

科学思想方法丛书

希尔伯特的

科学精神

XI ER BO TE DE
KE XUE JING SHEN



● 赵树智 著

山东教育出版社

科学思想方法丛书

希尔伯特的 科学精神

● 赵树智 著

山东教育出版社

鲁新登字 2 号

科学思想方法丛书
希尔伯特的科学精神

赵树智 著

*

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

*

850×1168 毫米 32 开本 7.375 印张 4 插页 170 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—1555—2/G·1337

定价 3.95 元

阐明科学思想方法
帮助提高思维技巧
以利开展科学研究

書祝

《科学思想方法丛书》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学教育事业的发展，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

大卫·希尔伯特 (D. Hilbert, 1862~1943) 是 20 世纪上半叶世界领头数学家之一。他远见卓识, 富于创造, 在数学的好几个领域都作出了重大贡献。他的工作以及他的科学精神, 至今仍影响着现代数学的发展。希尔伯特的名字不仅为数学工作者所普遍关注, 而且以莫大的魅力吸引着对伟大科学家的生涯感兴趣的每一个人。

本书不是旨在专门评述希尔伯特的科学成就, 而是结合他的科学成就、科学创造过程, 着重从认识论、方法论上剖析他的科学精神, 以给人启迪。科学精神在科学发展以及科学家个人创造活动中的作用是至关重要的, 它是科学发展的力量源泉, 是科学家个人从事科学创造的基础和前提。历史表明, 只要一个科学家富于科学精神, 他就充满着创造力, 就会作出有科学价值的成果; 而科学精神缺乏或丧失, 则预示着科学创造的衰退或中止。科学精神的社会渗透性是不容忽视的, 如果说一个科学家的科学成果通常只能被同行专家所深刻理解的话, 那么杰出科学家的科学精神却可以被各领域的科学工作者乃至社会各行各业的人所领悟。在科学技术革命的时代, 科学精神已成为全社会所追求和崇尚的精神, 成为现代人类精神文明建设的重要组成部分。因此, 从这个意义上看, 挖掘和研究杰出科学家的科学精神, 是一项颇有意义和价值的工作。

科学精神集中体现在科学家的工作中, 其内容是多方面

的。勤奋学习，善于思考，实事求是，勇于探索，不拘常规，敢于创新，治学严谨，讲究时效，追求理性，献身真理，诲人不倦，爱惜人才，等等，都是值得继承和发扬的科学精神。科学史上有许多处处闪耀着科学精神的杰出人物，希尔伯特就是其中的一位。

为了全面考察和领悟希尔伯特的科学精神，我们将希尔伯特置于历史的链条中，放在所处时代的大背景中，剖析他的科学精神，特别是他的思想方法的来龙去脉、产生的原因及其可贵之处。为了使不大通晓数学的人易于阅读本书，并能从中获得教益，本书在内容上注意选择那些具有思想性和典型性的材料，在叙述上力求将深奥的数学知识通俗化。因此，非数学专业的读者不必对本书望而生畏。同时，我们也希望读者不必在具体的数学术语上打圈圈，而应当把着眼点放在领悟希尔伯特的科学精神上。这本书如能使读者特别是有志科学的青年人从希尔伯特身上汲取到某些科学精神营养，那就达到作者的目的了。

本书附有“希尔伯特科学活动大事年表”，尽管这个表在内容上不够齐全完整，有的重大事件没能收录进来，然而从中仍能看到希尔伯特科学活动的历史轮廓。

本书写作过程中，参考或引用了有关论著中的资料，对这些论著的作者和译者表示深切的感谢。限于作者水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

赵树智

1991年9月于东北师范大学

目 录

第一章	走上成功之路	1
§1	良好的社会环境	1
§2	从潜才到显才	15
第二章	可贵的反常规精神	29
§1	攻克果尔丹问题	30
§2	拯救狄里克莱原理	38
§3	捍卫无穷集合的乐园	46
第三章	形式化数学思想方法	62
§1	希尔伯特公理系统	62
§2	希尔伯特纲领	85
第四章	具有特色的研究方式	106
§1	直攻重大而关键的问题	106
§2	借助直觉进行构思	141
§3	发扬哥廷根科学传统	152
第五章	高尚的科学伯乐精神	170
§1	为人才开路	170
§2	造就新一代数学家	186
附录 I	希尔伯特23个问题	198
附录 II	希尔伯特科学活动大事年表	229
参考文献	241

