

# 从课堂金属到星辰大海：化学课如何连接深空、深海与深地

From Classroom Metals to the Vast Frontiers: How Chemistry Lessons Connect Deep Space, Deep Sea, and Deep Earth

供稿|高旭东<sup>1</sup>, 王喆<sup>1</sup>, 纪宏<sup>1</sup>, 贾海静<sup>2</sup> / GAO Xudong<sup>1</sup>, WANG Zhe<sup>1</sup>, JI Hong<sup>1</sup>, JIA Haijing<sup>2</sup>

## 内容导读

在“深空、深海、深地”国家战略背景下，关键金属材料已成为极端环境装备发展的重要支撑，也为中小学科学教育提供了连接教材知识与前沿科技的现实议题。当前“金属和金属材料”教学多聚焦铁、铜、铝等常见金属，对关键金属材料及其战略应用关注不足，存在从基础知识到工程实践的衔接断层。本文以北京市东城区中学科学教育实践为例，结合中央工艺美术学院附属中学“金属和金属材料”大单元教学设计和北京科技大学贾成厂教授“趣味金属”科普讲座案例，分析现有教学在情境创设、科学探究和前沿拓展方面的优势与不足。在此基础上，提出项目式学习、学生探究实验、强基/翱翔学员小课题和高校-中学-区域教研协同机制等改进路径，构建从“教材金属”走向“关键金属”的教学转化框架，为中小学科学教育对接国家战略需求提供参考。

“金属不仅是冰冷的材料，它们是构成世界的脊梁，更是人类文明跃升的密码！”2025年，北京科技大学贾成厂教授在北京市第一六六中学的“趣味金属”科普讲座上，用这样一句开场白让初中生们重新认识了身边的金属<sup>[1]</sup>。讲座结束后，有学生对教授表达说：“我以后也想研究材料科学，开发保护环境的绿色金属。”从这一细节可以看出高水平科普在激发学生科学志向方面的独特价值。

然而，当前中学金属材料教学的现实是：学生在九年级化学第八单元“金属和金属材料”中学习了金属的物理性质、化学性质、合金概念、冶炼原理

与防护方法，但这些知识似乎只存在于课本和试卷中。当他们听到“嫦娥探月”“奋斗者号深潜”“松科二井钻探”等大国工程时，很少有人能将这些前沿成就与自己学过的“金属材料”联系起来。这正是中小学关键金属科普亟待解决的核心问题——“教材金属”与“关键金属”之间的认知断层。

2026年，中国科协第二十八届年会专门设立“深空、深海、深地等极端环境服役关键金属材料”专题论坛，并特别强调科普成果转化，要求“推动创新成果从实验室走向课堂、贴近公众”<sup>[2]</sup>。这一导向与教育部等七部门《关于加强中小学科技教育的意见》

中“加强前沿科技成果向课程教学资源转化”“建立基础认知—综合应用—创新突破的培养路径”等要求高度一致<sup>[3]</sup>。北京市东城区作为全国首批中小学科学教育实验区，2024 年出台《推进中小学科学教育实施工作方案（2024—2026 年）》，明确提出“加强前沿科技成果向课程教学资源转化”，并实现科学副校长 100% 覆盖<sup>[4]</sup>。这一政策框架为关键金属材料科普的区域推进提供了制度保障。

本文所讨论的“关键金属材料”，主要指与“三深”极端环境装备密切相关的特种金属材料，包括但不限于：航天用铝锂合金、深海装备用钛合金、航空发动机用高温合金（含镍、钴、钨等元素），以及稀土、镓、锗等战略资源。这些材料或因极端性能、或因战略稀缺性，成为大国科技博弈的焦点。我们依托区域内中学一线教育教学案例，通过对典型教学案例的深度剖析，诊断当前金属材料教学的优点与结构性缺口，结合科普讲座案例的启示，系统提出从“教材”走向“星辰大海”的改进路径。

