引用格式：朱亚宗．陈省身：率先引领世界潮流的中国科学家：纪念开创整体微分几何新时代 80 周年[J]．军事高等教育研究，2025，48（3）：43－52．
ZHU Y Z. Shiing-Shen Chern：a chinese scientist who pioneered and led global trends：commemorating the 80th anniversary of pioneering a new era in global differential geometry[J]. Journal of military higher education research，2025，48（3）：43－52.（in Chinese）

陈省身：率先引领世界潮流的中国科学家
——纪念开创整体微分几何新时代 80 周年

朱亚宗
（国防科技大学　军政基础教育学院，湖南　长沙　410072）

摘　要：陈省身以一系列重大数学创新开创了整体微分几何的新时代，其影响遍及数学与物理学的每个分支，创造了中国科学家引领世界潮流的奇迹。陈省身之所以能攀登数学顶峰，主要取决于其发挥到极致的三个关键因素："厚板钻孔"的超常训练、自由自觉的方向选择、独思交往的灵活运用。同时，陈省身又是一位品格高尚、思想丰富而家国情怀深厚的科学大师，堪称为学为人的一代科学楷模。

关键词：陈省身；微分几何；学术主流；科学训练；科学方向；科学交往
中图分类号：G640　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097－4043（2025）03－0043－10
DOI：10.3969/j.issn.2097－4043.2025.03.006

Shiing-Shen Chern：A Chinese Scientist Who Pioneered and Led Global Trends
—Commemorating the 80th Anniversary of Pioneering a New Era in Global Differential Geometry

ZHU Yazong
（*College of Basic Education*，*National University of Defense Technology*，*Changsha* 410072，*China*）

Abstract：Shiing-Shen Chern，through a series of major mathematical innovations，pioneered a new era in global differential geometry. His influence permeated every branch of mathematics and physics，accomplishing the miracle of leading global trends by a Chinese scientist. Chern's ability to reach the pinnacle of mathematics was due primarily to three key factors he mastered to perfection：extraordinary training akin to "drilling through thick planks，" the freedom to consciously choose his research direction，and the flexible application of both solitary contemplation and intellectual exchange. Meanwhile，he was also a great master of science with noble character，profound thoughts and a deep affection for his country and people，worthy of being a role model for scientists in both academic pursuit and personal conduct.

Key words：Shiing-Shen Chern；differential geometry；academic mainstream；scientific training；research direction；scholarly collaboration

一、现代微分几何之父陈省身

在近代数学取得长足进步之前，中西方数学的发展互有短长。西方古希腊欧几里得写出《几何原本》，在几何学领域领先世界。但古希腊衰落以后，欧洲科学也落入低谷。"印度比不上我们，……阿拉伯人的工作，大多是流传希腊的算学。中国

收稿日期：2025－07－18
第一作者：朱亚宗（1944—），男，江苏无锡人。原国防科技大学军政基础教育学院教授，博士生导师，主要从事科技史和科技哲学研究。

的算学家却在此时有几桩值得称道的工作……第一是刘徽，……第二个算学家为祖冲之，……他最重要的贡献是求圆周率，得知 π 之值在 3.1415926 与 3.1415927 之间，……这是一个超时代的贡献！……西洋方面直到 1573 年德人奥陶（Valentinus Otto）才得同样的结果，前后相差一千余年！”[1]178 “到了十三世纪……这时期是中国算学的黄金时期，学者之多，贡献之广，超越前代……杨辉《详解九章算法》已有巴斯噶三角形定理，比巴氏约早四百年。此外如霍纳（Homer）方法，已早为（中国——引者）许多算学家所发现，至秦九韶著《数书九章》（注意此并非《九章算经》），其理遂大明，时间上比霍氏早了五百年。”[1]179

但近代以后，“自利氏（利玛窦——引者）东来至民国初年前后三百余年，中国出的算学家很多，清时汉学家兼善算者尤不少。但其结果与并时的西洋算学家相比，就瞠乎其后了。”[1]180 自利玛窦来中国传播西方数学后，从徐光启翻译《几何原本》起，三百多年间，中国数学基本处于学习西方的状态。随着留学西洋学者的增加和中西科学交流的发展，据陈省身统计，“1920 年左右中国算学家已有将其在国外大学的论文发表于国际第一流算学杂志的。此后数年，即有若干人继起。到了现在（1941 年——引者），国人前后在有地位的国际算学杂志发表论文者，据个人的统计，约在三百篇左右……近代中国算学家工作的范围，代数方面着重于数论，几何则形势几何、微分几何、代数几何都有作者，分析则以函数论、微分方程论、级数论工作者较多。”[1]181

至于中国近现代数学家的研究价值与水平，因“这些专家大多是笔者的师友，批评起来，不免……主观”[1]181，陈省身未能述评。事实上，到 20 世纪 40 年代初，中国数学研究的国际影响以华罗庚的数论为最大，其关于华林问题、塔里问题及三角和的估计等工作，都是国际解析数论的高水平独创性成果。可以说，华罗庚在数论某些方面已达国际前沿水平，开始与国际顶尖数论专家并跑竞先。

当时，国内外同行深识陈省身在微分几何领域深邃而广博的基础，但无人知晓的是，陈省身已如在珠峰大本营蓄势待发的攀登者，随时准备冲击微分几何的珠穆朗玛峰。而当时更难预料的是，世界数学的发展主流正悄悄转向微分几何，陈省身正在通向数学主流的幸运之道上阔步前进。这一方面是因为微分几何从欧拉、蒙日起步，到 1827 年因高斯发表《曲面的一般研究》而成为独立的学科，随后又有黎曼、索菲斯·李、克莱因、嘉当、霍普夫、庞特里亚金、惠特尼等名家的一系列重大贡献，使微分几何在纯粹理论、应用研究及学科交叉等方面影响日益巨大；另一方面，因爱因斯坦广义相对论方程以黎曼几何为重要数学基础，微分几何在与物理学时空研究、宇宙探索的交叉融合中受到广泛的关注和应用。“黎曼几何之大受重视，由于爱因斯坦之广义相对论。爱氏把引力现象释成黎曼空间的曲率性质，因之，物理现象变成几何现象。微分几何的了解遂为理论物理学者所必需。”[1]263 由此，微分几何获得了巨大的发展动力，为数论等其他数学分支所不及。陈省身的微分几何研究，将其导师嘉当开拓的从经典微分几何向现代微分几何的转向工作推向高峰。菲尔兹奖首位华人得主丘成桐，对现代微分几何的发展作出了恰当而生动的描述：“回顾微分几何的发展历史，嘉当是（现代）微分几何的祖父，陈省身是现代微分几何之父。他们合力创造了一门美妙而丰富的学科，影响遍及数学与物理的每个分支。在去世前，陈省身说他就要去见古希腊那些伟大的几何学家了。毫无疑问，他的成就堪与这些大几何学家比肩。”[2]1

