



2008年4月1日

[首页](#) | [分院简介](#) | [机构设置](#) | [新闻中心](#) | [院地合作](#) | [科研成果](#) | [院士风采](#) | [基层党建](#) | [人事监审](#) | [English](#)

## 获得纳米金属铜室温超塑延展性发现的启示（金属所）

发布时间：2003-7-4

# 获得纳米金属铜室温超塑延展性发现的启示

卢柯，材料科学家，1965年出生于甘肃省华池县，1985年7月毕业于南京理工大学机械系，1988年及1990年分别获中科院金属所硕士和博士学位。现任中国科学院金属研究所所长、沈阳材料科学国家联合实验室主任、博士生导师。主要从事纳米材料及非晶态材料领域的研究，取得了一系列国际上公认的高水平科研成果，在国际上享有很高的学术地位和声望，先后被四种国际学术期刊聘为编委和国际纳米材料委员会委员。曾获首届香港求是基金会“杰出青年学者奖”（物理类），1999年被授予何梁何利基金科学与技术进步奖，中国青年科学家奖，全国先进工作者，杰出青年科学家奖，国际亚稳及纳米材料年会授予 ISMANAM 金质奖章和第三世界科学院 TWNSO 技术奖等 20 余项奖励。

纳米金属是目前材料学科一个研究热点，它由于其晶粒细小，结构独特而被称为“二十世纪的新材料”。纳米材料通常会表现出许多同普通多晶体材料截然不同的优异性能，如超高强度、高韧性、优异的电磁性能等等，其中纳米金属材料的力学性能，是国内外学术界关注的热点之一。纳米优异的力学性能为发展下一代高性能金属结构和功能材料开辟了一条新路。

但是目前国际上纳米材料的制备问题长期以来一直困扰着大家，常用的制备方法如惰性气体冷凝法、球磨法、非晶晶化法等都各有一定的局限性，很难制备出致密、界面清洁、结构均匀稳定、价格低廉的三维大尺寸纳米金属材料。受到纳米材料样品质量和尺寸的限制，以往纳米材料的力学性能常以小样品的压缩实验为主，一方面很难获得可靠的力学性能数据，另一方面样品中大量缺陷的存在一定程度上也掩盖了纳米材料的本征性能。因此，无论是在纳米材料基础研究还是在开发应用

上，如何制备廉价、优质的纳米材料都是亟待解决的问题。

卢柯博士在多年研究工作的基础上，利用传统电解沉积技术，优化工艺参数，成功地制备出致密、高纯度的块状纳米晶体Cu样品，晶粒尺寸为30nm，纯度高于99.995wt%，密度可达普通纯Cu理论密度的99.4%。在室温（仅为熔点的22%）下轧制该纳米晶Cu样品，其延伸率可高达5100%，而没有产生明显的加工硬化效应，并发现冷变形过程中晶粒尺寸保持不变。初步分析表明，在纳米晶Cu的变形中晶界运动起重要作用。这表明金属纳米材料具有与普通多晶体材料完全不同的力学性能和加工行为。此工作在Science上发表，并受到审稿人的高度评价，他们认为：“该文章报导了纳米金属材料超塑性领域一种令人感兴趣的新的发展方向，作者报导了在纳米金属中以前从未得到的新结果”；“这是一篇在纳米材料力学性能方面有着非常有趣的和引人注目实验结果的文章”。著名学者H. Gleiter教授称此工作是：“本领域的一个突破，它第一次向人们展示无空隙纳米材料是如何变形的”。

这个成功的案例给我们以下几点启发：

#### 1. 长期研究工作的积累是重大科学发现和突破的基础和前提

自九十年代初期开始，卢柯博士开始纳米材料的研究工作。他利用非晶态合金的晶化过程发展了非晶完全晶化制备全致密纳米材料的新方法，这种新制备方法目前被视为纳米材料的三大制备方法之一。此后，卢柯博士开展了合金纳米材料的结构、性能及稳定性研究，发现了合金纳米晶体中的反常Hall-Petch关系，即当材料细化到纳米尺度时，硬度不但不会提高反而下降；发现了纳米晶体的晶格畸变效应等，这些开创性的研究成果突破了传统的观点和理论框架，将纳米材料的研究推向了新高度。

“机遇永远是留给有准备的人”。纳米晶Cu的室温超塑性似乎是研究中的一个偶然发现，但这也是偶然中的必然。长期实验研究的积累正是偶然突破的基础和前提。正是卢柯博士在纳米材料领域十几年如一日的刻苦研究和长期积累，他才能够一次又一次的成功。

