

钼世界

1/2023

- 2 不锈钢桥获大奖
- 5 钼用于生物燃气设施
- 10 无菌不锈钢用于洁净室
- 12 节约成本的超级双相不锈钢
- 16 加了钼，声音更动听
- 19 IMOA 新闻



不锈钢桥获 大奖

桥梁是跨越河流、峡谷和其他障碍的通道，影响着整个地区的生活质量。桥梁设计中采用双相不锈钢有助于避免因桥梁更换和维护而封闭道路。一座新建造的桥横跨世界上最大的河流之一，它采用了 2205 和 2507 双相不锈钢来提高桥梁的强度、使用寿命和耐腐蚀性能。



I-74大桥，官方名称为爱荷华-伊利诺伊纪念大桥，位于寒冷多雪的美国中西部，芝加哥以东约一小时车程的密西西比河上。它通常被称为“双子桥”，因为I-74公路横跨一对拱桥，一座通往爱荷华州，一座通往伊利诺伊州。对于依靠桥梁交通的人来说，桥梁或者预示着安全感，或者意味着被忽视。幸运的是，最近的桥梁更换采用了一些最好的材料，这些材料经过精心挑选，只需最少的维护寿命即可长达百年。

请多加些钼

384 根由 2507 双相不锈钢制成的预应力锚杆将桥梁的八个拱端固定在支撑 I-74 号公路的巨大钢筋混凝土桥墩上。每座桥梁的设计载荷为每天 100,000 辆车，桥梁的锚杆系统需要非常谨慎的设计和细节处理，因为它们的载荷很高，而且经常暴露在浓度很高的氯化物盐中。高浓度的腐蚀性极强的除冰盐（如 I-74 号公路上

使用的氯化镁和氯化钙），再加上桥梁上的交通对高应力锚杆的循环载荷，对结构的完整性构成了威胁。盐浆会进入混凝土板和螺栓连接的钢筋末端之间的缝隙。安全设计必须考虑该区域的密封胶会失效的情况。在钢筋相对较小的表面积上施加极大的拉伸应力，再加上暴露于盐环境中，会造成灾难性的后果：缝隙腐蚀和氯化物应力腐蚀开裂（CSCC）相叠加。因此，设计人员选择了 2507 而不是钼含量较少的合金。较高的钼含量（4%）可抑制腐蚀坑的形成，从而降低了 CSCC 的可能性。

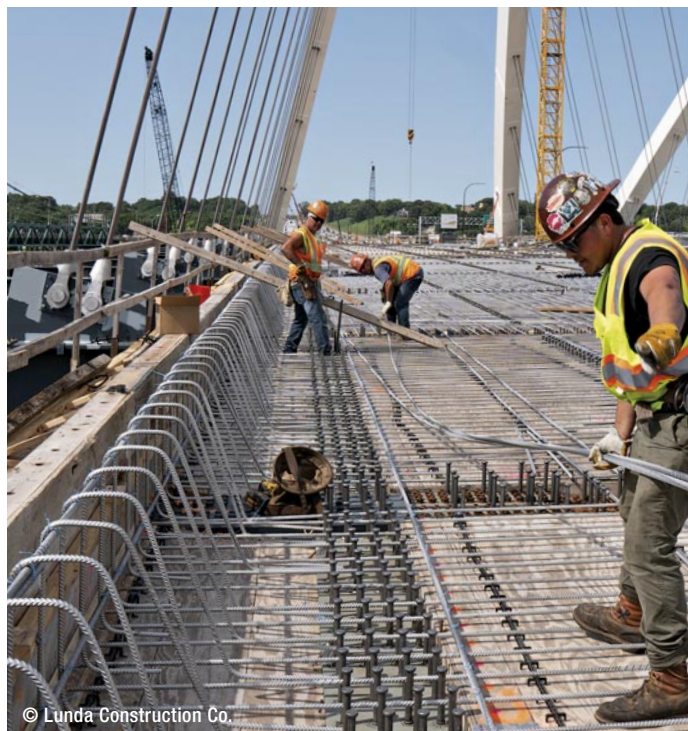
Simpson, Gumpertz & Heger (SGH) 公司的结构研究人员之所以选择 2507 双相不锈钢，除了其卓越的耐腐蚀性能外，还因其很高的强度、良好的低温韧性和应变性能。由于强度更高，设计人员使用的锚杆可以更少，间距可以更大，其结果是并不增加整个项目的成本。对于设计团队的选择而言，超级双相不锈钢的强度和其抗除冰盐腐蚀的性能同样重要。

› 新的白色I-74大桥在向公众开放后不久的样子，绿色的旧桥不久之后就被拆除了



关于除冰盐

氯化钠 (NaCl) 或“岩盐”是截至目前唯一可用的除冰盐。氯化钠在气温低至零下 21°C 时仍有效。当气温更低或需要进行防冰预处理时，可单独或混合使用氯化钙 (CaCl₂) 和氯化镁 (MgCl₂)。在 I-74 号桥上会季节性地使用这两种更苛刻的盐类。低温可以抑制腐蚀反应——当温度达到 10°C，湿度达到 76% 时，氯化钠才会对路面产生破坏作用。而氯化镁和氯化钙的腐蚀性更强，当温度为 0°C、湿度达 45–50% 时即可造成损坏。世界上许多桥梁都是在 20 世纪 60 年代除冰技术开始普及之前建造的，没有考虑到氯化钠的影响，更不用说腐蚀性更强的化合物了。如需了解更多道路融雪盐与结构性能劣化的信息，可查阅 IMO A 官网文章“融雪盐——认清腐蚀威胁”：https://bit.ly/deicing_salt



将 2205 双相不锈钢钢筋固定在拱桥桥面上

采用双相不锈钢

超级双相不锈钢并不是这里使用的唯一不锈钢。双子桥的混凝土桥墩、桥面和防撞栏中还使用了大量 2205 双相不锈钢作为钢筋。2205 双相不锈钢含有 3% 的钼，比旧桥所用碳钢钢筋的耐腐蚀性能高得多。钼抑制腐蚀的能力帮助桥梁达到所要求的 100 年使用寿命。

