

科学思想方法丛书

变失败为成功的

启示

BIAN SHI BAI WEI CHENG GONG
DE QI SHI



●赵树智 高昌海 主编

山东教育出版社

● 赵树智 高昌海 主编

山东教育出版社

鲁新登字 2 号

科学思想方法丛书
变失败为成功的启示
赵树智 高昌海 主编

*

山东教育出版社出版
(济南经九路胜利大街)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂潍坊厂印刷
华光Ⅳ型计算机——激光汉字编辑排版系统排版

*

850×1168毫米 32开本 7.5印张 4插页 159千字
1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷
印数1—1,000

ISBN 7—5328—1558—7/G·1340

定价 3.80 元

《科学思想方法丛书》编委会

主 编 解恩泽 徐本顺 赵树智

编 委 (以姓氏笔划为序)

于书亭	于伟佳	王 悦	刘永振
刘大文	付 平	孙玉志	孙永大
丛大川	朱铁生	吕金福	李 普
胡 光	郑隆炘	赵玉林	赵树智
赵恒武	徐本顺	徐世典	徐炎章
高昌海	张永春	张富国	张 薇
张润庠	董驹翔	殷启正	解恩泽
滕福星			

要重視科學思想方法
的研究

为科学思想方法丛书题词

钱三强

一九九〇年六月一日

闡明科學思想方法
幫助提高思維技巧
以利開展科學研究

書祝

《科學思想方法叢書》成功

徐利治 1990年5月

总 序

科学思想方法是科学的灵魂。它既是人们认识自然和改造自然的结晶,又是开发智力、启迪创造和发展科学的源泉和基础。它同科学知识一样,都是极其宝贵的社会精神财富。以往,人们十分重视科学知识本身的考证、记述和整理,这是有益的,今后还应继续加强这一工作。但是,相比之下,对科学思想方法的研究却没有引起人们应有的重视,也正因为如此,又在一定程度上影响了科学知识的形成和科学人才的培养。因此,大力开展科学思想方法的研究,并以丛书的形式系统反映其成果,无疑是一项具有深远意义的工作。

本丛书,以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,力图从科学思想方法的不同形态、科学技术的不同领域、世界上的不同国家以及古今中外著名科学家等侧面,采取历史与现实相结合的方式,广泛挖掘科学思想方法成果,深刻揭示科学思想方法产生和发展的规律,全面概括科学思想方法的特征和功能,为提高科技人才素质服务。

我们相信,这套丛书的出版,将对我国科学思想方法的研究、科技队伍的建设、民族科技意识的增强与科技事业的发展,起到积极的促进作用。

“科学思想方法丛书”编委会

一九九二年一月于长春

前 言

科学研究是一种极富探索性的活动,要探索,就难免遭到挫折和失败。科学的历史表明,大凡一项重大发现和发明的完成,无一不是以失败为台阶,以失败铺平道路的。就科学研究者个人来说,成功是人们所期望的,也是科学研究的目的所在。然而,成功与失败总是不可分割的,成功来自失败,失败孕育着成功,不饱尝失败的痛苦,就难以享受到成功的喜悦。因此,失败和成功一样,也是推动科学发展不可忽视的因素。

本书剖析了科学史上著名的 18 个重大发现和发明案例,它们选自数学、物理学、化学、生物学、地学、天文学和技术等不同学科领域。这些发现和发明的过程,都曾经历过挫折和失败,都是以失败铺平道路的。它们从不同的角度揭示了成功与失败的关系、失败的原因及其方法论价值。我们希望这些发现和发明案例,对于科技工作者,特别是那些刚刚踏上科学探索征途的青年人,正确对待科学研究中的失败,提高变失败为成功的主动性,以最少的失败换取最大的成功,将会在思想方法上带来有益的启示和借鉴。

参加本书撰写工作的有(按姓氏笔划为序):

于伟佳	王 兵	王 悦	孔凡玉	毛京春	卞瑞玲
卢 宏	吴中光	李天瑞	李春泰	肖 进	宋牧襄
杨立秋	赵恒武	赵树智	姚 竭	徐炎章	徐继锴
张润庠	高昌海	盛维勇	解恩泽	谢邦同	滕福星

