



华北地区本溪组首次发现古风化壳 沉积金红石型钛矿

张保涛¹⁾, 胡兆国¹⁾, 梅贞华¹⁾, 李秀章^{2,3)}, 王向伟¹⁾, 柳森¹⁾, 陈磊^{2,3)}, 魏正宇¹⁾

1) 中国冶金地质总局山东正元地质勘察院, 山东济南, 250013;

2) 山东省自然资源厅矿产勘查技术指导中心, 山东济南, 250014; 3) 山东省地质调查院, 山东济南, 250014

2020年以来, 山东省自然资源厅针对淄博地区上石炭统本溪组铝质岩系中的关键战略性矿产进行了调查评价。施工钻孔发现金红石、锂、铌钽、镓等关键战略性矿产资源的富集现象, 其中, 以金红石相钛的富集程度最高, 达到工业指标。该矿床类型应为古风化壳沉积型金红石型钛矿, 金红石型钛矿在华北地区本溪组的发现属于首次。

1 地质背景

研究区在大地构造位置上位于华北板块(I)鲁西隆起区(II)鲁中隆起(III)鲁山-邹平断隆(IV)邹平-周村凹陷(V)和博山凸起(V)的结合部位(图1a、b)。成矿单元上属于鲁中地区煤-铁-铝-金-建材、非金属成矿亚带(倪振平等, 2013^①)。区内地层主要有寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和第四系, 其中, 上石炭统本溪组是本次新发现的金红石型钛矿赋矿层位(图1b、d)。

本溪组在研究区内裸露程度不均, 大部分被第四系覆盖。该组自下向上可分为两段: 湖田段和泥岩段。湖田段岩性以铁铝质岩石为主, 为一套风化壳上再沉积的残积物, 基本层序不明显, 厚度为20~35 m(图1c)。泥岩段岩性以杂色泥岩为主, 含植物化石碎片, 厚15.06 m。泥岩段发育基本层序, 自下而上粒度渐细, 为退积型沉积, A层为黑灰色碳质页岩, 页理发育; B层为杂色铝土质泥岩; C层为灰红色铁锰质泥岩(杨恩秀等, 2003^②)。

2 工程实施情况

研究区共施工4个钻孔, 分别为ZK1、ZK2、ZK5和ZK6, 孔深分别为175.9 m、501.3 m、120.1 m及352.2 m, 钻孔位置见图1。钻孔ZK1钻获工业矿厚度为1.71 m, TiO₂平均品位为1.51%; 钻获低品位矿厚度为21.97 m, TiO₂平均品位为1.14%。钻孔ZK2钻获工业矿厚度为7.34 m, TiO₂平均品位为1.52%; 钻获低品位矿厚度为7.7 m, TiO₂平均品位为1.29%。钻孔ZK5钻获工业矿厚度为

9.33 m, TiO₂平均品位为1.69%; 钻获低品位矿厚度为5.07 m, TiO₂平均品位为1.04%。钻孔ZK6钻获低品位矿厚度为10.63 m, TiO₂平均品位为1.23%。

3 矿体特征

已发现矿体赋存在本溪组中下部的杂色铝土质泥岩段和灰红色铁锰质泥岩段, 呈层状, 倾向280°, 倾角5°~7°, 受本溪组控制显著, 工业矿体为单矿层。钻探验证的工业矿体埋深84~484 m, 厚1.71~9.33 m, 矿床类型属于古风化壳沉积金红石型钛矿, 共伴生铌钽、锂、镓等多种重要矿产(图2)。

4 矿石特征

4.1 金红石型钛矿

本次共采集分析样品67件, TiO₂含量为0.7%~2.42%, 其中揭露的工业矿层中的TiO₂含量为1.46%~2.42%, 以金红石相为主, 金红石相TiO₂含量约占70%~90%, 金红石相+钛铁矿相TiO₂含量占76%~100%。结合前人铝土矿勘查时的化学分析数据, 黏土岩和铝土岩TiO₂含量介于1.5%~3.4%之间。

含矿岩性主要为铝质泥质、黏土岩、铝土岩、铝土矿等。矿石体积质量为2.74 g/cm³。经薄片鉴定, 副矿物主要有金红石、锆英石、方解石、褐铁矿、电气石、软水铝石等。金红石呈柱状、粒状及微粒状, 粒径0.02~0.1 mm(图3)。

4.2 共伴生矿产

(1) 铌钽: 与金红石型钛矿分布在同一层位。通过对钻孔ZK5样品分析, 钻孔(Ta, Nb)₂O₅含量0.0056%~0.0150%(风化壳(褐钇铌矿或铌铁矿)矿床边界品位为0.008%); 边界品位以上者厚12.23 m, (Ta, Nb)₂O₅含量0.0083%~0.0150%。经物相分析, 呈铌铁矿相态。赋存岩性与金红石一致。

