

物理学史中的七月



1957年7月：巴丁、库伯和施里弗将他们的论文
“超导性的理论”投寄发表

（译自 *APS News*，2007年7月）

萧如珀 杨信男 译

50年前，也就是1957年，约翰·巴丁（John Bardeen）、里昂·库伯（Leon Cooper）和罗伯特·施里弗^①（Robert Schrieffer）提出他们对超导性的完整理论，终于解释了超导性，这个自1911年被发现以来，对物理学家一直都是个谜的现象。

1911年，海克·卡莫林·翁内斯（Heike Kamerlingh Onnes）在他研究处于极低温状态的各种物质时，偶然发现有些金属物质在接近绝对零度时，电阻会突然消失，他称此为超导现象。科学家很快地又发现，有更多的物质也拥有此特性。

但一直没有人能完整地解释它的原理。在往后的数十年间，许多杰出的物理学家为建构出超导性的基本理论而努力，却无人有太大的进展。有些物理学家绝望了，不想再探讨此问题；在这其中的一位物理学家菲力克斯·布洛克（Felix Bloch）就曾如此建议而被引用：“布洛克法则：超导性是不可能的。”

李查·费蒙（Richard Feynman）后来亦回想说，他曾经“花了无数的时间，试着了解此现象，也用尽各种我所能想到的方法……我产生了情绪上的障碍，不想再研究超导性的问题，因此当我得知BCS的论文时，有好长一段时间都无法迫使自己来研读。”

当理论物理学家在翁内斯的发现后没什么进展时，实验物理学家却发现了超导体的几个有趣特性。1933年，华尔特·麦士那（Walther Meissner）发现超导体排斥磁场，此效应会让磁铁漂浮起来。这个被称为麦士那效应的发现为物理学家增添了新的麻烦，因为任何超导性的理论也都必须要能加以解

释。约翰·巴丁曾试图探讨超导问题，但后来又去做其他的研究。

有些物理学家也曾成功地解释部分的超导现象，Fritz和Heinz London兄弟得到一个理论，可用以解释超导的一些特性，但却无法提供微观层次的机制。1950年，Herbert Frohlich提议说，超导性可能和电子与晶格振动（声子）间的交互作用有关。在当时，实验物理学家观察到，一个物质变成有超导性时的临界温度和此超导体的原子质量有关。Frohlich的理论的确可以解释此同位素效应，但却无法说明如麦士那效应等其他超导特性。

当时巴丁正在做其他的研究，但同位素效应的发现重新燃起了他对超导问题的兴趣。他和David Pines以解释同位素效应的理论为基础，除了Frohlich所考虑的电子与声子之间的交互作用外，还同时厘清了晶格在低能量时，电子如何能克服彼此间的库仑排斥力而相吸。



巴丁、库伯和施里弗（由左至右）

（图片来源：AIP Emilio Segrè Visual Archives）

^① 施里弗于2004年9月24日在加州驾车超速肇事，造成1死7伤，于2005年11月6日被判刑2年入狱。车祸当时，被吊销驾照的施里弗据说在驾驶座上睡着了，这是历史上第一位诺贝尔奖得主因非政治性因素而身陷囹圄者。

解出另一部分的疑惑要归功于里昂·库伯，他主张说，电子和晶格的交互作用，使得自旋方向相反的二个电子结合起来形成紧密相关的电子对，称之为库伯电子对（Cooper pairs）。在库伯电子对中的电子并不需要紧紧在一起，但可以相关联的方式运动。库伯体认到这些电子对的运动可以解释电子如何在超导体中毫不受阻地流动。电子对在低温时会形成，一旦增加能量就会使其遭受破坏，而使物质回复到正常、非超导性的状态。

再下来的见解来自于罗伯特·施里弗，他是巴丁在伊利诺大学的学生。1957年初，他到纽约参加美国物理学会的年会，在搭乘地铁的途中得到了灵感。他想出了如何用单一波函数的数学方式来描述超导体中所集结巨量的库伯电子对。当他一回到伊利诺，立刻告诉巴丁和库伯这个突破，他们就知道超导性的问题已经得到解答了。

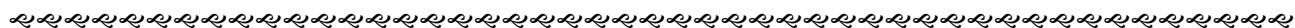
巴丁、库伯和施里弗将所有的见解整合成完整的理论，其中电子经由和晶格的交互作用形成了库伯电子对，这些电子对不会像在正常导体中做随机运动，而会以相关性的方式运动，使得电流不受阻力。

平日寡言的巴丁有一天宣布：“是的，我认为我们已经解释了超导性。”同年4月，巴丁、库伯和施里弗在《物理评论》（*Physical Review*）中发表了一篇短论文，标题为“超导性的微观理论”。他们于1957年7月将完整详尽的报告寄到《物理评论》，用了“超导性的理论”这样一个合宜的标题，于同年12月发表出来。

BCS理论极为成功，它详尽说明了超导性的机制和相关的效应，很不可思议地和实验的数据非常吻合。巴丁后来回想说：“截至目前所有关于超导体令人困惑的特性就像拼图游戏般地完全契合。”BCS理论很快地被接受，被公认是正确的。

1972年，巴丁、库伯和施里弗因他们超导性的理论同获诺贝尔奖，这是巴丁第二次获得诺贝尔物理奖，他第一次因晶体管，于1956年和William Shockley与Walter Brattain分享该奖项。

2007年，BCS理论满50周年，此理论适用于传统的超导体，但无法解释20年前第一次发现的高温超导体，因此疑惑仍然存在。虽然如此，BCS理论的影响远超过超导性，因为科学家已在太空物理和核物理方面发现了类似BCS超导体的状态。



北京正负电子对撞机重大改造工程对撞成功

中国科学院高能物理所于7月22日举行新闻发布会，正式对外宣布北京正负电子对撞机重大改造工程（BEPCII）取得重要进展——加速器与北京谱仪联合调试对撞成功，并观察到了正负电子对撞产生的物理事例，各种设备工作正常。这是BEPCII工程的重要里程碑，标志着BEPCII高质量、按计划地圆满完成了建设任务，即将进入试运行阶段。

BEPCII是在BEPC的基础上进行的重大改造，使之成为双环对撞机，即在对撞机现有的储存环内增建一个储存环，使得正负电子分别在各自的储存环内运动，在对撞点实现对撞。连同其他技术措施，预计在这种情况下，对撞机的重要参数亮度将在目前水平上提高约100倍。同时，北京谱仪也进行了全面改造，提高精度，减少系统误差，以适应改造后对撞机高计数率运行的要求。改造后，北京同步辐射装置的性能也将大幅度提高，用户急需的硬x光的强度将提高一个数量级。这将进一步发挥对社

会开放的大科学平台的作用。

BEPCII进展顺利，直线的改造通过了中国科学院组织的专家测试，所有指标都达到或超过设计指标，性能达到国际先进水平；同步辐射专用光模式也通过了中科院组织的专家测试，全面达标。目前，加速器和探测器工作性能稳定，对撞亮度不断提高，已经实现了正负电子200mA×200mA的对撞，预计今年底将可按计划达到BEPCII工程的验收指标，能够为北京谱仪提供高质量和高统计的数据。并力争年内再次为同步辐射用户提供专用光运行。

改造后的北京正负电子对撞机将在世界同类型装置中继续保持领先地位，成为届时国际上最先进的双环对撞机之一，预期在高能物理前沿课题能够取得多项具有世界领先水平的重大物理成果，使我国在今后相当长的时期内继续保持这一领域的国际领先地位。

（摘编自中国科学院高能物理所网站）