

## 紀念 A. Ф. 約 飞 院 士

王 守 武

苏联杰出的物理学家、苏联科学院院士 A. Ф. 約飞, 于 1960 年 10 月 14 日逝世了。这不仅是在苏联物理学界, 而且是在全世界科学技术界的重大损失。A. Ф. 約飞生于 1880 年 10 月 29 日, 他的科学活动开始于二十世纪初。当时, 物理学的发展史上正出现了一系列的新发现, 例如: 伦琴射线、放射性、量子概念、物质波、相对论等。这些新的发现, 从根本上动摇了十九世纪末叶许多科学家认为已经肯定了的物理学基础。在这自然科学的革命时期, A. Ф. 約飞以他卓越的才干和智慧, 对这些新事物有非凡的敏感。他坚信自然科学的革命, 尤其是物理学基础的巨大发展, 必将引起整个科学技术面貌的巨大变化, 为人类谋取更大的幸福。

A. Ф. 約飞于 1902 年毕业于彼得堡工艺学院。这一段时间的工程技术方面的锻炼, 坚定了这位年轻的学者终生为技术物理的应用而战斗的意志。他开始为自己的新专业——工程物理学准备一切条件。由于当时在彼得堡已经不能满足他对实验物理学进行工作的愿望, 他就到慕尼黑去, 跟随当时著名的实验物理学家伦琴教授学习精密的物理实验技术。1905 年他在



A handwritten signature in cursive script, likely belonging to A. Ф. 約飞.

慕尼黑大学得到了哲学博士的学位。在伦琴教授的建議下, A. Ф. 約飞用观察弹性后效的方法来研究石英晶体的压电现象。当时伦琴教授希望通过这项工作来判断, 石英的压电现象是决定于它的应变呢, 还是它的应力。但是年轻的約飞却认为, 在理想晶体中不应该存在弹性后效。经过一系列仔细的实验后, 他令人信服地证明, 石英晶体的弹性后效是和微晶结构相联系的一种附属效应, 从而证实了晶体结构模型概念的正确性。这位年轻的学生在他初次的科学工作中, 已经明显

地表现出他严格的科学工作方法——在清晰的物理概念的指导下进行实验工作。

1906 年, 約飞回到了彼得堡, 在综合工业大学里任物理实验员。在这里, 作为一个学者, 一个社会活动家, A. Ф. 約飞以巨大的毅力, 开始了他持续五十多年的科学活动。1913 年他完成了题为“阴极射线的磁场和初级光电效应”的硕士论文答辩。1915 年他又以石英的弹性和电性能的研究获得了物理学博士学位。

虽然 A. Ф. 約飞的科学活动早在十月革命之前就开始了,但是,只有在十月革命以后,他的活动才得到了广泛的发展和获得了真正的规模。伟大的十月社会主义革命給苏联的科学事业带来了广阔的前程,同时,也給苏联的物理学家提出了一个光荣而又重大的任务——要迅速扭轉許多重要科学領域中的落后現象,以保証社会主义建設的需要。在苏联共产党的关怀下和苏維埃政权的全力支持下,約飞充分地發揮了卓越的創造和組織能力,使他不仅成为世界最著名的物理学家之一,而且也是苏联科学界的最强大的組織者之一。

1918年,在約飞的领导下,在彼得格勒成立了国立伦琴技术物理研究所,成为苏联物理学的研究中心。当时在約飞周围成长起来的一批年輕的物理学家中,有許多人后来都发展成为世界著名的科学家。

在1919年,A. Ф. 約飞敏銳地預見到,要发展社会主义工业和壮大科学研究人員的队伍,迫切需要培养一批熟悉技术的物理学家。因此他破天荒地第一次在彼得格勒工业大学組織了一个新的工程物理系。他自己担任了差不多十年的工程物理系的系主任。在这些年間,工程物理系的学生中涌現出了許多有卓越才能的科学工作者,其中不少在以后成了苏联科学院的院士和通訊院士。

将近三十年代时,苏联的技术物理研究队伍壮大起来了;在約飞的倡議下,在原有技术物理研究所的基础上,成立了化学物理研究所,电物理研究所等一系列的研究机构。同时,由于苏联国家工业化的迫切需要,苏联各个地方都有发展同类型的技术物理研究所的要求。A. Ф. 約飞及时地注意到了这种情况,在他的建議下,在哈尔科夫,斯維爾得洛夫斯克和托姆斯克都先后成立了技术物理研究所,形成了苏联的一个技术物理研究所网。在每成立一个新的研究机构的时候,約飞总是毫不犹豫地把他最优秀的助手派去組織那新的科学中心,这是因为他坚定不移地把党和人民的利益放在最高的位置。

