

# 纪念陆学善先生诞辰 100 周年\*

梁敬魁

(中国科学院物理研究所 北京 100080)



陆学善字禹言, 1905 年 9 月 21 日生于浙江湖州, 1981 年 5 月 20 日在北京逝世。中国科学院学部委员, 晶体学家。

## 1 生平

陆学善先生出身贫苦, 他周岁时父亲因病去世, 母亲在纱厂做工, 生活艰苦。由于先生勤奋聪敏, 成绩优异, 深受老师和学校的赏识, 使得有机会深造。1923 年高中毕业后就读于浙江之江大学, 提高了英文水平, 翌年进入南京国立东南大学(后改为中央大学)物理系学习, 这是我国当时南方的最高学府。陆先生在该校一直因品学兼优而获得奖学金直至毕业。1928 年毕业后随吴有训先生到北平清华大学任助教, 探讨研究当时发现不久的电子衍射现象的理论和实验, 以及建筑声学中交混回响时间过长的现象和改进措施。1930 年陆先生成为吴有训先生的研究生, 在研究生期间他主要从事物质与射线相互作用的研究。在对多种原子气体的 X 射线散射强度的实验中表明了引入非相干项的重要性, 从而验证了康普顿-吴有训效应的正确性。此外, 陆先生对醛类物质的拉曼效应强度关系进行了系统的研究。由于陆先生在这些研究工作中的优异成绩, 曾两次获得 1930 年和 1931 年中华教育文化基金董事会乙种科学研究补助金。1933 年以优异的成绩完成了题为“多原子气体所散射 X 射线之强度”的研究生毕业论文, 在《中国物理学报》第 1 卷第 1 期上发表, 并被选派出国留学深造。

在出国前的半年时间里, 陆先生在北平研究院物理研究所任助理员, 进行了关于乙酰基丙酮的磁光色散以及压力对  $\gamma$  射线照相影响的研究, 获得满意结果, 并发表了相应的学术论文。1934 年夏天, 陆

先生赴英国曼彻斯特大学物理系诺贝尔奖获得者 W. L. 布拉格教授主持的晶体学研究室从事金属 X 射线晶体学的研究工作。经过两年多的艰苦努力, 出色地完成了 Cr-Al 二元系合金的全面深入的研究, 以优异的成绩获得了曼彻斯特大学物理系博士学位, 成为第一代从事 X 射线晶体学研究的物理学家。陆先生学有成就之后, 并不留恋国外良好的工作条件和优厚的生活待遇, 而是抱着建立和发展我国晶体学的愿望, 于 1936 年底偕夫人返回祖国, 任北平研究院镭学研究所(上海)研究员。

抗日战争期间和胜利之后, 在十分困难的工作条件下, 陆先生仍然竭尽全力的研究压力的照相效应, 点阵常数的精确测量, 并从事物理学名词的审定和科学名著《理论物理学导论》的卷一和卷二《柔体力学》的翻译工作, 还兼任上海暨南大学教授、物理系主任。陆先生积极参加中国科学社、中国物理学会上海分会的活动, 曾任中国物理学会上海分会理事长, 《科学》杂志特约编辑和编委。

全国解放后, 1949 年 11 月, 中国科学院成立。次年陆先生应邀赴京参加了各研究所的机构调整、发展方向和新所建立等问题的讨论。根据国家的需要, 调整和改组了各研究机构, 他负责的原北平研究院镭学研究所(上海)晶体学研究室迁京。陆先生被任命为应用物理研究所(即现物理研究所的前身)副所长。一年后, 严济慈先生辞去所长职务, 他被任命为代理所长, 并兼任中国物理学会常务理事兼秘书长。由于操劳过度, 1954 年 10 月, 陆先生突患急性心肌梗塞症, 他辞去领导职务, 一心扑在工作, 培养研究人才。1956 年被选为中国科学院数理化学部委员, 全国第三届政协委员和第三届人大代表。这时陆先生虽身患重病, 仍然继续开展 Al-Cu-Ni 三元合金的研究和指导年轻同志工作。1957 年 3 月, 应苏联科学院主席团秘书长的邀请, 赴莫斯科参加苏联第二届晶体化学会议, 并在大会上宣读了题为

