

钼世界

1/2025

- 2 巴黎的漂浮不锈钢游泳池
- 5 钼：神秘金属的百年简史
- 8 飞跨深谷的双相不锈钢桥
- 12 钼使太阳能电池板更纤薄
- 16 不锈钢撑起城市地下生命线
- 19 IMOA 新闻



巴黎的漂浮不锈钢游泳池

一艘名为“安妮特K号”(Annette K.) 的时尚钢结构驳船，船上搭载着奥运标准长度的游泳池、理疗浴池和屋顶跑道，漂浮在塞纳河上。该设施全年对公众开放，是城市重新拥抱河上生活的一个大胆尝试，它的背后是含钼不锈钢坚韧的支撑力量。



在巴黎市中心的水面上，一项非凡之作已然成形。巴黎倡议的“重塑塞纳河”城市计划，旨在为这条河流带来新生，而“安妮特K号”正是这一宏大愿景的重要组成部分。其核心目标是让巴黎人与塞纳河重新建立联结：这里不仅是视觉上的风景线，也是人们游泳、运动、聚会的实体空间。无论在设计理念、精神内核，还是材料性能层面，“安妮特K号”标志着巴黎与塑造了它的母亲河之间关系的新篇章。

传奇精神重生

“安妮特K号”（Annette K.）的命名灵感源自澳大利亚游泳传奇人物安妮特凯勒曼（Annette Kellermann）——女子体育与健康领域的先驱者。凯勒曼自幼罹患佝偻病，为强健腿部开始游泳。这一疗愈方式不仅改变了她的生活，更开启了她的运动生涯。她最终成为打破纪录的游泳健将、无声电影明星，健身与健康理念的倡导者。凯勒曼留下的精神财富，使她成为这座融合了竞技体育、水疗康复与公共福祉的建筑当之无愧的精神象征。

这艘驳船长110米，宽15米——紧凑的空间内设有50米长的奥林匹克标准游泳池、温水理疗池、健身和康养区域、水疗和理疗空间、咖啡厅，甚至还有一个屋顶跑道。由塞纳设计公司（Seine Design）设计的这个多功能设施每天可接待超过2200名用户，并以其在建筑、

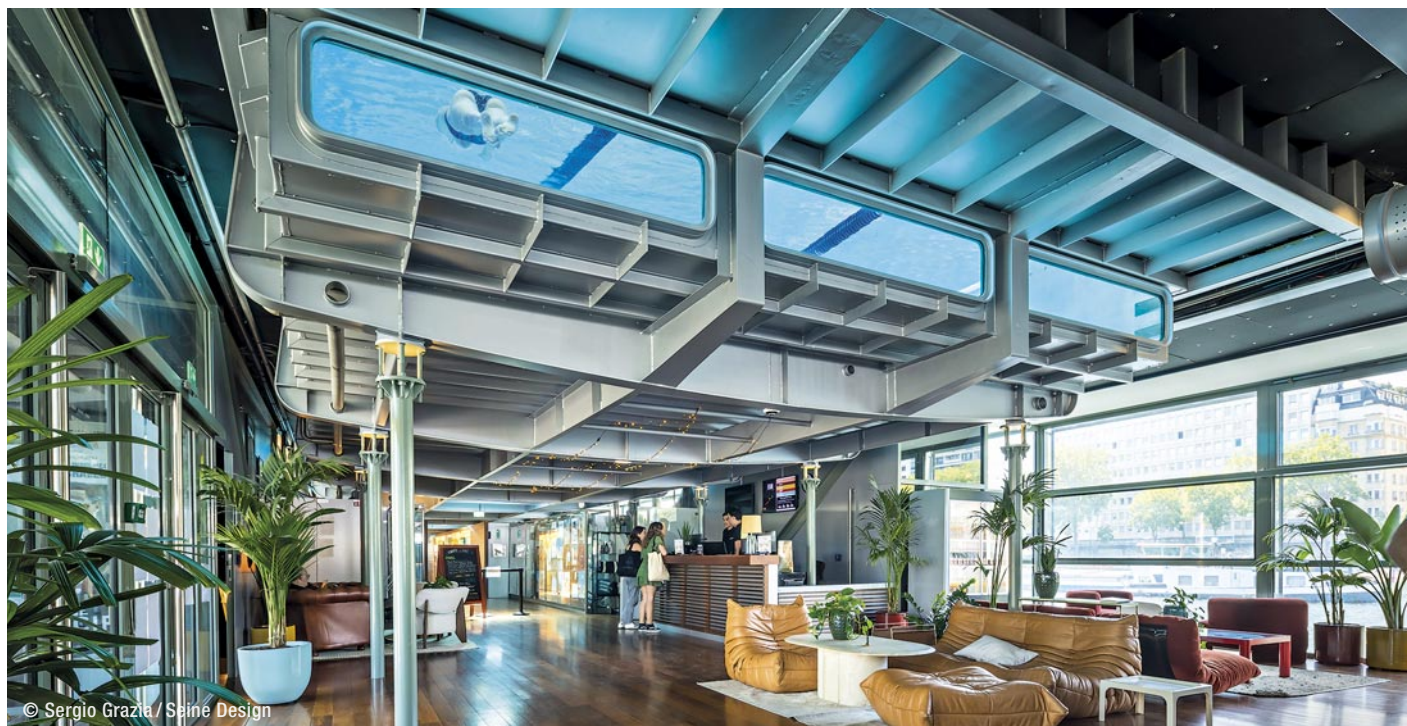


▶ 安妮特·K号停泊在塞纳河右岸

工程、可持续性和全面无障碍设计方面的完美融合而引人注目。

内部的主步道沿泳池池体下方延伸，采用自然光照明，并用木材、玻璃与钢材装饰。几乎从每个角度都能望见水波荡漾、光影粼粼的景致。无论是盛夏晴空还是清冽冬日，整艘船都尽显与自然融为一体的通透开阔。

