

# 科教巨匠 风范永存

## ——深切缅怀一代宗师卢嘉锡老师

梁敬魁<sup>1)</sup>

(中国科学院物理研究所 北京 100080)



我国著名的科学家、教育家和社会活动家卢嘉锡教授不幸于 2001 年 6 月 4 日与世长辞。在他近 70 年的科研和教育工作中,对我国和世界结构化学、晶体学和物理化学的发展,以及我国对外学术交流都作出了不可磨灭的杰出贡献。他是一位德高望重、平易近人、待人

热情、可敬可亲的师长;他是一位热爱祖国、热爱科学、热爱教育事业的学者;他是一位胸怀宽广、不计前嫌、严于律己、宽于待人、具有高尚品质的长者。他的逝世使我们失去了一位可敬可亲的师长。近半个世纪以来,我有幸作为卢嘉锡先生的一名学生,亲聆教诲,得到他在为人和学术上各方面的教育和帮助,受益匪浅。许多感人的事例历历在目,先生工作很忙,不惜牺牲休息时间,认真修改学生送去的英文稿件,仔细更正中文错别字,精益求精,并给予学术上的指点,他热爱科学,孜孜不倦地工作,甚至在 2000 年他身体状况很不好,每况愈下的情况下,仍然要我们查找有关文献资料,进行学术讨论。先生礼于待人,当我们看望他离去时,他虽腰脊狭窄,行动不便,但总是要送我们出门口;为他作任何事,他总会表示感谢……在这悲痛的日子,再读《卢嘉锡传》,回想先生的一生在科研和教育方面的贡献和成就,以寄托学生对恩师无限的哀思。

卢嘉锡先生,1915 年 10 月 26 日出生于福建省厦门市的一个塾师家庭,祖籍台湾省台南市。年幼的他,天资聪敏,勤奋好学。年仅 13 岁就考入厦门大学预科,成绩优秀。1930 年升入厦门大学化学系本科,连续四年获陈嘉庚奖学金。1934 年本科毕业,同时修完数学系课程,可称得上“化学、数学双学士”。毕业后留校任化学系助教三年,并同时兼任中学数学教师。

1937 年,先生考取了第五届中英庚款公费留学,师从伦敦大学学院著名化学家、英国皇家学会会员萨格登(Sugden)教授。Sugden 是热化学、磁化学和

放射化学方面的著名学者。卢先生选择了当时被认为是化学新领域的放射化学专业。他从文献中了解到,1934 年发现有机卤化物经过中子照射后,可产生一定数量的放射性卤化物,并可通过适当的试剂把卤化物萃取出来。然而,对其萃取机理的探明和获取高浓缩的卤化物,未能获得满意的结果。卢先生选取“放射性卤素的化学浓集法”作为博士学位论文题目。他在有机卤化物中加入少量苯胺,再进行中子辐照,然后用稀酸萃取,成功地制备了浓缩因数非常高的放射性溴的浓缩物,并解释了这一制备方法的反应机理,研究了同位素交换反应动力学,测定出不同溶剂和不同烃基的交换反应的活化能、有效平均面积和反应速率常数。研究成果发表在国际权威的化学杂志 *J. Chem. Soc.* 上,1939 年获博士学位。在人造放射性领域,他是国际上早期成功地分离出放射性高浓度浓缩物,并进行定量研究的化学家。

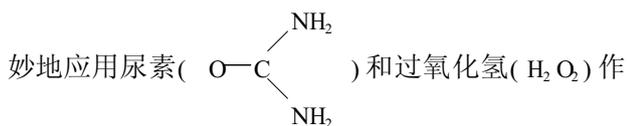
1939 年秋,经 Sugden 教授推荐,卢嘉锡先生被美国加州理工学院接纳为客座研究员,跟随诺贝尔化学奖和和平奖获得者、在晶体结构研究中已创立了具有重要方法论意义的 20 世纪杰出化学家鲍林(Pauling)教授,从事晶体学的研究工作。他是 Pauling 的出色学生之一。

这一时期,卢嘉锡先生在掌握从事晶体结构研究的 X 射线衍射法和电子衍射法等手段的基础上,先后承担并出色地完成了多项研究课题。他经常以简捷明晰的思路、巧妙新颖的方法迅速完成研究任务,表现出他在科研工作方面出色的才能。

