

内容可视化方法对科普效果影响的比较研究

——以中学生地学科普为例

吴春明¹ 朱镇² 杨程²

[中国地质大学(武汉)科学技术发展院, 武汉 430074]¹

[中国地质大学(武汉)经济管理学院, 武汉 430074]²

[摘要] 内容可视化是提高科学普及效果的关键手段。本文基于视觉素养理论研究三种主流的内容可视化方法(图像化、文本化和实例化)对科普效果的影响,对2018年赣南地区参与了科普推广示范项目中地学科普活动的216名中学生进行两阶段问卷调查,并使用logistic回归方法进行实证分析和比较。结果表明,不同的内容可视化方法对学生理解不同类型的地学知识的影响存在差异,实例化表征是最重要的模式。本文创新点在于证实了实例化表征的内容可视化方法可以得到更好的科普效果,对具有复杂知识体系的科普活动提供了新的方法证据。

[关键词] 视觉素养 实例化 地学科普 中学生

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2022.04.003

科普是指以通俗化、大众化和公众乐于参与的方式,普及科学知识、倡导科学方法、传播科学思想、弘扬科学精神,以提高全民族的科学文化素质和思想道德素质^[1]。近年来,科研机构和政府越来越重视科普工作。科普工作者也意识到掌握科普技巧、使用有效的科普可视化方法将起到事半功倍的作用^[2]。地学科普作为一项重要的教育活动,旨在提高公众对基本地学知识与环境可持续发展的认知,是中学生第二课堂的常见活动,是促进地学知识大众化教育的重要方式。地学知识贴近生活但也较难被理解。例如,生活中发

生的地震灾害,其背后的隐形杀手是大家不了解的“砂土液化”;大家常戴金项链,很多人却不了解为什么会有金矿。传统的知识讲解方式会导致缺乏相关学术背景的受众难以理解地学知识。因此,为了拉近大众与科学之间的距离,激发大众对地学知识的兴趣与探索,地学科普工作者需要找到更有效的内容可视化方法达到更好的地学科普效果。本文基于视觉素养理论,将实例化作为一种新的内容可视化方法纳入地学科普,研究图像化(imagery)、文本化(text)和实例化(instantiation)三种内容可视化方法对理解复

收稿时间: 2021-10-20

基金项目: 地质调查项目“典型地质遗迹科普推广示范”(WT2018048B); 大学生发展与创新教育研究中心开放基金“新时代大学生科学素养提升路径研究”(DXS202011)。

作者简介: 吴春明, 中国地质大学(武汉)科学技术发展院副教授, 研究方向: 科学传播、自然教育, E-mail: wcmcg@cug.edu.cn。

杂地学知识的影响和作用，并通过问卷调查收集一手数据，使用 logistic 回归对三种内容可视化方法的作用效果进行实证检验，以期能够帮助科普工作者设计更有效的知识表达方式提高科普效果。

1 文献回顾与研究假设

视觉素养是信息时代大众的基本素养和技能，是“人们将视觉与其他感觉经验相结合形成的一组能力”^[3]。视觉素养理论指出，人们对于知识的认知取决于知识表达内容的可视化水平，有效的可视化识别方法可以更好地达到知识传播的目的^[4]。已有学者基于视觉素养理论，指出图像化和文本化是两种常见的内容可视化类型，并研究了两种方法影响公众教育的途径^[5-6]。哈特（Hart）等人研究了气候变化新闻报道的内容文本化和图像化会通过影响观众的个体感知影响观众的行为意图^[5]。有学者进一步讨论了图像化和文本化之间的个体理解差异^[7]。图像化表征是通过读者视觉感知构建图片内容的心理模型。例如，太阳系引力系统可以使用图像或者视频中的分布关系描绘八大行星的大小和间隔距离。文本化表征可以帮助读者以命题的形式理解文本的语义内涵，例如，各大行星的基本介绍需要借助语言信息，用具体的单词、短语和句式结构进行表述。根据视觉素养理论，图 1 展示了图像化与文本化两种可视化方法的区别。