▶ 游泳池池体上的舷窗让阳光穿透水面，在下方的室内空间投射出灵动跳跃的光影



不锈钢强度与智慧空间

安妮特K号的核心部分是一个采用316L不锈钢建造的全结构游泳池。316L不锈钢的钼含量约2%，它在高氯离子环境下（如加氯消毒的泳池水）具有优异的耐点蚀和缝隙腐蚀性能。选择这个不锈钢牌号，不仅因为它的耐久性，也因其能实现轻薄高效的结构设计，最大限度地提升了浮动建筑内的可用空间。

采用纤薄的不锈钢制泳池壁，意味着在不扩大驳船占地面积的前提下，为各类设施如储物柜、理疗室或技术装备系统以及人员活动腾出更多空间。泳池的池体外壳与支撑框架兼具双重功能：既是储水容器，也是建筑承重骨架，因此省去了吊顶或抬高地面的结构需求。

与需要厚重墙体、瓷砖或防护涂层的混凝土游泳池不同，316L不锈钢构件可在工厂预制，再运到现场焊接在一起构成游泳池壳体。仅3毫米厚的压花底板与4毫米厚的光滑墙板组合，构建出轻量化且防水的结构。这座泳池不会出现渗漏、开裂或老化问题，其无孔隙表面易于清洁，并能天然抑制藻类和细菌滋生。



通透外露的结构设计，拓展了额外空间并营造出船舱般氛围

316L不锈钢能够在高温和高消毒剂含量的理疗池环境中有效抵抗腐蚀



各类管线沿着裸露的管槽与钢框架排布，如船舶图纸般清晰规整。蜘蛛状的结构支架在支撑墙板和面板的同时，也引导着包括泳池进出水管道在内的各类管网在建筑内有序穿行，这些管道同样采用316L不锈钢材质，以确保持久的耐腐蚀性能。

历久弥新

从设计构思到日常使用，材料的选择定义了使用体验。316L不锈钢适合用于临水环境，它所支撑的不仅是建筑结构，更是可持续发展的理念。不锈钢打造出简约现代的建筑外壳，抗磨损，易维护，且在使用寿命终结时可完全回收利用。轻盈却耐久、卫生且坚固，它体现了公共设施的核心价值——低调自信、稳健可靠、经久不衰。

“安妮特·K号”不仅仅是一座游泳池——更是对所处环境的深度回应，它因水而生、因用途而塑造，是巴黎与塞纳河关系演进的生动注脚。作为一处致力于身心康养的活力空间，它以既实用又富有诗意的方式，让人们重新回归河畔。(MH)

钼：神秘金属的百年简史

几个世纪以来，钼一直被误认为是铅或石墨，直到1781年科学家才最终分离出这种元素。第一次世界大战期间，钼作为一种钢的硬化剂进入商业应用。在此后的一个世纪里，人们已发掘出钼的数百种用途与功能，从提升不锈钢的耐腐蚀性到维持人类健康的必要元素。

自然界中已发现约 90 种化学元素，钼便是其中之一，它主要以辉钼矿、钼铅矿和钼钙矿等复合矿物的形式存在。其中最常见的是辉钼矿，它是一种油腻的银灰色矿物，能在纸上留下痕迹。辉钼矿在古代就已为人所知并使用，但当时不清楚它是否只是另一种铅矿或石墨。该元素拗口的名字源自古希腊语“molybdos”，意为“像铅一样”。

被错误命名的矿物

直到18世纪末，钼才被明确地与铅和石墨区分开来。1754年，矿物学家本特·安德松·奎斯特（Bengt Andersson Qvist）分析了一份辉钼矿样本，发现其中并不含铅。20年后，著名化学家卡尔·威廉·舍勒（Carl Wilhelm Scheele）在此基础上有了里程碑式的发现。1778年，他证明辉钼矿是一种未知元素的硫化物。三年后，另一位化学家彼得·雅各布·赫耶尔姆（Peter Jacob Hjelm）在舍勒的建议下，使用碳和亚麻籽油分离出了一种不纯的钼，并以它的矿石命名该元素为“molybdenum”（钼）。此后的100年，钼并未商业化应用，直到1891年冶金学家发现它能像钨一样使钢材硬化。同年，法国施耐德公司（Schneider & Co.）首次推出含钼合金钢板，用于制造装甲车。



"A ten-ton steam roller didn't even dent the shovel"

A CONTRACTOR down in North Carolina* requested a sample of the H. K. Wood's Mo-lyb-den-um Steel Shovel. He specified no particular type. So a sample of the regular railroad shovel was sent to him.

This shovel was not suited to his needs. He was building asphalt roads, and wanted a shovel with a flatter blade that would scatter the asphalt.

So he tried to flatten the blade of the shovel that was sent him. First, he used a hammer, but could make no impression on it. Then he placed that shovel upside-down on a concrete roadway, and had a ten-ton steam roller pass over it four times with no apparent effect.

He then requested that "a special flat shovel be made up to meet his requirements, as it was impossible to change or damage a finished Mo-lyb-den-um Shovel."

Comparative tests have proved Wood's Mo-lyb-den-um Steel Shovels to be *two to six times* stronger than any other shovels made. They are also far lighter for a given strength.

Write today for folder showing the application of Wood's Mo-lyb-den-um Steel Shovels to all railway needs.

THE WOOD SHOVEL AND TOOL COMPANY
Piqua, Ohio U. S. A.

*None on request.

