

钼世界

2/2021

- 2 绿植幕墙的背后
- 5 厨房中的钼
- 8 不锈钢“消失”在空中
- 12 圣玛丽大教堂起死回生
- 16 钟表滴答计时靠什么？钼！
- 19 IMO A 新闻

绿植幕墙的背后

在人类历史的大部分时期，建筑方法都是根据当地的气候条件发展起来的。但近几十年来，看似无限的能源、劳动力和唾手可得的建筑材料，使建筑师、开发商和客户忽视了这些久经考验的技艺。越南的一家新工厂重新审视了该地区的传统建筑方法，并将其与现代材料相结合，创造出壮观、可持续的、由含钼不锈钢绳索和丝网制成的绿色植物外墙。

绿植外立面可吸收二氧化碳、吸附灰尘和空气污染物、降低噪音并通过遮阳和水份蒸发来减少能源需求。随着人们对可持续建筑方式的认识不断提高，绿植外立面的应用深入人心，特别是在大城市和住宅区域。而工厂区那些全空调的大型生产车间不仅消耗大量能源，而且还铺砌了大量土地，阻止了雨水的排放，那么绿植外立面在这样的工业区应用前景如何？

越南的金融中心和最大的城市胡志明市（前西贡）以北的地区就是这样一个工业区。自1986年越南经济改革以来，该国经历了快速增长，特别是在制造业。越南放弃了中央计划，允许外国公司投资开设分支机构。工业园区在几乎没有监管的情况下以极快的速度在城市郊区兴起，并继续向外扩张，导致了严重的环境问题。

历史传统上，炎热气候下和热带地区的建筑依靠开放式外立面或外墙的开口来调节内部温度。但新建的工厂完全封闭并装有空调，成本和能源消耗巨大。建筑物以及相关道路和停车场的修建也造成土壤被有效地密封，阻止了雨水的排放，因此该地区的洪水情况明显恶化。2008年，瑞士一家生产柔性钢绳索网的制造商雅各布绳索系统公司（Jakob Rope Systems）就是这样一家工厂。随着第二个生产厂的建设，该公司决定做出改变，以一种该地区前所未有的令人惊叹的设计来应对工业发展带来的环境影响。



在一片封闭建筑中雅各布工厂的鸟瞰图

按照传统的建造方法，工厂的悬挑屋顶和楼板保护遮蔽了内部空间，使建筑物的某些部分得以开放，获得新鲜空气。但是，由于立面的高度，这种悬挑屋顶不能做到完全的遮阳防雨，而悬挂在不锈钢钢缆上的花盆所组成的“空中花园”弥补了不足。花园般的绿植外墙不仅为室内遮阳并过滤掉空气中的污染物，还通过蒸发作用帮助降低室内温度。

吸取过去的经验

可持续建筑意味着什么？有许多关于可持续性的定义及如何将可持续性实践纳入建筑环境的理论。一个广为接受的理论认为可持续性包含三个部分或“支柱”，即生态、经济和社会。这家新的绳索工厂在这三大支柱上都实现了可持续性，减少了对环境的影响，降低了运营成本，同时也改善了员工的工作条件。

这片30,000平方米的场地位于胡志明市以北50公里的工业园区中心。由 rollimarchini 建筑事务所和G8A创建的这座开创性工厂，仿佛一棵孤独的植物，从延绵数公里的混凝土裂缝中发芽生长。主要的挑战是创造一种能够适应平均温度约27°C且高湿度气候的设计。越南南部还受到季节性台风、强风和降雨的影响。建筑师将现代工业技术和当地传统的建筑技术相结合来应对这些挑战。传统的越南住宅采用宽阔的悬臂屋顶、可渗透的墙体结构以及种绿植来防风挡雨、遮阳庇荫和充足通风。

固定在工厂混凝土支柱前面的滑动聚碳酸酯隔板，在极端天气下可以关闭。



打开外立面来通风可大大降低能源成本和排放。在建筑物不向外开放的地方，由半透明聚碳酸酯制成的移动滑动墙可让阳光渗透进来。室内空间采用自然光照射进一步减少了工厂对电力的需求。

除了节约用电，工厂的设计也节省了空间。与通常工厂水平式分布的单层平面布局不同，建筑师将所需的作业空间堆叠设置。厂区包括一座三层的生产大楼、一座行政大楼和一个封闭式仓库和停车场，所有这些都围绕着场地中心一个宽敞的庭院排布。一个个青草覆盖、绿树点缀的“绿植岛”更加凸显了这个庭院的特色。岛与岛之间的人行道铺设了砾石，让路上多余的水渗走。这一新颖的设计为员工提供了一个公园式的休息区，里面绿树成荫，有运动器材、排球场和乒乓球桌。

不锈钢丝网和绳索

组成绿植外墙的植物种在花架中，延伸了建筑的长度。长度超过6公里、呈对角线安装的不锈钢绳索承载

着高达9层的花架。16毫米厚的内层和外层绳索支架将顶部荷载导入钢屋顶支架，底部荷载导入底板。花架由矩形型材制成的基础框架和防水层构成，横跨框架的钢丝绳网支撑着防水层。所有的结构部件均由316L不锈钢制成。工程师们设计的这个系统足够坚固，能够抵抗高风荷载，同时也考虑了植物生长过程中随着时间的推移而增加的重量。外立面系统除结构构件外，还包含一个全自动灌溉和施肥系统。316不锈钢中的2%钼对于抵抗土壤中肥料和其他化合物以及环境中氯化物的腐蚀至关重要。对于钢丝绳尤其如此，因为单个钢丝之间的紧密缝隙特别容易发生缝隙腐蚀。