## 现状审视：基于典型教学案例的诊断分析

### 案例选择与分析方法

为准确诊断当前中小学金属材料教学的真实水平，本文选取中央工艺美术学院附属中学的一份“金属和金属材料”大单元教学设计作为分析样本。选择理由如下：其一，该设计已在初三三年级实际实施，具有真实性和代表性；其二，该设计以人教版九年级化学下册第八单元为依据，紧扣课程标准；其三，该设计经备课组集体研磨，代表了当前此类教学的较高水平。以“高水平样本”来诊断“结构性缺口”，其结论更具说服力。

### 案例优点分析

该教学设计围绕“金属的物理性质与合金—金属的化学性质与活动性顺序—金属资源的利用与保护”三阶递进结构展开，其主要优点体现在以下 4 个方面。

大概念统领，知识体系完整。设计以大概概念“性质—应用—保护”统领整个单元，将分散的知识点串联成有机整体。从金属的物理性质（导电性、导热性、延展性）到化学性质（与氧气、酸、盐溶液的

反应），再到金属活动性顺序的规律性总结，最后延伸到冶炼原理与防护方法，形成了完整的认知链条，符合 2022 年版课标“重视知识结构化”的要求。

实验探究丰富，科学方法渗透。设计安排了多组探究实验：合金与纯金属的性能对比实验（相互刻画比较硬度）、金属与稀盐酸/稀硫酸的反应探究（比较反应剧烈程度）、金属与金属化合物溶液的反应探究（验证活动性顺序）、铁钉锈蚀条件的对比实验（三支试管对照，控制水与氧气变量）。这些实验不仅训练了学生的操作技能，更重要的是渗透了控制变量法、对比分析法等科学方法。

联系生活实际，体现“性质决定用途”。设计注重将金属知识与生活经验对接：为什么菜刀用铁制而不用铝制（硬度问题）？为什么电线用铜而不用银（价格与资源问题）？自行车部件分别采用什么防锈方法？为什么铝制品比铁制品耐腐蚀（致密氧化膜）？这些生活化的问题使抽象的化学原理变得可感可知。

作业设计分层，兼顾差异发展。设计将作业分为“基础巩固类”“能力提升类”“实践拓展类”3 个层次。基础类作业落实核心方程式书写与概念辨析；能力提升类作业涉及实验设计（如设计验证锌、铁、铜活动性的方案）和含杂质计算；实践拓展类作业要求学生“观察家中 3 种金属制品，分析其选材原因”或“为校园铁制器材设计防锈方案”，体现了知识向实践的迁移。

上述优点表明，该教学设计代表了当前一线教学的高水平。然而，对照“三深”国家战略对关键金属材料科普的要求，该设计仍存在以下结构性缺口。

### 结构性缺口分析

缺口一：合金教学内容局限于常见合金，未延伸至“关键金属”。

教材对钛合金的介绍仅有第七页的一段文字：“钛和钛合金被认为是 21 世纪的重要金属材料，广泛用于航天、航空、船舶、化工和通信设备等。”教学设计中也仅提及“钛合金用于航天”，但未进一步展开：为什么钛合金适合用于深潜器（耐高压、耐腐蚀），为什么铝锂合金相比普通铝合金有何优势

（密度更低、比强度更高），在冷却结构和热障涂层协同作用下，为什么高温合金叶片能够在高温燃气环境中长期服役，这些“关键金属”与“教材金属”的关联未被建立。

缺口二：金属防护教学局限于常规方法，未关联“极端环境”。

教学设计中的防锈方法包括涂油、刷漆、电镀、烤蓝等，实验场景为“室外放置 14 d”。然而，深潜器在万米深海面临的是高压、高盐、低温的复合腐蚀环境；航天器在太空面临的是高真空、强辐照、剧烈温变的极端条件；深地钻探钻头面临的是高温、高压、高磨蚀的恶劣工况。这些“极端环境”下的金属腐蚀与防护问题，与教材中的“铁钉生锈”有着本质差异，但这一延伸目前在教学中是缺失的。