Wood's Mo-lyb-den-um Shovels

➤ 含钼合金钢铲提供了苛刻的公路和铁路工程所要求的强度
© Climax Molybdenum

大约同一时期，挪威南部的农民在克纳本附近发现了一个丰富的辉钼矿床并开始手工开采。他们将这种被称为“铅笔石”的矿物用作润滑剂和炉灶抛光剂，并确立了钼的首个商业估值：一磅辉钼矿可兑换一磅黄油。科学家们随后开始认真研究这种矿石，市场需求随之增长，以至于1895年克纳本又新开了两个矿。

从默默无闻到广泛应用

尽管已发现钼可以使钢硬化，但这个当时仍鲜为人知的元素很难有市场需求。两个重要事件改变了这一局面。首先是成功开发出一种经济的辉钼矿选矿分离工艺——至今仍在使用的浮选工艺。其次是第一次世界大战的爆发。

在钼出现之前，钨是硬化钢材的关键元素，对坦克车体和其他军事装备至关重要。第一次世界大战导致全球钨供应紧张，促使人们转而使用钼作为替代品，需求因此激增。当时克纳本的矿工们已能用一磅钼换取三磅黄油。

和平时期催生新应用

战争结束后，对钼的需求有所回落。当时的矿业公司并未积极推广其产品的新用途，仅满足现有需求。当另一个早期的矿业公司美国克莱麦克斯开始向任何愿意试用钼的钢铁公司免费提供钼时，这种情况发生了变化。保守的美国钢铁工业对此兴趣不大。于是该矿山转向了汽车工业，在那里他们结识了著名的冶金学



工人将钼精矿装入桶中准备发运给客户的历史照片

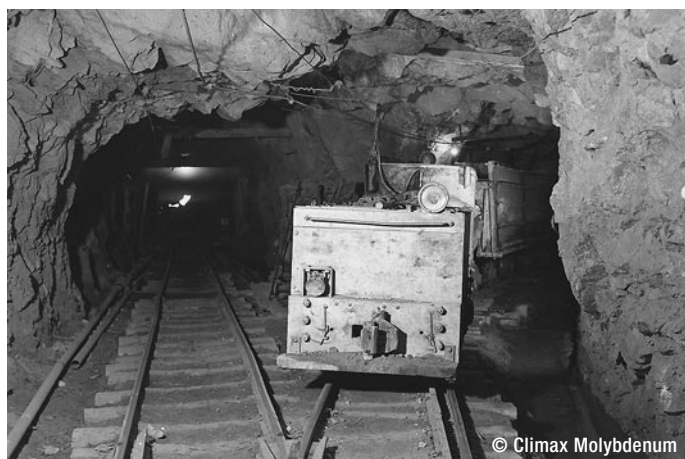
家C.H.威尔斯。威尔斯对开发福特T型车（第一个大众买得起的汽车）发挥了重要作用。离开福特后，他希望设计一款更轻、更省油且不失耐用性的车，而他选择的能提供这一卓越性能的正是含钼合金钢。

1921年，这款名为“灰鹅”（Gray Goose）的汽车问世。这款车成为钼被广泛认可为钢中添加的优质合金元素的关键推手。它的发动机、传动系统、车架及悬挂系统中所有承受应力的部件均采用含钼合金钢制造。“灰鹅”参加了1920年代极具人气的横跨美国大陆汽车赛，并常常是唯一能完成全程比赛的车辆。这无疑为钼增强钢材耐用性的能力做了最佳广告。到1920年代中期，各大汽车制造商和钢铁企业开始批量订购钼。政府和工业机构也将钼列为标准工业合金元素。

1918年，研究者和勘探者在不列颠哥伦比亚省研究矿石



早期的矿山机车拖着矿车将矿石从地下深处运至加工厂





© Wills Sainte Claire Auto Museum

➤ 1921年至1926年生产的威尔斯圣克莱尔“灰鹅”汽车，采用含钼合金钢制造，赢在许多横跨美国越野比赛中屡获殊荣

应用不断拓展

1921年“灰鹅”取得成功后，工程师将钼的应用扩展到更苛刻的环境中。早在一战期间，铬钼钢就因其强度高重量比优势被用于飞机骨架。钼在高温下仍保持强度的能力使其成为早期飞机发动机的理想材料，特别是在高温排气部件中。到20世纪30年代初，它作为合金元素被添加到不锈钢中，产生了316不锈钢，一种具有优异耐点蚀和缝隙腐蚀能力的钢种，这个新钢种很快被用于船舶和化工设备以及食品加工领域。

在工业应用不断拓展的同时，研究人员也发现了钼的生物学重要性。到1932年，已有多位学者描述了钼在动植物体内的存在及其可能具备的功能。这一发现开启了人们对钼作为大多数生物必需微量元素的认知之旅，并催生了包括肥料添加剂在内的其他用途。

第二次世界大战再次激起了装甲板、火炮和耐高温钢等领域对钼的战略需求。战后，这些材料转向民用工业。钼成为工具钢和高速钢的关键成分，其形成的稳定碳化物能在高温下保持刀刃的锋利。20世纪70年代，钼被广泛用于高强度低合金钢（HSLA），使天然气管道、桥梁和重型机械的强度更高又更轻量化。同时，含钼不锈钢也成为核电站和制药加工等任何对耐腐蚀性有严苛要求的行业的标准材料。

20世纪80年代以来，钼持续助力能源、交通和基础设施领域的技术进步。它成为喷气发动机和燃气轮机用超级合金、石油天然气和化工用耐腐蚀钢种以及清洁

燃料生产中使用的催化剂中不可或缺的成分。二硫化钼作为干式润滑剂，在航空航天和工业机械领域得到广泛应用。随着各行业向更高性能、更低排放方向转型，钼在风力涡轮机、太阳能热电站以及用于提升汽车安全性和轻量化的超高强度钢材中的作用日益凸显。此外，在对强度、耐腐蚀性和耐久性有极高要求的石油专用管材（OCTG）和水电基础设施中，钼依然发挥着关键作用。

