

# NICKEL

专注于镍及其应用的杂志

废水处理与金属回收

用于生产氢气的镍催化剂

镍与单晶超导线

第28卷第2期 (2013年6月号)

## 镍与创新专刊



## 锂电池中的镍

# 不锈钢的历史-第4部分 美国横空出世

上一期（28卷第1期），我们回顾了不锈钢在欧洲的早期发展，但同时美国的冶金学家也正在对铬合金钢进行着实验。其中包括 Elwood Haynes，而他的主要兴趣在于改进自己的汽车。作为一个有成就的发明者，Haynes 主攻硬质耐磨合金以及适用于火花塞的合金。值得注意的是，他成功地开发了Stellite系列合金，其早期版本包含钴、铬、碳、钼、钨和镍。

在1911年和1912年，他对可硬化铬钢进行了实验以考察其抗腐蚀能力。尽管这些合金的硬度不足以用在他的汽车上，但是 Haynes 却了解了它们在刀具和其他工业应用方面的潜力。1914年4月，他为含有4-50%铬的可硬化（马氏体）钢申请了专利，但直到1917年，才获得专利。但是，这一专利与之前授予英国冶金学家 Harry Brearley 的专利发生了冲突。Haynes 和 Brearley 并没有在法庭上兵戎相见，而是组建了一家合资经营公司，即美国不锈钢公司（ASSC）。ASSC 公司持有两项专利，并且特许各个钢铁生产厂生产不锈钢。

到1918年，美国厂商如伯利恒钢铁公司和卡本特钢铁公司购买了许可证，并且支付不锈钢产量的15%作为专利权税。公司向其所有者支付了可观的股息直至公司于三十年代解散。Haynes直到1925年去世都坚持认为他是不锈钢的发现者，而不是 Brearley。

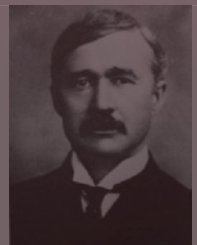
有些历史学家相信，另外两个美国人 Frederick Becket 和 Christian Dantsizen 也可以主张自己为发现者。后者在通用电气公司在低碳非硬化含

铬不锈钢领域做了重要工作，它首先被用作电灯泡的引线。Becket 的主要贡献是在纽约尼亚加拉瀑布的电动冶金公司生产出了这些合金。

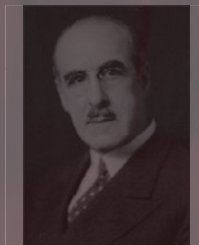
其他对不锈钢进行实验的美国人包括 Ludlum Steel Co. 公司的副总裁 P.A.E. Armstrong，他于1914年对铬硅不锈钢进行了实验，直至其工作被第一次世界大战所中断。1918年之后，他重新开始工作，并且获得了关于这些合金的专利。某些合金及其应用与 Brearley - Haynes 的专利有重合，但 Ludlum 并未从 ASSC 处寻求过许可证。然后 ASSC 起诉 Ludlum 专利侵权，因此他们被勒令为其刀具中的不锈钢支付专利权税。（其他不锈钢合金，例如用于排气阀中的不锈钢合金不受 ASSC 专利权税的制约。

二十世纪二十年代，不锈钢的应用在美国和加拿大快速增长。它不仅用在刀具及其他厨房器皿中，而且用于食品加工、运输、甚至外科手术植入物中。根据新闻报导，十年间，美国约有35家大型公司在生产不锈钢。1929年，美国不锈钢总产量为53,293吨。次年，标志性的建筑克莱斯勒大厦在纽约市竣工。它采用18-8（302类、UNS S30200）不锈钢外壳，至今仍为代表镍铬不锈钢耐久性的象征，为全世界所瞩目。

不锈钢的使用一直在快速增长。2012年，不锈钢诞生100年，全球产量估计为3540万吨。不锈钢在头100年应用于各行各业的良好性能，将使其继续在下一个世纪，成为众多应用的选定材料。



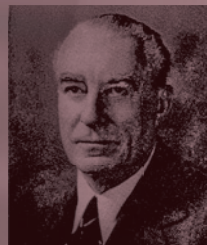
Elwood Haynes



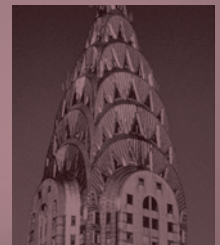
Frederick Becket



Christian Dantsizen



P.A.E. Armstrong



Iconic Chrysler Building

# NICKEL

这份杂志专致于镍及其应用  
《镍》杂志由镍协会出版

The Nickel Institute

总裁: Dr. Kevin Bradley  
编辑: Stephanie Dunn  
sdunn@nickelinstitute.org

设计: Constructive Communications

镍协会联系地址:  
比利时 布鲁塞尔1210, 艺术大街12-14, 八层  
电话: 32 2 290 3200  
电子邮箱: brussels@nickelinstitute.org

获取在线《镍》杂志电子邮箱通知, 请致:  
www.nickelonline.org/subscribe

本杂志所刊内容系为读者获取一般性信息而准备的, 在  
未取得专业人员的意见时, 不应为特定应用而采用或作为  
依据。

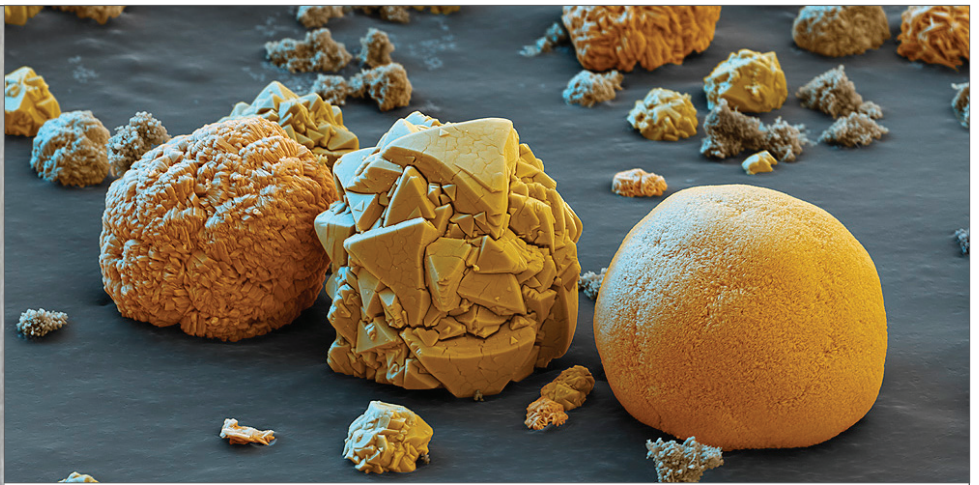
尽管所刊材料据信在技术上是正确的, 但镍协会、协会  
会员、协会工作人员及其顾问人员并不代表或担保其适  
用于任何一般或特定用途并不承担任何与此信息相关责  
任和义务。

ISSN 0829-8351

在加拿大采用再生纸印刷

封面:

构图: Constructive Communications  
iStock Photo: © Uyen Le  
Roof Image: Millennium Tiles



△ 照片标题: NCM 锂离子阴极材料 2200x.图中所示的阴极材料包含镍、钴和锰盐沉淀析出的微小微米级球状物。由于其纤细的海绵样结构和较大的表面积, 因此这种细密纹理的球状物可以更快地释放出锂离子。

