的数据集合。研究人员在这个数据集合中，可精准定位每个学生的表现水平，了解他们在素质状况上的具体表现程度，该数据集合被统称为PISA的整体素质得分量表。

对PISA整体得分量表进行等级划分，如何确定各等级的临界点，以及如何将受访者与每个等级联系起来，这既是一个技术问题，也是一个实践问题。在实践层面需要解释达到某个等级意味着什么，这对参与PISA的各个国家和国际社会有着非常重要的意义。经合组织采用的分级方法已在前几轮国际学生评估项目中得以确定，该方法制定了描述各等级学生典型表现的说明，这些等级被用来总结学生的表现，特别是来自不同国家的参与学生表现。在PISA科学素质的评价体系中，学生分数已被转换为PISA量尺，其平均值为500，标准差为100，组距约为75，即0.75个标准差^[5]，并在此基础上定义和描述了6个能力等级。

2.2 PIAAC 科学素质分级评价

国际成人能力评估调查（Programme for the International Assessment of Adult Competencies, PIAAC）重点考查成年人解决问题的能力。自2012年以来共开展过两个批次的调查，第一批次分别于2012年、2014年

和2017年开展了3轮调查，评价受访者在复杂环境中解决问题的能力。第二批次从2022年开始，重点关注适应性问题解决，“适应性”强调问题的解决是一个在复杂环境中逐步进行的过程，而这一过程并不是一系列预设步骤的静态序列，而是一个通过不断尝试去解决问题的过程。

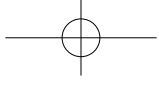
对于能力评价，PIAAC使用的量尺在理论上没有最大值或最小值，而是基于所有受访者的结果分布。在具体的等级划分和组距确定方面，PIAAC采用正态分布模型来评分，以0~500分范围的量尺来衡量每项技能，第三级为341~500分，第二级为291~340分，第一级为241~290分。标准差约为100，组距为50，即0.5个标准差^[6]。

2.3 分级评价的主要特征

（1）能力值可转化为统计学意义的标准化得分。PISA和PIAAC分值均根据其在所有参加测试者中观察到的结果差异来确定标准化正态分布得分，理论上没有最低分或最高分，其分值没有单位，仅有统计学意义而无实际意义。

（2）各等级组距保持一致。等级划分反映的是程度差异，组距反映每个等级所涵盖的能力程度范围。除最高和最低等级之外，各个等级的组距应保持一致，组距对应的程度范围在同一调查是相同的。PISA采用6个能力等级表来描述学生的科学素质水平，等级以数字表示，第六级代表最高水平，第一级代表最低水平。使用数字而不是词语（如“优秀”“良好”“及格”或“不及格”），这么做是为了避免这些词语在不同语言和文化中可能产生的误解或偏差。

（3）测评框架和指标内容会产生变化，但等级划分不变。PISA在2006年、2015年开展了两轮全球性学生科学素质测评，并将于2025年开展下一轮科学素质测评。自2006



年以来，其前两轮以及即将开展的新一轮测评框架和内容均有变化，等级说明也将根据每轮调查进行对应内容调整但程度划分不变。

总的来说，分级评价是一种适用于评估个体能力和素质水平的典型方法。按照类似思路，将是否具备科学素质的二元划分（类别变量）转化为多级评价（序列变量）在于更精细地描述科学素质的程度差异。由于能力值被转化为标准化正态分布得分，所以理论上没有最低分或最高分，其分值没有单位，仅有统计学意义。等级划分反映了不同的能力程度，等级与能力水平之间保持匹配关系。因此，本文认为应建立一套综合的科学素质分级体系，为评价个体的能力和素质提供更为准确和可靠的依据。

3 构建科学素质分级评价体系

3.1 科学素质的分数段划分

科学素质水平通过抽样调查判定，调查问卷总分 100 分，考察科学知识（40 分）、科学方法（20 分）、科学精神与思想（20 分）、应用科学的能力（20 分）4 个方面，以往将总得分超过 70 分判定为具备科学素质。由于科学素质分级评价是一种事后评价体系，在统计分布基础上结合国际测评分段划分主要原则进行了探索，同时还要考虑与传统科学素质二元划分的兼容性。为此，本文以《科学素质纲要（2021—2035 年）》发布后，首次采用新时代公民科学素质测评体系的第十二次中国公民科学素质抽样调查数据为基础，以 2023 年第十三次调查数据为基础进行验证，开展科学素质分级评价研究。

为进一步增强测评对公民科学素质建设的针对性和指导性，本文使用国际相关调查普遍使用的“平均分 \pm 标准差”分段方法进行探索，使用 IRT 分别计算出科学知识、科学方法、科学精神与思想、科学能力 4 个维度

的正负 3 个标准差分布，以 4 个维度之和表征科学素质。受访者科学素质的综合能力值被转化为 0~100 标准化得分，以适配 70 分的科学素质判定标准，同时参考 PISA 和 PIAAC。

以下为分段划分的 4 个约束条件的分级思路：（1）调查均值 53.52、标准差 15.68；（2）为了进行历史可比，尽量使用原有二元判定的 70 分作为一个判定分数线；（3）阶梯等距、不同年份划分标准不变；（4）最高和最低分段为开放组距。

为满足上述约束条件，采用“平均分 \pm 整数倍标准差”（即组距为 1 个标准差）的方式进行分段，具体各段间分数线做取整处理，各段划分为：得分 ≥ 85 为第四段； $70 \leq$ 得分 < 85 为第三段； $55 \leq$ 得分 < 70 为第二段；得分 < 55 为第一段。为了直观反映不同分段科学素质发展情况，本文将上述 4 段对应为 4 个科学素质等级，分别为“具备高阶科学素质、具备科学素质、具备基本科学素质和具备较少科学素质”。