布尔巴基学派的数学领袖、杰出的微分几何学大师、陈省身的挚友 A. 韦伊评价陈省身的一篇论文《关于克莱因空间的积分几何》时说：“他把布拉施克学派的积分几何工作一举推进到更高的水平。我对文章所反映的非凡才能和深刻见解有很好的印象，并将这些印象写进评论中。”[1]357-358 A. 韦伊还进一步评价了陈省身对 20 世纪整个数学发展的重大贡献：“如果没有嘉当、霍普夫、陈省身和另外几个人的几何直觉，本世纪的数学决不可能有如此惊人的进展。我深信，只要数学继续发展，就永远需要这样的数学家。”[1]360

要在科学领域引领世界潮流，须具备如下三个条件：一是所从事的科学领域已形成世界统一的学术规范与学术共同体；二是研究者有一系列顶尖学术成果；三是顶尖成果处于学术主流之中，或对未来学术主流有先导性、关键性影响。

中国古代杰出数学家们在中国数学规范与学术共同体下独自发展，没有交流或交流极少，甚至无法相互交流。故纵有宋、金、元时代领先世界的代数方程理论及解法，也不可能产生引领世

界的古代中国数学家。现代留学西方的基础科学家中，不少人取得了世界顶尖的研究成果，但大多是解难题式的局域性成果，还处于追随跟踪国际热门课题的水平上。当陈省身在二次世界大战中的普林斯顿创造震惊学界的奇迹时，也有不少中国物理学家留学西方，成绩斐然，但还没有人达到引领世界物理学潮流的境界。杨振宁的评价是："1945 年的时候，中国的物理学界，哪一个人在国际的物理学界有地位，我想吴大猷必须是一个，另外是彭桓武跟张宗燧、钱学森。"但"他们在国际物理学界的地位，都没有那么高"[3]232。

陈省身作为纯粹数学领域高水平的终生创新者，21 岁发表第一篇学术论文《具有一一对应点的平面曲线对》（载于清华大学《理科报告》，1932 年），91 岁发表最后一篇论文《关于芬斯勒几何中的联络》（载于《中国数学年刊（B 辑）》，2002 年），其在数学领域的研究跨越整整七十年，起步年龄之早，收官年岁之高，持续创新年限之长，为中外数学史所罕见。陈省身一生发表 200 余篇论文，无一不具有独创性，其中最重要的三篇文章，都是 20 世纪现代微分几何的巅峰之作。一是《关于闭黎曼流形高斯－博内公式的一个简单的内蕴证明》，不足 6 页，丘成桐评其为"现代数学史上最了不起的工作之一"[2]9。二是是 1945 年美国数学会夏季大会上的演讲《大范围微分几何若干新观点》，开创微分拓扑研究的前辈权威学者霍普夫（1894—1971）评之为开辟数学新时代的宣言书："此篇演讲表明，大范围微分几何的新时代开始了。这个新时代以纤维丛的拓扑理论与嘉当微分方法的综合为特征"[1]205。三是《埃米特流形的示性类》（即著名的"陈氏示性类"，也称陈类或者陈氏类）一文，运用复向量丛，创造"超度"的概念和方法，因此引进了"陈类"。丘成桐评价道："陈氏类成为近代数学最重要的不变量。"[2]10另一方面，陈省身与爱因斯坦相似，习惯"对每一个问题从根本上下功夫"[1]358，因此所得成果，尤其如上所述的重大成果，不会昙花一现，都在当时震惊学界或未来引领同侪。当然，其中也不排除幸运之神的惠顾："杨振宁先生最近跟我讲，我们都很幸运。像杨－米尔斯理论（规范场论——引者），杨－巴克斯特方程，现在都是正红的时候。有些人在科学上也许有很重要的贡献，大家也承认他们的贡献，可是贡献完了，工作就结束，不能再发展。像他（杨振宁——引者）的情形，我（陈省身——引者）的情形，陈－西蒙斯式，现在做的人很多。"[1]308可以说，引领学术主流的有深远影响的贡献，对创造者而言，既可计划，也不可计划，有时是深思熟虑所致，有时是客观形势所助。

陈省身的至交杨武之、杨振宁父子以大家气象与诗客情怀，情理交融地讴歌了陈省身不朽的数学成就，二人的诗各有一句流传甚广的名句，对于社会层面了解陈省身起到很大作用："独步遥登百丈楼"（杨武之）、"欧高黎嘉陈"（杨振宁）。陈省身作为中国杰出科学家，其成就与欧几里得、高斯、黎曼、嘉当等伟大科学家的贡献并列，成为开创中国科学家引领世界潮流的先例，铸造了中国与世界科学史上一座千秋敬仰的丰碑。

虽然"现代微分几何之父"与"欧高黎嘉陈"的评价已非常荣耀，但仍不能尽述陈省身的贡献与影响。正如丘成桐所言，陈省身与其老师嘉当的"影响遍及数学与物理的每个分支"[2]1。在著名的数学史与科学史家、数学家 D. 麦肯齐看来，20 世纪数学发展有三大趋势：一是物理与数学间的联系变得更为深刻与神秘；二是几何学的崛起；三是全球化不断发展。而"例示所有这三大趋势的人物，陈省身当仁不让"[4]174－175。

