

大家

“我最高的头衔不是院士，是老师”

——追忆中国工程院院士左铁镛

□吴叶凡



中国工程院院士左铁镛

他的名字里有两个金字旁，仿佛注定要与金属材料结下一生的缘分。

他在难熔金属材料、稀土功能材料、铝镁材料及其加工等领域取得开拓性成果，曾获国家技术发明奖二等奖、国家级教学成果奖二等奖等15项国家及省部级奖项。不过，他却用“平凡”二字概括自己的一生。他就是中国工程院院士、材料学家、循环经济专家左铁镛。

1月14日，左铁镛因病在北京逝世，留给世人无尽的思念与不朽的精神财富。

破解资源困局

钨是一种耐高温的难熔金属，是支撑航空航天、金属加工等行业发展的关键材料。我国是钨资源大国，储量与产量均居世界首位，却曾因加工技术落后，只能低价出口原料，高价进口钨丝。

“过去国产钨丝经不起长烧，像样的灯具都得靠进口。”左铁镛的学生、北京工业大学教授吴玉锋回忆道。

1958年，左铁镛从东北大学毕业，进入中南矿冶学院任教。1970年，34岁的左铁镛接到一项重任：主编原冶金工业部首部稀有金属材料加工手册。他带着团队，一头扎进湖南、江西等地

的钨矿山。井下潮湿闷热、粉尘弥漫，他却坚持下井取样，记录每一个矿脉的特性。

左铁镛的学生、北京工业大学材料科学与工程学院院长席晓丽回忆道：“左老师常说，不亲眼看到矿石如何开采，写出来的东西都是纸上谈兵。”

1980年春节，合家团聚之时，一位不速之客敲响了左铁镛的家门。这位特殊的客人就是辽宁本溪钨钼厂的负责人。因为产品容易脆裂，该厂遭遇大量退货，经营难以维系。当时，面临类似困境的企业不在少数。左铁镛没有犹豫，放下饭碗，签下合作协议：“这个难关，我们必须闯过去！”

左铁镛和同为科研人员的夫人把子女托付给亲友，背着行李住进了工厂。研究初期，实验材料昂贵，每块原料的价格堪比一块手表，失败风险极高。左铁镛和团队挤在简陋的厂房里，以白薯咸菜充饥，白天向工人请教工序，夜晚分析数据。

艰苦的条件磨灭不了研究的热情。一张名为《南来的雁》的照片记录了那段日子：左铁镛与夫人专注讨论学术问题，嘴角泛起微笑。

经过3年攻关，左铁镛团队揭示了钨钼脆性机理，构建了掺杂钨丝“气泡强化机制”，破解了钨

丝脆断难题。“这一突破不仅救活了一个厂，而且让中国钨深加工制品首次走向世界，使我国实现了从原料出口到技术出口的历史性转变。”席晓丽说。

面向国家需求

“左先生总对我们说，科学家要有战略眼光，要面向国家需求，不能只盯着自己的一亩三分地。”吴玉锋说。

和钨资源类似，我国镁资源储量丰富且品类齐全。镁比铝、铁更轻，在航空航天、交通运输等领域具有巨大的应用潜力，是我国极具优势的资源。不过，在21世纪初，我国镁产业面临的产业结构不合理、技术创新不足、产品附加值低等问题，严重制约产业高质量发展。

察觉到这一问题的左铁镛，心急如焚。2000年7月，他与中国科学院院士师昌绪等4位院士，向科技部提交了《加速我国金属镁工业发展的建议》，提出要将我国镁资源优势转化为产业优势。这份建议直接推动镁合金研发被列入国家科技攻关项目。

更令人敬佩的是左铁镛的“二次创业”。自20世纪90年代起，他率先开拓生态环境材料研究领域，并深入研究以节约资源、

保护环境为核心的循环经济，为构建具有中国特色的循环经济理论体系和发展模式奔走。他牵头成立了北京首个循环经济研究院，主编我国首套循环经济研究丛书，创建了全国首个资源环境与循环经济交叉学科，推动了“资源循环科学与工程”战略性新兴产业本科专业建设和发展。

