



# 钼世界

## 2/2022

- 2 N.D.德朗斯：一个巨大的蓄水池
- 6 不锈钢园博园
- 10 打印一条不锈钢龙
- 12 水闸抵御潮汐涨落
- 16 钼用于磁屏蔽室
- 19 IMOA 新闻



# N.D.德朗斯： 一个巨大的蓄 电池

全球向可再生能源转型的一大挑战，是在没有太阳或风力的情况下发电。对一项百年技术的革新提供了一个优雅的解决方案。抽水蓄能水电站利用重力来存储大量的绿色能源并且按需发电。在瑞士阿尔卑斯山的N.D.德朗斯电站，铝合金化高强度钢对于电力输送至关重要。



根据国际能源署的数据，在可再生能源中，太阳能和风能被认为是减少温室气体排放（到2050年前）最可行的方式。然而，这两种能源可否被利用取决于自然环境，这使得太阳能和风力发电存在很大变数，不像化石燃料电厂那样稳定可靠。例如，如果某一天风力过强，产生的电力超过需求，如果不进行足够的存储，这些电力将被浪费。供应和需求不匹配使社区面临停电或电涌的风险。水电储能，也称抽水蓄能，提供了解决方案，并可替代电厂大规模的电池组。当电网中有多余电力时，可用其将水从低海拔的水库泵送到高海拔的第二水库，就像为巨型电池充电一样。当需要时，水被释放并利用重力驱动水轮机，产生电力。根据国际水电协会的数据，目前抽水蓄能是迄今为止最大的“电池”技术，占全球储能设施装机容量的90%以上。全球水力发电站存储的能源数量远远超过地球上所有传统电池包括电动汽车储能的总和。

## 在瑞士阿尔卑斯山建水电站

抽水蓄能并不适合任何环境：例如，干旱会严重损害系统的功能。水力发电技术也会影响敏感脆弱的生态系统。而且，水位必须有一个显著的落差：落差越大，能源效率越高。而在有大量空间、水和山脉、可以利用高度落差的地区，抽水蓄能具有补偿电力供求波动的巨大潜力。根据澳大利亚国立大学的数据，全世界有超过60万个场地可能适合安装抽水蓄能水电机组。

## 德朗斯水电站的一组数字

发电量：900兆瓦

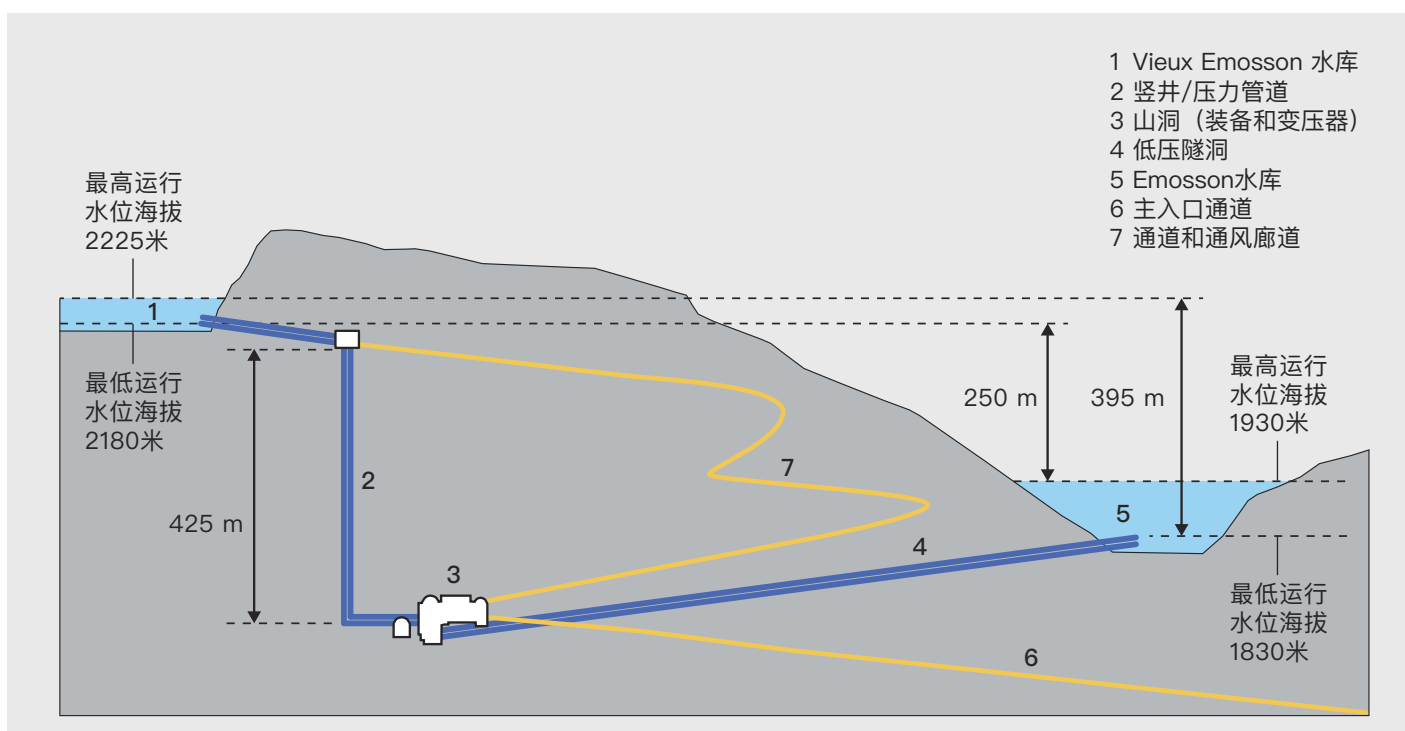
混流式水轮机：6台，每台容量150兆瓦

存储容量：2000万千瓦时，约40万电动汽车电池

地下水轮机室长度：194米

Vieux Emosson水库容量：2500万立方米，约20小时电力

抽水蓄能应用的一个很好的例子是瑞士，该国几乎所有的电力都是通过无碳的水力发电和核能发电产生的，大约60%来自水力发电，35%来自核电。该国是全球发电碳排放量最低的国家之一，而其从核能发电向可再生能源转型的能力取决于大规模的储能解决方案。N.D德朗斯的建造提供了存储容量，实施了低碳发电，并增加了系统灵活性。该电站不仅对瑞士电网的稳定至关重要，而且对整个欧洲电网的稳定也至关重要。例如，如果德国的一个风电场供电过剩，这些能量可以转移并储存在N.D德朗斯电站。



现有的两个水库具有显著的高度差，这给位于瓦莱州阿尔卑斯山的该项目以启示。水库由一对2公里长的大型平行管道连接，叫做“引水渠”，其中包括425米高的竖井，直径约7米。通过引水渠输水的两条管道称为“压力管道”，采用混凝土衬里并在应力较高的区域采用高强度钢进行加强。承受最高应力的部件使用含钼调质钢S690 QL1，这包括进出竖井的管道弯头、法兰以及为六台水轮机供水的竖井底部的加固分配器。一些应力最高的区域采用厚度达130 mm的S690 QL1钢板，含钼量高达0.7%。帮助控制引水渠两端水流进出的闸门外壳也由这种钢制成。水倾泻而下的力量是巨大的，但重型钢板可以承受，尤其当它们钼合金化之后。



➤ 加固的分配器内部。它将每个大直径压力管道分成三个分支，每个分支为一个水轮机提供水力。

## 是什么使钢变得坚固？

当要求钢板的屈服强度超过500MPa时，钼变得重要，尤其是对于较厚的钢板。在高温热处理后对钢板进行淬火处理时，钢板中心的冷却速度比表面慢，这一现象随着钢板截面变厚而变得更加明显。冷却速度的差异