这座工厂的绿植外立面不仅成为其特色，而且成为这家绳索网制造商的展示窗口。它向其他公司发出信号：“开放”并使用自然通风和排水，可创造更好的工作条件，并降低对生态的影响在不锈钢绳索系统帮助下，实现了自然采光和温度控制，成为可持续发展三大支柱的典范。该项目以人为本的设计有望对越南和全球的进一步发展产生影响。热带、潮湿和沿海地区将从这种设计中受益，而具有较高耐腐蚀性的含钼不锈钢是关键。(MH)

➤ 建筑的钢筋混凝土入口穿过绿植外立面，——这里是从庭院进入食堂的入口。



© Oki Hiroyuki

厨房中的钼

钼是完美的扇贝烧烤的关键？
316不锈钢炊具为专业和业余厨师提供了无与伦比的功能性，用这种不锈钢制成的锅碗瓢盆和其他炊具既耐腐蚀又耐高温。几十年来，钼帮助炊具发挥最佳性能表现，即使在工业厨房中亦如此。

何谓一顿美餐？人们通常会想到高质量的配料。但准备和烹饪食物的材料也很重要。就像某些油在高温下的表现优于其他油，某些材料也是如此。不锈钢表现出色，即使反复加热也不会受到影响。耐热能力开启了烹饪的多种可能性：不锈钢炊具可以在250℃温度下进行煎炸烧烤等各种烹饪操作。

冶金学遇见食品科学

品尝美味的烤肉或煎豆腐是一种享受——但这并非轻而易举。结实的铸铁锅以传热均匀著称，用它可以做出可口的脆皮。但铸铁孔隙多，为了使其不粘并完美地烧烤，铸铁锅必须涂油养锅，油脂在多孔表面上形成聚合物保护层。如果清洁得当，保护层不会被破坏，但它会在烤箱的高温下发生损坏。养锅是铸铁锅吸引力的一部分，但它极大地限制了可烹饪的食物种类和烹调温度。铸铁对于某些人来说也太重，并且容易生锈。搪瓷铸铁炊具不会生锈，但它的涂层比较脆弱，容易碎裂。

➤ 名为“美拉德反应”的化学现象，使食物从粉红色变成棕褐色，且变得酥脆



不粘锅等炊具表面涂覆聚合物，可以防止鸡蛋或鱼等精细食物粘锅，但也妨碍了美味酥脆外皮的形成。涂层的脆弱也限制了锅的使用寿命。过去有些不粘涂层若加热过度还会产生健康危害。如今主要制造商已逐步淘汰有害成分，涂层若正常使用则被认为是安全的。

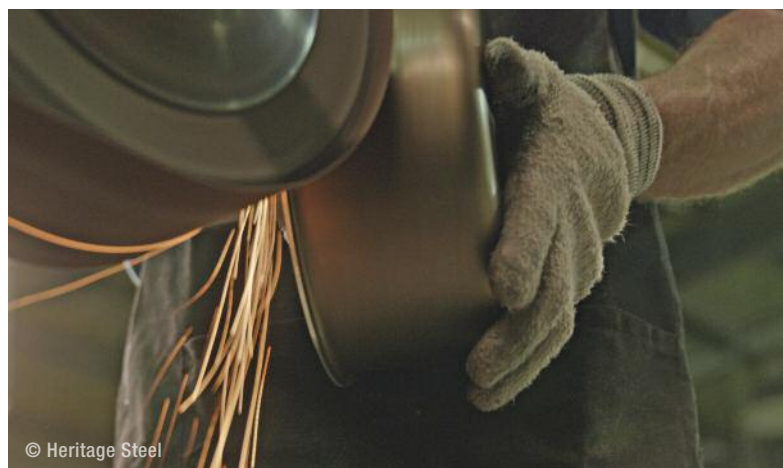
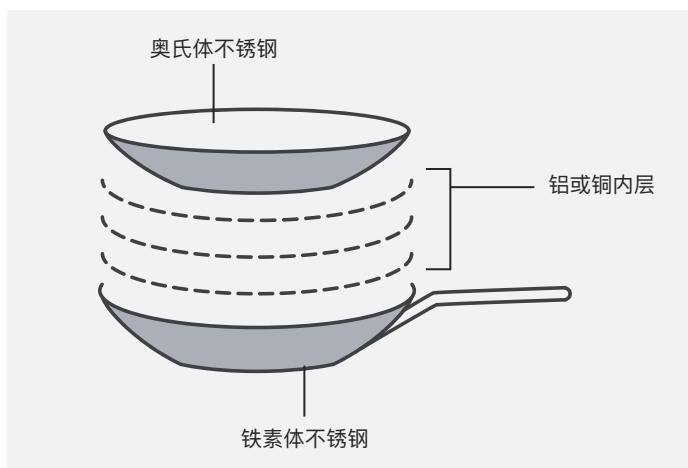
铝和铜是很受欢迎的炊具材料，因为它们是优良的导热体。然而，这些材料是有反应活性的，用于烹调高酸性或碱性食物会损害菜肴的质量。最糟糕的是烹调西红柿等酸性食物时，这类炊具会产生轻微的金属味道。

