

西方发达国家如何应对科研不端行为

How the Western Developed Countries Cope with the Scientific Research Misconduct and Its Edification for China

孟 伟/MENG Wei

北京师范大学哲学与社会学学院, 北京 100875

College of Philosophy and Sociology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

[摘要] 科研不端现象呈现出严重的发展趋势, 并且成为一个世界各国普遍存在并且共同关注的问题。为此, 西方发达国家制定和修订了涉及科研不端行为界定、认定、预防与制裁等问题的政策和规范, 并且从制度上不断地完善对科研不端行为的约束。这些措施对于我国相对滞后的科学道德建设具有重要的借鉴意义。

[关键词] 科研不端行为; 界定; 认定; 预防; 制裁

[中图分类号] B82- 057

[文献标识码] A

[文章编号] 1000- 7857(2006)08- 0091- 04

Abstract: Scientific research misconduct has presented a serious trend, and it becomes a common and concerned issue in all the countries. Thus, the western countries have made and revised policies and rules for scientific research misconduct, including defining, allegation, prevention and sanction, etc. All the rules and policies will do help to the work of our country.

Key Words: scientific research misconduct; definition; allegation; prevention; sanction

CLC Number: B82- 057

Document Code: A

Article ID: 1000- 7857(2006)08- 0091- 04

近年来, 科学中违反科学研究规范的事例越来越多, 科研不端行为不仅涉及一些著名的科学家, 如韩国的黄禹锡^[1]; 而且有些科研不端行为非常严重, 如美国科学家波尔曼(Eric Poehlman)由于严重数据造假将面临5年监禁和25万美元罚款以及终生不得获取联邦科研基金的惩罚^[2]; 不端行为的存在也比较普遍。

美国《华盛顿邮报》进行过一项关于科研不端行为的匿名调查, 这项调查选择了5%的美国科学家作为调查对象。调查结果表明: 15.5%的科学家曾经“迫于科研基金压力而改变研究”; 15.3%的科学家承认“仅凭感觉而省略数据”; 12.5%的科学家承认“对他人使用有问题的资料视而不见”; 10.8%的科学家承认“为了方法和结论的需要而不处理某些细节”; 7.6%的科学家承认“规避保护人类的小规则”; 6.0%的科学家“不展示与之前研究相矛盾的资料”; 1.7%的科学家承认“未经授权引用机密信息”; 1.4%的科学家则是“未经允许和授权利用他人思想”; 1.4%的科学家承认“与学生、研究主体或者客户关系存在问题”(触犯联邦法律的行为); 0.3%的科学家则是“不合理地向相关企业透露信息”; 0.3%的科学家曾

经“忽视保护人类的主要规则”; 0.3%科学家则承认“研究资料造假”(触犯联邦法律的行为)^[3]。在传统的科学研究过程中, 科学研究中的不端行为可以更多地依据科学家个人的信念来避免。但随着现代科学的组织化、规模化、复杂化和社会化程度的加深, 人们普遍意识到, 制度介入、规范制约的作用越来越关键。

近年来, 面对科研不端行为日趋严重的严峻现实, 许多西方发达国家的政府、科研机构等组织相继制定和修订了防范、认定和惩罚不端行为的政策及措施。相比之下, 我国在这方面的规范建设工作则显得落后。中国科学院道德委员会赴欧洲考察后认为, “总体印象是: 欧洲国家在学术道德法制建设方面, 比我国更规范。”^[4]。因此, 我们需要借鉴发达国家的经验, 加强我国在防范、界定、认定以及惩罚科研不端行为方面的制度建设工作。

1 西方发达国家对于规范科研不端行为的机构安排

西方发达国家对于规范科研不端行为设计了一套较为完善的机构安排, 这些机构主要涉及以下3个层面。

1.1 政府机构

政府机构(或相关主导机构)一般负有制定和监督政策(或者规范框架)实施的管理职能。政府机构制定的政策是其他机构制定不端行为规范的依据, 具体机构可以按照自己的特点制定相应的规范。政府机构一般不会涉入不端行为的调查和认定。除非有特殊的情况, 政府机构才会涉入, 开展独立调查。例如, 美国联邦政府政策指出, 如果出现下列情况, 联邦机构就可以进行独立的调查: 具体科研机构的调查违反联邦政策; 调查涉及公共利益、公共健康以及国家安全; 具体科研组织无力开展调查^[5]。

