



# 近 20 年全国中学生物理竞赛的 研究现状 热点与趋势<sup>\*</sup>

彭章辉 高守宝

(山东师范大学物理与电子科学学院 山东 济南 250358)

(收稿日期:2021-09-04)

**摘 要:**为更全面地了解全国中学生物理竞赛的发展动态,为今后物理竞赛的研究提供数据参考与启示,利用 UCINET6 与 SPSS21 等文献计量研究软件,对从中国知网检索得到近 20 年来国内物理竞赛的 395 篇文献进行收集处理并进行可视化分析.结果显示全国中学生物理竞赛研究主要集中在竞赛试题研究、核心素养与竞赛试题分析和竞赛辅导教学三大领域,其中竞赛试题研究为核心领域,核心素养与竞赛试题分析为新兴发展领域,竞赛辅导教学为潜在领域.

**关键词:**全国中学生物理竞赛 知识图谱 研究热点 研究趋势

全国中学生物理竞赛(简称物理竞赛)是主要面向在校高中生展开的课外竞赛活动,从 1984 年开始创办至今已连续进行 36 次,现已形成规模宏大、层次多样的格局.《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》提出强国必先强教,凸显提高国民素质的重要性和紧迫性,探索发现和培养创新人才的途径<sup>[1]</sup>.2020 年 1 月,教育部印发《关于在部分高校开展基础学科招生改革试点工作的意见》<sup>[2]</sup>,提出在部分高校开展基础学科招生改革试点(称为“强基计划”),这为具有物理学科潜质和特长的学生通过参加物理竞赛拓宽了成长发展通道.物理竞赛不仅注重人才选拔,也有利于推动物理教学发展,具有发展学生终身学习能力和满足社会对高端拔尖人才需求的关键作用.

研究以 2000—2020 年近 20 年来有关物理竞赛的文献为数据来源,运用共词分析、聚类分析和多维尺度分析等方法对文献样本进行定量研究,解读物理竞赛的高频关键词及绘制知识图谱,以此展现物理竞赛的重点领域和发展进程.

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源

在中国知网中,对 2000—2020 年发表的论文以“物理竞赛”或“物理奥林匹克”为篇名进行检索,获得文献 622 篇.对无作者、试题及参考答案发布、活动通告、会议信息、无关论文等不符合要求的文献进行剔除后,获得有效论文 395 篇,将其作为研究样本.

### 1.2 研究工具

data 数据 3.0, GIGI01.1, CO\_OC1.7, UCINET6 与 SPSS21.

### 1.3 研究过程

首先,使用 data 数据 3.0 对 395 篇论文进行关键词提取,利用 GIGI01.1 对原始关键词进行近义或同义词合并,如将“竞赛题”与“竞赛试题”进行合并处理为“竞赛题”,最终剩余有效关键词 883 个,累计出现频次为 1 618 次,将词频  $\geq 4$  的 41 个关键词作为高频关键词.

<sup>\*</sup> 山东省研究生教育质量提升计划立项建设资助项目,项目编号:SDYAL19166;山东师范大学研究生 OMO 课程建设资助项目.

通讯作者:高守宝(1977—),男,博士,副教授,硕士生导师,主要从事物理教学论、科学教育等方面的研究工作.

然后,使用 CO\_OC1.7 导出高频关键词的共现矩阵和频次,在 SPSS21 导入共现矩阵转化得到相似矩阵和相异矩阵,在 UCINET6 中导入相似矩阵得到知识图谱进行社会网络分析,包括三大中心度

(即点度中心度、接近中心度和中介中心度)。

最后,将相似矩阵、相异矩阵进行聚类树状图和多维尺度分析,深入探析物理竞赛的发展趋势和研究进程. 具体操作过程如图 1 所示.