会带来问题，因为它会导致钢在整个厚度上强度不一致。钼对于较厚的钢板很有价值，因为它帮助钢板沿厚度方向的强度均匀分布。

➤ 大型压力管道在最高应力区域（如弯头）采用高强度钢加固。



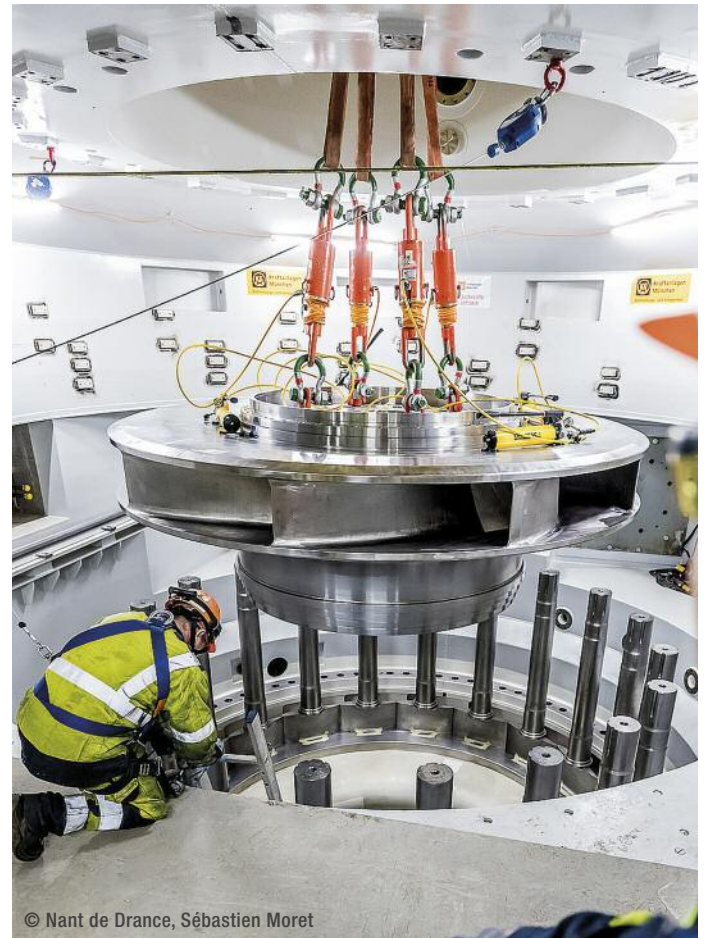
因此，钼是高强度压力管道的关键硬化元素。抽水蓄能电站所用的钢材是厚板，需要具有特别高的硬度、强度和韧性，但也可焊接。钼有助于重型钢在硬度和韧性之间获得理想的平衡。强度和韧性常常不可兼得，韧性是衡量材料吸收冲击能力的指标。想象一下，一块很硬的玻璃，也需要像橡胶一样具有高减震特性。高强度钢可以回火（一种热处理形式）以提高韧性，但随后材料通常会失去部分所需的强度。而钼在很大程度上防止了回火过程中强度的过度损失，并保持了韧性。在回火过程中，钼自身或与其他元素（如铬和微合金）一起析出，形成所谓的“纳米碳化物”，其金相组织是非常坚硬的显微颗粒。这些分散在显微结构中的微观颗粒导致了二次硬化。当钢按照精心设计的时间-温度进行加热和冷却时，其显微结构可以根据各种不同的相成分、晶粒尺寸和其他结构特征进行调整，从而产生完全不同的特性。钼在控制相形成特别是促进高强度微观结构形成方面起了主要作用。

## N.D. 德朗斯水电站： 卓越的能源效率

N.D.德朗斯电站装机容量为900兆瓦，大约相当于一个典型的核反应堆，是欧洲最强大的电站之一。其运行效率超过80%，是抽水蓄能电站所能实现的最高效率之一，远远高于传统的火力发电厂。例如，燃煤电厂的平均效率仅超过33%。它们也可能需要数小时才能满负荷运行。而N.D.德朗斯电站可以在两分钟内启动，在不到五分钟的时间内从抽水到发电，因此它几乎可以立即对任何需求激增或供电不足做出反应。

由于N.D. 德朗斯水电站将大大提升瑞士电网对电力供需快速变化的响应能力，瑞士著名的铁路系统公司SBB成为该项目的股东。SBB的列车完全电气化，所需要的电力与瑞士最大城市苏黎世需要的电力一样多。然而，铁路系统的电力需求在一天之中变化很大，当凌晨时分全国各地的机车几乎同时通电启动时，电力需求达到几百兆瓦。当列车按照同步的列车时刻表离开车站时，电力需求也会每半小时激增一次。