培育未来人才

“我最高的头衔不是院士，是老师。”在一次以“我的理想、实践和情操”为主题的报告会上，左铁镛如是说。

教师，是左铁镛毕生热爱的

职业。席晓丽和吴玉锋不约而同地提起了一堂特别的课。

在左铁镛70岁生日那天，他为本科生讲授了一门国家级精品课程《材料科学与工程导论》。当天，他凌晨2点出差归来，仅休息数小时便准时走上讲台。课堂上，他神采奕奕，丝毫不见旅途疲惫，连续讲授4节课。直到下课学生们起立鼓掌时，吴玉锋才注意到，老师扶讲台的手微微发颤，脚步也已沉重。

“那是我永生难忘的一课。”吴玉锋说，“先生用行动告诉我们什么是师者的责任。”

在60余年的教育工作中，左



左铁镛(左二)在指导博士生

铁镛躬耕不辍，不放过任何一个细节。

在编写《环境材料基础》教材时，他逐字逐句打磨，多次深入高校调研教材的适配性，最终使该书成为国家级精品教材，再版上万册，惠及数万学子。

他上课从不照本宣科，常在上课前更新案例。“材料学科发展日新月异，不能让学生学过去的知识。”左铁镛说。

左铁镛的教育情怀，不仅体现在三尺讲台，更融入办学实践。1996年，左铁镛被调至北京工业大学，担任校长。到任之初，他没有坐进办公室，而是拎着饭盒走进学生食堂，在实验室和宿舍楼之间“转悠”。许多学生以为他是哪位同学的爷爷，直到开学典礼，才惊讶地发现这位“老头”竟是新校长。

正是通过这样的“溜达”，左铁镛初步掌握了北京工业大学的情况：校园面积仅六七百亩，年科研经费不过三千万元……虽然“家底”不厚，他却对未来充满信心。“作为北京市属重点高校，北京工业大学不仅要建成北京重要的科研基地，而且要满足北京日益增长的人才需求。”他说。

为了让学校实现跨越式发展，左铁镛立下“立足北京、依托北京、服务北京、融入北京”的办学思路。为了引进人才，他多次拜访专家，为青年教师解决住房、子女入学等实际困难。在他担任校长的8年间，北京工业大学校园面积翻倍，建起了奥运场馆，博士点、硕士点数量大幅增加，整体办学水平显著提升。

“不息为体，日新为道”是左铁镛赠赠的北京工业大学校训。如今，斯人已逝，校训将铭刻在每位学子心中，激励一代代青年科研人员奋进。

(文图据《科技日报》2026年2月4日第5版，有删节)

在青藏高原，藏羚羊以矫健的身姿穿越万年风雪，它们是高原旗舰物种，也是地球上最神秘的长距离迁徙有蹄类动物之一。这一顽物种曾在冰期严寒中挣扎求生，也曾因人类盗猎濒临灭绝，在数万年时光里反复经历种群崩溃与重生。

近日，一项发表于《中国科学：生命科学》的研究，首次发布藏羚羊大规模种群基因组数据，以高精度基因组测序与群体历史模拟，揭开了这一珍稀物种在气候变化与人类活动双重影响下，数万年“崩溃—恢复”交替循环的演化密码。

“从冰期挣扎到人类庇护，从濒临灭绝到种群复苏，藏羚羊的万年生死轮回，既是生命顽强的见证，也是人与自然关系的缩影。”论文通讯作者、陕西省动物研究所研究员吴晓民说，这项基因组研究不仅揭示了藏羚羊的演化历史，也为今后青藏高原的生态保护提供了基础数据支撑。

