



调研报告

美国物理教育研究方法^{*}

吴维宁

(湖北大学物理与电子科学学院 湖北 武汉 430062)

(收稿日期:2016-05-12)

摘要:在对美国近10年来的近百篇英文文献的内容分析时发现,美国的物理教育研究方法以实证为主,实证方法中又以量化方法为主.其实证方法又分为基本方法和复合方法.基本方法包括一般评测、工具评测、深度访谈、内容分析和出声思考.复合方法则包括教改实验、工具开发和个案研究.美国的经验告诉我们,我们应当加强职前和在职教师的方法教育与培训,改进完善现行的教师教研制度势在必行.

关键词:美国 物理教育 研究方法 职前教育 在职培训 教研制度

在美国,现代意义上的物理教育研究(PER),虽历史不长,但发展很快.自从20世纪80年代初,《美国物理学杂志》(AJP)发表首篇PER文章^[1]以来,PER的研究领域不断拓展,方法体系不断完善.由此,PER在美国学术界的影响力不断提升,对于教学实践的指导作用也不断增强^[2].美国当今的PER已具备相当的规模和水准.他们有专业的研究团队、专门的学术会议、雄厚的基金支持、丰硕的研究成果和实用的教师培训体系^[3].本文采用内容分析的方法,探讨美国物理教育研究的方法体系,重点研究其实证方法.

1 美国物理教育研究的方法体系

《美国物理学杂志》(AJP)是美国PER文章发表得最早也是最多的学术刊物^[3].为了厘清美国物理教育研究的方法构成,笔者随机抽取了从2001年至2009年近10年来,发表在AJP上的90篇英文PER文章,在对这些文章进行逐一研读以后,笔者发现美国物理教育研究方法体系的一个基本构成,现用框图(图1)表征如下.

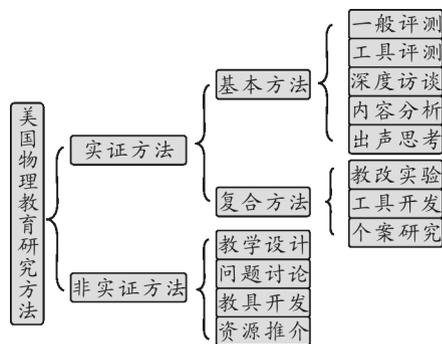


图1 美国物理教育研究方法分类图

从图1我们可以看到,美国物理教育研究方法以研究取向来划分,可以分为实证与非实证方法^①.实证方法再根据组成的复杂程度来划分,又可分为基本方法和复合方法.基本方法包括一般评测、工具评测、深度访谈、内容分析和出声思考.复合方法也是实证研究的方法,但是它们通常由两种或者两种以上的的基本方法构成.比如:教改实验的方法,它本身是一种实证方法,但它通常又可能包括一般评测的方法、深度访谈的方法,甚至可能包括内容分析的方法.工具开发是指评测工具的开发,包括物理学基本概念的评测工具,如FCI,MBT,CSEM,BEMA等等,都是针对学生基本物理概念测试而设计,并被广

^{*} 湖北省高等学校教学研究项目“师范生教育研究方法训练的理论探索与综合改革实践研究”的阶段性成果,项目编号:20152111

作者简介:吴维宁(1963-),男,博士,副教授,美国纽约州立大学访问学者,主要研究物理课程与教学论、教育测量与评价.

^① 实证方法是指采用规范的方法收集数据并分析整理数据,最终得出研究结论的教育研究方法.它既可以是量的方法,也可以是质的方法,还可以是两种方法的组合.