二、通向数学顶峰之路

在中国科学总体上处于追赶世界先进水平的时代，陈省身何以能率先攀登高峰，引领世界数学发展的潮流？笔者从三个方面对此进行了深入分析。

（一）厚板钻孔的超常训练

爱因斯坦曾以木板钻孔比喻科学研究的品味，非常瞧不起挑最薄处打孔的研究者："我不能忍受这样的科学家，他们拿一块木板，寻找它最薄的部分，在上面钻许多孔，不费多少力气。"[5]这对科研生态系统中资源或能力相对有限的一类人员有些严厉，但不可否认的是"厚板钻孔"却是高水平科研人员必经的历炼。爱因斯坦本人从中学时代就瞄准一个最根本、最艰难的物理学问题，十年磨一剑，于 26 岁独创相对论。

陈省身中青年时期对微分几何的划时代贡献，即基于从中学时代开始的厚板钻孔的超常训练。陈省身在中学时代已显示出很好的数学天赋，晚年他曾回忆在天津扶轮中学学习数学的美好时光：

“我念数学不觉得困难，感到特别容易。数学课本用的是当时流行的霍尔与奈特合著的《代数学》和《高等代数》，温特沃思和史密斯合著的《几何学》及《三角学》……北师大毕业的郑次纯老师教数学，用的是英文课本，习题多极了，他说全做，我就全做。有时一个钟头能做二三十道题，但也有个别不会做的。别的同学就做得少一些。”[6]9

既有天赋又能用功的中学少年陈省身，对几何学产生了浓厚兴趣，并能主动地深钻几何问题。他钻研的方法与今日中学生大量刷题的路子大相径庭，是潜心深钻自己有兴趣的几何问题，将一个问题从各个角度钻深钻透，务求彻底掌握。1926 年，15 岁的陈省身于扶轮中学校刊（《扶轮》）发表了平生第一篇数学文章《一几何定理之十六个证法》，系统论述了平面几何中弦切角定理（“弦切角等于它所夹的弧所对的圆周角”）的 16 种证明方法。陈省身深钻一题的方法，非常契合今日培养幼儿创造性思维的心理行为学方法：每阶段只给幼儿一两件玩具，而非满屋子玩具，幼儿在反复摆弄玩具中玩出新花样，从而产生创造性乐趣。陈省身的方法是自创还是有高人指点不得而知，不管如何，一百年以前就具备如此培养数学兴趣与创新的思维，非常难能可贵。更令人惊赞的是，文章还有超越数学证明之外的价值与思想层面的发挥：“几何学在数学中占了极重要的位置。非但有志于研究科学的人，应当注意它，就是普通的中学也应该拿它当做应有的常识……增加学生对于几何的兴趣，更是一件不可或缓的事。我认为在一个几何习题中，去寻出它的种种证法，很可以引起研究几何的兴趣，并且又可以养成有系统的脑筋。”[6]11

今日不少有数学天赋的青少年停留于表面的刷题，也可以获得奥数竞赛的奖牌顺利进入名牌大学数学系，但难于攀登数学的高峰，更不用说作出数学上的划时代贡献。差距如此巨大，我们当思少年陈省身思想方法的深刻启示。

陈省身在大学与研究生阶段的学习成绩一贯优秀。1930 年 6 月，19 岁的陈省身以最优等毕业生的荣誉获南开大学理学学士学位；1934 年，陈省身又以“11 门主课中 10 门‘超等’、毕业论文‘超等’的成绩从清华大学毕业，获理学硕士学位”[6]45。值得关注的是，在读硕士研究生期间，陈省身已初步养成独立研究的能力，在孙光远教授指导下可以自己找题目写成论文并公开发表：《清华大学理科报告》1 篇、日本《东北数学杂志》2 篇。其中，1 篇硕士论文的摘要还被德国《数学文摘》录用。

1932 年，德国微分几何大师布拉施克应邀到北京讲学，地点在东城北京大学旧址，与清华大学相距数十里。陈省身每次赴会，是最心领神会的热心听讲者之一。“我正是清华大学的研究生。他的系统演讲有六讲，题目是‘微分几何的拓扑问题’，内容其实是网理论，与拓扑关联不多。他在北大演讲，我每次进城去听，并作笔记。当时这问题刚刚开始，内容不深，我大致都懂。”[1]96对国际前沿性学术报告孜孜以求，并听得进、勤记录、能理解，预示青年陈省身的学术前途将不可限量。

清华大学硕士毕业后，成绩优异的陈省身可选择到欧美留学，但他不慕虚名、不赶时髦，为师从心仪的导师布拉施克学习微分几何，选择了德国的汉堡大学。1934 年 9 月，陈省身到达汉堡大学，因布拉施克外出讲学，由其助手凯勒博士具体指导。接着陈省身经历了一段苦读精思的历炼：“凯勒先生那时刚完成他的一篇论文，后来称为‘凯勒空间’的即此论文之发现。他是布先生的助教，他学问渊博，态度谦和，工作上正在突进的时期。他写了一本小书《微分方程组论》，发挥法国大数学家 E. 嘉当的理论。书中的基本定理，后来称为‘嘉当－凯勒定理’，凯勒先生领导一讨论班，共读他的书。但是这理论太复杂了，凯先生又不善于讲书，结果如一般讨论班的命运，参加者愈来愈少。我则‘抗战到底’，所以也许是最受益处的人……嘉当先生的论文以难读出名。我渐渐习惯于他的想法，觉得实在是最自然的。我的博士论文是嘉当方法在微分几何上的应用。”[1]22－23