颠覆性发现：
藏羚羊属于单一遗传种群
青藏高原作为全球气候变



吴晓民(右一)团队在野外工作

学于黎团队合作开展研究，跨越西藏、青海、新疆三大藏羚羊核心分布区，首次获取覆盖三大地理种群、85个个体的全基因组重测序数据。这是全球迄今规模最大、覆盖最完整的藏羚羊基因组数据集。基于高精度基因组数据，团队开展了系统的种群遗传结构与演化动态分析，获得了颠覆性的科学发现——基因组证据明确显示，青藏高原原有藏羚羊属于单一遗传种群，不同地理种群间存在极强的基因交流，不存在显

生态位模拟锁定藏羚羊“庇护所”

吴晓民介绍，在远古时期，藏羚羊的命运由气候主宰。末次冰期的严寒让藏羚羊种群大幅下降，末次盛冰期更是遭遇严重种群瓶颈，险些消失在冰河之中。冰期结束后，随着气候回暖，藏羚羊种群逐步恢复，在高原重新繁衍壮大。

进入人类世，人类活动成为主导藏羚羊命运的核心力量。约6000年前至4000年前的新石器时期，史前人类过度狩猎，让

动与人类活动干扰下，这些地方始终保持生态稳定，是藏羚羊长期、稳定的核心避难所，也是未来保护的关键区域。

这项研究，首次厘清了气候变化与人类活动对藏羚羊种群动态的交互作用，用基因组数据证实了人类活动从史前到现代对珍稀野生动物的深远影响。“它不仅为藏羚羊精细化保护提供了科学指南，更为青藏高原其他特有物种的保护、濒危野生动物演化历史解析，提供了可复制、可推广的研究范式。”吴晓民表示。

无人区艰难采集样本

作为一名扎根青藏高原的野生动物研究者，吴晓民与藏羚羊打交道已逾20年。从早期的人工追踪到后来的卫星定位监测，再到如今的基因组解码，他见证了这一物种从濒危逐步回归的过程，也亲历了研究手段从“看得见”到“读得懂”的飞跃。

吴晓民回忆，基因组的研究已持续十余年，团队长期在青藏高原腹地开展野外工作，克服了高原反应频发、样本获取困难、种群识别难度大、监测手段有限等一系列现实难题。

近年来，他们联合国内其他团队，启动了藏羚羊的基因组学研究。“历经3年系统采样与样本筛选，最终完成了85个有效样本的测序分析。”吴晓民介绍，所有样本均采集自自然死亡的藏羚羊个体，且科研活动多在高原无人区进行，极端气候与艰苦环境贯穿始终，增加了工作的复杂性与难度。

令吴晓民印象深刻的是2020年的一次经历。当时团队正在西藏那曲市尼玛县荣玛乡开展工作，突遇6.6级地震，营地距离震中仅20公里。团队成员在荒无人烟的高原上经历十余小时后才与外界取得联系，并得以脱险。

近年来，随着科技手段日益多元，研究方向不断拓展，团队在野外开展考察的频率也越来越高。“藏羚羊研究不断涌现新问题，一些长期未能探明的现象也需要持续的现场跟踪。单靠远程监测难以全面掌握它们的行为规律、种群动态及活动细节，现场考察始终是研究的核心和基础。”吴晓民表示。

目前，团队已与西北工业大学太阳能无人机团队展开合作，利用无人机技术开展藏羚羊数量调查与栖息地监测。下一步，团队计划持续采集不同地点、种群、年龄和性别的藏羚羊样本，进一步完善其基因组学研究。同时，还将参与青藏高原国家公园创建过程中的基础调查工作，为公园规划与建设提供科学数据支撑。

(文图据《中国科学报》2026年3月19日第3版，有删节)

漫溯洪炉大冶才，
冲天铁壁忽飞来。
奇峰有隙窥星斗，
怪石无心长草莱。
——(清)佚名《飞狐铁壁》(节选)

