

苏步青先生对计算几何和 CAD 事业的贡献

[作者] 刘鼎元, 忻元龙

[单位] 华南理工大学应用数学系, 复旦大学数学研究所

[关键词] 苏步青, 计算几何, 计算机辅助设计, CAD

[摘要] 该文回忆了苏步青先生对计算几何和 CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计) 事业所做的贡献, 是一篇庆祝苏先生 100 寿辰的文章。苏步青先生在数学研究和数学教育生涯中, 走过 70 多年的路, 写了大量的书和文章, 培养了无数的学生, 是一位卓越的数学家, 更是一位卓越的教育家。

再过几个月, 就要举行苏先生 100 寿辰庆祝会。苏先生在数学研究和数学教育生涯中, 走过 70 多年的路, 写了大量的书和文章, 培养了无数的学生。作为他的后辈和学生, 在他的晚年, 有幸紧密跟随先生在计算几何和 CAD 事业的路上走了十几年。现在, 应谷超豪先生、胡和生先生和李大潜先生之邀, 写就这一篇回忆和庆祝的文章。在回忆和写作的过程中, 历史的片断一幕幕闪现在眼前, 就像是昨天发生的一样。而且, 细细地回味, 这十几年的研究历程, 正是苏先生常常引以为成功和自豪的, 能够给后人留下一段贡献的难忘岁月, 同样也是我的学术生涯中的一段华彩乐章。

学生时代

还在读中学的时候, 不知怎么一来, 就迷上了数学, 而且根据一种普遍流行的说法, 相信数学真的是科学的皇后。因为爱好数学, 由此而崇拜起数学家来。五六十年代在中国的土地上, 最受人崇拜的是一南一北两位著名数学大师, 而南方的菩萨就在复旦大学数学系。当时我想, 如果有幸能够成为苏步青先生的弟子, 将是莫大的幸福。

带着这样的梦想, 到了 1958 年高考, 竟以第一志愿考进了复旦数学系的数学专业。1961 年分专门化, 想都没想就报了微分几何方向。这样的选择, 除了慕名之外, 心里也是喜欢几何。自己从小就喜欢画画, 喜欢欣赏名画、雕塑、图案、建筑物, 欣赏对称美。当然, 读到后来, 才发现几何与美术有很大的差别。到了 n 维空间, 尽是张量、流形、映射和不变量这些抽象概念, 那是后话。

在大学四年级和五年级, 听了苏先生的两门课“高等几何”和“黎曼几何”。苏先生上起课来, 绝对是板书工整、一丝不苟、严肃无比, 体现了数学的逻辑严密、无隙可击。有些时候一堂课结束, 还有时间多余, 苏师一高兴, 常常会讲些数学史上的著名故事、数学家的趣闻轶事, 以及他同当代国际数学大师的友情交往。在这些小故事中, 往往蕴含着大师们对数学本质的质疑和思考。这一风格甚至还延续到 20 多年之后, 在从事计算几何和 CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计) 项目的研究过程中, 苏师对他的学生们表露的对数学和应用数学的沉重反思。

调进复旦大学数学所

1963 年自复旦大学数学系毕业后, 分配到山东大学数学系, 紧接着就是长达 10 多年的“四清”运动和“文化大革命”。虽然没有受到冲击, 但也没有什么

研究课题可做。

直到 1976 年 5 月，才有机会参加到当时山东大学数学系与上海沪东造船厂合作的“船体数学放样”科研项目。而所以能够参加到这一课题组，多少还有点照顾家庭团聚的意思。

正巧的是，苏先生在“文化大革命”后期被送到上海江南造船厂劳动锻炼，在“改造思想”的同时，也做起了同样的“船体数学放样”项目。

来到上海后，由于我们都投入同样的科研项目，有许多共同的问题可以讨论。我每天到沪东造船厂上班，在车间第一线，建立船体线型的数学模型和计算机程序实现。苏先生则偏重于思考平面代数多项式曲线的奇点、拐点分类，以及标志这一分类的仿射不变量理论。仿射几何的理论正是苏先生早年在日本研究几何方向上的强项。我们多次的讨论确实卓有成效。