他首先进行的是当时的一个很有意义的课题,即测定过氧化氢的分子结构,过氧化氢虽是一种简单的化合物,但由于当时难以得到过氧化氢的单晶体,无法应用 X 射线单晶结构分析方法测定其结构,过氧化氢分子结构的测定,就成为当时的难题之一。卢先生和加拿大化学家盖古勒(P. A. Giguere)巧

\* 2001 - 07 - 03 收到

1) 作者是卢嘉锡先生的学生,中国科学院院士,现兼任福州结构化学国家重点实验室学术委员会主任,曾任中国科学院福建物质结构研究所所长



用,生成用氢键连结起来的脲-过氧化氢加合物,不但使过氧化氢稳定下来,而且获得了可供 X 射线衍射实验用的单晶体.随后他和休斯(E. W. Hughes)合作完成了晶体结构的测定.实验结果表明,加合物中的过氧化氢并不因为尿素分子的存在而产生构型上的太大畸变.这一实验结果证实了英国化学家彭尼(W. Penny)和萨塞兰(G. Sutherland)对过氧化氢分子构型所作的理论分析.同时,卢先生还用 X 射线衍射方法测定了二联苯的晶体结构,证实了洛斯罗普根据化学反应所提出的二联苯的分子构型.

1943 年,卢先生和多诺休(J. Donohue)采用电子衍射法测定了硫氮( $\text{S}_4\text{N}_4$ )、砷硫( $\text{As}_4\text{S}_4$ )等化合物的晶体结构.卢先生是我国从事电子衍射结构分析的第一人.解决了国际上关于硫氮类化合物结构的长期争论.当时卢先生等人虽未能培养出可供 X 射线结构分析用的单晶体,但他们在用电子衍射法研究的基础上得出比较合理的“八元环”结构,亦即他们所称的“摇篮”构型.他们通过原子间距的径向分布所推算出的 N—S 键长为  $1.6 \text{ \AA}$ ,键角  $\angle \text{SNS}$  为  $112^\circ$ ,  $\angle \text{NSN}$  为  $106^\circ$ ,后来被 Donohue 的晶体结构测定结果所证实.这些硫氮非过渡元素原子簇化合物在结构上具有“多中心键”特征,曾引起卢先生的极大兴趣,和他以后对固氮酶活性中心模型的研究有密切关系.

卢先生除了在晶体结构研究工作上成果显著外,在实验方法和技术上也有建树,他提出一种处理等倾角魏森堡照相衍射斑点的洛伦兹偏振因子的图解法.在早期 X 射线晶体结构分析工作中,对上万个衍射斑点的洛伦兹偏振因子的校正只能依靠手工计算,工作量极大.卢先生应用当时开始采用的穿孔卡片数值计算法,用两组参数对,准确地解出洛伦兹偏振因子的倒数值.设计出相应的两种曲线卡,然后做成透明的“模板”,可直接用于魏森堡照片和倒易点阵图网.进行洛伦兹偏振因子校正时,只需把照相底片覆盖在“模板”上,洛伦兹偏振因子倒数的内插值即可直接读出来,省去了大量繁琐的计算.这一方法发表在 1943 年的 *Rev. Sci. Instrum.* 杂志上,后被收录入“*International Tables for X-ray Crystallography*” Vol. II (1959),被称为“卢氏图表”(Lu's Chart).“卢氏图表”在计算机技术广泛应用于晶体结构分析工

作之前,一直被国际上普遍应用了几十年.

留美期间,卢先生除了在结构化学研究工作中发表了不少成为结构化学的经典文献外,他还在燃烧与爆炸的研究工作中做出了出色的成绩,于 1945 年获得美国科学研究与发展局颁发的“科学研究与发展成就奖”.

1945 年底,经历 8 年多欧美留学生涯的卢嘉锡先生,毅然辞去国外的一切聘任,舍弃优越的待遇和科研条件,满怀“科学救国”的热忱,于 1945 年 11 月 21 日离开旧金山,踏上回国的邮轮,回到当时贫穷的祖国.回国以后,先生在无法开展研究工作的条件下,他寄望于教育事业,以培养人才为己任.1946 年初卢先生在母校厦门大学任教授兼化学系主任,曾两度应浙江大学理学院院长胡刚复教授的邀请,到该校讲授物理化学课程,受到热烈欢迎,当他授完课回厦门大学时,该校 100 多名师生曾联名写下充满激情的挽留信.