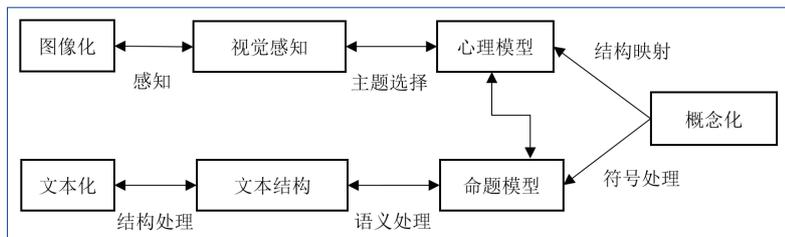


图 1 图像化与文本化理解的区别

在此基础上，本文提出了第三种内容可视化方法——实例化表征。实例化表征是强

调以案例作为表达知识的载体，将图像化和文本化的表征对应到案例中，通过更加形象的案例展现达到更好的知识传播效果。在科普实践中，实例化已经逐步成为重要的内容可视化方法，但是仍缺少实证证据证明该方法是否比其他方法（如图像化、文本化）更加有效。本文将科普效果定义为科普受众对科普活动传播的知识、方法和技能的理解程度和掌握水平。以下将进一步分析三种视觉素养类型对科普效果的影响。

1.1 图像化表征

图像化表征是人们理解科普内容的重要可视化方式。在理解图像内涵的过程中产生的视觉感知是由特定感官驱动的^[8]。有学者研究了图像化在不同科学知识体系中的影响，发现图像具有更强的吸引力，能让人产生更强的生理反应，从而更快地从中获取重要信息^[5-6]。朱洪启的研究表明，生动的图像更能唤起公众的情绪，提升公众的认知能力，更好地培养公众的科学态度，达到更好的科普效果^[9]。大量研究发现，在科普中有图像补充说明的知识文本比没有图像补充的文本更容易让人记住^[5, 7]。基于此，本文认为地学科普中的图像化表征可以促进大众更好地理解地学科普知识，并提出以下假设：

H1：图像化表征对理解地学科普知识有积极作用。

1.2 文本化表征

不同于图像化的心理模型机制，文本化表征强调的是读者在理解文本内涵时，会通过文本结构、语义内容和所描述的主题来构建命题模型^[7]。施诺茨（Schnotz）指出，文本化表征的建构过程依赖于对个体学习知识具有选择和组织功能的认知图谱^[7]。这种方法将知识的语义理解嵌入知识体系中，使得文本拥有比图像更强、

更深刻的表达能力。例如，文本可以明确表达“不准破坏地质遗迹”，但图像却难以描绘出“地质遗迹”这个概念。有研究表明，科普中的文本可以提高个体的感知效能，促进公众的知识理解^[3]。基于此，本文认为地学科普中的文本化表征可以促进公众更好地理解地学知识，提出以下假设：

H2：文本化表征对理解地学科普知识有积极作用。

1.3 实例化表征

实例化表征在教育心理学领域被认为是提升复杂知识学习效果的重要方式，同时也被广泛应用于科普实践过程中^[5]。实例化表征是指“基于案例的描述来引入复杂内容或知识的一种生动的实例表达方式”^[5]。它结合了图像化和文本化的效果。图像和文本能够提高知识理解效率主要依靠其自身的特性，实例化表征可以通过整合文本和图像的特性进行实例解说，以更生动的方式增强公众对复杂知识的感知。例如，“一线天”实例化表征（见图2）。

在大多数研究中，实例化策略表现为使用特定的案例介绍全新的科普知识。例如，达月珍等在向学生开展气象科普时，从学生们熟悉或者容易理解的现象案例入手有效传递知识^[10]。哈特和菲尔德曼（Feldman）为了测试在气候变化教育中的公众观点和行为变化，设计了太阳能电池板、气候抗议、洪水、烟囱烟雾四个案例^[5]。实例化表征结合了语义内容和视觉感知，以案例为基础促进受众对复杂地学知识的理解。因此，地学科普中的实例化表征为公众理解地学知识提供了一种新的方式。基于此提出以下假设：