缺口三：金属资源保护教学停留于一般性倡议，未触及“战略资源”议题。

教学设计中“金属资源的保护”部分主要讨论“防止腐蚀、回收利用、合理开采、寻找代用品”4 条途径。然而，关键金属（如稀土、钨、锆、镓等）不仅涉及资源节约，更涉及国家战略安全与国际博

弈。我国在稀土等资源上虽有优势，但在高端高温合金、特种钛合金等材料的制备技术上仍有短板。此外，深海多金属结核、月球稀有金属资源等新兴领域，也为“金属资源保护”提供了全新的讨论维度。这些内容在现有教学中完全空白。

缺口四：跨学科实践活动落实不足，与航天、深海、深地应用脱节。

2024 版人教版教材在第八单元后设置了跨学科实践活动“调查我国航天科技领域中新型材料、新型能源的应用”，要求学生了解宇航产品中合金等金属材料的应用。然而，该活动在教学设计中标注为“选做”，未纳入核心教学环节。这意味着大多数学生可能无法接触到“金属材料与航天科技”这一天然的知识连接点。

上述缺口（表 1）并非教师个人能力的局限，而是当前教材体系与教研资源的普遍性不足。教材对“关键金属”的呈现停留在名词介绍层面，缺乏与“三深”应用的深度关联；教师培训缺少材料科学前沿的赋能；区域教研尚未形成“关键金属科普”的系统性资源。这也正是本文提出改进路径的现实起点。

表 1 教学设计结构性缺口分析

| 维度    | 现有内容            | 可深化的方向                  | 关联的“三深”领域 |
|-------|-----------------|-------------------------|-----------|
| 合金教学  | 生铁、钢、黄铜、钛合金（简介） | 航天铝锂合金、深海钛合金、高温合金叶片     | 深空、深海     |
| 金属防护  | 涂油、刷漆、电镀、烤蓝     | 深海高盐雾腐蚀、太空辐照腐蚀、深地高温高压腐蚀 | 深空、深海、深地  |
| 资源保护  | 回收利用、合理开采       | 深海多金属结核、月球稀有金属、稀土战略     | 深空、深海、深地  |
| 跨学科实践 | 航天材料调查（选做）      | 纳入必修，对接“三深”真实工程问题       | 深空        |

## 他山之石：科普讲座的启发价值与局限性

### 案例简介

2025 年，北京科技大学贾成厂教授在北京市第一六六中学作了题为“趣味金属”的科普讲座<sup>[1]</sup>。讲座面向初中学生，以“金属不仅是冰冷的材料，它们是构成世界的脊梁，更是人类文明跃升的密码”为开场，主要包含以下内容：

（1）历史反差：“铝曾比金银贵”——19 世纪铝的提炼极其困难，价格远超金银，法国皇帝拿破仑三世用铝制餐具招待最尊贵的客人；

（2）性能揭秘：“钛是亲生物金属”——钛与人体组织不发生排异反应，可用于人造骨骼，同时也

是深潜器耐压壳的核心材料；

（3）前沿展望：“形状记忆合金能自己‘记住’形状”——介绍镍钛合金在航天器天线中的应用。

讲座结束后，有学生追着教授表达：“我以后也想研究材料科学，开发保护环境的绿色金属。”这一细节可以看出高水平科普在激发学生科学志向方面的独特价值。

### 启发价值

用“反差”建立认知冲突，激发内在动机。“铝曾比金银贵”这一看似反常识的历史事实，瞬间打破了学生对金属的固有认知，为后续讲解“提炼技术的发展改变金属价值”埋下伏笔。这种叙事策略值得课堂教学借鉴：与其平铺直叙“铝的密度小、延展性