不锈钢炊具无需涂层或养护即可完美地烹调出色泽诱人的食物。许多厨师还希望烹制出粘在不锈钢锅底、风味十足的食物焦糖化层。刮下来之后，是制作酱汁和汤汁的绝佳底料。某些316不锈钢制成的炊具比其他材料的炊具需要更少的油脂或肉汤，这样可以保留食物的原始风味并保持其营养成分。一家意大利制造商开发了一种称为 URA（超耐受应用）的技术，使不锈钢锅在没有任何涂层的情况下，具有更好的不粘特性。

316这类奥氏体不锈钢有许多优点，但它们不是最好的导热体。如果仅使用这一材料制作炊具，热量将直接集中在炉子的上方，而不是均匀地分布在锅的底部。这会导致火焰上方出现热点，如果不注意不搅拌，食物很容易烧糊。因此，高质量的锅具也包含铝或铜的内层，以提高导热性。或者整个炊具由多层金属构成，或者底部是一个不锈钢夹着一个高导电性金属的“三明治”圆盘。一些制造商使用铁素体不锈钢作为炊具的外层或底层。为什么？因为铁素体不锈钢是有磁性的，越来越流行的感应炉只能使用磁性材料——非磁性的奥氏体不锈钢炊具无法在这些炉子上加热。多层设计的锅具适用于任何炉子，不但受热非常均匀，而且具有不锈钢的所有优点。

当心细菌

不锈钢炊具是无孔隙的，可以防止微量的食物气味粘附在表面以及有害细菌的滋生。这种无孔隙的表面，也很容易清洁，无论是用手工还是洗碗机清洗。普通洗洁精、小苏打或醋通常就可以去除任何污渍。有一种方法可以让人们喜爱的锅具变得光亮：倒入一些小苏打和水，煮沸，然后用软刷子擦拭水蒸发后留下的薄膜。而在商用环境中，不锈钢炊具可以经受反复清洗，甚至可以使用食品业和酒店业所要求的强力清洁剂进行消毒。工业清洁过程会腐蚀和损坏其他材料的表面，



➤ 当不锈钢层将铝或铜等高导热金属夹在中间时，不锈钢锅具使用效果最佳。

➤ 同许多不锈钢产品一样，炊具也经过严格的打磨、抛光和精加工。

所以316不锈钢可为这些行业带来好处。不锈钢表面光滑、无反应活性，易清洁，受到食品供应链、商业厨房、食品和饮料加工厂以及家庭的青睐。

生损坏。316或316Ti不锈钢制成的炊具由于添加了2%的钼，是目前最耐腐蚀的炊具之一。这种材料的炊具不仅降低了工业设备更换的成本，而且为家庭的厨师提供了一生的烹饪乐趣和代代相传的传家宝。(KW)

不同的材料各有所长，但总体而言，不锈钢提供了最广泛的多功能性和最低的维护需求，它几乎不发

➤ 不锈钢炊具经久耐用且无反应活性





不锈钢“消失” 在空中

想象这样一个雕塑，它的形状会根据观看者的位置而变化。物理学家出身的雕塑家Julian Voss Andreae利用不锈钢来表达他物理职业生涯的发现所带来的洞见。他的雕塑“消失”是对感知和现实的沉思，灵感来自量子物理学的研究。而钼确保它们永远不会真正地“消失”。



© Julian Voss-Andreae 2021

草地对面矗立着一个人形雕塑。他的位置是固定的，但他仿佛又在移动。当走近观看时，他像全息图一样在视野中飘忽不定。然后，从头部开始，他完全消失了。这个魔术般的“量子人”由平行的不锈钢片构成，根据观看者位置的不同而变换外观，“量子人”雕塑以及其他“消失”系列的雕塑，试探着人们感知的极限。均匀隔开的不锈钢薄板被焊接在一起实现雕塑所依赖的一种幻觉。但是，如果雕塑暴露在含盐尤其是潮湿环境中，板材之间的这些狭窄空间可能具有腐蚀性，因为雨水不容易进到这些地方冲刷掉腐蚀性沉积物。幸运的是，在一系列更具挑战性的环境中，316不锈钢中的钼提高了雕塑的寿命，从而保持了其视觉冲击力。

“消失”行为

这些神秘的雕塑不仅仅让人眼前一亮。它们意味着可能存在着一个不同的世界——一个万物相互关联的世界。“消失”雕塑的概念来自艺术家先前作为物理学家的职业生涯，其中包括在维也纳大学所进行的开创性实验。

量子物理学的一个著名例子是双缝实验。通过发射电子穿越墙上的狭缝，科学家们发现了比原子小的粒子令人困惑的特性。这项实验有助于证明亚原子粒子并不像传统物理学所说的那样存在于一个地方。相反，作为所有物质基础的这些粒子，以波的形式存在。最神奇的是，科学家们发现，当观察粒子时，粒子改变了它们的行为。拍照时，粒子呈波浪状扇形散开。当人观察时，它们反而形成了一条直线。科学家们用越来越大的粒子重复了这个实验。Voss Andrae用当时最大的物质——碳“巴基球”进行了双缝实验。“消失”雕塑，其形状会随观者位置而变换，相当于这个实验在人类尺寸维度上的可视化。当经过雕塑时，它们像亚原子波那样起伏荡漾，它们在一个与“外层”现实截然不同的底层现实中召唤我们。