3.2 我国公民科学素质的分级结果表征

在将上述科学素质分为 4 个等级的基础上，本文将“平均分 +2 倍标准差”取整 85 分定为“具备高阶科学素质”的分数线，即 85 分以上（第四段）为“具备高阶科学素质”人群。为保持与科学素质的二元划分表征的一致性，将“平均分 +1 倍标准差”取整 70 分定为“至少具备科学素质”的分数线，即 70 分以上（第三段、四段之和）为“至少具备科学素质”人群。为保持与往年测评结果表述的一致性，“至少具备科学素质”简称为“具备科学素质”。将“平均分 +0 倍标准差”取整 55 分定为“至少具备基本科学素质”的分数线，即 55 分以上（第二、三、四段之和）为“至少具备基本科学素质”人群。将低于 55 分（不含）定为“具备较少科学素质”人群（具体分级见图 1）。

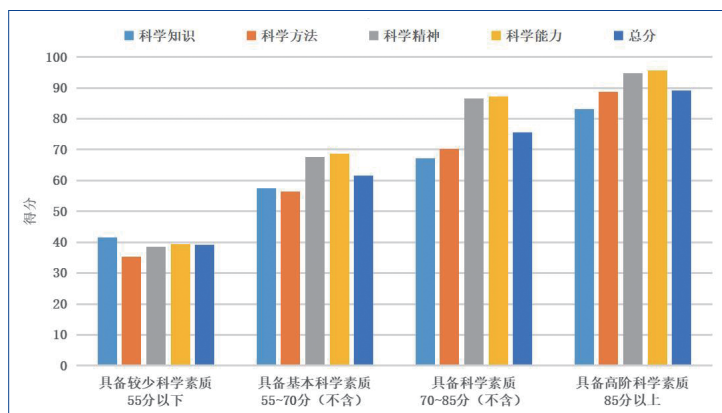


图1 不同科学素质水平人群在4个维度平均得分

2023年公民具备高阶科学素质的比例为1.93%，公民至少具备科学素质的比例为14.14%，公民至少具备基本科学素质的比例为42.35%，公民具备较少科学素质的比例为57.65%。总体来看，上述前三类人群大致呈现出1:7:21的金字塔式分布（见图2），按照18~69岁公民接近10亿人计算，至少具备基本科学素质的公民超过4亿，“至少具备基本科学素质”人口规模庞大，这是我国经济社会发展的重要劳动力资源，也是推动经济社会高质量发展的高素质人才基础。

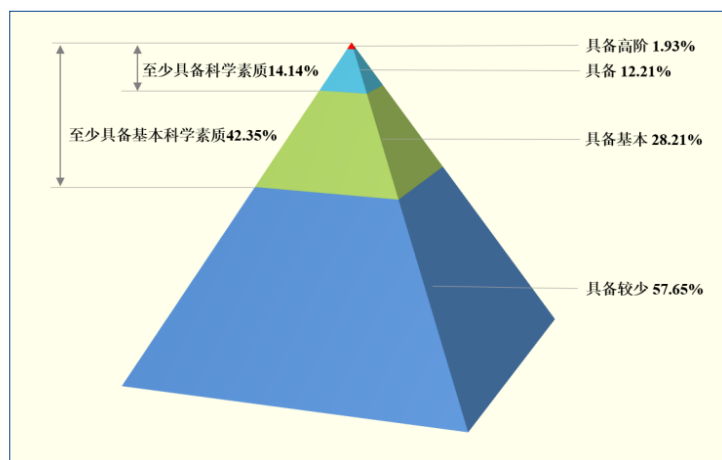


图2 我国公民科学素质的分级分类结果表征

3.3 科学素质各等级的程度差异

各等级的平均分差值能够反映等级之间程度差异的均衡性，4个等级的科学素质得分均值分别为89.07、75.68、61.53和39.27分，第四段与第三段，第三段与第二段之间的得

分差值分别为13.39和14.15分，而第二段与第一段之间得分差值达到22.26分。从均分差值来看，具备高阶科学素质、具备科学素质、具备基本科学素质3个分段呈等梯度下降，而具备较少科学素质是开放组距，区间范围较大，与前三类人群相比，梯度也略大。

此外，从各分段总体得分以及分维度得分情况可以看出科学素质发展的等级特征。具备高阶科学素质人群科学素质整体水平很高，科学精神与思想维度表现最好，具备推动创新发展的能力和价值引领。具备科学素质人群整体水平较高，科学精神与思想以及科学能力表现相对较好，且明显优于科学知识和科学方法，具备分析判断事物和解决实际问题的能力。具备基本科学素质人群的整体水平一般，科学精神和思想以及科学能力下降相对较快，科学知识和科学方法处于中等水平，基本具备分析判断事物和解决实际问题的能力。具备较少科学素质人群的整体水平较低，各维度显示出一定的掌握程度，具备一定的分析判断事物和解决实际问题的能力。

4 科学素质分级评价的主要结果

科学素质分级评价结果显示，4个等级之间存在层次差异，且各等级的结构特征与功能特征对应，不同等级的程度差异反映出科学素质的结构发展特征。

4.1 男女科学素质等级差异

具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质3个等级的男性比例均高于女性。其中，具备高阶科学素质的男性比例为2.34%，高于女性的1.49%，男性是女性的1.57倍。具备科学素质的男性比例为13.32%，