PRESS PHOTO BASF

## 镍与创新

在过去的一年中, 我们已经在撰文庆祝着不锈钢的第一个百年, 其最后一章呈现在对页版面。现在我们来考虑一下镍在接下来一百年中可能的应用方式。

可以想见的是, 出于各种大家熟知的原因, 含镍不锈钢始终会是一种非常重要的结构材料。也就是说, 其延展性、韧性、强度、可焊性、耐酸性及其他耐化学腐蚀性和可清洁性, 都将使它保持在一种高需求状态。本期《镍》杂志的举了我们常见的两个示例来说明: 公路噪声屏障(第13页)和用于人孔的安全格栅(第12页)。它们为我们所常见, 其中的含镍材料有助于提升我们的生活质量。

但仍然很明显的是, 尽管镍的其他属性有一些众所周知, 但仍有一些仍在探索之中, 这更加反映出它对高效可持续性社会的重要性。社会应扶植这些探索及其他创新, 并将其付诸使用。

我们熟悉镍镉和镍氢电池。但是, “镍”正在从电池化学名单中消失, 所能得出的结论是, 锂离子合成物已经取代了镍。其实并非如此。正如非峰值可再生能源的电池存储装置变得日益重要的那样, 镍仍然是众多日臻完善的电池的核心(参见第8页)。

第10页讨论了镍基三维电池, 它处于最初的发展阶段, 但却从根本上令人兴奋。正如技术论文的首席作者 James Pikul 所解释的那样: “这是一种新的使能技术, 而不是对之前技术的进一步改进。”

镍在非传统创新应用领域中的使用, 可以洞察到接下来一个世纪会出现什么。非碳基燃料? 镍已经帮助了氢经济的发展(第7页)。利用超导性来减少电荷在传输时的损失? 在实现超导体商业化的过程中, 镍起着虽然很小但却很关键的作用(第15页)。

最起码的是, 正在对镍的电磁、形状记忆功能及其他属性进行前所未有的研究, 并且新兴的应用均具有创新性。此外, 镍能够带来未来可持续发展所需的新奇技术。

Stephanie Dunn  
《镍》杂志编辑

## 目录

### 聚焦看镍

社评..... 3

### 特写故事

BioteQ水处理技术..... 4, 5

锂电池中的镍..... 8, 9

新兴电池技术..... 10

### 科技前沿

海胆与碳捕捉..... 6

### 使能创新

光基制氢..... 7

探索希格斯玻色子..... 11

### 用镍大观

打造安全格栅..... 12

道路噪声屏障..... 13

形状记忆合金..... 14

超导体..... 15

UNS详解..... 14

网站链接..... 15

《镍》杂志上线移动应用设备... 16

# BioteQ: 变废为宝

## 减少废水处理的生态足迹



创新的处理技术不仅可以从矿山中清除溶解的金属，而且还可以回收。含镍不锈钢用于这些设备中，以确保成本效益和性能可靠。

BioteQ 环境技术公司专注于对被采矿及其他工业应用产生的溶解金属和硫酸盐所污染的废水进行处理。公司的设备和技术不仅可以生产能够安全排放到环境中的清洁水，而且还可以生产可出售的副产品。

BioteQ 的总部位于加拿大温哥华，为全球处理废水相关工作的公司提供专利的定制处理技术。在加拿大、美国、中国、墨西哥和澳大利亚的矿场设有装置。

BioteQ 的关键技术是 BioSulphide® 和 ChemSulphide® 沉淀工艺，这两种工艺与用于金属回收的离子交换相结合，可以定制用于废水中溶解金属的分选脱除和回收。

公司总裁及首席技术官 David Kratochvil 说，这些工艺可以从采矿废液中清除并回收溶解金属，并形成可出售的产品。“这是通过选择适当的化学试剂，并控制反应条

◁ 页照片标题：没有哪一种传统的水处理技术能够从含有不同金属混合物的废液中回收镍及其他金属。

件，以生产无杂质的金属硫化物固体。可以方便地利用传统的固/液分离工艺将这些固体脱水，形成高价值精选矿出售给金属交易商，或者直接出售给熔炼厂和金属精炼厂。”

镍本身作为从废水中实现回收的一种靶标金属，在这种加工工艺中起着关键作用。

“许多含有镍及其他金属的废液都具有腐蚀性，” Kratochvil 解释说。根据 ChemSulphide 和 BioSulphide 反应器的条件，要求不锈钢能够确保装置的机械可用性高和设备的长寿命。当我们针对水处理装置拟定设备说明书时，这些要求是重要的考量事项。”

含镍不锈钢的使用是十分重要的，因其具有众所周知的高防腐性，但最终的材料选择取决于装置的实际状态和废水组成。

Kratochvil 相信，与传统工艺相比，他们的技术具有优势。这包括确保从废液中产生高纯度产品的金属回收选择性，从已回收的溶解金属中创造收益的能力、以及清除或减少废水处理副产品-废污泥的能力。

“总的来说，这些优势可以降低水处理的寿命周期成本，Kratochvil 断言道。没有哪一种传统的水处理技术能够从含有不同金属混合物的废液中回收镍及其他金属。大多数情况下，这些技术都会产生有毒或者有危险的废污泥，需要做进一步处理，或者需要高昂的处置成本。”



大规模发展

同时，BioteQ公司正忙于开发其他的创新工艺过程，包括一种将离子交换与 Chem-Sulphide技术相结合的工艺。这一组合技术的收益包括降低废水处理装置的“生态足迹”以及总运营成本。“采用离子交换树脂进行废水处理，为进一步的发展开创了新的机遇，” Kratochvil 说。

BioteQ 的技术广泛用于采矿和矿石加工行业，目前正在寻求熔炼和精炼中的新应用。这一加工技术灵活并且可扩展。

公司在全球设计了 15 个水处理厂，液压容量从每小时 25 立米到 1,200 立米。回收的金属总量从一座镍矿每年大约 14,000 千克 (kg) 到一座铜矿每年 100 万 千克。

可以利用 BioteQ 工艺来处理采矿废液，使新建、现有或已关闭的运营设施符合废水环境限值的要求。

Kratochvil 引用了位于一座加拿大镍矿山的 ChemSulphide技术水处理

△ 页照片标题：含镍不锈钢用于设备中，以确保成本效益和可靠性能。

装置，自运营之日起，其每年对溶解镍的平均回收量为 12,000 千克。“回收的镍来自于产品中受矿山影响的水域，这一产品被混合到矿山所开采的硫化镍精矿中。在这一应用中，工厂仅产出清水和硫化镍产品，没有其他废物或者副产品。”

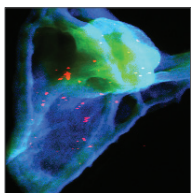
他还引用了位于中国的离子置换装置，在这里，从含有传统石灰中和装置上游与金属混合物的矿山酸性废水流中回收镍。“在这种情况下，矿山会降低所出产的废污泥数量，同时对之前直接视为废料的金属进行回收，以提高可持续性。”

第 4 页照片标题：含镍不锈钢用于设备中，以确保成本效益和可靠性能。

第 5 页照片标题：没有哪一种传统的水处理技术能够从含有不同金属混合物的废液中回收镍及其他金属。

NI

# 镍纳米颗粒是以低成本从空气中清除 CO<sub>2</sub> 的关键所在



英国纽卡斯尔大学的研究人员偶然发现了一种利用镍纳米颗粒作为催化剂来捕获 CO<sub>2</sub> 气体的方法。

在研究海胆胚胎的毒理学标记时，化工与高级材料学院的 Gaurav Bhaduri 和 Lidija Siller 注意到，在镍离子和海胆外骨骼的碳酸钙之间存在着相关性。