我开始觉得，我们不仅仅是孤立地解决一个工厂中一个具体的工业课题，在这一课题的数学模型背后，有着一些具有普遍学科意义的几何问题值得研究，而这正可以归入当时国际上正在兴起并发展起来的计算几何学科方向。苏先生和我们当时讨论和研究的结果，是与国际研究同步并且在平面代数曲线的分类上超前的。这些还是在改革开放以后，与国际同行有更多交流以后才知道的。

在上海做项目期间，又出现了一次机会，对我的学术生涯而言，是一次更重要的转折点。1976 年 10 月，“四人帮”跨台，全国上下，人人欢欣鼓舞，觉得中国从此有了希望。1977 年中，邓小平同志再次复出。复出之后第一件抓的事就是教育和科技。大约在当年 10 月，小平同志在北京召开第一次教育科技座谈会。苏先生作为中国教育和科技界的代表人物，参加了这次小规模座谈会。会上，苏先生汇报“四人帮”对教育科技事业的破坏，辛辛苦苦创办的复旦大学数学研究所，在“文化大革命”初期就被砸烂，许多人才流失，科研工作陷于停滞。小平同志在会上当即表示“调回来嘛”。苏先生就拿着这一句最高领导层的指示，向教育部打报告，要求调进流失的科研力量。随着这股东风，我于 1978 年 5 月从山东大学调回复旦大学数学所。这一调动，今天看来好像只是工作单位的转换，实属平常。但是，在 1978 年上海户口控制极其严格的形势下，单调进上海而成功的个案，实在是极其困难、极其希罕、极其珍贵的。所以，直到今天，我和我们全家，都对小平同志、苏先生以及推进和促成这一调动的胡和生先生，心存深深的感激。

计算几何和 CAD

自从 1946 年世界上第一台电子计算机问世以来，计算机应用的一个重要里程碑是 1962 年美国麻省理工学院发明了世界上第一台图形显示器。自此之后，计算机可以通过图形显示器直接输入、输出图形，并且可以在显示屏上通过光标的移动而直接修改图形。而在这之前，工程师是通过一厚叠纸上密密麻麻的数字来间接表达工程图形的。

1962 年被认为是美国和欧洲 CAD 开始发展的一年。首先的应用领域是汽车、飞机和造船工业。这 3 个行业，由于其产品的外形曲面特别复杂，要求特别苛刻，而成为 CAD 首先应用的领域。

与此同时，也就发展出了一门新兴学科——计算几何，它在美国常常被称为 CAGD (Computer Aided Geometric Design, 计算机辅助几何设计)，专门研究“几何图形信息（曲面和三维实体）的计算机表示、分析、修改和综合”。1972 年在美国举行 CAGD 第一次国际会议，标志计算几何学科的形成。

在中国，1972 年前后，各个高校都自制成功集成电路器件的小型计算机，

老师和学生捧着一盘盘黑色穿孔纸带，到新成立的校计算中心上机，计算机在各行业的应用自此开始有了规模的发展。也就是在 70 年代中期，CAD 在中国的造船和飞机制造工业中开始发展。包括成功和不成功的项目在内，这段时期，大约有 10 来所大学的数学系与 10 来家船厂合作“船体数学放样”。在苏先生的组织和推动下，1982 年，中国召开了第一届计算几何和 CAD 学术会议。

苏师对计算几何和 CAD 事业的贡献

专著《计算几何》。1979 年初，上海科技出版社数学编辑徐福生向苏师约稿，希望写一本既有理论又有应用的计算几何领域的著作，以满足从事计算几何和 CAD 研究及应用开发的大学师生、研究所和工厂的科技人员之需。

第二天，苏师即约我讨论书的大纲和目录，他亲自执笔写第一章绪论，和最后一章仿射不变量理论，我则写中间 6 章的初稿。为写此书而收集和阅读了国内外文献几百篇，写成将近 600 页的大开稿纸，苏师用红钢笔对每一页都作了密密麻麻的修改。本来，苏师的古文功底和书法造诣在学术圈内外是闻名遐迩的。通过这本书的写作和修改，我切切实实领会了苏师惊人的文字功力。有一天，我忽发奇想，在苏师修改过的红字上，试图通过归并、简略或展开，去改动几个字，试来试去，最后不得不以失败告终，一个字都改不动。