\* 2005-08-18 收到

“铝-铜-镍三元合金系中 $\tau$ 相晶体结构”的报告,受到与会者的热烈赞扬。

1958年的“双反”运动以及1966年开始的“文化大革命”,陆先生被指责为“资产阶级反动学术权威”受批判。研究工作被迫停顿,全家住在一间12m<sup>2</sup>的朝北小屋,即使在这种极端困难的条件下,出于对科学事业的热爱和培养青年科技干部的赤热的心,他以顽强的意志,查阅了大量国内外有关资料,编写了《激光基质钷铝石榴石的发展》一书(1972年6月科学出版社),并为从事晶体生长工作的同志举办相图知识讲座,以提高业务水平。

“四人帮”被打倒之后,陆先生被任命为中国科学院物理研究所顾问。他满腔热情积极投入工作,在点阵常数的精确测定,粉末衍射指标化的新图解法及其计算程序,X射线衍射法测定德拜特征温度,以及金属和金体系的研究工作等方面都作出了出色的成绩。1981年5月20日,陆先生在参加中国科学院第四次学部委员大会期间,因病不幸突然逝世,一直工作到生命的最后一息。

## 2 主要学术成就

陆先生在学术上的成就是多方面的,其中主要的有以下两方面。

### 2.1 X射线粉末衍射在金属合金中的应用

早在20世纪30年代陆先生在英国就读博士学位时,在Al-Cr二元系相图的测定工作中,依据单相区点阵常数随成分连续变化,两相区保持不变的原理,创立了利用点阵常数测定相图中固溶线的方法,至今仍为国内外相图工作者广泛沿用,并为《金属物理》以及《X射线晶体学》教学参考书作为一种经典方法加以引用。

五六十年代,陆先生在合金相中发现了一类由CsCl型结构为基本结构单位,空缺的有序分布所形成的超结构相,并指出这类超结构相是由基本结构单位的平均价电子数所决定。例如在Al-Cu-Ni三元系中,广泛的成分范围内存在着结构关系密切、空缺有序分布、沿Z轴形成10层、11层……17层8种不同结构类型的超结构相,这是经深入细致研究后得出的高精度、高水平的研究成果。在一个相区内,晶体单胞随成分不同而经历了8种不同的变态,而且变化时原子排列都服从一定的规律。这种现象不管在二元或三元金属间化合物中都很少被发现过。

正因为这样,这一结果被“金属合金的晶体化学与物理”方面的有关专著所收录,作为典型的例子加以引用。1957年,在莫斯科苏联晶体化学会议上得到好评。Al-Ni体系理想成分为Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>合金相,它是由3个CsCl型立方单胞所组成,其中1个立方体的中心有规则地空缺着,是一种新型缺陷结构。在理想成分富Al一端为代替式固溶体,而富Ni一端则为填隙式固溶体。这种在一个相区中存在着两种固溶体类型,以及(Ni,Co)<sub>3</sub>Al<sub>4</sub>对晶体结构都进一步证实了先生所提出的在合金相中存在着一类超结构相,它是由基本结构单位内平均价电子数起主要作用的观点。

在金属合金体系有序化的研究工作中,陆先生用X射线衍射方法十分深入、细致、系统地研究了Cu-Au二元系超结构问题。从实验上证实了CuAu<sub>3</sub>超结构相的存在,证明了有序两相共存区是由同一种化学成分的两相不同堆垛形式所组成的亚稳相。他发现经过长时间热处理的合金,除在等原子CuAu成分附近存在着CuAu-I四方超结构相外,在富Cu和富Au区域里也存在着CuAu-I相,即在室温CuAu-I四方超结构相重复出现三次。此外,他还发现,不但在400℃上下存在CuAu-II正交超结构相,在室温两个成分范围也存在CuAu-II相。同时堆垛层错数除了通常所认为的10层外,还存在着更高层的堆垛层错数。他详尽地讨论了CuAu-II超结构衍射线的面指数出现规则和他同CuAu-I超结构的对应关系,提出了用CuAu-I转变为CuAu-II的劈裂双线的线间距离来测定CuAu-II堆垛层错数的方法,并发现了超结构相有序度等一系列从未发现过的现象,从而丰富了有序化超结构相形成的实验和理论。

20世纪60年代开始,在国际上对Ga和稀土合金研究得尚不多的情况下,陆先生即已开始用X射线衍射和热分析方法测定了一系列Ca-过渡族金属体系的相图。对其中的一系列新相进行了晶体结构分析工作,并随后开始进行稀土合金的研究。这些研究对于探索新材料和开发Ga和稀土合金的应用,以及合金理论都具有重要的意义。

