

钼世界

2/2020

- 2 不锈钢雕塑“共鸣”
- 4 盖蒂中心的韧性
- 8 环保船舶乘风破浪
- 12 拯救流水别墅
- 16 机器人，管道猪和管道
- 19 IMO A 新闻



不锈钢雕塑 “共鸣”

大约200年前，大西洋对岸发生的两起悲剧引发了一次难忘的善举。爱尔兰米德尔顿的一座不锈钢雕塑向这一善举致敬。这座雕塑由九根羽毛构成，每根高六米多，用来纪念赞颂美国东南部的乔克托民族在马铃薯大饥荒期间送给爱尔兰人的礼物。雕塑提醒我们，即使在历史上最黑暗的时刻，良善之举依然生生不息，熠熠发光。含钼不锈钢的耐腐蚀性帮助雕塑和它所传承价值得以延续。



© Irish Times

1830年《印第安人迁移法》颁布后，居住在美国东南部的几个美洲土著群体被迫迁移，为农业生产让路。1831年，密西西比州的土著民族乔克托成为第一批步行到800多公里外的俄克拉荷马州指定土地上的居民。数千人在这场被称为“眼泪之路”的痛苦征途中丧生。然而，在1840年代，当乔克托人得知爱尔兰遭受马铃薯枯萎病侵袭而导致100万人死于饥荒，另有60万人移居国外时，他们决定提供帮助。尽管乔克托人贫穷不堪，也正在逃难，但他们仍然募集了大约170美元，相当于今天的5000美元，将其捐给了挨饿的爱尔兰家庭。在那个铁路和电报作为新技术刚开始出现的时代，这些受苦受难的人们，语言和文化不同且相隔数千公里，但慷慨相助的善举，激励着21世纪的人们。

不锈钢诠释同心协力

在爱尔兰米德尔顿的贝利公园，有一个鹰羽毛的雕塑，纪念乔克托人送给爱尔兰人民的礼物。雕塑由艺术家亚历克斯·彭泰克（Alex Pentek）创作，羽毛形围成一个环状，代表空碗，唤起人们对饥荒中逝去生命的回忆。雕塑采用含钼的316L不锈钢制作，它具有苛刻的沿海环境所需要的耐腐蚀性，还具有应对复杂的高风荷载和实现精巧的设计所需的结构强度。

爱尔兰是欧洲沿海地区海盐沉积率最高的国家之一，盐分会向内陆迁移很远，硫沉降的含量也很高，这两个因素都会影响材料的腐蚀率。海盐和较高的硫含量会导致腐蚀、结构损害和许多建筑材料的过早更换，还需要频繁的维护。贝里克公园毗邻Ballynacorra河的咸水沼泽区，距离科克港约6公里，距海岸12公里，因此盐含量至少为中等浓度。该地区虽然不受盐雾的影响，但环境具有腐蚀性，好在定期有雨水冲刷。316L不锈钢中2%的钼，赋予不锈钢必要的耐腐蚀性，是较为理想的选材。

不锈钢和羽毛这两个看上去完全不同的东西，在这座雕塑上却获得了一种精美的效果，同时还确保了其耐用性。每根羽毛的脉络都非常轻薄，足以让鸟儿飞翔。手工抛光的不锈钢哑光表面具有柔和的光泽，赋予羽毛微妙的质感，同时避免了眩光，还便于自然雨水冲刷来提高耐腐蚀性。这个设计优雅的雕塑“共鸣”，如同量子的效果，就像一个只有在观察时才会出现的幽灵，是对人们战胜过去苦难的纪念。

充满挑战的羽翼制作

虽然雕塑看上去好像没什么重量，但因为它太大了，无法在工作室里完成装配，实际上它是在现场组装的。艺术家用10毫米见方的316L不锈钢棒，制作了2700多个羽毛的脉络。他用一根操纵杆固定棒材，用手工来冷弯每根羽毛的脉络，然后切割成规定的尺寸并焊接到每根羽毛的羽轴上，以创造出一个真正的鹰羽毛的锥形效果。羽轴由一根直径为150毫米的不锈钢管制成。近距离观察，羽毛好似真正生物体般不完美，有明显的褶皱。每根羽毛都有超过300根叶脉。它们间距10毫米，较紧密的间距防止有人从地面攀爬，雕塑表面50%的透过率降低了风荷载。总计有20000多个焊缝。

艺术家对这个名为“共鸣”的雕塑精雕细琢，花了将近一年的时间才完成制作。叶脉和羽轴完成后，每根羽毛被切成三块，制作成所需的形状，然后焊接在一起。最后将羽毛雕塑运到最终安放的位置，用螺栓固定，在基座浇筑混凝土。当地人注意到，当刮大风时，羽毛会发出柔和的叮当声，似乎很适合这个纪念性质的雕塑，而不锈钢的高能量吸收特性和它的焊缝有助于确保它能安全地经受任何风暴。



在爱尔兰科克国家雕塑工厂的工作室里，艺术家Alex Pentek与这件接近完成的雕塑合影。

报恩

近两个世纪后的今天，爱尔兰人以多种方式回报了乔克托的好意。2018年，爱尔兰总理为在爱尔兰学习的乔克托学生设立了奖学金项目。2020年春季，纳瓦霍部族新冠疫情爆发，成为美国疫情最严重的地区之一，爱尔兰人民向两个美洲土著部落纳瓦霍部族和霍皮保留地捐赠了180多万美元，为应对新冠疫情提供医疗物资和必需品。乔克托部落首领对爱尔兰人向土著居民的捐助表示感谢。“共鸣”雕塑纪念赞颂这一在逆境中形成的纽带，这种横跨大西洋的友谊，持久且不断发展，就像爱尔兰海岸令人惊叹的鹰之羽翼，不会随风而去。（KW）