正在书写的历史

如今，钼主要是作为铜矿开采的副产品被开采，不过也有一些矿山专门开采钼。中国是世界上最大的钼生产国和消费国，并且拥有已知最大的钼储量。其他主要的开采国包括智利、墨西哥、秘鲁和美国，储量仅次于中国。现在对钼的研究是一个全球性的事业，因此发展速度比上个世纪快得多。

尽管钢铁仍然是钼最大的应用市场，但钼的应用领域在不断多元化。如今，钼在照明设备、半导体、能源生产、肥料、基础设施、建筑和医药等各个领域都发挥着作用。随着新发现的飞速涌现，钼的历史正在继续书写——而它最深远的影响或许还在未来。（KW）



飞跨深谷的双 相不锈钢桥

在康沃尔郡崎岖的海岸线上，一座壮观的人行桥取代了已消失的陆地连接，重新连接起英国最具传奇色彩的历史遗址之一——廷塔杰尔城堡的两部分。这座桥为抵御康沃尔严酷的海岸气候而设计，巧妙融合古今元素——连接的不仅是岩石与岩石，更是过去与现在。



在康沃尔郡北海岸，海浪拍打着被盐雾和海风侵蚀了数百年的悬崖峭壁。廷塔杰尔城堡的残垣断壁坐落在伸入大海的岩石岬角上，唤起人们对神话与王权的遐想。这片遗址以其令人叹为观止的自然风光以及英国最经久不衰的传说之一——亚瑟王的诞生地，每年都吸引着20万游客前来探访。

这座城堡最初通过一座狭窄的天然陆桥与大陆和门楼相连。但随着时间的推移，这条通道因侵蚀而逐渐消失。数百年来，只有陡峭的阶梯可通往这座中世纪堡垒的遗迹。这种隔绝状态或许保留了遗址的神秘感，却也带来了现实难题，旅游旺季时游客流量过大导致拥堵，加速了脆弱考古遗迹的磨损，限制了许多游客的到访。



城堡遗址（建于5世纪，13世纪重建）分布在桥的两侧

仿佛体验到13世纪廷塔杰尔城堡最后一次完整相连时的景致风貌。

重建原始连接

为了重新连接廷塔杰尔被分割的两部分并提升游客体验，英格兰遗产委员会发起了一场国际竞赛，目的是让更多人能够探访此地并更好地理解其历史意义。最终胜出的方案是由 Ney & Partners 与 William Matthews Associates 联合给出的一个优雅且富有象征性的答案：两道悬臂从峡谷两侧伸出，在中间相接。

与传统的连续跨不同，该设计在桥中央特意留有40毫米的间隙，象征着大陆与海角、现在与过去、现实与传说之间的分界。游客亲身跨越这道大自然造成鸿沟，

勇抗自然之力

康沃尔郡的海岸风光壮美，却也极其严酷。狂风、盐雾和暴雨不断考验着各类建筑的极限。材料必须能够承受这种强腐蚀性的海洋环境，有很长的使用寿命而所需维护最少。为满足这些要求，设计团队选择了喷漆碳钢与双相不锈钢组合的方案。桥梁主承重弦杆（承受拉力与压力并传至桥台）采用涂漆碳钢制造，必要时可重新喷漆。

新桥复刻了很久以前坍塌入海的天然陆桥的大致宽度与长度，重新连接了城堡遗址被隔断的两部分





➤ 施工人员利用缆索起重机，从海角吊起钢构件，在横跨峡谷的悬臂梁上进行空中组装

较精细的构件如交叉支撑、栏杆和桥面托板，则采用 2205 双相不锈钢制成。它含有约 3% 的钼，能显著增强材料抗大气腐蚀的能力，尤其在氯化物含量较高的沿海环境中表现优异。钼可有效抑制点蚀和缝隙腐蚀，延长部件使用寿命，且无需保护涂层。

支撑，再用螺栓固定。这种施工方法让结构得以“凌空”逐段地延伸建造。中心刻意预留的间隙，允许桥梁的两半部分随温度变化自由伸缩。

➤ 两道悬臂梁之间的中心间隙约为 40 毫米

深渊之上的装配

施工物流也是一大挑战。由于地处偏远，重型机械无法通过道路抵达现场，60米深的峡谷中也无法使用起重机。解决方案是：将钢结构拆分成便于运输的构件，经狭窄道路运抵后，采用缆索起重机系统吊装到位——这种施工方式更常见于阿尔卑斯山区，而非英国文化遗址地。

桥梁的两半部分各长 33 米，均由 6 个预制钢构件组成，每个构件重量不超过 5 吨。这些构件被吊装至指定位置后，通过可滑动拼合的联锁钢板连接，无需临时



桥梁与岩石连接处的高度为 4.5 米，向中点逐渐收窄至仅 170 毫米。16米长的岩石锚杆将悬臂牢牢锚固在悬崖深处。纤细的斜撑和交叉支撑负责承受剪切力，部分位置采用了尺寸仅为 30×30 毫米的矩形双相不锈钢空心型材。

板岩、钢材与叙事

桥面铺设了 4 万块手工劈制的德拉博尔板岩，它们开采于距离遗址仅两英里的地方，垂直嵌入不锈钢托板中。这一独特的细节设计打造出富有质感的行走表面，呼应了康沃尔郡当地的建筑传统。扶手由未经处理的英国橡木制成，选用这种材料是因为它自然的色泽变化，且视觉干扰小。

栏杆采用纤细的双相不锈钢棒材制成，这些构件极为精巧，从远处望去几乎与天空融为一体。这种简

约设计是刻意为之，最大程度地减少与城堡遗迹的视觉冲突，保持对考古遗址的尊重。选用耐久材料，确保这座桥能够世代传承，无需过多维护干预，也不会分散人们对遗址本身的关注。