全书由赵树智、高昌海统稿。

本书涉及到广泛的学科知识,由于作者学识有限,书中不当之处在所难免,望读者批评指正。

赵树智 高昌海

1991 年 12 月 12 日

目 录

四色猜想的证明.....	1
试证欧氏第五公设的失败与非欧几何的诞生.....	9
希尔伯特纲领的失败及其意义	26
电子发现过程中观念的步进深入	38
探索光本性过程中的失败与成功	53
牛顿与万有引力定律的发现	69
迈克尔逊实验与爱因斯坦相对论	80
统一场论的失败与成功	90
元素周期律的建立	96
从被遗忘的假说到举世公认的定律.....	109
制碱法的由来和发展.....	120
DNA 双螺旋结构的发现	132
青霉素发现和研制过程中的经验教训.....	147
岩石成因问题的解决.....	154
哥白尼日心说创立的启示.....	166
电报发明的前前后后.....	180
阿波罗登月成功的启示.....	198
航天飞机是怎样研制成功的.....	212

四色猜想的证明

四色猜想是历史上一个著名的数学猜想。它是指：在平面（或球面）上画地图，只需要四种颜色，就可以使相邻区域不用同一色。这一猜想，早在19世纪就提出来了。1840年，德国数学家默比乌斯（A. F. Möbius）以假设的形式向他的学生提出了：画在平面或球面上的每张地图都可以用四种颜色着色，使得有公共边界的每两个国家都可用不同的颜色来着色。1852年，英国大学生古特里给他的哥哥写信，进一步明确提出四色猜想，并问道：四色猜想能否用数学方法来证明？这个问题难住了他的哥哥，于是便去请教他们的老师、著名的数学家德摩根。然而，德摩根也解决不了这个问题。后来，德摩根又写信给他在八一学院的同学、著名数学家哈密顿，信中说：他的一个学生今天要他提供一个充分的理由，来说明一件他自己还无法判明究竟是对还是错的事实，即如果画一张地图，图上任意分成许多部分，凡是有共同边界线的两个部分都要涂上不同的颜色，那么，大概需要四种颜色，而不需要更多的颜色就可以了，并问，难道不能构造出一个需要五种或者更多种颜色的图吗？对此，哈密顿虽然作了一番探讨，但也未给出合理的答案。1878年，英国著名数学家凯利（A. Cayle）在伦敦数学家会议上，专门就“四色猜想”作了报告，并呼吁各国数学家积极探讨，争取尽早解决这一问题。此后一百多年，世界各国许许多多数学家参与了这一猜想的试证工作，有的甚至贡献了毕生的

精力，但结果都一一失败了。直到 1976 年，才由美国数学家阿佩尔 (K. Appel) 和黑肯 (W. Haken) 用电子计算机证明了这一猜想。

那么，为什么以往的许多证明都失败了？阿佩尔与黑肯等人是怎样在前人工作的基础上变失败为成功的？其中又有哪些启示？这里，我们仅从人们对“四色猜想”探讨的实际历史过程来分析和回答这些问题。

一、从减弱命题入手，化繁为简，由简到繁

1879 年，也就是凯利发出呼吁的第二年，肯普发表了关于“四色猜想”的证明。1880 年，台特也发表了证明此猜想的文章。凯利等数学家对这两个证明给予了充分肯定，并对这样快解决这一难题感到十分惊奇和欣慰。然而，到了 1890 年，英国青年数学家希伍德 (P. J. Heawood) 发现肯普与台特的证明是错误的。后来，又有许多人想改正其错误，力图证明此猜想，但均遭到了失败。

在直接证明四色猜想屡遭失败的情况下，人们只好另辟蹊径，采取了先证明其减弱命题，化繁为简，然后再从简到繁，达到最终解决问题的迂回途径。希伍德花费了极大精力来研究四色猜想。他认真总结了肯普失败的教训，同时又积极吸取了肯普的证明思考路线。他首先选择了“五色猜想”这个减弱了的简单命题，然后运用肯普的思路加以证明，结果获得了“五色定理”。这个定理亦称“希伍德定理”，它的内容是：若平面上有一连通网络 G ，由有限个弧及其端点所构成，将平面划分为有限个区域，则我们只需用五种颜色予以着色，使任何两个相邻区域有两种不同的颜色。这个五色定理的获得，向最终解决