不锈钢是波纹效果的关键。金属闪闪发光的表面将周围环境的颜色和形状反射出来，有助于雕塑与周围环境融合。要达到这种反射性，要求不锈钢表面光滑且经过抛光处理。光滑的表面也有助于防止腐蚀，因此大多数“消失”系列雕塑都采用304不锈钢制作。但是，在腐蚀性较强的条件下，需要采用含钼的不锈钢如钼含量2%的316不锈钢。



► Annabelle位于洛杉矶山上的泳池边，位置引人注目，但具有腐蚀性，需要使用耐用的材料如316不锈钢

钼，Annabelle和朋友

“消失”系列雕塑中有几个得益于316不锈钢。它们所处位置的环境都对金属结构构成了独特的挑战。例如，Receptor、Dream和Annabelle三个雕塑都在南加州。Annabelle是一个斜倚着的人形，Dream微微前倾站立着，Receptor是一个坐着的人形雕塑。坐落在洛杉矶的Annabelle雕塑，暴露在海盐和少雨的环境中，同时还悬浮在游泳池上方，这是现代景观中最具腐蚀性的条件之一。同喷泉一样，游泳池通常需要加氯消毒以防止藻类生长。含氯水的飞溅和雾气对大多数金属都具有很强的腐蚀性。新设计的游泳池使用盐水，同样具有腐蚀性。虽然Dream雕塑地处内陆，但他俯身靠近喷泉，且雨水不足，无法冲刷掉任何腐蚀性物质。



像此系列的其它雕塑一样，Dream喜欢在众目睽睽下玩失踪 © Julian Voss-Andreae 2021



© Julian Voss-Andreae 2021

Receptor雕塑，距离圣地亚哥海岸仅一公里，它有惊人的3000个焊缝。每个焊缝都有导致缝隙腐蚀的可能性。而 Annabelle 和 Dream雕塑所在地区，几乎不下雨，无法冲刷掉雕塑连接处沉积的海盐和其他氯化物。对于这三座雕塑的设计，316不锈钢是不可或缺的。有了这种材料，三个雕塑所需要的维护较少，在加州阳光下保持着崭新的状态。

人变成了艺术

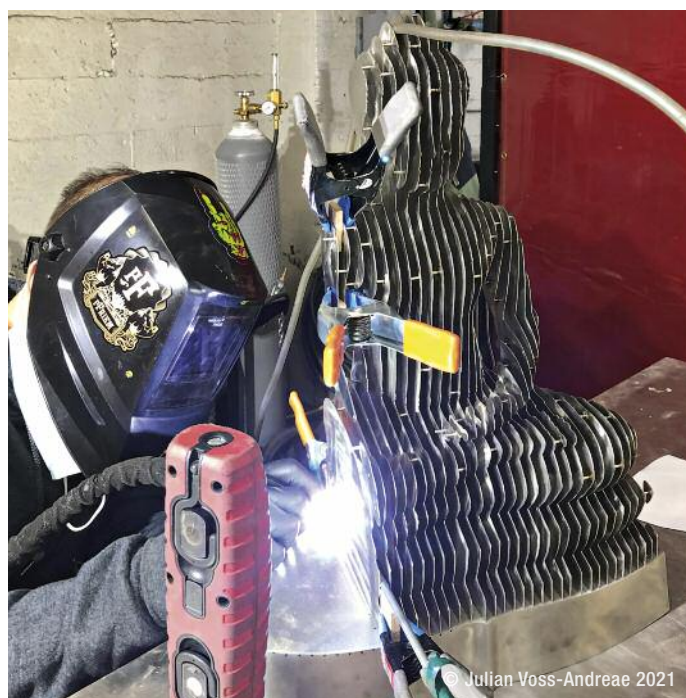
这三个雕塑都是基于对真实人体的扫描。艺术家采用摄影测量学技术精确绘制每个对象。首先对人体进行了数百次360度的3D扫描。用自己打造的 170 台计算机和800万像素摄像头的设备全面捕捉每个对象的特征。然后开始一个漫长的过程，采用复杂的算法在计算机上“雕刻”出对象的数字复制品。艺术家要经常测试和比较计算机雕刻的3D 打印件与他用粘土手工雕刻的作品，以获得准确的形状。

Receptor是该系列中最大的雕塑之一。他期盼着挂在附近树上的镀金球

当计算机将雕塑完全绘制出来后，就对相应的金属板进行激光切割并做好加工制作的准备。每件雕塑的焊接、研磨、抛光和打磨都需要数百小时的精工细作。

雕塑的各个部分被逐一编号并组装。从中心向外，将每个金属片放置在最后一个金属片上，采用TIG焊接将它们连接到一系列隼钉上。每一片金属用粒度120的中等或细砂研磨盘进行打磨处理。然后，雕塑的销钉部分用思高红色打磨垫手工打磨。如果雕塑处于如上所述的严苛环境，最后还将进行电解抛光钝化处理。数千块精美的金属片必须精雕细琢，包括几位学徒艺术家的作品。

如果没有铝合金元素带来的好处，这些精细的作品会在很多环境中严重生锈。而这一系列雕塑，在这种户外艺术常常遭到损害的环境条件下，仍将保持美丽的反射性和结构的完好。雕塑人物的金属皮肤在人们的视野内外闪闪发光，反映了一个相互交织、不断变化的世界。有了316不锈钢，“消失”系列雕塑的使命只可能扩大，让观众沉浸其中，共享奇迹。(KW)



