

# 艾伦费斯特传奇与悲剧式的科学人生

程民治 朱爱国

(巢湖学院机械与电子工程学院 238000)

在 20 世纪为现代物理学的突飞猛进作出过杰出贡献的众多光彩夺目的明星中，艾伦费斯特 (P. Ehrenfest 1880~1933) 可谓是一位别具只眼的理论物理学家了。因为他的显赫业绩，不仅仅局限于他经过长期的潜身研究所获取的诸多单项成果，而且还体现在他以极其敏锐的科学洞察力，来审视一些物理学问题，并使得某些极其深奥的重要概念，凸现出它们的明晰性和可理解性，从而直接推动了现代物理学的发展。对此，爱因斯坦曾十分精辟地指出：“他（指艾伦费斯特）有非常好的发展能力去揭示一个理论观念的本质，剥去它的数学外衣直到简单的基本思想明显地暴露出来为止。”不仅如此，后来艾伦费斯特还将这种火眼金睛般洞释物理问题的方法，带进了他的教学生涯，为确保荷兰物理学事业的传承与再创辉煌，立下了不朽的功勋。现拟就他传奇而又极具悲剧色彩的生平，作一简要的论述。

## 1. 博采众长的成才之路

1880 年 1 月 18 日，艾伦费斯特出生于奥地利的首府维也纳的一个犹太人家庭，他的父母亲均为极具经济头脑、经营有方的商人。童年时代的艾伦费斯特在年长他 17 岁的大哥的影响下，受到了科学的启蒙教育，刚满 6 岁就直接上了小学 2 年级，并且各科成绩都很优秀，可谓是一个科学的神童。1890 年，他升入了一所大学的预科学校。此时的他由于兴趣广泛而浓郁，除了认真阅读尼采等人的名著之外，便开始痴迷于数学和物理，并且还认真刻苦地学习了拉丁文与希腊文。

1899 年 10 月艾伦费斯特以优异的成绩考入了维也纳工业大学，系统地学习了力学、矿物学、数学、分

析化学实验等化学专业所开设的课程。此外，他还去了历史悠久、人才济济、大师林立的维也纳大学，认真听取了资深的名教授玻尔兹曼的课。正是这位无与伦比的良师，不仅使艾伦费斯特系统地学习了理论物理的全部课程，深刻地领会了其全部精神实质，而且大师的那种将细节与过程紧密结合和讨论式的授课方法，使他终生受益。在他日后的科学研究和教学生涯中，玻尔兹曼精神对他的影响也得到了淋漓尽致的发挥。

就在玻尔兹曼调往莱比锡工作的一年后，即 1901 年 11 月，艾伦费斯特又满怀着求知的豪情壮志，到了当时驰名全球的数学圣地——德国的哥廷根大学求学。在这里，他不仅分别聆听了众多大师所开设的系列课程：诸如克莱因的力学和数学讨论课、希尔伯特的势能理论、弗格脱的电学和晶体光学、阿伯拉罕的光的电磁学理论和斯塔克的关于电离现象的课程，甚至还听了哈赛的逻辑课，等等；而且他还同一些后来成为著名的科学家的天才人物，如能斯脱、瓦尔特·里兹等人一起上课，或一起做实验，或一起工作，其中有的还成了他的好朋友。特别值得一提的是 1904 年 12 月 21 日，艾伦费斯特还和一位当年从俄国彼得堡来这里求学的年轻姑娘——阿凡娜斯耶娃 (T. Afanassjewa) 在维也纳喜结良缘。由于他们是志同道合的夫妻关系，在长期含辛茹苦、忠贞不渝的科学探索活动中，风雨同舟、切磋琢磨、共获硕果。因此，后来阿凡娜斯耶娃也成为一位卓著的物理学家。

哥廷根一年半的求学时光，使得艾伦费斯特的知识视野大为开阔，独创性得到了长足的发展。并从这个时期开始，他就养成了一种良好的习惯，即随时随地将自己各处所发现的新问题，及时地记录在装在

