• 人物评传 •

失而复得：触摸近代原子物理学开端的李复几

Li Fuji: A Pioneer Who Touched the Threshold of Modern Atomic Physics

欧七斤 /OU Qijin

（上海交通大学档案文博管理中心，上海，200240）
(Archives and Museums Management Center, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200240)

摘　要：由南洋公学选派到欧洲留学的李复几是最早接触到原子物理学前沿领域的先行者。他在 1907 年即获得德国波恩大学物理学博士学位，在博士论文中他介绍了原子物理学的最新进展，并利用实验数据驳倒了德国物理学家勒纳的一个重要论点。笔者曾经为了恢复李复几的生平开展过研究，此次就李复几作为中国触摸原子物理学开端的先行者的角色作一补充性论述，以期助力中国核科学史开端图景的进一步清晰化。

关键词：李复几　原子物理学　核科学史　先行者

Abstract: Li Fuji was a pioneer in China's earliest engagement with the cutting-edge field of atomic physics. He was selected by Nangyang College to study in Europe and obtained his doctoral degree from the University of Bonn in Germany in 1907. In his doctoral dissertation, he introduced the latest developments in atomic physics and used experimental data to refute an important argument advanced by German physicist P. Lenard. The author has previously conducted research to recover the life of Li Fuji. This paper provides a supplementary discussion on Li Fuji's role as a pioneer in China's exploration of atomic physics, in the hope to help further clarify the starting picture of China's nuclear science history.

Key Words: Li Fuji; Atomic physics; Nuclear science history; Pioneer

中图分类号：B516.54; N031　DOI: 10.15994/j.1000-0763.2026.01.014　CSTR: 32281.14.jdn.2026.01.014

李复几

在中国核科学发展史上，一般的看法是，曾就读于南洋公学（即现今上海交通大学和西安交通大学）的胡刚复是“中国涉核第一人”。[1] 他于 1913–1918 年在美国哈佛研究院从事镭的提纯工作以及 X 射线光谱方面的研究。同样，在广为流传的“中国核科学发展百年记事”中，中国核科学史的开端事件被列举为：

1898 年 中国报刊开始报道 X 射线的发现。

1899 年 江南造船局翻译出版《通物电光》一书。

1903 年 鲁迅发表《说鈤》一文，介绍镭和放射性的发现。

1913 年 胡刚复在美国留学期间参加镭的提取。

1914 年 李耀邦在美国测定电子电荷值，

收稿日期：2025 年 3 月 17 日

作者简介：欧七斤（1973–）男，安徽泾县人，上海交通大学档案文博管理中心研究馆员，研究方向为大学校史。Email: ouyangqi@sjtu.edu.cn

获物理学博士学位。

……[2]

由此可知，从1903年到1913年，中国核科学史的叙事出现长达十年的空白，而这正是欧洲核科学研究不断取得突破的活跃的十年，我国也已经开始陆续派留学生前往欧美各大学学习研究。

李复儿1901年毕业于南洋公学，随即被派往欧洲留学。笔者曾经为还原李复儿的生平开展过调查研究，[3]此次就李复儿作为中国最早触摸原子物理学开端的先行者角色作补充论述，以便弥合中国早期核科学史的年代断裂，推动中国核科学初创时期的图景进一步清晰化。

一、失而复得的中国第一位物理学博士

在整个中国物理学界，李复儿曾经长期被遗忘。一直到1984年，西德总理科尔（H. Kohl）访华，将李复儿的博士论文复印件送给北京大学，才在国内学界唤醒这段沉睡数十年的历史记忆。1993年，戴念祖主编的《20世纪上半叶中国物理学论文集萃》刊出了李复儿博士论文的中文简译本，确认李复儿是中国第一位物理学博士。[4]他比之前公认的第一位物理学博士李耀邦（1914年毕业于美国芝加哥大学）早了7年。