古老遗址的新篇章

英格兰遗产委员会首席执行官凯特·马弗评论道：“廷塔杰尔城堡终于恢复了完整。人们将再次从城堡的一端走到另一端，他们的脚步将与数百年前的足迹遥相呼应。”这座桥的象征意义与其工程成就一样强大。它提供了无障碍通道，让公众得以走进英国最具标志性的景观之一。通过分流人流，保护了珍贵脆弱的考古遗址。它也展示了现代材料——如含钼不锈钢——如何在最敏感的环境中实现大胆创新的设计。(MH)

➤ 桥梁结构精巧，与标志性的海岸景观无缝融合，视觉上与附近的城堡遗迹相协调，不会喧宾夺主





钼使太阳能电池板更纤薄

想象一下，在偏远荒野徒步时，背包上装着一块轻便、可弯曲的太阳能电池板为手机充电；或者，飞机依靠太阳能供电，降低对燃油的依赖。使这一切成为可能的轻量级技术，正是名为“铜铟镓硒”（CIGS）的薄膜太阳能技术，它正将太阳能应用拓展到传统硅基技术无法触及的领域。CIGS 技术依赖于以原子级精度涂覆的微米级钼薄层，它让电池板能够在从灾区到深空等各种最恶劣环境中保持良好性能。



这款特种高空飞行器可在平流层持续悬停长达一年，由CIGS太阳能电池板及机载电池为其观测与通信系统供电©Sceye

绝大多数太阳能电池板采用硅晶片技术，通过吸收可见光产生电。硅基组件之所以普及，是因为规模化生产让它们兼具高性价比与高发电效率。但它们也存在体积大、重量重和易碎的缺点。相比之下，薄膜太阳能组件的厚度可减薄至硅片的 1/20，重量也大幅减轻。根据所用基底材料的不同，它们还可以是柔性的，甚至是可弯曲的。此外，在弱光环境下，比如阴天、傍晚时分或是被遮挡的城市环境中，薄膜电池板的表现也优于硅基产品。

这些多功能特性开辟了一系列全新的载体表面发电场景：特种飞行器如无人机、气象气球和卫星、建筑的外围护结构，甚至个人露营装备如帐篷和背包都可以集成发电功能。例如，柏林一家太阳能研究机构，通过在建筑外立面无缝集成 CIGS 电池板，每年可发电超过 3 万千瓦时，足以满足多户家庭的用电需求。在灾害救援中，基于 CIGS 技术的可折叠太阳能板，能为照明、通信和冷藏设备提供关键电力。同样，安装在电动汽车车顶的薄膜太阳能板可在车辆行驶过程中充电，从而延长续航里程。在所有这些应用中，那层微米级的钼都起着不可或缺的作用。

涂上钼原子

钼用于两种最常见的薄膜太阳能电池中，铜铟镓硒（CIGS）电池和早期的碲化镉（CdTe）电池。虽然碲



柏林研究机构的建筑外立面集成了定制蓝色的刚性 CIGS 电池板，与金属包覆层相得益彰

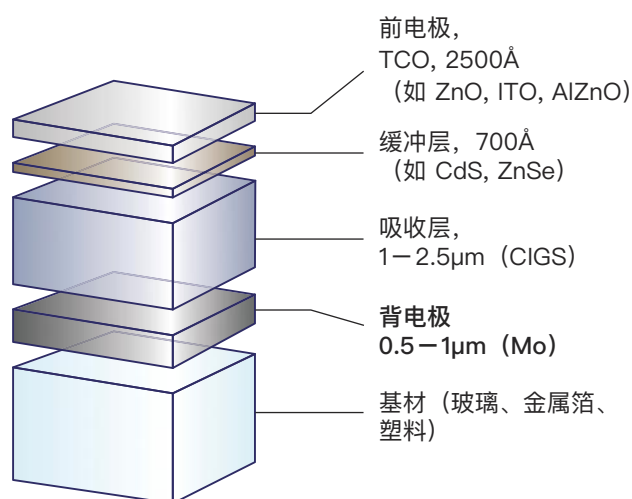
化镉电池曾经使用钼材料，但如今许多生产商为了控制成本，已改用其他替代材料。而在 CIGS 电池中，钼至今几乎无可替代。每一块太阳能电池都需要前电极和背电极，用于收集和传输半导体层产生的电。钼在 CIGS 电池中作为背电极，它的热膨胀系数与钠钙玻璃基底高度匹配，防止在高温制造过程中产生应力 and 开裂。钼与玻璃基底、CIGS 吸收层之间都具有很强的附着力，可确保电池在反复热循环和机械操作中保持结构完整。在超过 500°C 的加工温度下，钼依然保持良好的导电性和化学稳定性。此外，在接触界面会自然形成一层硒化钼（MoSe₂）薄层，从而降低电阻并提升电池性能。

CIGS 中的钼层通过溅射技术沉积到基底材料上。在溅射工艺中，将一块固态钼（称为“溅射靶材”）放置在真空室中，真空室内的氩气被激发形成等离子体，等离子体的带电粒子轰击钼靶，将钼原子撞击出来沉积到基底材料上。这种类似喷涂的工艺可形成一层均匀的钼薄层，厚度通常为 400 至 1000 纳米，比人的头发细 100 倍。

与任何涂层方法一样，均匀性和效率十分重要。传统的平板靶材在使用过程中中心区域容易出现沟槽状不均匀磨损，导致边缘处钼材料被浪费，有时钼靶材仅使用了 30—40% 就需要更换。使用旋转圆柱形靶材可确保整个靶材均匀磨损，沉积量能提升至原来的三倍，大幅减少浪费，同时减少更换次数并降低溅射工艺的成本。