1981 年 1 月，《计算几何》专著出版，第一次印刷 12 000 册。当时，无论在国际或国内，正值计算几何和 CAD 迅速发展期，国内自是空白，国际上也只是在 1979 年出版了唯一一本由 Faux 和 Pratt 合著的《Computational Geometry for Design and Manufacture》，对象是设计和制造业的工程师，内容较为浅近通俗。

我们的著作则定位于：对直到 1980 年，国际上关于计算几何中的理论、方法和应用的综合介绍，也包括了苏师和我们的研究成果。读者对象是数学系师生、科技人员和工程师。既可作为研究生和高年级学生的教材，也可作为 CAD 应用开发工程师的参考读物。80 年代初，正赶上计算几何和 CAD 大发展的好时光，社会需求强烈，此书出版后几个月内即告售罄。一年后第二次印刷 8 000 册，也很快销完。如此热烈的反应，在数学和科技类著作中，是很少见的。

第二年，我国首次举办全国优秀图书评选，本书荣获“全国优秀科技图书奖”。

以后几年，通过国际学术交流活动，国外同行逐渐了解了苏师领导下的复旦研究小组在计算几何理论和应用两方面的研究成果。在德国 Boehm 教授（CAGD 杂志主编，CAGD 国际会议主席）的推荐下，美国 Academic Press 于 1989 年出版了这本书的英译本《Computational Geometry Curve and Surface Modeling》。本书的英译者是中国科技大学常庚哲教授，他在计算几何领域的学术造诣和英文功底，也得到国外同行的高度评价。

人才培养。苏先生是一位卓越的数学家，更是一位卓越的教育家。从抗战时期的浙江大学到 50 年代初全国高校院系调整后的复旦大学，苏师培养了一批像谷超豪先生、胡和生先生这样杰出的数学家和教育家。在苏师的脑海中，学术研究总是和人才培养联系在一起，计算几何也不例外。但是，计算几何与微分几何有点不同，它的生命力在于工业应用，更加强调和 CAD 紧密结合。国际上重要的计算几何会议，总是有 IBM、波音飞机公司和通用汽车公司等大企业代表参加。

写完《计算几何》书以后，苏师就这个题目同我讨论过几次：如何培养计算几何人才和 CAD 应用人才？当时的想法是，除了在复旦开设“计算几何”课程，培养自己的硕士和博士研究生外，更应该面向全国，为国内高校、研究所和企业的 CAD 相关专业，培养计算几何和 CAD 相结合的应用型人才。接着就是把这个想法变成下列行动：

(1) 1982年1月,在复旦大学,举办同行邀请式的“计算几何研讨会”。当时,浙江大学梁友栋教授和山东大学汪嘉业教授刚刚分别从美国和英国访问两年回国,带来了国际上最新的研究成果和研究动向。在这次会议上,按照苏师的提议,决定由复旦、浙大、山大3校联合举办面向全国更大规模的研讨会和学习班。

(2) 1982年7月,在青岛,3校联合主办“计算几何学习班”。国内高校、研究所、工业界共有120名代表参加。代表们普遍反映收获很大,希望能够一两年再举办一次。

(3) 1984年7月,在烟台3校联合主办“计算几何和CAD学习班”。

讲课内容除了计算几何外,特别增加了开发CAD技术所必需的计算机图形学、数据库和软件工程等课程。会议之前,只是在《计算机世界》报上发了一条消息,却有360名代表出席,变成大型学习班。

“七五”计划期间(1986—1990年),作为国家“七五”重点科技攻关项目,国家投入一亿资金开发内燃机、电机、机车、服装等26项重点行业CAD软件,是国内CAD技术大发展时期。当时我们的月薪才100多元,一亿投资是一个巨大的数字。这些CAD重点项目中的骨干力量,不少是青岛和烟台两期研讨会和学习班的成员。

经过这5年的发展,到了90年代,国内的CAD技术步入普及推广阶段,大中型企业逐渐抛弃了丁字尺制图板的手工设计方式,而进入计算机设计和制造的时代,与国际水平缩小了差距。

