



今天,每一个中学生都知道,电子的电荷的精确测量是密立根得到的,这就是密立根的油滴实验。由此,密立根获得了1923年诺贝尔物理学奖。美国加州理工学院的最高建筑物就是密立根图书馆,每一个去过加州理工学院的人都会注视着这一图书馆,想到就是这一伟大的物理学家密立根以他科学巨匠的手第一次测定了电荷的最小单位——电子的电荷值。

1982年6月美国今日物理杂志(Physics Today)的第43页发表了密立根的学生弗莱彻(H. Fletcher)的手稿,它对密立根在这些实验中的主导作用提出疑问。弗莱彻生于1884年,死于1981年,当时22岁的弗莱彻是芝加哥大学的学生,他在密立根的提议下做博士论文,测量电子的电荷。他是密立根在测量电子电荷这一课题的早期某些论文的合作者。他在生前写了一篇回忆录,在回忆录手稿中说,他是第一个做油滴实验的人,最先在单个液滴上测量电子电荷并且最先提议用油滴。他还说他曾经期望在宣布电子电荷测量的带决定性的第一篇文章上与密立根合作署名,但是这由密立根通过商谈取消了。对弗莱彻来讲这是一件终生遗憾的事,他将他的回忆录交给他的一个朋友,并嘱咐他的朋友这一文稿只有在他的死后才能发表。1981年弗莱彻以97岁高龄与世长辞,次年他的朋友发表了弗莱彻的回忆录。

为了使大家理解油滴实验在测量电子电荷的重要性,我将介绍一下在密立根之前是如何测量电子电荷的。

电子的电荷首先是由汤姆逊和他的同事陶恩森德以及威尔逊在卡文迪许实验室一系列的实验中测量的,这个方法的基础是由汤姆逊的学生威尔逊在卡文迪许不久前发现的下述事实:在湿润空气中离子可以引起水滴生长,这一事实导致发展了威尔逊云室,云室曾有力地促使人们确信微观带电粒子的存在。水滴可以围绕单个离子形成,通过测量这水滴的荷质比(即电荷与质量之比)以及测量水滴的质量大小就可以确定离子的电荷值,由此而推出电子的电荷值。

陶恩森德的方法是利用电解产生的气体中自然存在的离子。由于围绕离子形成水滴太小,无法直接测量它们的大小,所以陶恩森德所用的方法是测量下降水滴的速度。在重力影响下,水滴加速运动一直到空气中粘滞阻力抵消去重力时为止,然后以匀速度下降。他通过水滴的重力和空气的粘滞阻力计算出水滴的质

量。然后让水蒸气云雾滴通过吸水的硫酸,陶恩森德测量了由酸获得的电荷以及由于吸收水而增加的重量。两者之比给出水滴的荷质比,再乘以先前确定的每个水滴的质量就给出了每个水滴的电荷。陶恩森德在1897年的结果是正电荷离子有 0.9×10^{-19} 库仑,而负离子是 1.0×10^{-19} 库仑,这10%的分歧是由于实验上的不确定性引起的。

1898年汤姆逊的结果是 2×10^{-19} 库仑,随着他的技巧的改进,1901年的结果是 1.1×10^{-19} 库仑。1903年威尔逊的结果是 1.03×10^{-19} 库仑。这些结果都比后来精确测量的电子电荷值差百分之六十。正是密立根的实验取得了精确测量的结果。

在1906年前后,38岁的密立根在芝加哥大学刚升为副教授,他着手努力以比卡文迪许所可能做到的更高的精度测量电子的电荷。一个根本性的改进在于他不用从潮湿空气中凝结的水滴,而用矿物油滴(最高级的钟表油),利用喷雾器喷入他的仪器。因为使用油滴可以减少液滴表面的蒸发,因而在实验过程期间能保持它们的质量不变。另一个重要之点在于密立根能观察单个液滴而不是云雾。通过调节电压使密封在小室内的油滴上升和下降,电荷就可以从上升和下降的速度推出来。密立根发现所测出的液滴的电荷都是同一基本电荷的整数倍。通过重复多次油滴实验,密立根得到这一基本电荷——电子的电荷——的平均值是 1.592×10^{-19} 库仑,其实验上的不确定性大约是 0.003×10^{-19} 库仑。这比当时所有对电子电荷的直接或间接测量都精确得多。目前电子电荷的最佳值是 $1.6021733 \times 10^{-19}$ 库仑,这比1913年密立根得到的电荷值高出不到百分之一。