好”，不如先抛出“铝曾经比黄金还贵”的反差，再解释“电解法发明后铝才变得廉价”。

用“跨界”建立情感连接，降低认知门槛。“钛是亲生物金属”——贾教授将钛在深潜器和人造骨骼中的2种应用并置讲述，学生立刻理解了“为什么钛合金既能在人体内安然无恙，又能承受深海万米高压”。这种跨界连接使抽象的材料性能变得可感可知。

用“专家在场”建立仪式感，强化价值认同。讲座配有聘任“校外科技辅导员”的正式仪式，学生在讲座前后经历了“期待-参与-回味”的完整情绪曲线。这种仪式感使科普从“信息传递”升级为“情感事件”，其教育影响力远超普通课堂讲授。

### 局限性

然而，单次讲座的局限性同样明显：

(1) 碎片化：单次讲座只能蜻蜓点水，无法形成系统的知识体系；

(2) 不可持续：讲座结束后，缺乏后续的课程衔接与深化机制；

(3) 覆盖面有限：只有一所学校的一个年级学生受益，无法实现区域共享。

如何将此类讲座的“火花”转化为常态化、可持续发展的课程资源，正是本文要解决的核心问题。讲座的价值在于“破冰”与“点火”，而“建炉”与“添柴”需要系统的课程设计与区域协同。专家讲座适合“点火”，课程体系负责“持续燃烧”；因此需要把讲座内容转化为项目任务、实验活动和学生课题。

## 价值论证：为什么要在中小学引入“三深+关键金属”

### 战略储备意义

关键金属是深空探测、深海开发、深地科学探索的物质基础。航空发动机的高温合金叶片、深潜器的钛合金耐压壳、深部钻探的超硬合金钻头，都依赖关键金属材料的性能突破。然而，目前我国在高端高温合金、特种钛合金等材料的制备技术上仍有短板。中小学科普是在为2035、2050年的科技竞争“预埋种子”。正如中国工程院李卫院士在小学科普讲座中所说：“我国稀土储量世界第一，但要把这种

优势保持下去，需要你们这一代人的继续奋斗。”<sup>[5]</sup>

### 思维培养意义

一个“深潜器外壳材料选型”问题，天然融合化学（合金成分与耐腐蚀性）、物理（压强与材料强度）、工程（加工工艺与成本）、地理（深海环境特征）等多学科知识。学生在探究中自然实现跨学科学习，符合《意见》“着力培养学生的跨学科素养、科技创新能力、工程实践能力和科学思维”的要求<sup>[3]</sup>。

### 兴趣激发意义

“月球基地用什么金属建造？”“深海热液喷口附近的多金属结核如何形成？”这些“大问题”比“铁和铝哪个密度大”更能激发学生的探究欲望。当学生为了回答这些问题而主动查阅资料、设计实验时，学习便从“被动接受”转向了“主动建构”。

### 价值引领意义

当中小学生学习到“奋斗者”号下潜深度突破万米、国产高温合金打破垄断时，他们获得的不仅是知识，更是一种“中国力量正在崛起，但仍有差距需要我们去追赶”的使命感。这种将个人学习与国家战略关联的价值引领，是任何习题训练无法替代的。

## 路径建构：从教材到星辰大海的实践路径

基于以上诊断与分析，本文提出4类改进路径。这些路径的设计思路是：在现有教材体系框架内，通过“做加法”而非“推倒重来”的方式，将“三深+关键金属”内容有机融入现行教学。

### 路径一：项目式学习设计

设计思路：以“三深”真实工程问题为驱动，将金属材料知识点整合为跨学科项目。

表2为“奋斗者”号耐压壳体选材项目式学习任务设计，展示了该项目的阶段划分、任务内容与教材知识点的对应关系。这一项目可在人教版九年级化学下册第八单元“金属和金属材料”“课题1金属材料”教学后开展，该课题主要涵盖：金属的物理性质、合金的定义与特性等。其中，“金属的物理性质”和“合金的概念与应用”这两个内容均出自课题1。《义务教育课程方案（2022年版）》提出“大单