但是，隐藏在瑞士阿尔卑斯山原始山峰中的这些大型设备到底在哪里？整个工厂都建在一座山上。将如此多的蓄能设施装备隐藏在山中，不仅可以保护阿尔卑



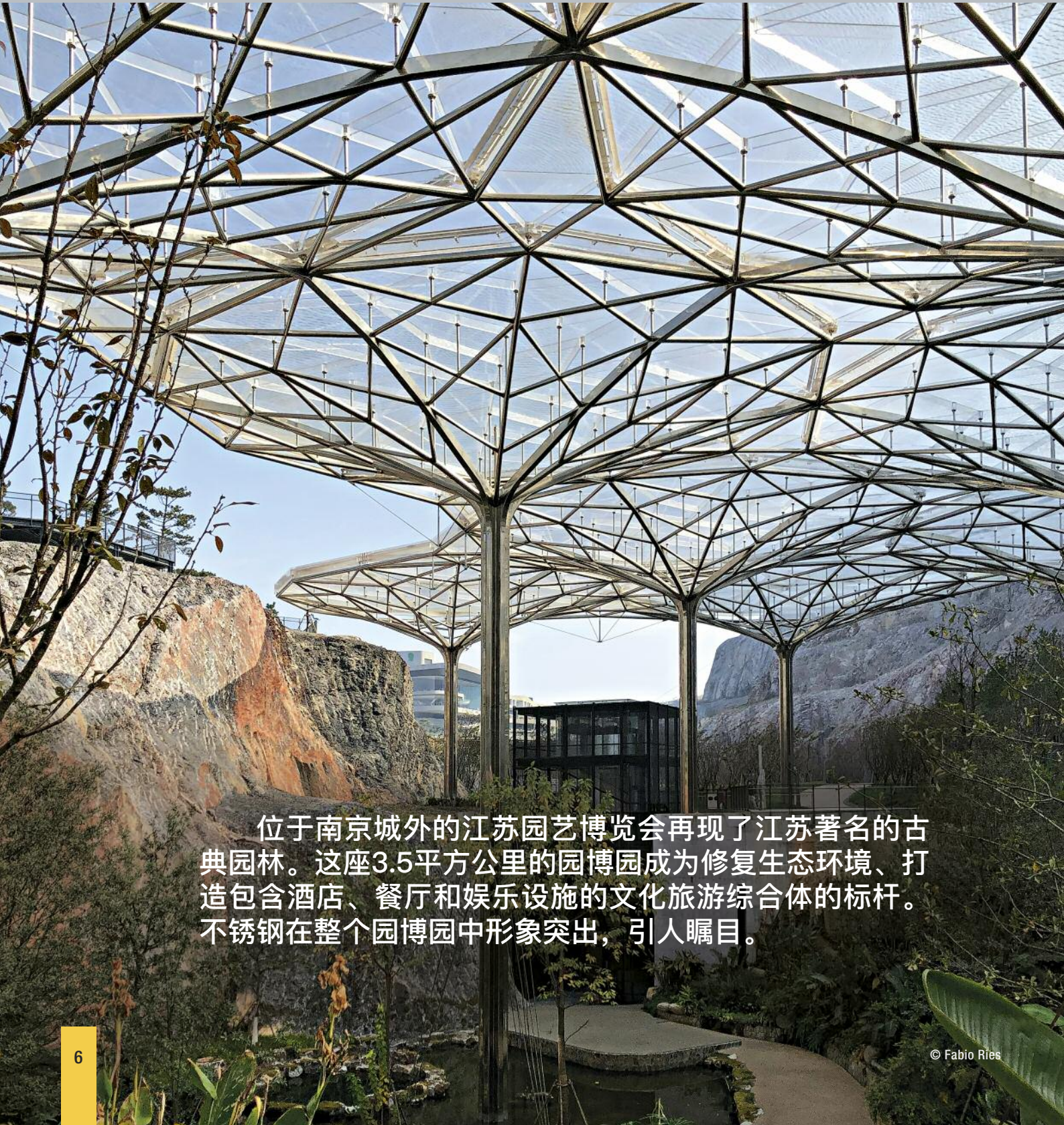
▶ 水泵水轮机的安装。水轮机叶片由马氏体不锈钢制成，钼含量为0.3-1.0%

斯山的壮丽景色，还可以减少其对当地生态系统的影响。用一台巨大的隧道掘进机挖掘了超过17公里长的隧道。一条5公里长的隧道通向一个敞开的地下发动机室，水轮机放于此处。虽然它在地下600米，但房间如此巨大，甚至安放比萨斜塔都绰绰有余！大部分大型钢管和其他部件的焊接都是在洞穴中进行的。水电站的建设历时14年，于2022年7月开始运营。

世界向清洁能源的过渡将充满挑战。能源供应固有的变化不定的特点要求大量的储能装置。而解决方案正在开发之中，有些方案已经实施，比如水电蓄能。N.D. 德朗斯水电站是实现大规模储能的一个成功范例，它通过钼合金化高强度钢的特殊性能，使储能更加可靠和持久。在这项更可持续地满足世界能源需求的技术中，钼再次发挥了重要作用。(KW)



# 不锈钢园博园



位于南京城外的江苏园艺博览会再现了江苏著名的古典园林。这座3.5平方公里的园博园成为修复生态环境、打造包含酒店、餐厅和娱乐设施的文化旅游综合体的标杆。不锈钢在整个园博园中形象突出，引人注目。

南京东部的丘陵地带曾经聚集了一批采石场和水泥厂，为当地蓬勃发展的建筑施工行业提供了建筑材料，但后来行业不景气，遗留下的废弃矿山、设备和厂房设施对环境造成了严重破坏：伤疤遍布长达数公里的山坡、堆积如山的碎石瓦砾、被污染的水以及动植物。由中国著名建筑师崔愷领导的由城市规划、景观设计和可持续基础设施领域的杰出人士组成的团队，已将被破坏的场地开发成为一个弘扬该地区丰富园林设计历史的文旅胜地。对比和重生是引领指导该项目的关键主题。13个江苏省的经典园林，包括拥有1200多年历史、被列入联合国教科文组织的世界遗产名录的几个园林，在这里得到一一重现。

在整个园博园中，工业遗迹被重新用来种植树木、用作屋顶花园和其他创新绿地。永恒古老园林与用植被改造的废弃工厂设备形成鲜明对比。这些设施的改造反映了设计团队的使命：创造一个人类和地球和谐共存的空间；美丽迷人结合高效实用，使这一切长期可持续。或者用崔愷自己的话来说，园艺博览会“尊重环境，保护工业遗产，挖掘空间潜力。（园博会）将新旧反差、厚重和轻盈并置，以新技术、新构建和新材料，创造了新空间、新景观和新体验”。不锈钢在实现这一愿景方面发挥着重要作用。在整个园博园，不锈钢不同的表面加工，帮助实现人类与自然之间的对比和融合的视觉表达。由于316不锈钢含有2%的钼，提高

了耐腐蚀性能，有助于可持续性和耐用性。以下是园博园采用不锈钢的几个例子。

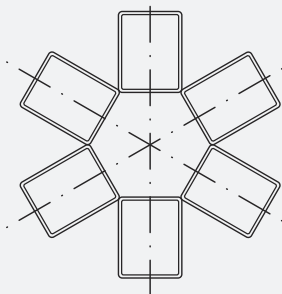
## 未来花园

南京的高湿度、全年丰富的降雨量和巨大的季节性温度波动，迫使设计师们寻找不同于传统温室的解决方案，在为植物和游客遮风挡雨的同时，保持空气的自然流动。最终，有了这一片由巨大的“伞形树”组成的森林，四面全部开放，能够提供良好的通风、遮荫和保护。未来花园占地16000平方米，拥有近1000种植物。伞形结构采用1000多吨镜面抛光的316L不锈钢管，因为该材料良好的耐腐蚀性，且易于维护和清洁。

42个伞状不锈钢树支撑着整个结构。每个不锈钢树覆盖着一块12个面的透明亚克力板，跨度为21米。亚克力板可以让这些结构像雨伞一样发挥作用：薄薄一层缓缓流动的水不断冲刷着它们，它会产生涟漪、反射和各种可以从上面和下面观察到的视觉效果——这就是为什么这片区域也被称为“水下植物园”。由于亚克力和不锈钢的热膨胀系数不同，安装了一个特殊连接装置，它允许连接支管和亚克力板的垂直不锈钢管之间发生一定的旋转和位移。

### 伞形树的设计和建造

伞形树的高度从5米到近21米不等。每个“树干”由六根相互连接的不锈钢冷轧管组成。矩形空心型材（RHS 250 x 200 mm）的壁厚为8-12 mm，具体厚度取决于高度和荷载要求。两棵最高的树所用的不锈钢管填充了混凝土以增加强度。树干分为六个主要分支（RHS 300 x 200 x 8-12 mm），然后再分



“树干”部分

支成更小的椭圆形不锈钢中空型材，连接到亚克力板天蓬上。整个结构采用焊接连接，表面进行抛光处理。



© Fabio Ries

## 商业综合体

未来花园的北侧毗邻园博园的主要商业综合体，它具有特色的手风琴式外立面，由多孔和抛光的不锈钢板制成。这些不锈钢面板产生了一种壮观的扭曲镜面效果，反射了花园、池塘、悬崖和阳光的颜色和光线。316L不锈钢成为外立面的理想选择，因为它满足了解决方案所需要的使用寿命长、美观、易于安装和维护最少等要求。有了这种反射性的外立面墙板，商业综合体与周围环境无缝融合，与未来花园融合为一个开放、明亮的空间。



## 云池舞台

未来花园的东端是云池，这是一个悬空的水池，让人想起被洪水淹没的废弃采石场。云池南面这一侧是悬崖，其巨大的岩石表面可用作灯光表演或其他水面互动

商业综合大楼外立面多孔不锈钢板角度的变化反射出未来花园的树木，好似一幅水彩画

表演的背景和投影屏幕。观众可以从云池北侧的有利位置观看表演，那里的斜坡被设计成平台和台阶。不锈钢在这里被用于多种用途，而它在两个地方的使用最引人注目：结构复杂的石笼，用于护坡和墙面装饰，以及水波纹不锈钢天花板。