口袋里的小笔记本中。正是这些充满着好奇心与诱惑力的问题，成了在他后来所发表的学术论文中，蕴含着许多闪光的物理学思想的源泉。

1903年4月初，艾伦费斯特来到了荷兰的莱顿大学，进行为期数周的访学和考察工作。虽然时间不长，但这次访学和考察却对他的科学人生产生了不可估量的影响。其一，通过这次初访，艾伦费斯特有幸与洛伦兹相识、相知和相好。其间不光是洛伦兹所开设的关于辐射问题的课程，使艾伦费斯特获益匪浅，更重要的是在他同洛伦兹之间的一次实质性的接触中，洛伦兹那种待人宽厚的胸襟和天生的高贵气质给艾伦费斯特留下了非常清晰而美好的印象。同时，令艾伦费斯特怎么也无法想到的是，通过这次访学，竟然使莱顿大学和洛伦兹在9年后成为他生活的中心，并为他造就了振兴荷兰物理学事业的“英雄用武之地”。其二，艾伦费斯特还利用这次访学的机会，拜访了莱顿大学的低温物理学家卡末林·昂内斯，并参观了他的低温物理实验室。从而使他初次接触到了低温物理这个当时被视为物理学研究的热点问题。其三，这次访学还使艾伦费斯特有了充足的时间，如饥似渴地分别拜读托尔斯泰的几本著作，克劳修斯、麦克斯韦和玻尔兹曼的经典论文，等等。其中尤其是普朗克、吉布斯和爱因斯坦各自在他们的论文中所阐明的各种新观点，更使艾伦费斯特深感耳目一新。

1903年5月底，艾伦费斯特带着“丰收”的喜悦，回到了维也纳，立即拜访了从莱比锡重返维也纳大学工作的玻尔兹曼教授。随后在玻尔兹曼的精心指导下，以题为《液体中的刚体运动和赫兹力学》的论文顺利通过答辩，从而于1904年7月23日获得了博士学位。在此后的一年多里，虽然艾伦费斯特夫妇在维也纳没有学术职务，但他俩各自发挥自己的潜质和优势，配合默契、通力合作，终于以1906年初出版的合著论文，指出吉布斯《统计力学》一书中的一个基本错误。另外，艾伦费斯特还和玻尔兹曼的学术团体一直保持着频繁的学术交流和亲密无间的师生情意。

## 2. “夫唱妇随”的科学生涯

除了如上所述的那篇撰写于维也纳的论文公布于

世以外，艾伦费斯特夫妇还紧紧围绕着其他系列专题，诸如统计力学及其与量子力学的关系、相变理论等方面，进行了精心地探索和研究。其中主要有4项，是由艾伦费斯特本人或与他的妻子合作所完成的创新性成果。现分述如下：

### 第一，在哥廷根，创立了艾伦费斯特“瓮”模型

1906年，艾伦费斯特夫妇从维也纳来到了哥廷根，对玻尔兹曼于1875年所创立的著名的“H定理”进行了修正。夫妻俩在讨论了当时科学界对“H定理”所持的各种反对意见的逻辑推理的过程中，以非凡的才智直觉地意识到，可以用一个极其简单的思想模型，即被艾伦费斯特戏称为“狗-跳蚤模型”（后人称之为艾伦费斯特“瓮”模型），就能将玻尔兹曼的理论本质特征简明而清晰地凸现出来。因为这一模型的提出，既使得玻尔兹曼试图要阐明的本质特征变得直观、清楚和易于理解，又能使人们从对这一模型的分析中看到更多的东西。正因为如此，艾伦费斯特“瓮”模型，被同行们称赞为脍炙人口之作。

### 第二，在圣彼得堡，撰写了专论《力学的统计方法概念之基础》

1906年，艾伦费斯特应《数学物理百科全书》主编、哥廷根的数学领头人——克莱因之约，决定和妻子一道为该书撰写其中的关于统计力学的“发展报告”部分，即《力学的统计方法概念之基础》的专论。艾伦费斯特夫妇经过两年多百折不挠的艰苦奋斗，终于于1908年8月在圣彼得堡完成了这个研究项目。

这篇专论以其别具一格的写作方式和其间所揭示出的真知灼见，赢得了人们的普遍青睐。不仅专论的每一节尽可能使所要论述的观点简洁、明了，采用了最少的数学手段，只给出几个方程，避免了繁琐的计算和推导；而且专论还在十分清晰地揭示出这个理论体系的逻辑结构之基础上，阐明了在当时的统计力学中，还存在着的一些概念上的模糊不清与混乱不堪，旗帜鲜明地指出了各态历经假说在阐释时间平均和系综平均之间的关系中所起的作用，从而引起了当时许多数学家和物理学家对此问题的高度警觉与重视，同时还列举出真正建立热力学第二定律的统计基础所必须的一系列有待证明的定理。