“利用成像技术，我们能够给海胆胚胎中的所有化学元素做标记，” Siller 说。“我们注意到，镍与碳酸钙的增长有关。”在认识到海胆有可能利用镍作为一种催化剂来构建其骨架时，研究人员试着经由含有镍纳米颗粒的水来析出 CO<sub>2</sub> 气体，从而对催化作用进行复制。果然，水中的 CO<sub>2</sub> 完全被清除。

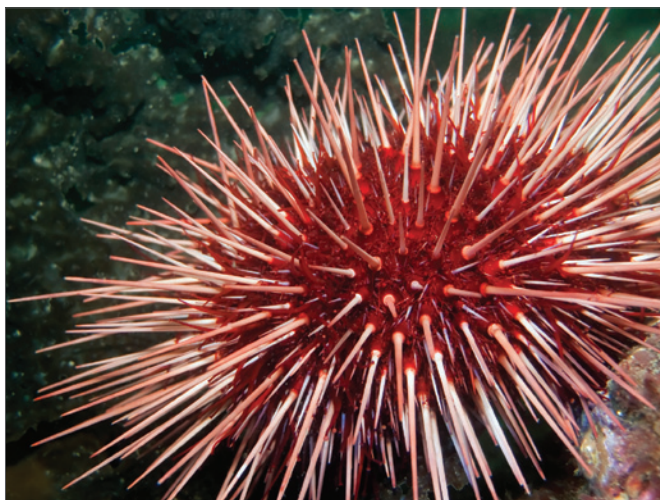
Siller 的小组目前正在研究水中不同浓度的镍纳米颗粒，以找到用于收集电站及其他行业所排放的二氧化碳的最佳浓度。他们已经进行了浓度范围从 10 到 40 ppm 的实验，得出结论是，30 ppm 有可能是效率最高的浓度。

“利用镍来收集二氧化碳的优势在于，与其他选择相比，它的价格低廉，并且可以通过简单的磁性分离进行循环。”她说。

长期以来，CO<sub>2</sub> 在矿石碳酸盐中的分离和存储一直被视为是利用一种称为碳酸酐酶的酶来降低环境中 CO<sub>2</sub> 浓度的潜在方式。但这一过程成本高昂且依赖于 pH 值，并且将 CO<sub>2</sub> 转换为碳酸是一种反应速率受限制的步骤。镍纳米颗粒能够在常温常压下出现催化作用，是一种成本较低，并且不依赖于 pH 值的备选方案。

“催化科学与技术”杂志中对 Bhaduri 和 Siller 的研究进行了概述，他们的论文是 2013 年 2 月期刊数据库中访问量最多的文章。

Siller 说，这一工艺过程能够以工业规模运作，利用含有镍纳米颗粒的水或者其他溶剂来输送来自装置或者工厂的尾气。一旦已经将 CO<sub>2</sub> 转换为碳酸，便可利用磁性



◁ 左上方：海胆及其化学标记。  
△ 顶部：研究人员 Gaurav Bhaduri 和 Lidija Siller 博士。  
△ 水中的海胆。

分离来清除不可溶解的镍纳米颗粒，并且将酸与碱性含镁或钙的硅石结合，以产生不溶性碳酸盐化合物。碳酸盐材料可用来制作建筑石料，而镍可以重复使用。

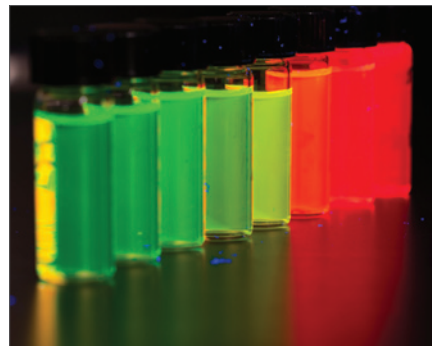
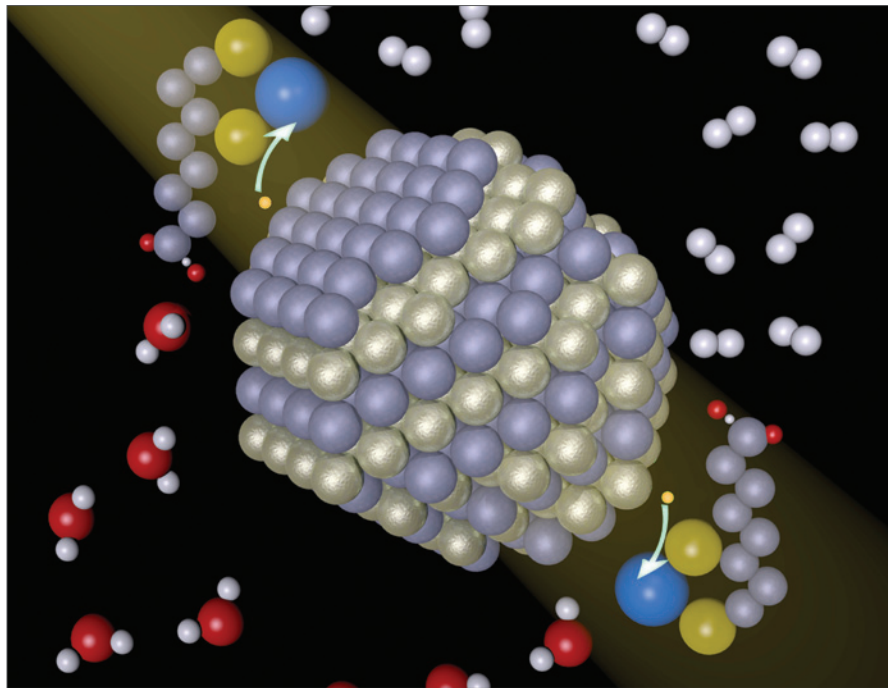
目前，工业上用于碳吸收的首要方式是利用溶剂从废气中吸收 CO<sub>2</sub>，然后通过加热方式将 CO<sub>2</sub> 从溶剂中剥离，最后将 CO<sub>2</sub> 泵送到地下产油井或岩层中。但这种工艺的能效不高，并且总是存在渗漏危险。

Siller 所面对的难题是将这一概念推到更高级别，在试点厂对工艺过程进行验证。

照片标题

NI

# 光基制氢：采用镍催化剂提高效率并降低成本



△ 盛有不同大小的高荧光镉硒胶质纳米晶体（量子点）的管瓶。从绿色至红色量子点，纳米粒子的尺寸大了一倍。

◁ 镍催化剂（蓝色者）从镉硒量子点纳米晶体中获得电子，随后就产生了氢（白色者）。

IMAGE BY ADAM FENSTER / UNIVERSITY OF ROCHESTER

IMAGE BY UNIVERSITY OF ROCHESTER

尽管仍然存在着技术和经济难题，但氢气长期以来一直被视为一种清洁的无碳能源。如今，罗切斯特大学的研究人员已经开发出一种更好的光基氢燃料制作流程，有助于实现氢气的用途。

科学杂志所出版的论文中概述了三种基本成分，即阳光、纳米晶体和价格低廉的镍催化剂。这份工作由 Richard Eisenberg 牵头，他从事太阳能系统工作数十年之久，专注于用来吸收光线的合成物。

