

$n_0$ . 在金属元素中,至少有一个态含“晶格电子”(  $n_1$  ). 在共价和含部分离子性的共价结构中的组成原子总有相应的单键半径  $R(1)$ . (2) 在一般情况下,状态杂化是不连续的. 若  $C_t$  表示  $t$  态在杂化状态中的成分,则在多数结构中,  $C_t$  将由下式给出:  $C_t = 1/(1 + K^2)$ , 其中  $K$  是  $h$  和  $t$  态中  $s, p, d$  的共价与晶格电子数函数. (3) 除完全离子性晶体(如氯化钠)外,结构中两个相近原子  $u$  和  $v$  之间总有共价电子对存在,电子对的对数可用  $n$  表示,两个原子间距离即共价键距表示为  $D_{uv}(n)$ . 按鲍林的理论为  $D_{uv}(n) = R_u(1) + R_v(1) - \lg n$ . (4) 对 B 族元素和过渡金属以及 Ga, In, Tl, 在固体中,它们的原子有一部分外层  $d$  电子在空间扩展,以致它对共价键距的影响等效于最外层的  $s$  或  $p$  电子的作用;对于 Cu, Ag 和 Au,  $p$  价电子取向在不同单胞中混乱分布,以致其平均效果与  $s$  电子等效. 但所有等效电子在对结合能的贡献上总保持原有特性. 同时,他还给出了一个用经验电子理论计算价电子结构的方法,即键距差(BLD)方法. 国内已有数十名中高级科学工作者在进行经验电子理论方面的研究. 最重要的进展是余瑞璜对电子化合物中过渡元素化合价

的研究. 他通过对化合物中过渡元素原子中的  $s, p, d$  价电子,等效于  $s, p$  的  $d$  电子等的巧妙分析,把鲍林和 W. 休姆 - 罗瑟里(Hume-Rothery)对这些过渡元素化合价的互相矛盾的理论统一起来了,同时揭示了休姆 - 罗瑟里电子浓度规则中过渡元素为零价的物理实质. 由余瑞璜给出的这个微观精细价电子结构图像计算方法,被应用于计算晶体结合能、熔点、高压相变的转变压强、合金相图等,都与实验结果吻合得很好.

今年是我们尊敬的老师余瑞璜先生 90 寿辰. 作为老一代著名科学家,余先生 60 多年来为我国物理学事业的发展做出了卓越贡献,我们衷心祝愿余先生健康长寿.

## 参 考 文 献

- [ 1 ] S. H. Yu, *Tsing-hua University*, **1**(1932), 155.
- [ 2 ] S. H. Yu, C. A. Beever, *Z. Kristallogr. A*, **96** (1936), 426.
- [ 3 ] S. H. Yu, *Nature*, **141**(1938), 158.
- [ 4 ] S. H. Yu, *Z. Kristallogr. A*, **101**(1938), 158.
- [ 5 ] S. H. Yu, *Nature*, **149**(1942), 638.
- [ 6 ] S. H. Yu, *Nature*, **150**(1942), 151.
- [ 7 ] 余瑞璜, *科学通报*, **23**(1978), 217.

## 李复几和他的博士论文 \*

### 戴 念 祖

(中国科学院自然科学史研究所, 北京 100010)

李复几(复几),拉丁文名 Fo-ki Li,字泽民,光緒十一年(1885)11月28日生于江苏吴县(今苏州市),祖籍上海. 早年就读于长沙习武学堂和上海南洋公学. 光緒二十七年(1901)毕业于南洋公学,获该校奖学金资助,于当年冬入伦敦国王书院(King's College)学习语言;后入芬斯伯里学院(Finsbury College)学习机械工程. 毕业后又入伦敦机械工程师研究所实习一年. 1906年赴德国波恩皇家大学(Königliche

Universität)继续深造,在著名物理学家、大气中氦的发现者 H. 凯瑟尔(Kayser)指导下,从事光谱学研究. 光緒三十二年冬季(1907年1月)获该校高等物理学博士学位.