泛采用的标准化的评测工具. 评测工具还包括一些用于评测师生科学本质观的标准化问卷, 如 NOSS, SAI, VNOS 等等. 个案研究也是一种实证方法, 但它通常也包括多种基本方法, 如访谈方法和内容分析的方法等等. 非实证的方法包括教学设计、问题讨论、教具开发和资源推介. 教学设计主要探讨一节课该如何讲; 问题讨论是指针对物理教学中的具体内容, 发表作者的感悟与体会, 包括具体的推演过程; 教具开发是指针对具体的教学内容开发多媒体课件; 资源推介就是介绍物理教学中各个教学环节可能会用到的教学资源, 尤其是网络资源. 本文对此不作详细讨论. 以下重点讨论实证方法中的基本方法. 图 2 是依据上述 90 篇文献, 对美国物理教育研究基本实证方法的分类统计结果.

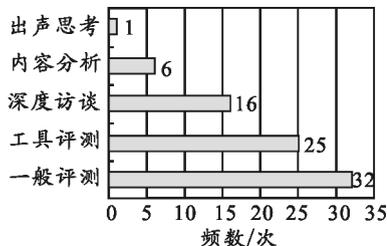


图 2 美国物理教育研究基本实证方法运用频数统计图

注: 图 2 中的“频数”意指某种实证的基本方法在上述 90 篇论文中出现的次数. 由于每一篇论文用到的方法可能不止一种, 而作者也可能只用到非实证方法, 或者实证方法中的复合方法, 所以上图中各种基本方法的频数总和是 80 而非 90

从图 2 中我们可以看到, 一般评测的方法占基本方法使用总数的四成, 工具评测的方法占到三成, 访谈的方法占到两成, 而内容分析和出声思考合起来占到一成. 所以在本人研究的样本中, 实证方法占七成, 是研究方法的主流, 而量化方法(一般评测 + 工具评测)则占基本实证方法的七成, 又是实证方法的主, 从中我们可以看出美国 PER 研究方法构成的基本特点.

2 美国物理教育研究的实证方法

从以上分析中不难得出结论: 实证是美国 PER 的主流方法. 笔者也对国内相关物理教育类期刊上发表的文章作过初步的统计分析, 发现实证文章数量极少, 占比则基本上可以忽略不计. 所以我们需要加强实证方法的学习和研究. 以下主要分析美国

PER 的实证方法, 重点研究其基本方法.

一般评测, 是指采用一般统计测量方法所实施的评测. 在美国物理教育研究文献中, 使用最多. 一般评测的具体方法有: 频数分析、相关分析、回归分析、因子分析、方差分析、T 检验等, 也有少数研究者在开发评测工具时, 采用结构方程模型、拉西模型等现代统计测量方法. 比如美国爱荷华州立大学的一项研究就是采用相关分析的方法来实施的^[4]. 他们研究的问题是: 学生的数学基础与他们的物理概念学习增益^①之间是否存在相关? 通过相关分析他们发现, 两者之间没有显著的相关关系. 而之前的大量研究都表明: 数学基础与物理学习成绩之间存在显著的正相关. 所以他们得到的结论是: 虽然学生的数学基础对他们的综合物理成绩有影响, 但对于他们学习物理概念却没有太大影响. 因为在美国, 有许多非理科学学生选修的、不需要用到数学的概念性的物理课程. 爱荷华州立大学的这项研究无疑为上述课程的开设提供了合理性的依据.

工具评测, 就是采用标准化的评测工具所实施的评测. 在美国, 标准化的评测工具非常多. 在物理教育领域, 这些评测工具几乎涵盖了物理教学的各个领域, 比如力学、运动学、电磁学、热学、能量与动量等领域都有一个或者一个以上的标准化评测工具; 还有一些专门用于评测学生相关技能的工具, 比如有评测学生对于图像的理解和运用能力的工具, 评测学生对于矢量的理解和运用能力的工具, 评测学生科学推理能力的工具等等. 除此之外, 还有用于评测学生情感态度一类的工具, 如评测学生对于物理教学的期待与学习方式的工具, 评测学生对于科学本质认识的工具等等. 美国洛约拉马利蒙特大学所实施的一项研究^[5], 就使用了两种标准化评测工具 FCI 和 Lawson Test. 前者是测量学生力学概念的评测工具, 后者是测量学生科学推理能力的评测工具. 他们的研究发现, 学生的概念增益与他们的

① “学习增益”是教学效果的评测指标, 在美国的 PER 文献中很常见. 学习增益的一般定义是: $g = \text{后测分数} - \text{前测分数}$. 而标准化的学习增益的定义是: $\langle g \rangle = (\text{后测分数} - \text{前测分数}) / (\text{测验满分} - \text{前测分数})$. 学习增益的测量工具通常是标准化的评测工具如 FCI 等.