《飞狐铁壁》一诗中描绘的险峻奇绝之境，是著名的“太行八陉”之飞狐陉。这条位于河北省保定市涞源县和张家口市蔚县之间的古道，全长一百多公里，其中最险要之处便是居于整条路正中间的白石岭峡谷。白石岭所在的飞狐口(飞狐峪)俗称“四十里黑风洞”，是太行山脉和燕山山脉、恒山山脉的交接点，其中的一条通路便是飞狐陉。蜿蜒曲折的山路，宛如一条潜藏于群山深处的巨龙，悬崖绝壁如刀劈斧斫，峡谷地貌雄拔之势北地罕见，是令人向往的秘境。

壮美飞狐陉 峡谷绝壁 奇石矗立

久闻飞狐陉的壮美与险峻，春夏之交，我终于踏上征程。从石家庄出发，一路向北，城市的喧嚣渐渐远去，窗外的风景从繁华的都市街景，过渡为连绵起伏的丘陵，空气中带着山间草木的湿润与芬芳，清新宜人。

涞源县团村是飞狐陉的南口，从这里进去，就算是钻进了“四十里黑风洞”。小心翼翼地行驶在蜿蜒的山路上，最先感受到的是被群山环抱的静谧与压迫感，目之所及，皆是未经雕琢的原始之美。这里谷宽由百余米骤减至数米，两壁近乎直立，形成“一线天”式的险峻景观，阳光只能从狭窄的谷顶缝隙中洒落，在谷底投下斑驳的光影。谷底的道路如同一条细细的银蛇，在峡谷中蜿蜒穿梭，时而钻进幽深的山林，时而绕过突兀的奇石，印证了民间“四十里飞狐七十二道弯，弯弯有洞天，处处含胜景”的俗语。峡谷两侧的岩壁呈现深浅不一的青灰色，上面布满了雨水冲刷的痕迹，有的地方岩层裸露，怪石嶙峋；有的地方则覆盖着茂密的植被，灌木与青草交织，生机盎然。

穿行谷中，移步换景。此时的我，已经完全沉浸在飞狐陉的壮美之中，道路依旧曲折，却不再让人感到畏惧，因为每一次转弯后都有不同的风景。道路愈加险峻，风景也愈加壮美。

飞狐峪中的山岩经过千万年的风化与水蚀，形态各异。继续前行大约半个小时，视野豁然开朗，远望望去，一座突兀的奇石矗立在峡谷绝壁之间，高约32米，底部直径约9米，为整块石灰岩经长期风化而成，形似一根直立的香柱，故名“一柱香”。《蔚县志》记载其“形类塔柱，高耸入云”。明代兵部侍郎杨嗣昌有诗曰：“孤峰屹离撑，秀若若天柱。”生动描绘了“一柱香”的雄奇姿态。相传“飞将军”李广和北宋名将杨业都曾在此拴过马，所以“一柱香”又被称为“拴马柱”。行驶在“四十里黑风洞”之中，两侧的山崖峭壁几乎合拢在一起，抬头只能看到丝丝天空，偶尔能听见风穿过峡谷的呼啸声，宛如鬼哭，让人不寒而栗。也正是这份险峻，让穿越之旅更具挑战性与趣味性，让我们感受到了



大自然的独特魅力。
人文飞狐陉
融汇自然 连接古今

这条山路从来不是与世隔绝的秘境，而是华夏历史上举足轻重的战略要冲，每一寸土地，都镌刻着烽火战事，每一缕风，都诉说着王朝兴衰。早在先秦时期，飞狐陉便已登上历史舞台，《史记·廉颇蔺相如列传》中，郗食其向刘邦献策，“距飞狐之口，守白马之津”，以此扼守中原北大门，阻断外敌入侵，足见彼时飞狐陉已是兵家必争之地。两汉年间，飞狐道更是北疆防御的核心。西汉元元六年(前158年)，匈奴大举入侵云中、上郡，朝廷率军屯驻飞狐，守护中原安宁。东汉建武十三年(37年)，王霸、杜茂奉命整治飞狐道，“堆石布土，筑起亭障，自代至平城三百余里”，依托这道天险，修筑军事要塞，抵御匈奴南下。