上海应用数学咨询开发中心。“数学要有应用,应用数学要面向国民经济,这是苏先生对我们谈话时经常提到的,已经成为他在晚年根深蒂固的指导思想。在苏师的影响下,这一指导思想也就变成我们的信条和行动的指南。

但是,在大学的环境中做工业项目应用开发,有一个组织机制需要解决。在CAD项目中,有大量的计算机程序需要开发,企业的用户需求需要调查和整理,几大厚本的技术文档和用户手册,现场的技术培训和使用推广,计算机程序中的缺陷要修补,新功能要添加,整个系统的维护会长达几年。这一切工作,都不是学校的长处,谁做了也得不到好的评价。工业项目的开发、实施、推广和维护,实际上应该由软件公司来完成。

可是,在大学里成立一家公司,是极其困难复杂的事情,更有与复旦大学科技开发公司的利益冲突。于是,只能在夹缝中求生存。在苏师和谷超豪先生的直接策划下,于1985年2月成立上海应用数学咨询开发中心,办公室设在数学系二楼,由李大潜教授任中心主任,担当起“应用数学面向国民经济”的任务。这是一个介于学校和软件公司之间的两栖机构。

以后的CAD项目和其他应用项目,合同都由中心出面签订,取得了许多出色的成果。以后,更发展和扩展到上海应用数学联络组,乃至上海工业应用数学学会的成立,增加了学术交流和普及的功能。

CAD应用项目以及获奖。在苏先生领导下,复旦大学计算几何和CAD研究组,通过上海应用数学咨询开发中心这样的机构,与工业界合作,主要开发了如下CAD应用系统

年代 项目名称 合作单位

1972—1980 船体数学放样 江南造船厂、沪东造船厂

1980—1982 航空涡轮叶片CAD 三机部(航空部)608研究所

1980—1983 汽车车身曲面CAD 上海汽车拖拉机研究所

1980—1984 船体曲面 CAD 系统 上海交通大学船舶系
1986—1990 内燃机 CAD 系统 上海内燃机研究所
1986—1990 三维服装 CAD 系统 上海服装一厂
1987—1989 内燃机气道 CAD/CAM 上海柴油机厂
1989—1990 三维注塑模曲面 CAD / CAM 上海无线电十八厂
1990—1991 三维珠宝首饰 CAD 香港天高科技公司
1991—1994 PC 机高性能数控编程系统 上海无线电十八厂
1991—1994 精密多腔复杂结构塑模的 CAD 系统 上海无线电九厂、华中理工大学
1992—1996 大中型注塑模具收缩率计算软件 上海无线电十八厂
1999 科技城主体建筑虚拟现实系统 上海科技城
2001 虚拟现实开发系统 上海科技城
其中“内燃机 CAD 系统”和“三维服装 CAD 系统”属于国家“七五”科技攻关重点项目。

获得的全国性和国家级奖励有：

- (1) 1982 年，专著《计算几何》，全国优秀科技图书奖；
- (2) 1985 年，项目“计算机辅助几何设计”，国家科技进步奖二等奖；
- (3) 1985 年，项目“曲面法船体线型生成程序系统”，国家科技进步奖二等奖（与上海交通大学合作）。

作为大学的一个研究小组，计算几何和 CAD 的应用领域覆盖了造船、航空、汽车、内燃机、模具、机械、服装和珠宝等广泛领域，开发成功达到工业应用标准的大型 CAD 软件系统，而且多数都含有理论上创新的功能模块，这无论在国际或国内，都是少见的。

开展这些 CAD 应用项目的意义，除了推动 CAD 技术的进步和普及外，还在于在开发的全过程中，能够从每个特殊的工业应用项目中，挖掘出计算几何理论中重要的研究课题。当你站在应用第一线，你就会明白工业界迫切需要解决什么问题。它们之中，哪些是头等重要的、最最关键的、最最迫切的；哪些是第二线的，无足轻重的；还有哪些只是有理论上的兴趣价值。如果不做应用项目，只是从文献中找题目，那是按照传统数学的趣味和价值标准，对别人的结果作改进和完善。或许，我们花了很大的精力和时间，只是解决了一个不太重要的问题。