每个金属片都塞焊到最后一个金属片的销钉上，然后重新打磨和抛光



“消失”系列雕塑在尺寸、比例和人物位置上差别很大



圣玛丽大教堂 起死回生

在一个到处都是神社和佛寺的城市，看到一个天主教大教堂是始料未及的。然而，东京的圣玛丽大教堂是世界上最著名的教堂之一。教堂由著名建筑师丹下健三于20世纪60年代初设计，其不锈钢包覆的造型，就建筑和当时所用的技术方面，都领先于时代。为了解决由此产生的一些问题，大教堂在40年后采用含钼铁素体不锈钢重新包覆，这种不锈钢肯定能使用一辈子。

© Nicole Kinsman

在天主教中，教堂实际上是上帝的家。20 世纪最伟大的建筑师之一丹下健三 (Kenzo Tange) 负责为牧师设计住宅，他梦想建造一座与众不同的建筑。然而，他开创性的设计，包括一个十字形的天窗屋顶，远远超前于1960年代的建造方法。随着时间的推移，密封胶和绝缘垫圈失效，雨水渗入了教堂的直立锁边302不锈钢屋面，屋面同时也构成了建筑物的墙面。这导致下面的铁支撑结构发生电偶腐蚀。到了2000年初，锈蚀的不锈钢板有时会在台风中被掀开，因为将它们固定在建筑上的卡具已生锈。为了确保安全，教堂需要迅速修复。建筑师、工程师和宗教领袖共同拯救了这座永恒的建筑。2007年，采用445J1铁素体不锈钢对建筑进行了重新包覆，结合了现代建筑方法，用耐腐蚀性能更好、能够承受使用环境的合金重现了Tange的设计。

教堂起死回生

圣玛丽大教堂的历史正式始于19 世纪。大教堂所在之处原来是一座建于 1899 年的哥特式木结构教堂，1920 年成为东京大教堂。该教堂举办了将近 50 年的礼拜仪式，直到1945年在空袭中被烧毁。1960 年丹下赢得设计竞赛后，新大教堂的规划才开始。1963 年开始建设，18 个月后，这座标志性的教堂重新向教区居民开放。

项目开始时，丹下已成为战后日本改革的中坚力量。彼时二战已经走出人们的记忆，他工作的重要性及其对日本及世界其他地区的影响很容易被淡化。这位普利兹克奖获奖建筑师可以说是在关键时刻推动文明走向和平与进步。年仅 33 岁的他提出了重建当时遭到毁灭的广岛。几年后，他设计的广岛和平中心和公园获得了一等奖。博物馆的轴线横跨公园，与和平大道和原子弹爆炸地点相交。这样，博物馆成为战争的恐怖与和



从上方看，圣玛丽大教堂呈十字形。底部的钟楼与主楼分开。

谐重建之间的真正分界点。和平中心向外界发出持久和平的承诺，向内部宣告对现代日本探索的开始。丹下在他的整个职业生涯中继续这种探索，其设计融合了日本传统建筑 and 现代主义风格。圣玛丽大教堂仍然是他最著名的作品之一。

开创性的建筑结构

圣玛丽大教堂是一座巨大而优雅的建筑，位于东京关口地区。它向四周伸展，体现了飞鸟的轻盈。教堂的

电偶腐蚀

当两种不同的金属直接接触并且存在电解质（通常为水）时，就会发生电偶腐蚀或异种金属腐蚀。当两种金属形成电偶时，“阳极”（较活泼的金属）的腐蚀加速，而“阴极”（较惰性的金属）的腐蚀减缓甚至停止。电偶腐蚀是18世纪末意大利科学家路易吉伽伐尼首次发现的。不锈钢是常用的建筑材料中最惰性的材料之一，因此当存在或可能存在水汽时，使用绝缘材料将其与较活泼的金属（如铁）隔开非常重要。想了解更多关于电偶腐蚀的信息，可参阅我们的网站<https://bit.ly/galvcorr>。



教堂内部未完成的原始纹理让人联想到侘寂，这是日本的一个概念，尊重短暂和不完整事物的残缺之美。

外部通风揭示了其密实的混凝土和钢结构。教堂的八个面既是外墙又是屋面，呈曲面状如双曲抛物线，从上面看形成了一个十字架。十字形天窗屋顶让自然光进入教堂混凝土结构的内部，象征着耶稣基督的光芒冲破黑暗。

同样，对于教堂的外部，丹下选用了不锈钢包覆层，尤其是因为它能够反射光线并不断改变其外观。从不锈钢外立面上反射的光线也象征着基督之光芒反射到世界各地。发光的不锈钢与暗色调的内部混凝土并列在一起，体现了尘世与天堂之间的关系，以及基督徒如何相信是耶稣弥合了这种鸿沟。