表2 “奋斗者”号深潜器耐压壳体选材项目式学习任务设计

| 阶段  | 任务内容                      | 关联的教材知识点          |
|-----|---------------------------|-------------------|
| 任务1 | 调研深海环境对材料的要求（高压、低温、高盐、腐蚀） | 跨学科阅读（地理、物理）      |
| 任务2 | 比较不同金属材料的性能（密度、强度、耐腐蚀性）   | 金属的物理性质（课题1金属材料）  |
| 任务3 | 查阅钛合金等关键金属的资料，分析其优势与局限    | 合金的概念与应用（课题1金属材料） |
| 任务4 | 撰写选材报告，进行班级答辩             | 综合表达与论证能力         |

元教学”，目前各校在单元教学后普遍设有2~3课时的综合实践或跨学科实践板块，目前多以学生自学或自选方式<sup>[6]</sup>。依托大概念构建STEM（科学、技术、工程和数学）项目式探究活动，以金属、稀土等关键材料为探究载体，能够有效落实化学核心素养，弥补单向科普宣讲缺少动手探究的短板，适配义务教育化学课程标准育人目标<sup>[7]</sup>

### 路径二：学生探究实验

设计思路：在现有教材实验基础上增加“极端环境”变量，引导学生探究不同环境下金属腐蚀速率的差异。表3为模拟海水环境下的金属腐蚀实验设计，通过对照实验，帮助学生直观理解Cl<sup>-</sup>浓度与溶解CO<sub>2</sub>含量（盐度和酸化程度）对金属腐蚀行为的影响。

表3 模拟海水环境下的金属腐蚀实验设计

| 实验组别 | 条件设置                                | 与教材实验的差异 |
|------|-------------------------------------|----------|
| 对照组  | 铁钉+蒸馏水+空气                           | 教材标准实验   |
| 实验组1 | 铁钉+质量分数3% NaCl溶液+空气                 | 模拟海水环境   |
| 实验组2 | 铁钉+质量分数3% NaCl溶液+CO <sub>2</sub> 通气 | 模拟酸化海水   |
| 实验组3 | 钛合金片+质量分数3% NaCl溶液+空气               | 与铁钉对比    |

此实验可在人教版九年级化学下册第八单元“金属资源的利用与保护”课题的铁钉锈蚀实验基础上延伸，增加1课时。学生通过对比不同条件下的锈蚀程度，直观理解“为什么深潜器必须用钛合金”。

### 路径三：强基/翱翔学员小课题

设计思路：对接高校材料科学与工程学院，为学有余力的学生设立“极端环境金属材料”小课题研究。

建议课题方向：

课题1：模拟海水环境下不同合金的腐蚀速率研究（对接北京科技大学腐蚀与防护中心等高端实验室资源）；

课题2：钛合金与铝合金的力学性能对比实验（对接高校材料力学实验室资源单位）；

课题3：航天器用轻质高强合金的文献调研与科普推文撰写（研究型学习+科普输出）；

课题4：深海多金属结核的资源价值与开采技术调研（跨学科研究型学习）。

实施方式：依托东城区“科学教育协同创新联合体”和科学副校长网络，对接高校资源，每学期设立

3~5个课题，每课题由1名高校导师+1名中学教师共同指导，3~5名学生参与，研究周期为一学期，结题时进行成果汇报。

### 路径四：区域协同机制

设计思路：将上述路径纳入区域科学教育的常态机制，实现资源的系统化供给与可持续运行。

（1）教研赋能：在区级化学教研活动中增设“关键金属与三深应用”专题，每学期至少组织1次集体备课或示范课展示，将一线教师的实践经验转化为可推广的教学案例。

（2）专家进校园常态化：依托东城区科学副校长100%覆盖的机制<sup>[4]</sup>，各校每学年至少邀请1位材料科学领域的专家进校讲座或指导，将讲座的“偶然事件”转化为制度化的“常态供给”。