FCI前测分数显著相关;而概念增益与他们的推理能力更是高度显著相关.在此基础上,他们提出了科学评测教学方法有效性的相关建议.

深度访谈,就是采用面谈的方式,深入了解受访对象相关态度或具体思维过程的研究方法.根据对象的数量来划分,访谈一般可以分为集体访谈与个别访谈两种.在物理教育研究中多采用个别访谈的方式.根据访谈结构程度来划分,访谈又可以分为结构式访谈、半结构式访谈以及开放式访谈3种.采用哪种访谈方式要根据具体情况来确定.如果对访谈的问题知之甚少,或者想要做某项研究的预研究,可以先在较小的范围内采用开放式的访谈方式进行访谈,待研究者对所研究的问题知道得更多的时候,再采用结构式的访谈.结构式的访谈一般需要有一个访谈提纲,其中的问题基本上是封闭性的.而半结构式的访谈提纲中的问题则基本是半开放性的.用封闭性的问题所收集到的数据便于量化分析,而半封闭性的问题则利于收集更多的质性数据.比如美国马里兰大学的一项研究就大量地采用了访谈方法^[6].他们研究的问题是:学生的学习观对于他们的学习有何影响?采用的是包括访谈在内的复合方法;个案研究.他们的研究对象是一名选修大学物理的学生.通过对这位学生在课堂上的各种学习行为的录像和访谈结果的分析,他们发现,学生对于知识的看法和学习的看法直接影响到她的学习.由此他们得到的结论是:只有在十分关注学生的知识观和学习观的前提下,课程材料和教学方法才能有效地发挥作用.

内容分析,原本是传播学的一种研究方法,意指对各种材料、记录的内容进行系统的量化描述的研究方法.后来人们对于它的理解泛化了,它被理解为一切将各种材料进行内容剖析从而得出结论的研究方法,它可以是量化的,也可以是质性的.在物理教育研究领域,内容分析的方法通常被用来进行教材分析.如发表在AJP上的一项研究^[7]就采用了内容分析的方法.他们研究的问题是:在将光的粒子模型与波动模型结合起来理解光学现象或者解决光学问题时,学生会遇到什么样的困难?他们对使用的教材进行内容分析,并结合针对研究的问题所编制的

三道光学问题的测试中学生应答文本的分析,得出学生理解困难的几种类型和原因,并在此基础上提出了相关的教学建议.

出声思考,又称为口语报告,它是通过分析研究对象对自己心理活动的口头陈述,收集有关数据资料的一种研究方法.其基本程序是:让被试在完成一道物理习题时,边做边将自己的想法、思路说出来.研究者及时将被试表述出来的内容记录下来,按照一定的程序进行分析,以揭示其思维活动的基本规律.按照时效性来划分,口语报告包括现场及时报告和事后追述报告两种;按照报告的方式来划分,口语报告又可以划分为结构性报告和无结构报告两种.在物理教育研究领域,一般采用现场无结构报告的形式.一项来自美国匹兹堡大学的研究便采用了出声思考的方法^[8].他们选取学习大学物理的学生作为研究样本,主要就静电场中高斯定理的运用中,学生容易出现的困难进行调查.他们采用出声思考的方法,让学生在用高斯定理求电场时,就如何分析电荷分布的对称性,如何选择高斯面,如何表示电通量等问题说出自己的想法.而后结合深度访谈和量化评测,他们发现,在上述3个方面学生普遍存在不同类型和不同程度的困难,最后他们针对上述困难提出了相应的教学建议.