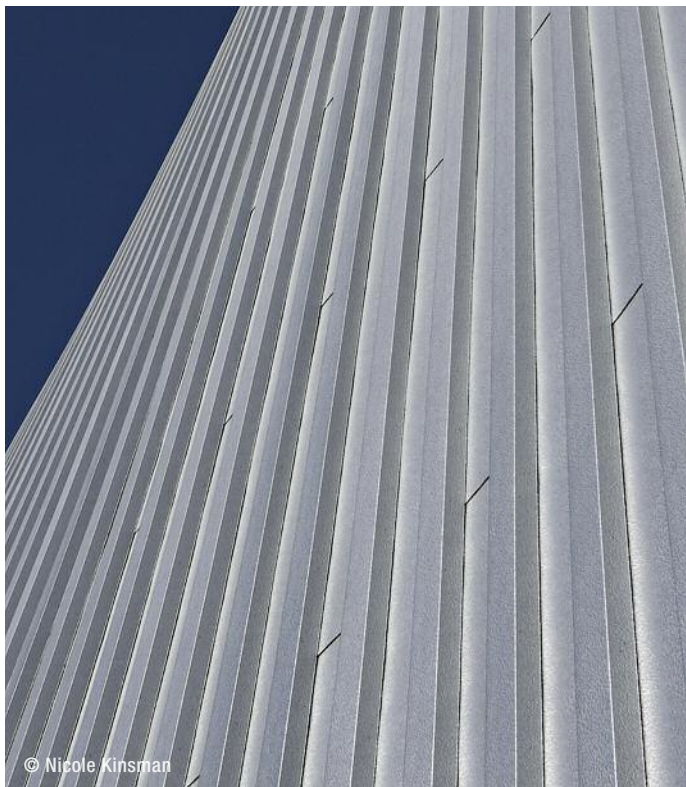
新的外立面采用了专为铁素体不锈钢开发的日式经典大型板条屋面设计。垂直板条遵从结构的曲率，并强调建筑物向天空的延伸。

然而，这座大教堂仅使用几年后就出现了被水损坏的迹象。原来的天窗由钢和玻璃制成，特别容易漏水，不得不采用第二个屋顶来覆盖，以防止雨水进入教堂。但这第二个屋顶也阻挡了教堂标志性的自然采光。幸运的是，在含钼不锈钢和现代建筑方法的帮助下，丹下的原始设计得以复原，能够抵御风雨甚至台风。

修复

为了保持圣玛丽教堂的安全性和完整性，其外墙包覆层和铁制支撑结构都进行了更换。工人们在迷宫般的脚手架中，小心翼翼地将大教堂拆成混凝土骨架，然后对其进行清洁和防雨处理。使用了一种特殊的连接方法，使空气可以在新的不锈钢包覆层和内部混凝土层之间流动。空气流动驱散了潮气。修复和玻璃技术的进步也使天窗得以重新打开，现在的天窗由玻璃和铝制成。

铁素体不锈钢由于热膨胀系数低于奥氏体不锈钢，因此被选用作为包覆层。这意味着铁素体不锈钢不会随着温度变化而膨胀和收缩，特别适合于许多屋面的应用。根据设计的不同，金属的热胀冷缩会在连接处产生高应力，导致不美观的翘曲。





© Nicole Kinsman

➤ 屋顶天窗延伸至十字架四个端点上的垂直玻璃墙。正门上方中央玻璃柱后面是一个宏伟的定制风琴，这是日本音乐厅之外唯一的一个此类风琴。



© Nicole Kinsman

这里使用的445J1不锈钢含有大约1%的钼。铁素体不锈钢中添加钼提高了材料在具有挑战性的环境中耐局部腐蚀能力。东京是沿海城市，气候经常潮湿，因此钼是保持包覆层外观和使用寿命的关键。此外，不锈钢包覆层的表面是光滑的滚压图案，也有助于其耐腐蚀性。这种表面比原来的平整表面更有效地散射了光线，创造出更加均匀一致的外观，隐藏了任何凹凸不平或不均匀的地方。重要的是，像圣玛丽教堂这样的现代不锈钢屋面所采用的表面降低了反射性，避免了司机、飞行员和行人受到眩光的影响。

今天，象征意义的神圣之光再次照耀圣玛丽教堂的内部。这道光的回归告诉我们，无论是战争、猛烈的风暴，还是时间的摧残，都无法完全破坏一座建筑。只要建筑的精神被社区所铭记，总有办法使其重获新生。（KW）

➤ 钼有助于提高大部分教堂使用的深度纹理表面的耐腐蚀性



钟表滴答计时 靠什么？钼！

机械表靠卷紧的钢带即主发条提供动力。如果没有主发条，手表和其他计时设备如节拍器就无法工作。不起眼的主发条在手表内承受着很大的作用力，有必要使用具有卓越抗疲劳性能的独特硬质材料。如今，大多数主发条都由一种特殊的含钼合金制成。

机械表不是利用电池、电路或外部电源来计时，而是给手表上发条，为其主发条加载动力，使齿轮传动系统运转。主发条是手表的支柱。它储存的能量由所谓的擒纵机构以精确的时间间隔释放。擒纵机构可防止主发条一次性释放所有动力，让手表指针像喷气涡轮机一样旋转。而经擒纵轮调节的能量以递增的方式驱动手表的齿轮，准确测量着时间的流逝。自动机械表的工作原理与之类似，不同之处在于，用佩戴者手臂运动时被动产生动力的摆锤运动，代替了上发条。在许多手表中，每个零件都是精心制作的艺术品，其机械精度接近于完美。即使是看似简单的主发条，也是历经几个世纪的冶金奇迹。含钼合金在几乎所有手表主发条和一些其他部件的机械性能方面，起着不可或缺的作用。