第一章 走上成功之路

希尔伯特是20世纪上半叶最杰出的数学大师之一。他的工作涉及到数论、代数学、几何学、分析学、积分方程、数学基础，以及理论物理学等众多的研究领域，他以其创造性的科学成果和特有的科学精神深刻影响着他那个时代数学的发展，并且在某种程度上至今还影响着数学家们的工作。现代著名数理逻辑学家塔尔斯基 (A. Tarski, 1909~1983) 在评价希尔伯特的工作时指出：“未来的数学史家在研究19世纪和20世纪前半叶的数学发展时，会毫不怀疑地声明：那个时期好几个数学分支趋于严格化的发展，都极大地受惠于希尔伯特的成就。……另一方面，数学史家必然会注意到——也许还带着几分惊讶，希尔伯特在一些自己并不曾取得十分重要结果的领域内，同样发挥了巨大的影响力。”象希尔伯特这样具有世界影响的杰出数学大师，在数学史上是罕见的。

希尔伯特是科学探索征途上成功者的楷模。他的成才历史以及他的科学生涯，在很多方面可作为杰出科学人才走上成功之路的缩影。那么，希尔伯特是怎样走上成功之路的？又是怎样完成由潜才到显才的过渡的？

§1 良好的社会环境

“每一个社会时代都需要有自己伟大的人物，如果没有这

样的人物，它就要创造出来。”^① 作为一名数学家，希尔伯特是在19世纪后半叶走上科学探索的成功之路的。当时，德国已成为世界科学活动的中心。德国的科学盛世，为他由潜才向显才的过渡提供了良好的社会环境。

一 世界数学中心向德国的转移

在世界范围内各国的科学发展是不平衡的，这种不平衡性的宏观表现就是存在着世界科学活动的中心，而且这个中心并不是总停留在某一个国家，而是随着历史的发展，从一个国家转移到另一个国家。纵观近代科学以来的历史，在社会生产、社会变革、思想解放运动等诸因素的影响和作用下，世界科学活动的中心曾相继停留在几个不同的国家。其转移的格局大体上是：意大利→英国→法国→德国→美国。从中心区停留的时间跨度看：

意大利 (1540~1610年)

英国 (1660~1730年)

法国 (1770~1830年)

德国 (1810~1920年)

美国 (1920~)

历史表明，科学活动中心的转移，实际上就是科学人才中心的转移。处于世界科学活动中心的国家，同时也处于世界科学人才的中心，处于科学人才发展的盛世时期。就数学来说，一个国家和民族一旦成为世界科学活动的中心区，这个国家和民族就会数学人才辈出。

^① 《马克思恩格斯选集》第一卷，第450页。

事实上，欧洲的文艺复兴运动带来了意大利科学的春天，意大利成为近代科学活动的第一个中心。继多才多艺的天才达·芬奇 (L. da Vinci, 1452~1519) 之后，近代科学的先驱者伽利略 (Galilei, 1564~1642) 在这个科学活动中心区应时而生，他使16世纪后半叶的欧洲焕发出新的科学精神。在这个时期，意大利产生出一大批杰出的数学家。著名的有：塔尔塔利亚 (N. Tartaglia, 1500~1557)、卡当 (G. Cardano, 1501~1576)、科曼地诺 (F. Commandino, 1509~1575)、费拉里 (L. Ferrari, 1522~1565)、邦别利 (R. Bombelli, 1526~1572)、卡瓦列利 (B. Cavalieri, 1578~1647)，等等。