3 经验与启示

美国的成功经验及多年的实践经验告诉我们,我国的教育研究方法教育必须从职前教师抓起,同时强化在职教师的方法培训,并改革现有的教师教研制度.具体来说,要做好以下几件事.

3.1 要统筹规划职前教师的方法教育

在我国的高等师范院校,或者设有师范专业的综合性大学中,学生的方法训练有3个可能的时机:一是由各学科性学院开设的选修课《学科教育研究方法》,共32学时,2个学分.主要介绍与学科有关的研究方法.二是在学生参加教育实习时,要求他们在实习学校做一个教育调查.三是在学生撰写毕业论文时,可能得到系统的方法训练.但据笔者10多年来的观察和了解,三个环节互不相干,各自独立.选修课的主讲教师一般不会关心学生实习中的教育调

查如何做;实习带队的教师也不会过问学生的毕业论文如何做。另外,实习带队教师和论文指导教师对学生的调查报告和论文的规范与质量要求也各不相同。由此带来的后果,是学生在进入实习学校进行教育调查时,得不到带队教师的具体指导;教育调查与毕业论文在内容上相互脱节……如此种种,使得我们师范生的方法教育效率低下、质量不高。由此笔者认为,在院系层面上,要对实习中的教育调查与毕业论文指导进行统筹规划。尽量保证学生的教育调查内容,将来可用于毕业论文。或者实习带队的教师,也是将来学生的毕业论文指导教师。如果条件不允许,也应尽量让学生采用所学的研究方法实施调查,真正做到学有所获,做有所成。按照上述思路,我们已经启动师范生研究方法训练的综合改革实践研究,并取得了初步成效。

3.2 要加强在职教师的方法培训

2012年学术访美期间,笔者应邀全程观摩了一个教育研究方法培训班的教学活动。该培训班的学员是来自当地中小学的数十名科学教师,培训班的经费全部由美国国家自然科学基金资助,资助范围包括参训教师的路费、午餐费、资料费、器材费,还有主讲教师的课酬等等。授课教师是来自美国大学的、从事科学教育教学和研究的知名教授。培训过程中,既有理论介绍,也有实际操作。培训结束之前,每位参训学员都被要求结合自己的教学实践,向全体培训学员作一场小型的实证研究报告。笔者看到,整个培训过程紧凑而高效。事后组织者介绍说,该培训班的每一期学员都来自不同学区,这样的培训班他们每年都会开办一期。从前笔者一直感觉到很好奇:为什么美国的教师,包括一线的中小学教师的教育研究素养都很高?笔者在此找到了答案。而我国的教师培训中,就教育研究方法的培训而言,总体情况不容乐观。但我们也注意到,我国开始有一些教育类专业学会,在召开学术年会期间,举办一、两天的方法研修班,这是颇具远见的举措。笔者只是希望这样的班办得再多一些、时间再长一些、受益面再大一些。