盖蒂中心的韧性

盖蒂中心高居于美国洛杉矶的山丘顶端，它收藏了许多世界上最伟大的艺术品。与其艺术收藏品同样令人印象深刻的是，这个地标性建筑所具有的开创性的弹性和可持续性。石材创造了建筑外部的主题风格，建筑外墙和地面均采用粗面的石灰岩，而对沉重的石材外立面起支撑和固定作用的是含钼316不锈钢，它虽然从外表看不见，却发挥着十分关键的作用。

© istockphoto.com/raisbeckfoto

约翰·保罗·盖蒂曾经是世界首富，也是一个狂热的艺术品和古董收藏家。1976年去世后，他的全部财产都移交给了盖蒂信托公司。盖蒂艺术博物馆原址在加州马里布的盖蒂故居，随着收藏品日益增多，信托基金的管理人员开始寻找一个从洛杉矶可以更方便到达的合适地点建造新博物馆，同时还希望将其所有实体都合并在一起。他们在圣莫尼卡山脉的一座山顶发现了一大片崎岖不平的土地，可以欣赏洛杉矶和太平洋的壮丽美景。1984年，普利兹克奖得主建筑师理查德·迈耶被选中来设计这个园区。13年后的1997年，盖蒂中心向公众开放。该项目具有很强的创新性，注重可持续发展，在2005年成为美国第一个获得美国绿色建筑委员会LEED（能源和环境设计先锋奖）认证的现存建筑。

盖蒂中心所处的海边风景如画，但也同时受到山火和地震的影响。实际上南加州是世界上地震最活跃的地区之一。在该地区建造房屋时，必须考虑到这些自然灾害及海边大气腐蚀的影响。316奥氏体不锈钢的使用帮助盖蒂中心解决了所有这三个问题。例如，奥氏体不锈钢通常具有很强的延展性和韧性，因此它们能非常好地吸收地震或其他冲击产生的能量而不发生断裂。316不锈钢中含有2%的钼，它提高了材料在火灾中的高温强度，以及沿海氯化物环境中的耐腐蚀性能。因此，这不锈钢材料有助于实现经久耐用、具有可持续性的弹性设计。事实上，建筑在建成20多年后，不锈钢没有腐蚀或损坏的迹象，看起来像新的一样。

一个非凡的工程

这项耗资13亿美元的工程占地近10公顷，总场地面积45公顷，规划和建设历时14年。这个综合性建筑群包含了博物馆、表演空间、自助餐厅等公共建筑，以及信托机构专门进行管理、研究、保护和拨款项目的不同实体的建筑。在洒满阳光、起伏绵延的建筑物内外，游客沉浸于无尽的各种形式的美之中：艺术品、城市和海景、广阔的花园、音乐、美食和世界级的建筑。

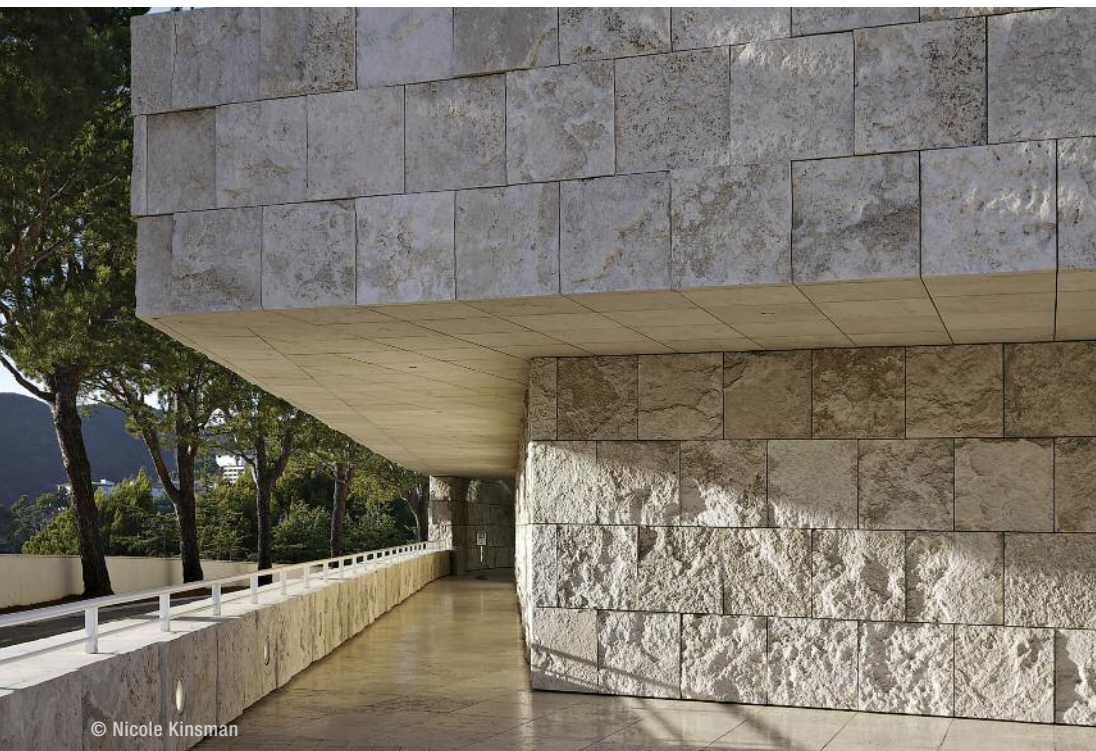
为了减少对城市和社区的视觉影响，盖蒂中心的一半建在地下。隐藏了建筑群的很大一部分，再加上花园和有机的浅色调，有助于盖蒂中心与周围的圣莫尼卡山融为一体。这些设计特点也最大程度地减少了热量吸收，再加上百叶窗遮阳板和散热百叶窗的使用，降低了能耗。