I-74 大桥也打动了 2022 年大跨度桥梁大奖的评委。这个久负盛名的大奖评选由美国钢结构协会 (AISC) 和美国国家钢桥联盟 (NSBA) 共同组织，表彰该桥在设计上的创造性和创新性。

新旧桥梁之间的差异不言而喻。夜幕降临，新拱桥上淡紫色的 LED 灯在拓宽的桥面上迎接乘客。现在这座桥对行人来说也更加安全了，行人可以通过落地窗欣赏桥下的河景。斑驳老化又狭窄的旧桥，在冬季寒冷、风大和水位波动的河流中，太难进行维护。有了双相不锈钢优异性能的加持，现在人们可以利用这个卓越的基础设施，穿行于美国最重要的交通动脉之一。(KW)

扭紧 2507 超级双相不锈钢锚杆





钼用于生物燃气设施



生物燃气生产系统为绿色能源做出了宝贵的贡献：它们提供电力、热能、燃气和车辆燃料，从而大大减少了温室气体的排放。此外，还有助于减少有机废物。含钼不锈钢由于其卓越的耐腐蚀性能和强度，已被证明是各种生物燃气生产设备的绝佳选择。

生物质燃气生产在全球范围内具有巨大的潜力，因为各种各样的有机材料都可以用来生产绿色能源。原料的范围广泛多样，包括含有生物质的残余废物如污水污泥，家庭和生产过程的生物废弃物以及食物垃圾。畜牧业产生的粪便肥料，以及先前未使用的植物或植物部分也可以得到有效利用，避免宝贵资源的浪费。在一些国家，专门种植的能源作物如玉米作为可再生原材料用于生物燃气的生产。

沼气生产

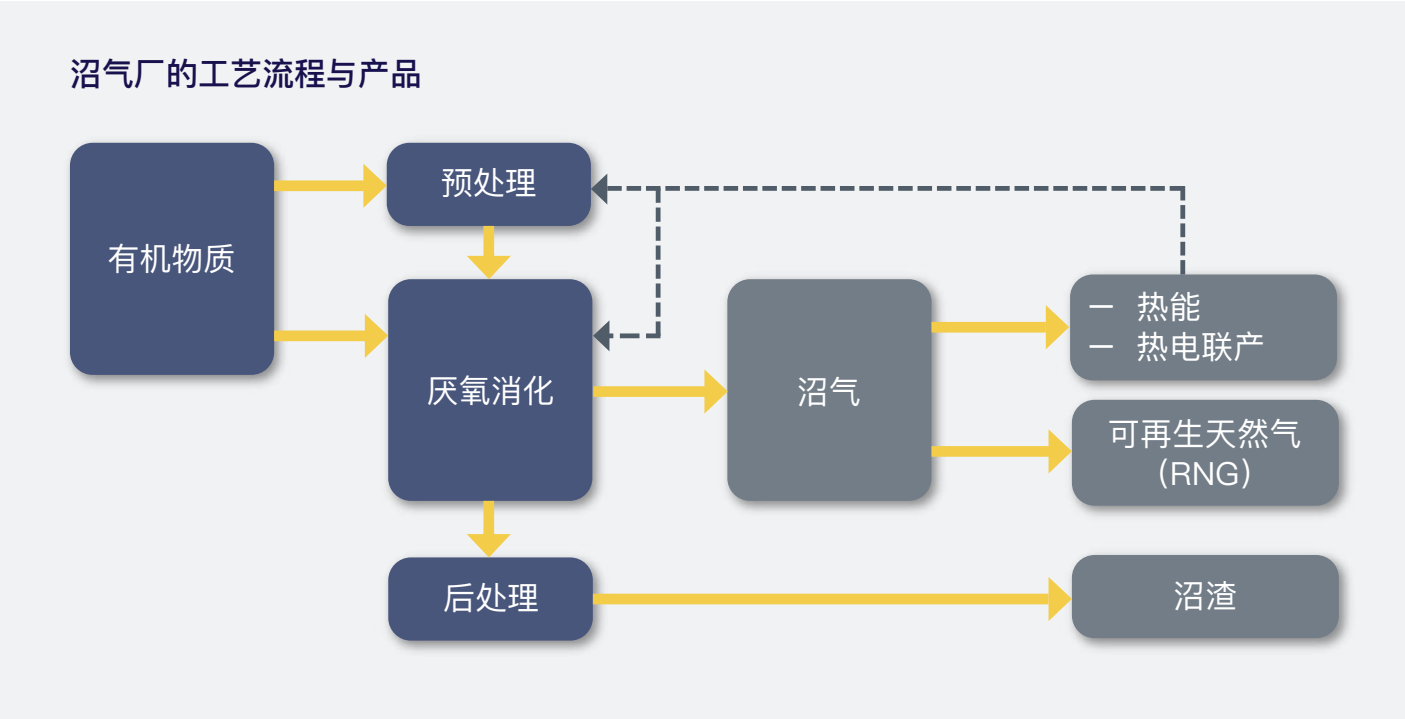
厌氧消化池或发酵罐是沼气生产装置的核心。在无氧环境中，各种微生物，主要是细菌，分多个阶段分解有机物，从而产生沼气。大多数原料必须经过预处理以提高消化率。根据材料的不同，有些会被切碎或磨成更小的部分。生物质的pH值通常在6.5到8之间，也会影响气体的产生。该系统可以通过放热消化过程来自我加热，尽管通常也通过燃烧一些沼气来提供额外的热量。大多数系统的工作温度在25°- 45°C之间，50°C-60°C的更高温度可以更快地产生气体。

沼气含有约60%的甲烷和35%的二氧化碳，还有少量的其他气体。甲烷和二氧化碳都是造成环境破坏

的温室气体。但是，厌氧消化的过程捕获了这些气体，否则这些气体将从有机物的分解中直接排放到大气中。由于甲烷的温室气体增暖潜势比二氧化碳高出许多倍，因此捕获甲烷并将其燃烧成二氧化碳对环境来说要好得多。