### 第三，在莱顿，构建了浸渐关系式和艾伦费斯特方程

在普朗克发表量子论以后，艾伦费斯特是最先注意与深刻领悟到“量子”的特殊意义的科学家之一。1911年，他在十分明确地指出了早期量子论的主要特点的同时，还非常严格地证明了在空腔中，如果黑体辐射的能量是有限的，那么，电磁振动的能量只能发生不连续的改变。这就使人们清楚地意识到：“对于黑体辐射普朗克量子假说不仅是充分的，而且是必要的”。他还证明了：“对一个谐振子来说唯一可以量子化的变量是能量与频率之比  $E/\nu$ 。当足够缓慢地也就是绝热地改变决定频率的那些参数，唯有  $E/\nu$  不变。”尔后，艾伦费斯特试图用相空间的权重函数来解释黑体辐射公式。为此，他借用了玻尔兹曼等人提出的关于“浸渐”一词，来表示无限缓慢的变化过程；并在维恩工作的启发下，采用一种由“浸渐”的变分函数“ $\delta$ ”所构成的数学表达式  $\delta'(E/\nu)$ ，来逐步论证和发展上述这个只适用于谐振子的结果。

1912年12月23日，艾伦费斯特证明了每个周期运动在其参数的绝热（即缓慢或浸渐）变化下都具有一个不变的量——一个周期中的平均能量  $E$  和频率  $\nu$  之比。即：

$$\delta'(E/\nu) = 0。$$

1913年5月，他通过减弱外力把振动浸渐变换为转动的讨论，成功地得到

$$E_{\text{动能}} = \frac{1}{2}nh\nu, n \text{ 是整数,}$$

这对于自由转子也是正确的，其中  $h$  是普朗克常数。

1913年11月，他根据自己所得到的一条定理“在一次浸渐变化下，体系的平均能量将和频率成比例地增大或减少”。为了便于将上式应用到自由转子的情况，他将其改写成：

$$P = n \frac{h}{2\pi}, n \text{ 是整数。}$$

1913年11月29日，艾伦费斯特终于在一篇题为《玻尔兹曼的一个力学定理及其和能量子理论的关系》的论文中，叙述了他所说的浸渐关系式，即

$$E_A/\nu_A = E_B/\nu_B,$$

式中  $E_A$  和  $E_B$  分别表示体系 A 和 B 的平均动能，而  $\nu_A$  和  $\nu_B$  则代表他们的频率。体系 A 和 B 是通过浸渐变换来相互联系的。

1916年，正当旧量子论的发展处于极度困难时期，艾伦费斯特还用更为简洁明快的语言，深入浅出地表述了他的“浸渐关系式”，这种不畏学术权威、大胆冲破传统观念和勇于创新的精神，实属难能可贵。毋庸置疑，它对旧量子论的发展起到了很大的指导和推动作用。甚至可以说，它是横跨在经典物理学和量子力学之间的一座桥梁，是屹立在创建量子方程普遍方法的伟大征途上一个不可逾越的里程碑。

当然，艾伦费斯特在理论物理学中的杰出贡献还远远不止上文中所列举的这些。如，他曾于1933年最先导出了用于研究“二级相变的基本方程”。该方程不仅是控制一级相变进行方向所必须的条件，给出了在二级相变中平衡曲线的斜率公式；而且后来它还在超导体的研究中，表现出勃勃的生机，即得到了描述转变点比热的跃变同临界场对温度的导数之间关系的“拉特格斯公式”。如此等等，不一而足。

### 3. 勤勉独特的育人方式

1912年秋天，一直主持着荷兰莱顿大学物理系的洛伦兹退休，经爱因斯坦和洛伦兹本人的鼎力推荐，艾伦费斯特荣幸地继任了洛伦兹的职位。于是在1912年10月17日，艾伦费斯特全家终于抵达9年前曾拜访过的到处充满着郁金香的城市，开始了他辉煌的科研和执教生涯。此时的艾伦费斯特正值精力充沛、思维敏捷的而立之年。

在莱顿大学，艾伦费斯特除潜心地进行理论物理学的研究并相继创立了浸渐公式和以他名字命名的方程等以外，他还全身心地投入到物理教学中。艾伦费斯特在授课时，总是以自己超群的才华和高尚的师德，控制和驾驭着整个课堂。例如，艾伦费斯特在谈到他初到莱顿的第一年，给学生所传授的“数学物理微分方程”课程时，曾深有体会地说：“我尽可能地展开这门课，使数学的演算简化，犹如这种精确的关系式是凭直觉推演出来的。”艾伦费斯特所采取的这种启发学生透彻地理解数学和物理之精髓的教学方式，深