▶ 摆轮游丝（左）通过一系列齿轮连接到主发条（右），调节主发条的能量以秒为间隔恒定地释放。

计时的历史

纵观历史，有各种记录时间的工具。从简单到复杂得难以想象的各种日晷、水钟和蜡烛钟，使人类数千年来一直走在正轨上。大约600年前，现代机械钟表首次出现在欧洲。发条的发明对于现代钟表业来说是必不可少的。在主发条出现之前，时钟靠摆锤提供动力。一种缠绕在滑轮上的摆锤线绳，利用重力为时钟提供动力。即便这种设计也直到公元12世纪才出现，也可能更晚。主发条在历史上首次实现了更小型化且便携的设计。而是谁发明了主发条仍然是个谜。已知的最古老的发条驱动时钟可追溯到1430年，这是为勃艮第公爵菲利普古德制作的一件奢华的金制钟表，如今位于德国。尽管现代机械表的起源尚不清楚，但到了16世纪，类似于早期怀表的便携式“钟表”在中欧流行起来。然而，这些早期的钟表非常不准，主要用于好奇尚异的贵族们的齿轮传动珠宝。

1657年，摆轮游丝（也叫游丝）的发明使钟表制造业实现了巨大的飞跃。摆轮游丝是擒纵机构的一部分，是手表机芯中一个特别复杂和优雅的部分。这项发明将手表的误差范围从每天几小时减少到大约10分钟。如今，世界级的手表制造商注意到，游丝宽度一微米的差别就可以使手表相差30分钟。

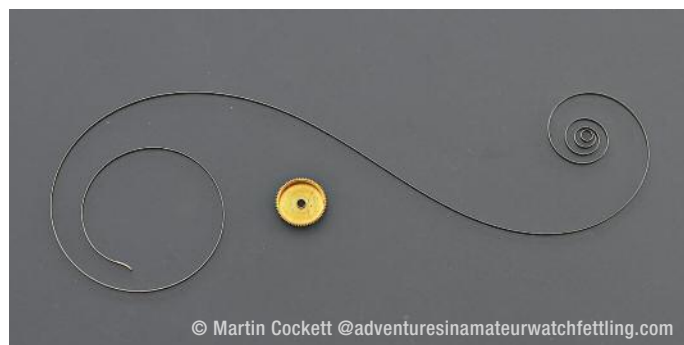
即使在18世纪，钟表制造也已成为一个复杂的冶金工艺。钟表匠威廉布莱克写了许多关于手工制作主发条的厚书。在1780年代，一个高质量的主发条可能需要若干天的精工巧做。手工制作手表既费时又昂贵，因此，能够享受钟表的主要是富人。

正如现在发达国家的许多重要的生活品，只有通过钢材的大规模生产才能实现手表的大规模生产。工业革命是历史上第一次能够生产出性能一致的大批量铁。第一次世界大战之前，怀表或女士挂表一直是主流设计，突出了轻型计时装置的实用性。一战后，手表成为主导设计，其余的成为历史。

尽管几个世纪以来制表业取得了各种惊人的发展，但主发条仍然存在问题。随着时间的推移，最初用于主发条的碳钢，其弹性和强度明显丧失。因此，主发条往往比手表的其他部件更早出现故障。修理主发条一直是手表维修的首要原因，直到1960年代，当含钼合金及其特殊性能广泛成为碳钢的替代品。

采用钼节省时间

近几十年来，已专门开发出几种合金来生产在两次上发条之间运行时间更长的手表。手表的运行时间取决于其动力储备，或存储在主发条中的可用机械能。采用这些合金（其中最受欢迎的合金含有钼），手表的动力储备时间越来越长。主发条的材料必须非常坚固、弹性好、韧性好，还需要卓越的抗疲劳性能以承受多年的循环载荷。如果主发条出现故障，不是一个简单的更换：损坏的主发条会损害或破坏手表的整个



发条盒中的主发条（左），动力释放后进行清洁的发条（右）。由于主发条上紧后受力特别大，因此必须使用特殊工具将其拆下，以免伤及制表师！

齿轮系统，这就是为什么它们现在要被安全地封装在发条盒中的原因。与传统碳钢相比，含钼合金具有更大的弹性极限，不易发生断裂和永久变形，从而使这些发条的使用寿命更长。主发条的制造由于其复杂性，仍然是一种高度专业化的工艺——手表制造商几乎总是从全球为数不多的几家生产商之一订购它们。

主发条材料含有多达10种合金元素，所有元素都会影响发条的最终性能。钼特别有助于提高淬透性和强度，以及高负载微小零件所必要的延展性。钼还提高了合金的耐腐蚀性能。最受欢迎的主发条合金是NIVAFLEX®，一种钼含量为4%的钴镍铬合金。其3000MPa的极高抗拉强度使其具有令人难以置信的抗疲劳性能。SPRON 510的钼含量高达10%，Bioflex®的钼含量为2.5%–4%，也是受欢迎的主发条材料。

磁场的影响也会对手表的准确度产生负面和实质性的影响。因此，手表零件必须是非磁性的。钼合金化有助于使Nivaflex合金在手表常用温度下保持非磁性。所以，有时其他的精密手表零件如发条轴，也需要使用含钼合金。

传统上，摆轮游丝也由碳钢制成，与主发条存在类似的问题。与主发条一样，摆轮游丝必须非常坚硬，能够抗疲劳，同时还具有延展性并且能够做到加工的公差极小。最著名的游丝材料是NIVAROX® CT，它含有多达七种不同的合金元素，所有这些元素对于材料特性（主要是低的温度系数）具有决定性的作用。尤其使手表的摆轮能够更好地计时。尽管Nivarox不含钼，但最近至少有一项专利申请涉及含钼游丝，利用