“四色猜想”迈进了可喜的一步。

不仅如此，人们又从其他一些减弱命题入手进行探讨。比如，希伍德曾想从研究一般曲面的着色问题来解决平面四色问题。他证明了每张环面地图都可用七种颜色着色，以使任何两个相邻国家都不会染上同一颜色。假如此方法能用于平面，那将会从中得到解决四色猜想的证明。然而这种方法只适于复杂的曲面，而不能用于简单的平面或环面。因此，这种设想和尝试，也遭到了失败。又比如，人们采取先就由少数个国家组成的地图来证明“四色猜想”，然后将国家数逐渐增多，到了1950年，人们已经证明了少于36个国家的地图可用四种颜色着色即能保证相邻国家不用同一色。这些减弱了的命题被证明成立的研究成果，都为最后解决“四色猜想”打下了良好的基础。

二、运用猜想法，大胆探索

当一个数学难题长期得不到解决，并由于一再失败而令人失望的时候，如有人根据一定的科学事实提出大胆的猜想，常常会坚定人们的信心，并遵照这一猜想给出的目标积极探索。1950年，正当人们对证明“四色猜想”感到渺茫，甚至有人认为这是现有人类智慧根本解决不了的情况下，希什根据以往的研究成果，公然提出大胆猜想：四色猜想可用寻找可约构形不可避免组的方法来证明，且这个组里构形大小约为一万。^①想要产生这样一个组并证明它的每个单元都是可约的，从工作量上来说虽然当时是不可能的，但是，却为后来应用高速电子计

^① 参见徐本顺、解恩泽：《数学猜想——它的思想与方法》，湖南科学技术出版社，1990年，第152—153页。

计算机来解决这个问题提供了理论上的准备。尤其是希什还把构形可约的已知方法形式化了，至少看出把肯普使用的方法直接推广后，成为纯机械化过程，因此原则上可使用电子计算机来完成。希什的学生还专门设计了一个程序来证明构形可约，用起来时而成功时而失败。可是，希什却获得了成功，既能用这个程序产生的数据来证明构形可约，且在计算技术上也是十分有效的。后来，人们向着希什所提出猜想的目标，不断进行探讨，取得了一系列可喜成果。可以说，猜想法既是一个解决重大难题的科学的研究方法，又是一种向人们指明探索目标的积极推动力量。

三、转化命题，研讨等价形式

为了化简“四色猜想”，使之更适于在数学上进行探讨，希什把原命题转化成与它等价的形式。他的基本做法是，在地图上选择所有国家的首都作为一点，对于有共同边界的两个国家，用一条铁路连接两国的首都，这条铁路通过其边界。这时，由点（首都）和连接它们的弧（铁路）所组成的网便构成一个图，这个图称之为原来地图的“对偶图”。这样，便把地图上各国着色问题转化为它的“对偶图”上的顶点着色问题。这比起直接研究四色猜想的原命题方便、直观多了。因而这一等价形式的发现，为解决四色猜想创造了条件。希什的这一成果更具有深刻的启示意义，这一意义主要表现在：当一问题就其本身来讨论难以解决的时候，可以将这一问题转化成某种等价形式加以探讨，等价形式解决了，原问题也随之解决了。当然，一般说来，等价形式应比原问题形式简单、直观，更便于运用数学方法。

四、移植“放电法”，把握关键环节

自从“可用寻找可约构形不可避免组的方法来证明四色猜想”这一猜想提出后，人们沿着这一思考路线采用各种方法来寻求可约构形的不可避免组。后来，这一猜想的提出者希什运用移植手段，将物理学上一种在电网络中移动电荷的“放电法”应用到这一问题的探讨之中，即用“放电法”来寻求构形的不可避免组。这种方法虽然很初步，尚待完善，但却为后来证明四色猜想奠定了良好的基础。就是说，只要紧紧抓住“寻找可约构形不可避免组”这个关键环节，广开思路，运用和创造各种方法加以探究，就会不断向最终解决的目标迈进。另外，希什的这一成果还启示我们：当一个数学问题遇到困难，特别是用传统数学方法屡遭失败的时候，可借助于物理模型来加以思考，并可能从中找到解决问题的有效方法。这正如数学家彭加勒所指出的那样：物理学不仅给我们数学家以解决问题的机会，而且也帮助我们发现解决问题的方法。

