



编者按

本期“资源博览”栏目特别策划了“黄金”主题，旨在带领读者深入探索这一自古以来便与人类文明紧密相连的珍贵资源之奥秘与魅力。黄金，以其独特的物理性质、深厚的文化底蕴，以及在全球经济中的重要地位，成为自然界中最为人熟知且备受瞩目的元素。《金属之王——黄金》从地质学的角度详细介绍了黄金的历史文化、矿物特性、分布规律，让读者在了解黄金科学属性的同时，也能感受到人类对自然资源探索的不懈追求；《金辉映世——从金属矿产到财富象征的华丽蜕变》则将视角转向黄金与人类文明的深刻联系，详叙黄金开采冶炼的历史演变，令人感受到那份穿越时空、历久弥新的金色魅力。通过这两篇文章，我们希望能够激发公众对自然资源的兴趣与尊重，促进科学知识与文化价值的融合传播，在探索与利用自然资源的过程中，不断追求科技与文化的和谐共生。

金属之王 ——黄金

□ 文图 / 黄 龙 王建田 韩小梦 郭云成

第一作者简介 黄龙，助理工程师，主要从事金矿资源勘查工作和潜力评价研究。

通信作者简介 王建田，高级工程师，主要从事金矿资源勘查工作，长期在胶东地区从事矿产资源勘查研究。

世界上没有一种金属能像黄金这样源源不断涌入人类的生活，并对人类社会发展产生重要影响。黄金的社会地位与文化在人类数千年文明史中历经沧桑而经久不衰。金，是人类发现和利用的较早的金属之一，时间可追溯到新石器时代。随着时间推移，人们在加工使用金的过程中，逐

渐认识到了它与众不同的特性。黄金以其珍贵的价值、广泛的应用、稀缺的资源和丰富的文化与历史意义备受人们喜爱。

几千年来，黄金一直充当着人类社会发展历程中重要货币的角色，在历史上也一直是财富和华贵的象征。随着社会发展进步，黄金在饰品、



＞ 自然金（摄于中国地质博物馆）

工业和高科技等领域不可替代的作用得到了充分展示。例如，电子制造、航空航天、通信技术、化工技术、医药医疗、珠宝首饰等。另外，黄金储备也是政府的国际储备之一，在抵御通货膨胀、稳定国民经济和提高国际资信等方面，黄金起着重要作用。

金色年华 ——金的简史与文化

人类对黄金具有古老的情结，早在新石器时代人类就已经识别了黄金。在公元前 4000 多年，古埃及就有关于黄金的记载，约公元前 600 年，小亚细亚西部的吕底亚王国制造出人类历史上的第一枚金币。1816 年，英国通过了《金本位制度法案》，以法律形式承认黄金作为货币的本位来发行纸币，随后英国正式进入金本位制。到第一次世界大战爆发，金本位制度宣告解体时，全世界已经有 50 多个国家实行了金本位制，金本位

制度的建立将黄金地位推向了一个新的高度。我国是发现、生产和使用黄金较早的国家之一，出土文物证实，早在商代就开始有黄金制作的器物，例如，在河南郑州商代早期墓葬中出土的珷形金饰。“日照澄洲江雾开，淘金女伴满江隈。美人首饰侯王印，尽是江中浪底来。”“千淘万漉虽辛苦，吹尽狂沙始到金。”唐代文学家刘禹锡的《浪淘沙》，真实描绘了当时的采金情景。我国黄金生产始于商、兴于汉、衰于两晋南北朝，复于唐。唐以后的宋、元、明、清，对黄金时而禁采，时而开禁。

金玉良缘 ——金的性质与现代应用

金是一种金属元素，系元素周期表中第 IB 族（铜族）元素，原子序数 79。金的单质（游离态形式）通称黄金，黄金具有金属光泽，是热和电的良导体，纯金相对密度为 19.32 克/立方厘米，



砂金
[摄于中国地质大学（北京）博物馆]

熔点为 $1\,064^{\circ}\text{C}$ ，不透明，无解理。摩氏硬度为 $2.5 \sim 3$ 。具有强延展性，1 克纯金可拉成直径 4.34 微米，长 $3\,500$ 米的细丝。晶体结构为等轴晶系，自形晶常见单形有立方体、八面体、菱形十二面体、四六面体及四角三八面体，等等。纯金的颜色和条痕颜色都是金黄色，伴生银元素含量高时呈银白色调，铜元素含量高时呈铜红色调。在空气中不容易被氧化，锤击不易碎，更不怕火烧，火烧后不变色，而且不能被除王水以外的其他任何一种单独酸性溶液溶解。黄金因其独特的性质、稀少和珍贵，被誉为“金