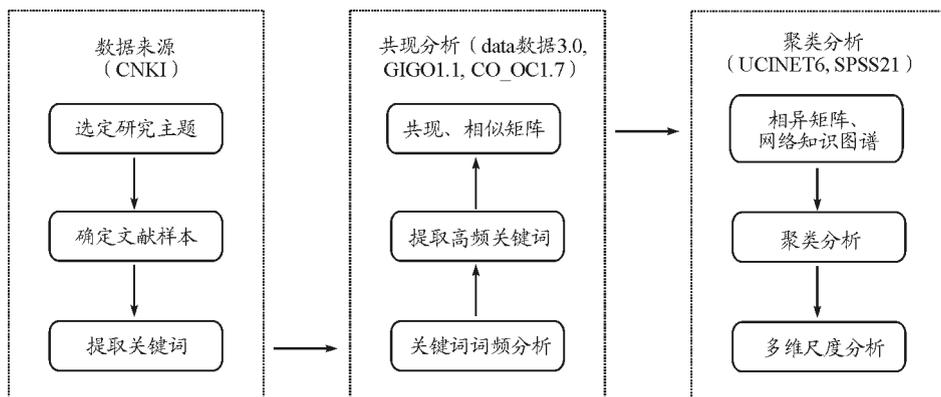


图 1 文献样本数据分析详图

## 2 研究结果分析

### 2.1 高频关键词分析

对 395 篇论文中的 883 个关键词进行分析,依据普赖斯公式

$$M = 0.749 \times \sqrt{N_{\max}}$$

其中  $M$  为高频关键词阈值,  $N_{\max}$  代表文献被引频次

的最高值<sup>[3]</sup>. 在此次研究文本中,被引率最高的是《全国中学生物理竞赛与国际奥林匹克物理竞赛》<sup>[4]</sup>一文,已被累计引用 15 次,由普赖斯公式计算可得  $M \approx 2.901$ ,即高频关键词的阈值要大于 3,笔者根据文本实际研究需要,抽取出词频  $\geq 4$  的 41 个高频关键词,累计出现 551 次,占总频次的 34.05%,具体结果如表 1 所示.

表 1 物理竞赛高频关键词表(词频  $\geq 4$ )

关键词	频次	关键词	频次	关键词	频次
物理竞赛	274	核心素养	6	试题研究	4
竞赛题	38	试题分析	5	物理解题	4
高中物理	31	竖直方向	5	电动势	4
微元法	13	匀速圆周运动	5	物理学科	4
竞赛辅导	11	成像公式	5	思维方法	4
物理过程	11	椭圆轨道	5	初速度	4
简谐运动	9	加速度	5	细圆环	4
点电荷	7	多普勒效应	5	金属杆	4
压轴题	7	摩擦力	5	匀速直线运动	4
物理模型	6	动能定理	5	物理情景	4
中学生	6	电荷量	5	电流表	4
数学方法	6	应用	4	玻璃砖	4
安培力	6	数学技巧	4	机械能守恒	4
电容器	6	天体运动	4	—	—



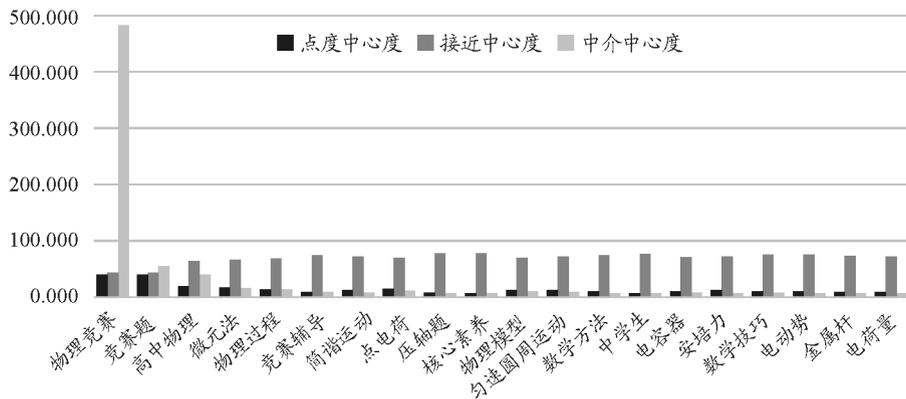


图3 物理竞赛关键词中心度分析

### 2.3 高频关键词的聚类分析和多维尺度分析

基于上述分析,已初步清晰了物理竞赛领域的高频关键词之间的内在关联。继续将 data 数据 3.0 生成的共现矩阵通过 SPSS21 转化得到一个  $41 \times 41$  的相似矩阵(表 2)。再将关键词聚类分析,以获得我国物理竞赛研究的主题领域结构。相似矩阵中的数值越接近 1,表明相似度越大;反之,相似度越小。从表 2 观察它们的相似性大小可以简单地看出,与“物

