铬基笼目超导体研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29131.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

铬基笼目超导体研究获进展。

具有笼目晶格的量子材料因能带结构中包含平带、狄拉克点、范霍夫奇点等特征而备受关注。近期，有研究实验合成了钒基笼目金属体系AV_3Sb_5（A=K、Rb、Cs）并观察到超导电性、手性电荷序、配对密度波、反常霍尔效应等丰富的物理现象。

在探索与AV_3Sb_5同结构的笼目结构量子材料过程中，浙江大学曹光旱团队经过实验，制备出新型铬基笼目结构$CsCr_3Sb_5$单晶，通过测试电阻率、磁化率、比热及低温晶体结构发现，其在T_N≈55K发生长程反铁磁序并伴随电荷密度波的形成，且电输运呈现“坏金属”特性。与AV_3Sb_5相比，$CsCr_3Sb_5$的电子关联增强，这为研究笼目晶格的强关联物理提供了新的材料平台。同时，$CsCr_3Sb_5$单晶常压下的磁有序形式以及能否通过压力驱动磁性量子临界点进而实现非常规超导成为热点问题。然而，由于$CsCr_3Sb_5$单晶样品具有极薄、易碎、且产量少等特点，实验上确定常压下的磁有序和精确测量高压下的物性演化较为困难。

曹光旱团队与中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心程金光团队和周睿团队合作，借助综合极端条件实验装置（SECUF）的实验技术，克服了上述困难并在压力驱动的磁性量子临界点附近观察到非常规超导电性，助力了新型笼目铬基超导体的发现。

$CsCr_3Sb_5$单晶累加起来总质量不到0.1 mg，因此常规的谱学测量较难表征其常压下的磁有序性质。物理所利用SECUF-A6实验站提供的全超导磁体强场核磁共振系统，在25T的强磁场下进行长时间的[123]

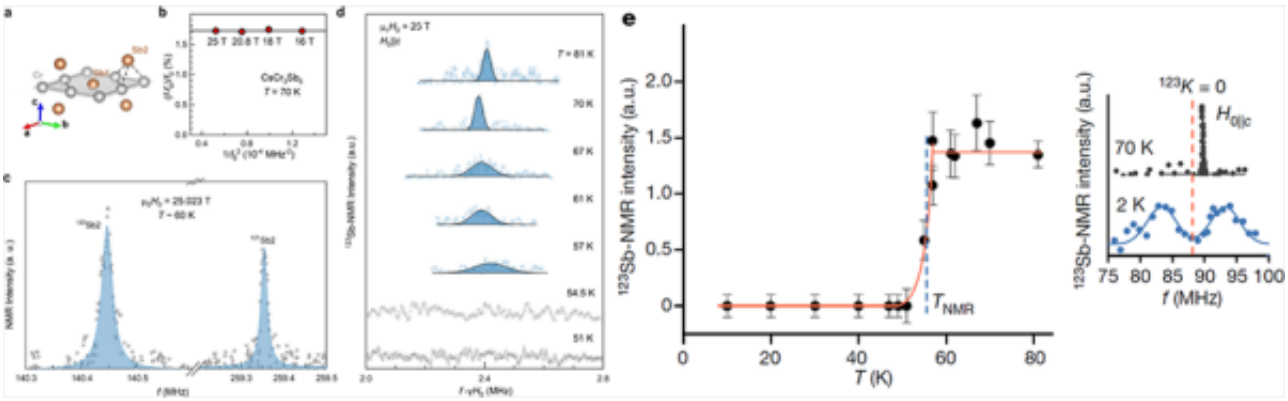
Sb核磁共振谱测量，发现其谱重在T_N
≈55K以下随温度降低而急剧减小。这表明，谱型发生较大改变并可能存在磁涨落导致的自旋-自旋弛豫时间减小。研究认为，
这是典型的磁相变特征。同时，[123]
Sb核磁共振谱在低温下劈裂为两个很宽的峰，直接提供了反铁磁序存在的谱学证据。这证明，CsCr_3Sb_5是具有长程反铁磁序的强关联金属体系。相较于普通的核磁共振测量系统，SECUF-A6实验站的25T强磁场可将测量效率提高10倍以上，对于测量如此少量的单晶样品发挥了关键作用。

同时，$CsCr_3Sb_5$单晶的厚度仅~20μm且易碎裂，因而高压物性测试难度较大。物理所利用SECUF-A2实验站提供的大腔体六面砧高压低温物性测量系统，发挥样品空间大且静水压好的优势，测试了$CsCr_3Sb_5$
单晶在0GPa~12GPa范围内的电阻率和交流磁化率，从而跟踪了反铁磁序和超导电性随加压的演化过程。研究显示，随着压力（P
）升高，常压下单一的反铁磁序（T_N
）逐渐演变为两个连续的转变（T_1和T_2
），压力下呈现出密度
波转变的特征并逐渐被压力所抑制。研究发现
，当P
升高至~3.65GPa时，低温
下观察到超导态和密度波共存的现象；而在4
GPa~8GPa范围内电输运性质则呈现清晰的“零电阻”超导特征。高压下的交流磁化率测试显示出明显抗磁信号，从而确认压力下出现的超导态为本征的体超导。研究提出，基于上述高压测量结果，可绘制出$CsCr_3Sb_5$单晶的温度-压力相图。$CsCr_3Sb_5$在3.65
GPa~8GPa的压力范围
内呈现出圆拱形超导相图，在磁有序消失的临界压力P_c≈4.2GPa，超导转变温度达到最高T_c~6.4 K，上临界场μ_0H_{c2}
(0)亦达到最大值14.34T，这超过了泡利顺磁极限μ_0H_p=1.84T_c
=11.78T。当压力超
过10GPa后，超导电性消失。对电阻率
数据的分析显示，P_c
附近正常态呈现非费米液体行为和电子有效质量发散的量子临界特征，与铁基、CrAs和MnP等非常规超导体的相图相似，这意味着$CsCr_3Sb_5$压力诱导的超导态可能具有非常规配对机制。