### 2.2 X射线粉末衍射方法的发展

陆先生仔细分析了粉末照相法产生误差的原因,提出了修正偏心与吸收流常数的方法,使粉末照相法点阵常数测量的精度达20万分之一。这一精确度属当前粉末法测定点阵常数的世界先进水平。他

又提出了 X 射线粉末衍射指标化的一种新图解法,它适用于四方、六角、正交和单斜晶系。这一方法的贡献在于提出了等原子曲线概念,限制了指标化的多解,使指标化结果快速可靠。他用新图解法的思想编制了计算机程序。这是国内首次用电子计算机程序对未知结构粉末衍射图谱进行指标化的工作。他还提出了用 X 射线衍射强度的准确测量来测定晶体的德拜温度,以及德拜特征温度的各向异性与非均匀性的新方法。这种方法在原子参数已知的情况下,只需要收集一个温度的衍射强度,即可求得特征温度。这种方法特别适用于所有原子都占据特殊无参数位置的晶体结构。以上这些工作对于发展多晶 X 射线衍射方法作了有益的贡献。

### 3 人品与风格

陆先生出身于贫苦家庭,生活俭朴,刻苦耐劳。他坚忍不拔富有进取精神,有强烈的事业心和爱国热忱。在日本占领上海的艰苦日子里,他不顾个人安危,想方设法完好地保存了科研工作所必需的仪器设备。虽然在解放前的旧中国科研和生活条件十分艰难,他毅然谢绝出国工作的邀请,留在国内。在上海解放前夕,与上海科技界人士一道,有效地保护了科研资料和设备,迎来了新中国的诞生。

陆先生热爱科学事业,即便在“双反”、“文化大革命”的逆境中,在身患严重心脏病,生活和工作条件十分困难,实验研究工作不能进行的情况下,仍然坚持在斗室中以床代椅,仔细查阅并摘录了大量文献资料,编著出富有参考价值的书籍。例如《相图和相变》一书,1990年由中国科学技术大学出版社作为遗著出版。一旦条件许可,他更是大力培养新生力量,招收研究生。他对学生要求严格,精心培养,认真细致,具体指导。他对待工作严谨认真,一丝不苟,精益求精。对于实验数据都亲自核对。他撰写和修改的研究论文都仔细推敲,在确定无误后,才考虑发表。他重视理论联系实际,理论来自实践,以实验物理作为主要研究方向。

陆先生虽为学部委员,一级研究员,但仍勤奋好学,真正做到活到老、学到老、工作到老。他晚年仍然孜孜不倦地学习计算机算法语言,把计算机用于解决粉末衍射图谱指标化工作。同时还修法语和日语,以不断接受新事物。

陆先生热爱工作,也热爱生活,他喜欢在空余休息时间种花植草。他酷爱中国古典文学,特别是诗

词。他能背诵大量优秀文学作品,常写诗词以自娱。对我国古代文物、金石等有很高的鉴赏能力。

陆先生是一位杰出的晶体学家,他献身科学的精神,热爱祖国的品德,勤奋学习的态度,三严的治学作风,永远是我们崇敬和学习的榜样。

致谢 本文参考了王冰同志撰写的《物理学家陆学善先生传略》一文(中国科技史料,1988(3):76)得到陆学善先生夫人王守璁先生生前的建议和中国科学院院士章综先生的帮助,并认真审阅全稿。谨此致谢。