理竞赛”相关性较高的前三位关键词分别为“竞赛题(0.523)”“高中物理(0.433)”和“竞赛辅导(0.374)”。这表明在物理竞赛中,第一,文献大部分是对竞赛试题的分析,主要包括对解题方法技巧的分析;第二,由于竞赛题的难度高于平时所学的知识,需要一线教师或者竞赛教练等辅导学生运用一题多解、巧解多题、思维拓展等方法解题;另有部分则是对竞赛辅导的心得体会和经验总结。

表 2 物理竞赛高频关键词相似矩阵(部分)

关键词	物理竞赛	竞赛题	高中物理	微元法	物理过程	竞赛辅导	简谐运动	点电荷
物理竞赛	1.000	0.523	0.433	0.282	0.306	0.374	0.100	0.077
竞赛题	0.523	1.000	0.012	0.157	0.002	0.117	0.015	0.058
高中物理	0.433	0.012	1.000	0.192	0.148	0.267	0.130	0.006
微元法	0.282	0.157	0.192	1.000	0.024	0.117	0.134	0.381
物理过程	0.306	0.002	0.148	0.024	1.000	0.444	0.003	0.074
竞赛辅导	0.374	0.117	0.267	0.117	0.444	1.000	0.010	0.175
简谐运动	0.100	0.015	0.130	0.134	0.003	0.010	1.000	0.409
点电荷	0.077	0.058	0.006	0.381	0.074	0.175	0.409	1.000

为进一步体现物理竞赛领域的研究热点,采用 SPSS21 对关键词相似矩阵进行聚类分析,根据聚类

分析的原理,得出物理竞赛研究的高频关键词分为三大研究类图,具体分布如表 3 所示。

表 3 物理竞赛高频关键词聚类结果

种类 1	物理竞赛、竞赛题、物理解题、动能定理、物理情景、竖直方向、机械能守恒、思维方法、数学方法、椭圆轨道、玻璃砖、电动势、电流表、数学技巧、多普勒效应、天体运动、加速度
种类 2	试题分析、核心素养、中学生、成像公式、电荷量、金属杆、电容器、初速度、安培力、压轴题、摩擦力
种类 3	竞赛辅导、高中物理、物理学科、简谐运动、点电荷、匀速圆周运动、微元法、匀速直线运动、物理模型、应用、细圆环、物理过程

从表3中可以看出:对利用数学方法与技巧对竞赛解题的分析是当前物理竞赛研究领域的最大热点(种类1),为进一步确定研究领域中热点所在的具体位置,需采用SPSS21对表2的相似矩阵转化为相异矩阵进行多维尺度分析,加之聚类分类结果得

出物理竞赛的热点知识图谱,结果如图4所示.根据战略坐标原理<sup>[6]</sup>,圆圈为高频关键词在图中所处的位置,距离越近,表明关系越紧密;反之,关系越疏远.