在沼气池中产生的沼气通过管网收集并输送到气体储存系统，等待被使用或进一步处理。沼气有多种用途：它可以直接用作加热或烹饪燃料，也可以将其引入热电联产(CHP)发电装置来生产电力和热能。这种灵活性使沼气成为当地一种宝贵的能源资源，适用于家庭、农场、社区和工业领域。沼气或产生的电力也可以输入网络，为更广泛的能源供应做出贡献。此外，沼气还可以进一步加工，从而生产出更高质量的燃料用于改装的公路车辆。这种升级后的沼气，被称为可再生天然气(RNG)或生物甲烷，与化石天然气的品质相似，通常含有90%或更多的甲烷。

消化处理后剩下的物质，称为沼渣沼液，约占输入物料质量的50%。与未经处理的粪肥相比，消化物是一种有价值的肥料，可以大大减少温室气体和气味的排放。消化物营养丰富，可以作为液体或固体肥料施用，从而减少了对昂贵且可能有害的化肥的依赖。





© Erich Stallkamp ESTA GmbH

用两排螺栓将预加工的不锈钢板在垂直方向上连接起来。当一个巨大的环状结构完成后，用千斤顶把它抬起，这样下一个环状结构就可以在反应罐底部组装起来。环状结构在水平方向与特制型材相连接，增强了罐壁的稳定性。所有垂直和水平接缝都被密封。

比混凝土好

混凝土以及碳钢(少数情况下)是目前最常见的消化池材料，主要是因为它们的初始成本较低。然而，建造混凝土沼气池必须规模较大才具有成本效益，其建造需要重型机械，属于劳动密集型，并且需要很长的时间来固化。定期维护对于防止沼气池的泄漏至关重要。泄漏的气体、水和气味会给工厂及其周围地区带来严重的问题。但是，即使使用了特殊的涂层，混凝土和碳钢消化池也很难避免腐蚀问题。

而不锈钢沼气池可以进行快速安装，不需要重型机械、脚手架或吊车。沼气池通常为圆形，直径可达35米，用螺栓将不锈钢板各部分连接起来进行现场组装。沼气池是从顶部开始，一圈一圈建造的。然后用简单的千斤顶将部分建成的池体抬起，为下一圈的组装腾出空间，直到达到所需的高度。通过预加工和建造，可实现池体的精确配合和个性化设计。由于池体采用分段设计，因此后期可以很方便地垂直扩展加高。即使在使用多年之后，沼气池也可以拆卸并在不同的地方重新建造。在其漫长的使用寿命结束后，不锈钢可以100%回收再利用，作为有价值的废料出售。

避免腐蚀

有机酸、硫化氢或氯化物等腐蚀性化学物质是沼气生产过程中不可避免的副产物。这些副产物的类型和浓

度取决于发酵原料的成分和沼气池内的操作条件。通常未经处理的植物性原料产生的副产物腐蚀性最小。但是，如果原料中含有肉类或鱼类加工的残留物，则可能产生较高含量的硫化物。同样，如果原料中含有方便食品或食物残渣，则可能存在氯化钠，从而增加了腐蚀性。沼气在进入热电联产发电装置之前必须进行脱硫，脱硫也会产生高腐蚀性的副产物。

沼气池内的搅拌器帮助混合不同的原料成分，使生物质的温度均匀，减少结壳的形成。内部加热系统确保生物质温度的恒定。柔性波纹不锈钢管增加了多达50%的表面积，实现持续的最佳传热效果。



© WELTEC BIOPOWER

日本是世界上地震最频繁的国家。尽管它仍然严重依赖化石燃料，但可再生能源已经占能源总产量的五分之一。不锈钢沼气池具有很好的抗震性，可以轻松定制，以满足抗震要求和当地的风荷载规范。这家位于东京附近埼玉县的新工厂，每年将1.2万吨有机废物（包括附近农场的牛粪）转化为能源。三个用于原料储存、消化和消化物储存的不锈钢池确保了沼气生产过程的高效和持久。



管理沼气生产中的腐蚀性化合物对于防止设备损坏至关重要。维修和重新启动沼气池是一个复杂而耗时的过程，因此一开始就使用耐腐蚀的材料是关键。幸运的是，有各种不锈钢牌号可供选择，可以选择性价比高的材料。通过选用适合的耐腐蚀不锈钢牌号，可以减轻腐蚀性化学物质的负面影响，这将确保消化池和贮存池以及泵、阀门、搅拌器、管道、管件和净化设备等其他部件在整个使用寿命期间的无故障运行。

例如，一个沼气池可以分为上下两个区域，下部充满液体和固体生物质，上部是气体区域。交界面的飞溅

区或潮汐区特别容易发生腐蚀，因为在干湿循环过程中，腐蚀性物质会聚积于池壁上。为了解决这个问题，上部通常采用更高合金化的不锈钢牌号如2205双相不锈钢。对于永久浸没在底部的部分，可以使用较低合金化的不锈钢如2101双相不锈钢。这些含钼不锈钢对于每个特定的环境都提供了足够的耐腐蚀性和耐久性。采用双相不锈钢代替标准的奥氏体不锈钢如304或316不锈钢，还具有另一个优势。在某些情况下，双相不锈钢的高强度使池壁得以减薄，从而减轻重量，从而使其成为一个高性价比的解决方案。



北爱尔兰贝尔法斯特附近的一家食品物流公司，采用创新方法，利用其服务的超市杂货店的食物垃圾为其卡车车队提供燃料。每年有来自40多家超市的17500吨有机物质被转化为可再生天然气。剩下的食物经过巴氏灭菌、切碎和均质化处理后，在两个容量各为2625立方米的不锈钢消化池中进行厌氧消化。为了将其用作卡车燃料，每小时有450立方米的沼气被升级为可再生天然气。该公司的卡车车队采用这种生物燃料，其碳排放量比传统的柴油卡车减少了93%，效果令人赞叹。



芬兰西南部图尔库附近的沿海地区以畜牧业为特色。在这一地区，一座 250 千瓦的沼气生产厂每年使用约 40,000 吨猪粪作为其唯一的原料。产生的热能为 4903 立方米的不锈钢消化池提供动力，同时也为附近的养猪场提供热能。沼气厂的整个运行过程是全自动化的，最后一步是沼渣的分离。压缩沼渣使其更易于运输，从而可以将多余的肥料转移到需要的地区。最重要的是，通过处理粪便，沼气厂还能积极防止本已脆弱的当地水路航道和波罗的海中营养物质的富集。