80 年代，做汽车曲面 CAD 项目的时候，才知道汽车车身对曲面的光滑性有极高甚至十分苛刻的要求，远远超过飞机和船体，属于 CAD 技术中最尖端的水平。汽车车身是由大大小小几百片代数参数曲面片光滑拼接而成。一旦有两片曲面拼接得勉强，看上去不大顺眼，立即会影响它的整体感觉和市场销售。当时，国际上学术界也只是刚刚开始讨论这一光滑连接问题，提出一个比较简单的充分条件，但远远不能满足工业界的要求。在苏师的指导下，我们一边寻找土办法解决汽车曲面问题，一边开展理论研究，找出比较彻底的解决方案。所谓土办法，就是加入一些人工干预和调整曲面控制点的手段，有点头痛治头、脚痛治脚的味道。后来，通过更多的国际交流，才知道国外著名的大汽车公司也是用同样的土办法做汽车设计的，那实在是因为理论的落后而不得已的办法。

到了 1984 年，我们终于做出两片代数参数曲面片一阶几何光滑连接的充分必要条件，发表在 1986 年《应用数学学报》上。因为找到了充分必要条件，包含了最大范围的选择可能性，从中可以按工业上不同的特殊要求，组合出一些有针对性的、可操作的充分条件，用于自动化的 CAD 设计中。这些富有实际应用价

值的理论结果，后来获得国际上学术同行和工业界的高度评价。

国际交流。从 1986 年以后，通过学术会议和互访，有比较多的机会与国际同行交流。其中特别值得提到的是，我 1988 年访问西德 3 所大学共 9 个月，有幸与 paunscweig 工业大学 Boehm 教授共事 3 个月。Boehm 是国际上计算几何学术界著名的学术领袖，多年担任 CAGD 学报主编和 CAGD 国际会议主席。德国计算几何学术界的传统是崇尚务实，反对空谈，十分重视与工业界的合作。对有应用背景、有实际应用前景的文章，评价较高。Boehm 本人常常接受大众汽车、奔驰汽车等大公司送来的工业应用课题，也让他的学生去那些公司实习一二年，切切实实地解决一些重要的实际问题。当 Boehm 了解到在苏先生领导下，复旦大学计算几何小组，在理论、算法和 CAD 应用多方面取得如此卓有成效的结果时，十分赞赏并高度评价。他的评价集中反映在为了笔者晋升正教授而写给复旦大学谢希德校长的推荐信中，日期是 1988 年 9 月 13 日。

Boehm 并没有见过苏先生，而且这是一封晋职推荐信，因此，他实际上是把苏先生、笔者以及复旦计算几何小组的工作放在一起评价了：

“Dr. Liu is one of the leading scientists in the widespread field of Computational Geometry and its applications…… His leadership of the CAGD group in China has made this group well-known in all over the world.”

（“在计算几何及其应用的宽广领域中，刘是第一流的科学家……他在中国领导的计算几何研究组已经全球闻名”）

薪火相传。数学和应用数学的每一个分支，都有它的生命周期。对于应用数学的各个分支，一旦基本问题得到解决，工业界基本需求得到满足，剩余的，或者是坚如钢铁的硬骨头，或者是无足轻重、可有可无的鸿毛问题。到了这一阶段，这个分支学科的高峰期必定已经过去，进入老龄期。

回顾 60 年代以来应用数学的活跃分支：快速傅里叶变换，数学滤波、控制理论、有限元、样条函数、计算几何、小波理论……它们的生命周期也就是 20 年、30 年或更多一些。应用数学家在他的一生中可能要转换几次研究方向，然而，以前的成果不会白做，常常成为开辟新方向的“创业基金”。

苏先生的学生们也是这样，现在，正沿着应用数学新的生长点继续前进。

作者本人正在广州从事互联网的企业级应用，包括远程管理和决策支持系统的研究开发。

朱松博士在复旦做虚拟现实 (Virtual Reality)，是在计算几何三维实体造型技术基础上的进一步发展，互联网尤其需要它。

李毅博士在深圳创业 GIS (地理信息系统) 公司，为建立“数字地球”做出贡献。其中的三维地理图形的技术基础是计算几何中的几何造型。

其余许多博士和硕士，或者在国内或美国大学执教，或者在全球最大的 CAD 公司 Autodesk 继续开发 CAD 系统，或者在国内企业主管 CAD 技术部。

对数学发展道路的沉重思考

在 1985 年，苏师和我们获得两项国家科技进步奖二等奖以后，他的情绪深深受到鼓舞，认为高深的数学能够而且应该为工业应用和国民经济做出切切实实的贡献，数学系毕业的学生，应该熟练掌握计算机工具，除了少数人做教学和研究所外，其余的，绝大部分的同学都应该面向应用，为国民经济创造财富。