游客到盖蒂中心欣赏洛杉矶全景

坚如磐石

场地上的各种建筑都有不同的形状和高度，但它们在视觉上是由劈开的大块洞石连接起来的。这些石块用作挡土墙和建筑物下部的包覆层并用来铺路。



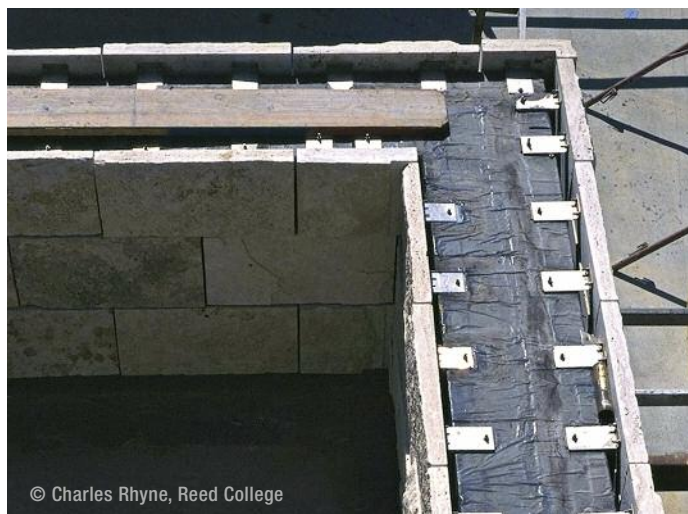
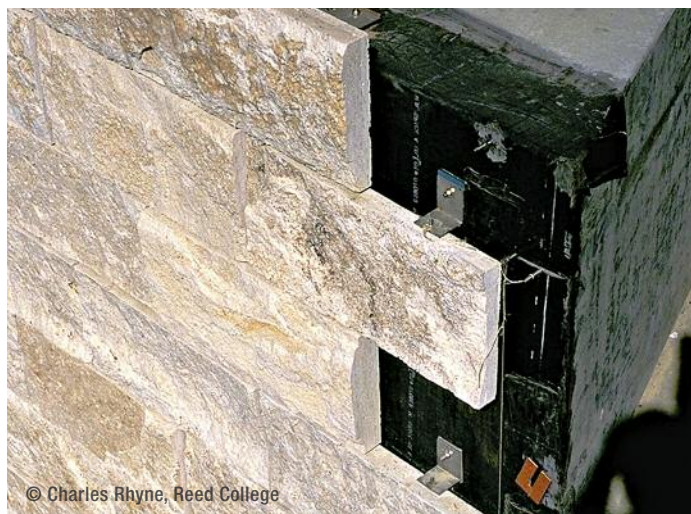
➤ 墙壁、外立面和天花板的不同安装方法需要各种特殊紧固件，他们有一个共同点：不锈钢符合建筑安全规范的高要求。

建筑师用了很长时间来寻找一块颜色合适、不太软也不太硬的石头，最终在意大利一个数百年历史的采石场中挑选了一块洞石。迈耶和采石场老板花了一年时间开发了一种切割技术来切割坚硬的石灰岩，创造出所需的粗糙表面。当太阳的位置在一天之中不断变化时，石材的色调和活力也随之发生微妙的变化。总之，在墙面和人行道上安装了约11万平方米或37.5万块的洞石，相当于每天运送两个集装箱的石头，运送了两年，大约14500吨。

抗震不锈钢

洞石外墙的设计是基于敞开式接缝的石材面板系统，而不是通常的砂浆密封接缝的技术，这种技术需要维护，随着时间的推移会聚积污垢。开放式接缝面板系统允许水从建筑表皮后面排出，保护表面不受划伤，确保建筑看起来和当初一样好。每一块石材顶部都安装了两个表面看不见的316不锈钢角钢挂件，它们将石材

➤ 采用316不锈钢石材挂件将洞石连接固定在混凝土墙上

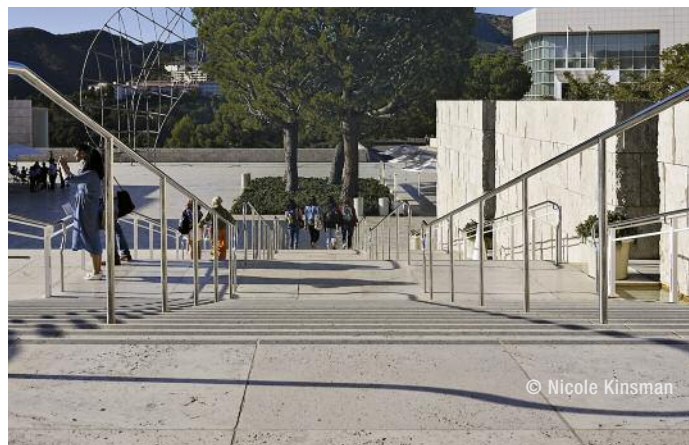


连接到混凝土或钢框架墙上，底部由两个不锈钢销钉将石材相互连接，使它们稳固。根据结构基础的不同，石材顶部固定件采用不锈钢膨胀螺栓或螺钉来连接固定。

为了保护钢架墙不受气候的影响，在石材外立面和间隙后面安装了316不锈钢阻隔层来隔绝水和空气。同样，将水从墙壁和建筑物中引出来的防雨板也是由同样的不锈钢制成的。由于这种不锈钢具有良好的耐腐蚀性能，即使在沿海大气环境中，石材外立面也不会受到腐蚀性径流的污染。

建筑师的设想是要求外立面的一小块块石材看起来是均匀一致的，并且精确对齐。为了使不同轮廓外形在整个建筑群达到这种效果，承包商必须根据石头的尺寸和位置来调整定制石材挂件的宽度和厚度。有250多种不同的挂件设计，创造了独特的外观。建筑制图员花了三年多的时间，仅石造部分就绘制了2500多张建筑图纸。整个工程采用了约38万个不锈钢石材挂件，采用这种方法的好处是，必要时，任何一块石材都可以单独进行更换和修复。