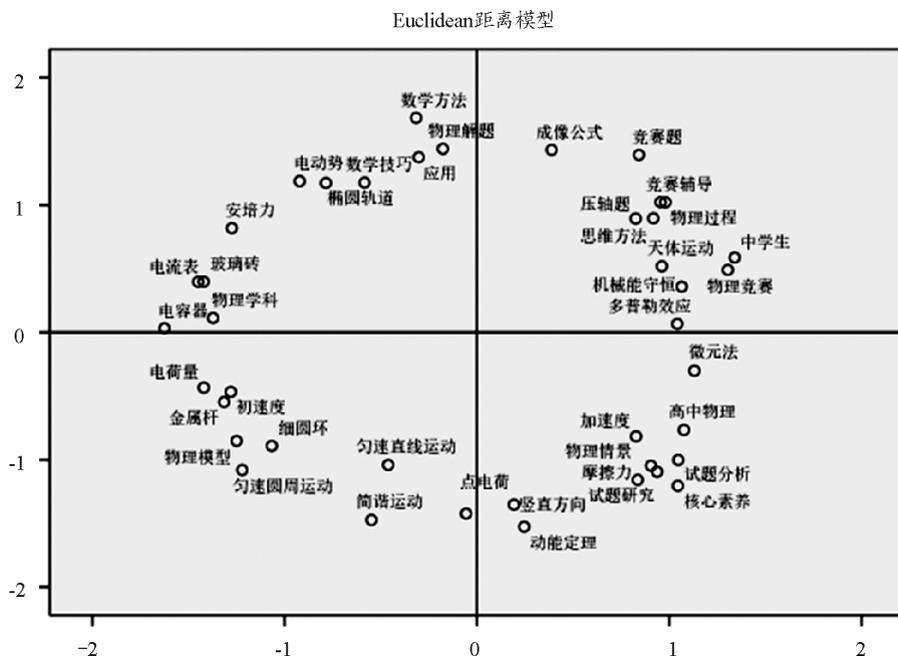


图4 物理竞赛研究热点知识图谱

种类1为竞赛试题研究领域,主要分布于第一、第二象限,说明其为整个研究领域的热点与中心,涉及物理竞赛、竞赛题、解题技巧等关键词.从研究内容看,多集中于知识、题型、能力、试题情境、解答思路等方面.如对地面上失去万有引力后物体的运动情况作出了进一步的深度分析<sup>[7]</sup>;一题两种解答的结果探讨得出往复运动物体机械能守恒的条件<sup>[8]</sup>;对库仑扭秤实验在试题中的出题存在商榷之处的探讨<sup>[9]</sup>;少部分竞赛试题答案存在错解的矫正分析<sup>[10]</sup>.笔者在阅读文献时发现,也有涉及竞赛试题与物理高考内容的比较研究<sup>[11,12]</sup>,主要是高考试题以竞赛题为缩影进行改编,体现了竞赛题对高考具有一定的备考导向作用.从解题方法看,主要体现为数学方法与技巧在竞赛题中的运用,如图像法、微元法、综合法在电磁学中的运用<sup>[13]</sup>;运用数学方法中的微积分、几何相关知识、复数等巧解试题求解竞赛题<sup>[14]</sup>,表明了数学思维在物理竞赛中的重要性.研

究表明,物理竞赛试题中的STSE的占比很高,关注基本知识和基本技能的训练,密切联系科技前沿发展,着重考查推理论证能力、逻辑思维能力和创新能力<sup>[15]</sup>.对竞赛试题进行研究,能让教师清楚物理竞赛试题的特点、提升中学生学习物理的兴趣以及心理品质的发展,从而不断完善物理竞赛教育.可见,竞赛试题在整个物理竞赛研究中具有关键作用,是未来研究需要持续关注的内容.

种类2为核心素养与竞赛试题分析领域,涉及核心素养、试题分析、中学生等关键词,主要分布于第三、第四象限,处于网络研究领域的边缘区域,但同时也是未来需要关注的热点方向,具有进一步的发展空间.从文献量来看,在中国知网以“物理竞赛”和“核心素养”为主题搜索,共有13篇,其中就有12篇发表于2019年和2020年,说明此领域为新兴领域,研究还处于起始阶段.研究内容主要为以核心素养为背景的竞赛试题分析与物理竞赛教学,如基于

数理核心素养对2014—2018年的预赛试题进行分析发现题目均涉及物理观念,同时对竞赛题在科学思维、科学探究、科学态度与责任等方面也作了相关分析<sup>[16]</sup>.如在核心素养启示下进一步促进物理竞赛的教与学,提升学生的物理素养,加强培养学生的综合运用能力、探索与质疑精神,更全面地了解物理学体系<sup>[17]</sup>.因国内学者对核心素养的研究主要是在基础教育改革方面,在结合物理竞赛方面的研究还尚浅,但近年来竞赛试题逐渐加入对核心素养的考查,不仅针对物理核心素养,同时对数学核心素养也提出了较高要求.物理竞赛注重人才选拔,为适应新时代发展需求,物理竞赛以核心素养为依托更能为国家培养所需人才.可见,未来基于核心素养的物理竞赛研究会日趋增多,此领域的研究可能会成为热门方向.