密立根的测量不仅仅是将水滴改成油滴,更重要的是他跟踪油滴多次上升和下降,观察到它获得或失去很小数目的电子,有时仅一个电子,这是一个简单漂亮而又非常有意义的实验,它确立了电荷的分立性质。电子的电荷是物质电荷的最小基本单元。也许正是在这一革命性的关键之点上是他的学生弗莱彻未想到的。在密立根实验之前,陶恩森德、汤姆逊和威尔逊在卡文迪许所做的测量实际上仅确定在他们的水汽云雾中液滴的平均离子电荷,这就还留下一个可能性,即单个离子或电子电荷值可以处在相当宽的范围内,而在密立根实验之后这种可能性被否定;每次当油滴获得或失去电荷时,在百分之一精度内它总是同一基本电

建议在油田发展核供热堆

◇ 中国原子能科学研究院研究员 孙汉城

◇ 中国科学院理论物理所研究员、学部委员 何祚庥

◇ 北京应用物理与计算数学研究所研究员 杜祥瑞



一、我国石油工业对国民经济作出了重大贡献。但我国石油资源并不很丰富。东部各大油田都已进入了中期或晚期，维持稳产已是十分艰巨的任务。新疆油田刚开发，形成可观的产量还有一个相当长的过程。“八五”计划中，我国石油产量的增长率远低于其他行业，“九五”也难改观。千方百计节约石油、天然气已刻

不容缓。

目前，各油田有大约 14% 的原油和天然气被消耗于油田自身所需的各种供热源上，如高凝油与稠油开采、输油、生活供暖等等。用别的能源将宝贵的原油和天然气替代下来，有相当大的潜力可挖。如果改用烧煤，则会造成大量运输、污染和处理炉渣的难题，而且各油田能得到的煤都是议价煤，经济上不合算。改用核能没有运输困难和污染问题，只是基建投资较大，但长期的运行费用很小，总的经济效益是合算的。

表 1 10 万千瓦供热站对环境的影响

从烟囱排入大气(吨/年)	烧矿物燃料的热水锅炉			核供热堆
	石油	煤	天然气	
二氧化碳	150000	187500	240000	0
二氧化硫	925	375	2.5	0
氧化氮	375	500	200	0
重金属	37.5	0.5	0	0
放射性影响	变化的，有时高	一般高于天然放射性本底	轻微的氡放射性	少于天然放射性本底的 1/4000
灰(吨/年)	62.5	~10000	10	0
高放射性废物(乏燃料)	0	0	0	0.25 米 ³ /年
燃料运输	46250 吨/年	72500 吨/年	0.5 亿米 ³ /年	2.5 吨/年

二、核供热是干净、安全的

各种能源对环境的影响与运输量对比如表 1 所示：

由表 1 可见，核能是干净的。当然，它也有缺点，产生了高放射性的废料，但量不大，可以长期贮存。

在日常运行中，核供热堆都选用有固有安全性的堆型，而且还有一系列以防万一的安全措施，可以放心地建在闹市区。

例如加拿大 Slowpoke-3 型堆，平

荷的整数倍。因而确立了电荷的分立性。

密立根于 1953 年与世长辞，弗莱彻也于 1981 年去世，对于弗莱彻提出的署名问题人们也无法查证。但是有两点启示是可以肯定的：一是密立根的实验是在许多物理学家(包括他的前辈和他的学生)的工作基础上产生出来的；二是密立根不是因循规蹈矩地重复前人的工作而是以一个伟大物理学家的洞察力揭示微观物质世界的本质方面。正是这八十多年前的实验不仅揭示了电荷的分立性而且第一次精确测量了电子的电荷值。这一成果很快得到了广泛的承认，密立根因此成为各知名科学院的成员，1916 年被选为美国物理学会主席，1923 年诺贝尔奖金的获得者。

时堆自动安全运行，对环境辐射影响可忽略不计(比安全规定还好三个量级)，万一有事故时，可以依靠非能动作用自动安全停堆，停堆后又靠非能动作用导出停堆后的余热。堆芯设置在一个水池中，单靠池水的自然循环导热，也可维持堆芯冷却相当长时间。即使运行人员离开现场一星期或更长时间，堆仍处在安全状态。所以这种堆俗称“傻瓜堆”。

三、核供热堆系列的四个层次

根据不同的应用对象，可按供热水(或汽)的温度，将核供热堆分为四类，即四个层次。

1. 为小区域生活采暖用的，供 80℃ 左右的热水。

由于油田生活区大多数分散，宜建这一类小堆。

最佳堆型为加拿大 Slowpoke-3 型，常压池式自然