博士毕业后，陈省身又知难而上，于 1936 年 10 月到巴黎，直接师从嘉当，学习令绝大多数人望而却步的嘉当理论。20 世纪最顶尖的数学家之一外尔也不得不承认嘉当的著作难读。他在 1938 年评论嘉当的一本书中这样写道：“嘉当无疑是微分几何领域中活着的最伟大的大师……我必须承认这本书就像嘉当的大多数文章一样，是很难读懂的。”[2]39陈省身决心攻克艰难的嘉当几何，有深层的价值观指引——科学精神与数学追求至上：“如果一个人的目的是名利，数学不是一条捷径。当时最好的几何学家是嘉当，但在（20 世纪——引者）30 年代，嘉当的工作很少人理解，被认为

‘超越时代’。我为嘉当的博学精深倾倒，遂于1936年10月到巴黎，在那里逗留了10个月。话说回来，做研究实在是吃力不讨好的事，所以学业告一段落便不再继续那是自然现象，中外皆然。在巴黎的庞加莱研究所有整架的精装博士论文陈列，但大部分作者都已经不知去向了。长期钻研数学是一件辛苦的事。何以有人愿这样做，有很多原因。对我来说，主要是这种活动给我满足。杨武之先生赠诗予我说‘独步遥登百丈楼’，实道出一种心境。我平生写了很多文章，甘苦自知，不是一言可尽的。”[2]56

陈省身师从嘉当学习的主要方式是苦读与讨论，后来他回忆道：“我每两星期去他家里一次，回来的第二天往往接到他的长信，继续表示前一天所讨论的问题的意见。在巴黎十个月，工作异常紧张。”[2]23

经历10个月与嘉当高难度、高强度的深度讨论，收获滚滚而来，陈省身的微分几何水平突飞猛进，远超同侪，站到了世界微分几何的最前列。陈省身曾不无自豪地回忆说：“他（指嘉当——引者），即使到今天（1991年——引者），也未见得被人普遍接受。我甚至说过，现在的许多微分几何学书籍写得不好……倘若用我对嘉当的理解，则可以很容易得到。这一点我曾经提出过，但许多人仍旧不改。这倒也不错，我可以保留一种‘秘密武器’，你们做不出的结果，我可以做出来。”[2]56“嘉当是当时公认的最伟大的几何学家，相认不久，他允许我到他家中讨论……一年中工作紧张，而获益甚大。1937年夏离去时，自信对微分几何有了相当深刻的了解。”[2]26

而著名的微分几何学者伍鸿熙教授评论说，从嘉当处学成归国后，在“严酷的战时生活条件中”，陈省身继续“加深和拓广了他对嘉当工作的理解……这段孤独的岁月使他得以精研70%以上长达4,750页的嘉当论文集（嘉当论文共计达6,000多页——引者）”[2]191“在四卷本的《陈省身论文选集》中，几乎每一面都闪烁着嘉当的影响”[2]191。

这一番厚板钻孔的超常训练，为陈省身打下深邃而宽广的微分几何理论基础，以及神妙过人的微分几何的复杂计算技巧。在未来征服微分几何一座座美丽高山和险峻巅峰的探索中，陈省身很快成为捷足先登的引领者。

（二）自由自觉的方向选择

37岁获国家第一届自然科学奖一等奖、38岁被遴选为中国科学院学部委员（院士）、81岁又荣获国家首届“最高科学技术奖”的著名数学家吴文俊（1919—2016），是陈省身的学生。他与国际友人谈起学术经历时说道：“我与陈师本不相识，只是在中央研究院数学研究所耽了一年，从陈师学习代数拓扑，从此走上了拓扑的研究道路。闻者大为惊异，拓扑号称难学，一年就在拓扑上做出研究成果，认为不可思议，因而见人就说此事。其实这并不可怪，这正好说明陈师善于提携后进，指导有方所致。”[1]348吴文俊所说陈省身“指导有方”，自然包括计算方法、理论证明等指导，但最重要的是陈省身关于研究方向的指点。

有一次，青年吴文俊写了一篇关于点集拓扑方面的论文交给陈省身。陈省身把文章退还给吴文俊时，写下了“方向不对头”的尖锐评语。吴文俊回忆说：“陈先生的这一指点扭转了我的注意力，使我从此贯注于具有几何意义的实质性问题，从而避免陷入概念与概念之间无穷无尽烦琐论证的泥坑之中。这对于我此后的学术工作，其影响是难以估计的。”[7]学术研究是从抽象的概念定义出发，还是从实质性的问题出发，是一个哲学认识论高度的根本问题，自然属于科学研究的重大方向问题。了不起的是，陈省身作为纯粹基础科学家，他不仅关注思想方法这一哲学层次的方向性问题，而且重视专业方向这一学科层次的方向性问题。陈省身在论及争取中国数学在国际上的平等和独立时指出，“中国数学不一定跟西洋数学做同一方向，但是要有同样的水平”[1]116。这里所说的研究方向，即指学科专业方向。

就专业方向的选择而言，即使在杰出科学家中，陈省身也可以说如有神助，堪称潜心一志、始终不渝的典范。杨振宁青少年时代多才多艺，学业成绩出类拔萃，然而直到西南联大物理系硕士毕业时，仍然不明自己应在哪个专业方向上深造。留美一年多以后，他才在导师泰勒的指导下，选择理论物理方向，从此未来事业一帆风顺。钱学森在青少年时代也是才华横溢的才俊，但20世纪30年代，他在留学麻省理工学院时受挫，转向加州理工学院师从力学大师冯·卡门后，方才充分施展数理才华，大展宏图。对于天才华罗庚，有一种观点认为，如果1936年赴欧留学时，不是到伦敦师从哈代学习解析数论，而是到汉堡师从阿廷，学习刚刚兴起的代数数论，无论是华罗庚本人，还是中国数学，局面都将因此改观。

相比之下，陈省身少年时代就非常自觉地选择了既适合自身兴趣与专长，又有客观发展空间的学科专业——数学。陈省身后来回忆说："一位记者先生问我如何决定读数学的。我说中英文都不好，又不会做实验，就只好读数学了……现在想来，我的读书路线，实在是早就确定的。比之多才多艺的人，我的选择问题，较为简单，一生受此益处不浅。"[1]20陈省身谦逊，未言数学之长，说自己中文不好，也是过谦。事实上，报考南开大学时，他完全未学解析几何，纯靠自己苦读三个星期，总的数学成绩竟在全体考生中位列第二名。至于中文，陈省身曾在扶轮中学校刊发表过诗作《纸鸢》和《雪》、哲理文章《科学与宗教》以及数学文章《一几何定理之十六个证法》，当有超越一般同学的中文水平。陈省身虽有些偏科，但各门功课总体水平很高，因此能考上名牌大学。