H3：实例化表征对理解地学科普知识有积极作用。

基于以上假设绘制本文的研究模型，见图3。模型中还包括了在教育 and 科普的研究中

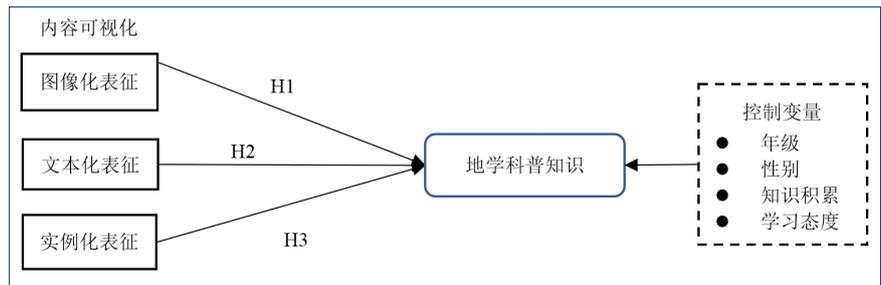


图3 内容可视化方法对科普效果影响的研究模型

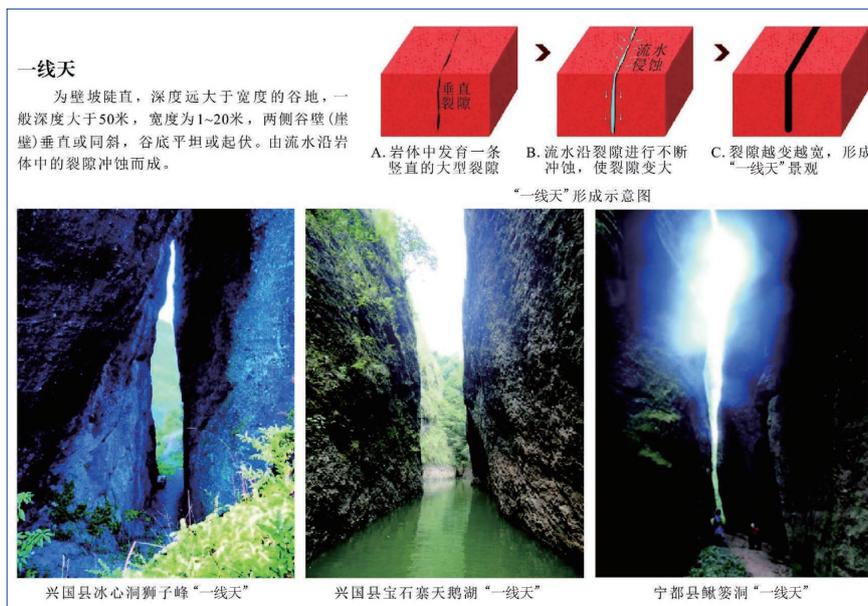


图2 “一线天”的实例解说

已证明会影响学习效果的4个控制变量，即年级、性别、知识积累和学习态度，以便控制潜在的个体效应。知识积累用于考察科普受众在以往学习中了解的相关知识。受众的地学知识积累越多，科普效果会因为知识认知的抵触产生较差的效果。此外，学习态度是指科普受众在以往学习中较为持久的肯定或否定的行为倾向状态。积极的学习态度会培

养学习者贯穿自我行为的情感意识,并在以往学习和经验的基础上形成对复杂知识学习的认知行为^[11]。先前的研究表明,学生和公众具备正确的学习态度时,会对学习知识产生兴趣^[12]。基于学习态度对学习效果的作用,本文认为在地学科普中,更积极的学习态度会促进受众对地学知识的理解。

2 研究设计

2.1 数据收集和研究样本

作为“全国重要地质遗迹调查”的科普推广示范项目,“典型地质遗迹科普推广示范”项目组于2018年在赣南地区的两所中学开展了地学科普活动。本文采用便利抽样的方法收集数据检验假设,邀请了参与科普活动的初一和初二两个年级的280名中学生进行两阶段问卷调查。在过程中,用图像化、文本化和实例化三种内容可视化方法帮助中学生学习地学知识。