高于女性的 11.04%，男性是女性的 1.21 倍。具备基本科学素质的男性比例为 29.13%，高于女性的 27.23%，男性是女性的 1.07 倍。上述 3 个等级的性别差异随着等级提升逐步扩大，表明我国男性科学素质发展总体状况以及可持续性均高于女性（见图 3）。

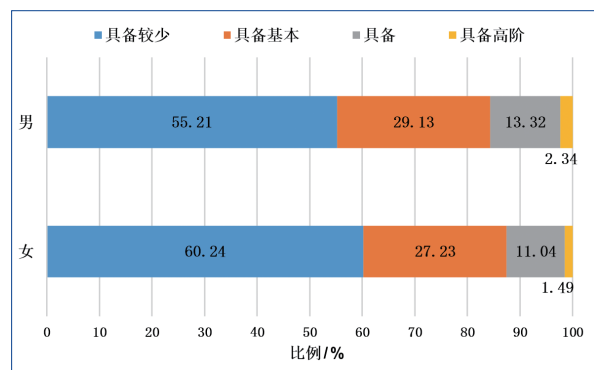


图 3 不同性别人群公民科学素质水平分级比较

4.2 城乡人群科学素质等级差异

城镇居民具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质 3 个等级的比例均高于农村居民。其中，城镇居民具备高阶科学素质的比例为 2.57%，高于农村居民的 0.90%，城镇居民是农村居民的 2.86 倍。城镇居民具备科学素质的男性比例为 14.68%，高于农村居民的 8.26%，城镇居民是农村居民的 1.78 倍。城镇居民具备基本科学素质的男性比例为 31.73%，高于农村居民的 22.57%，城镇居民是农村居民的 1.41 倍。上述 3 个等级的城乡差异比分别达到 2.86、1.78 和 1.41 倍，随着科学素质等级提升，城乡居民科学素质差距逐步加大，表明我国农村居民科学素质与

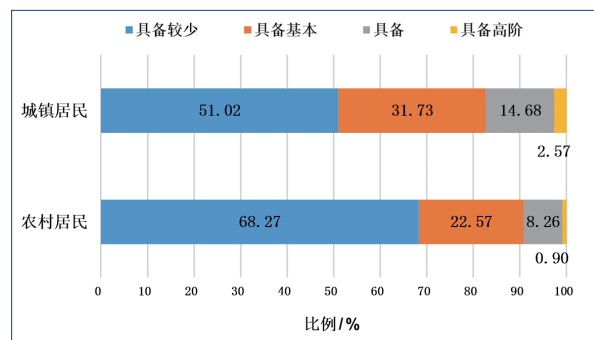


图 4 城乡人群公民科学素质水平分级比较

城镇居民存在系统性差距（见图 4）。

4.3 东中西部地区人群科学素质等级差异

不同等级公民科学素质呈现较大的地区差异。东、中、西部地区具备高阶科学素质公民比例分别达到 2.49%、1.60% 和 1.36%，其中东部是中部的 1.55 倍，中部是西部的 1.18 倍。具备科学素质公民比例分别达到 13.90%、11.52% 和 10.15%，其中东部是中部的 1.21 倍，中部是西部的 1.13 倍。具备基本科学素质公民比例分别达到 29.62%、27.79% 和 26.29%，其中东部是中部的 1.07 倍，中部是西部的 1.06 倍。以上结果表明，东中西地区具备基本科学素质和具备科学素质人群不平衡情况明显缓解，但具备高阶科学素质人群仍有较大差距（见图 5）。

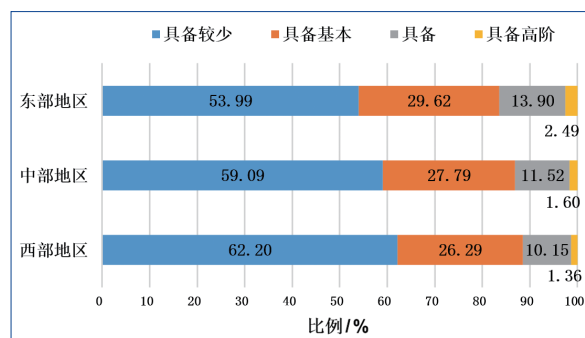


图 5 不同地区人群公民科学素质水平分级比较

4.4 不同年龄段人群科学素质等级差异

随着年龄段的增加，具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质 3 个等级的比例呈现出相似的阶梯式逐级递减特征。18~29 岁人群科学素质分级结构最好，各年龄段人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例达 4.54%、21.18% 和 36.75%。30~39 岁人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 2.49%、16.51% 和 34.44%。40~49 岁人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 1.55%、11.68% 和 29.35%。50~59 岁人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别

为 0.96%、7.56% 和 23.19%。60~69 岁人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 0.33%、4.12% 和 15.85%。各年龄段人群具备基本科学素质、具备科学素质和具备高阶科学素质均呈现金字塔式分布，表明科学素质提升具有较好的可持续性（见图 6）。