从 1978 年到 1991 年期间，我常常有机会向苏师汇报和讨论开展计算几何项目和培养研究生的实施计划。有几次谈完这些实务性题目之后，苏师有兴致同我聊起数学的历史和数学的本质，特别是数学发展的历史轨迹。其中有两次，苏师

出语惊人，我当时受到很大的震动。

1986年的一天，在讨论和修改苏师和我合作的论文“计算几何中的仿射不变量”时，我问道：“苏先生30年代在日本做仿射微分几何和射影微分几何研究，是当时世界前沿性的工作，这些结果能不能在计算几何中做进一步的发展？”苏先生沉吟片刻，缓缓地说：“那些几何已经 dead”，语气有些沉重，但并无可惜的意思。接下来，再谈到纯粹数学的研究和学术风气，以及和应用分离的现状时，苏先生讲：“数学界的老祖宗不是这样做的。从欧几里得、牛顿到高斯、黎曼、欧拉，都是紧密围绕应用来做，这样的结果会千古不朽。

一代宗师留下的财富

苏先生作为中国现代数学发展史上的一代宗师，对于数学的本质，对于数学的历史轨迹，对于数学的发展道路，对于数学对人类文明的贡献，自会站在更高的观点、更宽的视野、更深层的剖析角度，来观察数学、思考数学、评论数学。

他决不仅仅停留于和满足于仅仅写几篇有深度的论文，写几本有影响的专著。

他对数学发展的思考是：数学要对人类文明、人类进步做出贡献。

他对数学研究的要求是：留一些有价值的结果给我们的子孙。

他留给我们后辈的财富，不仅包括一批曾经是国际前沿方向的学术成果，一批杰出的和富有成就的学生，还更包括数学文化和数学价值观的传播，这些观点正深刻地影响着他的学生们，以及学生的学生们，世代相传，成为一种风气。

苏先生自己的数学价值观，按照笔者的理解，总结起来是两句话：

“数学要有应用”。

“应用数学要面向国民经济，要创造价值”。

这正是一代宗师留给学生、留给后人的最大的财富。

（作者为华南理工大学应用数学系教授）

生平几何念师恩

忻元龙

1966年后的10年动乱，苏步青先生受到了极大的冲击，在“铁爪锈多秋雨”的日子里，被下放到江南造船厂“劳动改造”。70多高龄的苏老和我们一起挤公共汽车，一起在工人大食堂排长队就餐，“谦虚谨慎度余生”。但是，作为大数学家、大教育家的他，并没有从此消沉，仍在为国家、为民族而思考。以艰辛的劳动开辟出“计算几何”这一广阔的新天地，教导和培养与他在一起青年教师。

从1972年到1975年整整3年多，苏老按时上下班。上班后，我和苏先生坐在工厂车间里的同一条“冷板凳”上。而后，我们一起参观放样楼，听厂里技术人员和工人介绍船体放样工艺，了解“数学放样”的现状，读有关文献。这样，我有更多的机会聆听他的教导，更近地体察他的治学风范，更深地感受他的思考。苏先生是很健谈的，即使与他闲聊，也能从中外数学家的“趣闻逸事”和他的多彩人生中，获得许多教益。

10年动乱，教育园地一片萧瑟。盛名天下的苏老仍常常收到莘莘学子的求教求学信件，令他无比兴奋。苏老常常谈起此事，有时还带来些“求教题目”让我做。当我给出和他不同的解法时，苏老露出赞许的笑容。

我的第一篇论文是在苏先生的鼓励下总结江南造船厂的一些工作写成的，他仔细审阅了原稿并给以修改后，发表在《复旦学报》上。后来，我和苏先生合写过一篇论文“高维仿射空间参数曲线的内在仿射不变量”。整篇论文的框架，苏