我有幸在厦门大学化学系作为卢先生的学生聆听他的授课,深深地感受到他授课方法独特,他不是照本宣科,而是用一张写好的卡片作为讲授提要,一张卡片提纲,他就能讲授两节课,这种教课是建立在驾驭各种教材,并使其融为一体的基础上,用自己的语言加以生动的表达.他授课声音宏亮,生动风趣,由浅入深,简明扼要,富有哲理性和启发性,逻辑性强,概念讲解透彻,条理清楚.即使像难懂的热力学第二定律,也能在卢先生的讲课中化难为易.他能化抽象为形象,化深奥为浅易,化枯燥为趣谐,他的板书清秀工整,使学生如沐春风,如临胜境,是美的享受.

卢先生在教学过程中十分重视培养学生的思考问题和解决问题的能力.他经常告诫学生要学会对事物进行“毛估”,教导学生思考问题时要学会先大致估算出结果的数量级,他常说“毛估比不估好”,尽量避开繁琐的计算,以便迅速地抓住问题的本质,必要时再进行仔细的计算,以提高解决问题的效率.“毛估”是卢先生判断科学事实的合理性和提出科学预见初步结果的估计方法.“毛估”不是无根据的猜想,更不是粗陋的杜撰,而是基于对科学直观、萌芽于实验事实和初步计算依据,这种洞察本质的方法,使计算或设想更具有鲜明的轮廓.

为了培养具有全面素质的人才,做一个合格的化学家,卢先生让学生记住奇特而有趣的结构式  $\text{C}_3\text{H}_3$ ,称之为化学家的分子式,即 Clear Head(清醒的头脑)、Clever Hands(灵巧的双手)、Clean Habit(洁净

的习惯)。多少年来,这一富有启发性的格言给我们留下了极其深刻的印象,受益终生。

1958年,卢先生奉调离开他工作了13年的厦门大学,到福州参加筹建福州大学,并担任副校长。60年代初,卢先生创办了以结构化学和新技术晶体材料研究为主体的中国科学院福建物质结构研究所(下文简称福建物质结构研究所),从此有了一个真正能够从事系统性科学研究的基地。长期以来,他领导福建物质结构研究所,逐渐形成“五重双结合”的科研指导思想:“实验与理论相结合,以实验为主;化学与其他学科相结合,以化学为主;结构与性能相结合,以结构为主;静态与动态相结合,以静态为主;基础与应用相结合,以基础为主”。这一指导思想在推动福建物质结构研究所科技工作的发展和取得重大成果的过程中发挥了重大作用。福建物质结构研究所在建所初期,虽取得一些可喜的成果,但由于“文化大革命”的冲击,科研工作无法进行下去,卢先生被罢免了一切职务,受到不公正的待遇。然而他始终没有放弃事业上的追求,保持着高度的学术敏感性。

1971年,国内的基础研究逐渐开始恢复,卢先生和唐敖庆先生、蔡启瑞先生即向有关领导建议组织研究化学模拟生物固氮这一国外刚刚开始研究的热门课题。先生从结构化学角度出发,分析了双氮分子的异常惰性,以及加强氮分子络合活化的结构问题,提出了络合活化氮分子的必要条件为:侧基加端基络合;多核原子簇(至少四核原子簇)具有可变交替氧化态和合适的空间构型(如欠完整类立方烷结构)。在此基础上于1973年提出了固氮酶活性中心结构模型——福州模型I。它是一个能实现投网式络合活化还原双氮分子的钼铁硫( $\text{MoFe}_3\text{S}_3$ )四核网兜状结构,题为“固氮酶催化固氮活性中心的初步模型——兼论双氮分子络合活化的结构条件”的学术论文发表在《科学通报》1975年12期上,这一成果获1978年中国科学院科技成果一等奖和福建省科技成果一等奖。在“福州模型I”的基础上,推演出由两个网兜平行挛合起来的挛合双网兜“福州模型II”,论文发表在 *Nitrogen Fixation* Vol. 1 上。卢先生所提出的模型,所反映的结构特点,四年后得到顺磁、穆斯堡尔谱、超精细表面结构分析等对固氮酶钼铁硫蛋白和铁钼辅基进行研究所得结果的支持。美国的两个研究小组分别根据固氮酶的铁钼蛋白测定出的晶体结构,它是一种对口偶联双网兜的结构。这说明了卢先生提出的网兜模型反映了固氮酶活性中心的一些重要本质。1978年夏,以卢先生为团长的我国固