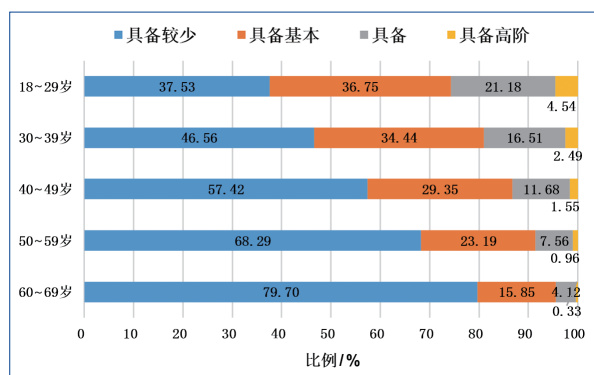


图 6 不同年龄段人群公民科学素质水平分级比较

4.5 不同受教育程度人群科学素质等级差异

随着受教育程度的提升，具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质三个等级的人群比例呈现出相似的阶梯式逐级递增特征。大学本科及以上人群科学素质分级结构最好，具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例达 9.50%、34.49% 和 39.28%。大学专科人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 3.47%、21.70% 和 43.05%。高中学历人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 1.93%、15.75% 和 35.07%。初中学历人群具备高阶科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 0.28%、7.29% 和 66.08%。小学及以下学历人群具备高阶科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 2.63%、11.06% 和 86.03%。

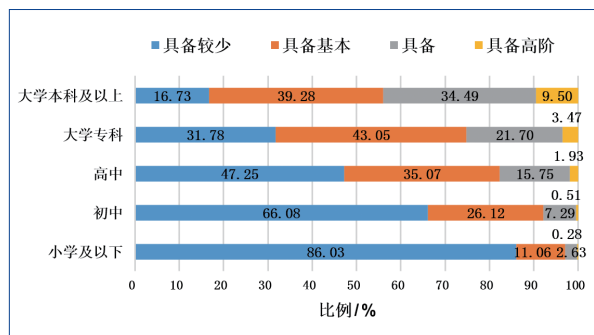


图 7 不同学历公民科学素质水平分级比较

学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 0.51%、7.29% 和 26.12%，小学及以下人群具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质的比例分别为 0.28%、2.63% 和 11.06%（见图 7）。

从具备高阶科学素质、具备科学素质和具备基本科学素质人群的累计情况来看，大学本科及以上学历、大学专科、高中学历人群中至少具备基本科学素质的比例分别达到 83.27%、68.22% 和 52.75%，均分别高于具备较少科学素质人群，为科学素质的持续提升提供了良好发展基础。

5 分级评价结果的应用

5.1 教育因素对不同等级科学素质人群的影响

为充分反映教育因素对不同等级科学素质的影响，将各地区人均受教育年限作为预测变量，各地具备高阶科学素质人群、具备科学素质人群、具备基本科学素质人群以及具备较少科学素质人群作为被解释变量，进行线性回归分析。表 1 结果显示，各地人均受教育年限与不同等级科学素质的解释作用存在较大差异，人均受教育年限对具备科学素质人群的解释作用最明显，回归系数达到 0.6750， $k=2.85$ ；对具备高阶科学素质人群也产生明显的正向影响，回归系数为 0.3330， $k=2.80$ ；对具备基本科学素质以及具备较少科学素质人群产生的负向影响，回归系数分别为 0.0513 和 0.0781， k 值分别为 $k=-0.26$ 和

表 1 教育因素对不同等级科学素质的影响模型系数表

模型	回归系数	模型斜率	显著性
科学素质—人均受教育年限【具备高阶科学素质人群】	0.3330	2.80**	0.00
科学素质—人均受教育年限【具备科学素质人群】	0.6750	2.85**	0.00
科学素质—人均受教育年限【具备基本科学素质人群】	0.0513	-0.26**	0.00
科学素质—人均受教育年限【具备较少科学素质人群】	0.0781	-0.63**	0.00

注：**表示在 0.01 级别，相关性显著。*表示在 0.05 级别，相关性显著。

$k=-0.63$ 。即随着受教育年限增加，具备基本科学素质和较少科学素质人群比例逐渐降低。上述分析表明，以受教育年限为代表的教育因素，对具备高阶科学素质和具备科学素质人群产生了显著影响（见图8）。

与具备科学素质人群相比，教育因素对

具备高阶科学素质人群的解释作用相对有限，表明除教育因素之外，其他非正规教育因素产生了重要影响；对具备基本科学素质以及具备较少科学素质人群，尽管教育因素改善了这两类人群分布，但影响作用仍需进一步加强。