17世纪英国的资产阶级革命迎来了第二个科学活动中心。在这个中心区，英国造就了以近代科学奠基人牛顿 (I. Newton, 1642~1727) 为代表的一大批杰出的数学家，就微积分这一数学领域而言，在这个时期作出重大贡献的除了牛顿，还有华利斯 (J. Wallis, 1616~1703)、巴罗 (I. Barrow, 1630~1677)、泰勒 (B. Taylor, 1685~1731) 和马克劳林 (C. Maclaurin, 1698~1746) 等著名数学家。

18世纪法国的资产阶级大革命引来了法国科学的繁荣，巴黎成为当时世界学术交流的中心。在良好的学术环境中，法国的数学人才群星般出现，著名的有拉格朗日 (J. L. Lagrange, 1736~1813)、蒙日 (G. Monge, 1746~1818)、拉普拉斯 (P. S. Laplace, 1749~1827)、勒让德 (A. M. Legendre, 1752~1833)、卡诺 (L. N. M. Carnot, 1753~1823)、富立叶 (B. J. Fourier, 1768~1830)、杜班 (P. C. F. Dupin, 1784~1873)、彭色列 (J. V. Poncelet, 1788~1867)、柯西 (B. A. L. Cauchy, 1789~1857)、拉

梅 (G. Lame, 1795~1870)、伽罗华 (E. Galois, 1811~1832) 等人。其取得的成果占当时世界重大数学成果总数的一半以上。

德国科学技术的起步比英国和法国都要晚，但在法国自1830年7月革命后科学技术发展开始走向相对低潮的时候，德国的经济和社会变革却使她的科学技术迅速崛起，并很快超过了英国和法国。

德国在18世纪末和19世纪初期比英国和法国都落后，以手工业生产为主，几乎没有大工业，封建生产关系仍然占居统治地位，无论在经济上或政治上都很分散，没有形成一个统一的国家。它的资产阶级很弱小，不敢用革命手段来解决资本主义与封建主义之间的矛盾。封建制度和贵族的特权严重阻碍着德国资本主义的兴起。1834年1月，德意志关税同盟的实现，统一的商品市场的形成，为德国发展工业资本主义奠定了广泛而良好的基础。1848年3月革命以后，开始了德意志的资本主义发展时代。1871年统一战争的胜利，标志着近代德国已跻身于资本主义强国之列。在这一社会变革时期，德国政府为了发展工业资本主义，采取了一系列改革措施，包括迅速普及蒸汽机的应用，以发展铁路为基础的重工业，建立行业内的联合企业和行业间的综合联合企业，保护农业和工商业等。这样，在60年代，终于使德国的经济实力赶上并超过了先进的英国和法国。

在科学研究方面，德国开创了国立科学研究所的科研体制，建立了各种专业的国立研究所，并由国家在预算中正式拨款作为研究经费。这就使科学研究中出现了固定的正规训练和专门职业，使科学工作变得专业化了。在这种科研体制出现之前，人们只能把科学研究作为一种业余活动，而且个人要承担

全部的研究费用。与此同时进行的是整顿和改革教育体制。自1809年建立了柏林大学,一种新型的高等教育体制逐渐形成,自然科学在高等学校由原来的附庸地位上升到应有的地位。在高等学校中,教学和科研得到了很好的结合。从19世纪中叶开始,某些德国大学的实验室开始成为科学研究的中心,有的实际上已成为国际科学研究的活动中心。这些研究中心不仅为德国培养着新一代的科学家,而且把世界各地最有才华的青年学生吸引到这里。就这样,资本主义在德国的迅猛发展,科学技术在德国社会生活中地位的显著提高,极大地推进了德国科学技术的发展,使德国继法国之后逐渐成为世界科学活动的中心,成为19世纪产生杰出科学人才的肥沃土壤。

就数学而言,首先是“欧洲数学之王”高斯(K. F. Gauss, 1777~1855)的堂堂雄姿,出现在19世纪世界数学史的地平线上。高斯所开创的哥廷根大学的科学传统,经狄里克莱、黎曼、克莱因之手,后来在希尔伯特时代得到了充分的发扬。

