

南疆四地州高中毕业生科学素养水平现状 与提升策略

张海燕¹, 叶淑香¹, 张婷燕^{2*}

(1. 新疆师范大学 党委教师工作部, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2. 新疆师范大学 国际文化交流学院, 新疆 乌鲁木齐 830017)

摘要:在创新驱动发展战略背景下,提高高中毕业生科学素养水平不仅关乎实现教育公平,还对加快民族地区经济社会发展具有深远意义。本研究基于国际科学素养问卷(Test of Basic Scientific Literacy, TBSL),结合Jon Miller提出的科学素养三维度,即科学内容知识、科学本质、科学技术对社会的影响,对南疆四地州高中毕业生考入本科前20%的学生进行抽样调查,了解其科学素养现状。调查结果显示,近五年来,南疆四地州高中毕业生的科学素养总体水平呈上升趋势,但仍存在较大的提升空间。在科学素养的三个维度中,学生对科学本质的理解以及科学技术对社会影响的认识还需进一步加强。同时,调查还发现,科学素养在性别和地区之间的差异逐渐缩小,这一调查结果反映出南疆四地州近五年来高中办学质量显著提高。本研究还为进一步提高民族地区高中科学教育水平提供参考和建议。

关键词:高中毕业生;科学素养;提升策略

中图分类号:G455

文献标识码:A

文章编号:1008-9659(2025)04-0072-12

习近平总书记强调:“要进一步加强科学教育、工程教育,加强拔尖创新人才自主培养,为解决我国关键核心技术提供人才支撑。”^[1]《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》(以下简称《纲要》)明确指出,科学素质作为国民素质的关键要素,是衡量社会文明进步的重要标志。提升全民科学素质,不仅有助于公民形成科学的世界观和方法论,而且对于增强国家自主创新能力、提升文化软实力以及推进社会主义现代化强国建设具有深远的战略意义。《纲要》特别强调实施青少年科学素质提升行动,着重提出要提高基础教育阶段的科学教育水平,以确保科学素质培养从娃娃抓起,贯穿教育全过程^[2]。在新一轮基础教育课程改革中,培养学生的科学素养已成为理科课程教学的重要目标。

当前我国科教工作已贯穿幼儿教育至高等教育全阶段教育体系,其中普通高中作为承上启下的重要环节,在培育青少年科学探究意识、塑造科学思维品质以及强化科学认知能力等方面发挥着关键作用。高中毕业生的科学素养水平是衡量基础教育阶段科学教育水平的重要依据。本研究针对南疆四地州考入本科院校的部分高中毕业生开展为期五年三次的科学素养调查,为进一步提高民族地区基础教育阶段科学教育水平提供参考和建议。

1 国内外相关研究回顾

1.1 国外研究现状

针对青少年的科学素养测评研究已成为国际科学课程改革的新趋势。在诸多科学素养评估项目中,国际上最具影响力的大规模科学素养测评项目是国际学生能力评估计划(Programme for International Student Assessment, PISA)和国际数学与科学趋势研究(Trends in International Mathematics and Science Study,

[收稿日期]2024-11-16

[修回日期]2025-02-21

[基金项目]国家社会科学基金西部项目(20XGL019)。

[作者简介]张海燕(1965-),女,副教授,主要从事科学教育方面研究,E-mail:503629445@qq.com.

* [通讯作者]张婷燕(1973-),女,讲师,主要从事课程教学论方面研究,E-mail:3277732689@qq.com.

TIMSS)。PISA由经济合作与发展组织(OECD)于1997年正式启动。该计划通过三年周期的评估机制持续开展,截至2015年评估周期已吸纳72个参与单位,至2018年参与范围扩展至80个成员国及地区。其评估对象锁定为义务教育末端的15周岁青少年群体,主要聚焦阅读素养、数理能力与科学素养三大核心维度。项目实施采用OECD总体协调、多国协作团队联合执行的运作模式。TIMSS作为国际教育成就评价协会(IEA)主导的国际教育测评体系,自1995年起实施周期性学业成就监测。TIMSS每隔四年对参评国家四年级和八年级学生的数学和科学水平进行测量^[3]。经战略专家团队论证构建的PISA与TIMSS评测体系,其框架设计、评测工具及结果分析体系具有显著学术公信力。基于多维数据建模的评测结果不仅为国际社会提供科学素养发展动态的认知基准、数据支撑,更在优化科学教育课程设置、完善科学能力培养方案、制定科学教育基准等方面为各国教育决策者提供实证研究依据。

Li等人通过2008年的PISA Science问卷对527名中国壮族学生进行了科学素养及影响因素调查。结果显示,独生子女政策会造成父母对孩子的高教育期望,与之对应的则是学生的高自我期望。这一系列的作用最终会导致学生具备更高的科学素养^[4]。Altun等人通过双层线性回归分析,比较了新加坡、意大利和土耳其学生科学素养的现状及其影响因素。数据从经济合作与发展组织(OECD)的数据库中调取,包括新加坡的6115名学生和177所学校,意大利的11583名学生和474所学校,土耳其的5895名学生和187所学校。研究结果表明,影响三个国家学生科学素养的重要因素是学生对科学的热爱、对广泛科学主题的兴趣和校园科学学习的氛围;学生对学校的归属感不是科学素养的重要影响因素。教育资源的短缺是土耳其和意大利学生科学素养的重要影响因素,但对新加坡来说并非如此^[5]。She等人通过PISA 2015问卷对来自214所学校的7973名学生进行了科学素养的分析。聚类分析结果表明,学生的科学素养得分与科学认知、科学兴趣、成就动机、科学学习成就感呈正相关。他们对通信技术更感兴趣,愿意花更多的时间自主学习,同时能得到老师更多的支持和指导。回归分析表明,对学生科学素养最具预测力的因素是学生的科学认知、探究式实践、科学兴趣、科学学习的成就感和学习时间。决策树模型的结果表明,对学生成绩影响的因素从高到低依次为对科学的认知、学习时间、科学学习的自我效能感、对科学广泛的兴趣、科学探究^[6]。Auerbach等人调整了美国东南部一所大学的入门生物学的课程顺序。在新版课程中,实验和理论课增添了专注于发展学生技能的讨论部分,并删除了一个学期的实验课程,课程强调学生的主动学习和相互合作。研究确定了两个小组,分别由使用旧版课程的学生和使用新版课程的学生组成,通过对两个群体进行科学素养测试来确定课程变化是否会提高学生的科学素养。课程开始4个月后,研究对两组学生科学素养的保持率进行了评估。在学年末,使用新版课程的学生科学素养有显著提高($P=0.005$),其科学素养的提高是使用旧版课程学生的两倍^[7]。Chi等人对上海29所初中的1591名九年级学生(包括720名男生和871名女生)进行了科学能力测验,多元回归分析表明,学生对科学的兴趣、父母的职业、对科学困难的感知显著影响了其科学素养,而性别并未对科学素养产生影响^[8]。Eliyahu等人使用科学探究观问卷(Views About Science Inquiry, VASI),对以色列七至八年级的446名学生进行了科学探究的测试。研究结果表明,大多数学生对科学探究各个方面没有充分理解,学生对科学探究的大部分缺乏科学的认识^[9]。以上研究表明,国外学者更加关注影响青少年科学素养的因素以及如何通过课程改革提高学生科学素养的研究。