在物理科学发展的方向上,約飞經常以其卓越的智慧 and 遠見,密切注意着物理学中的每一个新兴部門。在三十年代初,約飞在技术物理研究所內就提出了三个主要发展方向。第一个方向是原子核物理学,由約飞的学生 И. Б. 庫尔恰托夫领导。当时約飞已經預見到发展原子核物理学的重要性,他坚信大量利用原子能动力的远大理想必能实现。因此,在他的倡議和支持下,在苏联卫国战争以前,技术物理研究所已經成为苏联研究原子核物理学的中心了。應該說,战后苏联在原子核研究方面的飞速发展,在很大程度上是与 A. Ф. 約飞的努力分不开的。第二个方向是由 П. П. 柯培可和 A. П. 亚历山达夫领导的高分子物理学,这在当时看来,也还是一門很少受人注意的新兴学科。約飞預見到这門新兴学科的重要性,在他的支持下,这个組在研究人造橡胶方面作出了巨大的貢獻。第三个方向是約飞亲自领导的半导体物理的工作。早在三十年代的初期,約飞已經十分肯定地預見到半导体在未来的新技术应用中的重要地位。但是,这个創議在当时所得到的重視还不够;直到1953年成立了半导体研究所以后,苏联在这方面的工作才得到了蓬勃的发展,同时也完全証實了約飞在二十多年前的預見。

約飞考虑到物理学对农业发展的重大作用,于1932年在列宁格勒組織了农业物理研究所。这研究所的专业是世界上独一无二的。約飞担任了这个研究所的所长二十多年,他对在农艺上应用物理学的问题有极大的兴趣。这个研究所的工作結果表明,利用物理

學的方法，可以在改良土壤結構，調節土地的溫度和水分方面起很好的效果。

毫無疑問，現在在蘇聯形成的巨大的物理學研究所網和強大的物理學研究隊伍，是和約飛的科學組織活動分不開的。這裡值得我們特別提出的是：約飛在科學活動中特別重視和愛護青年幹部。他除了在教育工作中孜孜不倦地教導青年學生外，在每一個他所倡議的新發展方向上，他總是大量吸收青年幹部參加工作，教導他們要勇敢而又堅決地去爭取新任務。約飛認為，一個優秀的物理學家應該能夠解決黨和政府向他們提出的，或是他們自己提出的任何一個理論或實際的科學研究課題。約飛十分重視青年幹部，因為他堅信，青年是新鮮事物最有力的創造者。

和他的科學組織活動一樣，約飛的創造性的科學研究活動幾乎涉及到現代物理學的每一個角落。在他開始科學研究活動的初期，約飛用精密細緻的實驗技術有效地驗證了電子和光子的波和微粒的雙重性。同時，他對晶體的機械和電的性能進行了細緻的研究。在范性形變後的食鹽晶體的勞埃衍射相片上，他第一次觀察到勞埃點變成輻射束的現象，現在普遍稱它為星芒。這實驗有力地說明了一個單晶體在范性形變過程中已經被破壞成為不同取向的晶體微粒。在研究食鹽晶體的強度問題上，約飛用出色的試驗證明：食鹽晶體的強度極限是受晶體表面缺陷所限制的。這項工作不僅說明了晶體強度理論中的主要矛盾，而且為以後如何提高金屬強度的研究工作指出了正確方向。

從三十年代開始，約飛的主要科學研究活動幾乎全部集中在半導體物理學方面。他十分強調，為了要在新技術的應用中充分發揮半導體的作用，必須對它的物理性能，包括電學性質、磁學性質、光學性質、熱學性質以及力學性質在內，進行深刻的相互結合的科學研究。很早以前，A. Ф. 約飛和 A. B. 約飛合作，對半導體表面接觸層的整流現象進行了系統的研究。值得注意的是，早在 1937 年，約飛就提出過，在具有不同導電類型的兩種半導體的接觸面上，可以產生良好整流性質的假設。這種假設在以後約飛的實驗中被完全証實了，同時也引起了理論物理學家的廣泛注意。在這種假設的基礎上，發展成了現代的  $p-n$  結整流理論。約飛自己和 A. B. 約飛合作的在半導體整流現象方面的研究工作，不僅奠定了半導體整流理論的基礎，而且在技術應用方面得到了很大的發展。還在二十多年以前，約飛在探討半導體技術發展前途時就曾指出：利用半導體溫差電偶來直接把熱能轉換為電能的效率有可能達到 4%。約飛的這種論斷是被當時一些沒有遠見的評論家所懷疑的。但是經過約飛和他的同事們創造性的科學研究活動，在實驗試制半導體溫差發電元件方面取得了顯著的成就。在蘇聯衛國戰爭時期，在約飛的倡議下，利用半導體溫差發電元件做成鍋底，來供給游擊隊無線電台所需的電能，在衛國戰爭中起了很大的作用。