属之王”。

在现代，人们充分利用黄金的特殊性质，在电子科技、建筑工程、航空航天和医药医疗等领域发挥着巨大作用，可以说使用在科技领域的黄金要远比在商场里的金饰品更加珍贵。科学家曾做过估计，一部苹果智能手机中约含有 0.034 克黄金，黄金的延展性、导电性和抗腐蚀性使其成为制作高规格电子元件的首选材料。航天工程中，在航天器上涂上一层黄金涂层可以保护航天器免受辐射的破坏。同样，黄金特殊的光学性质也使其成为一种非常好的建筑涂层材料，只要在窗户上涂上一层薄薄的黄金，就能有效反射热辐射，帮助建筑物实现冬暖夏凉，从而降低能源消耗，减少碳排放。例如，加拿大多伦多皇家银行广场的 $14\,000$ 扇窗户都镀有黄金涂层，总共使用了约 70 千克纯金（苏一横，2021）。黄金在医药医疗领域也颇具影响力，1985 年，金制剂作为基础药物应用于关节炎的治疗，目前公认金制剂对类风湿性关节炎确有疗效，常见的金制剂药物有硫代苹果酸金钠、金诺芬等。2001 年，镀金支架在心脏手术中得到使用，利用金的惰性，通过镀金将支架材料的表面与周围环境相隔离，可使支架性能更为稳定，临床应用取得了良好的效果（贾成厂，2021）。随着科技的进步，黄金将在更多的科技领域得到广泛应用。

金石之交 ——金的形成与载金矿物

地球上的黄金主要来自宇宙中的中子星碰撞和超新星爆发。当很多中子星碰撞产生能量时，更多的中子会衰变成质子，质子的数量会越来越多，最后会形成像黄金这样的重金属。此外，还有超新星爆发时，产生含有金元素的物质进入星际尘埃，这些尘埃在经过太阳系时，由于地磁场作用，落入地球。大约 40 亿年前，地球上富含黄金的物质便从这些宇宙尘埃中凝聚而成。

地球上约有 4 亿亿吨黄金，约占地球总质量的 15 万分之一，如果将它们平均分给全球 80 亿人，那么平均每人能分到 500 万吨。这好像说明地球上的黄金并非稀少，但事实上，地球上 99% 的金元素在地球形成初期的高温熔融状态下，由于密度较大，逐渐下沉到目前人类技术无法触及的地幔和地核中，只有极少部分才赋存在地壳中，且地壳中黄金含量也只有 10 亿分之一。

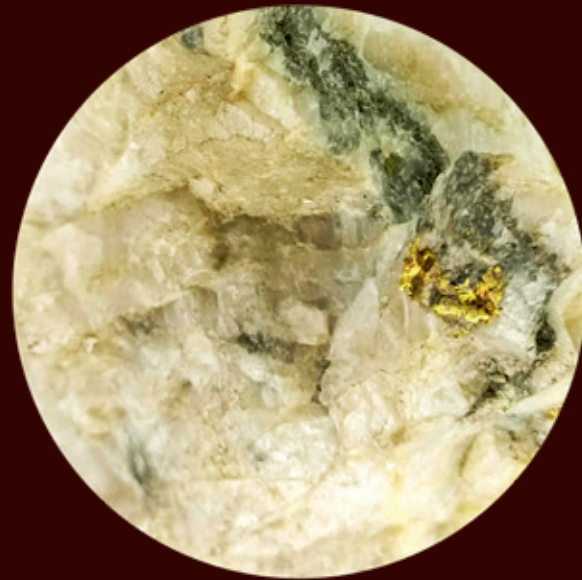
金矿按资源结构可分为岩金、砂金和伴生金三种类型。火山爆

发、构造运动、岩浆喷涌等内力地质作用使金元素从地幔和地核中被夹带到地壳中形成岩金，岩金开采的工序相对复杂而艰辛，一般一吨金矿石，才能提炼出几克黄金。富含金元素的岩石，在经过风化、剥蚀、搬运等外力地质作用，最后在河流稳水地段沉淀形成砂金。从世界采金史看，人们获取黄金主要是从采淘砂金开始的。我国采淘砂金活动可追溯到奴隶社会早期，淘洗的砂金是从含金的砂砾层中得到的，古称“河金”或“麸金”。伴生金主要在有色金属、贵金属等矿床中伴生产出，尤其是伴生于富硫化物、砷化物的有色金属矿床中。地球上岩金、砂金和伴生金的储量比例，大约为 $70:15:15$ 。金矿按照成因可分为内生矿床和外生矿床两种类型。内生矿床是指地球内部能量（热能、动能、化学能等）导致的矿床形成，包括岩浆成矿和热液成矿，等等。外生矿床是指在太阳能影响下，在岩石圈上部，经岩石与水、大气和生物的相互作用而在地壳表层形成的矿床，包括风化矿床和沉积矿床（砂金），等等。金矿资源主要产于热液成矿作用，占金矿总储量的九成。全球金矿划分了 4 个成矿域， 21 个重要成矿带，每个成矿带的矿床类型、成矿作用、成矿时间和特点与构造背景演化密切相关，金矿的成矿作用贯穿整个地质历史时期，不同的金矿发育在不同的构造环境（崔敏利 等，2018）。