种类3为竞赛辅导教学领域,主要分布于第三象限,涉及竞赛辅导、高中物理、物理学科等关键词.此领域主要探讨竞赛辅导教学、培养物理竞赛选手以及经验体会.从文献量看,在中国知网中以“物理竞赛辅导”为主题在“2000—2005”“2006—2010”“2011—2015”“2016—2020”年份间进行检索,分别得到9,6,25,22篇文献,这说明研究者在物理竞赛辅导方面的关注度在不断提高,这也从侧面说明此领域还有很大的潜在发展空间.在研究内容上,主要为从理论和实践层面来提升学生的综合能力,由于物理竞赛的内容包括较多高中物理之外的知识,教师需要突破传统教学模式,积极开展启发式、探究式、个性化教学等方式,如针对不同档次的学生依据需要层次理论对学生进行启发式教育,从而激发学生的自主探索意识<sup>[18]</sup>.在研究方向上,随着素质教育、核心素养、全人教育的倡导,学者们不再囿于培养竞赛选手,而是转向对学生科学态度、思维能力和心理健康的培养,为国家积蓄创新人才做准备,研究的深度、广度在不断拓展.辅导教学不仅仅是针对学生的竞赛成绩,更要依据学生的不同学习程度和发展情况制定个性化教学,达到科学育人的目标.教师在竞赛辅导中处于主导作用,应根据每

个学生的不同心理特征进行分层教学和设计个性化学习任务单,协助学生在最近发展区内取得优异成绩.

### 3 结论与启示

#### 3.1 研究主题分析

当前我国物理竞赛研究分为竞赛试题研究领域、核心素养与竞赛试题分析领域和竞赛辅导教学领域.其中竞赛解题研究为核心领域,核心素养与竞赛题分析为新兴发展领域,竞赛辅导教学属于潜在发展领域.我国物理竞赛研究已不再局限于物理竞赛本身,而同时延伸到核心素养、教育教学等其他领域的研究,拓宽了物理竞赛的研究深广度.

#### 3.2 研究趋势分析

竞赛试题研究领域,在研究内容上,基本上是对某一个题或某类题型的具体解题之中,深入细致地分析解题过程与步骤,并且解题多关注于力学和电磁学方面,在热学、光学、近代物理3类涉及较少.仅有少许硕士论文涉及对预赛或决赛试题的力学、电磁学、光学、热学、近代物理进行整体分析<sup>[16,19]</sup>.在解题方法上,主要运用数学方法与技巧,如微积分和几何相关知识,且多为定性研究,缺乏可靠的理论基础和数据支撑.对此,研究者未来可开展对整套试题如预赛、复赛、决赛等方面进行更为全面的研究,同时加强对光学、热学、近代物理3方面的分析,使得物理竞赛研究板块更为全面.方法上可采用定量研究与定性研究相结合、注意多样化以及科学化等方式深化分析研究内容<sup>[20]</sup>.

核心素养与竞赛题分析领域,已有文献对竞赛试题与核心素养的分析研究还处于起步阶段,仅有少许文献谈及核心素养对物理竞赛教学的启示与价值.物理竞赛试题类型中STSE占比最多,说明试卷命题注重与科技、社会、环境的联系,近年来也愈发凸显物理学科核心素养导向的特点.相信随着核心素养教育的实践愈加成熟,广大物理教育研究者可关注核心素养视角下物理竞赛的研究方向,进一步凸显物理竞赛的育人价值功能.聚焦核心素养是达

到培养全面发展的人的基本要求,以此在丰富物理教育研究的实践中推动物理竞赛和物理教学不断向前发展.