氮代表团参加了在美国威斯康辛大学举行的第三届国际固氮学术会议。他在大会上作了“新中国固氮研究概况”的报告,得到了与会27个国家的400多位代表的热烈欢迎和好评。

20世纪70年代后期,鉴于过渡金属原子簇化合物取代单核过渡金属络合物,成为国际无机化学界研究的前沿课题,它的研究成果不仅可能对阐明复杂的生物分子作用机理提供理论基础和在催化领域具有潜在的应用前景,而且由于对这类金属-金属键化合物的研究,有可能深化人们对化学键本质的进一步认识。1978年,卢先生出席中国化学会年会,并应邀作了“原子簇化合物的结构化学”的专题学术报告,受到了与会者的重视和好评,在卢先生的倡导下,中国科学院福建物质结构研究所开始了对过渡金属簇合物结构化学的研究工作。继在固氮酶活性中心模型物合成的基础上,开展了钼铁硫各种类立方烷原子簇和其他金属原子簇化合物的研究,先生在总结大量钼铁硫等簇合物的基础上,发现类立方烷型簇合物在其“自兜”反应的生成过程中,经常留下反应物基本单元的结构“遗迹”可供“寻根”,因而提出:复杂的原子簇合物可由简单的原子簇“元件”,通过活化成为“活化元件”而组装起来,在这一理论设想启发下,克服了以往合成过渡金属原子簇化合物时通常采用具有相当大盲目性的“一锅煮”的传统方法。福建物质结构研究所所有目的、有意识地合成了300多种新型簇合物,从而节约了时间,避免了浪费,在过渡金属簇合物的合理设计和合成方面作出了重要贡献。

卢先生领导的研究组通过类比某些 $[\text{Mo}_3\text{S}_4]^{4+}$ 簇合物和苯在多种类型反应形式上的相似性之处,提出了“类芳香性”的概念,通过量子化学计算和进一步的实验研究,从理论上深化和完善了这一概念,并指出,在 $[\text{Mo}_3\text{S}_4]^{4+}$ 簇合物中的 $[\text{Mo}_3\text{S}_3]$ 非平面折叠六元环具有类芳香性。从而把有机化学中最重要、最基本的传统概念之一——芳香性,引伸到过渡金属原子簇化合物中来,从而可以从理性上系统地认识某些金属间原子簇合物的特殊反应性能和物理性质,有利于新型簇合物的合成进入分子设计的新阶段。

由于卢先生等在原子簇化学方面的突出贡献,1991年获中国科学院自然科学一等奖,1993年获国家自然科学基金二等奖。

由于先生在国际原子簇科学界享有盛誉和重要影响,1995年在先生80华诞之际,国际学术杂志《原

子簇化学》(J. Cluster Sci.) 连续在 1995 年的第 3 期和第 4 期出专辑对先生 80 寿辰庆贺. 由国外杂志出专辑为中国学者祝寿是少有的. 这充分说明国际化学界对他在原子簇化学方面的成就的肯定和赞许.

20 世纪 60 年代以来, 卢先生组织领导了福建物质结构研究所新技术晶体材料的研究. 他认为存在这样的可能性, 即选择对部分结构特征特别敏感的某种类型宏观性能作为材料科学的研究对象, 可望发展出这类性能对材料中相应部分结构所要求的“结构判据”, 提出“结构敏感性能”的概念, 这一思想对福建物质结构研究所确定非线性光学、激光、分光等功能晶体材料的研究方向, 并研制成功几个系列的新晶体材料起着重要的指导作用.