先生已经完成了，其中一个系数很难算。当时“四人帮”已倒台，他公务日益繁忙，希望我帮他算。我算了很多特例，然后猜出一个结果，再用数学归纳法证实。苏先生据此想出了十分巧妙的“梯形算法”验证我的计算，从而完成了论文。

在江南造船厂的3年中，苏先生研究了船体数学放样中需要的样条曲线、样条曲面。我更多的是试图将他的想法化为具体的算法，并编制成计算机程序进行试验，再和工人、技术人员一起按实际情况进行完善和修正，从而形成了颇具特色的“船体数学放样的基样条法”。后来，这个项目获得了1978年全国科学大会嘉奖。1975年冬天的一个清晨，苏老仍像往常一样，准备去江南造船厂上班，不料突发脑血栓症。几天后的一个下午，我第一次进入苏先生的卧室看望他。冬日的阳光洒落在床上，他平静地躺着。几句问候之后，苏先生拿出他床头的笔记本交给我，希望我把研究工作继续下去。捧着写满工工整整字迹的一厚本译稿、摘记，望着苏先生期待的目光，我禁不住热泪盈眶。从此以后，我经常去苏先生家看望他，并向他求教，直到几年前他长期住进华东医院。

笔记本中的好些文章的原文，我也曾经浏览过，但没有留下深刻的印象。这时，再读苏先生的笔记本，并从中整理出《样条拟合译文选》，由江南造船厂印刷出版，供更多的人参考。其中“双三次样条插值”的文章重新引起我的注意，从中吸取很多想法，丰富我们的“基样条法”。

“四人帮”倒台后，苏先生继续将“船体数学放样”课题提高到“计算几何”学科水平，并进一步运用他擅长的仿射不变量理论进行研究。正在我们取得一系列硕果的时候，苏先生想得更远、更深，并和我恳谈了一次，对我阐述了基础理论研究的重要意义，要我停止当时正在做的工作，而着手去进行“微分几何”基础理论研究，并安排我跟谷超豪、胡和生先生研究“规范场”。苏先生不无遗憾地说他老了，又有很多社会工作，不能像过去一样做基础理论研究了。由于苏先生的这一安排，使我成为“改革开放”以后第一批出国的访问学者，在中美建交之前，于1979年2月绕道法国巴黎，踏上大洋彼岸的土地。

从1977年3月起，苏先生在数学系组织了“基础数学讨论班”。参加讨论班的不仅有谷超豪先生、胡和生先生，还有夏道行先生、严绍宗先生、许永华先生和其他青年教师。为了培养年轻教师，刚开始的几个月里，全由我一人报告。那年夏天，连续几天下暴雨，校园里积满了水，水深过膝。我做了充分的准备，认真写好讲稿去了教室。望着瓢泼大雨，我有点犹豫，讨论班是否会如期举行呢？没想到，谷先生、胡先生淌着大水比我先去了教室。正当有人议论苏先生不会来时，对苏老十分了解的谷先生肯定地说：“苏先生一定会来的。”话音刚落，苏先生来了，在座的同志感叹不已。这件事在我脑海中留下了不可磨灭的印象，并一直给我以极大的鞭策。

“四人帮”倒台后，苏老的社会活动日益繁忙起来，但组织上一时还未给他配备秘书。1977年那一段时间，接待记者、拍照、拍电视，很多都由我联络、安排。如何处理这些事务，苏先生都有明确的要求。即使在北京，也会写信给我，予以具体指示。现在重新读着那些泛黄的、然而十分珍贵的信纸，心潮起伏，真是思绪万千！

20多年来，我一直坚持在“微分几何”科学研究的第一线，努力工作。无论在国外，还是在国内；无论在讲坛，还是在书斋，苏先生的种种教导、关怀和期望时常会浮现眼前，鼓舞着我奋勇向前。

最后录下1992年我在日本仙台东北大学做数学学术演讲后，写在留言本上的题词结尾的中文诗句作为本文的结束：青叶山峦万古亘，广澜川河千年清，人

杰地灵数仙台，生平几何念师恩。
（作者为复旦大学数学研究所教授）