本文重点关注地理或地质遗迹、地质公园、矿产资源3类地学知识。这3类知识属于公众在日常生活和学习中较难理解的知识,但却是地学知识体系下科普的重点内容。地理或地质遗迹是由复杂的地质作用和多变的气候形成的地质现象,数量丰富,种类繁多,具有重要的科普作用^[13];地质公园作为重要的生态场所,以景观资源为主体,是天然的地学实验室,也是进行地学科普最直观的场所和最重要的平台^[14];矿产资源以各种地质体的形式存在,我国矿产资源丰富,矿产种类较为齐全,同样具有重要的科普意义^[15]。科普这3类知识能有效增强中学生对地学知识的了解。

根据地理或地质遗迹、地质公园和矿产资源3类知识的体系,本文首先确定了12种基本知识点,对10名初中生进行了预调查,根据他们的反馈意见对问卷进行了修订。最后在科普活动现场进行大规模问卷调查。调查分为两个阶段,首先在地学科普活动前,

邀请280名中学生填写第一部分问卷,问卷内容涉及个人信息、已有的地学知识积累和学习态度。接着在地学科普活动后,要求填写了第一部分问卷的中学生再完成第二部分问卷,该部分问卷用于测量他们的学习效果。所有问卷均为匿名回答,最后整合两部分问卷数据用于支持研究。

整个调查共回收266份问卷,剔除50份数据缺失过多的问卷,最终获得216份有效问卷,有效回收率约为81.2%。表1显示了样本描述性特征。有效样本中性别的百分比与先前得到的266份问卷非常接近,卡方检验显示没有显著差异($p > 0.05$),因此不存在显著偏差。

表1 样本描述

		数量 / 份	百分比 / %
性别	男	101	46.8
	女	115	53.2
年级	初一	91	42.1
	初二	125	57.9
年龄	13岁	128	59.3
	14岁	72	33.3
	15岁	16	7.4
已有的地学知识积累	有	150	69.4
	没有	66	30.6
已经具备的地学知识*	地理或地质遗迹知识	31	14.4
	地质公园知识	34	15.7
	矿产资源知识	62	28.7

注:*表示用多选题收集的数据。

2.2 变量测量

选择三种内容可视化方法作为自变量,图像化、文本化和实例化是现有研究中确定的三种类型^[5, 7]。通过3个虚拟变量来表示不同内容可视化方法对地学知识理解的影响。将被调查群体认为有效的科普内容可视化方法编码为1,否则为0。

选取前文提到的地理或地质遗迹(GH)、地质公园(GP)、矿产资源(MR)知识的学习效果作为因变量,使用虚拟变量来表示在地学科普活动后被调查群体对不同地学知识的学习效果,理解某类地学知识则编码为1,不理解则编码为0。

控制变量主要包含年级(Grade)、性别

(Gender)、知识积累 (KnowAccu) 和学习态度 (LearnAttu) 4 个控制变量。年级、性别 (男性为 0, 女性为 1) 和知识积累情况的数据是通过学生进行题项内容选择获取的。由于缺乏科普领域的学习态度量表, 本文自行设计了构念的测量题项, 包括“学习能让我学到更多的知识”“我很喜欢在学校听老师上课”“没到下课时间, 我就想回家”“我每次上课都很认真”4 个题目。问卷使用李克特五

级量表 (1 表示非常不符合, 5 表示非常符合) 测量。

3 数据分析

3.1 描述性统计

为了全面统计因变量、自变量和控制变量, 本文使用 SPSS Statistics 22.0 进行描述性统计分析, 结果见表 2。可以发现, 上述变量之间存在显著相关关系。

表 2 描述性统计

	均值 (标准差)	最小值	最大值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
控制变													
量 1. 年级	1.57 (0.49)	1	2	1									
2. 性别	0.46 (0.50)	0	1	0.12	1								
3. 知识积累	0.31 (0.46)	0	1	0.02	0.06	1							
4. 学习态度	4.11 (0.58)	1	5	0.26***	-0.03	0.13*	1						
自变													
量 5. 图像化	0.78 (0.41)	0	1	0.16*	0.07	0.03	0.25**	1					
6. 文本化	0.71 (0.46)	0	1	0.15*	-0.05	-0.02	0.17*	0.23***	1				
7. 实例化	0.81 (0.38)	0	1	0.11	-0.10	0.01	0.17*	0.21**	-0.05	1			
因变													
量 8. 地理或地质遗迹知识	0.72 (0.45)	0	1	0.05	-0.13*	0.01	0.14***	0.21**	0.26***	0.36***	1		
9. 地质公园知识	0.70 (0.46)	0	1	0.06	-0.01	-0.14*	0.25***	0.25***	0.22***	0.13	0.20	1	
10. 矿产资源知识	0.65 (0.48)	0	1	-0.05	-0.04	-0.04	0.20**	0.13*	0.24***	0.23***	0.32***	0.21**	1

