

■ 盛志荣 周 超 著

数学资优教育

Mathematical
Gifted
Education



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

■ 盛志荣 周 超 著

数学资优教育

Mathematical
Gifted
Education



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数学资优教育 / 盛志荣, 周超著. —杭州: 浙江大学出版社, 2012. 4
ISBN 978-7-308-09870-0

I. ①数… II. ①盛… ②周… III. ①数学教学—教学研究 IV. ①01—4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 068686 号

数学资优教育

盛志荣 周超 著

责任编辑 吴伟伟 weiweiwu@zju.edu.cn
文字编辑 徐霞
封面设计 十木米
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排版 浙江时代出版服务有限公司
印刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司
开本 710mm×1000mm 1/16
印张 16.5
字数 254 千
版印次 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978-7-308-09870-0
定价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

序

当本书的两位作者邀请我写序时,我立刻就被这本书的主题吸引住啦,因为这也正是我一直想做的事。

2006年,我受邀参加了在韩国举行的数学资优教育国际论坛,了解到了许多国家在数学资优教育方面的举措和研究。其中,在欧美一些发达国家,资优教育作为特殊教育的一个重要组成部分是受到法律保障的;在我们亚洲的其他国家,数学资优教育也受到了越来越多的重视,韩国的一些大学在教育部的资助下相继成立了资优教育中心,釜山理科高中已经成为科学家的摇篮;甚至在基础教育并不发达的泰国也成立了国家资优教育计划,让那些有天赋但出身贫寒的学生无后顾之忧。在2010年泰国举行的APEC数学教育专题会议期间,我就遇到过一位受到国家资优教育计划惠顾的年轻学者,她在介绍自己的经历时,眼睛里毫不掩饰地闪烁着自豪与自信。

我想,数学资优教育在许多国家受到青睐,至少有以下几个方面的理由:

首先,国家之间的竞争在很大程度上是人才的竞争,而数学不仅是大多数学科的基础,数学的思维方法也是科技人才的必要素养。

其次,数学的基础在不断更新和提升,与100年前相比,人们需要更多的时间,付出更多的努力才能到达数学的研究前沿。

最后,义务教育的普及和大众数学的思想使得更多的学生走进数学学习的行列,从而也在一定程度上降低了中小学数学课程的要求;同时,随着时代的发展,一些新的学科领域成为中小学的教学内容,留给数学的时间也在相应减少。

此外,数学是一门抽象程度很高的学科,学好数学不仅需要良好的环

境、恰当的方法、强烈的动机和不懈的努力,还需要一定的天赋。这种天赋既可以被激发,也可能被淹没。

毫无疑问,上面这些理由在我国同样存在。事实上,从目前我国的实际情况看,我们可以找到更多的理由:当陶哲轩获得知名学府的博士学位的时候,我们的同龄人却在为高考取得高分而努力;我国学生的数学“双基”像花岗岩地基那样豪华、坚实,但上面却只盖了一间茅草房(张奠宙, 2006)^①;中国学生在解决常规数学问题上虽然有较大的优势,但在解决数学探究性问题和开放题方面却不如美国学生^②;经过了二十年的课改,学生的考试成绩虽然普遍提高,但在高层次数学认知能力上的表现却是“风景依旧”(青浦实验“新世纪行动”);等等。

东西方在文化传统上有一个很大的分歧:西方人崇尚的是个人奋斗和标新立异;东方人主张的是“均贫富”的思想,强调“步调一致”。

有一位美国的同行多次来中国访问和研究,对中美两国数学教学的特点都比较了解。有一次,我们问她:“中美两国的数学教学的最大差异是什么?”她打了一个比方:学游泳。

她说,美国人教孩子游泳,很简单,把他们丢到大海里去,让他们自己挣扎,大多数人挣扎不上来,沉下去,被淹死了(这里她强调说:这只是比方),只有少数人通过自己的努力,爬上了甲板,不仅学会了游泳,而且充分显示了自己的能力。她说,这些人以后了不得,他们将是社会的精英。

至于你们中国,她说,孩子们会在大人的指导下,在游泳池里按部就班地学游泳,所有人都是可以学会游泳,不会有危险,但那些本来可以通过自己努力学好游泳的孩子,你们没有给他们机会,你们也不知道,谁真的有这样的能力。淹没他们的不是大海,而是社会。

我觉得,她的这个比方很贴切。我们常常说,不能让95%的学生陪5%的学生读书,但我们也不能让那5%的学生成为牺牲品。正因为这样,我们既需要大众教育,也需要资优教育。