石笼由于其良好的性价比和散发出的自然气息而经常用于园林景观之中，这要归功于粗石的使用。江



不锈钢石笼形成了独特的石材外立面，与上方（左图）的水波纹不锈钢天花板形成对比。这些壁板构成了一道壮观的悬墙，在视觉上平衡了相邻的悬崖面（右图）





苏园艺博览会的设计师们在许多地方采用了这种流行的建筑技艺，但做了一定的改变：支撑石头的笼状结构，选用了316L不锈钢，以获得最长的使用寿命和美学效果。

云池舞台区内的所有天花板和悬挑结构都采用了水波纹不锈钢面板。316L不锈钢板以不同的角度进行安装，产生了令人惊叹的光线和颜色的模糊反射，反射来自周围的环境：墙壁的天然石材、采石场悬崖的岩石、池水以及所有其他元素。通过晚上的灯光和声音表演，这一效果进一步增强。

## 镜面广场

还有一个大量使用316L不锈钢的主要场所是镜面广场，它是通往园艺博览会主会场的入口大厅。这是一

个避暑挡雨的天棚结构，天花板由镜面抛光的不锈钢板制成。一些面板上有多孔图案，即使在恶劣的天气下，下方也有光线持续闪动。这些面板以不同的倾斜角度安装，相互反射并反射周围环境，形成令人惊叹的扭曲镜面效果。

## 316L不锈钢的作用

设计团队更喜欢当地采购的天然材料，这些材料很容易与环境融合。或者，“非自然”的材料即不锈钢，通过反射和重新渲染景观的色彩、灯光和色调，创造与自然的互动。同时，园博会所需的材料必须容易获得，容易搬运和安装，并提供较长的使用寿命，同时清洁和维护需求最低。这些要求使得耐腐蚀性能更好的含钼316L不锈钢成为一个显而易见的选择，它体现了设计者的创新精神。(FR)

➤ 镜面广场大厅混合采用了多孔和镜面抛光表面的不锈钢，创造了一场神奇的自然光秀



© Fabio Ries



# 打印一条不 锈钢龙

大多数3D打印对象的长度小于30厘米，那么10米长的俄勒冈龙椅是如何被打印出来的呢？长椅的打印不使用粉末，而是采用一种叫做“WAAM”的机器人焊接技术一层一层地建造。俄勒冈龙椅采用2209双相不锈钢焊丝制成，展示了3D打印金属结构如何以更少的成本实现更多功能。





© Joris Laarman

➤ 这个优雅长椅分三部分从欧洲运往美国西海岸，并在现场焊接在一起。表面起伏有助于加强结构。

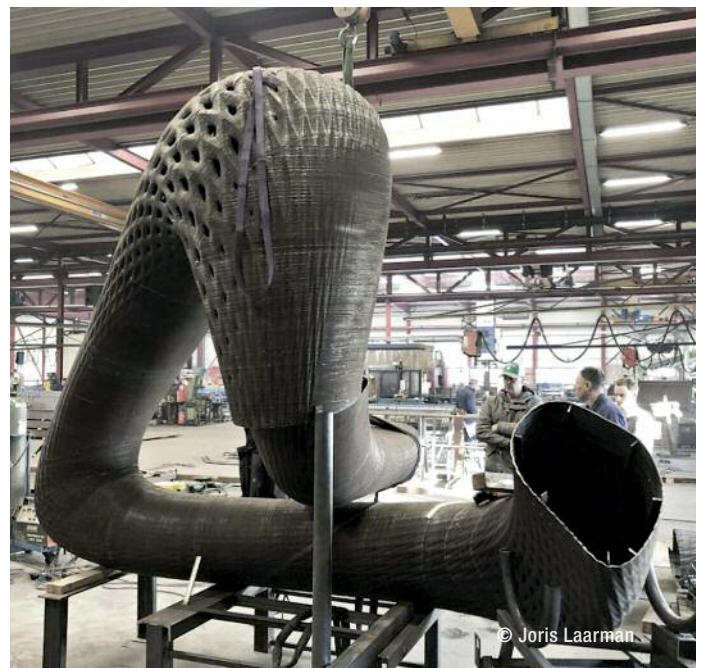
在美国俄勒冈耐克总部，有一个蛇形弯曲状的长椅“俄勒冈龙凳”，你可以坐在上面休息一下，但当你起身走动，不要感到惊讶。长椅的纹理、多孔表面的图案使人们联想到运动鞋的柔韧面料和轻盈感。这些造型不仅独具风格，还提示了长椅是如何制作的：将熔化的金属丝层层堆焊。电弧增材制造（WAAM）技术的工作原理类似于粉末增材制造（AM）技术，后者成为3D打印金属物体和结构的主要技术。粉末AM受到打印装置尺寸的限制，而WAAM与此不同，不受这些限制，结构是在开放或封闭空间中由焊接机器人建造的。荷兰设计师乔里斯·拉尔曼（Joris Laarman）在不到十年前开发了这项技术，并迅速流行起来。2021，这家专门从事机器人WAAM的衍生企业MX3D在阿姆斯特丹安装了世界上第一座3D打印不锈钢人行桥。机器人WAAM也比粉末AM技术生产成本更低、速度更快，这主要是因为焊丝的成本仅为金属粉末的一小部分，而且焊接的熔敷率要高得多。

3D打印不锈钢结构未来的一个考虑因素是逐层制作的较粗糙的表面。每层之间的小缝隙可能是腐蚀的多发区域，因此该工艺倾向于选择耐腐蚀性能更好的不锈钢如含钼双相不锈钢。“俄勒冈龙椅”有可能在其许多细小的褶皱处积存盐、污垢和污染物，因此2209双相不锈钢中3%的钼有助于抵御这些额外的腐蚀风险。

3D打印对于现代经济将越来越重要。起伏的“俄勒冈龙椅”帮助阐明了原因：3D打印能够实现传统制造无

法完成的奇妙形状。重要的是，更广泛和更复杂的设计适用于工业应用包括石油、天然气和海洋用途，其中含钼不锈钢已经成为标准用材。（KW）

➤ WAAM实现了轻而坚固的设计：负荷小时壁厚薄，负荷大时壁厚厚，最大限度地减轻了整体重量



© Joris Laarman



# 水闸抵御潮 汐涨落

水闸是调节水道水位和流速的可移动障碍物。当今世界，气候变化和洪水风险不断增加，水闸需要比以往更加高大和坚固。含钼双相不锈钢由于其强度和耐腐蚀性，是制造水闸的理想材料。



河流沿岸或沿海地区常常易遭受洪水的侵袭，这些世界上人口最稠密的地区依靠水闸保证生活的正常。水闸传统上由木材或金属制成，其背后的基本技术很古老（斯里兰卡在4000多年前就使用了水闸门），如今仍在继续完善。一些现代水闸采用双相不锈钢，与其他建造材料相比，它具有显著的优势。后面的项目案例展示了这些闸门在整个使用寿命中如何节约材料、资金和减少排放。

## 阿夫朗什圣米歇尔山

圣米歇尔山（Mont St Michel）是一座潮汐岛，岛上有一座修道院，看上去像漂浮在海洋上。这座花岗岩山靠近Avranches，距离法国西北海岸约1公里。自8世纪以来，宗教朝圣者穿过仅在低潮时才露出水面的泥泞沙滩，抵达修道院。但修道院周围海水和光不断变化的状态受到了威胁，来自Couesnon、Sée和Selune河的泥沙不断被巨浪带入海湾，在岩石和海岸之间堆积，将圣米歇尔山与陆地连接起来。