发人深省的是，青少年在选择专业方向时，兴趣与长处突出的偏科生，反而胜于多才多艺却未有突出兴趣专长的"优等生"，前者目标简单、明确而专一，后者因缺乏目标往往复杂、犹豫而易变。另外，值得注意的是，有热烈爱好与显著长处但总体成绩一般的偏科生，如果能进入发展其专长的一般大学，其发展前景常常优于进入名牌大学而缺乏专长的"优等生"。例如，湖南怀化学院的前身怀化师专就出过中国杰出的数学家席南华。在怀化师专数学系毕业后，席南华顺利进入华东师范大学与中国科学院数学研究所深造，曾荣获第十届"陈省身数学奖"，46 岁被遴选为中国科学院院士，是当代中国顶尖的数学家之一，现任中国数学学会理事长。

陈省身选定学习数学这一大方向后，仍然面临深入研究专业小方向的选择问题。1926 年起，他在南开大学受教于姜立夫教授，学习了线性代数、复变函数、微分几何、非欧几何等，依然没有确定具体的专业方向。1930 年大学毕业后，又考入清华大学，师从归国后继续写论文的孙光远教授，学习投影微分几何学，由此学会了写投影微分几何学的文章。随着眼界的扩展和知识的积累，特别是受德国微分几何大师布拉施克教授系列演讲的启示，陈省身对自己未来专业方向的选择，形成了自觉而深入的见解："那段时期确定了微分几何为自己研究的方向……微分几何的正确方向是所谓'大型微分几何'，即研究微分流形上的几何性质。它与拓扑学有密切关系，其系统研究，那时刚才开始。这是在清华时始终憧憬着的方向，但未曾入门。那时的心情，是远望着一座美丽的高山，还不知如何可以攀登。"[1]22

有了高度自觉的深入认识，还需有自由宽松的环境支持。幸运的是，清华大学研究院非常开明，不仅支持陈省身出国深造，去追求更远大的学术志向，而且打破通常的赴美留学惯例，准许陈省身留学德国，到汉堡大学师从心仪的微分几何大师布拉施克。正是在汉堡大学，陈省身受到布拉施克与凯勒高水平的训练，微分几何学养突飞猛进。凯勒讨论班对其影响尤为深刻，其"通过讨论班认识到了嘉当（E. Cartan，1869—1951）工作的威力和洞察力。"[6]432此外，还听取了汉堡大学其他名师的高水平课程。"只要有可能，陈省身尽量参加阿廷的课程。听过的课包括复变函数论、代数拓扑、相对论和代数逼近等。还听过赫克的代数数论课。"[6]432这大大拓展了陈省身数学理论的广度和深度，为其之后大跨度学科交叉创新与独创性研究打下了深邃广博的基础。

1936 年 2 月，留学德国仅一年半的陈省身提前获得博士学位。在又一次面临学术方向的选择时，他问计于导师布拉施克，布拉施克给他提供了两种选择：一是留在汉堡大学随 E. 阿廷、E. 赫克等名师学习研究代数数论；二是到巴黎师从 E. 嘉当继续微分几何的研究。学术理想远大而基础深厚的陈省身选择去巴黎进一步深造。陈省身之所以拥有去巴黎的自由选择，是因为中华教育文化基金会同意支持其延长留学一年，且可以任选博士后深造的地点。外在的自由与内心的自觉再次交汇，推动陈省身攀登微分几何的顶峰。

在师从嘉当 10 个月的过程中，陈省身一边苦读精思，一边接受嘉当的面授笔谈。他"学习了活动标架、等价方法以及更多的嘉当－凯勒理论。更重要的是学到了嘉当的思想方法，数学功力突飞猛进"[6]433。1937 年回到中国后，陈省身继续收到嘉当寄来的论文抽印本，进一步深研消化嘉当的几何理论，并写出多篇高水平微分几何论文，发表在美国的《数学纪事》上。这些论文受到美国顶尖数学大师外尔、韦伊、维布伦等人的赞赏，他们策划邀请陈省身访问可以进行自由研究的普林斯顿高级研究所。1942 年 2 月，维布伦发出正式邀请，并通知其已获得每年 1500 美元的经济资助。尽管战时环境恶劣，路途遥远艰险，陈省身还是接受邀请，于 1943 年 7 月 15 日启程赴美。陈省

身后来回忆说："我 1943 年由昆明去普林斯顿是一生的大决定。那时大战方酣，中美交通困难……但我决心赴美，不顾一切困难。"[1]23 此时的陈省身，犹如已进入微分几何的珠穆朗玛峰山腰大本营，蓄势待发。攀登巅峰的基本条件已经具备，再借普林斯顿的人才、资料、环境之助，他自信可以冲击顶峰。

1943 年 8 月 14 日抵达普林斯顿后，陈省身无意中得到曾为自己审稿的数学名家韦伊的一篇文章，其中一个"被积表达式"，恰恰补足了他深思熟虑而接近突破的"高斯－博内公式内蕴证明"的一个盲点。于是，陈省身花几个星期就写出了论文《关于闭黎曼流形高斯－博内公式的一个简单的内蕴证明》。论文不到 6 页，简洁漂亮，堪称微分几何领域划时代的杰作。这时陈省身到普林斯顿还只有两个月。43 年后（1986 年）回顾这一重大创新，陈省身依然满怀自豪与激情地写道："这可能是我一生最得意的文章……我的证明有新见，解决了技术上的困难，并开创许多新发展。这在科学研究是难得的。（所谓'文章千古事，得失寸心知'。）"[1]28