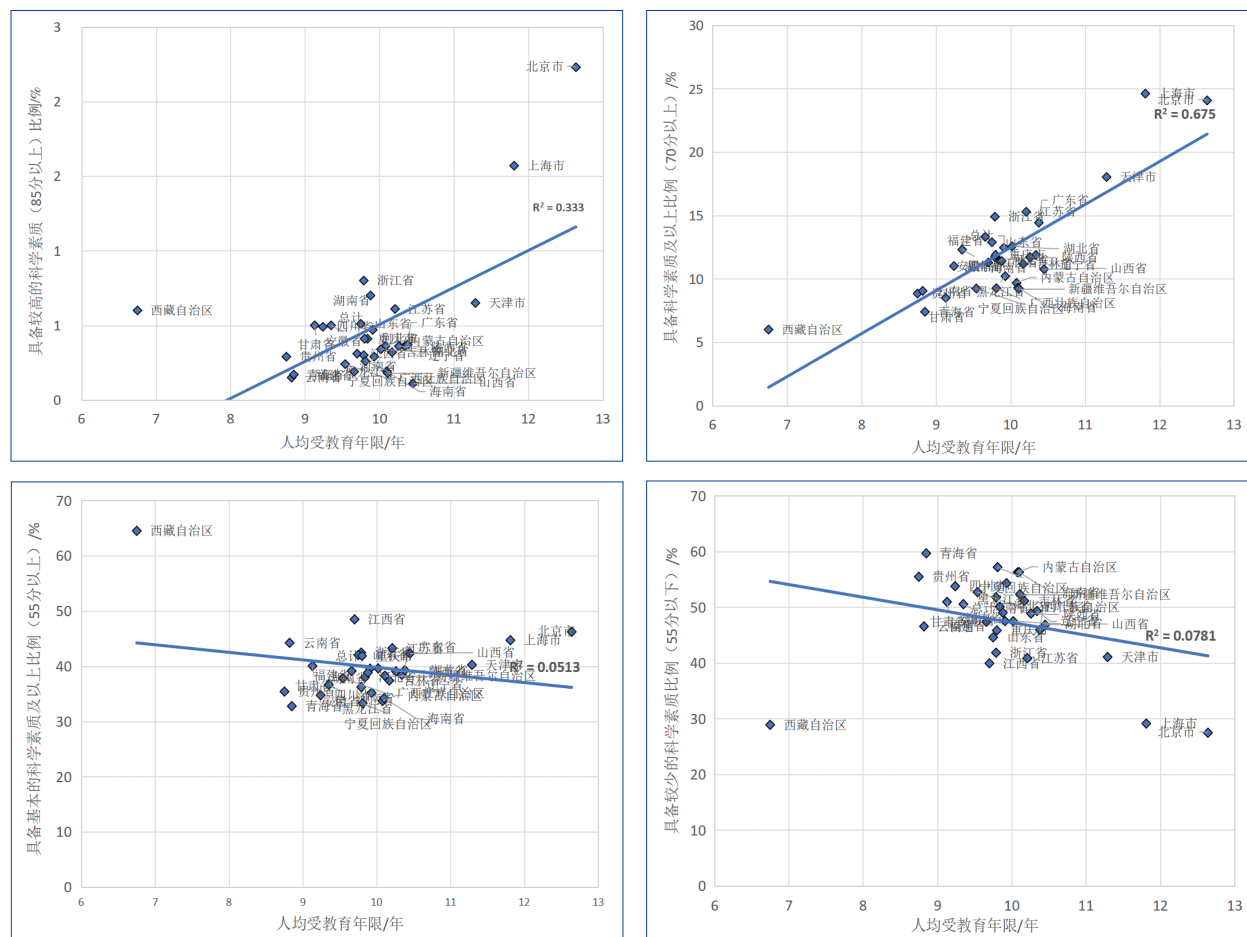


图8 教育因素对不同等级科学素质回归分析图

5.2 不同等级科学素质与收入之间的关系

收入作为体现人力资本质量和劳动力水平的重要指标，我们以不同地区各个等级科学素质人群作为预测变量，受访者收入状况为被解释变量进行回归分析。线性回归分析结果显示，不同地区各级科学素质水平均对收入产生显著影响（见图9）。

其中，具备高阶科学素质以及具备科学素质人群对收入影响均较大，表2显示回归系数分别为0.7657与0.8323；具备基本科学素

质人群对收入影响较小，回归系数为0.2366；具备较少科学素质人群对收入为负向影响。

表2 不同等级科学素质与收入之间的关系模型系数表

模型	回归系数	模型斜率	显著性
科学素质—受访者收入状况 【具备高阶科学素质人群】	0.7657	2.80**	0.00
科学素质—受访者收入状况 【具备科学素质人群】	0.8323	2.14**	0.00
科学素质—受访者收入状况 【具备基本科学素质人群】	0.2366	1.42**	0.00
科学素质—受访者收入状况 【具备较少科学素质人群】	0.6458	-4.28**	0.00