挂件销钉系统是为抵抗地震而设计的。它远远超出了当时加州抗震规范的要求。事实上，这个固定系统的有效性甚至在建筑完工之前就已经被证明了。1994年1月北岭发生地震，当时该项目正在建设之中，许多石材已经安装就位，这些石材在当时或在后来的地震中都没有发生任何损坏。316不锈钢固定系统对于抗震设计有许多好处，特别是它优于其他钢材的耐腐蚀性、强度以及在循环荷载期间吸收更多能量的能力。不锈钢与敞开式接缝系统相结合，使石材面板在地震时可独立移动而不发生开裂。



316不锈钢扶手和门框，尽管处于恶劣的海洋环境，但使用20多年后依然光亮如新。

防火性能

石材包覆层和碎石屋顶是根据其防火性能而特别选择的；事实上，整个建筑群的设计都考虑了防火性能。考虑到近几十年来南加州森林火灾的数量不断增加，这一点至关重要。例如，2017年12月，距离无价的盖蒂收藏品不到几百米的地方发生火灾，幸运的是，建筑的防火措施很到位。当火势逼近时，自动喷淋消防系统从建筑巨大的地下储水罐中调水，喷水450多万公升，浸透了建筑物周围的土壤，阻止了火势的蔓延。

喷水消防灭火系统广泛使用不锈钢，利用其耐腐蚀和防火性能。不锈钢具有很好的耐火强度和防火特性。在森林火灾的条件下，添加钼的不锈钢保持刚度的能力

大大优于碳钢。因此，盖蒂中心石材背后的不锈钢固定系统有助于防止火灾和地震，确保发生森林火灾时，耐火的洞石能稳固地保持在原位。盖蒂中心的防火措施帮助确保梵高的《鸢尾花》和其他作品不会在火灾中付之一炬。

在大多数建筑应用中，不锈钢常常是熠熠闪光的，无论是实际看到的还是比喻上的。盖蒂中心粗犷石材立面衬托着精美的不锈钢扶手、窗户和建筑五金件。但真正的明星在这里是看不见的，它们在外立面的背后，掌控着一切。含钼316不锈钢挂件和销钉、空气和水的阻隔层以及防雨板，将使建筑在洛杉矶海边地震和山火多发的环境中保持清洁美观，安全稳固，像石头一般天长地久。(NK)



环保船舶乘风破浪



建造高性能船舶需要坚固的材料，而船舶制造业一般不会将不锈钢纳入考虑范围，但是这种情况正在发生变化。事实上，世界各地的政府和企业开始对一种新型、环保和低维护的船体产生兴趣，这种船体完全由高强度的含钼超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢制成，却没有增加额外的成本。



根据船舶尺寸和用途的不同，船舶建造最常用的材料是钢、铝或玻璃钢（FRP）。无论什么材料，船舶的维护成本通常都很高，因为船舶一直暴露于水和湿气中，几乎任何材料都会随着时间的推移而发生损坏。钢制船舶坚固耐用，但钢很重，需要腐蚀防护和大量的维护。铝虽然轻，但非常软，容易出现凹坑，有严重的疲劳开裂问题，腐蚀也是一个问题。碳纤维增强塑料非常轻，但价格昂贵，在碰到岩石时会断裂，甚至易发生火灾，使用寿命结束后也无法回收。因此，采用更好、更可持续解决方案的时机已经成熟。

对抗生物污损

船舶性能方面最重要的设计考量是船舶的重量和船体表面质量。减轻重量可以改善船舶的灵活性、最高速度和燃料消耗。而如果船体表面粗糙，则在水中阻力更大，会减慢船速并增加油耗。此外，藤壶、海藻和其他海洋生物很容易附着在浸入海水的船体表面，这个过程叫做“生物污损”，它使船表面粗糙且凹凸不平，给航行带来较大阻力。

为了最大程度地减少海洋生物的附着，通常水线以下的船体采用杀菌涂料处理。这些涂料不仅对目标生物有毒，而且对一般的水生生物也极具毒性。即使采用了杀菌涂料，也只是减缓而不能消除海洋生物的附着，仍必须由潜水员来清除生物的附着。商用船舶可能每个月都需要清理一次。由于防污涂料本身会随着时间的推移而失去效力，所以至少每隔几年就必须重新涂一次。涂漆期间船舶被拖出水面，无法运营。而现在，采用特种不锈钢建造的船舶给出了较好的解决方案。

更轻，更快，更坚固

SSY的企业家Hakan, Petra和Alistair Rosén，一直梦想建造一条更轻，更快，更坚固的全不锈钢船只，但要实现它并非一帆风顺。传统的不锈钢如304或316奥氏体不锈钢，在海水中的耐腐蚀性能不足；虽然韧性很好，但强度不足。当企业家发现超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢显著优越的性能，特别是其高强度和优异耐腐蚀性的完美结合，开始萌生出打造不锈钢船的想法。如果采用比传统的碳钢材料强度高可达三倍的不锈钢来造船，可以大大减薄船体的厚度，从而减轻整艘船的重量。但问题是，在通常的船舶设计中，薄薄的钢板无论强度多高，都容易在波浪载荷下发生弯曲。