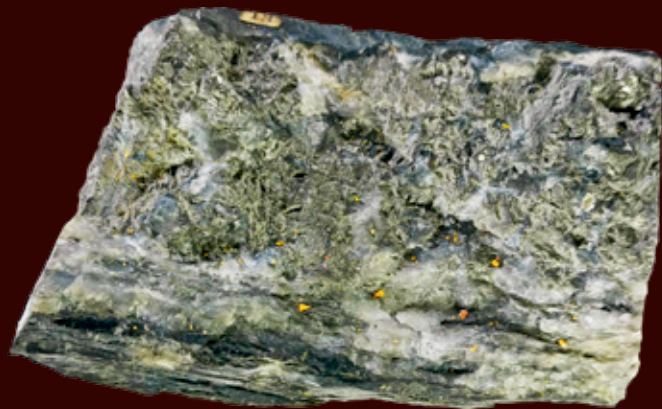
载金矿物是指金矿床中携带金或者赋存金的矿物，金常产于载金矿物的晶体表面、裂隙中、颗粒之间和晶格中。主要的载金矿物为黄铁矿（ FeS_2 ）和石英（ SiO_2 ），其次为毒砂（ $\text{Fe}[\text{AsS}]$ ）、白云石（ $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ）等。其中黄铁矿是金矿中最常见的金属矿物，也是复硫化物。由于金是铜族元素，具有很强的单质稳定性，在地球化学性质上具有较强的亲硫性，所以在野外常见到金与细粒黄铁矿共生。由于黄铁矿在外表上酷似黄金，常常被称为“愚人金”。石英脉型金矿一般是后



“愚人金”黄铁矿（摄于中国地质博物馆）



石英脉中的自然金（明金）
[摄于中国地质大学（北京）博物馆]



含金毒砂 [摄于中国地质大学（北京）博物馆]

期热液充填岩石裂隙形成。有些热液本身为富金硫化物，冷却后富集成矿，还有一些是低温热液侵入后与富金等围岩发生作用成矿。金主要赋存在石英颗粒之间、裂隙中和表面，含金性较好的石英一般呈烟灰色。毒砂富集金的能力也很强，因为金可以呈机械混入物形式进入毒砂中，只是毒砂矿物一般含量低，和黄铁矿比相对少见。

金枝玉叶 ——绝美的自然金

自然金是天然形成的金元素矿物，是指地球表面或者地下发现未经加工的黄金。其成分中常含银和少量的铜，通常将银含量小于 5% 的黄金称自然金。自然界中天然形成肉眼能看到的自然金，称为明金。纯净的金呈略带红色调的黄色，在自然界中一般以散粒状、不规则树枝状、片状和块状集合体形式出现，产于高、中温热液成因的含金矿脉中，或产于火山岩系与火山热液作用有关的中、低温热液矿床，自然金以中低温热液成因为主。在自然界中呈规则晶形的自然金晶体较少见，一般多成不规则的粒状、网状、丝状、团块状、鳞片状、树枝状、纤维状及海绵状集合体。我国的山东、黑龙江、新疆、河南和湖南等地均有自然金产出。

外生成因的砂金可形成团块状集合体的天然块金，通常是由自然金、石英和其他矿物集合体组成，一般颗粒较

大，形态不规则，质地不纯，因其有些形似狗头，得名“狗头金”。根据统计资料，迄今世界上已发现大于 10 千克的“狗头金”约有 8 000 ~ 10 000 块，数量最多的国家首推澳大利亚，约占总量的 80%。其中澳大利亚名为“霍尔特曼”的“狗头金”重 285.77 千克，高 144.78 厘米，宽 66.04 厘米，平均厚度 10.16 厘米。2015 年 1 月，家住新疆阿勒泰地区青河县的一位牧民发现一块重达 7 850 克的“狗头金”，该金块长约 23 厘米，最宽处约 18 厘米，最厚处约 8 厘米，是迄今为止在我国新疆发现的最大一块“狗头金”（马志飞，2021）。关于“狗头金”的成因说法不一，但科学家们普遍认为“狗头金”是溶于地下水中的金在某些部位围绕一个中心沉淀结晶而成的。在这个过程中有微生物的参与，微生物在捕获和吸附金离子后聚集凝结，构成了金离子沉淀中心，随后金块继续长大，经过一段相当长的时期，逐渐形成“狗头金”。