至于如何实施数学资优教育,国外有许多经验,本书也作了比较详细的介绍,但我们更需要的是自己的研究。在西方,资优教育已经成为数学

① 张奠宙:《中国数学双基教学》,上海教育出版社2006年版。

② 详细内容可以参看蔡金法博士的系列研究。

教育的一个重要的研究方向,有一大批人在从事这方面的研究。相比之下,我们还处于起步阶段。

我相信,这本书可以起到一个抛砖引玉的作用。

鲍建生

2012 年元月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 什么是数学资优教育	(1)
1.2 为什么要研究数学资优教育	(2)
1.2.1 尖端人才对国家竞争力的重要意义	(2)
1.2.2 大众数学对数学资优生的影响	(2)
1.2.3 我国学生在高层次数学认知水平上的表现有待 提高	(3)
1.2.4 中国学生擅长解常规数学题,但在创新能力上有 所欠缺	(4)
1.3 数学资优教育的研究课题与方法	(5)
1.3.1 数学资优生的界定、特征与评估	(5)
1.3.2 影响资优生发展的主要因素	(6)
1.3.3 有关低成就资优生的研究	(6)
1.3.4 资优教育的模式探讨	(7)
1.3.5 个案研究	(9)
1.4 与资优教育相关的国际活动	(12)
1.4.1 世界资优教育会议	(12)
1.4.2 亚太资优教育会议	(16)
1.4.3 美国资优教育学会的年会	(16)

第2章 数学能力及水平差异	(18)
2.1 关于数学能力的研究	(18)
2.1.1 克鲁切茨基的工作	(20)
2.1.2 关于数学能力的一些观点	(23)
2.2 关于数学认知水平的研究	(30)
2.2.1 认知水平的界定	(31)
2.2.2 数学认知水平的检测	(48)
2.3 关于数学能力差异的研究	(71)
2.3.1 专家—新手研究	(71)
2.3.2 好、中、差三类学生的问题解决能力特征	(73)
第3章 数学资优生的界定与特征	(78)
3.1 界 定	(78)
3.2 特 征	(79)
3.2.1 较强的问题解决和推理能力	(80)
3.2.2 高度的创造力	(80)
3.2.3 批判性思维能力	(82)
3.2.4 完美主义者	(85)
3.2.5 其他特征	(89)
3.2.6 数学资优生的特征	(90)
3.3 资优生特征测验	(91)
3.4 性别差异	(94)
3.5 低成就资优生的相关研究	(100)
3.5.1 低成就资优生的界定	(101)
3.5.2 影响低成就资优生的因素	(105)
3.5.3 低成就资优生的补救措施	(110)
第4章 影响数学资优生的数学成就的主要因素	(113)
4.1 学生自身的数学素养	(113)
4.1.1 知识基础	(113)
4.1.2 解题策略	(116)
4.1.3 元认知	(117)

4.1.4	信念与态度	(122)
4.2	动机与态度	(124)
4.3	课程水平	(129)
4.4	教 师	(134)
4.5	教学方式	(137)
第5章	数学资优教育课程	(141)
5.1	课程理念	(142)
5.1.1	资优教育课程理念	(142)
5.1.2	资优教育课程教学目标	(145)
5.1.3	创造力课程	(146)
5.2	课程开发	(147)
5.2.1	资优教育课程开发	(148)
5.2.2	资优教育课程的开发阶段	(151)
5.3	课程模式	(157)
5.3.1	内容精熟模式	(157)
5.3.2	历程/产品研究模式	(159)
5.3.3	认识论概念模式	(160)
5.4	课程实施	(162)
5.4.1	充 实	(162)
5.4.2	区 分	(163)
5.4.3	加速升级	(165)
第6章	美国的资优教育计划	(171)
6.1	对资优的定义	(173)
6.2	对资优生的鉴定及评估	(175)
6.3	资优儿童的教育方法——差异课程	(178)
6.3.1	加速制	(178)
6.3.2	充实制	(179)
6.3.3	普通班级中的差异课程	(180)
6.3.4	课堂外的课程分化	(181)
第7章	其他发达国家的资优教育计划	(182)
7.1	英 国	(182)