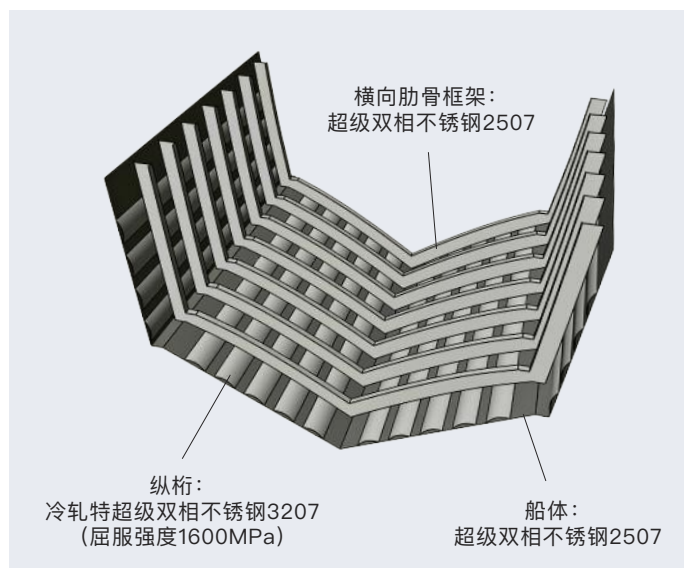
为了解决这个问题，工程师们研究了一千多年前航海维京人的造船技术及其高效坚固和灵活的木制船体，灵感最终来源于此。对不锈钢采用类似的设计方法可以使船体结构既坚固又轻巧，船在水中可以毫不费力地滑行，非常省油，并且可以承受重大冲击而不产生裂缝或发生结构损坏。

双相不锈钢的延展性和能量吸收特性赋予船体良好的防弹性能，确保其可吸收潜在的冲击而不发生破裂。因为船舶增强了防弹和防爆能力，军事和执法部门对此表现出兴趣。

耐海水腐蚀

船舶采用高级双相不锈钢的主要驱动因素是其重量轻，而另一个更大的优势是船无需任何保护性涂层即可抵抗海水的严重腐蚀。设计中使用的两种双相不锈钢合金，其钼含量都超过了316不锈钢中的2%。2507超级双相钢含有约4%的钼，3207特超级双相钢含有约3.5%的钼。

这两种双相不锈钢有较高的钼含量，大大提高了不锈钢的耐腐蚀性能，使其非常适合长期用于海水这种氯离子含量很高的环境。这类不锈钢在海上油气勘探以及热带海洋环境中的液压系统和仪表领域已有成功的应用记录。



➤ 纵桁点焊到船体上，焊接到纵桁上的框架不与船体直接接触。纵桁的柔性使船能够吸收波浪的冲击力，防止船体弯曲。

高效环保

高强度不锈钢也十分有助于提高了船舶的燃油效率。材料强度的提高意味着所需材料的重量大大少于传统的船舶。例如，长度为15-25米的高速不锈钢巡逻船需要厚度为2-3毫米的不锈钢板，这是传统船舶所用钢材厚度的1/3-1/5。总体而言，这些轻快的不锈钢船比类似的碳钢船重量减轻约50%。出人意料的是，它们也

➤ 船舶内部结构的焊接



比铝制的船轻，甚至比通常认为最轻的材料——碳纤维增强塑料还要轻。

此外，船体的镜面抛光表面最大程度地减少了阻力和摩擦，同时改善燃油效率和减少排放，获得更快的速度和灵活性。而且，船舶的性能表现不会随时间推移而变差，因为船体十分光滑，任何降低船舶性能的海洋生物如藤壶都难以附着在船体表面，由此避免了每月由潜水员来清除生物污垢，也无需每5-7年重涂有毒的防污涂料，从而可节省大量的运营成本。

船舶不仅有直接的维护成本，在港口或干船坞上涂漆时也不产生任何收益。

由于超级双相不锈钢不发生腐蚀，因此也无需修理和更换。在使用寿命结束后，不锈钢可完全回收再利用。所有这些好处使船舶在整个生命周期内节省大量成本，更重要的是，可以显著减少排放并消除杀菌剂对海洋生物的影响。

克服焊接难题

焊接薄壁超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢，得到坚固且耐腐蚀性能良好的焊缝，是船舶设计核心强度的一部分。SSY与不锈钢生产商、焊接供应商和工业气体公司合作，开发了专门的焊接技术。事实证明，这些焊缝的强度与不锈钢薄板和纵桁的强度相当，团队对结果的一致性和质量感到满意。得益于轻巧、优化的设计和高效的焊接技术，这些不锈钢船的成本与传统的铝、钢或复合材料建造的船差不多。未来随着产量的增加，不锈钢船的价格甚至比传统材料的船更低。

更大更好的应用

第一艘10.8米的原型船Elvira于2014年首航。这一革命性的船舶设计方法标志着更快、更轻，更敏捷的船舶新时代的开始。第一艘船之后，又有两艘长度分别为7.5米和17.5米的原型船问世，并计划在不久的将来再建造六艘。这些船将在美国、欧洲和其他地方的展览和活动中展出。

该公司开发的耐用轻巧的船舶设计将使许多海洋船舶方面的应用受益，例如，利用太阳能和波浪能发电的静态浮船。第一艘采用超级双相不锈钢建造的波浪发电原型船目前正在测试，这是为瑞典一家电力公司打造



造船厂的原型船不锈钢船体

的。计划最终将集中建造大约100个85米的巨型海洋浮式结构物。如果采用超级双相不锈钢制造船体，则浮船在海洋中的使用寿命可长达50年以上而无需任何维护。

其他潜在的应用包括大型船舶，如长度超过100米的超级游艇和大型游艇，甚至集装箱船和邮轮。采用镜面抛光的含钼超级双相不锈钢来减少船舶的重量和阻力，可在很大程度上降低燃油消耗，进而减少污染。据估计，一艘集装箱船（六个足球场的长度）每年可产生多达5,000吨的硫，相当于五千万辆汽车的排放量。计算表明，双相不锈钢船体可以减少大约20%的燃料消耗和排放。

无论是建造巡逻船还是豪华邮轮，采用含钼超级双相不锈钢的好处都显而易见。轻量化的船体表面非常光滑，在保持其结构完整性和强度的同时，其燃油消耗比传统船舶低得多。同时，无需定期维护保养，也无需重新喷涂有毒的防污漆。由此大大节省了运营成本，也大大减少了对环境的影响。凭借这些优势，超级双相不锈钢在海洋船舶领域的应用前景不可限量。（ST）