金碧辉煌 ——国内外金矿分布与资源储量

数据显示，全球金矿查明资源储量约为 10 万吨，其中基础储量约为 5 万吨。全球已查明金矿资源主要分布在中国、南非、俄罗斯、澳大利亚、印度尼西亚和美国等十几个国家。我国查明的金资源储量主要分布在山东、甘肃、新疆、内蒙古、河南和云南等省（自治区），上述 6 省（自治区）查明资源储量之和占全国的 58.1%（邱曼 等，2023）。

山东省胶东地区是我国最大的黄金生产基地，也是世界第三大金矿区，已探明黄金资源储量超过 5 000 吨，约占全国的 1 / 3；黄金年产量约占全国的 1 / 4，黄金储量和年产量常年位居全国第一（冯岳川 等，2023）。2023 年 8 月，山东黄金集团发布在山东莱州探明国内资源量规模最大的巨型单体金矿床——西岭金矿，在 2017 年详查备案 382.58 吨金金属量的基础上，新增金金属量 209.606 吨，累计探获金金属量 592.186 吨，伴生银 590 吨，预估潜在经济价值超 2 000 亿元 [矿产资源储量规模划分标准（岩金）：大型≥ 20 吨，中型 5 ~ 20 吨，小型< 5 吨]。现代黄金重量计量单位主要有盎司、克、千克（公斤）、吨，等等。国际上常用的黄金计量单位是盎司。纯度计量单位一般有百分比和 K 金两种，如 G999 和 G24K 等（G 是黄金英文的首字母，999 表示含金量不低于 99.9%，K 表示黄金的含量，是外来语 karat 的缩写，每 1K 的含金量为 4.166%。24K=24×4.166%=99.984%）。黄金一直对人类社会的政治、经济和文化产生着巨大而深刻的影响，尤其在金融领域扮演着不可或缺的角色，是世界各国的储备资产，用于支持



➤ 探寻岩金矿 李 杰 / 摄

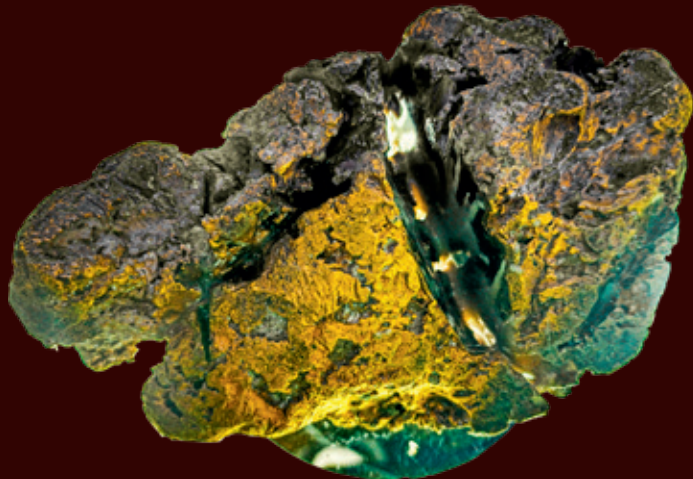
货币价值和稳定经济。黄金是一种重要的全球性战略矿产资源，为国家金融和经济安全提供着重要支撑。作为全球通用支付方式和跨国贸易结算手段，黄金不易受通货膨胀和政治风险影响，许多国家都拥有大量的黄金储备，以防止金融危机和货币贬值。随着社会发展，黄金也被赋予了不同的社会属性，如商品属性、文化属性、政治属性和战略属性等。这体现了黄金的价值，同时也说明了黄金的重要战略地位和作用。黄金是唯一同时具有商品和货币双重属性的特殊产品，也是唯一能够跨越国家、语言、种族、宗教、文化的全球公认的货币资产。

为保障国家经济安全、国防安全和战略性新兴产业发展需求，金已被我国列入战略性矿产目录。黄金作为战略性矿产资源，对于维护国家资源和金融安全、推进人民币国际化起着重要作用。在未来，随着人类社会的发展进步，工业和科技领域技术的日益提高，黄金必将以其独特的优势，在各个领域得到更广泛应用，为人类社会文明作出更大贡献。

本文由中国地质调查局“山东招平带南段及外围金多金属资源调查评价（编号：DD20242575）”和“山东牟平辽上金矿资源调查评价（编号：DD20243129）”项目联合资助。

第一作者单位 / 中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心（自然资源部黄河入海口陆海交互作用野外科学观测研究站）

（本文编辑：何陈临秋）



➤ “狗头金”（摄于中国地质博物馆）