竞赛辅导教学领域,加强物理竞赛辅导,提升物理教育质量.竞赛辅导的目的在于促进学生的全面发展,需要从着重对竞赛选手的培养到更关注学生在创新能力、科学素养和思维品质等方面的提升,促进竞赛研究从科学的角度对创新人才进行培养与选拔.可以预期随着课程改革和素质教育等的成熟研究,竞赛辅导与其结合研究将会成为热门趋势,进而不断提升物理教学质量.此外,随着信息技术的迅速发展,“互联网+教育”已如火如荼地开展,仿真模拟技术与物理教学的整合能够实现学生学习方式的转变,同时在评估学生科学素养等方面有便利之处<sup>[21]</sup>,与竞赛辅导教学结合势必会加速物理竞赛发展,在物理竞赛中的应用与研究也将会占有一席之地.

综上,物理竞赛在促进物理教育发展、提高教师专业水平和满足社会对高端拔尖人才需求等方面具有十分重要的地位.本文通过对当前国内物理竞赛研究热点的可视化分析,旨在为未来物理竞赛研究提供数据支撑和研究方向参考.

### 参 考 文 献

- 1 中共中央国务院.国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)[Z].2010-07-29
- 2 中华人民共和国教育部.教育部办公厅关于在部分高校开展基础学科招生改革试点的工作意见[EB/OL].  
[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A15/moe\\_776/s3258/202001/t20200115\\_415589.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A15/moe_776/s3258/202001/t20200115_415589.html),2020-01-14/2020-01-15
- 3 叶剑强,毕华林.我国科学教育研究热点、现状与启示——基于2370篇硕士博士学位论文的知识图谱分析[J].课程·教材·教法,2017,37(11):74~80
- 4 叶沿林.全国中学生物理竞赛与国际奥林匹克物理竞赛[J].物理,2012(8):519~523
- 5 Lee,W.H.How to identify emerging research fields using scientometrics:An example in the field of Information Security. Scientometrics,2008,76(3):503~525
- 6 Law,J.,Bauin,S.,Courtia,I.J.P.,et al. Policy and the Mapping of Scientific Change:A Co-Word Analysis of Research into Environmental Acidification [J]. Scientometrics,1988,14(3):251~264
- 7 张适.对一道物理竞赛题的深度分析[J].湖南中学物理,2015,30(10):83~85
- 8 郑金.对一道物理竞赛题的两种互异解答的探讨[J].物理通报,2015(7):109~112
- 9 吴健,倪红飞.关于库仑扭秤实验的讨论——第35届全国中学生物理竞赛预赛第3题引发的思考[J].物理教师,2020,41(9):95~97
- 10 田雁,陈浩然,乐永康.对1道物理竞赛题的商榷[J].物理实验,2018,38(12):27~30
- 11 王俊,黄致新,孔鹏珂.物理竞赛与高考相似试题的研究[J].物理教学,2016,38(2):64~67
- 12 潘蓓蓓.物理高考与竞赛试题比较研究(2003—2007)[D].北京:北京师范大学,2008
- 13 刘宇晗.高中物理竞赛中电磁学的解题方法分析[J].科技风,2016(24):162,177
- 14 涂庭乾.试论数学方法在高中物理竞赛解题中的应用[J].科技经济导刊,2018,26(30):157~158
- 15 唐路.全国中学生物理竞赛试题研究[D].长沙:湖南师范大学,2020
- 16 凌国亮.基于数理核心素养的全国中学生物理竞赛预赛试题分析研究[D].武汉:华中师范大学,2019
- 17 陈璋,刁品全.核心素养启示下物理竞赛习题教与学的思考[J].物理通报,2019(S1):52~55
- 18 江华.高中物理竞赛辅导中分层教学的实践与探究[J].科学教育,2012,18(5):40~42
- 19 龚泉.基于SOLO分类理论的全国中学生物理竞赛复赛理论试题研究[D].武汉:华中师范大学,2020
- 20 邵雪艳,陆建隆.近10年中学生物理竞赛研究的量化分析与启示[J].物理教师,2018,39(9):89~94
- 21 项华.仿真模拟技术在物理竞赛中的应用与研究——信息技术与物理教学整合的新尝试[J].高中数理化,2009(7):26~28