拯救流水别墅

“流水别墅”原本是美国匹兹堡一位富有的百货公司大亨和家人的周末度假屋，现在成了建筑师弗兰克·劳埃德·赖特（Frank Lloyd Wright）最具标志性、备受敬仰的作品之一，也是史上最伟大的建筑之一。在建筑的保护方面，含钼316L不锈钢发挥了小而至关重要的作用。



家族和瀑布

1934年，全球经济陷入20世纪最严重的萧条时期，没有工作岗位来刺激经济，世界各地的人们都在努力维持生计。宾夕法尼亚州匹兹堡的百货业巨头埃德加·J·考夫曼是个例外。创建于1871年的考夫曼百货公司已发展成美国东部商品销售业的巨头，是当地经济抵抗大萧条的主要支柱。考夫曼一家在匹兹堡东南50英里处处有一条名为熊跑溪的溪边购买了一处破旧的营地。考夫曼喜欢这里未受破坏的自然环境，尤其是从岩石倾斜而下的瀑布，这种田园诗般的环境是考夫曼一家休闲度假的完美场所。

作为弗兰克·劳埃德·赖特最著名的建筑作品，流水别墅每年都会吸引成千上万的游客。仅在2015年，就有超过16.7万人前往宾夕法尼亚州西南部乡村的月桂高地参观这座传奇别墅。流水别墅这个名字是别墅与瀑布的关系所定义的，溪水穿过别墅并从客厅的下面流出形成瀑布。赖特曾对住在流水别墅的考夫曼一家说过一句著名的话：“我希望你和瀑布生活在一起，不仅仅是欣赏它，还希望让它成为你生活中不可或缺的一部分。”但是，设计一个与自然环境融为一体的住宅面临着结构上的挑战。到了21世纪，流水别墅的关键要素有永远消失的危险，因此必须进行强化修复。作为修复工作的一部分，从客厅通往溪流瀑布的著名楼梯采用了316L不锈钢。





© Western Pennsylvania Conservatory

随着时间推移，腐蚀破坏了这个著名楼梯的钢结构。



© Western Pennsylvania Conservatory

严重腐蚀的钢吊架和混凝土损坏的特写图片

迷恋弗兰克·劳埃德·赖特

考夫曼的儿子小埃德加1934年从欧洲学习艺术归来，一个朋友鼓励他读弗兰克·劳埃德·赖特的自传，年轻的考夫曼对赖特的有机建筑哲学印象深刻，于是他加入了赖特创办的塔利辛学院的一个学徒小组，学习大师的设计理念。至于是考夫曼家族的哪一位成员，是老埃德加还是小埃德加与建筑师联系来设计这个乡村度假别墅，人们存在分歧和争议。赖特接受了委托来设计这座标志性住宅。67岁的赖特被一些人认为已经过了黄金年龄，在设计流水别墅之前，他最著名的作品是纽约布法罗一位企业家的避暑别墅。接受流水别墅的设计任务，使这位年迈建筑师的职业生涯重新焕发生机和活力，他全部作品的三分之一以上是在这之后完成的，包括曼哈顿的古根海姆博物馆。

导建筑居住环境与自然环境之间的和谐相融，他决定将别墅建在瀑布之上。在赖特和老考夫曼这次实地考察的三年之后，流水别墅建成了。

在灾难的悬崖边

尽管“流水别墅”是一个建筑奇迹，但钢筋混凝土的设计和铺筑问题以及重力的影响，从一开始就导致了严重的结构问题。考夫曼一家住了一个月之后，房屋的悬挑部分发生变形和开裂。二楼的主露台裂缝最大。工程师开始监视并记录悬臂平台的向下偏移情况。

“每位建筑师都认可流水别墅是杰作”

Louis Astorino流水别墅的第一位修复建筑师

对于热爱大自然的考夫曼一家来说，熊跑溪度假地一直是他们休闲放松的游乐场。无论是从美学角度还是娱乐功能上，瀑布都是这个别墅最受关注的焦点。一位在这里工作的职员曾经看到考夫曼夫妇和朋友们在瀑布下沐浴！考夫曼设想他们新的乡间别墅会建在熊跑溪的岸边，可以看到瀑布。然而赖特却持不同的观点。在最初的实地考察之后，赖特运用了他的有机建筑哲学，倡

1996年罗伯特·西尔曼工程公司进行的一项大规模计算机分析证实，流水别墅的露天平台一直在偏移或下沉，其中一个露台已偏离原始位置近18厘米。这些发现促使西尔曼工程公司对建筑进行了大规模的修复工作，拯救这一杰作，防止其倒塌。经过广泛评估后，安装了钢索或钢丝束系统，以释放混凝土和现有钢筋上的压力，阻止露台的下沉。

通往瀑布的楼梯

流水别墅的一个独特之处是从客厅通往瀑布的楼梯。当楼梯舱口打开时，可以很方便地走到溪流和瀑布水潭，同时为家里通风。最初的设计标明，要采用钢制吊架从东露台上悬挂楼梯踏板和楼梯平台。而早期的图片记载，除了踏板吊架外，还有较大的垂直钢构件在楼梯平台处将东平台的底部与河床连接起来。随着时间的推移，钢构件的作用变得越来越重要，因为下沉的露台需要更多的垂直结构来支撑。

“舱口”楼梯原始踏板吊架使用的低碳钢多年暴露在潮湿环境中，发生了腐蚀。有时发生洪水时，楼梯有一部分会被淹没，它还充当了残骸废弃物的富集地，给钢支架增加了额外的应力。在60年代的一场狂风暴雨中，楼梯结构被撕裂，不得不进行更换。

为了防止结构将来因腐蚀和碎屑充斥的雨水而损坏，进行修复的建筑师采用含钼316L不锈钢替换了楼梯

吊架及混凝土踏板和楼梯平台内的钢筋。同样的不锈钢也被用来替换支撑东露台的楼梯平台上的结构支柱。暴雨过后，这些结构柱会被淹没在溪流中。316L不锈钢的另一个优点是它可抵抗洪水中碎石残骸的冲击。采用了一种特殊配方的“切诺基红”涂料，将新楼梯与现有建筑融合在一起，赖特声称它既反映了铁矿石的颜色，又反映了炼钢的炽热过程。