戰後，A. Ф. 約飛創立了半導體溫差發電和半導體溫差致冷方面的詳細理論。在他的一篇題為“半導體溫差電池的能量基礎”的論文中，他強調指出：半導體溫差發電的效率是決定於溫差電偶綫路中的兩種效應：一種是在半導體內部和接觸點上產生或吸收熱量的可逆反應，也就是珀爾帖和湯姆遜效應；另一種是由熱傳導和焦耳熱所引起的不可逆反應。因此，為了提高半導體溫差發電的效率，就需要把半導體材料的热導率降低到最小值。在深刻的理論基礎上，約飛進行了系統的實驗，找到了控制半導體材料的热導率的關鍵所在，使半導體溫差發電的效率達到 8—10%，半導體致冷器的最大溫差達到 60℃ 以

上,这些成就使半导体的应用在电力工程和冷冻技术中开辟了美好的前途。

在研究半导体温差发电的过程中,約飞在1949年从理論上提出了一种用气态半导体(等离子体)代替固态半导体来作温差发电机的方案。他指出,由于在气态半导体中并不存在晶格热振动所引起的一部分热传导,这种方案制成的温差发电机的效率将比固态半导体温差发电所能达到的效率更高。现在,这种温差发电机方案的設計試制工作已經在許多国家里开展起来了,它对今后的技术革命所起的作用是难以估計的。

約飞在物理学的发展过程中十分重视理論基础。他在一篇题为“关于半导体理論发展中的若干問題”的論文中指出,現在一般的半导体理論已經能成功地解释半导体的許多性質,其中包括复杂的能带結構和有效质量的张量性質等;但是,理論还不能对这些复杂結構作出严格的定量計算。目前半导体的量子理論中存在的一个重大問題是:理論中所采用的数学工具和概念与許多半导体内部的具体条件有矛盾;有些概念适用于某种半导体,但不能适用于另一种半导体。約飞指出,在絕大部分离子晶体半导体中,載流子迁移率和自由程的概念本身存在着矛盾。从迁移率 $\mu$ 与自由程长度 $L$ 間理論上存在的室温下的关系式:

$$L \simeq 1 \times 10^{-8} \sqrt{\frac{m^*}{m_0}} \mu$$

来看,对 $\mu < 100$  厘米<sup>2</sup>伏<sup>-1</sup>秒<sup>-1</sup>的离子晶体半导体來說,相应的 $L$ 应该接近或小于电子在室温下自由运动的德布罗意波长,这就使自由程本身完全失去了确切的物理意义。

从液态半导体和玻璃半导体的研究結果中使約飞相信,所有半导体的基本性質,包括它的能带結構在內,主要决定于半导体的近程有序性質。孤立分子内部饱和的化学鍵对应于固体中的滿带。許多孤立分子的接近和聚集在一起,只是在每个元胞的边界条件上引起了变化;晶体内部的移位对称性只是在边界条件上起作用。約飞的这种新的概念正在形成一个新的半导体导电理論,虽然这理論目前还不能定量地說明半导体的性能。

由于 A. Ф. 約飞院士在物理学上作出了杰出的貢獻,和对我国物理学工作的热忱关怀与支持,我国物理学会曾选举他为中国物理学会的名誉会员。約飞院士还获得其他許多国家的学会所贈予的荣誉。

我們很难以一篇短的文章来叙述約飞在現代物理中所作的全部貢獻。他不仅在科学宝庫中給人类留下了丰富的内容,而且为今后我們发展物理学的道路指出了方向。約飞的功績必将永远載入物理学的史册中。讓我們向他那种孜孜不倦,把毕生精力全部貢獻給社会主义科学事业的高貴品質学习吧!