4 数学资优教育

7.1.1	立 法	(183)
7.1.2	具体的规定	(183)
7.1.3	教师培训	(184)
7.2	德 国	(185)
7.2.1	立 法	(185)
7.2.2	具体的规定	(185)
7.2.3	教师培训	(186)
7.2.4	仍需改进的方面	(186)
7.3	法 国	(187)
7.3.1	立 法	(187)
7.3.2	具体的规定	(188)
7.3.3	教师培训	(189)
7.3.4	仍需改进的方面	(190)
7.4	荷 兰	(191)
7.4.1	立 法	(191)
7.4.2	具体的规定	(191)
7.4.3	教师培训	(192)
7.5	匈牙利	(193)
7.5.1	匈牙利资优生教育的发展过程	(193)
7.5.2	匈牙利资优生教育的具体规定	(195)
第 8 章	亚洲各国和地区的数学资优教育	(196)
8.1	韩国数学资优教育的三种基本模式	(197)
8.1.1	科学高中	(197)
8.1.2	釜山科学英才学校	(198)
8.1.3	基于大学的英才教育中心	(200)
8.2	日本的资优教育计划	(203)
8.3	香港地区资优教育的发展	(204)
8.4	台湾地区的资优教育	(207)
8.4.1	资优教育理念	(208)
8.4.2	资优教育目标	(208)
8.4.3	资优教育方案	(208)

8.4.4	资优生的鉴定	(209)
8.4.5	资优生的安置与课程	(209)
8.4.6	资优师资	(210)
8.4.7	其他相关措施	(210)
第9章	我国在资优教育方面的研究	(213)
9.1	我国资优教育发展特点	(213)
9.1.1	学术组织更加正规	(214)
9.1.2	涉及面更加广泛	(214)
9.1.3	注重心理学基础研究	(215)
9.2	结 语	(217)
附 录		(219)
附录1	香港校本课程试验计划简介	(219)
附录2	香港校本课程架构	(221)
参考文献		(223)
后 记		(250)

第1章 绪论

1.1 什么是数学资优教育

由于受到“为大众的数学(Mathematics for All)”口号的影响,各国的数学新课程都在一定程度上降低了对数学内容方面的要求,这使得许多数学家颇为担心:那些有特别数学天赋的学生怎么办?由此,数学教育资优教育便成为一个重要的研究课题。

那么,什么是数学资优教育呢?

要解释数学资优教育,首先要界定数学资优生。以1978年美国国会修正美国联邦教育署(U. S. Office of Education)1972年的界定:所谓的资优和特殊才能者(gifted and talented children)是指学前、小学、中学阶段被鉴定在智能、创造力、特殊才能、领导能力或表演与视觉艺术上,具有潜能或是展现出卓越表现能力的儿童和青少年,他们因而需要由学校提供非传统的服务和活动(Ysseldyke & Algozzine, 1995)。另外,Renzulli试图采用较弹性的观点来界定资优者,他的资优三环定义(three ring definition of giftedness)被广泛引用。Renzulli认为所谓的资优者应是三种特质的交集:中等以上的能力(above average ability)、创造力(creativity)和工作的专注性(task commitment)(Renzulli & Reis, 1985)。台湾资优教育的专家蔡典漠

(1986)经综合分析相关资料后,为资赋优异作了如下的界定:资赋优异至少包含了人类三项特质,这三项特质分别是高于平均水平以上的能力、高的创造力和强的毅力。这三项特质产生交互作用时,个体即倾向于表现资赋优异的行为。近年来,“资优”的含义变得更为丰富。

由此,我们可以说,为数学资优生提供的特殊的教育计划就称为数学资优教育。

1.2 为什么要研究数学资优教育

之所以要研究数学资优教育,主要基于以下几个方面的考虑。

1.2.1 尖端人才对国家竞争力的重要意义

一个国家的竞争力在很大程度上取决于尖端人才,数学作为科学技术的基础学科,在尖端人才的培养上担负着重要的使命。正因为如此,像TIMSS、PISA等大型国际数学与科学成就比较研究中,都把5%的顶尖学生作为核心样本之一。世界各国也都纷纷推出了数学资优教育的政策法规、研究计划与培训机构,如美国的资优教育法案、俄罗斯的理科学学校、英国的公学、韩国的英才学校和大学资优教育中心。

1.2.2 大众数学对数学资优生的影响

普通教育数学课程(特别是义务教育阶段)反映的是“大众数学”的思想,较少考虑数学资优生的需求。随着义务教育普及程度的不断提高,各国的中小学数学课程的学业要求普遍有所下降,因此,让数学家们感到担忧的是:那些有数学天赋的学生怎么办?一些围绕数学新课程的争论(如美国的“数学论战”)皆因此而起。

克鲁切茨基通过对26位数学高禀赋儿童的跟踪研究发现,数学才能往往是早期就形成的(克鲁切茨基,1984)。许多其他研究也都表明,数学资优生在很小(甚至在幼儿时期)就显示出较高的才能,如2006年获菲尔兹奖的陶哲轩,9岁被香港浸会大学录取的沈诗钧。但如果没有引起足够的重视,这些才能也可能会逐渐消失。