陈省身在既有外在自由又有内心自觉的条件下，通过艰辛探索作出重大创新，并获得巨大心灵满足的科学史事件，不禁使人想起马克思的一个深刻思想：自由自觉的劳动成为人类获得幸福的唯一源泉。虽然大多数人达到这样的境界尚需时日，但仍有少数人如陈省身一样，有幸超越时代，从自由自觉的劳动中获得幸福。随着科技进步与文明发展，这样自由自觉的劳动者必然会愈来愈多，而这与从事脑力劳动或体力劳动关系不大。令人惊赞的是，作为数学家的陈省身，在评论中国现代有成就的数学家——浙江大学陈建功与苏步青当年的数学科研工作时，竟与马克思的伟大论断高度契合："1930 年以后，国内数学界有长足的进步。许多在国外留学而有成就的学生回国了……尤其浙大在陈、苏二先生主持下，学生甚多，工作极勤。可惜他们采取的态度，可名为'学徒制'，学生继续做先生的问题，少有青出于蓝的机会。要使科学发展，必须要给工作者以自由，这是值得深长思的。"[1]22

陈省身是知行合一者。有幸在早年数学生涯中享受到高度外在自由，又在几何学界享有崇高地位的陈省身，从不将自己的意志和意见强加于研究生。1970 年 8 月，数学界权威韦伊认为，因数学的发展，对数论上著名的黎曼猜想的证明已只有一步之遥。陈省身很想让才华出众的丘成桐一试，选此难题为其博士论文题目。丘成桐后来回忆道："陈先生期望我能破解它……催促我立即开始工作……出于个人的品味，我对几何问题的兴趣远比对解析数论的大……我不为黎曼猜想所动……而且那时候，我的心早已被卡拉比猜想占领了。"[8] 陈省身最终尊重了丘成桐的选择，另定了一个丘成桐有基础的题目作为其博士论文选题。丘成桐也不负师望，博士毕业后经过长期努力，终于在 1976 年证明卡拉比猜想，震撼了世界数学界，并于 1982 年成为菲尔兹奖首位华人得主。

（三）独思交往的灵活运用

陈省身在数学研究中，既是独自苦读精思的神手，又是喜爱交流往来的高人。他不仅在个人独思和与人交往上分别达到极致的程度，而且使易于顾此失彼甚至互不相容的二者，能够用当其时、各得其所。这是一种天赋，同时也是潜心刻苦训练的结果。

在天津扶轮中学读书时，陈省身虽非门门优秀的全才，但对自己喜爱且擅长的数学与国文，已展现出个人苦读精思的功夫。发表在《扶轮》校刊上的数篇文章是明证，陈省身自己的回忆也透露出其少年时期已善于独立钻研："我的习惯是自己主动去看书，不是老师指定要看什么参考书才去看。"[6]11 陈省身独自深钻几何学中弦切角定理的 16 种证法，完全符合"兴趣—深钻—创新"的科学训练正确路径，与今日儿童创造心理学关于幼儿应看懂并动手玩透一个玩具，不宜浅尝辄止地同时玩很多玩具的主张，不谋而合。

在西南联大独自钻研微分几何的陈省身深感孤独，无人可以理解分享，更无人能够指导。"我用许多时间读投影微分几何的论文，可惜那只是数学的一旁支。投微（投影微分几何是导师孙光远擅长的领域——引者）的研究当时已到结束阶段，我渐觉它的肤浅……那时国内……实在还没有人了解研究的主流所在。"[1]21 这样的处境适合独自深思钻研，陈省身回忆说："在西南联大 6 年，……我身边带了一批嘉当及其他数学家的论文复印本，所以虽在播迁，工作不全辍废。而学校在战时不正常，反给我更多的时间，可以从事工作，研究论文仍旧继续发表。我当时在国内跻列群贤中，

被看作数得上的数学家，即在国际，亦渐为若干人所知。”[1]23对纯粹数学这样很少依赖设备、经费的学科来说，热烈爱好并训练有素者，无论是顺境还是逆境，都不能阻挡其探索研究的步伐，而逆境还可能更有利于苦读精思式的独立研究方式。丘成桐曾评论：“嘉当一生中的论著约六七千页，他至少读过其中的百分之七八十。有一些文章他反复研读过好几遍。在战争年代的孤立环境下，很容易做到全身心地阅读和思考。”[2]6此时，陈省身的微分几何学术水平和创新能力已处世界前列，但与同处国际先进水平而主要研究数论的华罗庚不同，其高水平的微分几何研究工作在国内无人能够理解。杨振宁后来说：“1943 年去普林斯顿以前，一般的印象是华（华罗庚——引者）的工作比陈的厉害……因为当时中国的科学家没有人懂他那个工作，他这个工作在美国，尤其是安德烈·韦伊就立刻知道是非常重要的工作，中国没有达到这个地步。”[3]198－199在这样的学术环境中，陈省身虽未如华罗庚那样获奖，依然平静而智慧地独思独创，向国外投寄高水平的微分几何论文。

喜好交往，是陈省身天性的另一面。与国际微分几何界及数学界广泛深入交往，既是一种爱好，又是取得重大成果与拓展影响力的重要途径。陈省身写道：“学术影响主要是看工作，但个性也有关系。我喜欢与人交往：我和 A. 韦伊的友谊已有半个世纪了；和博特、尼伦伯格、谢瓦莱、格里菲思、塞尔和希策布鲁赫等著名数学家也都合作写过论文。此外，我带学生，由我任导师获博士学位的超过 40 人；我也和许多年青数学家交往，联合发表论文。我想我能看出有意思的问题来做。”[1]59

“用功与否不能看表面。成天呆在办公室里，没日没夜地看书、计算，草稿几麻袋，这是一种用功。但有些人东跑西看，散散步，谈谈天，也是在用功，而且说不定成就更大。当年在格丁根，范·德·瓦尔登成天呆在办公室里，而科－福桑则东跑西看，两人成就都很大。科－福桑在二维流形上的工作是开辟道路的。他东跑西看时，其实也在思考……而新学科的开辟，往往有赖于新的数学观念和思想。这些光靠坐在办公室里练技巧是不成的，必须广为涉猎，与人交谈通信，融会贯通，扩大视野……我在普林斯顿时，常和大数学家外尔闲聊，他就是向前看。他有一次对我说‘看来代数几何将会有大发展’。后来的事实果真如他所料。”[1]59