CIGS 电池组件结构示例

（自下而上逐层沉积）





工厂中尚未使用的旋转溅射靶材，由单一材料制成的整体式靶材示例



平板溅射靶材经多次生产循环后表面出现明显沟槽磨损，一旦过薄即被回收

旋转式靶材通常由一根钼管与用于支撑和散热的不锈钢或铜制支撑背管粘合而成，但这种复合结构工艺复杂、成本较高，还需要用到钎这类稀有昂贵的钎焊材料。为简化工艺，一些厂商推出了“整体式”靶材，整根靶管完全由钼制成，无需支撑管或粘接层。这种设计使整个管壁厚度几乎都用于溅射沉积，材料利用率更高，还便于回收，减少了生产线的维护和停机时间，从而提高了可持续性和成本效益。

柔性 CIGS 组件采用不锈钢或塑料基底，它们与钠钙玻璃不同，不会自然释放钠元素，而钠是提升电池效率的关键元素。为弥补这一点，已开发了掺钠或掺钾的钼靶材。有益的碱金属元素在加工过程中可扩散进入 CIGS 层，使电池效率提升高达 30%—50%。

除了作为溅射靶材，钼还用于真空蒸发系统，它们在高温环境下沉积 CIGS 或碲化镉吸收层，钼凭借其耐高温、耐恶劣化学环境的特性，成为设备内部的屏蔽罩、坩埚、蒸发舟和结构支架的理想材料。

许多屋顶无法承受硅电池板的重量或形状，而轻质CIGS电池板可轻松安装，也适用于既有建筑





➤ 在欧洲和北美等地的测试表明，长途客车顶部安装CIGS太阳能板可节省可观的燃油

未来展望

2018 至 2023 年间，太阳能电池板的安装量增长了两倍。这一增长态势，部分得益于太阳能技术种类的不断丰富和可及性的提高。展望未来，CIGS 技术有望在下一代叠层太阳能电池中发挥作用，叠层电池通过组合两种材料来提升性能和效率。其中，钙钛矿是最具潜力的搭档之一，这是一种轻质、潜在低成本、高效率且生产方法简单的光伏材料。由于 CIGS 和钙钛矿吸收太阳光谱的不同波段，将二者堆叠可将更多的阳光转化为电能。

尽管全球经济存在不确定性且地缘局势紧张，国际能源署（IEA）预计 2025 年全球能源投资将达到创纪录的 3.3 万亿美元。其中约三分之二（约 2.2 万亿美元）将投向低碳技术，包括可再生能源、核能、储能、能效提升和电气化。太阳能仍是领头羊，屋顶和大型光伏电站的投资预计将达 4500 亿美元。

目前，薄膜太阳能电池在全球光伏市场的占比尚不足 3%。虽然份额不高，但随着整个光伏行业的扩张，薄膜电池的市场需求也在持续上升。在对轻量化、柔性化、美观性要求高的特种应用领域，CIGS 正逐步替代硅，占据稳固的细分市场。无论应用场景是建筑墙面、近地轨道，还是偏远荒野，那层微米厚的钼薄膜，都将在幕后默默发挥着关键作用。（KW, NK）

感谢 Plansee 公司 Christian Linke 和 Thomas Huber 的技术访谈，为本文提供创作基础以及 Midsummer 公司 Valter Pakdeerat 的宝贵意见。