1.2 国内研究现状

我国虽已建立城市公民科学素养周期性监测机制(如中国科协主导的公民科学素质调查),但针对青少年群体的建制化评估体系仍存空白。关于中小学生的科学素养的测评理论框架的研究还未形成比较权威的成果。有较多硕博毕业论文对此进行了探讨,如陈天元提出设置多样化开放性试题,构建多维度描述测评框架;遵循多因素理论,丰富试题的情境素材;运用现代信息技术,设计与开发基于主题的评估素材和计算机试题等^[10]。赖小琴通过TBSL问卷对广西1600名少数民族高中生进行了科学素养调查^[11];韩玉宏通过TBSL问卷对西藏地区1407名藏族高中生进行了科学素养现状调查^[12]。大多数学者均利用改编或者自编测评工具对中小学生的科学素养的现状进行实证研究。如潘苏东等人应用自编高中生科学素养测试卷对上海、浙江高二年级学生进行测试,调查发现,两省市高中生科学素养总体水平一般,科学思维更是短板^[13]。薛海平等人开发了科学素质测评试卷,对东中西部五个省份部分高中生进行了测试,结果表明,参与调查的学生科学素质普遍较低,仅勉强达到及格标准。此外,研究发现男生的科学素质明显优于女生,西部地区学生的科学素质与能力则显著落后于东部和中部地区的学生^[14]。吴晗清团队开发了针对高中生的科学素养评估

问卷,并对北京市部分高中生进行了实证调查。结果表明,学生的科学素养水平介于“一般”至“较好”之间,尤其在科学读写和实验能力方面表现较为薄弱。研究还发现,科学知识和科学方法两个维度与学生的物理、化学、生物成绩存在显著相关性,而实验技能维度则与这些学科的成绩无显著关联。其他维度与成绩的关系则因学科不同而呈现出一定的差异性。高一和高二年级学生在科学知识、科学方法以及读写能力等维度上存在显著差异,但科学素养水平在整个高中阶段并未表现出明显的上升趋势^[15]。

综上所述,国内针对高中生科学素养测评的研究成果较少。从科学素养的调查工具来看,大多数学者使用自制问卷开展测评,问卷的信度和效度难以保证。从测评对象看,针对西部地区高中生科学素养的调查研究相对更少。从分析方案来看,大多数学者仅停留在描述性统计分析,相关分析和回归分析做得很少,研究能解答的问题非常有限。因此,本研究对于以上问题,能够填补一定空白。

2 研究设计

2.1 研究对象

项目组分别于2019年、2021年和2023年在新疆某高校预科教育学院入学新生中抽取南疆四地州的学生进行科学素养的问卷调查。本研究对象的科学素养水平代表南疆四地州高中毕业生中前20%左右学生的科学素养水平,高于南疆四地州高中毕业生的平均科学素养水平,能够反映出连续5年南疆四地州科学教育水平的发展趋势。

2.2 问卷编制

Test of Basic Scientific Literacy (TBSL)英文版的问卷,由Rüdiger C. Laugksch 和 Peter E. Spargo 制作,聚焦南非高中进入大学阶段的学生。TBSL问卷中的110道题是从美国科学促进会(American Association for the Advancement of Science)《Project 2061—Science for All Americans》^[16]的472道题选择而来。问卷基于Jon Miller^[17]提出的科学素养三维度,即科学内容知识、科学本质、科学技术对社会的影响进行编制。来自南非各个科学与工程专业协会的约260名专业人员参与了问卷的编制。问卷的前测选择了625名来自南非的大学生,问卷整体的信度 α 为0.95。

学者靳知勤^[18]及其团队将英文问卷翻译为繁体中文问卷。翻译以TBSL英文版问卷为蓝本,通过回溯翻译(Back translation),即先由一位译者将英文版译为中文,再由另一位译者将此中文问卷译回英文并交研究者本人及英文版的编制者进行检阅,以修正中文版初稿。中文版初稿经修订后,再由国内科学及科学教育专家进行修订,以保证问卷的表面效度。问卷经定稿后,靳知勤团队在中国台湾省选取了三所高中向1125位学生发放问卷,回收有效问卷895份。通过SPSS的分析,TBSL繁体中文问卷的信度 α 在0.96以上。

学者赖小琴及其团队对中文繁体版问卷的文字进行了重新修订并制作了简体中文的问卷。修订后问卷信度 α 为0.89,表明量表具有良好的信度。问卷内容结构如表1所示。

表1 问卷内容的结构

一级维度	二级维度	主要内容	题目数(个)	及格成绩(分)
科学内容	地球与太空科学	地球的历史、地球的构造、大气变化、太阳系和地球在宇宙中的位置等	15	9
	生命科学	生物体的结构、作用和生命过程、基因控制、多样性、适应、自然选择、生态系统等	24	15
	物质科学	物质结构和特性、电和磁、力和运动、能量及其转化等	14	9
	健康科学	人类及其健康、疾病、心理变化等	19	12
科学本质		科学知识的暂时性、经验性,科学的主观性、创造性、社会性、文化性,观察和推理、理论与规律等	22	13
STS		对科学、技术和社会三者关系的理解,包括技术的作用,技术与科学、技术与社会之间的关系等	16	10
共计			110	68