1.2 科研资金资助机构

科研资金机构具有相应的责任和义务。科研资金资助机构作为科研活动的资金支持者, 有权利为接受资助的个人或机构制定相应的规范; 同时, 接受资助的科学家以及科研机构也必须向他们承担相应的义务。资助机构一般可以根据政府制定的规范框架制定特殊的规范, 但是不得与政府规范相抵触。这些规范可以对接受资助的科研机构和个人进行约束。此外, 当不端行为发生后, 资助机构还具有了解情况以

收稿日期: 2006- 04- 05

作者简介: 孟伟, 男, 北京市新街口外大街19号北京师范大学哲社学院博士生, 聊城大学哲学所副教授, 主要研究方向为科学技术哲学、外国哲学; E-mail: matthewmw@163.com

及采取相关措施的权力。

1.3 具体承担科研任务的机构

大多数国家把具体科学研究机构当作是制定、规范、规避、认定以及处理科研不端行为的主体。许多国家对具体科学研究机构甚至科学研究这些概念都做了比较明确的界定。例如,美国联邦政府制定的政策中,对具体科学机构做了如下规定,即任何使用联邦资金的组织,比如学院和大学、校内联邦研究实验室、各种接受资助的研究和发展中心、各类接受资助的实验室等,同时接受资助的独立的个人和小型机构也包括在内。对于科学研究活动做了如下规定,即所有科学及工程、应用和证明性研究,同时也包括经济学、教育学、语言学、医学、心理学、社会科学、统计学以及涉及人类主体或动物的所有研究^[9]。由于具体科研机构的活动特征不同,因此,它们可以根据自己的特点制定相应的科学规范,但是不得与政府政策相抵触。同时,具体科研机构还可以成立相应的部门,提供相应的制度安排。例如,哈佛大学就建立了校长-科研不端行为委员会-不端行为政策办公室的三级构架。

2 西方发达国家对科研不端行为的界定

西方发达国家一般把违背科学研究道德规范的行为称为科研不端行为(scientific research misconduct),也有学者将其称为科研失范或科学越轨。

2.1 以科研活动为中心界定科研不端行为

现代科学活动是一项与社会相关因素密切关联的活动,政治、经济以及军事等因素都会影响科学活动的过程、目的与应用。同时,现代科学活动已经从“无形学院”过渡到“有形学院”阶段,科学研究并不是科学活动的全部,它还包含诸如科研基金申请、科研成果鉴定、科研论文的评审和发表等活动。因此,不端行为可能出现在科学活动的方方面面。但是,科学研究始终是科学活动的中心,因此,对科研不端行为的界定、认定、防范与惩罚,都聚焦于科学研究活动。

2.2 对科研不端行为的界定和分类

从根本上说,科学研究不端行为是一种有悖伦理的行为,要想全面且确定地对其进行界定和分类,是一件非常困难的事情^[9]。但是,尽管如此,鉴于科学研究不端行为客观存在的事实,我们仍然需要制定相应的规范来认定和惩罚这类行为,许多国家也都尽力概括了现实中所发生的这类不端行为,并对其进行了基本的界定和分类。例如,美国联邦政府2000年12月通过科学与技术政策办公室(OSP)发布了科学研究不端行为联邦政策,其中对科学研究不端行为作了如下界定:科研不端行为是指在准备、实施、整理以及发表等科研环节中

出现的造假(fabrication)、篡改(falsification)以及剽窃(plagiarism)行为。其中,造假是针对科研结果的,也就是指科研过程没有问题,但是为了迎合需要,人为导出结果,并且对结果进行记录和报告;篡改是指对研究材料、设备以及研究过程进行人为的掌控,改变或省略某些数据或结果,从而使得研究不能精确地在研究报告中表现出来;剽窃是指没有通过适当的方式占用他人的思想、研究程序、结果以及话语,也包括占用他人未发表的研究计划和手稿内容。

科研不端行为往往延伸到其他领域,比如资金申请、论文发表等方面,不端行为所涉及的人员常常也很广泛。因此,一些国家制定的规范在实际操作时可以延伸效应,从而最大程度地约束这一类不端行为。也有一些国家制定的约束不端行为的规范,则明确界定了涉及这一类行为的专指活动和对象,如德国马普学会(Max Planck Society)在2000年11月修订的《认定科研不端行为的规则与程序》中,把不端行为分为4类:故意的虚假陈述(false statement);侵害他人知识产权(infringement of intellectual property);破坏他人研究工作(impairment the of research work of others);联合作伪(joint accountability)以及其他具体情况。其中,在“故意的虚假陈述”这一项中特别指出:在寻求支持(比如资金支持)的申请书作假,同属于科研不端行为;在“联合作伪”这一项中明确指出:积极参与他人的不端行为是需要接受制裁的^[7]。