各国都普遍存在资优生被忽视而导致低成就的现象。据 Seeley(1993)估计,全美约有 15%~40%的资优生面临课业失败或低成就的危机;Lupart 和 Pyryt(1996)通过对加拿大 19 所市区中小学的第四、七及十年级的学生的调查发现,属于资优低成就的学生占 21%;美国卓越教育委员会的报告也指出,约有 50%的资优生其表现的成就不符合其能力水平(Diaz, 1998);而许多低成就的资优生都被作为问题学生(Rimm, 1995)。在我国,虽然“高分低能”的现象已经得到了普遍的重视,但“资优低成就”的可能性却较少被人关注。

我国目前培养资优生的途径主要是重点中学、理科班、少科班和各类数学竞赛培训。但重点中学由于受到课程、学制、教学与评价方式等因素的限制,难以起到“特殊教育”的效果,而理科班、少科班和各类数学竞赛培训则由于种种原因受到了许多非议,其教学宗旨也与资优教育的精神相去甚远。

与国外相比,我国目前在数学资优教育方面的研究也相对不足。一些基本的问题,如我国数学资优生的能力特征、生存状况,数学教师对资优教育的认识与态度等都不甚清楚。

1.2.3 我国学生在高层次数学认知水平上的表现有待提高

1990 年 4 月,青浦实验小组曾进行了针对八年级 3200 名学生的数学教学目标大样本测量。该次测量主要依据布卢姆的分类体系,考虑到国内数学教学对于“知识”和“计算”有所区分,因此没有用威尔逊的“计算”包含“知识”,而是加入威尔逊的“计算”让两者并列编制了测试量表,分为“知识”、“计算”、“领会”、“应用”、“分析”、“综合”、“评价”七个分测验,共 50 个测试项目、106 个考察点,代数内容占 56%、几何内容占 44%(青浦县数学教改实验小组,1991)。

2007 年 4 月,青浦实验“新世纪行动”研究小组再次对八年级的 4349 名学生进行了认知水平的大样本测量,测量后的数据采取了和 1990 年相同的因素分析法,以析取教学目标的主成分。

上述两度测试的相关数据分析表明,尽管 2007 年测试的总体难度有很大提高,多数分测试成绩与总分还是有了较大幅度的提高,总平均得分率从 45.27%提升到 58.83%,课堂教学的实效有了显著提高。但 17 年来,总

分的提高主要得益于计算与概念等记忆层面的水准的大幅度提升,然而探究性理解水平,风景依旧,特别是在分析、解决问题的能力方面竟然有所下降。

数学历来被看做是一门可以帮助人们思考的学科,数学认知被公认为是现代公民的核心素养之一。青浦实验“新世纪行动”横跨 17 年的比较结果给我们的数学教育敲响了警钟。如何在保持数学双基优势的基础上,提高我国学生在分析和探究水平上的数学认知能力,将成为数学课程改革的一个重要方向。

1.2.4 中国学生擅长解常规数学题,但在创新能力上有所欠缺

青浦实验“新世纪行动”的上述结果实际上已经在一些东西方国际比较研究中露出端倪。虽然东亚学生在 TIMSS、PISA 等大规模国际比较研究中表现卓越,但分析这些比较研究所采用的测试题可以看到,基本上属于较低的数学认知水平。同时,有许多研究却表明,中国学生在解决常规数学问题上虽然有较大的优势,但在解决数学探究性问题和开放题方面却不如美国学生(Brenner, Herman, Ho & Zimmer, 1999; Cai, 1995, 1997, 1998, 2000; Cai & Silver, 1995; Geary, Bow-Thomas, Fan & Siegler, 1993; Gu, 1997; Miller & Stigler, 1987; Miura, et al., 1988; Stevenson, Lee, Chen & Lummis, 1990; Stigler & Perry, 1988; Wang & Lin, 2005)。

美国哈佛大学教授、美国国家科学院院士丘成桐教授认为,中国的数理化基础教育并不见得比美国好,“美国好的中学,数理化教育比中国要好得多,因为美国的中学更注重培养学生的思考能力”。他表示,“美国学生虽然也考试,但考试不是他们主要的目标,而中国的中学现在基本上还是以考试为目标的”。丘成桐认为,导致这种现象的原因,“就是在中国考试考得太过分了,结果学生只学要考的部分,不考的东西就不学”(广州日报, 2008 年 7 月 10 日)。