为了使南疆四地州高中生科学素养的测量结果具有可比性,本研究采用TBSL问卷。为了保证问卷的信效度,保留了TBSL问卷的110道题,及格成绩为68分。项目组通过问卷星对新疆某高校2019级南疆四地州预科新生进行科学素养调查。问卷发放765份,回收758份,回收率为99.1%。利用SPSS 24软件对问卷中的110道题目进行了信度分析,结果显示克隆巴赫 Alpha 系数为0.883。根据Gliem^[19]的研究,克隆巴赫 Alpha 系数大于0.9表示信度非常好,而大于0.8则表明信度良好,说明问卷在本土测试中信度良好。此外,对问卷的效度进行了分析,如表2所示。由于显著性水平为0.000,表明巴特利特(Bartlett)球形度检验通过,同时KMO取样适切性量数的值为0.931,进一步证明问卷的效度非常好。

表2 KMO 和 Bartlett 的检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.931
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	37584.594
	df	5995
	Sig.	0.000

项目组采取隔年调查的方式,分别在2021年9月和2023年9月对预科新生进行了相同的问卷调查。本研究三次调查的时间都是新生入学两周之内,利用统一时间在教师的监考下通过问卷星闭卷测试,保证了测试结果的客观公正。为了分析影响科学素养水平的因素,对三届学生的高考成绩进行统计分析,同时还分别在三届学生中随机抽样30名学生进行访谈,了解其科学课程的学习状况。

3 调查结果与分析

3.1 科学素养总体情况

对问卷得分的总体情况进行分析,结果显示,2019年、2021年和2023年的平均分分别为63.86分、67.41分、80.59分,及格率分别为30.4%、38.3%、75.4%。这说明南疆四地州高中生科学素养水平逐年提高,2023年提高显著(表3)。

表3 学生得分总体情况

	平均值(分)	及格率(%)	标准差	中位数	极小值	极大值
2019年总体情况(N=758)	63.86	30.4	13.574	64	3	110
2021年总体情况(N=614)	67.41	38.3	14.840	66	5	110
2023年总体情况(N=686)	80.59	75.4	18.507	81	8	110

从三年的直方图可以看出,得分区间逐年向高分偏移,说明学生整体水平在逐年提高(图1至图3)。

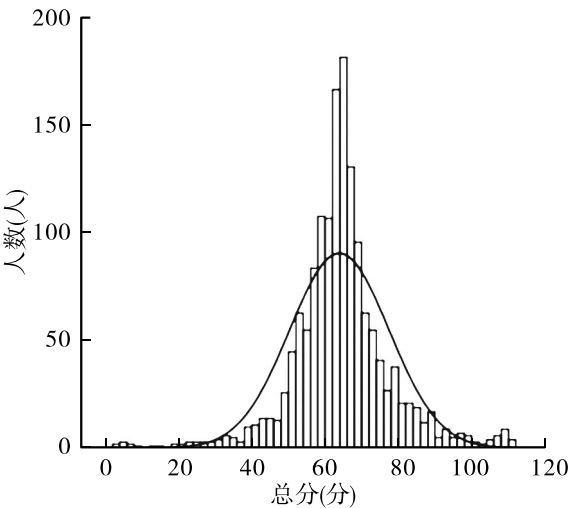


图1 2019年科学素养总分直方图

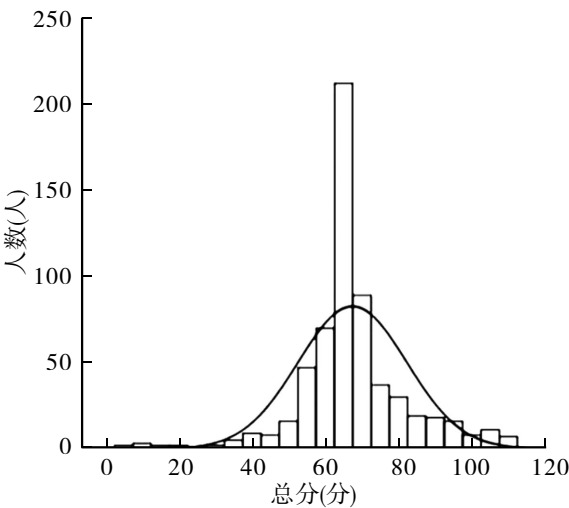


图2 2021年科学素养总分直方图

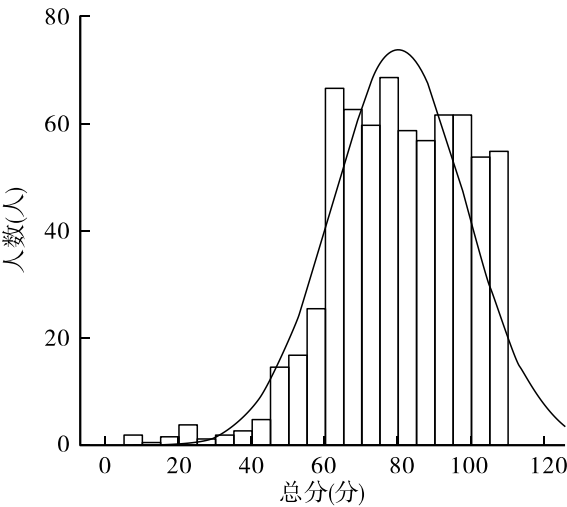


图3 2023年科学素养总分直方图

3.2 科学素养各维度情况

TBSL问卷共计110道题,其中科学内容72道题,占总数的65.45%;科学本质部分的题目22道,占20%;STS部分16道,占14.55%。从科学素养三个维度得分看,2019年、2021年和2023年依次提高,说明南疆四地州中学理科教学质量在逐年提高(表4)。

表4 科学素养各维度得分情况

年份(年)	科学内容		科学本质		STS	
	平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)
2019	41.51	27.90	13.00	60.00	9.37	44.20
2021	44.03	36.50	13.78	70.30	9.73	31.00
2023	51.94	73.30	16.07	81.90	11.78	74.60