1996年，戴念祖在《物理》杂志撰文简要介绍了李复儿博士论文的基本内容和光谱学研究方面的主要观点，但并没有将之纳入原子物理学发展的学术脉络中审视。[5]实际上从经典物理学向近代物理学发展过程中，对发光原理的探究与原子物理世界的揭秘是融为一体的，或者说，正是原子物理学的开启使光谱学原理机制的研究走上了深化的轨道。所以，当时物理学家们在光谱学和原子物理学研究方面往往也是交叉进行的。李复儿正是在这个新旧物理学转换的历史时期介入到光谱学研究，并接触到原子物理学的早期进展。而且李复儿的研究与已进入核科学史名录的两位早期拓荒者胡刚复（X射线光谱研究）和李耀邦（测定电子电荷值）的研究也有相似性，都属于近代物理学刚起步时期的前沿课题。这也是笔者之所以将李复儿也作为早期拓荒者纳入中国核科学发展开端叙事的重要原因。

事实上，20世纪90年代的中国物理史学界对李复儿的生平也所知甚少，甚至不能确定他是否回国。戴念祖当时就在文章中不无遗憾地猜测：“也许他获博士学位后回国了，只是由于当时的政情与贫困落后，他未曾进入教育界，而真的起法号，入山为僧了；抑或没有回国，也未可知。”[5]

2005年，中德世界物理年大会在上海交通大学召开。参会的德方在会议上播放了中德学术交流幻灯片，其中又闪现出李复儿的镜头，他的简历中写有Nanyang College（南洋公学英文名称），在现场的上海交大校长谢绳武敏锐地捕捉到这一信息，并前往交大档案馆查证，证实李复儿正是南洋公学派往欧洲学习的留学生。

但是交大档案馆的记载十分有限，笔者领受了学校交予的继续查找李复儿生平资料的任务。2006年，笔者几经曲折，找到了李复儿的后代，通过与后人的访谈，再参照相关历史档案和其他资料，于2007年写成“略述中国第一位物理学博士李复儿”一文。[3]

李复儿，原名李福基，1881年生于上海，祖籍苏州。1899年2月，进入南洋公学中院学习。南洋公学诞生于1896年，创始人为著名的实业家、教育家盛宣怀。由于创办于清末新式教育刚刚起步的年代，为了获得合格生源，南洋公学在一校之内设计了外院（小学部）–中院（中学部）–上院（大学部）相衔接的三级学制，另设有师范院用来培养师资，聘请包括外教在内的优秀师资，教授数学、物理、化学、外语等现代课程。后来上院也就是大学部，因为师资、经费、外部环境等方面的原因一时难以开办，所以部分毕业生被南洋公学资助出国留学。

从1898年至1905年初，南洋公学共向日本、欧美各国大学派遣47名留学生，是清末中国派遣留学生的重要机构之一，被誉为“留学生的摇篮”。[6]南洋公学先于1898年派出章宗祥等6人留学日本，继于1900年派出章宗元等2人留学美国，1901年6月又派出王宠惠等7人赴美留学。李复儿和他的3名同学系南洋公学的第四批留学生，1901年7月从南洋公学中院毕业后，即受学校派遣留学英国。

1901年，南洋公学首次向欧洲方向派遣学生，而当时的欧洲正是核科学的发源地，原子物理学领域的科学家们正取得一个又一个惊人的发现。1895年，德国物理学家伦琴发现X射线、1896年法国科学家贝科勒尔（H. Becquerel）发现铀具有天然放射性，而放射性正是原子内部发出来的讯号。1897年英国剑桥大学卡文迪许实验室的汤姆逊（J. J. Thomson），在阴极射线研究的过程中，发现了原子内部的电子；1903年他又推理出原子的内部结构——“面包葡萄干”模型：原子是带正电荷的“大面包”，上面镶嵌了带负电荷的电子“葡萄干”。由此，“原子作为万物的本原，是不分的”观念被打破，物理学进入探索原子内部结构的原子物理学时期。之后，卢瑟福（E. Rutherford）、玻尔（N. Bohr）等一批杰出的科学家也先后投身其中，核科学这一新的学科领域拉开了帷幕。[7]

此时的中国，却处于清末甲午战败的阴云中，痛定思痛的一批先锋人物，将拯救民族危亡的目光放在培育新式人才上，留学生们开始远渡重洋，学习西方科学技术知识。李复几正是这一历史大潮流的一员。不过，在南洋公学派到英国的第四批留学生中，其他同学学习政治和商务，只有李复几学习的方向是机械工程，后又转向物理学，由此接触到刚刚处于起步阶段的原子物理学。