注：**表示在0.01级别，相关性显著。*表示在0.05级别，相关性显著。

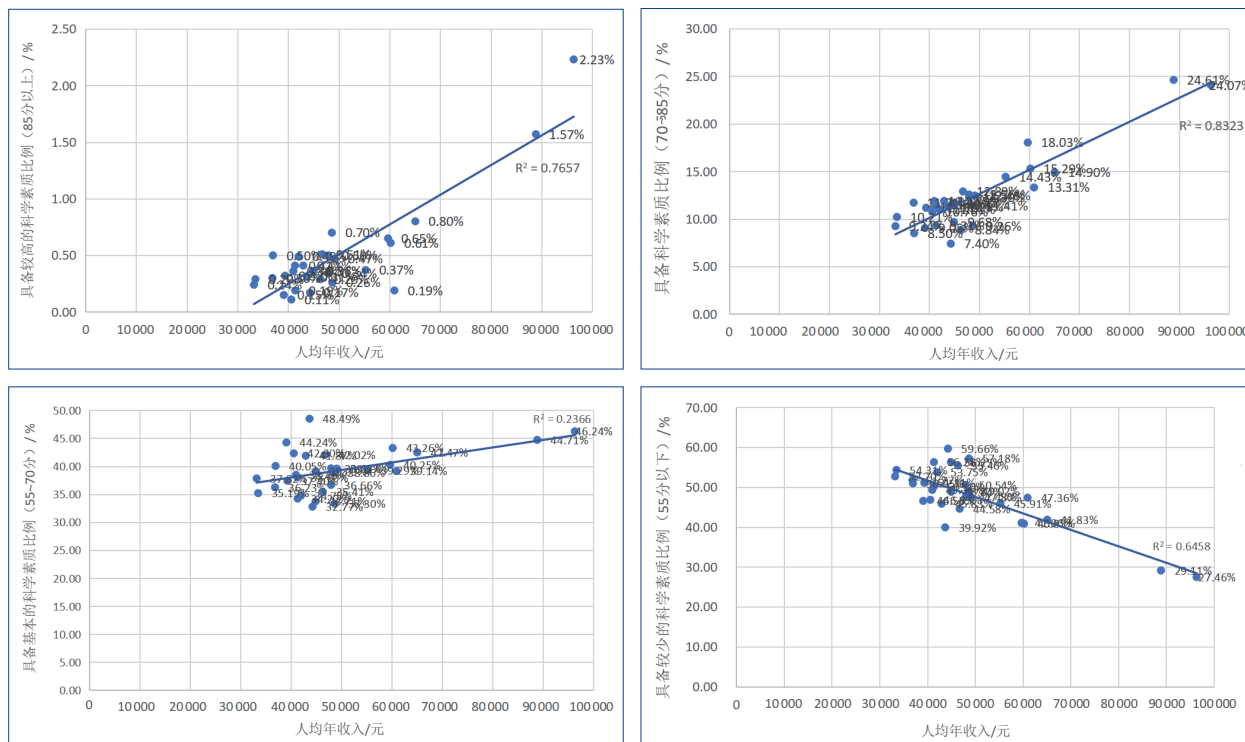


图9 不同等级科学素质对收入的回归分析图

5.3 不同等级科学素质对科技创新能力的影响

以各地科技创新指数为被解释变量，四级科学素质为预测变量进行线性回归分析。表3显示，具备高阶科学素质以及具备科学素质人群对各地科技创新的解释作用较强，回归系数分别为0.4443和0.7188。具备基本科学素质对创新指数解释作用不高，具备较少科学素质对各地创新发展产生负向影响。回归系数分别为0.2447和0.5792（见图10）。

表3 不同等级科学素质对科技创新能力的影响模型系数表

模型	回归系数	模型斜率	显著性
科学素质—科技创新指数 【具备高阶科学素质人群】	0.4443	0.06**	0.00
科学素质—科技创新指数 【具备科学素质人群】	0.7188	0.21**	0.00
科学素质—科技创新指数 【具备基本科学素质人群】	0.2447	0.25**	0.00
科学素质—科技创新指数 【具备较少科学素质人群】	0.5792	-0.50**	0.00

注：**表示在0.01级别，相关性显著。*表示在0.05级别，相关性显著。

以上分析表明，尽管划分出4类科学素质，对科技创新产生显著促进作用的仍然是传统是否具备科学素质的二元划分中的具备科学

素质人群（即具备高阶和具备科学素质人群），这也进一步表明，是否具备科学素质的二元划分是科技创新能力有效的预测变量。此外，具备科学素质和具备高阶科学素质人群对科技创新的k值分别为0.21和0.06，相差不多，表明无论是高阶还是具备科学素质人群，均对地区科技创新能力产生了相似的促进作用。

图10所示三组回归分析表明，无论是作为科学素质预测变量的教育因素，还是将科学素质作为收入和创新能力的预测变量进行的回归分析，均呈现出相似规律，即教育因素对具备科学素质和具备高阶科学素质产生显著正向影响，具备和具备高阶科学素质人群是经济发展和创新发展的正向影响因素。基本具备科学素质人群产生的正向促进作用相对有限，需进一步促进该类人群向具备和具备高阶科学素质转化。而前述教育因素对具备基本和具备较少科学素质产生负向影响，因此需要从终身学习视角，以高质量科普促进这两类科学素质人群的科学素质提升。