3.2.1 科学知识方面

科学知识在科学素养中占据着举足轻重的地位,是构成科学素养的关键要素之一,为科学素养的形成奠定了坚实的基础,同时也是人们进行科学思维和创新的基石。只有不断学习和积累科学知识,人们才能更好地认识世界,提高自身科学素养。TBSL问卷中的科学知识内容由物质科学、生命科学、地球与太空科学和健康科学四个部分组成,涉及初中到高中的物理、化学、生物和地理等课程中的相关知识。这部分的测试成绩能够比较客观地反映学生在中学阶段的理科学习水平。从测试数据可以看出,就科学内容维度来看,三年的成绩提升明显,到2023年提高了10.43分,及格率达到73.3%。从科学知识四个维度的得分可以看出,从2019年到2023年,地球与太空科学、生命科学、物质科学、健康科学四个维度的平均分和及格率均在逐年提高,说明中学阶段理科教学质量逐年提高。从提高的程度看,地球与太空科学的及格率从2019年的32.1%提高到2023年的70.1%,提高了38%;健康科学维度的及格率从2019年的25.1%提高到2023年的59.9%,提高了34.8%;生命科学维度的及格率从2019年的55.9%提高到2023年的81.2%,提高了25.3%。

表5 科学内容维度得分情况

	满分(分) 及格线(分)		2019年		2021年		2023年	
			平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)
地球与太空科学	15	9	7.55	32.1	8.89	45.1	10.21	70.1
生命科学	24	15	14.74	55.9	15.25	64.4	17.95	81.2
物质科学	14	9	9.33	67.6	9.67	72.9	10.80	82.2
健康科学	19	12	9.89	25.1	10.22	27.6	12.98	59.9

从平均分可以看出,南疆四地州科学素养水平与优秀成绩存在一定的差距,还有较大的提升空间。特别是健康科学的内容,三年的及格率和平均分在四个领域中最低,这些结果表明中学阶段健康科学的教育亟待加强。

3.2.2 对科学本质的理解

对科学本质的理解测试包括以下几个方面:(1)实证性。科学是一种实证性的知识体系,即科学理论只能基于观察和实验数据。科学家必须通过实验和观察来验证其理论,并且这些实验和观察必须符合科学方法的要求。(2)逻辑性。科学理论需要符合逻辑规则,即不能自相矛盾,不能重复已有理论,也不能被证伪。科学理论需要经过不断的测试和修正,以保持其逻辑上的连贯性和合理性。(3)系统性。科学理论需要能够解释自然界的各种现象,并与其他相关领域相互联系。科学家需要对数据进行分析和解释,以确定不同理论之间的关系,并寻找可能的联系。(4)预测性。科学理论需要能够预测未来的实验和观察结果,或对未来的现象进行预测。科学家必须根据理论预测实验结果,并设计实验来验证这些预测。(5)综合性。科学家需要具备不同领域的综合能力,以理解复杂的自然现象。(6)变化性。科学理论需要能够适应新的数据和实验结果。科学家必须能够更新和修改他们的理论,以反映新的信息和实验结果。(7)可靠性。科学理论需要基于可靠的数据和实验结果。科学家必须使用可靠的实验方法,并遵循实验设计的最佳实践,以确保能够得到可靠的结果。(8)艰涩性。科学理论需要具有深刻的理解和复杂性。科学家需要花费大量时间来理解科学理论,并能够解释和应用。从表6可知,三年测试的平均分提高较少,但是及格率每年提高10%,提高显著,说明被测学生对科学本质的理解程度整体有较大提高。

表6 对科学本质的理解维度得分情况

	满分(分)	及格线(分)	2019年		2021年		2023年	
			平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)
科学本质	22.00	13.00	13.00	60.00	13.78	70.30	16.07	81.90

从三年的平均分可以看出,学生对科学本质的理解方面还存在较多问题。例如,以2023年的测试为例,判断题“提出并检验假说的过程不是科学家的主要工作之一”答对率只有36.7%,说明高中生对科学的预测性本质理解不到位。对“进行研究时,没有科学家会被认为他/她应该获得某一特定的结论”一题的判断正确率只有42.6%,说明还有相当多的高中生没有理解科学本质的实证性。

3.2.3 科学技术对社会的影响

学生理解科学技术对社会的影响是科学素养的重要组成部分。包括了解科技的发展趋势、了解科学对社会和环境的影响、了解科学伦理和道德等问题。随着科技不断进步,许多领域都在不断发展和创新,学生需要了解这些趋势,更好地适应和应对未来的挑战。在科学技术的发展过程中,伦理和道德问题也日益突出。学生需要了解这些问题,以便更好地掌握科学知识和技能,同时遵守科学伦理和道德标准。从测试结果看,2021年虽然科学技术对社会的影响部分的及格率有所下降,但是平均分仍在逐年提高,说明整体素养水平呈上升趋势。

表7 科学技术对社会的影响维度得分情况

	满分(分)	及格线(分)	2019年		2021年		2023年	
			平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)	平均分(分)	及格率(%)
科学技术对社会的影响	16.00	10.00	9.37	44.20	9.73	31.00	11.78	74.60

从科学技术对社会影响维度的平均分可以看出,还有很大提升空间。以2023年测试结果为例,学生对“科学道德关注应用研究结果所产生的可能有害的影响”的判断正确率只有55.81%，“许多构造简单的物体(如冰箱或太阳能灶),单个的影响力不大,但整体的影响力却大得惊人”的判断正确率只有51.54%,对“虽然现代科技系统极为复杂,但新科技设计的所有副作用却可以预测”的判断正确率只有43.13%。这说明,高中理科教育对科学技术对社会影响的关注度还有待加强。

3.3 差异性分析

3.3.1 科学素养的性别差异

通过独立样本T检验,2019年科学素养在性别上的得分如表8所示。2019年测评科学素养的性别差异性统计分析如表9所示。

表8 2019年科学素养在性别上的得分

	总体水平 (M±SD)	科学内容 (M±SD)	科学本质 (M±SD)	STS (M±SD)
男 (N=681)	64.740±13.313	41.910±9.076	13.330±3.258	9.490±2.535
女 (N=863)	63.170±13.746	41.190±9.244	12.710±3.693	9.270±2.531

表9 2019年科学素养在性别上的差异分析

	总体水平	科学内容	科学本质	STS
F	0.289	0.004	9.710	0.110
T(绝对值)	2.256	1.543	3.447	1.712
莱文方差等同性检验P值	0.591	0.949	0.002	0.740
方差齐性情况下的T检验	0.024	0.123	0.001	0.087
方差非齐性情况下的T检验	0.024	0.122	0.000	0.087
两组数据是否有统计学上显著	是	否	是	否