2.3 注意区别对待科研中的诚实过错(honest error)等行为

值得注意的是,大多数国家制定的规范对科研中的诚实过错(honest error)等行为作了区别对待。现代科学研究活动受到多种因素的影响和制约,因此,在科学研究活动中往往会出现一些不可避免的误差和失误。就像在法理学中区分故意犯罪和过失犯罪一样,判定科学研究中的不端行为不能不考虑动机,不能只凭借行为效果而一概而论。例如,英、美等国制定的规范中都把诚实过错、意见不同(differences of opinion)与故意造假、蓄意犯错区别开来。

3 西方发达国家对科研不端行为的认定

认定科研不端行为是制定科研不端行为约束规范的核心内容,它需要内容和程序两方面的保证。

3.1 判断不端行为的内容界定

许多西方发达国家制定的规范基本都涉及到了如何界定不端行为,并且对不端行为做出了基本的分类,一旦接到不端行为事件的举报,则可以直接利用规范所做的规定对被举报的行为加以判断。德国马

普学会制定的有关规范,专门通过附录列举了对不端行为的分类,一旦接到举报,就可以参考附录的分类对举报内容做出初步的判断。美国联邦政策除了对不端行为做出界定和分类之外,还规定了判断不端行为的基本条件:是否明显背离相关科学研究共同体的规范;行为是否具有故意、明知以及草率特征;是否有充分的证据^[9]。

3.2 认定不端行为的程序保证

不端行为的认定是一个严肃的问题,这涉及举报人、被举报人以及科研基金资助单位的荣誉、利益等方方面面的问题。因此,对于不端行为的认定需要制定规范的程序,需要保证程序的公正。英国科学理事会清楚地意识到了这一点,“科研机构应当建立明确的程序来处理不端行为事件,应当确保这些程序为机构成员所了解”^[10]。美国联邦政策则明确指明了询问(inquiry)、调查(investigation)和判定(adjudication)3个认定阶段,同时指出判定阶段是独立于科研机构调查活动的。德国马普学会也把认定分为初步询问(Preliminary enquiry)和正式调查(Formal investigation)2个阶段。虽然认定阶段的划分略有不同,但其涉及的内容大致相同。例如,2000年哈佛大学依据联邦政策公布的《如何认定科研不端行为的政策和程序》(修订版)对认定程序做了如下规定^[9]。

1) 步骤:规定了认定程序包括处理举报、询问和调查3个阶段,并规定了进入每一个阶段必须具备的相应条件。

2) 机构:规定了校长、不端行为约束委员会、政策办公室的3级构架。其中校长具有监督权、重要人事任命权以及最终裁决权;不端行为约束委员会具有组织询问、开展调查、提供建议以及汇总报告的权利;政策办公室具有建议询问和调查、保存文件和证据、通告相关机构以及采取相应行政行为的职能。

3) 人员:对进行询问和开展调查的人员组成也有明确的规定。例如,调查小组至少由5人组成,其中至少1人来自不端行为约束委员会,1人来自校外。小组成员应当具有从事调查所需的专业知识以及意愿,等等。

4) 时限:规范对各种活动都具有明确的时限规定,从而严格保证程序公正的实现。例如,委员会一旦决定询问,委员会主席则需要在接到报告后的3个工作日内任命一个小组进行询问;询问小组需要在政策办公室首次提交报告后的至多30个工作日内处理询问,并且决定是否进行调查。询问如果超过30天,询问小组则需要记录耽搁原因;询问完成后30天内,调查则应当启动;正式调查应当在询问完成后120个工作日内结束,等等。

5) 权利: 规范对于各方当事人的权利也都予以了明确的保护。例如, 所有接受询问的人员都可以由他们指定的代表伴随; 一旦无需调查, 政策办公室需要采取措施恢复被举报人的名誉; 政策办公室还需要采取措施保护询问过程中的诚实合作者; 调查过程中, 举报人、被举报人与校方都可以由辩护人代表; 要求充分听取被举报人的意见; 被举报人接到不利于自己的报告时, 在校长做出最终决定前, 可以向委员会提出复议; 询问和调查一旦涉及联邦科研资金, 政策办公室则必须采取临时行政措施以保证联邦资金的安全, 等等。