二、原子物理学前沿领域的研究者

1901年，李复几到英国后，先在伦敦国王学院学习语言，后来进入芬斯伯里学院和伦敦大学学习机械工程，1904年毕业后，受其叔父李维格的影响前往德国学习物理学。李维格早年也曾经留学英国，他认为工程学是以自然科学为基础的，而自然科学以德国最为精深，建议李复几毕业后，去德国继续学习自然科学。正是这个机缘促成了中国第一位物理学博士的诞生。到德国后，李复几先在杜塞尔多夫的汉尼尔理机器厂实习，1906年进入波恩大学学习。1907年1月，李复几完成博士论文“关于P. Lenard的碱金属光谱理论的分光镜实验研究”（Spektroskopische Untersuchungen ueber P. Lenards Theorie der Spektren der Alkali-Metalle），并顺利通过答辩。1907年3月5日，他被授予波恩大学高等物理学博士学位。李复几博士论文原件（德文版，后人捐赠），现收藏并展示于上海交通大学校史博物馆（图1）。

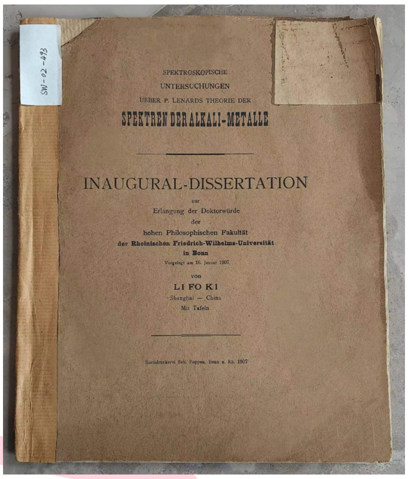

图1 李复几博士论文原件，现收藏于上海交通大学校史博物馆

李复几的导师是著名物理学家凯瑟尔（H. Kayser）。凯瑟尔是一位光谱学研究者，曾经编纂了八卷本的《光谱学手册》（*Handbuch der Spektroskopie*），记录了已知所有元素的光谱。科学家们聚焦的难点在于如何解释这些光谱的形成原理。凯瑟尔从19世纪80年代末就投身于探索光谱产生的机制，当时人们已在猜测它和微观粒子的内在构成有关。[8]19世纪末20世纪初，随着原子物理学的突破，科学家们对光谱形成原理的认识也产生革命性变革——从原子内部的微观世界出发来解释光谱的形成。

当时的德国是欧洲原子物理学起步研究的高地之一，李复几师从名师，有机会直接接触到当时原子物理的新进展及其对光谱学原理的新认识。他在博士论文的开篇当中简要概述了光谱学原理研究的新动向：“早先，人们认为光谱是元素的原子依据其内力、质量和某种电磁振荡形式所具有的能力，它通过周围的以太使电磁振荡向外传递……”然而，“J. J. Thomson对阴极射线本质的研究使人们认识到电子的存在，大大地改变了人们对发光机制的看法”。[4]

J. J. Thomson，即汤姆逊，英国剑桥大学卡文迪许实验室的物理学家。卡文迪许实验室是当

时世界著名的核科学研究的中心，包括电子、中子、原子核的结构等都是在这里发现的。1906年,汤姆逊因电子的发现并推理出“面包葡萄干”的原子模型，获得诺贝尔物理学奖。当时李复几正在德国，汤姆逊的科学发现，他显然是熟知的。所以，在博士论文的学术史回顾中，李复几首先提及了汤姆逊的开创性发现——原子不可分的观点被推翻了，原子物理学的开端被李复几捕捉到了。

李复几接着列举了数位以原子物理学的新进展推进光谱学研究的著名科学家：1902年诺贝尔物理学奖获得者荷兰物理学家塞曼（P. Zeeman），“Zeeman效应的发现和研究证明了光的载体或激励体一定是带负电的粒子，它的质量和电量的比例关系和电子的一样”；1919年诺贝尔物理学奖获得者德国物理学家斯塔克（J. Stark），“最有名的大概是Stark的。按照这个理论的说法，处于正的剩余原子上的负电子应决定所有线光谱”。从中可知，李复几已经了解“塞曼效应”，塞曼效应证实了原子磁矩的空间量子化，为研究原子结构提供了重要途径，被认为是19世纪末20世纪初物理学最重要的发现之一。而德国物理学家斯塔克以精湛的研究成果在原子物理学领域里独领风骚数年，并发现了“斯塔克效应”“斯塔克–爱因斯坦方程”“斯塔克数”等。当然后期的斯塔克因为追随纳粹希特勒而声誉扫地。李复几显然对斯塔克早期的成果是熟知的，从他的描述中，“处于正的剩余原子上的负电子”，也是一种类似“面包葡萄干”原子构造，但是已经代表了当时对原子结构最前沿的认识。[4]