分析结果显示,在总体水平上,男生的平均分较女生高1.57分。通过F检验得到F值为0.289,表明两组数据的方差无显著差异;T检验的绝对值为2.256,莱文方差等同性检验的P值为0.591,进一步验证了方差齐性。在方差齐性的前提下,两组数据的T检验P值为0.024,由于0.024小于0.05,说明男生和女生在总分上的差异具有统计学显著性,表明南疆高中毕业生中男生的科学素养水平显著高于女生。

在科学本质维度上,男生的得分比女生高0.62分,表明南疆高中毕业生中男生对科学本质的理解更为深入。F检验结果显示F值为9.710,表明两组数据的方差存在显著差异;T检验的绝对值为3.447,莱文方差等同性检验的P值为0.002,进一步证实了方差非齐性。在方差非齐性的情况下,T检验的P值为0.000,由于0.000小于0.05,说明男生和女生在科学本质维度上的得分差异具有统计学显著性。

在科学内容维度上,F检验结果显示F值为0.004,表明两组数据的方差无显著差异;T检验的绝对值为1.543,莱文方差等同性检验的P值为0.949,进一步验证了方差齐性。在方差齐性的前提下,T检验的P值为0.123,由于0.123大于0.05,说明男生和女生在科学内容维度上的得分差异不具有统计学显著性。

在科学、技术与社会(STS)维度上,F检验结果显示F值为0.110,表明两组数据的方差无显著差异;T检验的绝对值为1.712,莱文方差等同性检验的P值为0.740,进一步验证了方差齐性。在方差齐性的情况下,T检验的P值为0.087,由于0.087大于0.05,说明男生和女生在STS维度上的得分差异不具有统计学显著性。

数据分析说明,南疆高中毕业生中男生科学素养总体水平高于女生。这说明男生对自然科学的兴趣总体来说比女生高,对自然科学的理解能力比女生强。2021年和2023年测评数据通过独立样本T检验,结果显示科学素养在男女性别上没有差异。这说明随着南疆高中办学水平和质量的不断提高,男女学生之间的差距越来越小。

3.3.2 科学素养的地区差异

新疆地域辽阔,各地区发展水平参差不齐,教育领域存在显著差距,因此对南疆四地州高中毕业生的科学素养进行差异性分析显得尤为重要。2019年测评数据通过T检验结果发现,南疆四地州在总体水平、科学内容维度、科学本质维度上均值的差异统计学显著,差异具有统计学意义。具体测评的得分如表10所示。

表 10 2019 年科学素养在不同地区的得分

	总体水平	科学内容	科学本质	STS
	(M±SD)	(M±SD)	(M±SD)	(M±SD)
阿克苏地区 (N=41)	61.340±14.303	40.290±9.344	12.440±3.963	8.610±2.827
喀什地区 (N=1088)	63.830±13.248	41.520±8.94	12.910±3.521	9.400±2.493
和田地区 (N=385)	64.710±13.911	41.940±9.511	13.360±3.365	9.420±2.595
克孜勒苏柯尔克孜自治州 (N=30)	57.630±17.941	37.130±11.846	11.970±4.414	8.530±2.636

根据 2019 年的测评数据分析,喀什地区学生的总分较克孜勒苏柯尔克孜自治州学生高 6.2 分。通过 F 检验,得到 F 值为 2.750,表明两组学生的成绩方差存在显著差异。T 检验的绝对值为 2.501,莱文方差等同性检验的 P 值为 0.098,进一步支持了方差齐性。在方差齐性的条件下,T 检验的 P 值为 0.013,这一数值小于 0.05 的显著性水平,因此喀什地区与克州学生在总分上的差异具有统计学意义。与此同时,和田地区学生的总分较克州学生高出 7.08 分。F 检验结果显示 F 值为 2.380,表明两组学生的成绩方差存在显著差异。T 检验的绝对值为 2.624,莱文方差等同性检验的 P 值为 0.124,进一步证实了方差齐性。在方差齐性的前提下,T 检验的 P 值为 0.009,这一数值同样小于 0.05,说明和田地区与克州学生在总分上的差异也具有统计学意义。这些数据表明,喀什地区和和田地区学生的科学素养总体水平平均高于克州学生。

在科学内容维度上,喀什地区学生的平均得分较克州学生高 4.39 分。F 检验得到 F 值为 1.473,表明两组学生的成绩方差存在显著差异。T 检验的绝对值为 2.626,莱文方差等同性检验的 P 值为 0.225,进一步验证了方差齐性。在方差齐性的条件下,T 检验的 P 值为 0.009,这一数值小于 0.05,说明喀什地区与克州学生在科学内容维度上的差异具有统计学意义。和田地区学生在科学内容维度上的平均得分较克州学生高出 4.81 分。F 检验结果显示 F 值为 0.980,表明两组学生 z 的成绩方差无显著差异。T 检验的绝对值为 2.613,莱文方差等同性检验的 P 值为 0.323,进一步支持了方差齐性。在方差齐性的前提下,T 检验的 P 值为 0.009,这一数值小于 0.05,说明和田地区与克州学生在科学内容维度上的差异同样具有统计学意义。这些发现表明,喀什地区和和田地区学生对科学内容的理解水平平均高于克州学生。

在科学本质维度上,和田地区学生的得分较喀什地区学生高 0.45 分。F 检验得到 F 值为 1.510,表明两组学生的成绩方差存在显著差异。T 检验的绝对值为 2.173,莱文方差等同性检验的 P 值为 0.219,进一步证实了方差齐性。在方差齐性的条件下,T 检验的 P 值为 0.030,这一数值小于 0.05,说明和田地区与喀什地区学生在科学本质维度上的差异具有统计学意义。这一结果表明,和田地区学生对科学本质的理解水平高于喀什地区学生。

从以上分析可以看出,2019 年四个地州的高中毕业生在科学素养方面都存在一定的差异性。2021 年和 2023 年的测评数据经 T 检验,发现数据方差无论在齐性还是非齐性的情况下,四个地州的得分差异在统计学上均不显著。这个结果有力证明了经过 5 年的发展,四个地州的高中理科教学质量均有较大提升。