得他的弟子们的高度赞许。对此，索末菲曾评价说：“他讲起课来像一位大师，我从来没听到过任何人讲课有那么强的感染力，有意义的成语，幽默而又辩证，在他讲话中到处可见他那非同寻常的方法。他处理黑板的方式也很有特点，讲课的板书安排都为听众以最可能清楚的方式在黑板上展示出来。他知道如何使最困难的东西具体化，数学的讨论被他转换成很容易理解的图像。”而曾经从师于艾伦费斯特学习过物理学的卡西米尔则直截了当地称赞他是用简单的例子来阐明物理理论精髓的大师。

另外，艾伦费斯特来到莱顿以后，经过他的运筹帷幄和始终不懈地努力，终于为莱顿大学创立了一个举世瞩目的热烈讨论科学问题的中心。

在科学史上，艾伦费斯特确实是一位难得的执著于教坛的物理学大师，他在莱顿大学 21 年的教学生涯中，为荷兰培养新一代的科学精英立下了汗马功劳。其中有：曾于 1946 年当选为联合国原子能委员会的科学技术委员会主席的克喇末斯；有曾在低温物理学和磁学领域中作出了巨大贡献并获得第五届弗里兹·伦敦奖的戈特；有在超导领域颇有建树的卡斯密尔和拉特格斯，等等。

#### 4. 结束生命的极端行为

众所周知，20 世纪的科学界可谓是一个群星灿烂、人才辈出的时代。诚如爱因斯坦所说：“满足于观察现存世界的神奇的结构，窥见它的一鳞半爪，并以诚挚的努力去领悟在自然中显示出来的那个理性的一部分，即使是其极小的一部分，我也就心满意足了。”但艾伦费

斯特总是感到不满足。乃至还不时地抱怨自己的聪颖不如瓦尔特·里兹，运气不如玻尔，成就不如德拜，智慧不如爱因斯坦，等等。显然，深受这些毫无来由的自责和不完美感无休止地折磨下的艾伦费斯特，必然会使他丧失了进行科学研究所必需的平和心态，或多或少地会影响他在物理学上做进一步深入的探索，从而一方面使他的自信心受到了一定的伤害，另一方面使他无法摆脱对自己要求过于严格而产生的自卑感。

造成艾伦费斯特产生自卑心理的另一个主要原因，是他将精力过多地用于抨击他人的学术观点，而没有真正看到和理解自己所获取的成果的重要价值。

在这里需要指出的是，伴随着发生在 19 与 20 世纪之交的物理学革命，各种新颖的科学思想纷至沓来。其中有的新思想对于艾伦费斯特来说，一时还难以接受。在希特勒攫取德国政权之后犹太人备受迫害的恶劣气候中，这种无法驾驭迅猛复杂的物理学的进展而引发的极其沉重的自卑感，终于“达到并超越了他的智谋的限度”。此时身居阿姆斯特丹的艾伦费斯特，已经完全失去了继续生存下去的勇气，并于 1933 年 9 月 22 日，采取了维也纳人惯用的极端方式，在极度绝望中结束了自己的生命，享年 53 周岁，可以说是英年早逝。因此，他的自杀身亡，使他“最终成为良心冲突的牺牲品”。

我们在由衷地赞颂、钦佩和仰慕艾伦费斯特的非凡的才能、卓越的贡献、崇高的人品的同时，也深深地为他这种采取极端的方式来结束自己生命的非正常行为，倍感惋惜和哀叹。



### 科苑快讯

#### 用磁性冷却大电流电缆

大电流电缆需要冷却，现在利用其自身磁场就可散热。法国格勒诺布尔市欧洲同步辐射加速器实验室（European Synchrotron Radiation Facility）的美第奇（Luca de' Medici）指出，埃廷豪森效应可以实现这一过程。

电缆涂以一层类似铋的强力热磁材料，通过该涂层携带的小电流，以垂直于小电流和磁场的方向散热，

类似于热电效应。单涂层可降温 60K，双涂层可降温 100K 以上。更为优良的热磁材料甚至能够制造可在室温下工作的自冷式超导电缆。

（高凌云编译自 2016 年 4 月 15 日《欧洲核子中心快报》）