## 反应过程

结晶颗粒，即纳米晶体（主要是微小半导体材料块）吸收一个光子，进而激发一个电子。然后受激电子离开纳米颗粒，并且跳跃到镍离子（催化剂）上。当有两个电子时，他们与水中的两个质子相结合，构成氢分子。

之前对于改善以阳光为基础的制氢

工作尝试通常采用取自铂及其他昂贵金属的催化剂，研究小组的骨干成员、化学教授 Patrick Holland 这样说。“但是如果我们使用含量更丰沛、成本更低并且毒性更低的金属铁、钴和镍，则会提高这一工艺过程的可持续性。”

Holland 及其同事报告说，在他们的研究中，镍系统的工作状态要优于其他金属，并且比备选金属如铂的成本要低得多。（铂催化剂的成本通常为至少为镍基催化剂的 1000 倍）。

## 镍的作用

“在筛选了大量铁、钴和镍化合物之后，我们决定用镍作为催化剂，” Holland 这样告诉镍杂志。“在这些最初的筛选中，某些含钴化合物和含镍化合物有作用。在较早期的研究中，我们报道说，当光吸收剂为有机染料时，特定的含镍合成物是制氢的优秀之选。之后，当我们的同事

Todd Krauss 教授建议采用吸光纳米颗粒来替代有机染料时，我们使用了相同的镍催化剂，它的表现棒极了！

“但是，为了小心起见，我们做了一系列重要的对照实验，在去掉每一个成分的情况下去研究系统中的氢制造。其中一个只采用简单的镍盐（例如硝酸镍）作为催化剂，而我们惊讶地发现，它们的表现同样好。

“简而言之，这一系统与其他众多镍源一样有着良好的表现。我们找到了原因：纳米颗粒外面的含硫物质脱落，并且粘在了镍上。因此，重要的不是哪一种镍，而是它是否能够被纳米颗粒上脱落的含硫物质所置换。”

虽然研究小组的工作距离商业化仍很遥远，但 Holland 注意到，这种用来生产光基氢气的高效高性价比系统不仅仅可以用于能源，还可以用于其他领域。“制药和肥料同样也需要大量氢气，因此这些行业也会从中受益。”

该研究项目由美国能源部提供部分基金。 Ni

# 充电

## 镍在新型锂离子电池中起着重要作用

在今天与明天电动车辆和电子小物件用动力装置的竞赛中，镍日益成为下一代可充电锂离子电池不可或缺的组成部分。

镍金属氢化物电池主宰着混合动力汽车市场的发展，并且将继续成为消费者对可充电家庭电池的选择。但最具潜力的镍基电池技术有可能采用创新的阴极材料，这将使得锂离子电池更强劲、更耐用且更安全。

这些材料，即 NCM 或 NMC（可互换名称参照是否存在镍氧化物、钴氧化物和锰氧化物）在十年前便已推出，作为锂钴氧化物的替代品，这通常用于锂离子电池。这种转换的一个诱因便是成本：与镍相比，钴更加稀有，通常更为昂贵。

采用 NCM 化学过程的锂离子也有着更高的能量密度，即基于其重量或容积所能够存储的能量总量。“能量密度越大，电池就越轻薄，”芝加哥附近的美国能源部阿尔贡国家实验室材料科学家及锂离子电池专家 Daniel Abraham 这样说。

镍通过弥补电池在充放电时的电子损失或增益，在提升能量密度方面起着至关重要的作用。“镍的氧化状态是可逆的，”Abraham 解释说，“材料的这种可逆特征能够让电池“循环”成千上万次。”他补充道，添加锰（在某些电池中添加铝）可以改进内部化学过程的稳定性和安全性。

“这是全球增长最快速的阴极”，巴斯夫(BASF) Battery Materials - Ovonic公司的副总裁及常务董事 Michael Fetcenko 断言道。BASF 生产三种型式的 NCM 阴极材料，其中镍占到阴极总量的三分之一到二分之一。公司被授权生产在阿尔贡实验室开发的 NCM，而亚伯拉罕及其他科学家则致力于研究改进其性能的方式。“我们专注于这一化学过程，以期延长这些电池的寿命、降低成本，并且改善安全特征。”亚伯拉罕说。

更凉更安全

加拿大哈利法克斯达尔豪斯大学化学物理系的先进材料教授 Jeff Dahn 同样也强调了镍基阴极的安全优势。他注意到，当锂离子电池的尺寸增大时，也会增加过热风险。这是由于在高温下，锂离子电池材料会变得不稳定，并且会将氧气释放到易燃的电解液中。

“这有点类似于经由加热的汽油来析出氧气，”Dahn 解释说。“你一定不想这么做。因此一定要挑选释放最少量氧气的阳极材料（以可控温度）。他补充道，”在开始释放氧气的温度下，NCM 能够比锂钴氧化物提供更多的热余裕。”

Dahn 引用了于今年早些时候波音公司新型 787 梦幻飞机在出现一系列电子问题之后的临时停飞，这包括过热以及起火的锂离子电池。在飞机的电子设备舱中使用锂钴氧化物电池或许是个拙劣的选择，”他说。“本有更加安全的材料可供选择。”



△ 阿尔贡国立实验室的科学带头人 Daniel Abraham 进行了锂离子电池方面的研究。

IMAGE COURTESY OF ARGONNE NATIONAL LABORATORY.



但是这种故障极为罕见，并且轻质和高能输出使得锂离子电池成为便携式装置如便携式计算机、移动电话和动力工具的选择。Fetcenko 承认，“在重量至上的应用领域，锂就是主宰。”

镍氢电池：尚未过时

但是在其他应用领域，镍金属氢化物电池仍然保持固有地位。BASF 于 2012 年收购了无处不在的镍氢充电电池的发明者-总部位于密歇根的 Ovonic 电池公司，如今已成为镍金属氢化物技术的全球领跑者。

采用 AA 和 AAA 规格的镍氢电池仍然是寻求一次性电池替代品的众多消费者的理想之选，每年售出约十亿块。同时，BASF 也看到了镍氢电池在固定应用领域的光明前景。在设计备用动力系统和用来存储太阳能及风能发电量的“智能电网”时，重量并不是关键点。

更重要的是，镍氢电池是用来为混合车辆提供动力的首选电池。领先的混合动力汽车制造商丰田和本田公司首选镍氢电池，原因是其成本更低、寿命更长，并且能够抵抗充电过度等流弊。同时，由于电力并非唯一的推动力来源，因此电池的尺寸和重量也未必会成为一个问题。

自九十年代末推出以来，混合动力汽车已经售出超过六百万辆，Fetcenko 说，政府和消费者对于提高燃料效率的需求的确让他们在汽车市场赢得了更多的份额。

预计，同样的压力也会提高对于仅由电力驱动的汽车的需求，并且配备有镍基阴极的锂离子电池的能量密度

▽ 化学实验室技术人员 Christian Saffert 利用多通道测试系统对各种锂离子测试电池进行了放电容量测试。

更高、重量更轻，使得它们成为合理的电源选项。高能量密度可提高全电动车辆所需的行使里程范围。

Dahn 将继续在其位于达尔豪斯的实验室优化并改进 NCM 技术，他指出，到 2020 年，制造锂离子电池所需的 NCM 数量将为四倍，达到每年 100,000 吨。镍有可能占到总量的三分之一左右，其中大部分指定用于汽车工业。