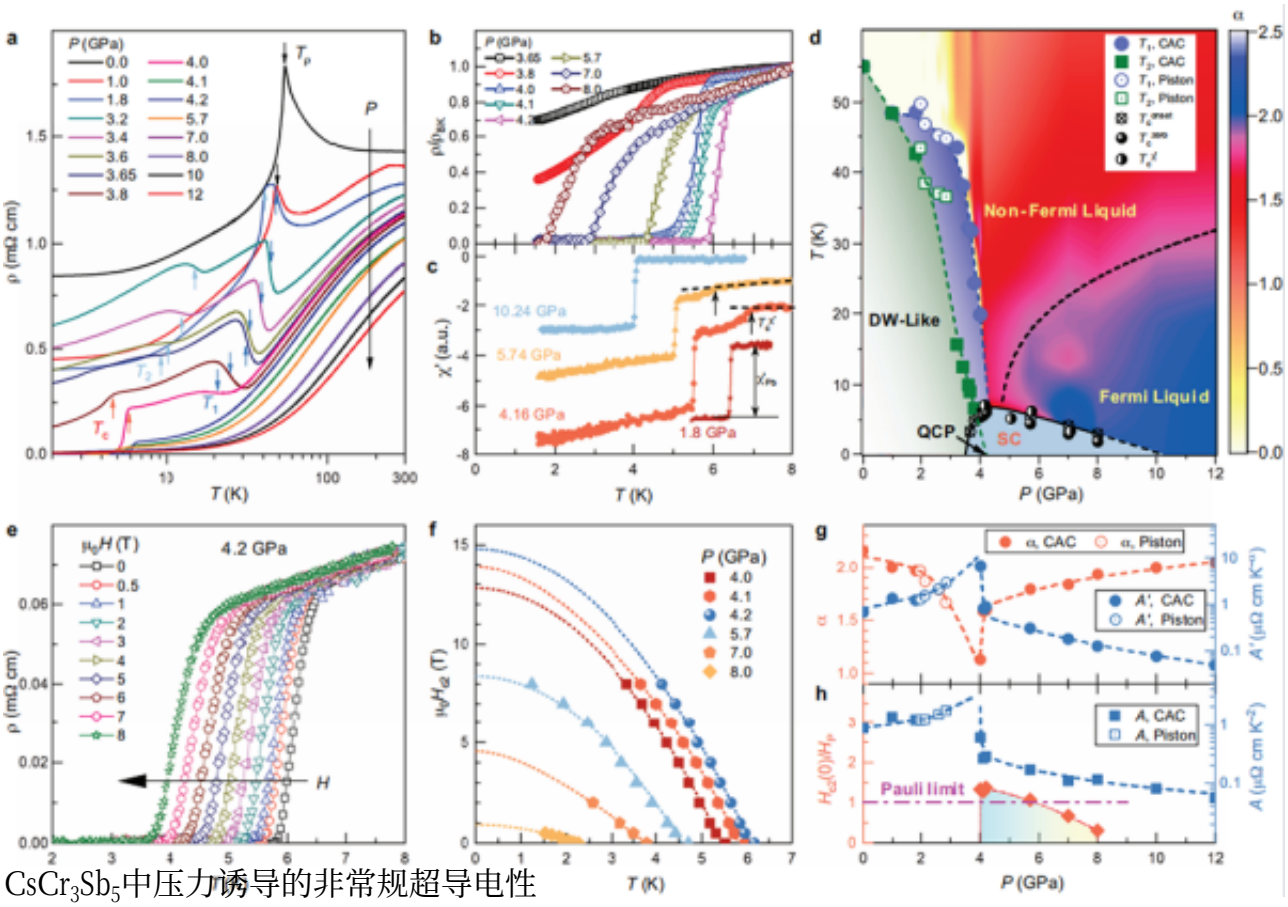
8月28日，相关研究成果以*Superconductivity under pressure in a chromium-based kagome metal*为题，发表在《自然》（*Nature*
）上。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项（B类）、中国科学院青年创新促进会优秀会员项目等的支持。

SECUF是国家“十二五”重大科技基础设施，已建成国际先进的集极低温、超高压、强磁场和超快光场等综合极端条件为一体的用户实验装置。SECUF于2017年动工，2023年初全面投入试运行。SECUF20个实验站对国内外用户开放。SECUF-
A6实验站高场全超导磁体由中国科学院电工研究所王秋良院士团队联合研制。

论文链接



$CsCr_3Sb_5$单晶的高场核磁共振测量结果及反铁磁序的确认



$CsCr_3Sb_5$中压力诱导的非常规超导电性

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发