

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 Steel 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.

*Please no reprint.

Wood's Mo-lyb-den-um Shovels
The American Super-Steel

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

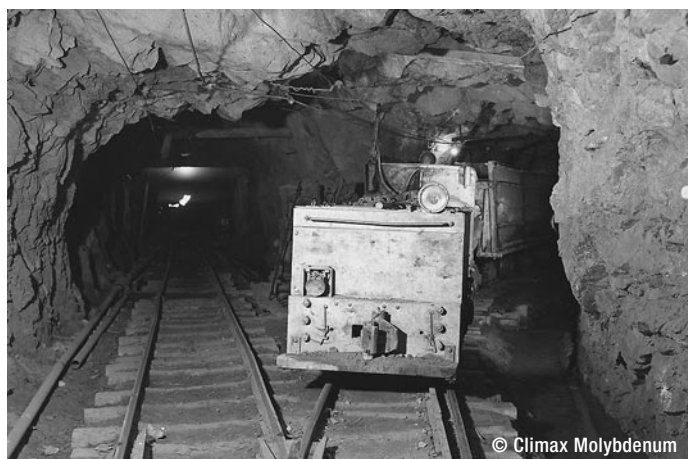
家C.H.威尔斯。威尔斯对开发福特T型车（第一个大众买得起的汽车）发挥了重要作用。离开福特后，他希望设计一款更轻、更省油且不失耐用性的车，而他选择的能提供这一卓越性能的正是含钼合金钢。

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能源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。
(Karlee Williston)