

过程方面的区别。按照电磁学，磁通密度 B ，磁场强度 H 和磁化强度 M 三者之间服从 $B=H+M$ 关系。对第 I 类超导体（见图 2 中的虚线），当外场 $H < H_c$ ，材料处于超导态，所有磁通线被排出体外（迈斯纳相）， $B=0$ ； $M=-H$ 。对于第 II 类超导体（见图 2 中的实线），当外场 $H < H_{c1}$ ，行为与第 I 类一样；在外场 H 从 H_{c1} 增加到 H_{c2} 的区间，磁通线逐步增加对样品的穿透，进入舒勃尼科夫（Shubnikov）混合相， B 增大， M 尽管为负但幅值逐渐减小；到了 $H=H_{c2}$ ， B 完全穿透， $B=H$ ，且 $M=0$ 。

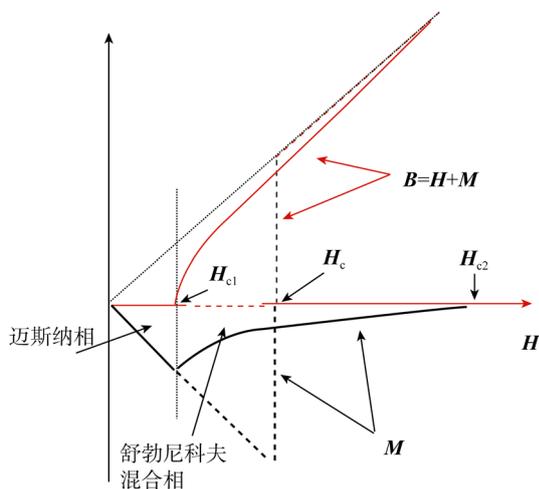


图 2 磁通密度 B （浅色）和磁化强度 M （深色）作为磁场强度 H 的函数，对第 I 类（虚线）和第 II 类（实线）超导体分别绘出

在超导体内为了保持磁场是常数，矢势 A 必须随 r 变化。 A 随 r 的变化可以有多种选择，只要能给出正确的外场，都属于规范变换。例如，可以选择 $A_y = H_z x$ ，其中 A_y 是 A 的 y 分量， H_z 表示外场 H 沿 z 轴，并且 A_y 随 x 坐标线性增长。不过，按照 GL 的动能表达式，上述线性增长意味着动能无限制的增大，但这是不可能的。当 x 到达一定程度， A_y 的增大不得被一个位相的跳变所抵消。以至于序参量周

期性地为零，导致阿布里科索夫磁通晶格的产生。阿布里科索夫证明，上述这种分布满足总能最小。

阿布里科索夫的系统理论说明，外加磁场对第 II 类超导体的穿透，正是通过了许许多多涡旋所提供的通道。在涡旋芯内，材料是正常态，涡旋芯的半径约等于相干长度 ξ ；在芯的周围是超导态，有库珀对超流环绕，绕涡旋芯走一圈，波函数的位相将改变 2π 。涡旋的数量随着磁场强度的增加而增加，但有一个限度：如果涡旋芯与近邻的涡旋芯发生交叠，材料将失去超导电性。阿布里科索夫的这项工作是在 GL 理论的基础上完成的，被公认是超导研究领域中的突破性进展，至今在新超导体研究、玻色-爱因斯坦凝聚研究以及超导磁体研发中仍被广泛引用。

金茨堡与朗道的基本贡献在于，他们构建了一个合理的超导库珀对波函数，用它描述超导相变过程中所发生的对称性破缺。这里所涉及的主要是与粒子数（库珀对数）守恒相联系的规范对称。在正常态，序参量 $\psi(\mathbf{r})=0$ ；在超导态，超流密度 $n_s=|\psi(\mathbf{r})|^2$ 为有限值。按照杨振宁的意见，规范对称应命名为位相对称。这是一种较为抽象的对称性，或许从位相因子 $\exp[i\phi(\mathbf{r})]$ 的角度有助于理解。在 T_c 以上，任何从 ϕ 到 $\phi+\phi_1$ 的变换都不会引起系统的变化；然而当 $T < T_c$ ，在超导体内的 r 位置必然有它特定的位相 $\phi(\mathbf{r})$ 。

从金茨堡的生平和他的物理研究，我们得到的重要启示是多方面的：探究物质世界的规律是人类崇高的事业；理性思维的发现经常能转化成巨大的生产力；好奇、执着、严谨和诚信是对科学工作者的基本要求；从美学角度看，物理理论（例如，关于对称性）也有可能和艺术大师的创作一样光彩夺目。金茨堡满怀热忱地将自己毕生的精力投入到物理研究中，而物理学的发展所需要的正是千千万万金茨堡这样的奉献者。

（中国科学院理化技术研究所 100080）



科苑快讯

黎明号探测器勘察灶神星

在进入灶神星轨道两星期后，离子推进的黎明号探测器传回灶神星的清晰图像。这颗小行星宽度为 5200 千米，表面粗糙，形状也不太规整。美国宇航局在 2011 年 8 月 1 日的新闻发布会上公布了这些照片，它们是在距离灶神星 530 千米外拍摄的，获得如此清晰的灶神星图像还是首次。

图像中显示的平坦开阔的火山口，宽达 460 千

米，源自一颗 80 千米小行星的撞击，这次撞击险些将灶神星撕成碎片。在该区域的北部还有一些平行的凹槽，就像环绕灶神星赤道区域的纬度线。行星学家用计算机模拟了灶神星的一次巨大撞击，发现撞击产生的岩石碎片会堆积形成奇怪的形状，却没有出现这样的东西。黎明号在未来数月将不断降低高度，直到距离灶神星表面 200 千米为止。

（高凌云编译自 2011 年 8 月 1 日 www.sciencemag.org）