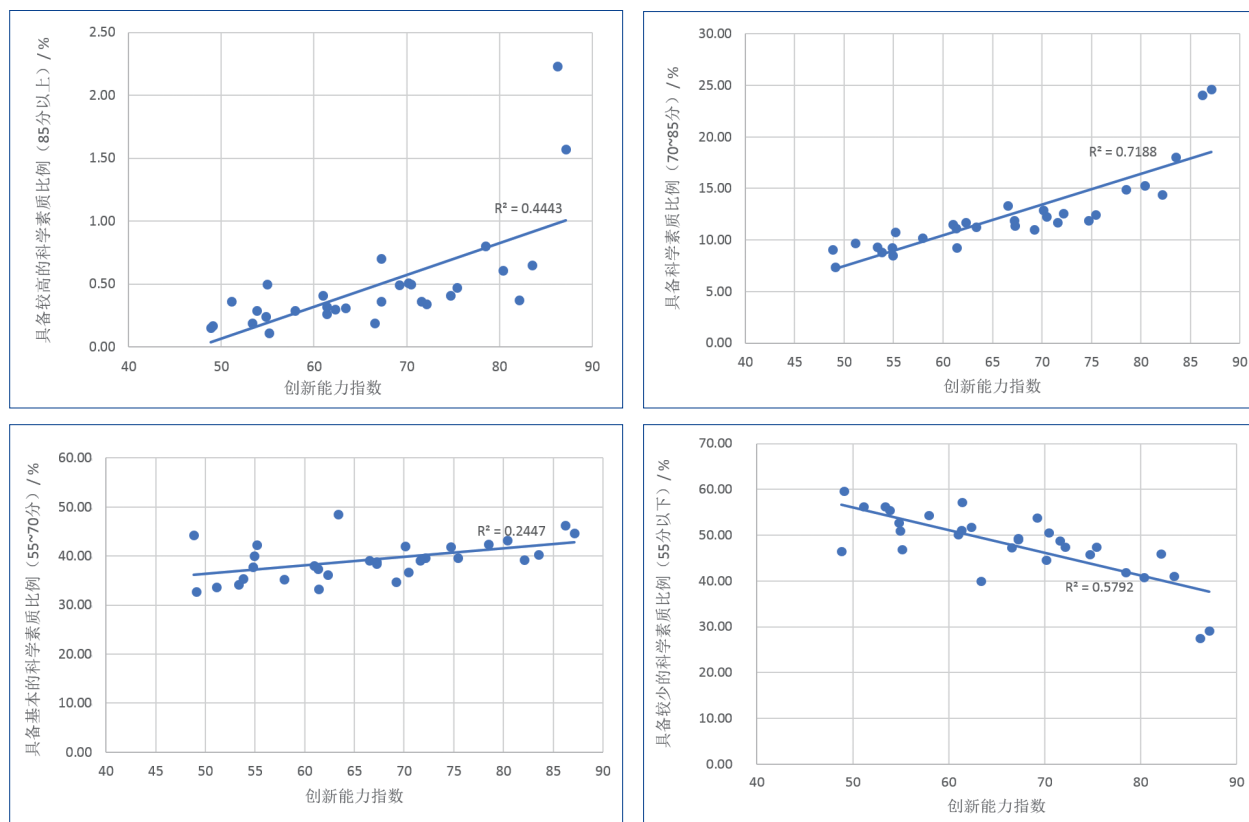


图 10 不同等级科学素质对创新能力回归分析图

6 总结与展望

6.1 构建二元划分与多级评价结合的科学素质综合评价体系

回顾科学素质概念的发展历程，其在演进过程中大多以探讨和界定如何具备科学素质为主，科学素质测评受此影响，过于强调科学素质“是否具备”的二元特征，而忽略其本质作为一种能力测量应体现出的连续分布特性，以及连续分布所带来的新的分级评价应用。

从本文分析结果来看，科学素质的二元划分与分级评价两种方式并非替代关系，而是互补和兼容关系。二元划分直观明确且与科学素质概念直接对应，分级评价作为二元划分的扩展，能够进一步细化不同人群科学素质的分布情况，更加全面反映不同人群科学素质的结构发展特征。因此，构建二元划分与多级评价结合的科学素质综合评价体系

具有较强的理论价值和现实意义。

6.2 了解不同等级人群科学素质发展特征，探索科学素质冰山全貌

分级评价研究发现，具备高阶科学素质、具备科学素质、具备基本科学素质 3 个等级呈等梯度下降，而具备较少科学素质是开放组距，梯度略大。与之对应，无论是科学素质的主要构成维度，还是科学素质的相关因素，均呈现相似的等梯度下降规律，这表明上述指标具有较强的内生一致性，从实证角度揭示了科学素质分级评价中结构特征与功能特征的对应关系。

在等级等梯度划分的情况下，具备高阶科学素质、具备科学素质、具备基本科学素质、具备较少科学素质 4 个等级的人群分布呈现出金字塔式结构，4 个等级比值约为 1:6:14:40，即我国大部分人群仍然处在具备基本科学素质和较少科学素质的等级阶段。

(下转第 38 页)

- [33] 温州市教育局. 温州市教育局等八部门关于印发《新时代温州中小学科学教育实施方案》的通知 [EB/OL]. (2023-09-12) [2024-02-30]. https://zjjcmpublic.oss-cn-hangzhou-zwynet-d01-a.internet.cloud.zj.gov.cn/jcms_files/jcms1/web2544/site/attach/0/1e92b0d3701244879981da70e1b39935.pdf.
- [34] 首都教育. 北京 21 所高校 36 个科普教育基地挂牌 [EB/OL]. (2024-05-28) [2024-05-28]. https://news.eol.cn/yaowen/202405/t20240528_2612733.shtml.
- [35] 刘帆. 新加坡——多元主体参与整合 STEM 教育 [N]. 现代教育报, 2023-09-12(A07).
- [36] 宋娴, 孙阳. 西方馆校合作: 演进、现状及启示 [J]. 全球教育展望, 2013(7): 98.
- [37] 吴梦. 国际视野下北京市中小学综合实践活动课程开发研究 [D]. 北京: 首都师范大学, 2018: 49-51.
- [38] Singapore Science Center. For Schools: We Complement the School Science Curriculum with Inspiring Hands-on Learning Experiences [EB/OL]. [2024-02-30]. <https://www.science.edu.sg/for-schools>.
- [39] 刘帆. 新加坡: 让博物馆成为儿童喜欢的大课堂 [N]. 现代教育报, 2023-6-20(A07).

(编辑 颜 燕 荆祎澜)

(上接第 21 页)

具备高阶科学素质人群呈现出兴趣导向, 自主获取科技信息且较多参与科学; 具备科学素质人群兼具兴趣导向和需求驱动, 参与科学的程度较高; 具备基本科学素质人群有较强的需求驱动, 通过各类专业和社交渠道获取科技信息; 具备较低科学素质人群有需求驱动导向, 主要通过社交和传统媒体获取科技信息的科学素质发展特征。针对上述特征, 科普工作应以效果为导向, 精准对接需求, 促进较低等级科学素质人群提升科学素质, 逐步改变当前的金字塔式分布结构。

6.3 进一步优化完善科学素质分级评级方法

本文分析表明, 分级评价能够清晰反映

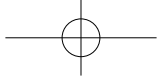
出不同科学素质等级的层次分布, 对于不同等级人群的科学素质发展特征有了明确认识。在此基础上, 本文认为还需进一步探索不同等级之间的层次递进关系, 在个体层面上进一步加强对科学素质发展规律的认识, 促进具备较少和基本具备科学素质人群, 向具备和具备高阶科学素质等级迈进。