传奇持续至今

尽管有种种缺点，“流水别墅”仍然是20世纪最杰出的建筑成就之一，被美国建筑师协会（AIA）誉为“世纪建筑”。2019年，流水别墅与其他7个赖特设计的建筑一起被联合国教科文组织（UNESCO）列入世界遗产名录，这是美国现代建筑首次获得这一殊荣。含钼不锈钢在保持这座无价建筑的美观和结构完整性方面发挥了重要作用。（RB）

➤ 熊跑溪上已完全修复的“舱口”楼梯



机器人，管道 猪和管道

英国的创新机器人通过从管道内部进行检测测量，消除了输气管道挖掘对物流运输和环境的影响。为了承受管道内的极端条件，机器人底盘选用了2507超级双相不锈钢。



想要理解GRAID项目（Gas-robotic agile-Inspection Device，油气管道机器人迅捷检测装置）的巨大价值，需要对过去进行一下回顾。国家油气输送系统始建于20世纪60年代，到2030年，超过60%的输气系统将超过其预期寿命，因此腐蚀和泄漏的风险增加。到目前为止，对于传统管道检测仪或管道猪无法接近的压力管道部分，评估其状况的唯一方法是通过地上勘测和资产寿命建模。这些方法需要挖掘管道，成本高昂且破坏环境。所以，需要一种远程控制的机器人检测装置，它可以在不清扫管道的情况下检查管道的状况。

这项630万英镑的项目于2015年开始，由英国天然气和电力市场办公室提供管网创新竞赛资金。其目的是设计一种敏捷的机器人检测装置，能够检测长约350公里、无法清管的管道，该管道连接英国输气管网中的200个高压装置。这个首创的机器人平台必须能在极其苛刻的物理条件包括高流速、活性气体和高达100巴的压力，相当于通常潜艇所承受最大压力的5倍以上。

这个在线检测项目提出了许多复杂的工程挑战。机器人一旦进入高压管道中，它必须在蜿蜒曲折的管道系统中穿行，这本身就是一个挑战。管道系统中充满了障碍，包括急弯、倾斜、下降和变径。在这个充满活性气体的高压迷宫中，机器人对深埋的管道进行了目视和壁厚的测量，然后数据被转换为有意义的图片进行分析。

节约成本并减少碳排放

国家电网公司与三家公司合作完成了这一项目：Premtech公司绘制了地图，为机器人进行地下跟踪创建了GPS导航，并设计了投放和回收装置以及测试装置；管道工程师通过一系列复杂的计算将测量结果转化为相关数据，Synthotech公司，为这个世界首创项目设计和制造了特殊机器人。

英国国家电网公司利用管道机器人检测装置，详细了解了管道工程的状况，获得了可靠的数据。有了检测机器人，管道的运行管理、维护和更换更具成本效益，并减少了对社区的破坏。检测机器人现已投入运营，预计在20年内可节省成本超过6000万英镑。不仅节约财政资源，每年还可降低约2000吨的碳排放，相当于英国近500户家庭的碳排放量。



为了确保检测机器人能够在管道内恶劣环境中工作，进行了大量的测试。

开发机器人面临的挑战

设计这个创新的机器人用了两年时间。最终的设计必须能承受高压输气管道内的条件。天然气在高压下呈液态，因此流体动力学很重要。当天然气流量达到峰值时，相当于一个200公斤的力在推动机器人，因此机器人必须有很高的强度，同时还具有弹性。

项目工程师最初从大自然——海豚身上获得灵感，为机器人创造出最具活力的外形，以及在高流速条件下使用的特殊皮肤。而随着项目的进展，研究小组意识到机器人较大的底盘影响了其灵活性。重新设计后，采用了双底盘模块的方法，两个定制的底盘将所有的电子装置保护起来。这样设备可以在狭小的几何空间穿行。机器人利用磁道（正在申请专利）附着在管壁上，它能沿着管道的侧面向上行进，避开障碍物，而不仅仅是沿着管道底部移动。

如果没有超强的金属底盘来支撑所有的控制系统、电子设备和摄像装置，则这个机器人检测装置就不可能实现。机器人必须能经受它遇到的任何情况，这一点至关重要，尤其是当它拖着一条经过特别设计、长100米

的脐带缆时。脐带缆包含所有必要的电缆，能够操作和反馈实时图像。Synthotech公司高级首席工程师兼研发负责人约翰·怀特解释了开发机器人系统遇到的挑战，回答了为什么底盘选用了含3.6%钼的超级双相不锈钢。

“世界上还没有人设计出可在高达100 巴压力的环境中使用的机器人，管道内还有活性气体，这对我们来说是个很大的挑战。支撑机器人的底盘的强度也许是它成功的关键”。

“当时有很多材料可供选择，但我们选择了一种超级双相不锈钢牌号—2507，原因有很多。这个超级双相不锈钢含钼，提供了我们所需要的强度。这个不锈钢牌号价格较昂贵，但所获得的好处证明这个选材是物有所值的”。

项目团队也考虑过碳钢等其它材料。但就满足苛刻的标准而言，所选的含钼双相不锈钢展现出自己的价值，并在整个测试中达到预期的效果。

管道梦成真

2017年，在对定制的投放和回收容器进行成功试验之后，对机器人的测试工作加速。测试按照很严格的标准

▶ 特制的试验台，带有90度弯头、等径三通和变径段和一个45度的倾斜部分。



▶ 正在开发中的GRAID机器人的前底盘

准进行，包括在100巴的压力下工作，行进100米的距离并同时收集目视检查和壁厚测量数据，这对于机器人来说肯定不是一项简单的任务。GRAID机器人检测装置拥有复杂的电子和控制系统，包括四个独立的驱动电机、一个脐带管管理系统、七个传输实时图像的摄像装置和一个带有电磁传感器的移动臂。正是移动臂上的这些传感器测量出管壁厚度并识别出任何的腐蚀。