淤泥和沙子堆积的原因可以追溯到19世纪，当时将河流改道以开辟牧场，阻止了河流将泥沙沉积物带入海中。1869年修建的一座堤坝为游客提供了与该岛的永久连接，进一步阻碍了水的自由流动。现在圣米歇尔山脚下的沙子比200年前高了3米。为了减少沉积物的堆积，法国政府在库埃松河上修建了一座大坝。八套包覆了2205双相不锈钢的水闸门，将涨潮时蓄积的河水，在退潮时释放，从而将泥沙冲入海中。此外，阻挡河流的旧堤坝被吊脚桥取代，使水在岛周围自由流动，提高了从海湾清除沉积物的效率。

使用了约36吨Industreel公司的双相不锈钢板包覆闸门的涂层碳钢框架。钼含量为3%的2205双相不锈钢，因其优异的耐腐蚀性能和耐磨性能而被选用。钼有助于防止海水腐蚀和沉积物磨损。在大量磨损性的颗粒以及高流速条件下，对于易腐蚀、较软的材料如铝或碳钢来说，“冲蚀腐蚀”是一个很大的风险。水闸系统中不可避免的干湿界面也会加剧腐蚀。焊接良好的双相不锈钢，其表面具有高硬度和高耐腐蚀性，抵御这些风险的能力远远优于其他金属或较低合金化的牌号。



在涨潮时，圣米歇尔山一天两次被海水包围

面向修道院和开放海湾的库士农大坝也已成为旅游景点。项目建筑师在大坝顶部设计了一个公共空间，可以欣赏圣米歇尔山的美景，每年吸引数百万游客参观这座被列入联合国教科文组织世界遗产名录的古迹。

在涨潮期间，略微降低旋转闸门可以使海水流过其顶部边缘，流入库士农河，同时减少泥沙涌入。在退潮期间，水闸被逐渐抬高，这样河水连同淤泥和沙子可以从水闸下流出



# 斯德哥尔摩斯拉森

斯拉森是瑞典斯德哥尔摩历史名城中心正中央的一座船闸。它始建于17世纪。这座水闸保护了斯德哥尔摩东端Mälaren湖周围地区Mälardalen的200万居民，保护其饮用水免受流入的半咸水的影响。该社区本身叫做“斯拉森(Slussen)”，水闸是该地区的一个特色。该社区是斯德哥尔摩最繁忙的社区之一，其繁忙的水上交通穿越基础设施很难进行维护。一个大规模的城市规划项目正在进行中，以拓宽斯拉森的排水渠，改造其公共交通通道，并安装新的水闸。新的闸门中，有两个用于控制水位，两个供船只通行，要求能够抵御半咸洪水长达百年。这对于钢铁而言是一个严峻的挑战，因为钢铁在这样的条件下易生锈，而2205双相不锈钢可完美胜任此项工作。

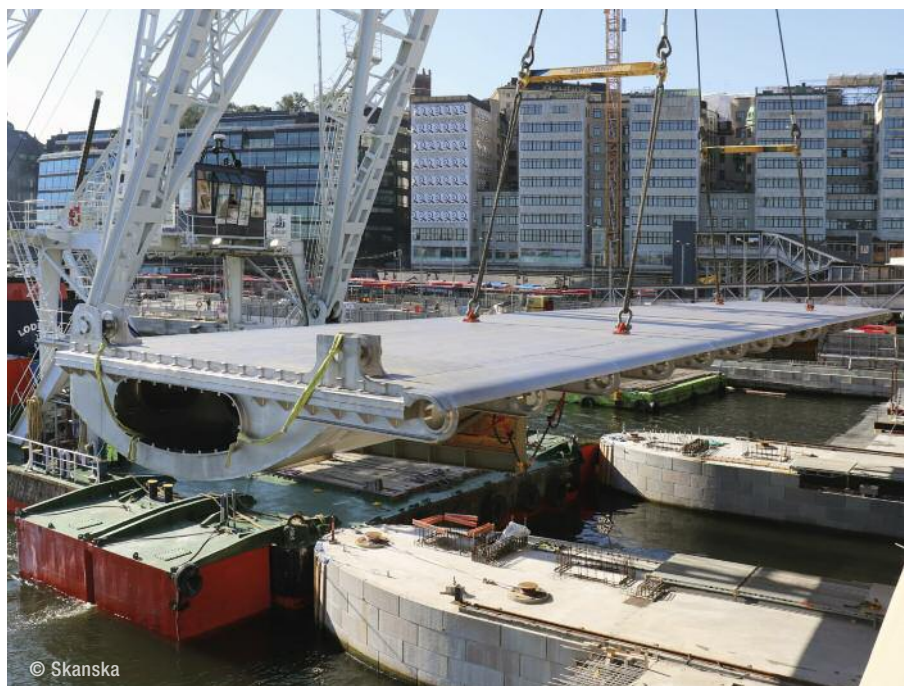
由于近年来降雨量增加和冬季变暖，Mälaren湖周围的洪水是人们担心的一个主要问题。2000年是瑞典自1860年以来降雨量最多的一年。在那一年，流入湖中的水量远远超过了通过水闸排出的水量。洪水非常严重，几乎涌入斯德哥尔摩市中心地铁车站的隧道。附近的Gamla Stan（即老城）火车站就不那么幸运，售票大厅进水，导致短暂关闭。随后二十年的气候模型证实，这个洪水灾害并不反常，相反，类似的极端洪水事件的频



新的水闸将是斯拉森社区重建的核心元素

率和强度都可能增加。虽然Gamla Stan火车站轨道未被洪水淹没，但2000年的洪水也许是对未来的一个警告。如果不提高Mälaren湖的排水能力，整个斯德哥尔摩地区将很容易遭受前所未有的灾难。新的双相不锈钢水闸足够庞大和坚固，能够排放的水量比以往多得多。

2205双相不锈钢复合板闸门在车间制造，通过驳船运输至目的地



## 半咸水的腐蚀性

半咸水对金属的腐蚀性差异很大，有些半咸水几乎像淡水，而另一些则接近海水的咸度。而氯化物（盐）浓度只是影响半咸水腐蚀性的一个因素，温度、细菌含量、溶解固体和pH值也是材料腐蚀的影响因素。2205双相不锈钢的耐腐蚀性比316不锈钢强得多，并能承受更高含量的氯化物。2404双相不锈钢的耐腐蚀性不如2205双相不锈钢，但也优于316不锈钢，并且在氯化物含量较低的半咸水中表现良好。

因为双相不锈钢比碳钢坚固得多，所以闸门足够轻，可以在车间制造并运到现场。与现场焊接相比，能够在制造车间进行焊接不仅节约了成本和资源，而且还能实现更好的质量控制。这些巨型防洪门目前是世界上最大的，重达70吨，由Stål和Rörmontage公司制造。闸门将抵御日益频繁和严重的风暴袭击。整个斯拉森项目预计将于2025年完工。