此外, 分级评价对科学素质测评工具的信效度和数据采集的稳定性以及调查质量提出了较高要求。从现有 2022 年以及 2023 年的两次调查数据来看, 科学素质分级评价在总体结果上保持了较好的稳定性, 但在个别地区存在波动, 仍需积累连续调查数据进行优化完善。

参考文献

- [1] Miller J D. The Measurement of Civic Scientific Literacy[J]. Public Understanding of Science, 1998, 7(3), 203-223.
- [2] Fundamentals of Item Response Theory[J]. Choice Reviews Online, 1992, 29(7): 29-4185.
- [3] Sheng Y Y, Wikle C K. Bayesian IRT Models Incorporating General and Specific Abilities[J]. Behaviormetrika, 2009, 36(1): 27-48.
- [4] Satir V. Models of Perceiving the World[J]. Journal of Couples Therapy, 2001, 10(1): 1-8.
- [5] Penfield R D. Unique Properties of Rasch Model Item Information Functions[J]. Journal of Applied Measurement, 2005, 6(4): 355-65.
- [6] OECD, PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education[M]. Paris: OECD Publishing, 2023.

(编辑 颜 燕 和树美)



Historic Process, Approach and Experience of Science Popularization's Serving for the Chinese Path to Modernization

Li Zhenghua¹ Wang Huibin¹ Wang Ting² Xie Xiaojun²

(The Institute of Contemporary China Studies, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100009)¹

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing 100081)²

Abstract: During periods of revolution, construction, reform and strengthening of the country, the Communist Party of China, leading the Chinese path to modernization, has always emphasized the key role of science and technology, and paid attention to the strategic function of science popularization. Science popularization has played a fundamental and empowering role in the Chinese path to modernization by helping to solve the problems and challenges brought by the huge population, helping all people achieve common prosperity and share the fruits of development, helping to achieve material and cultural-ethical advancement, helping to achieve harmony between humanity and nature, and helping to achieve peaceful development. Its historical experience could be summarized as insisting on the leadership of the Communist Party of China, the idea of “handing science to the people”, serving the overall situation, improving the ability of science popularization, and exchanges and mutual learning among civilizations.

Keywords: science popularization; Chinese path to modernization; Communist Party of China

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.03.001

A Study on Graded Evaluation of Civic Scientific Literacy: Based on the Data of the 13th National Civic Scientific Literacy Sampling Survey

Ren Lei Ma Kunxiang Wang Zhenmei Feng Tingting Gao Hongbin

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing 100081)

Abstract: The traditional binary assessment method for determining scientific literacy is overly simplistic and does not adequately reflect the development characteristics of scientific literacy across various demographics. Therefore, there is a need to further expand the evaluation methods for scientific literacy. This paper is based on data from the 13th National Civic Scientific Literacy Sampling Survey in 2023 and references international graded evaluation methods to conduct a study on the graded evaluation of scientific literacy among citizens. By combining the main principles of international assessment level divisions with statistical distributions of survey results, citizens are categorized into four levels: possessing high-level scientific literacy, possessing scientific literacy, possessing basic scientific literacy and possessing minimal scientific literacy. The study analyzes the hierarchical differences and structural development characteristics between these different levels of scientific literacy. The relationship between graded scientific literacy and factors such as education, economy, and scientific technological innovation capability is explored through regression analysis. The results indicate that educational factors significantly positively impact individuals with scientific literacy and those with high-level scientific literacy. Furthermore, individuals with scientific literacy and high-level scientific literacy positively

influence economic development and innovation. In conclusion, binary classification and graded evaluation of scientific literacy are complementary. While binary classification is straightforward and directly corresponds to scientific literacy, graded evaluation, as an extension of binary classification, can further delineate the distribution of scientific literacy among different populations, providing a more comprehensive reflection of their structural development characteristics.

Keywords: scientific literacy; graded evaluation; structural feature

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.03.002

Exploration of the Current Situation and Development Strategies of Scientific Literacy of Workers in New Forms of Employment

Huang Yuele Feng Tingting Ma Kunxiang Gao Hongbin

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing 100081)

Abstract: The new forms of employment are becoming a new growth pole for employment and economic development, and the scale of workers in new forms of employment is constantly expanding. To understand the current situation of scientific literacy of workers in new forms of employment in China, this paper analyzes the development situation and characteristics of workers in new forms of employment based on the 13th National Civic Scientific Literacy Sampling Survey. The results show that the level of scientific literacy of workers in new forms of employment in China is relatively low, and there are differences in the level of scientific literacy among workers in different regions and different classification groups. Workers in new forms of employment perform well in applying science. Internet channels such as short videos are their main channels for obtaining scientific and technological information. Workers in new forms of employment are interested in science and technology and hold a positive attitude. They are willing to visit and use science and technology venues, and lack of time is the main reason for restricting their use of science popularization facilities. Based on this, it is proposed to attach importance to improving the scientific literacy in new forms of employment, focus on the main information sources of workers in new forms of employment, and strengthen the social responsibility of relevant subjects. Utilize unique resources, grasp key nodes and places, and classify and accurately popularize science. Facing the future development trend, we should take practice as the orientation and deepen the customization of science popularization content.

Keywords: new forms of employment; scientific literacy; digital economy; science popularization

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.03.003

On the Synergetic Development between School Science and Science Popularization under the Vision of Big Science Education

Liu Fan Shen Leina Ding Bangping

(College of Education, Capital Normal University, Beijing 100037)