此外，李复几在博士论文中，还提及瑞士数学家、物理学家巴耳末（J. J. Balmer），瑞典物理学家里德伯（R. Equation），德国数学家、物理学家龙格（C. Runge），德国物理学家帕邢（F. Paschen）等人的研究成果。[4] 他们都是欧洲顶尖的数学家、物理学家。巴耳末公式、里德伯公式、LRL矢量（拉普拉斯–龙格–楞次矢量）、帕邢线系等，都对近代原子物理学的发展产生了重大影响。

而李复几论文所要商榷的物理学权威是1905年诺贝尔物理学奖获得者德国物理学家勒纳（P. Lenard）。勒纳在原子物理学领域作出了卓越贡献，他发现高能阴极射线能够穿过原子，正确推断出原子内部的空间相对来说是空虚的，进一步得出原子的有效中心集中在原子体积中很小部分的结论，比卡文迪许实验室的著名原子物理学家卢瑟福提出有核原子模型还要早。

事实上，对光谱发展原理机制的科学阐述，离不开对原子内部结构的深入认识。后期，勒纳加入了对光的发射原理的研究，在李复几导师凯瑟尔等人研究的基础上作出了新的推进。正如李复几在博士论文中写道：“Kayser和Runge将碱金属的光谱分为主系，它包括元素的最强谱线；较弱的第一副线系；强度再弱一些的第二副系。”（[4]，p.14）对此，勒纳运用最新原子物理学的进展，分析认为这与电子的释放有关：“主线系是带中性电荷的原子引起的；第一副线系是失去一个电子的带正电荷的原子引起的；第二副线系是又失去一个电子的原子引起的；等等，还有其他的线系。”（[4]，p.14）勒纳还认为：发射谱线的光弧是由大量相互包起来的中空火焰组成，每层火焰都是一个发射中心，每个中心发射一个线系，且主线系的火焰最大，第一、第二副线系的逐渐缩小。针对这一“中空火焰发射说”，李复几注意到，勒纳的这个结论有的是从发光蒸汽的电特性得出的，有的则是从分光镜用肉眼观察得出的。“最好是在确定的理论基础上借助摄影技术验证其正确性。”（[4]，p.14）

李复几在导师的建议下，通过拍摄钠的火焰光谱图来验证。他在波恩大学物理研究所利用当时先进的实验设备——慕尼黑Steinheil工厂生产的摄谱仪——做了实验。这一摄谱仪可以在百分之一秒的曝光时间内拍下清楚的铁弧光谱。经过反复实验，他终于获得钠的清晰火焰图像。他拍摄的火焰图像很小，只有一二毫米，但利用大倍数的放大镜就可以清晰地观察到其形态的各个细节，结果发现：发射各个谱线的火焰并不是中空的。并且，他的导师凯瑟尔也亲自确认了这一实验结果。

李复几在博士论文中得出结论：“我相信，这足以证明勒纳关于光弧由大量相互包起来的中空火焰组成，每一火焰都是不同的发射中心，每

个中心发射一个线系的假说是不正确的。”（[4]，p.17）勒纳的“中空火焰发射说”由此被李复几的实验否定。同时，李复几的实验又证实了勒纳所说的火焰图像有大小且主线系的最大，但是李复几对其原因进行了修正。勒纳假定主线系是由整个火焰发射的，第一副线系是由除最外层以外的整个火焰发射的……；李复几则认为火焰图像大小实际上与弧光焰的强度不同相关，也即，“Lenard认为，第一副线系的谱系图像中缺少最外层是因为相应的光不存在；而我则认为，这是因为外层的强度对于所使用的曝光时间来说太短的缘故”。（[4]，p.16）