陈省身第一个震惊微分几何学界的成果是“高斯－博内公式”的内蕴证明，是陈省身自认为一生最得意的工作，也有人认为是其一生最伟大的工作。这一微分几何领域划时代重大成果的产生，是说明陈省身独思与交往互补创新最精彩的案例之一。

先说独自苦读精思。1937 年归国后，陈省身在昆明西南联大独自钻研嘉当几何，花大量时间阅读和思考嘉当寄给他的一箱论文预印本和一些老文章。“高斯－博内公式是一个非常重要、非常基本的公式，这不仅在微分几何中，在整个数学中也是如此。在 1943 年到普林斯顿之前，我就已经在考虑这个问题，所以在普林斯顿时的发展是很自然的。”[1]65陈省身的新证明，其主要的理论基础虽是嘉当几何，但若没有基于嘉当几何以及相关数学知识的深度独立思考形成的新思路与新思想，陈省身到了普林斯顿也无法有效利用那里的资料、信息、专家意见及交流平台等条件，更不用说只用几个星期就完成划时代的论文。事实上，“高斯－博内定理”新证明所需的基本要素，陈省身已经悟出来了。他在晚年时回忆说：“我的证明是全新的。我利用外微分的方法、纤维丛的观念，把高斯－博内公式看成庞加莱－霍普夫不动点定理的度量表示，引进超度的现象。”[6]109

陈省身到普林斯顿后，通过与韦伊的交往补足了高斯－博内公式新证明的最后一环。陈省身的好友杨振宁讲述了一个精彩的故事，是说出了名的难相处的杰出数学家韦伊却能与陈省身相处甚欢，并意外地帮助陈省身突破最后一关，成就了微分几何划时代的贡献：“陈先生跟我讲，在数学家里面，恐怕他是安德烈·韦伊最好的朋友……陈先生这个人比较有中国人的处人作风，所以很容易跟人相处……所以安德烈·韦伊跟陈先生很快就熟悉了。陈先生 1943 年去了普林斯顿，那时安德烈·韦伊在理海大学，他为什么在理海大学呢？……因为那个时候，高等研究所跟美国的大学都不留他，所以他一生都对美国非常不高兴，后来虽然美国请了他做教授，但是他还是不满意。所以他在理海时，陈先生有时候去看他，他就把他那个文章给了陈先生看。我猜想，陈先生为什么能够几个礼拜之内就写出来不到 6 页的文章呢？

就是因为安德烈·韦伊的文章……有一个被积表达式，……陈先生一直想推广高斯－博内公式到高维，可是他不知道四维、六维的被积表达式。当他一看到安德烈·韦伊的论文后，他就不理安德烈·韦伊是怎么证明的，他自己用了外微形式，从而就写了一篇不到6页的论文。用英文讲就是‘and created history（创造了历史）’。”[3]34

上述关于陈省身的故事，启人深思的一点是，科学家在科学共同体中若善于主动交往、积累人缘，有时甚至可引发“万事俱备，只欠东风”的“东风”——科学上重大突破最后一个条件的输送者。哥本哈根学派总结了“科学扎根于讨论”的名言，陈省身则喜欢用“交往”一词，与“讨论”既相似又有别，富于中国传统文化特色，内涵更为丰富。在充满理性的数学研究中，“交往”注入了深厚的情感因素，使陈省身的数学生涯生动有趣，充满活力。陈省身之所以能“独步遥登万丈楼”，成为罕见的数学领域的终生创新者和创立中外三个数学研究所的数学领袖，其喜欢交往而又善于交往的品性功不可没。

三、超越数学的情志思想

陈省身虽是数学领域的巨星，但除了拥有非凡的数学智慧外，其丰富的思想、高尚的人格与家国的情怀，也为中外科学界所敬仰。这样的情志思想，与陈省身不朽的数学业绩密不可分。以下略举数则，或有助于读者拓展对科学巨星的认识与思考。

（一）民族自信

基于对中国古代数学史辉煌篇章的深刻认识与自己驰骋国际数坛数十年的经验，陈省身在一次大会上自豪地宣布：“中华民族的数学能力不需要再证明了，完全明显了。现在就是如何再继续发扬。”[1]119

（二）心系原创

晚年的陈省身指出中国在科技上的一些层面已处于世界前列，但在科学原创，尤其是引领世界的科学原创层次，以及原创性顶级科学人才方面，尚有差距：“像造一座大厦，要有人设计（工程师），还要有人建造（工匠）。数学也是一样，要有数学设计师，也要有数学工匠，两者都不可少。好的数学家都是一身二任，自己设计自己制造。就中国的现状来说，数学匠比较多，数学师比较少。多是外国人设计建造，中国人扩建，有的连扩建也说不上，只是‘修补’而已。”[6]258 20多年过去，中国的原创状况有不小的进步，但科学原创性薄弱的局面尚未根本扭转。为此陈省身主张从数学教育抓起，他在临终前一个月的一次访谈中说道：“走自己的路，不要学美国的数学教育。我们的学生基础比较好，应当保持。然后注意创造性，使学生对数学发生兴趣。”[6]384

（三）不随大流创主流

陈省身当年去欧洲留学时，数学的主流是“分析”，嘉当微分几何还是少有人问津的难啃的阳春白雪。但陈省身选择了微分几何，苦读精思凯勒－嘉当微分几何，直接师从嘉当学习，归国后又在西南联大深研了6年。因此，其到普林斯顿后很快便取得了突破性进展。韦伊评论陈省身说：“不管别人的先入之见而直接对每一个问题从根本上下功夫……不久后示性类的概念被陈的工作整个地改观了。首先由于他对‘高斯－博内公式’的证明，然后是他对整体微分几何中复结构与准复结构所起作用的根本性发现……从而使整个问题豁然开朗。”[1]358 陈省身成为引领整体微分几何潮流的大师不久之后，这一方向也成为整个数学研究的主流。陈省身由此感慨地说：“研究贵独创，不要跟着人走。”[1]308 “我倒觉得可以鼓励人们不在主流数学上做。最理想的情形是：现在做的不是主流，而过几年却成为主流了。”[6]253。