获博士学位后,李复几是否回国,从事何职业,何年而卒,迄今不得而知. 在伦敦期间,他是

\* 1995年11月27日收到初稿,1996年2月9日收到修改稿.

伦敦中国协会会员,伦敦中国联谊会会长;在欧洲留学期间,又曾任巴黎佛教俱乐部名誉主席,欧洲中国 Duc Tsch Tsih(不知汉译为何)布道团志愿者。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。

## 1 中国的第一个物理学博士

在 20 世纪上半叶及其之前,中国的自然科学各学科的博士学位都是出国留学的结果。言及留学,一般地都认为,清同治时期于 1847 年留美之容闳(1828—1912)为肇始。实际上,留学于欧洲大陆高等学府的中国学生的历史可以追溯到 18 世纪中叶。1582 年利玛窦入华,西方科学知识逐渐介绍到中国,引起中国人学习西学的兴趣。据考,同治前赴欧留学生达 113 人。其中于 1751 年赴巴黎的杨德望(1733—1798)、赴里昂的高类思(1733—1780)二人,除学习拉丁文、神学和哲学外,还学过初级科学。他们于 1765 年回国时,法王路易十五曾亲自赐予望远镜、显微镜、静电起电器等物。但在封建主义与儒学根深蒂固的土壤上,他们本人及其携回的仪器未曾有任何影响。

19 世纪下半叶,随着洋务运动的开展与兴盛,曾有一批人到国外学习。在 1862—1900 年间,几百人以官费、自费出国学习语言、驾驶、电工、炮术、造船、筑路、铸造、采矿、机织等技术。当时,无人有眼光派遣学生出国学习数理化基础学科。迄今所知,在 19、20 世纪之交,赴日留学生中有 5 人于 1902 年进入一所中等物理学校,但他们没学完就转入陆军学校了。同一年,李煜瀛到巴黎学习农学,后成为生物学家。李复几是第一位出国学习物理学并获得博士学位的中国留学生。

20 世纪第一个 10 年,除李复几之外,出国学习物理学的学生中有:何育杰于 1903 年赴英国曼彻斯特大学;张贻惠于 1904 年入东京高等师范,后入京都帝国大学,夏元 于 1906 年入

美国耶鲁大学,1909 年转入德国柏林大学;李耀邦于 1909 年入美国芝加哥大学,1914 年因测量电子电荷值而获该校哲学博士学位,他可能是第二个获博士学位的物理学留学生;与李耀邦同年出国的还有以庚款赴美留学的胡刚复。20 世纪第二个 10 年,出国学物理学的人增多了,他们中较著名的有:陈茂康、赵元任、桂质廷、温毓庆、颜任光、丁西林、李书华、饶毓泰、叶企孙、杨肇 等(以出国先后为序)。

## 2 李复几的博士论文

李复几的博士论文题目是“关于勒纳的碱金属光谱理论的分光镜实验研究”。其主要内容为,以高倍摄谱仪拍摄钠在电弧中的火焰光谱图,验证 P. 勒纳(Lenard)提出的关于光谱形成原因的火焰中心发射说。

为了了解李复几博士论文的意义,我们回顾一下当时物理学有关内容的发展状况。

迄 1907 年止,光谱实验有了众多成就。早在 1883 年,李复几的导师凯瑟尔及其合作者测量了许多元素的光谱,发现了谱线系的间隙与强度呈规则性变化,提出了一种表示该变化的数学公式。1884 年,巴尔末在可见光范围内总结了氢谱线波长公式。1890 年,里德伯公式发表。闻名的塞曼效应发表于 1896 年。在李复几论文之后一年,即 1908 年,F. 帕邢(Paschen)发表了后来称为帕邢谱线系的公式。光谱实验及其数学表达式一时成为物理学家和数学家的热门课题。