展望

沼气厂可轻松适应电力需求的变化。随着可再生能源所占比例的不断增加，沼气在满足高峰需求和平衡风能和太阳能等其他可再生能源间歇期方面的灵活性变得越来越重要。世界各地都有生产沼气或生物甲烷的潜力。根据国际能源机构 (IEA) 的报告《沼气和生物甲烷展望》(2020 年)，随着当地收集物流和供应链的发展，到 2040 年，用于沼气类用途的可持续原料的利用率将增加 40%。

国际能源署报告中研究的大多数生物甲烷资源目前的生产成本都高于其所在地区的天然气价格，但随着时间的推移，预计成本差距会缩小。认识到避免二氧化碳和甲烷排放的价值对提高生物甲烷的成本竞争力大有裨益。总体而言，在天然气价格上涨的同时，沼气生产成本预计将略有下降。俄乌战争会给天然气价格带来上行压力，加上沼气生产在减少有机废物排放方面的潜在环境效益，现在比以往任何时候都更有动力提高沼气的产量。(MH)

德国马格德堡附近的 Könnern 工业园区拥有世界上最大的沼气精炼厂之一，该厂于 2009 年开始运营。这座令人印象深刻的工厂每年处理大约 12 万吨原料和液态粪便，这些原料和粪便由大约 30 位当地农户提供。据运营商 WELTEC BIOPOWER 称，该厂每年生产 1500 万立方米生物甲烷，足以为大约 1 万户家庭供电，或为 9000 辆汽车提供年行驶里程 3 万公里的动力。该工厂的储罐、泵和其他系统使用了超过 1500 吨的不锈钢。





无菌不锈钢用于洁净室

在研究病毒、制造电脑芯片或药品装瓶时，比沙粒小100倍的粒子都可能会带来灾难。像这样超级灵敏的工艺步骤是在洁净室中进行的，这是世界上最精密控制的空间。316不锈钢广泛应用于这一领域。

研究人员如何能够在不危害公众健康的情况下研究疾病和其他危险物质？许多药品和大多数计算机芯片是在哪里制造的？答案是洁净室。洁净室是一个封闭、严格监控的区域，规定了每立方米粒子的最高数量。洁净室的种类有很多，服务于各种目的和行业，但大多数洁净室用于制造敏感产品如心脏起搏器。有些洁净室的空间大小只有几个平方米，有些则贯穿整个工厂车间。这些重要空间的内部依靠不锈钢家具，一些洁净室甚至用不锈钢墙板建造。为什么？因为不锈钢，特别是含钼的316不锈钢，能够耐受反复的化学清洗而不劣化。最新的ISO标准要求比以前添加更高浓度的氯和更多的过氧化氢，使化学清洗的侵蚀性更强，316不锈钢在某些洁净室中的应用可能会更加广泛。

杜绝污染

所有洁净室都遵循国际标准化组织(ISO) 14644标准，该标准规定了允许的粒子浓度和大小。温度和湿度也有严格规定。洁净室有九个级别或“等级”。对于每一

➤ 用于医疗设备制造的洁净室内部有各种不锈钢家具和装置



© Terra Universal

个等级，允许的粒子数量减少10倍。所要求的具体分级取决于洁净室内工艺操作的敏感性。一般来说，5级被认为是极高洁净度的分界线，若洁净度低于该阈值，比细菌小的粒子会对工艺操作构成风险。生物技术行业要求操作在洁净度5级或更低等级下进行。

甚至进入洁净室也是一件复杂的事情。工作人员通常在一个单独的更衣室里穿上长袍和其他防护装备，他们必须小心翼翼地慢慢移动，以免在穿衣服时皮肤颗粒污染长袍的外面。之后，根据应用情况，他们可能会通过一个净化风淋室。之所以有这个严格的规程，是因为在洁净室工作的人员是最大的污染源。人除了每天掉头发和其他颗粒物外，平均每天还会脱落10克皮屑。穿上特制的防护服会有所帮助，但还不够。庞大的暖通空调系统循环空气，过滤掉那些不可避免进入环境的粒子。当然，每件东西都必须定期擦洗干净。清洁过程中对设备或家具的损伤，即使是轻微的，也可能导致整个操作中断。

316不锈钢含有2%的钼，为频繁接触过氧化氢等清洁化学品提供了额外的防腐保护。如果没有钼的抗点蚀能力，较低合金化的不锈钢会因为反复清洗而产生缝隙和凹坑，成为细菌的绝佳藏身之处。

➤ 这种多孔的移动梯子就是一个家具需要严格清洗的例子，因为人们反复踩踏它



© Terra Universal



© Terra Universal

➤ 这个不锈钢洁净室的特点是有有一个集成的风淋室和通过室，以最大程度地减少污染物的流入

确定表面要求

洁净室中的每一个表面都有可能产生问题。不锈钢是解决问题的关键，因为它是唯一表面可以被抛光打磨得极其光滑的常用建筑材料。光滑的表面减少了显微镜下表面波峰波谷之间的变化幅度，这里正是腐蚀性清洁化学品可能会滞留的地方。如果清洁后没有彻底清除，这些残留的化学物质会随着时间的推移而造成腐蚀。表面粗糙度也会影响物体与环境的相互作用。更光滑的表面磨损较小，减少了与其他表面(如戴手套的手)接触时的摩擦。磨损会导致微粒释放到大气中，因此对清洁卫生构成威胁。

洁净室代表了一个不断增长的市场，316不锈钢的卫生特性在此大放异彩。受到人口众多、中产阶级不断壮大的国家如印度、中国、尼日利亚和其他国家医疗保健行业快速增长的驱动，未来十年对洁净室操作的需求可能会上升。世界范围内监管框架的不断扩大也支撑了对更多洁净室、更先进的洁净室设备和更严格的清洁制度的需求。含钼不锈钢是服务于这一不断发展的关键行业的一种理想的低维护材料。(KW)



节约成本的超级双相不锈钢

不锈钢材料量化的优势往往是未来可见的，即减少了整个使用寿命期间的维护并降低了生命周期成本。而不锈钢尤其是高强度的双相不锈钢，有时会成为初始投资中最经济实惠的选择！下面的案例研究讨论了工厂废气排放烟囱的更换方案中，为什么采用2507 超级双相不锈钢建造的烟囱，其成本低于耐候钢烟囱。