（四）科学品味

陈省身作为超一流的数学大家，有其独特的精神境界与科学品味。1994年1月6日，陈省身应邀到上海科学会堂对青年数学家作演讲，谈到数学研究的内在动力时说：“我们要帮助的是那些热爱数学的优秀人才。我们搞数学的生活要改善，但也不能太舒服。住在上海的宾馆、饭店，舒服得很，菜烧得非常好吃，可我觉得那不必是做数学的地方。做数学的人是另外一种享受，大家聚在一起，互相谈谈。一旦有了一个得意的想法（Idea），无论简单的还是重大的，都是一种最高的享受。数学这个职业，生活相对比较清苦，发不了财，但有一个好处，就是比较保险。做一个数学家至少得下十年苦功，不是什么人都能来顶替的。”[1]142

集非凡才智与高尚品格于一身的陈省身，不

禁使人想起爱因斯坦对居里夫人的评论："第一流人物对于时代和历史进程的意义，在其道德品质方面，也许比单纯的才智方面还要大。即使是后者，它们取决于品格的程度，也远超过通常所认为的那样。"[9]

（五）扬"美"抑"卷"

科技界的激烈竞争历来不断，如牛顿与莱布尼兹的微积发明权之争。有时候争议超越个人而涉及不同国家或民族，如马可尼与波波夫关于无线电通信发明权的争议，中国活字印刷发明权受到国外的挑战，等等。针对数学界存在的过分夸张的竞争，陈省身提出了一个富有创意的见解："劝大家欣赏数学的美，减少竞争的心理。"[6]110

陈省身非常谦虚自律，即使有人抹杀自己的重要成果，也不会去争。在 1950 年国际数学家大会上，陈省身应邀作 1 小时演讲。他作为世界顶尖数学大师把自己的重大成果推广到任意李群时，出现了一个漏洞：缺一条引理。另一位资深顶尖大师外尔对李群更熟悉，补足了这一缺失。因当时外尔的影响巨大，人们把相应的定理误称为外尔定理，竟将陈省身排除在外。陈省身对此十分平静，不怒不争，也如此称呼定理。后来，经了解实情的数学家纠正，实至名归地称为"陈－外尔定理"，是纤维丛的一个基本定理。因此，陈省身一贯的谦逊作风，赢得国际学术界一致的好评。美国著名科学史家、数学家 D. 麦肯齐有一本专著《无言的宇宙》，述评古今中外 24 位创造了最美方程式的数理大家，陈省身是唯一入选的华人科学家，而且是全书唯一给予为学为人两方面高度评价的科学家。书中写道："像狄拉克一样，陈省身对于他的成就也非常谦虚，但与狄拉克不同的是，他能与别人相处甚欢。"[4]181

陈省身堪称中国优秀传统文化涵养深厚的君子，不争虚名，不图私利。然而，老子有言："夫唯不争，故天下莫能与之争。"业绩与人格卓绝的陈省身虽然不争，但科学界又有几人能与其比肩。另一方面，陈省身又极力为中华民族的声誉争，促成了 2002 年第二十四届国际数学家大会在北京召开。陈省身积极倡导组织在中国召开国际数学学术交流会议，从 1980 年到 1986 年，连续七届举行"微分方程和微分几何国际讨论会"，并亲自出面邀请世界一流数学家到会演讲。同时，他还极力为年轻数学家争取出国学习的名额。

四、结语

在中国现代科技起步不久，中西科技落差巨大，又遇抗日战争的特殊年代，陈省身筚路蓝缕、潜心一志，艰苦卓绝地开辟了中国与世界现代数学的新方向。他长期立于世界现代数学最高峰，引领微分几何的世界潮流，为中华民族科学的伟大复兴与重新树立科学自信作出了巨大贡献。而其创造奇迹的独特科学之路与治学之道，是中国科技史、文化史乃至世界科技史无价的瑰宝。

当代中国走向世界科技强国已是大势所趋，不可阻挡。但是依然有赖于一个不可或缺的重要环节的完善——基础研究水平的领先与世界顶尖人才的不断涌现。陈省身的成才、业绩、方法、人格与精神，无疑是中国顶尖人才成长发展的绝佳榜样。有学术理想的年轻一代当以陈省身为榜样，学习磨练攀登世界科学高峰的品格与智慧，而广大教师与教育管理者则可从陈省身的成才之路，获得改进教学与人才培养的深刻启示。

参考文献：

[1] 张奠宙，王善平. 陈省身文集[M]. 上海：华东师范大学出版社，2002.

[2] 丘成桐，杨乐，季理真. 陈省身与几何学的发展[M]. 北京：高等教育出版社，2011.

[3] 季理真，王丽萍. 百年科学往事：杨振宁访谈录[M]. 上海：华东师范大学出版社，2021.

[4] 麦肯齐. 无言的宇宙[M]. 李永学，译. 北京：北京联合出版公司，2015.

[5] 卡拉普莱斯. 爱因斯坦语录（终极版）[M]. 李绍明，译. 长沙：湖南科学技术出版社，2019：245.

[6] 张奠宙，王善平. 陈省身传[M]. 天津：南开大学出版社，2011.

[7] 胡作玄，石赫. 吴文俊之路[M]. 上海：上海科学技术出版社，2002：33－34.

[8] 丘成桐. 我的几何人生：丘成桐自传[M]. 南京：译林出版社，2021：76.

[9] 爱因斯坦. 爱因斯坦文集：第 1 卷[M]. 许良英，李宝恒，赵中立，译. 北京：商务印书馆，1976：339.

（责任编辑：高　娟）