3.4 结论

通过数据分析,得出如下结论:第一,南疆四地州的高中毕业生近五年来科学素养总体水平呈上升趋势。从 2019 年到 2023 年的测试数据可以看出,科学素养的平均分提高了 16.73 分,及格率提高了 45%,说明南疆四地州五年来理科教学质量有了很大提高。第二,差异性分析结果显示,五年来科学素养在男女生性别方面的差异从有到无,说明高中办学质量不断提高。从四个地州的差异分析可以看出,每个地区的教育水平均有所提高,特别是克州理科教育质量提升显著。第三,尽管五年来南疆四地州的高中毕业生科学素养水平提升显著,根据前 20% 的学生得分情况可以推测,南疆四地州高中毕业生的科学素养水平还处于较低水平。以 2023 年的平均分 80.59 分为例,换算成百分制为 73.26 分,还有很大的提升空间。特别是学生对科学本质和对科学技术对社会的影响的理解还有待进一步加强。

4 影响南疆四地州高中生科学素养提升的因素

影响科学素养提升的因素非常多,基于本项目的调查结果,主要从南疆四地州的办学水平、学生国家通用语言文字应用能力、科学教师队伍建设和教学方法等方面进行探讨。

4.1 南疆高中办学水平和质量不断提高促进了高中生科学素养水平的提升

尽管本研究的测评对象是南疆四地州高中毕业生中前20%左右学生的科学素养水平,但是从连续三次的测量数据可以看出,南疆四地州高中毕业生的科学素养总体水平持续提升。这反映出南疆四地州高中整体办学水平和教学质量在不断提高。

自2012年以来,国家不断推进教育优质均衡发展,通过政策倾斜和资源调配双重机制,持续加大对南疆地区教育投入力度。数据显示,截至2022年,中央及地方财政累计投入教育专项资金达271亿元,实施基础设施建设项目5671个,其中高中阶段教育投入占比达43.7%。具体政策包括“三免一补”(学费、住宿费、教材费全免,生活补助)普惠制度和高考招生专项计划,有效改善了南疆教育资源配置状况。

在“对口援疆”机制框架下,形成了“19+130”协同支援模式:19个援疆省市与130余所高水平大学构建教育共同体,通过“组团式”援疆和“订单式”培养等创新机制,实现了教育资源的跨区域优化配置。这种政府主导、多方参与、精准施策的援疆模式,显著缩小了区域教育差距。例如,十年来,北京市投入36亿元,着力改善和田地区的办学条件。投入专门资金,打造“互联网+教育”优质教育资源平台,实现了全国优质教育资源在和田地区落地生根^[20]。这些极大提高了和田地区中小学的办学水平和教学质量。

高质量的教师队伍是教学质量的保障和前提。近年来,新疆通过公开招聘解决教师短缺问题。为破解教师数量不足、质量不高的难题,援疆省市也给予了大力支持。援疆团队发挥“组团式”援疆优势,通过示范带教、师徒结对、培训讲座等形式,有效提高了学校教师专业水平^[21]。“组团式”援疆让新疆教师队伍这个“软件”强了起来。一系列援疆培训活动帮助各县市各级各类学校学科教师提升了普通话能力、强化了专业知识、更新了教育理念,推动了教师队伍素质能力整体提升。数据显示,2022年、2023年喀什市第五中学和深塔中学的高考成绩取得重大突破。喀什市第五中学本科上线率从2021年的9%提升到2022年的35.5%,2023年文史类本科上线率提升1.65%。深塔中学2022年有61人考入本科院校,本科上线率提升24%,2023年更是有8人突破一本线,一本上线人数提升100%^[23]。综上所述,教育援疆助力南疆高中办学水平和教学质量的提升,极大地促进了高中生科学素养的形成。

4.2 南疆高中生国家通用语言文字应用能力是影响科学素养水平提升的重要因素

影响高中生科学素养的因素有很多,对于南疆四地州的学生来说,一个重要的影响因素是学生掌握国家通用语言文字的能力和水平。高中阶段是学生接受全面教育、培养科学素质的关键时期,学生运用国家通用语言文字的能力直接影响到学生对科学概念、规则和原理的理解,这些知识的学习和应用有助于培养学生的逻辑思维能力和批判性思维能力。掌握国家通用语言文字也为学生提供更多接触和使用现代科技工具的机会,如计算机、互联网等。这些工具的使用可以帮助学生更有效地获取和处理信息,同时也能够激发学生的创造力和想象力,培养创新思维 and 实践能力。

2018年9月,新疆义务教育阶段294.19万名学生实现国家通用语言文字教育100%全覆盖。2019年,高中毕业生在中学阶段还没有全部使用国家通用语言文字学习所有科目,2021年和2023年毕业的高中生在高中阶段已完全使用国家通用语言文字学习所有科目。高考语文成绩是反映高中生应用国家通用语言文字能力水平的重要标准。本研究对被测学生三次的高考语文成绩进行统计,2019年高考语文成绩平均分是70.42分,2021年是86.59分,2023年是102.44分。可见从2019年到2023年的五年时间里,高中生应用国家通用语言文字的能力和水平持续提高。这与相应年份的科学素养的平均分(63.86分、67.41分、80.59分)和及格率(30.4%、38.3%、75.4%)逐年提高一致。这些数据佐证了学生国家通用语言文字应用能力提升是科学素养提升的基础。

4.3 南疆四地州高中科学教师队伍建设水平对高中生科学素养的提升具有重要影响

2014年9月南疆四地州推行免费高中教育,高中升学率提高至80%^[24]。从2014年至今,南疆四地州的高中办学一直处在不断扩张的状态。近年来,新疆通过公开招聘扩充教师数量,解决教师短缺问题。援疆省市也给予大力支持,采取新建高中、职业学校,改善教学条件,选派支教教师等一系列措施。但是由于高中

免费教育政策的实施,高中生源呈爆炸式增长态势,教师队伍的建设速度无法满足现实需求,很多中学缺少高水平的教师,特别是高中数理化教师的短缺情况尤为突出。项目组对被测试的学生进行了访谈,被访谈的学生中,70%的学生都谈到存在三年高中理科教师频繁更换的问题。调查还显示,课堂进行实验演示并正常安排学生参与实验课的教师不超过30%。南疆四地州高中理科教师数量不足、队伍质量不高,严重影响理科教学质量的提高。南疆四地州理科教学质量低还可以从参与调查的预科新生的高考成绩得到印证,2019年的理科综合平均成绩为88.12分,2021年为105.45分,2023年为119.88分(满分为300分,180分为及格线)。因此,南疆四地州科学教师队伍素质也是影响高中毕业生科学素养整体水平的重要因素。