## 哥德堡 Gårda 大坝

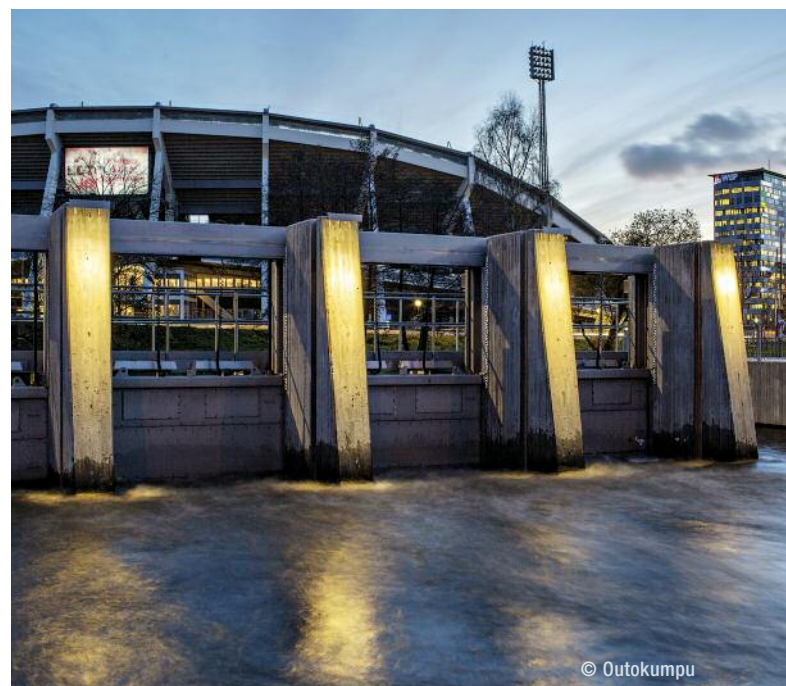
瑞典的港口城市哥德堡横跨一系列运河和桥梁交错的岛屿。上升的海平面及如此之多的水道，对社区构成了重大的洪水风险。2013年，曾经控制着群岛内外水流的木制水闸因腐烂而被更换。旧水闸的状况非常糟糕，需要一个临时支撑结构来将它们固定在一起。所设计的新闸门能承受120年的潮起潮落。尽管哥德堡的运河通常是淡水，但海水偶尔会回流，提高了氯化物含量。奥托昆普公司的2404双相不锈钢，钼含量为1.6%，因其强度和较高的耐盐腐蚀能力而被选用。如果闸门所使用的橡胶密封件维护得当，则闸门的使用寿命可长达设计寿命的数倍。总共有五个闸门，每个闸门长3.1米，宽2.2米，重约7吨。

尽管已经腐朽，但最初的木制水闸是这座城市的一个美丽地标，居民们希望模仿他们的一些特质。制造商用400多个特制的部件拼出了新的大门，来复制木门的美学效果。

## 通往更安全社区之门

与其他材料相比，双相不锈钢具有更长的使用寿命，需要更少的维护。尽管双相不锈钢前期成本较高，但考虑到项目的整个生命周期成本，它通常是一种更具成本效益的解决方案。无需重新喷漆、重新涂装或更换水闸上的部件，意味不会因维护而封闭道路导致交通混乱，城市防洪无缺口，生产和运输新材料所产生的温室气体排放也会减少。在21世纪，管控不断变化的江河湖海并不容易，但双相不锈钢将帮助抵御潮汐涨落。(KW)

▶ 尽管新水闸坚固、安全，但它们的设计与之前的木制水闸相似



© Outokumpu



# 钼用于磁屏蔽室

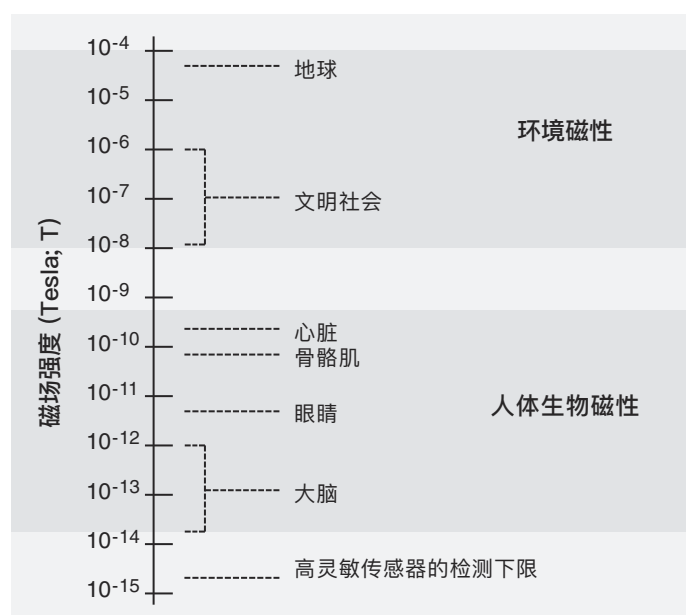
为了医学和相关研究而探测自然界最微小的磁场活动，需要对持续不断的外部磁场影响进行抑制。一种叫做 $\mu$ 金属的含钼合金数十年来一直用作磁屏蔽材料，因为它能够使地球的自然磁场和人造磁场转向。如今，包覆着多层 $\mu$ 金属和类似合金的房间为挽救生命和拓展科学前沿的工作提供了不可思议的磁屏蔽。

人类大脑活动产生的磁信号强度通常约为地球磁场强度的十亿分之一。为了测量和分析这些微弱的信号，使其不被环境中强大的磁场所淹没，需要一个磁屏蔽室（MSR）来提供被动屏蔽。磁屏蔽室对于心脏和大脑的诊断成像技术至关重要，例如脑磁图（MEG），这是一种手术和癫痫治疗所用的无创伤性技术。脑磁图对精神病学和神经科学研究也非常重要。例如，美国匹兹堡大学的研究人员将受试者置于磁屏蔽室中，使用脑磁图来测量他们听音乐时大脑的磁活动，对于人类如何感知声音提出了重要的见解。事实上，磁屏蔽室用于从认知科学到航空航天等各类研究应用中。长期性能稳定的磁屏蔽室对于保持数百万美元设备系统的精度至关重要。

## MSR 的历史

自20世纪60年代以来，科学家们试图建造一个磁屏蔽室（MSR），用于物理和生物学研究。第一个商用MSR于20世纪70年代问世，20世纪80年代进行了关键的标准化工作。今天，现代MSR是通过使用多层高磁导率的金属（ $\mu$ 金属）和高导电率的金属（通常是