70 年代, 卢先生基于结构化学的观点, 考虑到氧八面体畸变无机非线性光学材料在国内外已经进行了大量的研究工作, 五配位构型的化合物大多数化学稳定性差, 有的甚至毒性较大, 要在氧八面体的畸变型结构类型的无机化合物中发现新材料显然十分困难, 他意识到探索新型晶体材料, 不应受国外学术思想的束缚, 跟着外国人后面走. 在分析、总结、研究国内外已有工作的基础上, 他认为应该独立自主地走自己创新的道路. 物质的宏观性能与其微观结构密切相关. 从事化学合成的同志基于卢先生提出的“结构敏感性能”概念, 寻找具有非线性光学性能的结构敏感部分物质, 根据当时国内外研究非线性光学材料的情况, 苯基衍生物晶体, 例如间位-硝基苯胺晶体, 2,4-硝基苯胺基丙酸丙酯晶体等都具有很大的倍频系数, 它们的非线性光学性能的结构敏感部位可能是共轭  $\pi$  键, 然而有机化合物的热稳定性和化学稳定性不如无机化合物, 对于实际应用, 必须在无机化合物中寻找具有共轭  $\pi$  键类苯环、又无对称中心结构的物质. 偏硼酸盐具有  $(B_3O_6)^{3-}$  类苯六元环基团结构可能满足这些结构要求, 从而选择硼酸盐作为探索非线性光学新材料的研究对象. 经过结构造型、试样的化学合成、粉末试样的性能测试、相图相变研究、单晶体生长、晶体结构分析、理论分析等多方面集体的努力, 发现并研制成功具有国际领先水平的优质紫外倍频材料偏硼酸钡低温相 (BBO) 和三硼酸锂 (LBO) 等, BBO 晶体的研制获 1984 年中国科学院科技进步特等奖. LBO 晶体的发现和研制获 1991 年国家发明一等奖. 此外福建物质结构研究所还研制成功国际上公认为极难生长的自激活晶体硼酸钆铝 (NAB), 绿光输出的自倍频激光晶体掺钕的硼酸钆铝 (NYAB), 双折射晶体钒酸钇

(YVO<sub>4</sub>), 以及激光晶体掺钕的钒酸钇 (Nd: YVO<sub>4</sub>). 这些晶体开拓了国际市场, 出口创汇, 具有巨大的经济效益.

1981 年 5 月, 卢嘉锡出任中国科学院院长, 在任职的六年时间里, 他认真贯彻党中央、国务院关于科学技术工作的指导方针, 领导中国科学院采取一系列重大改革措施, 建立科研课题的同行评议制度, 实行择优支持的经费管理办法, 创建开放研究所和开放实验室, 设立青年科学基金, 加强与院外的横向联系, 组织全国性联合攻关项目, 稳定我国基础研究工作等. 他还为加强中外科技界的友好往来与合作做了大量工作, 为提高我国科技界、特别是中国科学院在国际科技界的地位做出了重要贡献.

1988 年, 卢先生当选为第七届全国政协副主席, 1993 年当选为第八届全国人大常委会副委员长, 与此同时, 他还连任第九、十届农工民主党中央主席, 1998 年当选为第九届全国政协副主席, 农工民主党中央名誉主席.

1955 年卢先生被选聘为首批中国科学院数理化学部学部委员 (后改称为院士), 被高等教育部聘为一级教授, 他是当时我国最年轻的学部委员和一级教授之一. 1956 年光荣地加入了中国共产党.

卢先生是一位在国际科学界享有崇高声望的科学家, 1984 年被选为欧洲科学、艺术和人文科学院外域院士, 1985 年当选为第三世界科学院院士和该院理事会理事, 1987 年被选为比利时皇家科学院外籍院士, 同年接受英国伦敦市立大学授予的理学名誉博士学位, 1988 年被任命为第三世界科学院副院长. 是担任这一职务的第一位中国科学家.

基于卢先生在原子簇化学和新技术晶体研究方面的杰出贡献和重大成就, 1999 年他荣膺何梁何利基金科学与技术成就奖. 卢先生不愧为我国学术界公认的我国结构化学的开拓者和奠基人之一, 我国第一代杰出的晶体学家, 他培养了一大批优秀的教育和科研人才, 桃李满园, 不愧为一代宗师.

## 参 考 文 献

- [1] 李汉秋, 杨钊良, 吴鼎铭等编. 卢嘉锡传. 北京: 科学出版社, 1995 [ Li H Q, Yang Z L, Wu D M et al. Biography of Lu J X. Beijing: Science Press, 1995 (in Chinese) ]
- [2] 卢嘉锡等. 科学通报, 1997, 42(6): 561 [ Lu J X et al. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(6): 561 (in Chinese) ]
- [3] 何梁何利基金评选委员会编. 1999 何梁何利奖. 北京: 中国科学技术出版社, 2000 [ The Selection Board of Ho Leung Ho Lee Foundation eds. 1999 Ho Leung Ho Lee Prize. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 2000 (in Chinese) ]