了该元素的独特性能。钼还以化学品的形式助力手表制造：一些机械手表品牌在齿轮和主发条盒中使用二硫化钼润滑剂来保持手表平稳顺畅地运行。

机械表体现了几个世纪以来人类的创造性、手工艺和求知欲。尽管许多人担心这些艺术作品会随着电池驱动的石英手表以及当今智能手机的盛行而消失，但机械手表行业仍然充满活力。例如，在YouTube上有华丽手表的爱好者社区，精心制作的机芯不断吸引着全球一代又一代的手表迷为之陶醉。钟表的滴答声和表针的转动唤起人们对时光流逝的关注，而智能手机无法做到这一点。特别是机械表把人们带回了那个时间似乎过得更慢的时代。在机械手表最重要的零件中，钼有助于在数字化时代，保持怀旧、传统和对机械完美的追求。(KW)

感谢Alberto Bracchi, Vacuumschmelze GmbH 和 Alberto Sicco, Generale Ressorts的宝贵分享。

IMOA 新闻

IMOA任命新的秘书长

IMOA任命Eva Model为下一任秘书长，自2021年9月1日起生效。Eva将接替2020年9月宣布退休的Tim Outteridge。

Eva对该协会有详细的了解，此前曾在协会执行委员会任职，并担任过副总裁和总裁。她在钼行业有丰富的经验，曾在力拓公司工作20多年，担任总经理，负责肯尼科特犹他铜矿和盐湖城加工厂的所有产品包括阴极铜、钼、铼、贵金属和其它副产品的销售和市场营销。

Eva还曾担任小金属行业协会总经理，有领导行业协会的经验，加上她对钼行业的了解，使她成为带领IMOA继续前进的理想人选。



热烈欢迎IMOA 新任秘书长 Eva Model

对于该任命，Eva说：“我很荣幸被选为IMOA的下一任秘书长。国际钼协会长期以来一直是钼业的独立代言人，我期待着与国际钼协会的成员合作，继续提高公众的认识，推广钼在我们现代世界中发挥的重要作用。”

在Tim担任秘书长的13年中，IMOA取得了许多显著的成绩。在环境和人类健康领域，已经汇编了一个广泛且无与伦比的关于钼影响的知识库。该知识库用于12种REACH物质的注册，并按照ECHA的要求，持续努力地更新物质档案。IMOA获得了经合组织对其可溶性盐数据库的认可，确保世界各地的监管机构通过直接参与和发表经同行评审的科学论文获得数据。这一努力已经并将继续促进对钼的公平和适当的监管，并保持市场准入。IMOA在市场开发方面的工作促进了不锈钢和合金钢、建筑结构、基础设施、汽车、机械工程、能源生产、过程工业和其他行业中钼应用的增长。新的结构不锈钢标准将于今年早些时候公布，这是又一个成功的业绩。

Tim说：“我很荣幸在过去13年担任秘书长。你们将做出评价，但我希望 IMOA在我离开时比我刚来时更好。我有幸得到我们的主席、开明而深思熟虑的执行委员会和成员的支持，对此我深表感谢。”

不锈钢柔性供水管道—安心便捷的水漏损解决方案

IMOA继续致力于具有重要战略意义的项目，推广钼的可持续性优势。

一个可对环境产生十分积极影响的行动是不锈钢供水管线项目。据估计，全球供水设施由于输配水管道的渗漏而损失了25–30%的饮用水。

在过去40年中，在亚洲一些最大城市的数百万个连接点中，由不锈钢部分波纹管（SPCT）制成的供水管线大大减少了水漏损和所需的维修次数。

IMOA作为 Team Stainless的成员之一，通过网络研讨会、演讲、视频和宣传册，在全球许多新的地区，成功地激发起人们对不锈钢输水管线的关注。

最近，国际水协会(IWA) 水漏损专家组举办了一场现场直播网络研讨会，IMOA技术总监Nicole Kinsman博士介绍了不锈钢部分波纹管的优势。研讨会展示了来自亚洲一些最大城市的案例研究，说明了不锈钢柔性供水管线如何为水务部门提供一个长期且节约成本的解决方案，以减少水损失和维修数量。

这些含钼不锈钢管道成本效益好、坚固、具有可持续性，确保为后代提供安全的供水。



网络研讨会现在可以从IWA水损失专家组YouTube频道上索取获得。

有关不锈钢柔性供水管线的更多信息，请访问 Team stainless YouTube频道，它包含安装过程的视频，可从Team Stainless网站下载。

IMOA成员在CRU Ryan's Notes铁合金会议上享受折扣优惠

IMOA成员有资格享受今年Ryan's Notes铁合金会议15%折扣。经过一年的在线活动，本次会议定于10月24日至26日在美国佛罗里达州奥兰多的JW格兰德湖万

豪酒店举行。注册并获得折扣 Home | CRU Ryan's Notes Ferroalloys Conference 2021 (crugroup.com)。

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

主编：
Nicole Kinsman

执行主编：
Karlee Williston

撰稿人：
Karlee Williston (KW), Martina Helzel (MH)

版面设计：
circa drei, Martina Helzel

封面照片：雅各布工厂的不锈钢外立面由两层对称倾斜的不锈钢缆，通过钢缆固定件连接支撑着九层高的花盆框架。© Oki Hiroyuki

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。