铝）形成一个房间大小的围墙来构建的。典型的MSR在墙壁结构中由两层或多层 $\mu$ 金属和一层铝组成。如下图所示，这种建筑材料的组合可以有效抵消MSR内部

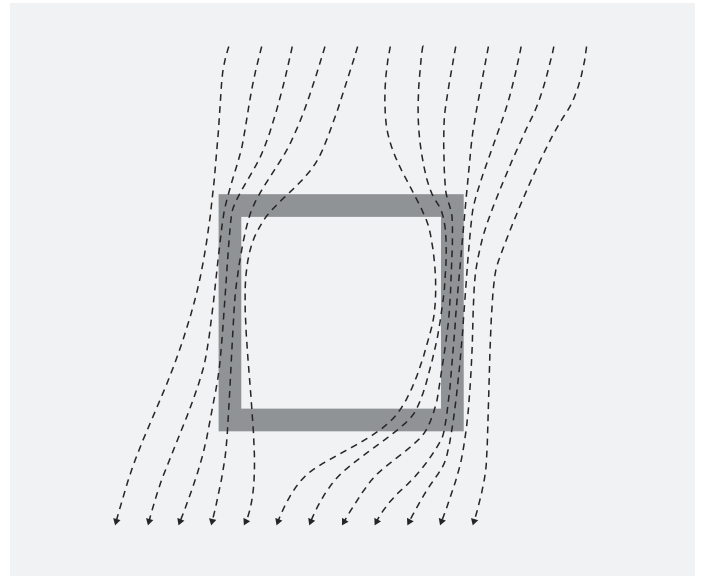


➤ 人类大脑和其他身体部位的磁场比地球的磁场小很多数量级



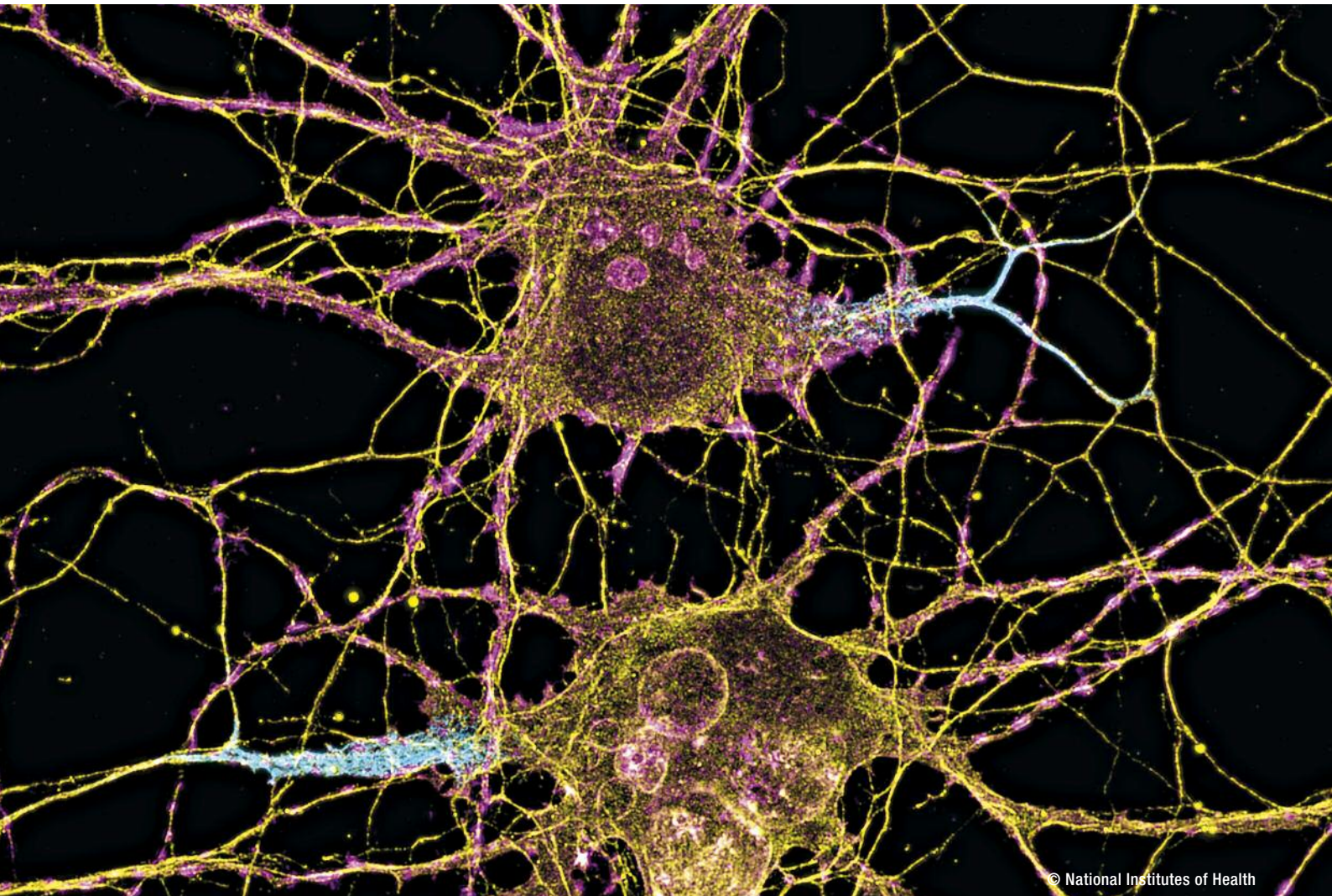
的外部磁场影响。脑磁图（MEG）仪器或其他传感装置放在房间的中央，实际上没有任何磁场。采用“屏蔽因子”（外部磁场强度与内部磁场强度之间的比值）对MSR的有效性进行量化。如今，商用MSR可以将外部磁场抑制数千倍。

磁屏蔽室的多层墙壁依靠两种不同的机制来阻挡外部磁场，这取决于外部磁场的频率。在较高的频率下，MSR墙壁通过形成内部电流（涡流）对变化的磁场作出反应，内部电流形成了反向磁场，抵消了外部磁场。但是，对于静态或缓慢变化的磁场，这种反向电流效应可以忽略不计。因此，磁屏蔽仅依赖于 $\mu$ 金属的高磁导率，这为外部磁场提供了一条比较容易的路径，使墙壁内的磁场转向。

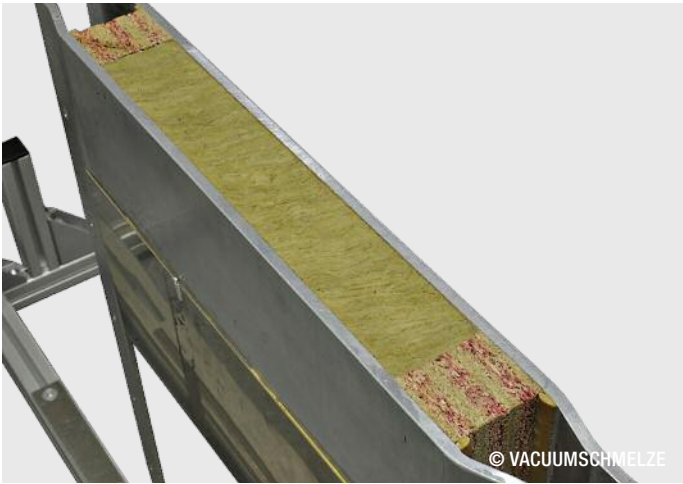


➤  $\mu$ 金属/铝墙阻挡并使磁屏蔽室周围的外部磁场发生偏离，磁屏蔽室里面实际上没有磁场

➤ 神经元是大脑中产生磁场的结构——在磁屏蔽室中进行的脑磁图(MEG)检测到的是神经元之间的相互作用



© National Institutes of Health



➤ 磁屏蔽房间的墙壁由多层μ金属和铝组成

## μ金属简介

典型的μ金属由镍和铁组成，并含有2—6%的钼。最初研发的μ-金属不含钼。20世纪30年代，研究人员将钼添加到μ金属中以改善其电阻率和机械性能，他们碰巧发现，添加钼还显著提高了磁导率。现代μ金属及其类似的合金，根据应用和制造商的不同，有各种不同的合金成分，但是，所有厂家的成分配方中都含有钼。

μ金属由于其高磁导率，可以使缓慢变化的磁场转向。与其他常规软磁材料相比，μ金属的磁导率高出几个数量级，在不增加材料用量的情况下提供了更强的屏蔽效果。μ金属也是一种延性合金，可以实现薄规格产品较大规模的工业化生产，在磁屏蔽室的设计和组装方面有灵活性。该合金以希腊字母μ，mu（发音为“myoo”）命名，该符号用于表示“磁导率”。

## 钼提高了μ金属的性能

磁屏蔽室所用μ金属的工业生产采用真空感应熔炼（VIM）技术。合金被加工成所需形状，之后进行最终的退火，即在氢气氛围中将其加热至1100°C左右。在此温度下，金属晶粒快速生长，形成更大的晶粒，产生更高的磁导率。添加少量的钼，可通过优化合金的固有磁性，进一步提高磁导率。钼帮助MSR有效地屏蔽外部磁场的影响，使重要医疗设备能够正常运行，从而挽救或改善了成千上万患者的生命。