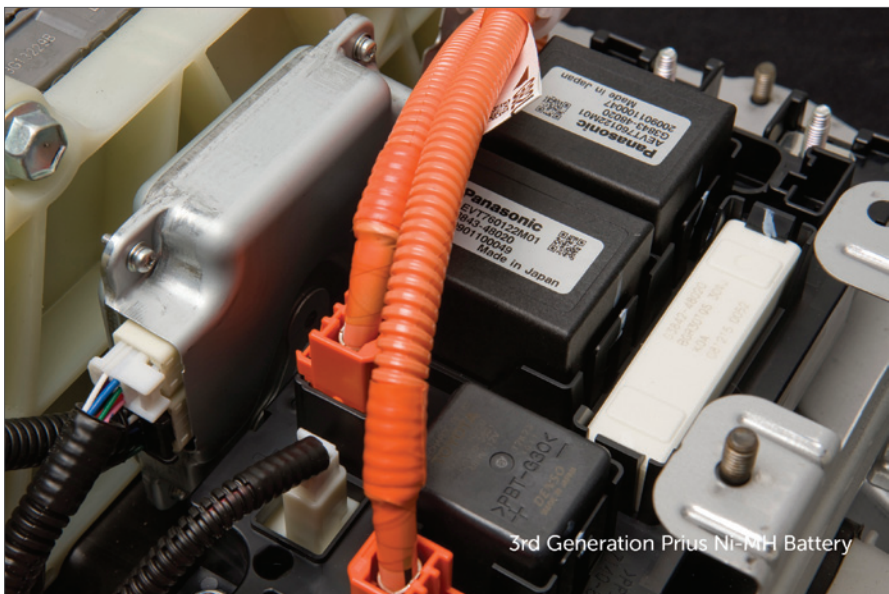
转换为由镍氢电池或者含有 NCM 阴极的锂离子电池为混合动力汽车提供动力，这可确保镍继续在这一领域起着举足轻重的作用。BASF 的 Fetcenko 说：“无论采用哪一个化学过程，镍的使用都会增加。”

在第 10 页的文章中，我们仔细探讨了镍在锂离子电池化学过程中所起的作用，以及在这一市场中的某些重要创新。 NI

▽ 作为“高能锂离子电池”项目的一部分，BASF 对新一代锂离子电池进行了研究。其目的是显著增加电池的能量密度，以便有针对性地扩展其在电力车辆中的应用。



▽ 镍氢电池组件包括氢氧化镍阴极、吸氢合金阳极和氢氧化钾 (KOH) 电解液。镍金属电池由于成本低、可靠性和耐用性高，因此是实现传统经济性混合动力汽车量产的理想之选。



# 未来动力 打破常规

如上一篇文章所述（第8页和第9页），大多数类型的电池在名义上都与镍有关联，即在所述的化学成分中，镍是其中一部分。示例包括镍镉、镍锌和镍氢。但是，随着“锂离子电池”的出现，许多人有可能会想知道镍是否仍然与其有关联。

有的。

“锂离子”是针对相关化学电池家族的一种通称。这些化学成分相对新鲜，并且已经在商业上获得成功。除了锂之外，众多锂离子电池还含有镍（以及锰和钴）。

## 下一代

虽然当今市售的电池化学性能展现了远远超出二十年前的优势（即便是铅酸电池也有了极大的改进），但它仍有着进一步显著改进的空间。

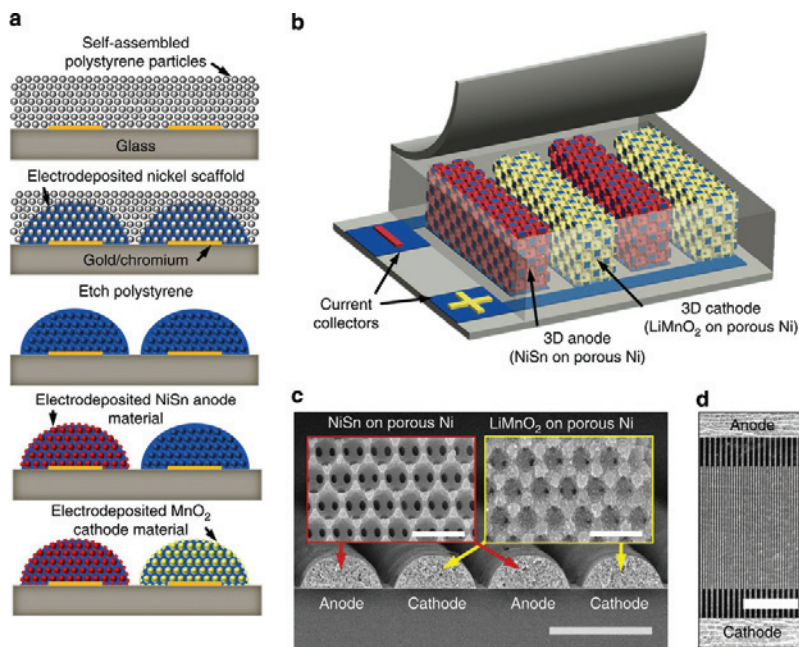
例如，人们越来越强烈地要求改进所有容量的电力存储系统，如果能够让可以商业化的适用电池技术进入市场，那么这种趋势将会上升。思维和技术竞争相当猛烈，无法知道哪一个或者哪一种组合能够在未来成为社会动力。

但是大学实验室为我们给出了强烈的提示。下列所述为一个具有代表性的示例，即如何组装实验电池，并且这些材料将以何种方法成为未来电池的一份子。

## 大功率锂离子微电池

一个由伊利诺斯州大学教授 William King 和 Paul Braun 领导的小组最近在线杂志《自然通信》上发表了一片论文，描述了一种性能格外出色的微电池（比例和结构细节参见示意图）。其关键是内部的三维微观结构，将阴极和阳极以微尺度集成在一起。目前这种微电池仍在设计和测试过程中，但是迄今为止的工作表明，这种电池可以为传感器或无线电信号提供 30 倍以上的动力，并且能够让传感器尺寸缩小至现有尺寸的三十分之一。

与同类商业技术相比，电池的充电速度加快了 1,000 倍。



“这是一种全新的电池理念，” King 说。“这种电池能够提供远远超出想象的动力。经过若干年的发展，计算机的大脑已变得更小，而电池则已经滞后。这种微技术可以改变这一切”

## 镍的作用

在被问到为什么镍在这一微电池的结构中如此重要的时候，Braun 教授解释说，镍是一种为人熟知、易于获取且价格相对低廉的材料，可以方便地电镀到三维结构中；镍的抗氧化性相对稳定，这对制造流程中所需的步骤有所帮助；并且镍在电池的整个电压范围内具有电化学稳定性。

“现在我们可以跳出来思考，”这篇论文的首席作者 James Pikul 在做 TechCrunch 网站访问时说。“这是一种新的能动技术。它并非是对以前技术的进一步改进。它打破了正常的范例。能够让我们去做一些耳目一新的东西。”

它可以被称作锂离子电池，但没有镍则是做不到的。

由美国国家科学基金会和美国空军科学研究处提供对该研究项目的财务支持。

△ 微电池制作和设计。<sup>1</sup>

锂离子电池的电极编合在一起，相对于容积有着极高的表面积。当两个部分（阳极和阴极）彼此接近时，离子和电子所需行走的距离大大缩短，这反过来可以实现更快的充放电循环。

所有这些都能够通过一个聚苯乙烯泡沫塑料球点阵来实现，用镍来填充这些球之间的空间。球被溶解，留下一个三维金属架，在这个架子上添加镍锡合金以便形成阳极，同时添加锰氢氧化物以形成阴极。将在玻璃基板上形成的电池浸没到被加热到 300℃ 的熔融锂盐中。这可以将锰氢氧化物转化为锂化氧化锰，这是用来在阴极存储能量的材料。

由美国国家科学基金会和美国空军科学研究处提供对该研究项目的财务支持

<sup>1</sup> “High-power lithium-ion microbatteries from interdigitated three-dimensional bicontinuous nanoporous electrodes.” James H. Pikul, Hui Gang Zhang, Jiung Cho, Paul V. Braun & William P. King Nature Communications 4, Article number:1732 doi:10.1038/ncomms2747.