相比之下,有关光谱发射的物理机制的理论探讨是落后的。虽然在此期间产生了许多理论设想,但在玻尔于 1913 年发表氢原子能级理论之前,有关光谱理论的假说大多属于猜想,含混不清,甚至错误。凯瑟尔等人曾提出发射中心说,认为谱线系的载体或激励体至少有几个不同的发射中心。他们估计碱金属的发光蒸汽有 6 个不同的中心。当时称此为载体发射中心说。而较有影响的理论则是勒纳于 1903 年和 1905 年提出并完善的假说:在火焰或电弧中,不同发射

中心在空间上是分开的, 光弧是由大量相互包裹着的中空火焰组成的, 每个火焰层都有一个发射中心, 每个中心发射一个线系; 主线系出现在电弧(或火焰)外层, 第一副线系靠近火焰核心, 第二副线系更靠近核心, 等等. 这称为火焰发射中心说.

按照勒纳的理论, 人们应当在所有光谱线处观察到相应的中空火焰的形状, 而且, 对应于主线系的火焰中空形状最大, 第一、二副线系的中空形状逐渐缩小. 为了验证勒纳的理论, 李复几在其导师凯瑟尔指导下, 在波恩大学物理研究所作了实验研究.

李复几将钠放入两根碳棒电弧中, 用摄谱仪拍下火焰照片. 其摄谱仪可以在百分之一秒曝光时间内拍下清楚的铁弧光谱, 是当时最好的光谱仪. 实验分为两步: 一是确证火焰中空; 二是判别其大小. 如果勒纳的理论正确, 那么实验第一步, 应当能在拍摄的光谱图中显示出中空火焰, 而且在火焰边缘有一明亮厚层, 在底片上就显得较暗. 但是, 李复几在拍摄的大量照片中, 即使以高倍放大镜在毛玻璃上观察, 也没有看到中空火焰的形状, 连一丝痕迹都没有. 李复几在其论文中写道: “可以肯定地说, 发射各个谱线的火焰不是中空的.” 第二步稍微复杂些. 起初的实验证实了勒纳的假设. 后来, 经理论分析才明白, 火焰图像的大小实际上是与其强度相关的. “各种波长的谱线如果均以同样的强度由弧的各处发射, 那么, 所有光谱图像就应该一样大”. 事实上, 找不到同样大的光谱线系, 而是最强的谱线图像最大, 最弱的谱线图像最小. 李复几又进一步采用加大光圈或延长曝光时间的方法. 结果发现, “加大一倍光圈, 第一副线系谱线的图像就和正常光圈时主线系的一样大; 再加大光圈, 第一副线系的图像还可以大于最小

光圈时主线系的图像.” 如果保持光圈不变, 延长曝光时间, 也得出同样的结果. 李复几的结论是, “在极短的曝光时间里, 对于副线系而言, 强度太弱才造成其图像显得小的缘故.”

通过实验, 李复几在论文中断言: “我相信, 这足以证明勒纳关于光弧由大量相互包裹的中空火焰组成, 每一火焰都是一个不同的发射中心, 每个中心发射一个线系的假说是不正确的.” 他在论文中还指出勒纳假说的错误原因: 第一是勒纳的光谱理论有错误. 勒纳认为, 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; 第二是勒纳以肉眼观察分光镜中的图像, 而没有借助任何摄影技术(以上引文均出自文献[1]).

勒纳于 1905 年因阴极射线的实验研究而获得诺贝尔物理学奖, 但他的光谱理论在两年之后被李复几证伪. 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.

## 参 考 文 献

- [1] Fo-ki Li, Spektroskopische Untersuchungen ueber P. Lenards Theorie der Spektren der Alkali-Metalle. Bonn. Buchdr. S. Foppen, 1907. 本文中译文见戴念祖主编的《20 世纪上半叶中国物理学论文集粹》一书, 湖南教育出版社, (1993), 13-18.
- [2] 戴念祖, 中国科学史科, 11-4(1990), 32.
- [3] 戴念祖, 物理, 21(1992), 468.