五、寻求新的手段，实行方法上的变革

本世纪 70 年代初，美国数学家黑肯试图以改良了的放电方法来证明四色猜想。然而，他遇到了新的困难：可约构形的任何一个不可避免组都可能有很大的构形，其计算量十分巨大。后来，数学家们从一次又一次失败中逐步认识到，用人工方法是无法完成这一巨大工作量的。于是，他们便开始寻求新手段，从数学之外来选择新工具，并自然联想到具有极大计算能力的高速电子计算机。比如，黑肯于 1972 年就作出了“肯定不会对四色猜想给出一个非机器证明”的结论。就是说，只有在方法上

实行革命性的变革，运用现代技术成果——电子计算机这个有效工具，即采取机器证明的方法，四色猜想才可能获得最后解决。

1972年，阿佩尔与黑肯设计了一个新的计算程序。这个程序不仅能作出特殊类型的放电过程，而且还能给出从最重要的情况得出的构形作为输出。经过实际计算和不断修改得到了一个可行的程序，并通过它证明了地图上可约构形的不可避免组的存在性。后来，他们又经过不断修改程序，反复实验，改进放电过程，并于1976年1月6日通过电子计算机找到了可约构形的不可避免组，从而完成了四色猜想的证明，最终获得了“四色定理”。一个人们用手工方法探讨一百多年也没有解决的数学问题，今天却用电子计算机解决了。它是数学发展史上的一个重大事件。

六、机器证明的光辉前景

机器证明四色猜想的成功，给人们展示了数学发展的光辉前景。众所周知，证明四色定理这件事本身并没有什么突出的理论和实际价值，它的重要意义在于用电子计算机证明了数学家奋斗一个多世纪一直未证明出来的数学定理，或者说，用电子计算机解决了一个纯数学理论问题。这件事给广大数学工作者以极大的启示。

用电子计算机证明了四色猜想，是数学研究方法上的一次重大突破，是人类认识能力的又一次飞跃，它对今后数学的发展有较大影响。我们知道，在数学研究中，有两项工作是比较花时间和费气力的，一是烦琐的计算，二是复杂的证明。长期以来，人们就在寻求如何解决这两个问题。电子计算机已使烦

琐的计算问题得到了较圆满的解决，但如何解决复杂的证明问题，却长期没有重大进展。而这一问题不解决，数学工作者仍然不能从繁重的“手工”劳动中解放出来，把更多的精力用于创造性的工作，促进数学的更快发展。事实上，数学中有些证明问题是极其复杂的，有的甚至一个人全力以赴一生也完不成。四色猜想的证明就是这样，其中仅研究组合结构就要分析图形二千多个，要进行一百亿次判断，证明程序需要经过几万步。据报道用高速电子计算机还花了 1200 多个小时。如果只用“手工”的办法，要完成这么大的工作量，简直不可想象。由此可见，解决复杂的证明问题是数学研究中的一个很突出的问题。而用电子计算机证明四色猜想这一事件的出现，就为解决这一问题开辟了一个通往机械化的新途径。如果任何复杂的数学定理的证明都可以实现机械化，那么就可以大大减轻数学工作者的负担，把更多的时间和精力用到探索性工作上面去，创造更多的成果。

在四色猜想机器证明的启示下，机器证明数学定理在许多数学分支学科中得到推广，展示了广阔的前景。1977 年，我国著名数学家吴文俊用电子计算机证明了初等几何中的一些定理。1978 年，他又证明了微分几何中的一系列定理。1979 年，数学家波依尔和穆尔给出了递归函数论中的机器证明系统。1980 年，吴文俊还用一部微型电子计算机在 20 个和 60 个机器小时中分别发现了两个不算简单的几何学新定理。目前，吴文俊关于机器证明的研究成果在世界数学领域中引起了震动，有些外国数学家把吴文俊的机器证明方法称为“吴方法”。这些都表明，我国在机器证明方面达到了世界领先地位。

现代科学技术的发展表明，电子计算机不仅可以用于解决