注: *表示 $p < 0.05$, **表示 $p < 0.01$, ***表示 $p < 0.001$ 。

3.2 Logistic 回归模型

为了检验中学生是否通过地学科普活动理解了 3 类地学知识, 本文使用 logistic 回归方法进行检验。根据假设, 将地理或地质遗迹知识、地质公园知识和矿产资源知识的 3 个 logit 函数定义为:

$$G_{GH}(x) = \ln \left[\frac{P_1(Y=1|x)}{P_1(Y=0|x)} \right] = \beta_{10} + \beta_{11} Grade + \beta_{12} Gender + \beta_{13} KnowAccu + \beta_{14} LearnAttu + \beta_{15} Imagery + \beta_{16} Text + \beta_{17} Instantiation \quad (1)$$

$$G_{GP}(x) = \ln \left[\frac{P_2(Y=1|x)}{P_2(Y=0|x)} \right] = \beta_{20} + \beta_{21} Grade + \beta_{22} Gender + \beta_{23} KnowAccu + \beta_{24} LearnAttu + \beta_{25} Imagery + \beta_{26} Text + \beta_{27} Instantiation \quad (2)$$

$$G_{MR}(x) = \ln \left[\frac{P_3(Y=1|x)}{P_3(Y=0|x)} \right] = \beta_{30} + \beta_{31} Grade + \beta_{32} Gender + \beta_{33} KnowAccu + \beta_{34} LearnAttu + \beta_{35} Imagery + \beta_{36} Text + \beta_{37} Instantiation \quad (3)$$

使用 Stata 15.0 进行回归分析。logistic 回

归可分两步进行: 第一步是检验控制变量的影响; 第二步是纳入 3 种内容可视化自变量检验其影响。用 LR 卡方检验和伪 R^2 检验来评估模型的整体拟合度。通过 LR 卡方检验, 计算从基准模型 (只包括截距) 到本文模型中对数似然值 (-2 Log likelihood) 的变化, 卡方差异在 0.001 水平上显著, 说明 logistic 回归是较好的选择。测量模型整体拟合度的另一个重要指标是与多元回归模型中的 R^2 测度指标相似的伪 R^2 。本文 Nagelkerke R^2 的解释范围为 8.4% ~ 26.77%, 表明这 6 个模型能够解释因变量的变异, 模型预测准确性较高。

3.3 研究结果

表 3 显示了 logistic 回归的结果。结果表明, 4 个控制变量对中学生地学知识的理解有不同程度的影响。以“理解组”为基线, 检验自变量对地理或地质遗迹知识的影响力。结果表明, 图像化 ($\beta_{14}=1.87, p < 0.01$)、文本化 ($\beta_{15}=0.71, p < 0.05$) 和实例化 ($\beta_{16}=1.10,$

$p < 0.05$) 对中学生理解地理或地质遗迹知识均具有显著的正向影响。对于地质公园知识理解, 图像化 ($\beta_{24} = 0.82, p < 0.05$)、文本化 ($\beta_{25} = 1.16, p < 0.01$) 和实例化 ($\beta_{26} = 1.21, p < 0.01$) 对中学生理解同样均有显著的正向影响。最后, 我们发现除了文本化 ($\beta_{35} = 0.57, p > 0.05$), 图像化 ($\beta_{35} = 0.64, p < 0.05$) 和实例

化 ($\beta_{36} = 1.19, p < 0.01$) 对中学生理解矿产资源知识都有显著的正向影响。假设检验的汇总结果见表 4。

通过计算 3 种 logistic 回归模型的敏感度和特异度来估计正确预测比例。图 4 展现了敏感度和特异度的分布。计算结果表明, 对地理或地质遗迹知识、地质公园知识和矿产资源知识的理解分别可正确预测 78.70%、75.93% 和 70.83%。