### 附录 陆学善院士学术著作目录

1. 陆禹言. 电子之棱射. 科学, 1929, 14(1): 51—66
2. 陆学善. 中国棉被之吸音能力. 科学, 1931, 15(6): 851—863
3. S. S. Lu. The Raman Effect in Aldehydes. The Science Reports of National Tsing Hua University, Series A, 1931, 1(1): 25—32
4. S. S. Lu. On the Intensity of Total Scattering of X-rays by  $\text{CCl}_4$  Vapour. The Science Reports of Tsing Hua University, Series A, 1931, 1(3): 111—118
5. S. S. Lu. The Scattering of X-rays by Polyatomic Gases. The Chinese Journal of Physics, 1933, 1(1): 51—73
6. 严济慈, 陆学善译. 美国物理学会的初年. 科学, 1934, 18: 1411—1417
7. Luq Shiueq-Shann. Magneto - Optical Dispersion of Acetyl Acetone. The Chinese Journal of Physics, 1935, 1(3): 54—58
8. Ny Tsi-Ze(严济慈), Luq Shiueq-Shann, Lee Li-Ai(李立爱). L'influence de la Pression sur la Sensibilite Photographique aux Rayons Gamma. Science et Industries Photographiques, 2e Serie, Tome VII(1936), 33—35
9. 严济慈, 陆学善, 李立爱. 压力对于  $\gamma$  射线照相之效应. 科学, 1936, 20(5): 427
10. A. J. Bradley & S. S. Lu. An X-ray Study of the Chromium - Aluminium Equilibrium Diagram. The Journal of the Institute of Metal, 1937, 60: 319—337
11. A. J. Bradley & S. S. Lu. The Crystal Structures of  $\text{Cr}_2\text{Al}$  and  $\text{Cr}_3\text{Al}_2$ . Zeitschrift fur Kristallographie, 1937, 96: 20—37
12. 陆学善. X 射线在工业问题上之应用. 科学, 1940, 24(3): 201—214
13. S. S. Lu, Chang Hung-Chi(张鸿吉), Lu Ta-Yuan(吕大元). Photographic Effects of Pressure. The Chinese Journal of Physics, 1940, 4(1): 55—66
14. S. S. Lu. The Deformation Theory of Latent Image. The Chinese Journal of Physics, 1940, 4(1): 67—75
15. 陆学善. 汤姆生传略. 科学, 1941, 25(5): 301—315
16. S. S. Lu & Y. L. Chang(章元龙). Structure of Vitreous Silica. Nature, 1941, 147: 642—643
17. S. S. Lu & Y. L. Chang. The Accurate Evaluation of Lattice Spacings from Back - Reflection Powder Photographs. The Proceedings of the Physical Society of London, 1941, 53: 517—528
18. 陆学善. 中国物理学会. 科学大众, 1948, 4(6): 262—263 [重载于物理, 1982, 11(11): 651—653.]