6) 报告: 规范对报告的提出、内容都做了相应的规定。例如, 询问阶段、调查阶段都需要询问小组和调查小组做出相应的报告, 同时还应当向校长、委员会、资助机构以及联邦机构等相关单位提供相应的报告; 报告应当说明不端行为的本质、严重性以及对该特定科研计划的影响; 最终报告需要描述调查活动的政策和程序、调查获得的相关证据及其来源、结论和依据, 以及建议制裁或者纠正的措施; 调查委员会的每一位成员都必须对每一项报告签名表示是赞同还是反对, 等等。

4 西方发达国家对科研不端行为的防范措施

西方发达国家所制定的防范措施主要包括: 事先的预防与规避, 诸如道德自觉意识培养、道德规范教育以及相应的事先预防规范制定等; 事后的补救与制裁, 诸如制定全面、确定、公正、严格的制裁措施等。

4.1 重视科学道德的自觉培养

科研不端行为本质上是一个伦理问题, 我们很难通过规范来防范所有的不端行为。因此, 从这个意义上讲, “诚实是不能被规定的”^[9], 我们需要提倡道德自觉意识、加强舆论的引导。

4.2 重视对年轻科学工作者的道德规范教育

西方许多国家都非常重视对年轻科学工作者进行必要的行为规范教育。英国科学理事会把对年轻科学工作者的教育, 看作是保证良好的科学实践的一项重要工作, 同时认为具体的科研机构对此负有责任。许多国家的科研机构对年轻科学工作者进行各种形式的道德规范教育, 如公开进行这方面的培训或设置科学道德课程。德国马普学会要求进入该学会工作的青年科研人员先接受何为科研不端行为、何为良好科研实践的培训, 并要求受训者在一些文件上签字, 承担相应的责任, 将科学道德的“软约束”变为“硬约束”^[10]。

4.3 尝试通过制度形式预防科研不端行为

尽管从根本上说杜绝科研不端行为需要依赖于道德自觉, 但是, 西方许多发达国

家的相关机构仍尝试通过制度和规范的形式来预防科研不端行为。例如, 哈佛大学非常重视对于科研不端行为的防范和规避, 并提出了一些惩前毖后的措施和建议。哈佛大学认识到, 可以采取一些方法、措施来创造一种开放研究的气氛, 以此反过来降低不端行为发生的可能。这些方法和措施主要包括以下几点^[11]: 把研究结论所依据的原始资料存储于一个安全的环境中, 同时鼓励科研人员建立原始资料备份系统——原始资料是揭露科研造假的最好证据; 事先与具有同等或更富有经验的同事讨论研究计划和草稿, 以有助于提高研究规划的质量, 确证研究思想和研究时机;

在不同的场合或者会议上展示研究成果——这种同事间更为公开的讨论可为个体研究者提供研究成果的保护, 也有助于科学研究的诚实和客观; 坚持关于出版物署名作者的已经确立的伦理标准——在合作研究中署名的作者要对其发表的成果负全责, 或者至少要对自己完成的那部分负责; 考虑举行 和 中提到的会议的可能性, 这样的论坛对于争取获得权威部门的帮助, 从而解决科研活动中出现的其他问题可能会有用; 鼓励把正式的讨论会整合进课程中, 从而使讨论会的主题成为研究和教育活动中一个不可分割的组成部分。

但是, 上述防范措施并不能当作指令, 而只能是一种建议, 否则有可能会侵害科学研究的开放性。

4.4 制定相关的制裁措施, 严格预防不端行为

一般而言, 科研不端行为一旦被认定, 相关行为人员就会面临制裁。许多西方发达国家的大多数科研机构都制定了相应的制裁措施, 规定了行使制裁权力的主体机构, 确定了制裁的不同形式。这些制裁规定和措施大致包括: 从行使制裁权力的主体上说, 主要有由所在科研机构进行的制裁和由国家司法机关进行的制裁; 从适用规范上说, 主要有接受国家相关法律约束的制裁和为人所在机构的学术规范约束的制裁; 从制裁内容上说, 主要包括经济、学术和法律等方面的制裁。