3.3 要改革现行的教师教研制度

笔者在美国体验过一个地区的中学物理教师的教研活动。该教研活动由地方高校物理系牵头,活动

经费也由美国国家自然科学基金提供。该活动每两周举办一次。内容包括:(1)自我介绍。因为每次参会的人可能有所不同。(2)信息发布。就是与会者自愿发布自己的研究发现,如设计新颖、演示效果良好的小教具;分享新近报道的重大科技新闻;或者分享自认为值得与大家分享的教学体会。(3)教具制作。这个环节他们称之为“make & take”,意思是先动手做,做完了就拿走。组织者无偿提供原始材料和制作图纸,有几个学生助教会为需要帮助的教师提供具体指导,做完后教师们可以将这些成品教具带回去。(4)茶歇。相当于场间休息。组织者提供一些免费茶点和饮料。茶歇为需要个别交流的教师提供了方便。(5)专题讲座。这是整个教研活动中具有培训意义的环节。该环节主要是高校教师主讲的PER研究报告。有时也会邀请美国知名大学或者研究机构的专家学者作报告。(6)颁发证书。每次活动结束后,组织者都要给参会者颁发一张包括活动时间、地点和内容的详细说明书,他们称之为“教师专业发展证书”。教师们都很重视这张证书,因为只有拿到足够的证书,他们才可能通过年终考核。经过半年的参与式观察,笔者发现,这样的教研活动内容丰富、注重实效,颇具吸引力。目前我国中学教师的教研活动,多半都由各地教育主管部门下属的教研室主导。由于应试压力的影响,也由于教研室的半行政属性,教研活动大多研究与高考或者中考相适应的教学内容和进度安排,真正意义上的教学研究并不多。在这样的教研活动中,教师的研究潜能得不到激发,研究方法得不到训练。长此以往,教师将全部变成地地道道的教书匠。所以在笔者看来,我国的中学教师教研制度,无论是管理方式还是活动内容,都要改一改了。

参考文献

- 1 Trowbridge,D. & McDermott,L. Investigation of Student Understanding of the Concept of Velocity in One Dimension. *American Journal of Physics*. 1980, 48(12):1 020 ~ 1 028
- 2 Hake,R. . Interactive - engagement Versus Traditional Methods:A Six - thousand - student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*. 1998,66(1):64 ~ 74

(下转第129页)

从而 $\mathbf{F} = 0$.

证明 2: 因为 I, \mathbf{B} 都是常量, 故

$$\mathbf{F} = \oint_L d\mathbf{F} = \oint_L (I d\mathbf{l} \times \mathbf{B}) = I \left(\oint_L d\mathbf{l} \right) \times \mathbf{B} = I \cdot 0 \times \mathbf{B} = 0$$

其中 $\oint_L d\mathbf{l} = 0$ 是由于线圈闭合, 全部线元矢量和为零的缘故.

最后顺便指出, 虽然在匀强磁场中闭合电流线圈所受安培力为零, 但其所受安培力的力矩一般不为零; 另外, 如果将闭合电流线圈置于非匀强磁场中, 它所受的安培力一般也是不等于零的.

参考文献

(上接第 123 页)

- 3 Beichner, R. An Introduction to Physics Education Research. From http://www.compadre.org/per/per_reviews/volume2.cfm#V2I1A2
- 4 Meltzer, D. E. The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible "hidden variable" in diagnostic pretest scores American Journal of Physics, 2002(12):1259
- 5 Coletta, V. P., Philips, J. A. Interpreting FCI scores: Normalized gain, pre - instruction scores, and scientific reasoning ability. American Journal of Physics, 2005(12):1172

- 6 Lising, L., Elby, A. The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. American Journal of Physics, 2005(4):372
- 7 Colin, P., Viennot, L. Using two models in optics: Students' difficulties and suggestions for teaching. American Journal of Physics, 2001(7):36
- 8 Singh, C. Student understanding of symmetry and Gauss's law of electricity. American Journal of Physics, 2006(10):923

Methodology of Physics Education in the US

Wu Weining

(Faculty of Physics and Electronic Sciences, Hubei University, Wuhan, Hubei 430062)

Abstract: Physics Education Research in the US has global impact on both fields of theory and practice, due to the fact that its methodology is scientific and complete. When reviewing nearly 100 articles published in the US journals during recent 10 years, I find by content analysis that the methods of PER in the US are mainly empirical, and among which are mainly quantitative. Empirical methods consist of basic and comprehensive ones. While basic methods include general measurement, instrument measurement, deep interview, content analysis and think aloud, comprehensive methods include instructional innovation experiment, instrument development and case study. The experience of US counterparts tells us that we should enhance pre and in - service teachers' research method education and training and that our current system of teacher's instructional research should be urgently improved and consummated.

Key words: US; PER; Methodology; pre - service education; in - service training; instructional research system