# 回答大问题的大答案

## 含镍不锈钢在超低温下的表现，成就了对希格斯玻色子的探索

这个消息终于正式宣布了：科学家们已经发现了希格斯玻色子，即粒子物理学理论所预测的那种有助于解释宇宙大爆炸和宇宙起源的粒子。

为了发现这种难以捉摸的粒子，已经投入了海量的时间、资源和天才的智慧。首先，来自欧洲原子核研究委员会（CERN）的工程师们设计并在跨越瑞士和法国的山脉之下修建了一个价值 20 亿美元的全球最大的粒子加速器。接下来，科学家们在 27 公里长的隧道内进行了一系列实验，依赖特种不锈钢合金来保持粒子束在稳定路径上快速移动。最后，数据管理人员对亚原子碰撞的万亿信息进行筛选，以确定在 2012 年年中所发现的粒子是否真的是希格斯玻色子。

即使到现在，在这一探索开始五年之后，欧洲原子核研究委员会仍然不能确定他们的科学家所发现的就是粒子物理学中最流行的理论所预言的标准的希格斯玻色子，还是另一种不同的理论所预言的希格斯玻色子。科学家们还将进行几个进一步的实验，重现实验的结果，来搞清这个问题，并搞清这种最重要的、被假定为宇宙所有其他粒子的质量之源的粒子的其他属性。

这些实验在大型强子对撞机（LHC）内部进行，在这里质子以近乎光速的速度相向而行，以再现大爆炸后的瞬间所展现的条件。粒子束在彼此隔绝的真空管内、在由电磁体形成的强磁

场引导下沿着加速器的环型管路运行。欧洲原子核研究委员会科学家们能够通过质子的粉碎性碰撞来检测希格斯玻色子。

用来构建加速器的材料选择主要考虑的是超导状态所要求的将磁体冷冻至零下 271.3℃，这一温度比在外层空间所发现的温度还要低。为了保持这种深冷，要将加速器与一个长达 120 千米的管路系统相连，来配送液氦。

能够抵抗这种恶劣环境的含镍不锈钢在磁体和液氦配送中都起着重要作用。磁体使用了大约 860 吨的 Nirosta® 4375 (EN 1.4375)，这是一种锰镍合金不锈钢。用来将液氦配送给磁体的管系使用了 450 吨 EN 1.4307 铬镍不锈钢，与 304L (UNS S30403) 不锈钢非常相似。

EN 1.4375 合金的韧性足以抵抗极度寒冷和磁体内的强磁力，而它自身极低的磁导率也可以防止钢本身被磁化。铬镍不锈钢同样也耐低温，可确保管路不会变脆。

由于工程师们正在将删掉这个粒子加速器升级以便发挥其全部潜能，所以这台大型强子对撞机将停运至 2015 年。更高的能量将能够实现更多的碰撞以及更高的测量精确性。欧洲原子核研究委员会的技术主管弗雷德里克·包德瑞 (Frederick Bordry) 说，尽管在升级期间会更换少量磁体（15 个双极的和 3 个四极的），但是 LHC 的构造、材料和部件均保持不变。Ni

# 新西兰的安全性

含镍不锈钢的强度、耐用性和多用途确保这种强大的金属拥有海量应用方式，但其中没有哪一种比挽救生命更为重要。

2009年，新西兰奥克兰一个蹒跚学步的孩子从家中走失了。一周以后，这个两岁的孩子被发现溺死在地下排水系统中，它可以经由人孔盖板进入，这个盖板是被最近的暴风雨冲开的。

这场灾祸扰乱了当地的建筑商和两个孩子的父亲 Kevin Maskell，他觉得一定要做点什么，以避免婴儿再次从人孔中滑落。

Maskell 为此费尽了脑筋，他说，“在某天早上醒来的时候，我的脑海中已经有了解决方案。”

## 对于腐蚀性较强的环境，格栅采用316不锈钢制作

事实上，这一解决方案令人吃惊地简单：这就是设计一款能够方便而快捷地用螺栓固定在人孔盖下方的安全格栅。Maskell 的设计并未妨碍封闭人孔的整体性，也不会对司机或行人造成威胁。更重要的是，只需不到一分钟便可拆除及安装格栅，而不会让气味逃逸出来。

Maskell 雇佣了一名工程师来制作样品，然后获得了一个专利，将自己的发明称为“Caliber 安全格栅”。

这种圆形装置采用 8mm 钢筋在 150mm 中心处焊接而成。为获得应有的使用寿命，一般采用低碳钢热浸镀锌钢，也可以采用 304 不锈钢 (S30400) 格栅。如果是腐蚀性较强的环境如沿海地区或者可能存在酸性水或者腐蚀性废水的地方，应采用 316 (UNS S31600) 含镍不锈钢。

不锈钢的优势包括高强度、耐用、低维护和容易使用。并且三种材料都可以稍加改造装到新的和现有的人孔盖上，而不受其规格的影响。

事实上，有数以千计的排水装置需要配备安全格栅，因此这种安装简便和低维护的装置对于市政委员会来说有着巨大的



△ Caliber 安全格栅的设计旨在对现有有人孔架进行改造，以防止盖板移位时造成伤害或死亡



△ 与延性铁 Korum 框架相连的安全格栅吸引力。安装不锈钢安全格栅已成为新西兰最大城市奥克兰市政委员会主要安全计划的一部分。

Caliber 安全格栅无法唤回已经逝去的生命，但它至少有助于避免此类悲剧的再次发生。

NI

PHOTOS COURTESY OF KEVIN MASKELL

# 声音解决方案

耐腐蚀性和美观的表面相得益彰，使不锈钢成为路边隔音板的优选材料

过度噪声是现代工业生活中的一个普遍问题，有少数地方甚至比公路还要嘈杂。幸运的是，含镍不锈钢正开始用于许多公路降噪系统中。

Empire Acoustical Systems (ESA) 是专注于此类应用的公司。公司生产可固定到交通繁忙道路两侧声障墙上的“隔音板”。这些隔音板包含一个打孔盖板，包围着用来吸收噪音的高密度矿物棉。外壳由厚度从 0.8mm 到 1.5mm 的镀锌钢或者 304 (UNS S30400) 不锈钢制成。

隔音板可以让邻近公路的住宅和商家免受过度交通噪声的困扰。

“我们的大部分客户都会订购经粉末涂装的镀锌产品，” EAS 的营销顾问卡丽娜·戈内特 (Carina Gonet) 说。(粉末涂装是一种静电加荷与热融相结合的涂装工艺。) “但是作为一种表面选项，我们也提供不锈钢，这不仅用于公路声障板，而且用于我们的所有产品中，从内门、大门，到加热、通风和空调装置的外壳。”