相比其他国家制定的制裁措施, 德国马普学会制定的制裁规范更为全面和明确, 它明确了其可能触及并且适用的 5 类规范^[12]: 劳动法: 具体措施包括将不端行为记入当事人档案, 按照合同解除其与研究机构的劳动关系, 以及其他按照德国有关雇佣关系的法律所采取的措施; 学术规范: 具体措施包括取消当事人的博士学位, 吊销其执教资格证书等; 民法: 按照专利法、版权法等民事法律规定采取措施, 要求当事人赔偿他人和科研机构的物质损失等; 刑法: 对构成个人隐私伤害、身体

和生命损害、伪造、偷窃等违反国家刑律的行为, 要予以刑事法律的制裁; 出版作品召回和信息公告: 当事人尚未出版的学术成果, 要求中止出版; 当事人已经出版的学术成果, 要予以更正说明, 有时甚至要公告相关个人、机构以及公众。

5 西方发达国家的做法对我国的启示

当前我国也存在着较为严重的科研不端现象, 科研不端现象不仅出现于科学研究领域, 同时还延伸到论文发表以及各种科学基金的申报过程中。针对这种状况, 我国政府以及有关科研单位相应地制定了一些科研行为规范。例如, 2001 年, 中国科学院公布了《中国科学院院士科学道德自律准则》; 2004 年 5 月, 国家自然科学基金委员会制定了《监督委员会对不端行为处理办法》, 并且起草了《关于加强科学道德建设的若干意见》; 2004 年, 教育部制定《高等学校哲学社会科学研究学术规范(试行)》; 2006 年, 国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020 年)》呼吁, “加强科研职业道德建设, 遏制科学技术研究中的浮躁风气和学术不良风气”^[13]。

尽管我国政府及各级有关部门在约束科研不端行为问题上已经做了大量的工作, 但是, 与西方发达国家在规范科研不端行为的制度化建设工作相比, 我国还需要在许多方面加以改进。

5.1 各科研单位主管行政部门应制定统一的科研不端行为约束规范

许多西方发达国家都制定有统一的约束科研不端行为规范。例如, 英国在首相科技顾问领导的科学技术办公室(OST)和科学研究理事会的主导下, 发出了保护良好科研行为的倡议; 美国则在联邦政府机构——科学技术政策办公室(OSTP)的主导下发布了关于约束科研不端行为的政策。这些文件都对防范和制裁科研不端行为做出了一般性的规定, 各科研单位可据此制定适应自身情况的具体处理办法。反观我国, 作为各科研单位的主管行政部门, 科技部、教育部、中科院以及国家自然科学基金委、社会科学基金委虽然也制定了这方面工作的行为规范, 但是, 这些规范的侧重点不同, 容易在内容上发生冲突。因此, 建议上述部门相互协调, 制定统一的防范、约束和制裁科研不端行为的规范。

5.2 应明确处理科研不端行为的具体单位及其相应职责

许多西方发达国家都明确规定, 处理科研不端行为的机构为各具体的科研单位。政府机构以及基金资助组织一般不涉及具体科研不端行为的调查和处理工作, 除非特殊情况, 如涉及国家安全、公共卫生等。

我国没有明确规定的处理科研不端行为的机构,事实上,国家自然科学基金委、中国科学院、各有关高等院校一直都在处理相应的不端事件。笔者认为,应当明确把当事人所在科研单位作为处理科研不端行为的主体机构。这是因为:科研单位是科研活动的主体,即使涉及在基金申请、论文发表等活动中所发生的不端行为,本质上也是科研活动的组成部分;作为科研不端行为当事人的所在组织,科研单位对当事人具有管理权;如果在制度上规定了由当事人所在科研单位对不端行为负责进行调查、处理,由政府机构、基金委进行监督,并对查实的行为人进行通报批评、降级处理甚至解除劳动关系等处罚,那么,将有可能从源头上对科研不端行为予以警示和惩戒。

5.3 应制定有约束力的、行之有效的有关规范

我国目前制定的大多数规范都是以自律的形式出现,很少涉及科研不端行为的预防、认定和处罚等内容;而西方发达国家在这方面则做得更为科学,其对科研不端行为的界定、防范、认定程序等都有较为明确的规定。因此,建议各级行政部门和科研主管单位在制定自律性道德规范的同时,还应当制定具有他律性质的行为规范,这主要包括以下4个方面:明确处理科研