特别值得注意的是，在论文结论的最后，李复几对勒纳的原子的电子释放理论提出谨慎的质疑：“至于有关最外层的发射中心由中性原子组成，往里依次由失去一个、两个或多个电子的剩余原子组成发射中心的假说，我的实验没有涉及，但它的正确性从另一方面也受到怀疑。”（[4]，p.17）这是当时勒纳提出的著名假说，在此李复几发出了疑问，这可以理解为：一方面，他的实验没有涉及这方面，无法明确验证；另一方面，他的实验证伪了勒纳所说的“中空火焰”，对火焰图像大小成因的分析判断也与勒纳不同，所以他认为勒纳的理论并不能很好地解释他的实验所观察到的现象。

不过，后来理论发展的结果证明，勒纳以电子释放理论来解释发光原理的大方向是对的。然而，直到1913年物理学家玻尔提出比较完善的“电子跃迁”理论（电子从能量较高的轨道跃迁至能量较低的轨道时，将能量以光的形式发射出来）后，学界才意识到勒纳当年的假说是富有前瞻性的；而李复几当时的疑问，一方面显示了他敢于与诺奖权威深度对话的勇气，另一方面也反映了科学家们不断艰难接近科学真相的曲折过程。

三、核科学史上的早期先行者

放在核科学早期发展史中审视，李复几早在1907年的博士论文中，就清晰梳理了物理学家们在原子物理学上的早期探索及对光谱学原理理论的推进：汤姆逊发现电子——塞曼效应的论证——斯塔克的推导——勒纳提出电子释放理论假说，同时还兼及了巴耳末、里德伯、龙格、帕邢等著名物理学家的相关研究。李复几论文主要聚焦勒纳的理论，对其具体的“中空火焰发射说”进行了实验验证。实验结果否定了“中空火焰”的存在，这说明了勒纳理论在解释现象层面并不完美，需要进一步改进。李复几的实验是非常有意义的，有助于光谱学原理机制的探索沿着与原子物理学方向相结合的路径中继续深入推进，建立对现实数据更有解释力的理论模型。

导师凯瑟尔对李复几的研究成果高度肯定，认为他的实验是成功的。他在回忆录中回忆自己的外国留学生时，也提到：“还有一个中国人李复几，通过他，我驳倒了勒纳德（即勒纳）的一个论点。”[8] 对于李复几的论文，据2006年7月28日波恩大学档案馆馆长贝克（T. Becker）提供给上海交大的英文材料译文记述：“李复几的学位论文做得非常优秀，被评为‘idoneum’等级，这在数学、物理和地理学科里是非常难得的。”[9] 戴念祖对李复几的物理学研究成果的评价是：“鉴于勒纳在本世纪初物理学界的影响，李复几的工作是有助于物理学发展的。物理学的发展是艰难曲折的，勒纳和李复几的光谱研究，表明在1913年玻尔提出原子能级之前光谱学理论曾经走过的探索之路。”（[4]，p.14）

正如戴念祖所说，当时是一个原子物理学日新月异的时代，就在李复几完成论文6年后，1913年物理学家玻尔在以原子物理学解释光谱学研究方面取得了重大突破，建立了著名的玻尔原子模型，形成了“光是由电子在轨道间跃迁释放能量而形成”的著名论断，比较成功解释了氢原子光谱的内在规律，奠基了原子物理学的理论基础。非常遗憾的是，在博士论文中非常关心这一重大理论问题的李复几已经回到中国，并且未能继续从事物理学研究。

李复几于1907年夏秋间返回中国，除了短暂在交大电机科、复旦大学理工部任过职外，大多数时间是在汉冶萍公司、江南造船厂、江西萍乡煤矿等工厂从事具体的技术工作。事实上，1927年，李复几曾经向汉冶萍公司申请出国考察学术，但被公司以经济困难为由拒绝。这可能

是他后来离开汉冶萍公司的一个缘由。于是，在20世纪30年代初，李复儿成了一个流动的自由职业者，工作并不稳定。此时正是原子物理学突飞猛进并深入到原子核内部的时代，但他限于国内大环境和不稳定的行业境遇，错失了接续国际学术研究的机会。