磁屏蔽室（MSR）的用途比较小众，但有扩大的潜力。这种增长不仅受到全球医疗基础设施发展的驱动，也受到新兴研究领域的推动。世界上几个著名的实验室都安装了磁屏蔽室来研究粒子物理学的基本原理。例如，瑞士的保罗谢勒（Paul Scherrer）研究所与VACUUM SCHMELZE GmbH & Co.KG公司合作，开发了一种高端MSR，可将外部磁场影响降低十万倍。这使得研究人员得以探测到先前最新一代传感技术看不见的亚原子磁信号。为了实现更高的灵敏度，比之前设备高10倍以上的精度，该MSR使用了比标准装置更多更厚的μ金属屏蔽层。无论应用情况如何，含钼镍铁软磁合金将继续作为磁屏蔽室的理想材料。（PZ）

➤ MSR通常约为4米x 4米，足以容纳相对较大的设备。这里有一个投影仪（门的右上方）显示图像。脑磁图（MEG）检测受试者大脑神经元的活动，作为观看图像的反应



# IMOA 新闻

## IMOA与“铜标志”达成合作

在全球供应链中展示负责任的采购至关重要。2021年底，IMOA开始与铜标志（Copper Mark）合作，目的是开发一个专门针对钼的、示范负责任的生产实践的方案。铜标志为我们的钼生产商成员提供了一个可靠的保证框架，该框架具有一套适用于钼供应链的既定标准。在所有生产出来的钼中，大约三分之二是铜矿开采的副产品，因此与铜标志的合作是明智的选择。

IMOA代表会员企业在铜标志总机构下开发钼标志。随着对更负责任地生产金属的需求增加，我们与铜标志的合作可以帮助会员企业满足不断增长的市场需求和监管要求。铜标志保证框架涵盖基于现场的业务，因此涵盖所涉及现场生产的任何材料包括副产品。

IMOA正在与铜标志合作，将钼纳入铜、铅、镍和锌的联合尽职调查标准。此外，TDi可持续发展公司在2022年第二季度进行了差距分析，以确定2022年第二季度更新的铜标志标准草案与2022年第二季度修订的负责任的钢标准草案之间的差异，并与铜标志分享了调查结果，以协助其审查铜标志标准。

铜标志也同意与国际锌协会和国际镍协会进行正式合作，将保证框架扩展到镍和锌生产商。更多信息请访问<https://coppermark.org/molybdenum-zinc-and-nickel-join-the-copper-marks-assurance-framework>。

## 马耳他开始不锈钢柔性供水管道试点

马耳他水务公司（WSC）最近开始在岛上的四个地点试用不锈钢柔性供水管道，并对其简单的安装方式印象深刻。WSC目前正在计划额外的实验室测试和试验性能监测，然后决定是否更广泛地采用这些供水管线。

不锈钢柔性供水管线由不锈钢部分波纹管组成，是坚固、安全和十分耐用的供水管道应用解决方案。在亚洲一些最大的城市，它们已经被证明可以显著减少水资源的流失，并为水务公司带来了巨大的益处。这些管线容易安装，成本效益高，并提供了具有环境可持续性的解决方案，将确保为子孙后代提供安全的供水。



Team Stainless在全球推广使用不锈钢柔性供水管线，并与有兴趣安装这些管线的水务部门协商合作。即将出版的手册给出了关于安装实践和使用不锈钢柔性供水管线益处的详细信息。

## IMOA很高兴欢迎四位新成员：

Bauer Energy Design Inc  
MTALX Ltd  
Palvi Industries Limited  
Sunshine Gold Ltd

新成员将享受IMOA会员资格带来的好处，包括获取市场更新信息和研究结果、HSE指导和法规监管联络，以及影响全球市场开发计划的机会。

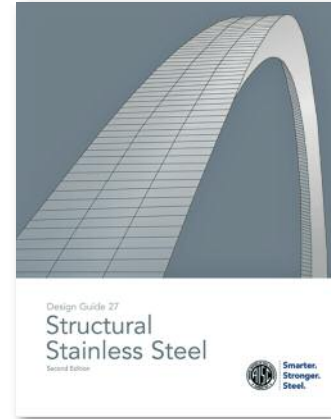
## 更新版AISC设计指南27发布

《美国钢结构协会（AISC）设计指南27》第二版于2022年春季出版。本指南为熟悉碳钢结构的人士编写，介绍了不锈钢结构设计的优点。与之相伴的是2021 AISC《不锈钢结构建筑规范》。AISC标准在包括中国、中东和美洲在内的几个主要市场具有影响力。更新后的指南包括热轧和焊接产品如槽钢和工字形构件的设计规则。该规则适用于较厚断面的奥氏体不锈钢、双相不锈钢和沉淀硬化不锈钢。

设计指南27包含了众多的表格和示例，考虑了设计人员的需求。其中包括各种厚度和不锈钢牌号的尺寸和性能表。访问[aisc.org/publications](http://aisc.org/publications)下载PDF版本的指南或索取印刷版。

IMOA顾问Nancy Baddoo和Catherine Houska均帮助起草和推广了该指南。2022年3月，Nancy和

Catherine在美国丹佛举行的一次大型钢结构会议上介绍了设计指南27及其相关结构规范。2022年春季举办了三场网络研讨会，分别有275至300人参会，进一步推广了该指南和标准。可访问[aisc.org/education-archives](http://aisc.org/education-archives)免费获得NASCC报告录音和幻灯片。随着设计指南27的发布，我们希望在建筑领域看到更多应用奥氏体不锈钢和双相不锈钢的机会。



## IMOA 会员折扣

IMOA会员可享受今年Ryan's Notes铁合金大会会议费15%的折扣，该会议于2022年10月31日和11月1日在美国亚利桑那州斯科茨代尔举行。请通过[info@imoa.info](mailto:info@imoa.info)联系IMOA办公室获取折扣代码。了解更多会议信息并注册，请访问CRU铁合金会议主页 ([crugroup.com](http://crugroup.com))

IMOA会员也有资格得到2022年10月26日和27日在新加坡举行的不锈钢世界亚洲会议代表费25%的折扣。请联系IMOA办公室获取预订二维码。欲了解更多信息，请访问2022年亚洲不锈钢世界-会议与博览会 ([stainless-steel-world-asia.com](http://stainless-steel-world-asia.com))

出版者：  
国际钼协会  
伦敦 Chiswick High Road 454-458号  
W4 5TT  
[www.imoa.info](http://www.imoa.info)  
[info@imoa.info](mailto:info@imoa.info)  
+44 20 8747 6120

主编：  
Nicole Kinsman

执行主编：  
Karlee Williston

撰稿人：  
Karlee Williston (KW), Fabio Ries (FR),  
Pengfei Zhan (PZ)

版面设计：  
circa drei, Martina Helzel

封面照片：令人惊叹的Lac d'Emosson水库，为N.D.德朗斯水电站供水。© Nant de Drance, Sébastien Moret

国际钼协会（IMOA）已尽一切努力确保所提供的信息在技术上是正确的。但是，IMOA不代表或不保证《钼世界》杂志中包含信息的准确性或其对于任何常规或特定用途的适用性。请读者注意，本文包含的材料仅供参考；在未获得适当建议之前，不应依赖它或将其用于任何特定或一般应用。IMOA、其成员、员工和顾问特此声明，对因使用本出版物中所含信息而造成的任何损失、损害或伤害不承担任何责任。