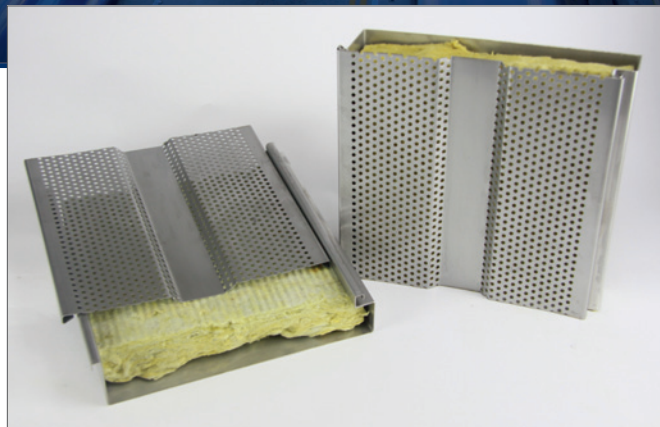
“除了提供美观的表面之外，不锈钢还能够为在有盐雾存在、或者担心各类金属腐蚀的区域内工作的顾客提供额外的保护。指定使用不锈钢的顾客都希望拥有既耐用又好看的产品，以及优于其他材料的产品质量保证。对于他们来说，强度和美观是主要因素。”

从EAS 的网址可知，其不锈钢系列产品可以提供与镀锌产品相同的最佳吸音特性，并且具有最高的耐用性。

路旁声障墙的设计应使其在整个寿命期内都基本无需维护。镀锌钢板可通过粉末涂装来防腐蚀，这取决于应用情况。

声障板的特殊设计使之无需使用紧固件，因此降低了在钻孔中生锈的机会。“由于没有紧固件，所有物件均滑动就位，这有助于进一步减缓腐蚀，”戈内特说。

但由于钢板用于户外，它们会随着时间延长而出现出风化，但不严重。事实上，对沿道路安装的任何部件的主要关注点



△ Empire Acoustical Systems 的打孔减噪钢板采用规格为 16 号和 22 号 (1.6 和 0.8mm) 的冷压成型的钢板制作。许多顾客要求将 304 不锈钢用于设备外壳，这是因其光滑且耐蚀的表面使其更显物超所值。

在于除冰盐所引起的腐蚀。

“在这种应用情况下，304 钢板肯定会呈现出腐蚀凹坑，”建筑用不锈钢方面的国际专家、国际镍协会顾问凯瑟琳·郝思嘉 (Catherine Houska) 说。“公路上除冰盐的飞溅带通常约为 50 英尺宽。这是一个高盐暴露区，而且除冰盐有从氯化钠型发展到氯化钙型的趋势，后者会在冰点以上且湿度达到 45% 时表现出高度的腐蚀活性。”

EAS 的项目协调人蒂娜·安德逊 (Tina Anderson) 记得，在弗吉尼亚公路旁的某些镀锌钢护板上，最近呈现出盐雾所引起的腐蚀迹象。“在这种情况下，我们就建议用不锈钢板替换镀锌钢板，因为后者的耐腐蚀能力要高得多，”她说，“虽然不锈钢板也不能完全抗腐蚀”。

郝思嘉注意到，如果声障板的壁面朝向主要风向，那么即便使用了不锈钢，某些腐蚀污迹也无法避免，但如果声障板采用的是光亮退火或者类似的表面，那么腐蚀污迹就有可能被雨水充分洗刷掉。

只有时间会告诉我们 304 不锈钢在持久应用方面的优势究竟如何，或者是否应当在具有最高盐雾暴露的地区使用合金化程度更高的合金，例如 316L (S31603) 不锈钢。 Ni

# 单晶记形合金： 把镍的性质推向极致

形状记忆合金（英文shape memory alloys，缩写为SMAs），如镍钛合金Nitinol™，是用于促动器等应用领域的常见材料。加利福尼亚州圣拉斐尔市的钛镍航空航天公司（TiNi Aerospace）最近开发了一种新类型的含镍记形合金：单晶记形合金（SCSMA），采用铜、铝和镍制成。与传统记形合金相比，它们呈现出优越得多的性能，接近了理论极限。

单晶记形合金是利用一种类似于半导体工业用来加工硅晶柱（单晶坯料）的方法，从熔融态“生长”成为单晶的。单晶记形合金材料通常被加工为棒材，但可有各种截面，包括实心、中空、扁平或椭圆形（见图）。随后还可以通过常见的加工方式如打磨、切削或电火花加工，将材料加工成其他形状。

“单晶记形合金呈现出明显优越于市售的以钛和镍制成的记形合金的性能，” TiNi Aerospace 的材料科学总监瓦勒瑞·马蒂诺夫（Valery Martynov）博士说。与记形合金一样，把它们加热到转变温度，或者解除外加的载荷，它们就能恢复到预定的形状。

但是单晶记形合金拥有多种超越普通记形合金的关键优势。按照马蒂诺夫的说法，这些关键优势包括更大的应变复原能力（常规的只

能做到3%应变复原，而单晶记形合金可达到9%应变复原）、真正做到恒力变形，更宽的转变温度范围（零下 270℃ 至 +250℃），加载和卸载的应力差更小，以及 100% 可重复的完全形状复原。

马蒂诺夫是 TiNi Aerospace 公司里设计和开发单晶记形合金晶体培育装置的主力推动者。用这种装置生产的单晶记形合金棒用在公司产品 Mini-Frangibolt® 促动器上。这种促动器可完全复位，即便不能达到数百万次，也可以实现数百次循环操作。

## 关键优势

单晶记形合金拥有众多应用潜力。在热促动器中，当材料处于低温状态（马氏体）时，它的变形可达 9%，通过将温度升高到奥氏体过渡点，便可完全复原。这一过程产生了能够传递高达 600 兆帕复原力或应力的强大促动器。

该材料还可以用作超级弹簧。它在高温状态（奥氏体）下的应力应变曲线是非常出色的。与弹性极限小于 0.5% 的传统弹簧材料如不锈钢或者铍铜相比，单晶记形合金的弹性增加了 20 倍，并且能够从超过 9% 的变形下完全复原。



含镍记形合金：单晶记形合金（SCSMA），它采用铜、铝和镍制成。

## UNS 详细说明

本期《镍》杂志中提到的含镍合金和不锈钢（按重量百分数计）的化学成分

UNS No.	C	Co	Cr	Cu	Fe	H	Mn	Mo	N	Nb	Ni	O	P	S	Si	Ti
EN 1.4307 p. 11	0.030 max.	-	17.5- 19.5	-	-	-	2.00 max.	-	0.11 max.	-	8.00- 10.5	-	0.045 max.	0.015 max.	1.00 max.	-
EN 1.4375 p. 11	0.040 max.	-	19.00- 21.00	-	-	-	8.00- 10.0	-	0.30- 0.45	-	6.00- 8.00	-	0.045 max.	0.015 max.	1.00 max.	-
N01555 p. 14	0.07 max.	0.05 max.	0.01 max.	0.01 max.	0.05 max.	0.005 max.	-	-	-	0.025 max.	54.00- 57.00	0.05 max.	-	-	-	rem
S30200 p. 2	0.15 max.	-	17.00- 19.00	-	-	-	2.00 max.	-	-	-	8.00- 10.00	-	0.045 max.	0.030 max.	1.00 max.	-
S30400 p. 12, 13	0.08 max.	-	18.00- 20.00	-	-	-	2.00 max.	-	-	-	8.00- 10.50	-	0.045 max.	0.030 max.	1.00 max.	-
S30403 p. 11	0.030 max.	-	18.00- 20.00	-	-	-	2.00 max.	-	-	-	8.00- 12.00	-	0.045 max.	0.030 max.	1.00 max.	-
S31600 p. 12	0.08 max.	-	16.00- 18.00	-	-	-	2.00 max.	2.00- 3.00	-	-	10.00- 14.00	-	0.045 max.	0.030 max.	1.00 max.	-
S31603 p. 13	0.030 max.	-	16.00- 18.00	-	-	-	2.00 max.	2.00- 3.00	-	-	10.00- 14.00	-	0.045 max.	0.030 max.	1.00 max.	-