随着高斯的出现,数学的花朵从法国逐渐移植到了德国。在这个科学活动中心区,仅由德国数学家作出的重大成果,就占当时世界重大数学成果总数的42%以上。除了高斯和希尔伯特,在这个时期值得提出的杰出数学家还有:麦比乌斯(A. F. Möbius, 1790~1868);拓扑学,提出有名的“麦比乌斯带”;斯太纳(J. Steiner, 1796~1863);射影几何学;古德曼(C. Gudermann, 1798~1852);函数论,推广函数的幂级数表示法;斯陶特(K. G. C. Von Staudt, 1798~1867);射影几何学;普吕克(J. Plücker, 1801~1868);解析几何,建立广义等同坐标和正切坐标;雅可比(K. G. J. Jacobi, 1804~1851);椭圆函数论,数论,线性代数,

变分学和微分方程论；狄里克莱 (P. G. L. Dirichlet, 1805~1859)；解析数论，数学分析和位势理论；里斯丁 (J. B. Listing, 1808~1882)；拓扑学，提出单侧曲面；格拉斯曼 (H. G. Grassmann, 1809~1877)；多维欧几里得空间理论，引出矢量的数量积概念；库麦尔 (E. E. Kummer, 1810~1895)；理想数论；外尔斯特拉斯 (K. T. W. Weierstrass, 1815~1897)；实数理论，数学分析，解析函数论，变分学，微分几何和线性代数；海涅 (H. E. Heine, 1821~1881)；集合论，提出著名的“有限覆盖定理”；克隆尼克 (L. Kronecker, 1823~1891)；数论和椭圆函数论，提出有名的“克隆尼克代数乘积”；黎曼 (G. F. Riemann, 1826~1866)；黎曼几何学，数学分析，复变函数论和数论，提出著名的“黎曼猜想”；代德金 (J. W. R. Dedekind, 1831~1916)；代数学，提出算术公理的完整系统；果尔丹 (P. Gordan, 1837~1912)；代数不变量理论；韦伯 (H. Weber, 1842~1913)；函数论，建立有名的韦伯函数；施瓦尔茨 (H. A. Schwarz, 1843~1921)；微分方程论，提出有重要应用的施瓦尔茨函数；康托尔 (G. F. L. P. Cantor, 1845~1928)；集合论和实数理论；弗雷格 (G. Frege, 1848~1925)；数理逻辑；克莱因 (C. F. Klein, 1849~1925)；代数方程论，椭圆函数论，自守函数论，连续群论和非欧几何，提出著名的《爱尔朗根纲领》；林德曼 (F. Lindemann, 1852~1939)；函数论，证明 π 的超越性；龙格 (C. Runge, 1856~1927)；解析函数的多项式逼近理论，现代计算数学的先驱者；赫尔维茨 (A. Hurwitz, 1859~1919)；线性结合代数；豪斯道夫 (F. Hausdorff, 1868~1942)；集合论，拓

扑学，泛函分析和数论，建立多维空间的度量理论，称为豪斯道夫度量；闵可夫斯基 (H. Minkowski, 1864~1909)；提出四维几何公式，为爱因斯坦建立相对论提供了重要数学工具；兰道 (E. Landau, 1877~1938)；解析数论；诺德 (E. Noether, 1882~1935)；抽象代数；外尔 (H. Weyl, 1885~1955)；黎曼曲面理论，积分方程论，联络空间微分几何学和群表示论；柯朗 (R. Courant, 1888~1972)；复变函数论，偏微分方程论和应用数学，等等。

希尔伯特的青少年时代就是在数学的花朵已从法国被移植到德国，德国数学人才辈出的科学背景中渡过的。1862年他诞生的那一年，“欧洲数学之王”高斯已经去世7年。德国数学界需要代表新时代精神的领头人，这个艰巨而光荣的使命，最终就历史地落在了希尔伯特的肩上。

二 哥尼斯堡的文化传统

任何一个民族、地区都有自己的文化传统。如果一个民族、地区具有尊重科学、重视教育的社会风尚，那就自然有利于科学人才的产生和发展。希尔伯特青少年时代渡过的哥尼斯堡，就是一座具有优良文化传统的古城。