© Industeel

2017 年，一家烧结厂的排气烟囱在恶劣天气中发生部分坍塌。该烧结厂主要生产铁矿石粉烧结料，为邻近的高炉冶炼提供原料。巨大的烟囱高约 60 米，直径 3.7 米，采用双层设计，由 6 毫米厚的耐候钢内壁、隔热层和镀锌钢板外层组成。这种设计依靠隔热层将烟囱内的温度保持在露点以上，以避免内表面产生腐蚀性冷凝液。然而，在海边工业厂房恶劣的使用条件下，隔热保温层开始老化。事实上，坍塌前的检查显示，在隔热层老化的位置，耐候钢的壁厚严重减薄。

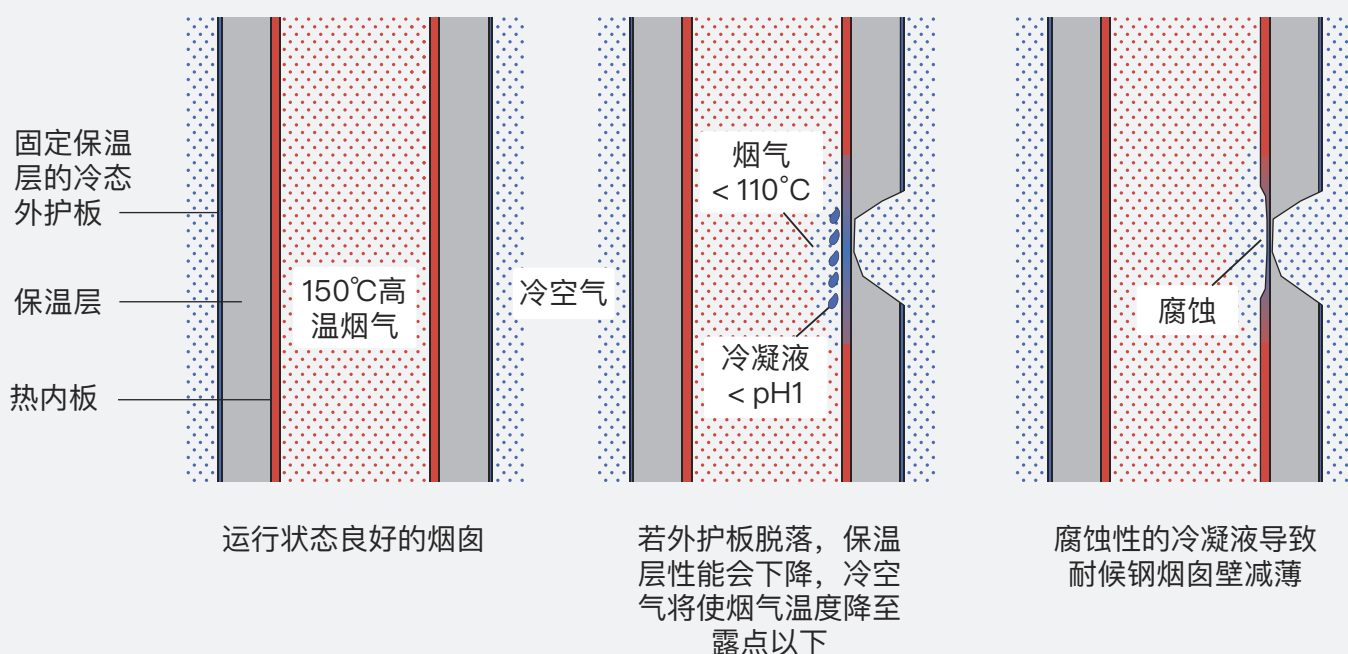
在竞争中脱颖而出

由于排气烟囱折断成两半，工厂需要一个快速有效的替换方案，并可显著提高耐腐蚀性能。Industeel公司协助进行了腐蚀测试，并在探讨可能的替换方案上提供了技术支持，考虑了几个关键的操作和环境参数。该工厂位于靠近海洋的工业环境中，每年温差很大，常常有强风。

该工厂全天候运行，平均烟气温度为 150°C 。烟气的酸露点为 110°C ，pH值为1，酸性极强，这意味着当温度低于 110°C 时，烟囱中会形成高腐蚀性的冷凝液。空气中的海盐使这种腐蚀更加严重。对烟囱中的颗粒物进行分析发现，氯化物的含量远远高于耐候钢所能承受的水平。

近60米高的排气烟囱很难检查和维护。它的三层设计是一把双刃剑：虽然各层之间相互保护，但一旦内层受损，就很难进入进行检修，甚至连测量最内层材料的厚度都很困难，这就影响了检查的完整性。由于烟囱的使用寿命没有达到预期的20年，因此对各种具有更强抗腐蚀能力的更换设计方案进行了评估。与原始设计相比，所有替代方案都具有更强的抗腐蚀能力，但它们各有利弊。例如，其中三种设计由于壁厚和重量增加，需要建造新的地基，这不仅成本高昂，而且会延长施工时间。另外两种方案则需要更昂贵的建筑材料（基于每公斤成本计算），但它们避免了隔热层的成本，而且可以在现有地基上建造。采用 2507 超级双相不锈钢或 904L 不锈钢的两个单层设计方案都能抵御使用环境的腐蚀。

隔热排气烟囱的腐蚀机理



	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
材料和设计	带内防护衬里的双层耐候钢壳体	自支撑单层 2507 超级双相不锈钢	自支撑单层 904L 奥氏体不锈钢	带内防护衬里的双层 316Ti 不锈钢壳体	钢筋混凝土结构壳体 / 耐火砖内衬
保温层	有	无	无	有	无
腐蚀防护	加厚壳体（↑腐蚀余量）外加衬里	不需要	不需要	加厚壳体（↑腐蚀余量）外加衬里	不需要
地基	新建	现有的	现有的	新建	新建
交付时间	9个月	7个月	7个月	9个月	现场施工12个月
预期寿命	20年	30年	30年	20年	50年
烟囱和地基的成本	参照值 = 100	88	100	100	128