不端行为的主体机构;规范科研不端行为的定义、内容界定等;制定并规范科研不端行为的认定程序和处理程序;明确规定对被认定为科研不端行为的个体应受到的惩罚条款。

只有制定出有约束力的、行之有效的规则,才能真正地体现“规范”的含义,才能最终有效地防范各种科研不端行为的发生。

6 结论

科研不端行为本质上是一个科学道德问题,从根本上防范科研不端行为将有赖于科研人员的道德自觉和社会责任感。西方发达国家就规范科研行为出台了一系列的政策、措施,从而较为有效地预防并且合理地规避了一些科研不端行为。

国外这方面的做法值得我国借鉴。与西方发达国家在规范科研不端行为的制度化建设相比较,我国的机制还不完善、成熟,还需要在许多方面加以改进。因此,建议国家相关部门尽快制定统一的防范、约束和制裁科研不端行为的指导性规范,明确处理科研不端行为的具体单位及其相应职责,并制定具有约束力的、行之有效的行为规范。只有从制度上不断完善并遏制科研不端行为,我国目前存在的较为严重的科研不端现象才有望绝迹。

参考文献 (References)

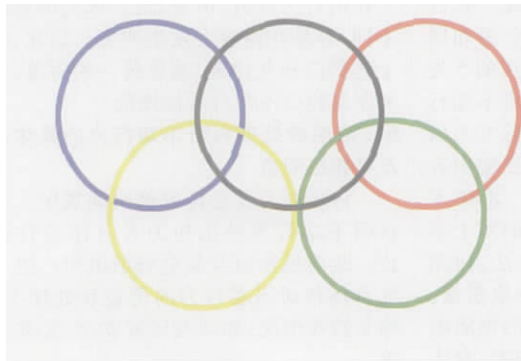
- [1] 柯南.面临伦理困境与造假指控,黄禹锡能否继续神话? [N]. 中国青年报, 2005- 12- 22.
- [2] ELI KINTISCH. Scientific misconduct: researcher faces prison for fraud in NIH grant applications and papers[J]. Science, 2005,307:1851.
- [3] RICK WEISS. Many scientists admit to misconduct: degrees of deception vary in Poll; researchers say findings could hurt the field [N]. Washington Post. 2005- 06- 09.
- [4] 发达国家科学道德建设启示: 中国科学院学部科学道德建设委员会副主任张存浩院士一席谈[N]. 科技日报, 2002- 02- 08.
- [5] Federal Policy on Research Misconduct [EB/OL]. http://www.ostp.gov/html/01207_3.html. 2006- 03- 15
- [6] Safeguarding good scientific practice[EB/OL]. <http://www.ost.gov.uk/research/councils/>. 2006- 03- 15
- [7] Rules of Procedure in Cases of Suspected Scientific Misconduct [EB/OL]. <http://www.mpg.de/english/careerOpportunities/ombudssystem/index.html>. 2006- 03- 15
- [8] HOWARD UNIVERSITY. Policy and procedures for handling allegations of scientific misconduct [EB/OL]. <http://www.provost.howard.edu/Documents/scimisconduct.htm>. 2006- 03- 15 (责任编辑 胡春华)

·科技智力游戏·

好玩的数学: 幻五环迎奥运

2年之后的2008年8月,第29届奥运会将在北京举行。届时,在“同一个世界,同一个梦想”的歌声中,五湖四海的宾朋将聚集在奥林匹克的五环标志之下。现在,我们不妨利用五环来做一种数学游戏——幻五环。

五环由5个圆相交而成,五环内有9个封闭区间,如图所示。请在这9个封闭区间中填入1~9,使5个圆中的数字相加之和都是相等的,也就是说,对于最外侧的2个圆,是2数之和;对于中间的3个圆,是3数之和,都应该相等。(提示:解答共有4组)



上期“七巧板悖论”答案

同样大小的2副七巧板,拼出2个几乎一模一样的人形,但是一个有脚,一个却没有脚,这是怎么回事呢?原来两者的拼法不同,如图所示。有脚的那个只用了七巧板中的6块拼出人身,用剩下的小三角形做脚;没脚的那个用尽了七巧板只拼出了人身,就没有脚了。因此2个人身看似一样,实际上左侧那个人要瘦一些、矮一些,右侧那个人要胖一些、高一些。但由于差别很小,乍一看似乎是一样的,因此觉得奇妙。这一现象在数学上叫做“等积变换”,类似的七巧板悖论都是由此造成的。

(供稿 吴鹤龄 责任编辑 黄永明)