哥尼斯堡建立于13世纪中叶，东普鲁士的首府曾设在这里，使它成为东普鲁士的行政和文化中心。它位于普累格尔河的两条支流之间，这两条河汇合后流入波罗的海。这是一座幽静秀丽的古城，它的文化传统与好几位著名科学家的名字联系着。

对哥尼斯堡的文化传统产生重大影响的第一位伟大学者，首推著名天文学家、哲学家康德 (I. Kant, 1724~1804)。康德及其科学思想，对希尔伯特的成才以及后来的工作有过深

刻的影响，尤其是希尔伯特的数学基础论思想，在许多方面可直接或间接地追溯到康德那里。

康德的父亲是个马鞍匠，母亲是一位才华出众和笃诚的虔信派的教徒。康德在七兄妹中排行第四，长的瘦弱单薄。康德幼时家境十分贫苦，在亲朋的资助下，康德勉强读完了中学和大学。哥尼斯堡大学毕业后，他原打算作一名牧师，但很快就打消了从事神职的愿望，选择了教师职业。1747~1755年，在担任家庭教师期间，他就开始了自己的科学生涯。

此时，他阅读了大量的科学书籍，在无人指导和帮助的情况下，进行了不懈的科学研究。经过8年的努力，他终于在学术上形成了自己的独到见解。康德在科学上的第一项重大贡献，也是最重要的贡献，是把牛顿的关于太阳系起源的神的第一次推动，变为物质运动发展的自然历史过程。1754年，他发表了“论地球自转是否变化和地球是否要衰老”的论文，对“宇宙不变论”大胆提出了怀疑。1755年，他发表了名著《自然通史和天体论》。

在这部著作中，他首次提出了历史上关于太阳系起源的星云假说。在他之前，牛顿曾运用万有引力定律解释了行星的轨道，但是牛顿却把行星的运动归结为上帝的第一次推动。康德认为，太阳系内的各个天体是由原始星云凝聚而成的。原始星云是由充满广大空间的各种运动状态的微粒组成的。由于万有引力的作用，微粒互相接近，逐渐形成团块，较大的团块成为引力中心。中心体不断吸引周围的微粒和小团块而变大，最后聚集成为太阳。同时，有些微粒在向中心体降落过程中，因相互碰撞向旁偏转而围绕中心体作圆周运动。于是，这些微粒又各自形成小的引力中心，最后聚集成为行星，康德的学说不仅

提出了太阳系的起源问题，而且在哲学上具有重要意义。恩格斯曾给予高度评价：“在这个僵化的自然观上打开第一个缺口的，不是一个自然科学家，而是一个哲学家，1775年出现了康德的《自然通史和天体论》。关于第一次推动的问题被取消了；地球和整个太阳系表现为某种在时间的进程中逐渐生成的东西。”^①“康德关于目前所有的天体都从旋转的星云团产生的学说，是从哥白尼以来天文学取得的最大进步。……康德在这个完全适合于形而上学思维方式的观念上打开了第一个缺口，而且用的是很科学的方法，以致他所使用的大多数论据，直到现在还有效。”^②

康德的星云说一提出，就引起了学术界的重视。在《自然通史和天体论》问世的当年，康德就被聘为母校哥尼斯堡大学的收费讲师。当时的德国非常重视保证任命学术职位的高质量，学术任命的必要条件是取得大学授课资格。那些得到了大学授课资格的人，即使没有被正式任命为教授职务，也有在大学讲课的权利，但是他们不拿大学的薪金，仅仅收取选他们课的学生们的听课费，因此也称为“无薪讲师”。康德担任收费讲师达15年之久，1770年，才被正式任命为逻辑学和哲学教授。康德是德国古典唯心主义的创始人。从1770年任命为教授起，他就着手构造自己的哲学体系。经过12年的努力，1781年他的巨著《纯粹理性批判》问世。这部艰深难懂的著作集中体现了康德的哲学思想，对近代哲学和科学产生很深的影响。康德主张在人们意识之外，存在“自在之物”，但又断言“自在之物”是根本不可认识的。他提出有名的“二律背反”，即两

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第12页。

② 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1971年版，第54页。