表 3 logistic 回归模型结果

	地理或地质遗迹知识		地质公园知识		矿产资源知识	
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
截距项	-4.95	-6.37	-1.26	-1.88	-2.63	-3.44
控制变量						
年级	-0.105	-0.66	-0.13	-0.17	0.54*	0.85**
性别	-0.59*	-0.68*	0.03	0.18	-0.03	0.085
知识积累	-0.144	-0.11	-0.76*	-0.82*	-0.37	-0.39
学习态度	1.58***	1.48***	0.53	0.21 NS	1.03***	0.89**
自变量						
图像化		1.87**		0.82*		0.64*
文本化		0.71*		1.16**		0.57 NS
实例化		1.10*		1.21**		1.19**
参数						
Log likelihood	-102.54	-94.15	126.76	-113.74	131.56	-123.37
LR X ²	32.41***	68.84***	9.00*	53.03***	15.82***	32.19***
Pseudo R ²	12.614%	26.77%	3.43%	13.35%	5.67%	11.54%
Correctly classified		78.70%		75.93%		70.83%
观测值	N=216	N=216	N=216	N=216	N=216	N=216

注: NS 表示 $p > 0.05$, * 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, *** 表示 $p < 0.001$ 。

表 4 假设检验结果总结

	系数	假设检验
H1: 图像化→地理或地质遗迹知识	1.87**	支持
图像化→地质公园知识	0.82*	支持
图像化→矿产资源知识	0.64*	支持
H2: 文本化→地理或地质遗迹知识	0.71*	支持
文本化→地质公园知识	1.16**	支持
文本化→矿产资源知识	0.57 NS	不支持
H3: 实例化→地理或地质遗迹知识	1.10*	支持
实例化→地质公园知识	1.21**	支持
实例化→矿产资源知识	1.19**	支持

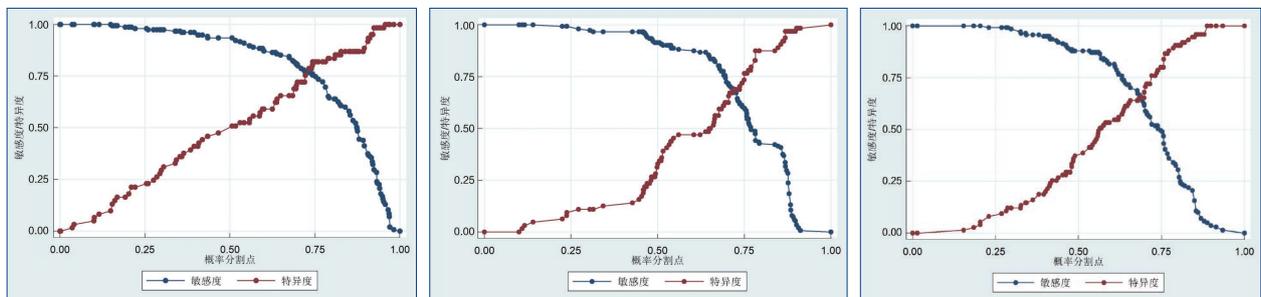
注: NS 表示 $p > 0.05$, * 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, *** 表示 $p < 0.001$ 。

4 结论与讨论

4.1 结论

本研究根据视觉素养理论, 比较了科普中 3 种主要的内容可视化方法在地学科普中的作用效果。针对中学生地学科普的研究发现, 在地学科普中, 图像化和实例

化表征对中学生地理或地质遗迹知识的学习积极作用明显。实例化对学习复杂的地学知识具有最重要的促进作用, 特别是在对于地质公园知识和矿产资源知识的理解上, 采用实例化方法促进学生理解知识的概率分别比图像要高 47.6% 和 86%。图像化对于地理或地质遗迹知识的科普具有更强的积极作用。对于地质公园知识的理解则主要依赖于文本化和实例化表征;