1937年五六月间，已成为原子物理学界权威的玻尔教授应邀来我国讲学，先后访问了上海、杭州、南京、北平等地，在交大、浙大、中央大学、北大、清华、北平研究院等单位做了学术演讲，演讲的主要内容是“原子核问题”以及“原子物理学之因果律”，成为当时国内学术界的一大盛事。然而，李复儿已离开了中东部地区，于1936年进入四川省，在四川盐务局任工程师等职，曾在自贡等地参与改进盐务工作，为保障大后方的盐业生产作出了贡献。不幸的是，1937年7月，全面抗战爆发，国难当头，交通阻隔，李复儿再没有回过苏州和上海，1947年于自贡病逝。

从1900年到1920年的20年时间里，我国获得外国大学物理学博士学位的只有三位：李复儿、李耀邦和胡刚复。他们回国后，缺乏从事科学研究的基本条件，使得之前在国外的学术研究工作不得不就此止步了。李复儿如此，李耀邦也是回国后不久，改行从事宗教和商业。胡刚复回国后，也没有条件继续开展研究，但是他走上了终身教书育人的道路，在东南大学、交通大学、浙江大学、厦门大学、南开大学等高校教授物理学课程，培养了吴有训、严济慈、赵忠尧等后起的一大批中国杰出的物理学家，因此他没有被忘记，被称为中国近代物理学的奠基人、“中国涉核第一人”。

不过，对于曾经被遗忘的李复儿和相对默默无闻的李耀邦等早期物理学者，我们既不能苛求他们之前的初创性的研究工作一定尽善尽美，也要客观看待他们回国后不得不改行的历史境遇，更不能因之而忽视他们曾经在相关领域发挥的拓荒作用，或许我们应秉持如著名物理学家吴大猷先生所给予的理解。吴大猷认为，李复儿是“头一位中国人在国外有研究论文发表的先生”，他还把1920年之前学习物理学的屈指可数的几位学者尊称为中国“第一代”的物理学家，“这些人是很重要的，因为任何学术的发展，总得有一个起点”。[10]

结　语

以上结合原子物理学早期的发展史，通过回顾李复儿的生平，以及仔细审视他的博士论文，我们可以清晰地发现，李复儿不仅是中国第一位物理学博士，也是中国最早接触到原子物理学前沿的研究者，并且他利用实验数据驳倒了在原子物理学研究领域作出开创性贡献的德国物理学家勒纳的重要观点。

随着当代中德学术交流的密切互动，一度湮没在历史尘埃的李复儿“失而复得”，不仅得到德国学界的认可，而且经过戴念祖等物理史学家的认定，已经重新回到中国物理学史的开端位置。原子物理学是核科学史的重要组成部分，作为中国最早接触到原子物理学研究前沿的物理学者，李复儿的拓荒作用不应被忽视，其先行者的角色应该被写入中国核科学发展史中。

［参 考 文 献］

[1] 本书编写组. 中国核工业发展简史［M］. 北京：中国原子能出版社，2021，13.

[2] 王甘棠、孙汉城. 核世纪风云录——中国核科学史话［M］. 北京：科学出版社，2006，332.

[3] 欧七斤. 略述中国第一位物理学博士李复儿［J］. 中国科技史杂志，2007，28（2）：105–113.

[4] 李复儿. 关于P. Lenard的碱金属光谱理论的分光镜实验研究［A］，戴念祖：20世纪上半叶中国物理学论文集粹［C］，长沙：湖南教育出版社，1993，13–18.

[5] 戴念祖. 李复儿和他的博士论文［J］. 物理，1996，25(11)：701–702.

[6] 欧七斤. 晚清南洋公学留学教育述论［J］. 历史档案，2015，(7)：104–114.

[7] 吴明红、王传珊. 核科学技术的历史、发展与未来［M］. 北京：科学出版社，2015，1–20.

[8] 吴限. 李复儿的博士论文导师：海因里希·凯瑟尔［J］. 科学文化评论，2022，19（3）：38–58.

[9] Becker, T. 'Li Fo KI, The First Chinese to Receive His Doctorate in Germany'［Z］. 上海：上海交通大学，2006，1.

[10] 吴大猷. 早期中国物理学的发展回忆［J］. 物理，2005，34（3）：165–170.

［责任编辑　王大明　柯遵科］