应试教育所带来的一个普遍现象就是“套路练习”与“题海战术”。我国一些老一代数学教育工作者对此痛心疾首。如上海著名的特级教师陈振宣(1996)曾著文指出:“20 世纪 70 年代末高考竞争开始激烈,高考命题的难度逐渐上升,‘题海战术’愈演愈烈。数学教育一方面对‘题海战术’造

成学生高分低能深恶痛绝,另一方面为了应付考试又不得不大搞‘题海战术’,坊间习题集、测验卷铺天盖地,学生陷入了做不完的作业之中,教育部门屡禁不止。”

可以说,长期的“套路练习”与“题海战术”在一定程度上正是造成我国学生善于解决常规问题,而创新能力不足的重要原因。要改变这种局面,首先应该提高数学教学的认知水平,特别是在日常的数学教学活动中,大量的渗透涉及高认知水平的问题。

1.3 数学资优教育的研究课题与方法

从目前我们已经掌握的文献看,有关数学资优教育的研究主要集中在以下几个方面。

1.3.1 数学资优生的界定、特征与评估

关于资优生的界定,各国都有一些标准,但不统一。如美国联邦教育署认为,资优生即是指那些由专家鉴定有优异能力而能有杰出表现者,这些学生需要接受不同的教育方案,以实现自我并对社会有所贡献(US Federal Javits Gifted and Talented Students Education Act, 1993)。韩国英才学校的招生依据的不是各学科的成绩,而是在数学和自然科学方面的高潜力、高成就、创造力以及执著精神(Lee, et al., 2003)。自20世纪90年代以来,由于受到加德纳的多元智力说和斯滕伯格的三元智力说与成功智能的概念的影响,对资优生的看法趋于多元化。

关于资优生的特征研究同样是多个角度的。有的强调心理的成熟,如具有超越同龄孩子的数学技能、注意力较持久、早熟的抽象推理等(Robinson, 2004)。有的侧重于学习能力,如学习速度比其他同学快,能更快、更有效地吸收及处理知识,更深入地理解知识,更能处理及联结抽象观念,有特殊的学习兴趣等(Van Tassel-Baska, 1994)。有的则聚焦于超强的学科能力,如克鲁切茨基通过对26位数学高禀赋儿童的跟踪研究,得出了这些学生所具有的一系列学科特征(克鲁切茨基, 1984)。

对资优生的评估与鉴定,目前一般也采用多维框架和多种途径。如美

国的分流方案(Project STREAM)构建了一个“才能鉴定矩阵”(TIM),其中列举出各种各样的能力;韩国的大学资优教育中心(GEC)采用的是“基于数学创造力或高等数学思维能力的评估体系”(Lee, et al., 2003)。对数学资优生来说,最常用的仍然是能力测试(如斯坦福大学 EPGY 资优生数学选拔测试等)。

近年来,关于学生的学科能力的考查主要集中在知识、认知、元认知及情感态度四个方面,其中,对学生的学科认知能力的考查常常被用于资优生的界定与检测。

1.3.2 影响资优生发展的主要因素

研究表明,影响资优生发展的因素是多方面的,其中包括:

(1)课程水平。普通课程会使资优生失去兴趣、降低学习动机,因而影响学习成效。大量研究都表明,导致资优学生低成就的原因之一就是缺乏挑战性的课程(Reis & McCoach, 2000; Rimm, 1997)。

(2)区分教学。由于资优生学习速度快,课堂上的内容很快听懂,甚至没教就都会了,因此需要各种形式的区分教学(Rimm, 1997)。但大多数普通班的教学很少有措施针对高能力学生的需求(Archambault, et al., 1993)。

(3)教师期望。教师有可能因未发掘学生潜能而期望过低,使学生感受到老师认为自己不行,产生“比马龙效应”(Baker, Bridger & Evans, 1998)。

(4)同伴影响(Baker, Bridger & Evans, 1998; Rimm, 1997)。

(5)教学风格。如果教师的教学风格适应学生的学习,就能帮助学生发挥最大的学习效果并提升学生的学习兴趣(Renzulli & Reis, 1997)。资优生的学习风格可能异于普通班的多数学生而与教师的教学风格不兼容(Ker, 2004)。

(6)教学策略。资优生通常需要较少结构性、较少指导、较少的规定和练习,但需要较多机会让他们去寻找或使用自己的策略和结构(Snow, 1989)。

1.3.3 有关低成就资优生的研究

资优低成就问题一直是资优教育研究的重要课题(Green, Fine &