

**编者按** 我国稀土矿物埋藏量居世界首位,稀土矿物学研究也位于世界前沿。著名稀土专家、矿物学家、中国科学院地质与地球物理研究所研究员张培善,对我国的稀土和矿物学研究发展作出了重要贡献。本报带领读者回顾张培善的“稀土长征”路,感悟其以国为重、勇于创新、甘于奉献的科学家精神。

# “争气样”与“张培善石”

## 一位科学家的半生稀土缘

□ 叶建华

张培善带领团队在白云鄂博矿众多铁矿标本中,敏锐地发现了稀土矿物;用2800个日夜、26吨采集标本、21种新矿物发现、3部专著,回答了“中国有没有稀土、有多少稀土、怎么开发利用稀土”的时代之问。

### 踏上“稀土长征”路

1925年,张培善生于山东滕县。1936年,一位北京大学讲师在滕县中学作了题为《地质与人生》的演讲,激发了他对地质学的兴趣。此后两年,他白日劳作、借书夜读,用私塾先生的《康熙字典》自学,终于在1940年考入“国立山东大学”地质矿物学系。

大学时代,国难当头、校内内迁,张培善与同窗挑着显微镜、薄片箱,辗转四川万县(今重庆市万州区)、贵州遵义等地继续学业。1945年毕业后,他来到云南个旧锡矿,初识“矿石—国家—命运”的关联。1952年,他考入中国科学院地质研究所(中国科学院地质与地球物理研究所的前身之一),成为我国光性矿物学奠基人何作霖的研究生。

何作霖以“显微镜不撒谎”为训,要求学生将“薄片磨到0.03毫米,多一微米都要返工”。三年寒暑,张培善磨了2000余个显微镜片,练就“一眼定轴性”的绝活,也养成了终身严谨的治学态度。

1955年,中苏合作白云鄂博地质队成立。何作霖力荐弟子入队。张培善背起行囊,踏上此后半个世纪的“稀土长征”路。

### 找到珍贵的稀土矿石

白云鄂博,蒙古语意为“富饶的神山”。张培善在这里度过了41个春秋,对白云鄂博的矿脉了如指掌,被同事们称为“活地图”。

凭借扎实的矿物学功底和细致的观察,他在众多铁矿标本中,敏锐地发现了一些具有特殊物理性质的矿物。经过反复鉴定,他确认这些就是珍贵的稀土矿物氟碳铈(shì)矿和独居石。这一发现,彻底改变了白云鄂博矿只是一个铁矿的认知,使其一跃成为世界公认的巨型稀土矿床,为我国稀土工业的崛起奠定了基石。

1961年,张培善还在白云鄂博东矿体的岩芯中,发现大块铈易解石矿物集合体,这是两个矿物新品种,即铈铈易解石和铈(nǚ)铈易解石。铈、铈均是稀土元素,它们和稀有金属铈共生在了一起。这一发现大大丰富了我国的铈矿资源,不仅使白云鄂博矿成为我国最大的铈矿资源基地,更使矿

区范围从原来的东西长16千米,延伸至32千米以上。

张培善深知,发现新矿物只是“采珠”,串珠成链方能成“皇冠”。经过无数次实验,张培善团队最终成功制备出一套高纯度的单一稀土氧化物标准样品。当张培善把一瓶精心制备的、雪白纯净的氧化铈( $\gamma\text{O}_2$ )标样拿在手中时,他激动地对同事们说:“看,这就是我们的‘争气样’!”这瓶“争气样”不仅打破了国外的技术封锁与垄断,也为中国稀土材料的质量控制和国际贸易提供了至关重要的技术支持。

### 将中国矿物研究推向世界

1957年,张培善在白云鄂博主矿上盘发现一块深褐色、半金属光泽的矿石,他用放大镜锁定关键特征。回到北京后,他确定这块矿石的铈钽复合氧化物含量达42.3%,远高于当时国内已知指标。张培善据此撰写的论文《白云鄂博某铈钽矿物之初步研究》在《中国科学》英文版发表,国际同行首次清晰听到来自中国的铈钽研究的“声音”。