此外，2017年GRAID项目团队还达到了另一个重要里程碑。GRAID管道检测机器人成功地穿行了一个特制的试验台，有90度弯头、等径三通和变径段以及45度倾斜部分。每一次测试之后，机器人都被带回投放容器进行目视检查。机器人必须能返回投放容器（有时还要顶着管道中流体），以避免开挖重要管段完成回收任务这一代价高昂的做法。2018年末，国家电网天然气公司对多个输气站点进行了广泛测试，确认该系统尤其是机器人，达到了预期目的，并准备投入使用。

GRAID项目最初只是一个有关管道的梦想，但通过专业公司的合作和含钼双相不锈钢的使用，这个优雅的机器人系统变成了现实。最重要的是，它帮助国家电网公司运行着一个更安全、更可靠、更高效的油气输送系统。到目前为止，仅英国实施采用了这项技术。然而，这种机器人检测装置可以用于世界各地带有无法清管管段的管道系统。这对天然气和水资源保护可能具有重大意义。无论这些精巧的管道机器人最终结果如何，钼都将发挥重要作用，以确保管道机器人装置在充满挑战性的环境条件下具备优良的性能。(ST)

IMOA 新闻

结构用不锈钢报告会

与许多会议一样，美国钢结构学会（AISC）的“NASCC: 钢铁会议”在新冠疫情期间改为线上进行。会议日程缩减，演讲者阵容包括IMOA和镍协会的冶金顾问工程师Catherine Houska，以及英国钢结构研究所的Nancy Baddoo。他们共同举办了一个题为“用于腐蚀环境、弹性用途和美学应用的结构不锈钢”网络研讨会，线上听众大约1200人。

代表们聆听了一系列的案例研究，这些案例说明了结构不锈钢在建筑中的各种用途，包括高腐蚀性工业和基础设施项目。网络研讨会探讨了不锈钢的应用为何日益广泛，以及不锈钢的结构性能与碳钢和铝的比较。观

众还深入了解了不同不锈钢的特性，并获得了如何针对特定环境和应用选择合适不锈钢的指导。

可在线查看相关信息<https://bit.ly/NASCCstainless>

Nancy Baddoo在评论这次会议时说：“我们很高兴有这么多人加入我们，了解不锈钢结构的好处，特别是在高腐蚀性环境中的好处。建筑结构、能源、制造、基础设施和公共工程行业的结构工程师参加了线上直播会议，反映了当今不锈钢结构应用的多样性。

为了应对建筑结构领域对高性能材料日益增长的需求，AISC正在编写新的结构不锈钢设计规范，该规范将于2021年发布。

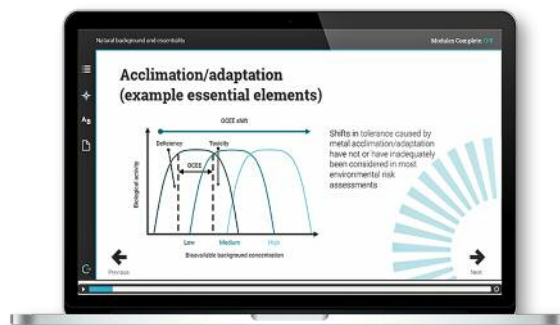
➤ 多伦多市中心的Garrison通道过街桥由2205双相不锈钢制成



金属毒理学与生态毒理学课程上线

金属几乎用于现代社会的方方面面，从交通到能源，从住房到医疗保健，从农业到技术。随着金属使用量的增加以便跟上现代生活的需求，确保广泛了解它们的毒性、管理和对环境的影响非常重要。

现已推出关于金属在毒理学和生态毒理学中的重要性的新电子学习课程。该课程由 Eurometaux、ARCHE 咨询和国际金属和采矿委员会的行业专家编写，由 Chemical Watch 提供。学员将了解金属的特性及其毒性对人类和环境的影响。本课程重点介绍对金属风险进行正确评估和管理很关键的特性和方法。



课程重点介绍对金属风险进行正确评估和管理很关键的特性和方法@chemicalwatch.com

负责评估不同化学品管理系统中金属的监管机构、环境科学专业人士、学者、负责金属相关环境法规的人员以及金属行业的新手都将从这一精心设计且内容丰富的课程中受益。

IMOAs的健康、安全和环境主管Sandra Carey评论说：本课程将使任何参与金属评估的人了解影响金属毒性的金属特性，以及正确评估它们所需的方法和工具。七个在线模块汲取了整个金属行业的专业知识，为学员提供了丰富的信息。

作为一个行业，我们相信确保广泛了解金属的毒性、管理和对我们生活的影响非常重要，尤其对于负责金属监管的人。本课程提供了一种方便、有效的方式来获取宝贵的行业知识。

更多信息参见<http://bit.ly/2XUGLeG>。



Chemical Watch的新课程将帮助学员了解金属的特性及其毒性对人类和环境的影响

出版者：
国际钼协会
英国伦敦 Chiswick High Road 454-458号
www.imoa.info
info@imoa.info
+44 20 8747 6120

封面照片：Alex Pentek，共鸣雕塑，2015年。
316L 不锈钢，高6米，爱尔兰科克郡米德尔顿。© Red Power Media

主编：
Nicole Kinsman

执行主编：
Karlee Williston

撰稿人：
Karlee Williston (KW), Nicole Kinsman (NK),
Stratia (ST), Robert Bukk (RB)

版面设计：
circa drei, Martina Helzel

国际钼协会（IMOAs）已尽一切努力确保所提供的信息在技术上是正确的。但是，IMOAs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。IMOAs、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。