#### 2. 认识自我，发挥长处，开拓创新

卢柯博士始终认为在纳米材料的研究中，首先应该制备出好的样品。由于不熟悉样品的制备过程，对制备过程中材料微观结构的演变和发展缺乏清楚的认识，而且不能够系统规范地进行科学研究，所以依靠别人提供样品来做科学研究，局限性太大。因此这些年来卢柯博士一直将纳米材料的制备作为头等大事来抓，经过多年的努力，他们在纳米金属材料的制备技术上取得了重要的进展，先后利用非晶态固体完全晶体法，超细粉冷压法、电解沉积法等制备出多种金属及合金纳米材料。卢柯博士常说：“样品制备方法和技术的优势为我们研究纳米材料的结构

性能关系奠定了基础”。

许多工作正是由于他们自己成熟的制备技术，才得以开始。如他利用非晶晶化法制备的不同晶粒尺寸的纳米金属样品，研究了纳米材料样品的力学性能同晶粒尺寸之间的关系；在用球磨法制备的Fe、Cu、Se等纳米单质样品的晶格结构研究中发现了晶格的畸变效应；利用电解沉积技术制备了高纯致密的纳米晶Cu样中，不但观察到了室温超塑延展性，而且发现室温下拉伸具有与相Cu截然不同的反常速率效应：其拉伸率随拉伸速率的增加而提高……

长期以来，卢柯博士领导的研究小组在纳米材料研究领域开展了一系列有创新性的工作，在国际著名学术刊物，如Science、PRL、PRB、Acta、Mater等上发表了百余篇论文，卢柯博士二十余次被邀请在国际学术会议上做特邀报告，使得该研究小组一直处于该领域的领先地位，这一切都与他们充分发挥自己的特长，按照样品制备—结构—性能三者相结合的研究特点分不开的。

### 3. 坚信科学理念，不盲目跟踪

有了很好的样品，这只是出色工作的基础，具有清晰的头脑，完整、扎实的理论基础才有可能做出“独一无二”的科研工作。卢柯博士就是这样一个思路十分清晰的人，他经常是在做一个实验之前要进行长时间的思考，分析预测各种可能出现的结果，然后设计最合理的实验方案来证实自己的想法，因此，做学生的时候，他就是一个做实验不多的人，但常常是通过这些最简单，为数不多的实验，他解决了一个又一个深奥的科学问题。

众所周知，纳米材料优异的力学性能是倍受各国学者广泛关注的热点问题。十年前就有人预测：如果将金属材料的晶粒尺寸减小到纳米量级，那么这种材料将会在很低的温度下发生扩散蠕变且应有很好的塑性变形能力，甚至在室温条件下就可发生超塑性变形。然而，大量的实验结果却十分令人失望。大多数纳米金属样品都非常脆（其延伸率仅为1-4%），扩散蠕变速率也非常低。虽然在一些纳米金属及合金体系中已观察到超塑性变形温度降低的趋势，但这和人们所期待的纳米材料在室温下即可发生超塑性变形的现象仍有一定距离。这种理论与现实的差距使得一些人开始怀疑纳米材料是否真的本身就没有变形能力，越来越多的人开始回避这个敏感的问题。卢柯博士始终在冷静地思考着，他相信这种实验结果与理论预测不相符合的原因主要是由于纳米样品在制备过程中所引入的缺陷所致，改进现有纳米材料的制备工艺和发展新的制备技术将是实现纳米材料室温超塑性的突破口。一次次的尝试与失败；一次次的努力与积累；功夫不负有心人，他终于在利用电解沉积技术制备的纳米晶Cu样品中观察到了纳米晶体的室温超塑延展性！

#### 4. 科研帅才与团队建设

在卢柯博士的带领下，经过几年的努力，形成了一个具有创新精神的青年科研团队，他们中间有的具有扎实的理论基础、有的具有高超的实验技能，还有一大批勤学踏实的研究生，这个研究团队中经常开展学术讨论，沟通学术思想，营造出一种良好的学术氛围。正是这样一个在优秀科研帅才带领下的研究团队才能持续不断地做出一个又一个的科研成果。

撰稿人：卢磊（金属研究所副研究员）

中国科学院沈阳分院 版权所有©2006.04

ICP备案编号：辽ICP备05000863号

mailto:ylieu@mail.syb.ac.cn