4.4 以知识传授为主的科学教学方式是影响科学素养提升的原因之一

通过测评数据可以看出,在科学素养中学生对科学本质和科学技术与社会发展之间关系的得分不高。科学本质涉及假设、理论、定律等抽象概念,学生难以通过直观经验理解。这就需要教师将科学本质融入具体科学知识教学中,采用探究式学习,鼓励学生参与科学实践。现实教学中还以知识传授为主。被访谈的高中40%从未到实验室上过物理、化学、生物等实验课,教师用多媒体演示代替真实实验是常态。教师在介绍科学概念、理论和原理时,较少涉及科学技术在实际社会中的应用和影响,这使得学生很难将所学的科学技术知识与现实生活联系起来,影响了学生对科学技术与社会关系的理解。这说明科学教师教育教学理念落后,教学方法单一,不注重学生综合素养的培养。

5 持续提升民族地区高中生科学素养水平的策略

提升中学生科学素养是科学教育的重要目标。高中阶段是提升学生综合素质,培养高阶思维与实践能力的,引导其树立理想信念,为创新人才与产业人才大军打下数量与素质基础的重要时期,要依据人才特点引导其成才方向,给更多具有创新潜力的青少年提供多元化、个性化的成长路径^[25]。

5.1 充分发挥教育援疆的优势,提高民族地区高中办学整体水平

教育援疆是我国建设教育强国的重要举措。要充分发挥教育援疆工程的优势,积极与援疆省市、援疆教师和教育机构开展交流合作,引进援疆省市的教育管理理念和方法,优化学校管理体制和机制,提高学校的管理水平和效率。加大对南疆高中教师的培训力度,提高教师的专业素质和教学能力,发挥“组团”优势,打造一支“带不走”的高素质教师队伍。积极争取政府和社会的支持,加大教育投入,配齐配全科学课程教学资源 and 设施,改善办学条件,提高理科教学质量和水平。

5.2 不断提高民族地区高中生国家通用语言文字应用能力

自《国务院办公厅关于全面加强新时代语言文字工作的意见》出台以来,民族地区国家通用语言文字能力建设成效显著,但区域发展仍存在差异。以2023年南疆四地州被测学生的高考语文成绩为例,其平均分为102.44分(换算成百分制为68.3分),虽较五年前提升显著,但国家通用语言文字应用能力提升空间还很大。

高中课程作为国家通用语言文字应用能力培养的核心载体,需实施差异化教学策略。建议采取“双增双优”改革路径:一方面增加课堂教学时长,另一方面优化教学方法,开发符合学生认知特点的多元教学模式。强化听说读写综合训练,注重文化内涵解读,融入中华优秀传统文化元素,深化铸牢中华民族共同体意识教育。

校园文化建设层面,建议构建“三维一体”的语言能力提升支持系统。开展语言实践类活动(如朗诵、演讲、戏剧表演等),建立多元化评价体系,创设沉浸式语言环境。通过校园广播、文化墙等载体增强语言输入,为学生国家通用语言文字应用能力的提升提供支持。

5.3 重视科学课程教学改革,为自主培养创新型人才奠定基础

当前科学教育的内涵已发生深刻变化,提升学生以科学素养为核心的综合能力,以问题驱动、实践发现和创造性为关键环节,深度融合科学、技术和工程,培养具备解决问题能力、创新实践能力、数字素养的跨学科创新人才,是全球科学教育发展的共识^[26]。理科课程改革应遵循“少而精”的原则,重构课程知识图谱。基于科学大概念理论框架,通过概念进阶模型优化课程结构,将碎片化知识点整合为具有认知连续性的核心概念群,并建立能力发展进阶路径。教学实践层面,建议采用“双轨并行”策略,在保持传统课堂效能的基础上,引入基于问题的学习模式,通过设计思维驱动深度科学探究,促进学生认知水平从记忆理解向分析创

造跃迁。同时,构建学校-科技场馆协同育人机制,开发跨学科整合课程,拓展非正式学习空间,提升学生的科学参与度。同时更多地关注科技创新和相关的社会变革,包括环境变化(如气候紧急情况)、技术变化(如人工智能的发展)等,培养基于科学学习成果改造世界的决心和行动力^[27]。

5.4 引导青少年树立科学之志,激发青少年探索科学奥秘的兴趣

青少年群体作为国家发展的战略性人力资源储备,其认知图式、价值体系与行为模式的形塑过程直接影响社会发展的代际传递效能。基于社会认同理论视角,通过家国情怀的深度内化机制,可有效建构青少年作为未来建设主体的角色认知,进而培育其民族认同感、文化自信与科技使命感的三维心理资本。已有研究表明,这种价值引导能够显著提升青少年的科学志向水平,并正向预测其创新效能感与求真务实的科学态度。因此,在科学教育实践中应注重构建科学家精神培育的“认知-情感-行为”三维模型,将科学思想启蒙与价值观塑造纳入核心素养培养体系。在科教内容上重视渗透科学本质教育、科学史教育以及前沿科学技术普及,引导学生关注科学家求真知、探索真理、发现真相的内在精神,理解科学发展、科学思维方式对社会的影响,提升对科学技术人文层面、伦理层面、社会层面的理解^[28]。

兴趣是最好的老师。学校和家庭应该为青少年创造一个良好的科学学习环境,提供充足的科学教育资源,如图书、实验器材、网络资源等,让他们有机会接触和了解科学知识。学校可以组织科学兴趣小组,让有相同兴趣的青少年聚在一起,共同探讨科学问题,交流学习心得,培养他们的团队协作精神和创新能力。鼓励青少年参加科学竞赛,激发青少年的竞争意识和探索精神,让他们更加积极地投入科学研究中。引导青少年关注科技前沿,了解最新的科技成果和科技动态,激发他们的好奇心和求知欲,让他们更加关注科学领域的发展。学校和社区可以定期举办各种科普活动,如科学实验、科技展览、科学讲座等,让青少年亲身参与、亲手操作,感受科学的魅力。

参考文献:

- [1] 习近平在中共中央政治局第五次集体学习时强调加快建设教育强国 为中华民族伟大复兴提供有力支撑[N]. 人民日报, 2023-05-30(001).
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/content/content_5623051.htm. 2021-06-03/2024-01-10.
- [3] 严文法,刘雯,李彦花. 全球基础教育质量评估变化趋势及其对我国基础教育质量监测的启示——以PISA、TIMSS、NAEP为例[J]. 外国教育研究, 2020, 47(09): 75-86.
- [4] LI L, SHI J, WU D, et al. Only Child, Parental Educational Expectation, Self-expectation and Science Literacy in Zhuang Adolescents in China: A Serial Mediation Model[J]. Children and Youth Services Review, 2020, 115: 105084.
- [5] ALTUN A, KALKAN M K. Cross-national Study on Students and School Factors Affecting Science Literacy [J]. Educational Studies, 2019, (03): 1-19.
- [6] SHE H C, LIN H, HUANG L Y. Reflections on and Implications of the Programme for International Student Assessment 2015 (PISA 2015) Performance of Students in Taiwan: The Role of Epistemic Beliefs about Science in Scientific Literacy [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2019, 56(10): 1309-1340.
- [7] AUERBACH A J, SCHUSSLER E E, PEGGY B. Curriculum Alignment with Vision and Change Improves Student Scientific Literacy[J]. CBE—Life Sciences Education, 2017, 16(02): ar29.
- [8] CHI S H, WANG Z, LIU X, et al. Associations among Attitudes, Perceived Difficulty of Learning Science, Gender, Parents' Occupation and Students' Scientific Competencies[J]. International Journal of Science Education, 2017: 1-18.
- [9] ELIYAHU E B, ASSARAF O B Z, LEDERMAN J S. Do Not Just Do Science Inquiry, Understand It! the Views of Scientific Inquiry of Israeli Middle School Students Enrolled in a Scientific Reserve Course [J]. Research in Science Education, 2021, 51: 1073-1091.
- [10] 陈天元. PISA与TIMSS科学素养测评框架和试题比较研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2022.
- [11] 赖小琴. 广西少数民族地区高中学生科学素养研究[M]. 南宁: 广西民族出版社, 2008.
- [12] 韩玉宏. 西藏高中学生科学素养现状调查及对策研究[D]. 拉萨: 西藏大学, 2018.
- [13] 潘苏东, 岳晓婷, 刘增泽. 高考新政下高中生科学素养调查及培养策略[J]. 课程·教材·教法, 2020, 40(07): 118-123.
- [14] 薛海平, 胡咏梅, 段鹏阳. 我国高中生科学素质测评研究[J]. 中国教育学报, 2011, (12): 54-57.
- [15] 吴晗清, 张霄, 方平. 高中生科学素养模型的建构及其实证研究[J]. 上海教育科研, 2016, (05): 32-36.

- [16] Project 2061 (American Association for the Advancement of Science). Science for All Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics, and Technology [C]. American Association for the Advancement of Science, 1989.
- [17] LAUGKSCH R C, SPARGO P. Construction of a Paper-and-pencil Test of Basic Scientific Literacy Goals Recommended by the American Association for the Advancement of Science [J]. Public Understanding of Science, 1996, 5(04): 331-359.
- [18] 靳知勤. 效化“基本科学素养”问卷[J]. 科学教育, 2002, 10(03): 287-308.
- [19] GLIEM J A, GLIEM R R. Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-type Scales [C]. Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, 2003.
- [20] 中华人民共和国教育部. 新疆今年实现国家通用语言文字教育全覆盖[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/20180629_341546.htm. 2018-06-29/2024-01-10.
- [21] 中华人民共和国教育部. 大爱洒满天山南北——教育对口支援新疆工作十年纪实[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202307/0230731_1071614.htm. 2023-07-31/2024-01-10.
- [22] 张赞芳. 万里援疆铸师魂 勇担使命育桃李——教育人才“组团式”援疆综述[N]. 中国教育报, 2023-04-11(001).
- [23] 李慧, 尚杰, 赵明昊. 天山南北 桃李芬芳——教育援疆结出累累硕果[N]. 光明日报, 2023-08-10(008).
- [24] 孙颖. 深圳: 跨越万里援疆 让教育点亮希望[EB/OL]. http://szeb.sz.gov.cn/home/xxgk/zthd/sjssn/xgxw/content/post_10944024.html.
- [25] 新疆四地州推行免费高中教育惠及9万各族学子[J]. 中国民族教育, 2014, (11): 12.
- [26] 郑永和, 杨宣洋, 袁正, 等. 高质量科学教育体系: 内涵和框架[J]. 中国教育学报, 2022, (10): 12-18.
- [27] 姚建欣, 刘奕轩, 孟丹宁. PISA 2025科学素养测评愿景展望与启示[J]. 上海教育科研, 2023, (07): 35-40.
- [28] 郑永和. 投资青少年科学教育就是投资中国未来[J]. 人民教育, 2022, (Z3): 1.

Current Status and Improvement Strategies of Scientific Literacy among High School Graduates in Four Prefectures of Southern Xinjiang

ZHANG Hai-yan¹, YE Shu-xiang¹, ZHANG Ting-yan^{2*}

(1. Teacher Work Department of the Party Committee, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang, 830017, China; 2. College of International Cultural Exchange, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang, 830017, China)

Abstract: Under the backdrop of the innovation-driven development strategy, enhancing the scientific literacy of ethnic minority high school graduates is not only crucial for achieving educational equity but also holds profound significance for accelerating socioeconomic development in ethnic minority regions. Based on the Test of Basic Scientific Literacy (TBSL) international questionnaire and Jon Miller's three-dimensional framework of scientific literacy, including the scientific concepts, the methodology used by science and how science and technology can interfere in society. A sample survey was conducted on the current status of scientific literacy among the top 20% of high school graduates admitted to undergraduate programs in the four southern Xinjiang prefectures. Survey results reveal that over the past five years, the overall scientific literacy of high school graduates in these regions has shown an upward trend, yet there remains significant room for improvement. Among the three dimensions, the methodology used by science and how science and technology can interfere in society require further strengthening. Additionally, the study finds that gender and regional disparities in scientific literacy are gradually narrowing, reflecting remarkable improvements in the quality of high school education in southern Xinjiang in recent years. This research also discusses and analyzes the findings to provide references and recommendations for further enhancing science education in high schools in ethnic minority regions.

Keywords: High school graduates; Scientific literacy; Improvement strategies