能够承受冷凝液腐蚀的两个不锈钢解决方案（方案2和3）是兼顾简便、更换速度和使用寿命的最佳组合。超级双相钢由于其更高的强度和更低的合金成本而成为成本最低的解决方案。

而2507 双相不锈钢的耐腐蚀性和强度都较高，因此可以减小壁厚。通过减薄壁厚、提高强度来节省材料，往往能显著降低成本，本案例就是如此。上表总结列出了各个方案的相对成本、施工时间和相关设计要素。

更少的材料，更长的使用寿命

根据候选设计方案的成本、时间和预期性能，选择了方案2对烟囱进行更换，即采用2507超级双相不锈钢

在加工车间对2507超级双相不锈钢烟囱节段进行加工制造





➤ 烟囱是分段运输的，在现场用螺栓固定在一起。梯子和平台直接连接到自支撑烟囱壁上。这比在双层烟囱中通过外层和厚厚的保温层将它们锚定到结构内壁上要简单得多

制造的单层烟囱。这种双相不锈钢含有约 3.5% 的钼，且氮的添加量约为 0.25%，铬、钼和氮的组合具有出色的抗局部氯化物腐蚀的能力。

由于这种设计方案不涉及隔热，因此避免了隔热材料维护方面的费用，还有可能延长检查的间隔时间。此外，单层设计比双层设计更容易检查出壁厚的损失。这个研究发现 2507 双相不锈钢替代方案的投资成本最低，而如果将总的使用寿命成本纳入评估，则它比其他方案节省的成本更多。

烟囱的更换采用 6 毫米至 10 毫米厚的不锈钢冷成型板并焊接成巨大的圆环。钢板在制造厂焊接成可以运到施工现场的烟囱长度，运到现场安装。就像一个巨大的环形塔一样，每一个圆形焊接板都用一台巨大的起重机放在下一个环形板的顶部。更换后的烟囱于 2019 年夏季完工并投入使用。

烟囱自安装完成后，没有出现任何问题，应该在未来 30 年或更长的时间内，持续提供低维护的服务。该案例研究说明，双相不锈钢的高强度和优异的耐腐蚀性不仅能减轻重量，还能立即节约成本。不锈钢还是地球上回收利用率最高的材料之一，因此，在使用寿命结束时，至少有一部分初始投资可以作为废料价值收回。在充分考虑使用寿命和维护需求的情况下，有时看似奢侈的材料却被证明是最经济实惠的选材。（JF）

➤ 多年来，烧结矿厂的铁矿石粉尘在烟囱表面积聚成红褐色沉积物，但由于超级双相不锈钢具有出色的耐腐蚀性，这些沉积物不会对烟囱造成任何损坏



> 加了钼，声音更动听

钼的某些用途不像其他用途那样明显，比如帮助创造声音和音乐。从实用的口哨到重达 2.5 吨、会喷火的管风琴，各种声学装置中都有钼的身影。在发出声音和传播声音方面，含钼不锈钢贡献了抗磨损和抗撕裂的性能。



与钢琴不同，管乐器在出厂时都没有经过“工厂调音”来产生正确的声音，小号尤其如此，其声音的形成取决于整个乐器的结构：气息的调节、嘴唇的动作和唇部肌肉之间的完美同步。如果吹奏者没有发出正确的音符，即使他们按下正确的活塞阀，也会产生错误的音调。制造乐器的不同材料具有不同的特性，而这些特性对于声音的产生和控制同样不可或缺。钼可以提供某些应用如盐雾中吹响的雾角所需要的硬度或耐腐蚀性。

铜管乐器吹嘴

多年来，小号吹嘴已成为制造技术上的小小瑰宝，它在数字铣床上加工成一个或多个部件，精度可精确到百分之一毫米。传统的吹嘴由黄铜制成，有时还会镀银，近几十年来，改用 316 不锈钢制成的吹嘴越来越受欢迎。黄铜是一种非常柔韧的材料，可吸收振动。这种吸音效果导致声音通常比较柔和，较难导入到乐器中，听不出细微的差别。而坚硬的不锈钢则能更忠实、更轻松地将最细微的振动和变调导入到乐器中，使音乐家获得更强的掌控力。尽管铜管乐器柔和温暖的音色受到欢迎，但不锈钢的音色更清脆，适合不同类型的音乐。

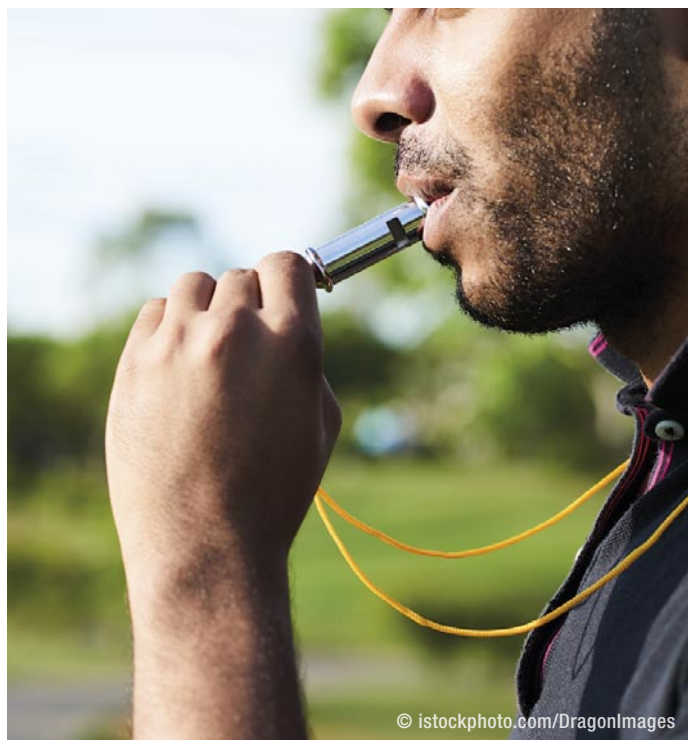
精密的 316 不锈钢吹嘴具有最坚硬、最致密的表面。计算机数控 (CNC) 机床加工的音杯和边缘轮廓可以适应音乐家的嘴形甚至牙齿形态。这种级别的定制化程度可以提高演奏的舒适度，并为演奏风格的尝试提供更多可能性。有些演奏者还会对黄铜产生过敏反应，不锈钢提供了一种相对不易过敏的选择。