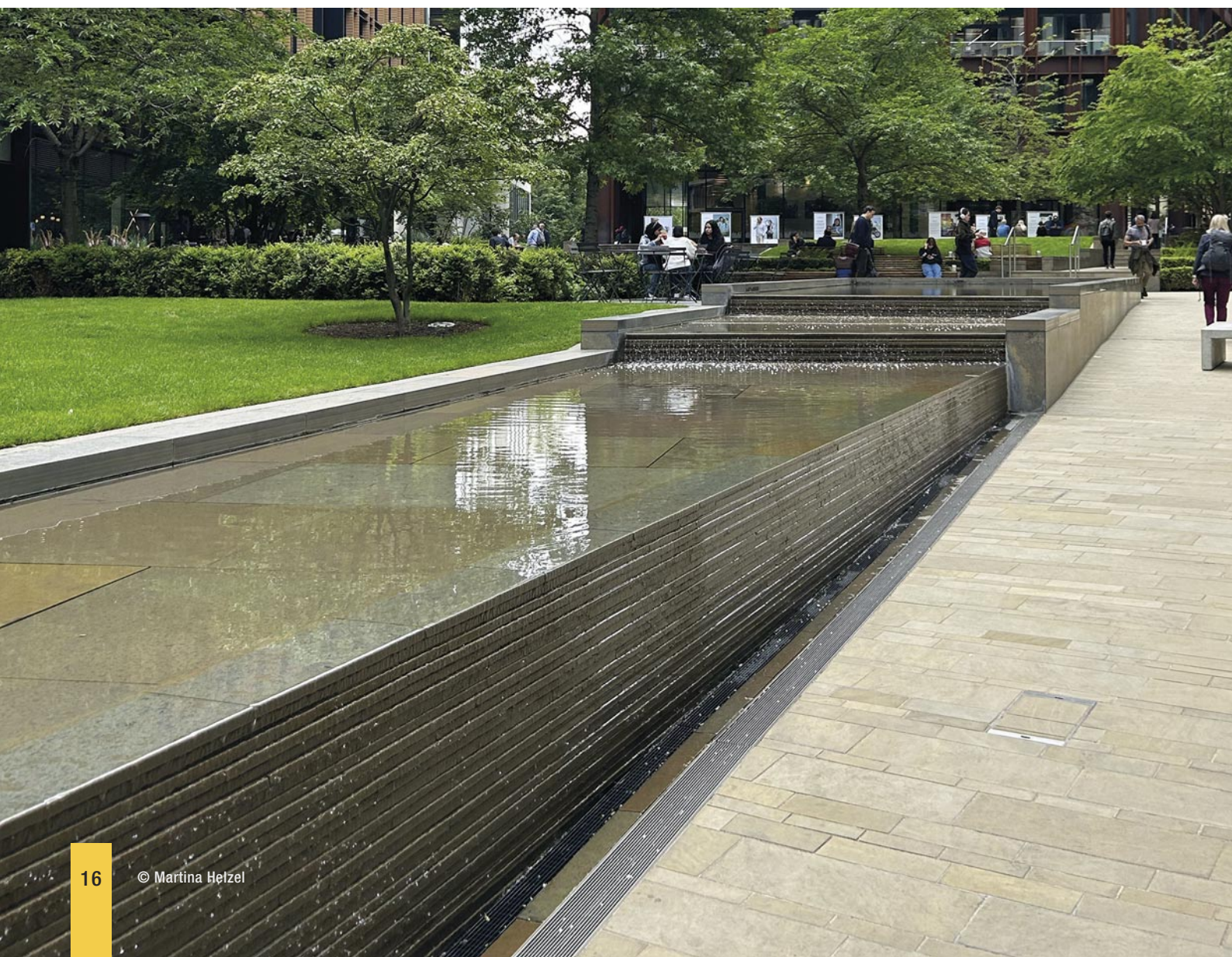
➤ CIGS电池板可制成柔性、耐刮、防水的产品，适用于户外探险和极限运动





不锈钢撑起城市地下生命线

城市地下纵横交织的基础设施常常不为人所注意，却在我们的日常生活中发挥着不可或缺的作用。排水沟、检修口和井盖等必须在严酷的城市环境中可靠地发挥功能，同时又能与周围环境无缝融合。当这些设施采用含钼不锈钢制造时，便能年复一年地保持优良状态。



帮助保持城市清洁、互联与安全的系统，如下水道和地下管线等公用设施，都隐藏在我们看不见的地下。它们藏身于在人行道和广场之下，疏导雨水、输送电力、输送饮用水并通过光缆传输数据。它们在地面上唯一的痕迹是零星分布的格栅、井盖和检修口，这些地面构件不仅仅是检修出入口，更是基础设施与城市环境之间的第一道防线。它们需要默默地可靠运行数十年，承受压力、抵御各种天气。在多个维度上对耐久性的严苛要求，使含钼不锈钢成为这些部件的坚实之选。

隐匿的地下网络

试想一下，暴雨过后你走过一个公共广场，路面基本已干，柔和的灯光从地面透出，小吃摊和音乐舞台供电不间断，树木沿广场边缘排列，根系透过精致的格栅自由呼吸。没有杂乱的电线，没有积水，也没有障碍物。

反观那些资金不足、排水设施老化的区域，短暂降雨后便频繁积水内涝，道路被迫封闭。或者是一个松动或锈蚀的井盖成为行人和骑行者的安全隐患。而维修工作向来复杂，往往需要凿开路面、中断通行、干扰市民日常生活。因此，这类地面与地下衔接处的材料必须谨慎选择，耐久性不是可选项，而是不可或缺的核心要求。

▶ 地埋式供电设备取代了人行道上杂乱无章的临时电线，仅在需要时才提供电力与通信支持



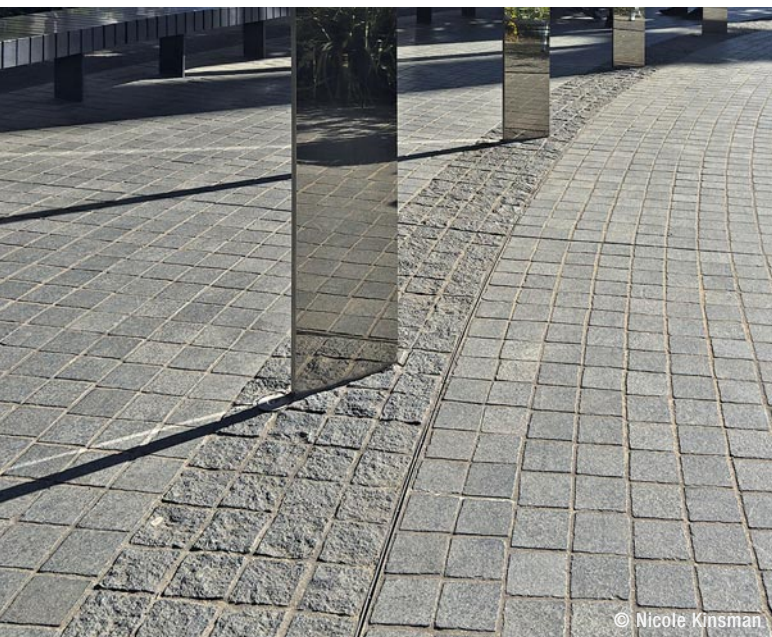
▶ 地下检修口与周围的石材地面齐平，且镶边图案纹路保持一致

地下的坚实力量

城市环境是严酷的，户外设施构件必须能够承受潮湿、融雪盐、酸性土壤、有机杂物的侵蚀以及持续的物理磨损。含2%钼的316不锈钢，兼具优异的强度与抗腐蚀性，是此类工况的理想选择。钼显著提高了材料抗点蚀和抗缝隙腐蚀的能力，这在潮湿、含盐或污染环境中至关重要。它有助于防止锈蚀和污渍，确保构件即便在高强度使用下，依然保持洁净、安全，而且维护成本低。对于排水系统而言，这不仅意味着不生锈，更能防止腐蚀产物堆积造成进水口堵塞或污染雨水径流。

为隐形而设计

从窄缝式排水沟到嵌入式照明和与地面齐平的公用设施盖板，如今的设施构件都追求“隐形”设计。



➤ 几乎隐形的窄缝式排水沟在疏导雨水的同时，巧妙地在不同类型的铺装之间形成视觉分界。嵌入式照明让设施在夜晚焕发生机

它们需要与石材、砖块或混凝土路面自然融合，通常与铺装接缝精准对齐，几乎难以察觉。

嵌入式照明装置在照亮的同时不产生眩光，触觉警示凸起或警示条为视障人士提供脚下触觉反馈。在部分场所，动感喷泉演绎水之舞蹈，水柱随节奏升降，为地面增添活力，却看不见水池、管道和水泵，只有小巧的不锈钢格栅，连接着过滤和机械装置。