1959年,张培善与日本矿物学家岛崎在白云鄂博矿携手发现一种透明无色的铈钽酸盐新矿物。经国际矿物学协会(IMA)表决通过,这种矿物正式以“张培善石”命名。

20世纪80年代,张培善牵头制定《稀土矿物化学式计算标准》《稀土矿物晶体光学鉴定规范》,结束了国内稀土矿物研究中苏联标准与欧美标准并行的混乱局面。他倡议建立的“中国稀土矿物数据库”,于1995年正式上线。这个数据库收录了156种中国产稀土矿物、3200组晶体结构数据,向全球免费开放。张培善始终认为:“矿石无国界,科学家有祖国,但科学事业属于全人类。”

1986年,IMA选举张培善为副主席,这是中国学者首次进入IMA核心领导层。2001年,IMA又将一种新发现的稀土硼酸盐矿物命名为“张培善石-II”,世界矿物史上罕见地出现“一人二石”的荣誉。

### 一块石头照亮后来人

张培善曾言:“把名字写在矿物里,只是瞬间;把矿物写进祖国的发展里,才是永恒。”

1961年夏天,张培善发现黄河矿。这是他在白云鄂博主矿平峒南口附近采集的一种矿物。他本来是想去测挖出来的不同类型矿石的氧化状况,却发现了一种蜡黄色、散发着油脂光泽的矿石,这是以前从未见过的矿



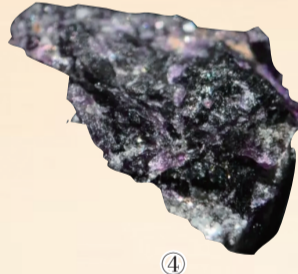
图①:张培善(右一)陪同外籍专家在白云鄂博矿区调研。作者供图

图②:1986年10月,张培善(左三)等在江西省考察华南离子型稀土。作者供图

图③:张培善(左)与包头稀土研究院原院长马鹏起合影。作者供图

图④:产自白云鄂博的“张培善石”。

图源:中国科学院地质与地球物理研究所



④

物。直觉告诉他,这种矿石非同一般。张培善着意搜集这种矿石样品,带回地质研究所细细研究。

张培善拿着矿石向苏联专家谢苗诺夫请教。两人共同研究分析,确认这是一种铈矿系列稀土新矿种,他们把它命名为“黄河矿”,致敬中华民族的母亲河。1964年,IMA全票通过该命名。英国《泰晤士报》评论:“中国科学家用一条河流为矿物命名,把科学与家国情怀融为一体。”

张培善先后兼任北京大学、中国地质大学(北京)教授,培养了46名硕士、23名博士,其中5人当选中国科学院或中国工程院院士。

张培善要求弟子“三会”:会磨0.03毫米薄片、会操作电子探针、会用英文撰写学术论文;更要求“三不”:不虚构数据、不省略负面实验结果、不窃取他人成果。他甘当人梯,在很多合作研究中,常常把自己的名字放在年轻学者后面,甚至主动放弃署

名,把机会和荣誉让给正在成长的年轻人。他真心为学生的进步和成就感到高兴,认为这才是他最大的学术成果。

2022年,张培善病逝于北京。家属遵其遗愿——部分骨灰撒在白云鄂博主矿1号剖面。他的一生,是中国现代地质学由“跟跑”到“并跑”再到“领跑”的生动缩影。他以“矿石无国界”的开放胸怀、“显微镜不撒谎”的严谨治学态度,为后人留下一座无形却永恒的精神丰碑。

如今,白云鄂博矿区立有“张培善纪念碑”,碑体由黄河矿、铈铈易解石、“张培善石”3种矿物磨制而成的薄片镶嵌而成,在阳光下熠熠生辉。每年9月,包头稀土研究院的新生都会在此宣誓:“承张公之精神,探地球之奥秘,攀科学之高峰。”

(作者系中国作家协会会员、中国化工作家协会副主席兼报告文学委员会主任)