同样有趣的还有萨克斯管吹嘴。这些吹嘴通常由木材、硬橡胶或塑料制成，但也得益于不锈钢的特性。316 不锈钢中含有 2% 的钼，有助于抗腐蚀，防止性能退化和演奏特性的改变。不锈钢的硬度允许吹奏中超快的响应时间来实现萨克斯管丰富的泛音。使用不锈钢制造的吹嘴也无需进行表面电镀，这对于那些对镀镍敏感的人来说是一个重要的好处。

一声轻微的哨响，发出了强烈的警示！

口哨声不如铜管乐器的音乐悦耳动听，它在特殊的

情况下响起。例如，在体育比赛中，裁判员的哨声会盖过体育场狂热喧嚣的叫喊声！在户外发出紧急或求救信号时，衡量音量大小的分贝数也至关重要。一个信号必须达到 120 分贝才能在几公里外被听到，比如在船上或荒野中。



➤ 体育裁判用的哨子声音在 100–120 分贝之间，比电锯还响！

在训练动物如狗或鸟等较平和的环境中，调节音调的能力是关键。与通常由塑料或轻金属制成的普通口哨不同，训练口哨具有特殊的形状，可以发出由使用者轻松控制的强劲声音。这种强大的音量和音调可以让猎人或农民在几公里外就能召回他们的动物。一些专业的训犬口哨能够发出人类听不到的高频率声音，它听似无声的耳语，远在田野外的猫狗却能听到！这些训练口哨通常要求材料能够抵御恶劣的使用条件如长期暴露在水中或潮湿环境中。此类口哨采用 316 不锈钢或更常见的 440 不锈钢（钼含量达 0.75%）。440 不锈钢是一种马氏体不锈钢，其硬度有利于声音的良好传导，保证哨子的坚固并防止轻度的腐蚀。

其他重要的听觉信号来自轮船喇叭和卡车喇叭，喇叭由 316 不锈钢制成。这种材料可以抵御道路盐分和繁忙交通带来的含盐或高污染环境，并能发出不太和谐的强劲鸣笛声！

铃铛：护人亦护己

家畜项圈上的铃铛也会发出金属的叮当声。但是对于可能成为捕食者的宠物来说，铃铛声会在最轻微的移动时触发，从而向小动物发出警告。这也会吓跑熊，让它们远离佩戴铃铛的徒步旅行者。316不锈钢制成的铃铛无论在污染、潮湿或盐雾等任何天气下佩戴，其使用寿命有可能超过使用者的寿命。这些铃铛具有数十年的抗腐蚀和抗磨损性能，是许多徒步旅行者和户外专业人士的必备之物。

最后，穿着皮衣的摩托车手还会在他们的摩托车上安装幸运铃铛，据说这样可以抵挡道路两旁的妖魔鬼怪。这些316不锈钢“惩罚者”悬挂在尽可能靠近地面的钢支架下，在排气管的烟雾中，它们既不怕污染，也不怕邪恶的“小妖精”！



据说，敲响“妖怪铃铛”可以刺激和驱散潜伏在道路上的妖怪

喷火管风琴：不锈钢的火热颂歌

喷火管风琴作为真正的声音雕塑，是对 19 世纪一种实验性乐器的戏剧性再创造，其结果十分壮观！这架

艺术家米歇尔-莫利亚用火风琴和火焰喷射器进行表演



大型喷火乐器是一位法国艺术家创造的独特作品，位于留尼旺岛，处于腐蚀性的海岸环境和许多燃气炉的高温环境。这个火焰和声音的“野兽”很适合在半昏暗的环境中演奏以更好地点燃人们的感官和想象力。其原理很简单：按键点燃的热气流喷射到风琴管中，管子随之振动，创造出一场真正的超自然音乐会，其音效既有动物的叫声，也有火山沉闷的隆隆声，不一而足。

火风琴或“爆炸管风琴”可追溯到 1873 年，当时作曲家兼音乐家弗雷德里克-卡斯特纳首次为一种使用氢气和玻璃管的“爆炸”管风琴申请专利。发明者承认操作他发明的管风琴“有一定程度的危险性”，并努力推广这项发明直至其30岁英年早逝。在将近 140 年后，新的火风琴使用了70根316不锈钢管，其长度从 2 米到 9 米不等！如果不是 316 不锈钢中 2% 的钼具有神奇的抗腐蚀性能，就不可能有这个精美的乐器和海滨音乐会。

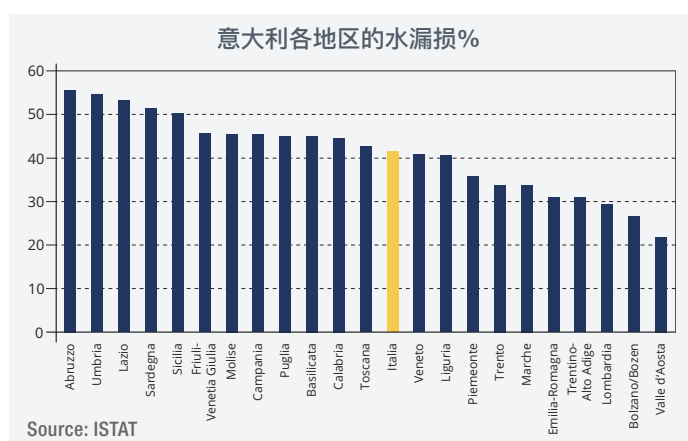
这些声音装置体现了钼对艺术的微薄贡献。特别是不锈钢的硬度使其能够发出独特、清脆、精确的声音。除了精确度，含钼不锈钢的抗腐蚀特性还有助于确保安全。人们可以信赖不锈钢材料制成的声音装置，它们可以穿透咸涩的海雾，引导船只靠岸，在清晨的卡车运输路线上预警，还可以远距离召回（或驱赶）动物。（TP）