19. 陆学善. X 射线粉末照相中流移常数之图解测定法及点阵间隔之精密测定. 科学, 1949, 31(1): 18
20. 陆学善. 书报评介. 科学仪器(卷二). 科学, 1949, 31(4): 126
21. Max Planck 著, 陆学善译. 力学概论(《理论物理学导论》卷一). 上海: 中华书局, 1949
22. Max Planck 著, 陆学善译. 柔体力学(《理论物理学导论》卷二). 上海: 中华书局, 1949
23. 陆学善. 半导体. 物理通报, 1951, 1(4—6), 190—195
24. 陆学善. 两年来会务的总结报告. 物理通报, 1953(12): 577—582
25. John Strong 著, 陆学善、王守璩译. 物理实验室应用技术. 上海: 商务印书馆, 1954
26. 陆学善, J. D. 贝尔纳. 科学通报, 1954(11): 68—71
27. 陆学善, 章综. 单相区内晶体结构的系统变迁——Al - Cu - Ni 三元系中所观察到的非常现象. 科学记录, 1957, ( 新辑第 1 卷第 1 期 ) 35—38
28. S. S. Lu & T. Chang. Systematic Structure Changes in a Single-Phase Field—an Extraordinary Phenomenon Observed in Al - Cu - Ni Alloys. Science Record, 1957, 1(1): 41—44
29. 陆学善, 章综. 铝、铜、镍三元合金系中  $\tau$  相的晶体结构变迁. 物理通报, 1957, 13(2): 150—176
30. S. S. Lu, T. Chang ( 章综 ). Crystal Structure Changes in the  $\tau$  - Phase of Aluminium - Copper - Nickel Alloys. Scientia Sinica, 1957(6): 431—462
31. W. A. 伍斯特著, 王守璩译, 陆学善校. 实验晶体物理学. 北京: 科学出版社, 1959
32. 陆学善. 精密型 X 射线粉末照相机的设计、定标和使用. 物理所科学技术资料, 66—02
33. 陆学善, 梁敬魁.  $\text{FeGa}_3$  的晶体结构. 物理学报, 1965, 21(4): 849—857
34. 陆学善, 梁敬魁.  $\text{V}_2\text{Ga}_5$  的晶体结构. 物理学报, 1965, 21(5): 997—1007
35. 陆学善, 梁敬魁, 石庭俊等. Mn - Ga 二元系. 科学通报, 1966, 17(2): 58—60
36. Lu Hsueh - shan( S. S. Lu ), Liang Ching - kwei, Shih Ting - chun et al. The System Manganese - Gallium. Kexue Tongbao, 1966, 17(2): 58—60
37. 陆学善, 梁敬魁, 王晓堂. Fe - Ga 二元系平衡图. 物理学报, 1966, 22(4): 429—439
38. 陆学善, 黄世明, 傅正民. Al - Ni 二元系中的一种新型缺陷点阵. 物理学报, 1966, 22(6): 659—668
39. 陆学善, 梁敬魁. 铜金二元系中超结构的形成与点阵间隔的变迁. 物理学报, 1966, 22(6): 669—697
40. 陆学善, 黄世明, 傅正民. Al - Ni 系中  $\delta$  相的结构变化. 科学通报, 1966, 17(8): 337—339
41. 陆学善, 梁敬魁. Cu - Au 系中  $\text{CuAu}_3$  超结构的存在. 科学通报, 1966, 17(9): 395—396
42. Lu Hsueh - shan( S. S. Lu ), Liang Ching - kwei. The Existence of the Superstructure  $\text{CuAu}_3$  in the Cu - Au System. Kexue Tongbao, 1966, 17(9): 395—396
43. 陆学善, 梁敬魁. 有序 - 无序转变属二级相变的实验根据. 科学通报, 1966, 17(11): 495—496
44. 陆学善编. 激光基质钒铝石榴石的发展. 北京: 科学出版社, 1972
45. 陆学善, 梁敬魁, 杨忠若. MnGa 的晶体结构与有序度. 物理学报, 1979, 28(1): 54—61
46. 陆学善. 晶体学与“四个现代化”. 物理, 1979, 8(1): 1—8
47. 陆学善. 漫谈卢茨咖啡馆. 潜科学, 1980(1): 29
48. 陆学善, 李方华. Al - Ni - Co 三元系中  $(\text{Ni}, \text{Co})_3\text{Al}_4$  的晶体结构——一种由空位控制的新合金相. 物理学报, 1980, 29(2): 182—198
49. 陆学善. 德拜 - 谢乐照相中测定流移常数的图解法与点阵间隔的准确测定. 物理学报, 1980, 29(3): 273—285
50. 陆学善, 梁敬魁, 石庭俊等. Mn - Ga 二元系的 X 射线研究. 物理学报, 1980, 29(4): 469—484
51. 陆学善, 梁敬魁, 张道范. Co - Ga 二元系的 X 射线研究. 物理学报, 1980, 29(5): 557—565
52. 陆学善. 标定粉末照相指数的一个新图解法. 物理学报, 1980, 29(12): 1551—1557
53. 陆学善. 图书情报工作对科学研究的重要性. 图书馆学通讯, 1981(1): 13
54. 陆学善. 标定 X 射线粉末照相指数的新图解法, 推广于正交晶系与单斜晶系. 物理学报, 1981, 30(3): 369—382
55. 陆学善, 罗绥珉. 标定六角晶系及四方晶系粉末照相指数的解析计算方法及计算程序. 物理学报, 1981, 30(4): 520—525
56. 陆学善, 梁敬魁. 从 X 射线的衍射强度测定晶体的德拜特征温度. 物理学报, 1981, 30(10): 1361—1368
57. 陆学善, 罗绥珉. 标定正交晶系粉末照相指数的计算方法及计算程序. 物理学报, 1981, 30(11): 1488—1497
58. 陆学善, 梁敬魁. 德拜特征温度的各向异性与非均匀性. 物理学报, 1981, 30(11): 1498—1507
59. Lu Xue Shan, Liang Jing Kui. The Determination of Debye Characteristic Temperatures of Crystals from X-ray Powder Diffraction Intensities. The XIIIth International Congress of Crystallography, Ottawa, Canada, Nov. 1981, C-257—258
60. 陆学善. 二十世纪伟大物理学家马克斯·冯·劳厄. 自然科学史研究, 1982, 1(1): 82—96
61. 陆学善, 解思深, 梁敬魁. La - Ga 二元系相图. 物理学报, 1982, 31(12): 1635—1641
62. 陆学善. 相图发展史及其在材料科学中的作用. 自然科学史研究, 1984, 3(1): 74—82
63. 陆学善. 中国晶体学史料撷拾. 科技史文集, 1984(12): 1—34
64. 陆学善著. 相图与相变. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1990
65. Joseph Needham 著, 陆学善, 吴天, 王冰译. 中国科学技术史·物理学. 北京: 科学出版社, 2003
66. Joseph Needham 著, 陆学善, 吴天, 王冰译. 中国科学技术史·物理学. 北京: 科学出版社, 2003

( 本文转载时作者根据王冰同志提供的资料, 对陆学善院士的学术著作目录作了补充, 为此特向王冰同志表示感谢 )