此后千百年，烽火从未在飞狐陉熄灭。魏晋南北朝时期，割据势力反复争夺此地；隋唐时期，这里依旧是边防重镇，安史之乱爆发，郭子仪、李光弼率军穿行飞狐陉，出奇兵阻击叛军，扭转战局；北宋年间，燕云十六州尽失，飞狐陉成为宋辽交界的前哨阵地，雍熙北伐时，北宋中路军挥师出飞狐，攻取蔚州。“踞飞狐，扼吭拊背，进逼幽、燕，最胜之地也”，古人此评，字字千钧。

这里亦是农牧文明交融的孔道。北通蒙古草原，南接华北平原，飞狐陉是草原丝路东段的关键枢纽。随着晋商的崛起，飞狐陉的商业地位得到空前巩固，通过飞狐陉北上南下的商人日渐增多。清代史学家顾祖禹说：“今其地东起宣府，西趋大同，商贾辐辏，毕集于此。”南来北往的客商和运输货物的骡帮成群结队，昼夜不停地往来穿行于古道之间，蔚县古城因而成为繁荣之地。

风过绝壁，古道无声。千年烽烟散尽，只留飞狐铁壁，静守山河岁月。

他们用基因组解码 藏羚羊“生死曲线”

团队对因自然打
而亡的藏羚羊进行采样

□李媛

化的敏感区与生物演化的天然实验室，晚更新世以来的冰期—间冰期旋回，以冰盖扩张、气温剧变深刻塑造了高原物种的演化轨迹。进入人类世后，人类活动强度空前提升，气候波动与人为干扰叠加，让广布型、长距离迁徙的野生动物面临更严峻的生存挑战。

藏羚羊曾广泛分布于高原全境，其漫长的演化史与复杂的种群波动，始终是全球动物保护与演化生物学领域关注的焦点。长期以来，学术界对气候变化与人类活动共同驱动藏羚羊种群兴衰，缺乏直接、系统的基因组证据，诸多关键历史节点模糊不清。

“过去我们靠脚印、望远镜、红外相机，看它们‘过得怎么样’。但要回答它们‘从哪里来、经历过什么’，必须靠基因组。”吴晓民说。此次，吴晓民团队与云南大

著遗传分化。“这一结论完美印证了藏羚羊标志性的季节性迁徙繁殖行为。每年夏季，雌性藏羚羊跨越数百公里前往固定产崽地，部分母羊与幼崽不会返回原居地，而是在新栖息地定居。这种独特的生存策略，让藏羚羊种群始终保持高效、持续的基因交流，避免了遗传隔离，为种群恢复保留了核心活力。”陕西省动物研究所研究员张洪峰说。

这一发现直接指明，藏羚羊必须作为统一保护单元实施全域协同保护，碎片化管理将严重影响其长期生存。更令人震撼的是，研究团队通过群体历史模拟，精准还原了藏羚羊数万年的种群兴衰曲线，证实藏羚羊在演化历程中，至少经历了5次由气候与人类活动主导的大崩溃与大恢复，书写了一部惊心动魄的生命史诗。

藏羚羊种群遭遇第一次人为导致的急剧缩减：约2400年前，高原先民从狩猎经济转向农牧混合经济，藏羚羊面对的捕猎压力大幅降低，其种群迎来复苏扩张；15世纪初，藏传佛教文化在青藏高原广泛传播，抑制了对野生动物的滥捕滥杀，藏羚羊种群再次迎来扩张期。

近代以来，藏羚羊的命运跌宕起伏。20世纪50至90年代，受非法盗猎影响，藏羚羊遭遇最剧烈的种群崩溃，数量跌至历史谷底；2000年以后，我国全面加强执法保护，建立自然保护区、打击盗猎产业链，藏羚羊迎来历史性恢复，种群数量持续回升，从濒危边缘被拉回安全地带，成为全球生物多样性保护的典范。

研究团队还通过生态位模拟，锁定了藏羚羊的生命庇护所——青藏高原北部的可可西里、羌塘高原等区域。在数万年气候波