意大利开展不锈钢供水管线试验

意大利遭遇 70 年来最严重的干旱与异常高温，凸显出当地供水基础设施的脆弱性。2022 年，政府宣布进入紧急状态，多个地区被迫实施节水限水措施。

中国台北市也曾面临类似甚至更为严峻的问题。2002 年，一场严重干旱导致全市停水长达 60 天。为避免此类情况再次发生，台北水务部门认为必须最大限度利用现有水资源。当时供水管网漏损率超过 25%，其中 95% 的漏损发生在配水末端，即从街道主管道连接至居民、商户及公共建筑的供水支管。到 2021 年底，这项为期 20 年的大型水漏损控制工程已实施 15 年，通过更换老旧支管（采用部分波纹不锈钢管等多种措施），漏损率已降低了 50% 以上。事实上，台北水务部门如今还将富余水量售予邻近供水单位。意大利多家水务公司希望能取得类似成效。

意大利老化的供水管网水漏损率位居欧洲前列。许多水务公司漏损率达 50%，部分甚至超过 70%。



目前有三地正考虑采用部分波纹不锈钢管解决方案：厄尔巴岛、法布里亚诺和贝卢诺。在完成小规模试点安装后，相关方正与水务公司商议开展 100~500 个连接点的概念验证试验。所有管道都将采用含钼 316 不锈钢管。另有第四家水务公司有意进行更大规模安装（1000 至 1500 条管线），用于一项重要任务：为 2016 年地震灾区重建提供支持。

全球供水漏损率约为 30%，部分地区水漏损量远超过一半。而被浪费的不只是水资源。全球每年约 4% 的电力用于输配水，其中三分之一因漏损而浪费。从局部看，电力浪费更为惊人。同样饱受干旱困扰的美国加利福尼亚州，近三分之一的天然气用于饮用水输送（主要消耗于抽水环节）。尽管加州漏损率显著较低，但电力浪费仍超过全球平均水平。如此巨大的资源损耗已不可持续。

钼标志试点工作加速推进

2021 年，国际钼协会开始与铜标志组织合作，共同开发用于证明负责任生产实践的钼行业专属方案。这一合作促成了“钼标志”的诞生，它是铜标志《负责任生产标准》体系内针对钼行业的保障框架，旨在帮助生产商应对市场对负责任采购日益增长的需求以及日趋严格的监管要求。

目前，已有两座原生钼矿获得钼标志认证，11 座伴生钼矿获得钼标志延伸认证。自 2022 年 11 月启动以来，已有五家钼焙烧厂和钼铁生产厂确认参与钼标志试点项目。另有三个将钼作为伴生矿的铜矿正在等待钼标志延伸认证。如需了解更多信息，请访问铜标志组织网站。

IMOA喜迎两位新会员：

- 荷兰 Euro-Rijn 全球物流有限公司
- 澳大利亚纽克雷斯特矿业有限公司

新会员将享有国际钼协会会员的各项权益，包括获取市场动态与研究成果、获得健康安全环境指导及法规事务协调、参与全球市场发展计划，以及在会员活动中行业交流拓展人脉。

2023 年IMOA年度会员大会预告

本年度年度会员大会将于9月在智利圣地亚哥举办，由Sierra Gorda S.C.M 友情承办。大会将汇聚一众重磅演讲嘉宾，议题涵盖碳足迹、钼终端应用及市场展望等领域。Markus Moll 将主持一场专题小组讨论。会议期间，会员们将有诸多交流机会，包括由 Sierra Gorda 与 IMOA 联合举办的晚宴，以及由Molymet 承办的招待酒会。会员可登录国际钼协会官网的会员专属区域查询详细信息并完成注册。

AIA 建筑与结构用不锈钢系列网络研讨会

国际钼协会（IMOA）作为美国建筑师学会（AIA）的继续教育课程提供方，已举办多场网络研讨会。美国建筑师学会的影响力不仅遍及美洲，更辐射全球。上述研讨会由钼协会联合主办，会议视频回放可在国际钼协会 YouTube 频道观看。



卡内基梅隆大学本科生讲座

2023 年 3 月，国际钼协会（IMOA）技术总监 Nicole Kinsman 博士在美国匹兹堡的卡内基梅隆大学，为一众热情高涨的本科生主讲了不锈钢可持续应用主题讲座。来自环境政策、机械工程、计算机工程等多个专业的逾 150 名学生参加了本次报告会。Nicole 本人也是卡内基梅隆大学校友，她在讲座中介绍了不锈钢在环保方面的优势，重点围绕使用寿命、维护更换、轻量化等内容展开。这场广受好评的活动，体现了国际钼协会致力于向专业人士、学生及公众开展科普教育的承诺。



IMOA会员折扣

IMOA 会员参加 2023 年 10 月 15 日至 17 日在美国奥兰多举行的 Ryan's Notes 铁合金会议，可享参会费 10% 的折扣。欲了解更多信息并注册，请访问 <https://bit.ly/3Yc7jH8>。

IMOA 会员参加 2023 年 9 月 26 日至 28 日在荷兰马斯特里赫特举行的不锈钢世界会议暨展览会，亦可享参会费 10% 的折扣。欲了解更多信息并注册，请访问 <https://stainless-steel-world-event.com/>

会员可通过电子邮件 info@imoa.info 联系 IMOA 办公室获取折扣代码。

出版方：

国际钼协会
英国伦敦 Chiswick High Road 454-458号
W4 5TT
www.imoa.info
info@imoa.info
+44 20 8747 6120

总编辑：

Nicole Kinsman

执行编辑：

Karlee Williston

特约撰稿人：

Karlee Williston (KW), Martina Helzel (MH),
Jim Fritz (JF), Thierry Pierrard (TP)

版式设计：

circa drei, Martina Helzel

封面图片：横跨密西西比河的I-74大桥的施工建造 © Lunda Construction Co.

国际钼协会（IMOA）已竭尽全力确保所呈现信息在技术上的正确性。然而 IMOA 不对《钼世界》（MolyReview）中所包含信息的准确性，或其适用于任何一般或特定用途作出任何声明或保证。敬请读者注意，本刊物所刊载的资料仅供参考；在未事先获得专业建议前，不得依赖或将其用于任何特定或一般用途。IMOA、其会员、员工及顾问明确声明，不对因使用本刊物所刊载信息而导致的任何损失、损害或伤害承担任何形式的法律责任或义务。