为持久而建造

我们很少会留意脚下的这些设施部件，直到它们出现故障。但它们无声的存在，传递着一个重要理念：城市建设应投资于长期功能性，而非追求权宜之计。这样能减少未来的维修需求、降低维护成本，并最大限度减少对日常生活的干扰。这些设施证明，基础设施无需占据景观主导地位，便能定义城市的品质，它只需可靠运行，并持续可靠地运行下去。(KW)

➤ 触觉警示凸起帮助视障行人识别路口、高差变化等危险区域



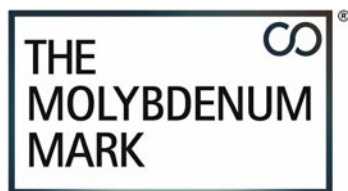
➤ 浅水互动喷泉在炎炎夏日提供清凉休憩空间，其排水沟与水泵均隐藏于不锈钢格栅之下



IMOA 新闻

“钼标志”最新动态

“钼标志”自2023年推出以来，获得了广泛的采用。截至目前，已有 28 个生产基地获得这项全球认可的认证标识。其中 7 家为独立生产基地，即与其他采矿基地无直接关联的原生钼矿及钼加工基地；其余 21 家则将钼作为主产品铜矿开采活动中的副产品进行生产，因此获得了钼标志的扩展认证。另有 4 个生产基地已签署“承诺书”以申请该认证。



近期对参与钼标志计划的国际钼协会（IMOA）成员进行的一项调查显示，该标志有助于回应下游用户提出的与钼相关的环境、社会和治理（ESG）问题。受访者还表示，该标志在产品营销中彰显了其对可持续ESG实践的承诺，并已被用于钼产品的包装上。

钼标志是“铜标志”（Copper Mark）体系的一部分。目前，“铜标志”正与加拿大矿业协会的“可持续采矿倡议”（TSM）、世界黄金协会以及国际矿业与金属理事会（ICMM）合作，旨在将现有的四项标准整合为一项统一的全球标准。这项“统一采矿标准倡议”旨在简化当前的采矿标准体系，并推动各金属价值链上环境、社会和治理实践的持续改善。经公开征询意见后，该倡议计划于2026年实施新标准，并为已获得现行标准（包括钼标志）认证的组织机构提供三年的过渡期。有关新整合标准的更多信息，请访问：<https://miningstandardinitiative.org>



金属数据中心

为了推广国际钼协会（IMOA）作为钼酸盐效应（生态）毒理学和碳足迹的高质量数据集提供者的权威性，IMOA健康、安全与环境主管Sandra Carey出席了在维也纳举行的欧洲环境毒理学与化学学会（SETAC）会议。此次会议汇聚了来自监管机构及学术界的3000名代表。这也是继她2024年秋季参加在美国德克萨斯州举行的美洲区会议之后的又一次重要参与。

在这两次SETAC会议上，IMOA与包括国际铜业协会、钴协会、镍协会、国际锌协会、国际铅协会、欧洲贵金属联合会及欧洲金属协会在内的多家组织共同设立了“金属数据中心”联合展位。各协会还共同主办了金属利益相关者研讨会，并专题探讨对环境多种金属混合（而非单一物质）进行风险评估的新方法。



春季会议及即将召开的年度会员大会

2025 年 4 月，国际钼协会（IMOA）会员齐聚伦敦，参加由泰克资源公司承办的行业交流与专题分享会。红门研究咨询公司的 Jim Lennon 就全球钼市场现状作分析报告，泰克资源公司的 Colin Hamilton 与 Andre Stark 则分享了该公司矿产运营的相关见解。在此特别感谢泰克资源公司对本次活动的承办支持。

我们下一次重要会议是9月10日-12日由智利国家铜业公司在智利瓦尔帕莱索省比尼亚德尔马主办的IMOA第37届年度会员大会。除专题报告和行业交流活动外，还将批准数家新成员加入。

钼钢研讨会报告

2024年11月13日-15日在奥地利维也纳举行的钼钢研讨会，聚焦钼在钢铁生产中的应用，从采矿到市场全流程，研讨会主题涉及钢铁制造、冶金技术、低碳减排及行业法规等多个方面。



IMOA会员会议折扣

IMOA会员在报名参加10月19日-21日在美国迈阿密举行的CRU铁合金行业峰会时，可享受10%的注册费折扣。会员可联系IMOA办公室获取折扣码。

此外，会员在报名参加11月2日-4日在巴塞罗那举行的Fastmarkets国际铁合金2025年会议时，还可享受20%的代表参会费折扣。欲了解更多信息，请扫描二维码。请联系info@imoa.info获取折扣码。



为建筑师与工程师提供继续教育课程

IMOA携手纽约装饰金属研究所，共同组织了一场由顾问 Catherine Houska 主讲的网络研讨会，主题为建筑生命周期评估的标准化。该研讨会由《建筑实录》主办。讲座内容已录制完成，相关课程至 2026 年 4 月 16 日前均可用于申领继续教育学分。演讲内容涉及国际标准的缺失问题，导致腐蚀和韧性评估无法准确反映特定场地的实际情况。不准确的评估可能导致设计需要更多的维护和更早的更换，从而增加成本和碳排放。



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

封面图片：安妮特·K漂浮游泳池甲板在巴黎塞纳河上的俯瞰景象
© Sergio Grazia/Seine Design

总编辑：
Nicole Kinsman

执行编辑：
Karlee Williston

特约撰稿人：
Martina Helzel (MH),
Karlee Williston (KW),
Nicole Kinsman (NK),

版式设计：
circa drei, Martina Helzel

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。