# 铁基超导线创造了新的性能记录 对基质至关重要的镍钨合金

这曾经是一个可能已被定义为“不可能任务”的科学难题：修建一条足够长、足够柔韧并且在商业上完全用得起的超导线。

简而言之，这项任务就是“用能够在五金商店买得到的铜，以极高的性价比来制作一条一公里长的柔性单晶陶瓷超导线。”位于田纳西州的美国能源部国立橡树岭实验室的科学家阿密特·戈雅尔（Amit Goyal）博士说。“大多数科学家会说，你这个想法堪比登天难。”

在花费了二十年的研究时间后，由戈雅尔及其团队所开发的突破性基质技术终于制出了一条类单晶的、一公里长的柔性超导线。最初，超导层是基于 YBCO（钇钡氧化铜）超导体的。今年初，国立布鲁克哈文实验室（Brookhaven National Laboratory）报道了新的测试结果，是针对利用戈雅尔基质形成的铁基超导层进

行的。铁基层有几种优势，其中最振奋人心的是能够以高于其他超导材料的温度，在极高的磁场下传导极强的电流。它们的生产更便利、价格更低廉，并且在加工处理时不那么容易断裂。铁基层需要一种稍微不同的下层陶瓷组分，其中之一即采用氧化铋。

超导层沉积在 RABiTS（Rolling-Assisted Biaxially Textured Substrate）上，即辊压辅助成型的双轴织构基质上。基层为镍钨合金，厚度仅为 75 微米，被辊压到一个柔性带卷上。然后将陶瓷薄层和最终的超导材料沉积到这一基层之上。沉积层摹拟原子取向或者底层金属的结构，形成超导体正常工作所需的单晶原子组态。

戈雅尔说，在选择用于基质的基底金属时，镍的性能优于铜、铁和铝，“这是由于镍的强度高于铜，并且抗氧化性更

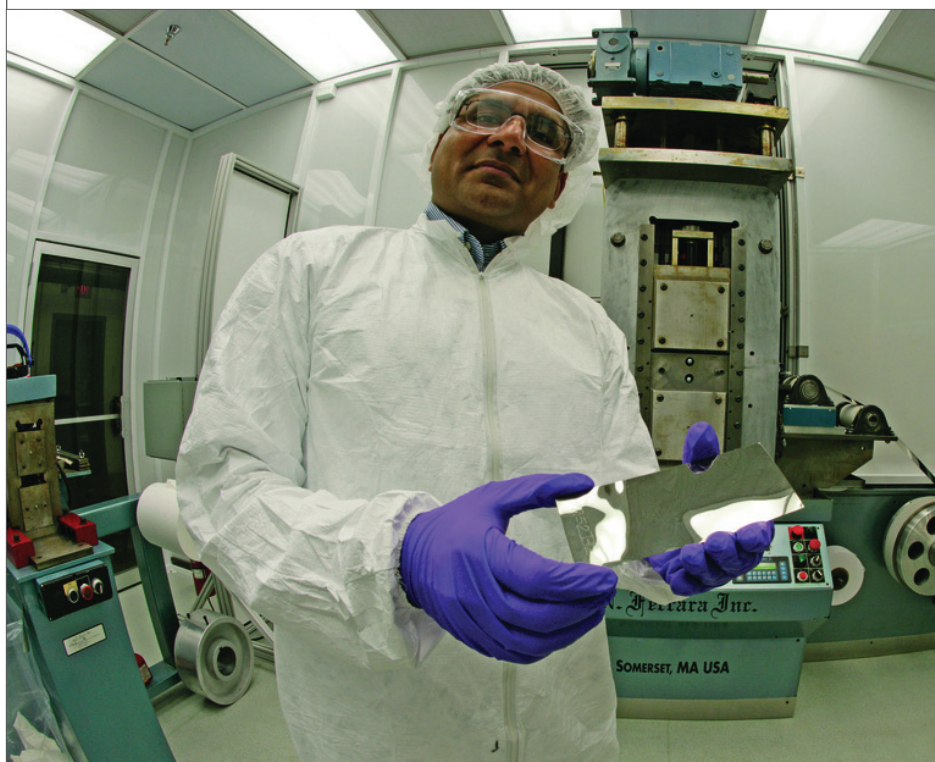
好。”添加钨可以进一步强化镍，并使其没有磁性，这是降低超导体导线内交流电损失所需的一个至关重要的属性。还可以使用镍铬以及镍铬钨合金，它们同样具有高强度并且无磁性。

超导体有一系列重要的应用，包括无电阻的地下传输线和小型环保变压器。“在美国，在经由铜线或者铝线从 A 点向 B 点输电的过程中损失的电量甚至超过了整个非洲大陆的耗电量。”戈雅尔说。

该技术还可用于船只、飞机和航天器上的高效发电机。为近海风力涡轮机组配一台带有超导组件的发电机和传输电缆，有可能让系统的效率翻倍。

戈雅尔说：“镍使得许多大规模应用所需的长单晶超导导线的制作成为可能，这一市场的潜力为数十亿美元。” **NI**

▽ 美国能源部国立橡树岭实验室的科学家阿密特·戈雅尔博士。他手中拿着的是制作超导导线的镍钨基质样品。



## 在线《镍》杂志

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

免费订阅《镍》杂志并在每期新杂志上线时收到电子邮件通知。[www.nickelinstitute.org/NickelMagazine/Subscription](http://www.nickelinstitute.org/NickelMagazine/Subscription)

可以英文、中文、日文、俄文、法文、德文、西班牙文等7种语言在线阅读《镍》杂志。[www.nickelinstitute.org/NickelMagazine/MagazineHome](http://www.nickelinstitute.org/NickelMagazine/MagazineHome)

在我们的在线档案频道可以搜索到早至1998年7月号的过刊。[www.nickelinstitute.org/en/NickelMagazine/MagazineHome/AllArchives](http://www.nickelinstitute.org/en/NickelMagazine/MagazineHome/AllArchives)

在You Tube上搜索“Nickel Institute”并访问镍协会频道可以观看九部关于镍的视频短片，包括我们自制的《气候行动》、三部BBC世界的商业宣传片和三部可循环不锈钢的商业宣传片。[www.youtube.com/user/NickelInstitute](http://www.youtube.com/user/NickelInstitute)



# 全新《镍》 杂志现已可在安卓

(Android™)手机和苹果 (Apple®)设备上免费  
下载



iPhone® iPad® iPadmini® 的用户可以在App Store™通过搜索“Nickel Magazine”即刻下载



前往Google Play™商店，搜索“Nickel Magazine”，在安卓 (Android™)手机或平板电脑安装《镍》杂志应用并即刻下载



无论何时何地，《镍》杂志就在你身边