(a) 地理或地质遗迹知识

(b) 地质公园知识

(c) 矿产资源知识

图 4 3 种 logistic 回归模型的正确预测百分比

而对于比较抽象的矿产资源知识,文本化的作用不显著,其可能的原因在于,虽然两类知识均具有复杂特征,但矿产资源知识因远离日常生活,文本表征难以达到知识传播的要求。以上结果表明,针对复杂知识的科普,图像化比文本更有利于科普知识的理解。

实例化表征在促进复杂的地学知识科普中发挥着最为关键的作用是本文最重要的发现。本文的研究设计和 logistic 模型估计扩展了哈特和菲尔德曼的研究^[5],证实了实例化表征的积极作用。

4.2 讨论与实践启示

以上发现为科普工作者如何选择使用效率与效果兼顾的内容可视化方法提供了重要证据。科普的内容可视化方法需要与科普对象和知识体系建立对应关系。表 5 归纳了 3 种内容可视化方法在科普中的应用推荐。首先,

表 5 3 种内容可视化方法在科普中的举例

科普知识难度	科普场景	内容可视化方法选择
难理解	体验性	优先实例化和文本化表征,图像化为辅
	观看性	优先实例化和图像化表征,文本化为辅
易理解	体验性	优先实例化和图像化表征,文本化为辅
	观看性	优先图像化表征,实例化和文本化为辅

对于难理解的复杂知识的科普尤其应注重采用实例化方法进行科普。科普可以从生活中的常见现象入手,使用更加形象化的图像、视频、3D 动画或案例激发学习兴趣,同时形象表达的效果也将有助于知识的理解和掌握,增强科普效果。其次,考虑到科普展陈方式、可保存性、成本等因素,针对易理解的简单知识科普,可优先使用图像化表征的方法。图片带来最直观的视觉感受,可以迅速抓住公众眼球,配以适当的文字和实例,能够直接影响视觉感官和形象思维,达到便捷、快速地传播科学知识的效果。

参考文献

- [1] 中华人民共和国科学技术普及法 [M]. 北京: 科学普及出版社, 2002.
- [2] 翟立原. 科学家向青少年传播的典型研究 [J]. 科普研究, 2007, 2(2): 14-18.
- [3] Debes J L. The Loom of Visual Literacy—An Overview[J]. Audiovisual Instruction, 1969, 18(4): 517-536.
- [4] 张舒予, 朱静秋. 信息技术支撑下的视觉素养培养(上) [J]. 电化教育研究, 2005(3): 12-16.
- [5] Hart P S, Feldman L. The Impact of Climate Change-Related Imagery and Text on Public Opinion and Behavior Change[J]. Science Communication, 2016, 38(4): 415-441.
- [6] Powell T E, Boomgaarden H G, Swert K D, et al. A Clearer Picture: The Contribution of Visuals and Text to Framing Effects[J]. Journal of Communication, 2015, 65(6): 997-1017.
- [7] Schnotz W. Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays[J]. Educational Psychology Review, 2002, 14(1): 101-120.
- [8] Schill D. The Visual Image and the Political Image: A Review of Visual Communication Research in the Field of Political Communication[J]. Review of Communication, 2012, 12(2): 118-142.
- [9] 朱洪启. 图像在农村科普中的应用——从科普题材年画说起 [J]. 科普研究, 2019, 14(1): 13-19, 95.
- [10] 达月珍, 陈静琳, 杨周荣麟. 校园气象科学普及与青少年体制教育的融合研究——以昆明市校园气象站科普为例 [J]. 科普研究, 2020, 15(5): 97-105.
- [11] 李小平, 郭江澜. 学习态度与学习行为的相关性研究 [J]. 心理与行为研究, 2005(4): 265-267.
- [12] Probst L, Bardach L, Kamusingize D, et al. A Transformative University Learning Experience Contributes to Sustainability Attitudes, Skills and Agency[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 232: 648-656.
- [13] 王敏, 孙文燕, 张志光. 地质遗迹保护利用模式初探 [J]. 地质论评, 2017, 63(S1): 375-377.
- [14] 孙文燕, 张志光, 王敏, 等. 地质公园在地学科普及与教育中的作用 [J]. 地质论评, 2015, 61(S1): 856-857.
- [15] 许颖杰, 王磊. 矿产资源的重要性 [J]. 科技传播, 2011(19): 28, 49.

(编辑 李莹 颜燕)