（3）课程资源共建共享：由区域牵头，联合骨干教师开发“关键金属科普”校本课程资源包，含教学设计、实验方案、课件、微视频等，通过区级教研平台向全体学校开放。

（4）赛事与展示平台：在区域中小学科学节或

学生科技论坛中增设“关键金属与三深材料”专题，为学生提供成果展示与交流的平台，以展促学、以展促研。

## 结束语

中央工艺美术学院附属中学的这份教学设计代表了当前中小学金属材料教学的高水平——系统、规范、贴近生活。然而，当我们将目光从“课堂”投向“深海、深空、深地”时，一个结构性缺口清晰地浮现出来：教材中的“钛合金”只是一段简介，而深潜器的生命线正系于此；教材中的“防锈”只是涂油刷漆，而航天器在太空面临的腐蚀远超想象；教材中的“资源保护”只是回收利用，而深海多金属结核与月球稀有金属正成为大国博弈的新疆域。

填补这一缺口，不是对现有教学的否定，而是在现有基础上的“跃迁”。从“铁锅铝壶”到“钛合金深潜器”，从“自行车防锈”到“航天器热防护涂层”，从“金属回收”到“太空资源开发”——这正是“从教材到星辰大海”的核心内涵。

讲座散场后那个追着教授说“以后也想研究材料科学”的学生，或许就是未来材料科学领域的领军人才。而我们的任务，是为更多这样的学生搭建从课堂到星辰大海的桥梁。

## 参考文献

[1] 北京教育关工委. 北京科技大学“五老”为青少年开展科普讲座

[EB/OL]. 北京教育关工委 (2026-04-27)[2026-06-23]. <https://mp.weixin.qq.com/s/5v6teLR7RjF6Won503kybw>

- [2] 中国青少年科技教育工作者协会. 第二十八届中国科协年会“深空、深海、深地等极端环境服役关键金属材料”专题论坛通知 [EB/OL]. 中国青少年科技教育工作者协会 (2026-04-27) [2026-06-23]. <https://www.cacsi.org.cn/site/content/4400.html>
- [3] 教育部 国家发展改革委 科技部 财政部 人力资源社会保障部 中国科学院 中国科学技术协会. 关于加强中小学科技教育的意见 [EB/OL]. 中华人民共和国中央人民政府 (2025-10-23) [2026-06-23]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202511/content\\_7048731.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202511/content_7048731.htm)
- [4] 北京东城. 推进中小学科学教育改革，东城这么干 [EB/OL]. 北京东城 (2024-11-8) [2026-6-23]. <https://mp.weixin.qq.com/s/ngaly7hmNywVTg1-3tFKew>
- [5] 用“国之大材”点亮青少年科技报国梦——中国稀土学会副理事长李卫院士开讲“神奇的稀土”. 金属功能材料, 2025, 32(5): 31
- [6] 中华人民共和国教育部. 义务教育课程方案 (2022 年版). 北京: 北京师范大学出版社, 2022
- [7] 许秋璇, 杨文正. 融入“大概念”的 STEM 整合课程设计 模型构建与应用研究. 电化教育研究, 2020, 41(7): 84

**作者简介:** 高旭东 (1990—), 女, 北京人, 北京市东城区教育科学研究院课程运行部教师。2014 年毕业于匹兹堡大学教育政策与管理专业。主要研究方向: 中小学科学教育、课程与教学。通信地址: 北京市东城区东公街 9 号, E-mail: 149870702@qq.com。

**通信作者:** 王喆 (1978—), 女, 北京人, 北京市东城区教育科学研究院课程运行部主任。研究方向: 区域课程, 创新人才培养。通信地址: 北京市东城区东公街 9 号。E-mail: wangzhicc@163.com