注: 本文为山东省自然资源厅地质勘查项目(鲁勘字(2020)36号)和中国冶金地质总局山东局科研项目(编号SDYJ-KY202004)联合资助成果。

收稿日期: 2021-11-26; 改回日期: 2022-04-09; 网络发表日期: 2022-04-24; 责任编辑: 范宏瑞; 责任编辑: 周健。

作者简介: 张保涛, 男, 1987年生。高级工程师, 主要从事矿物学、岩石学、矿床学研究。E-mail: zhbaotao@163.com。通讯作者: 胡兆国, 男, 1983年生。高级工程师, 主要从事矿产勘查工作。E-mail: 278968540@qq.com。

doi:10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2022290

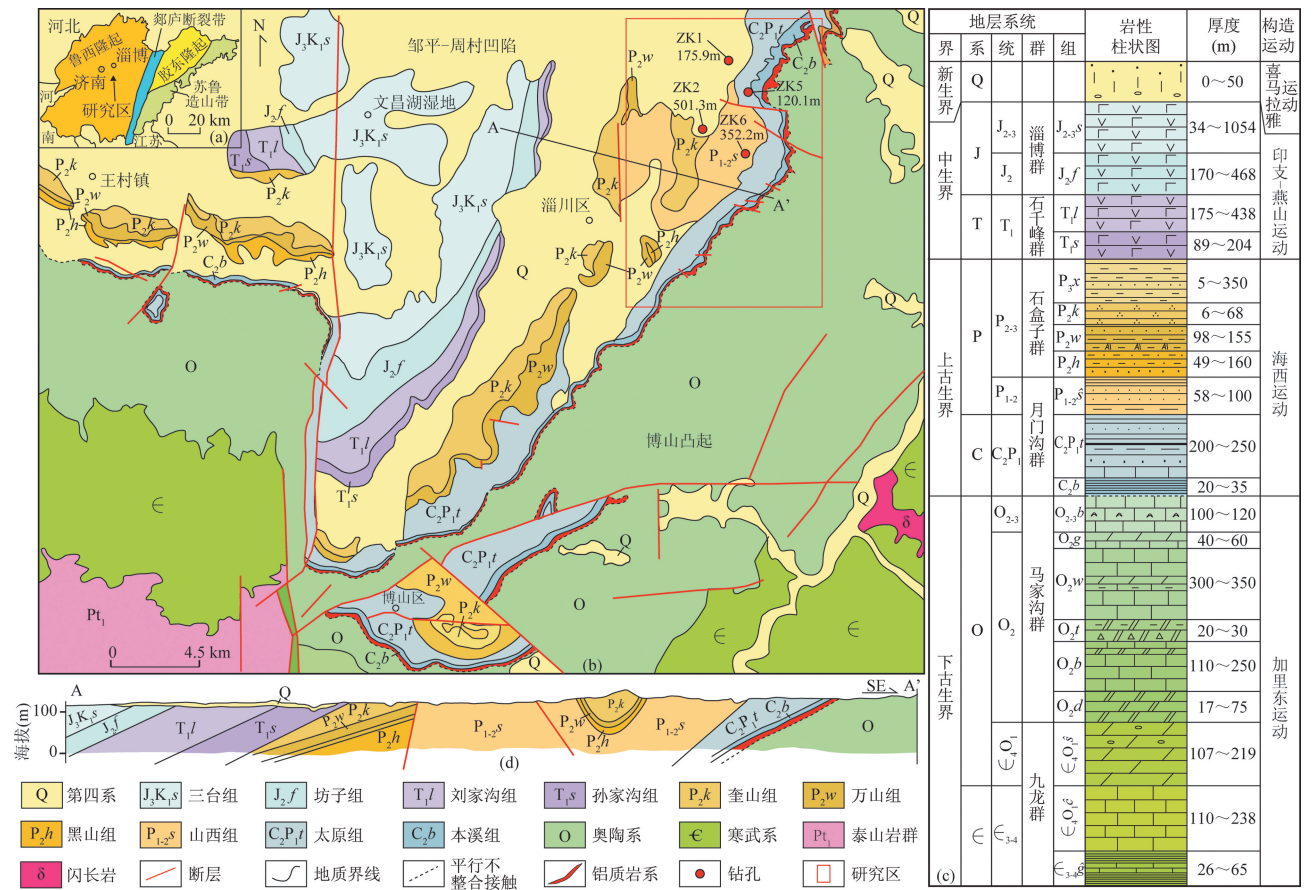


图 1 研究区大地构造位置及区域地质简图(据沈锡其等,1956^⑥;张保涛等,2021;有修改)

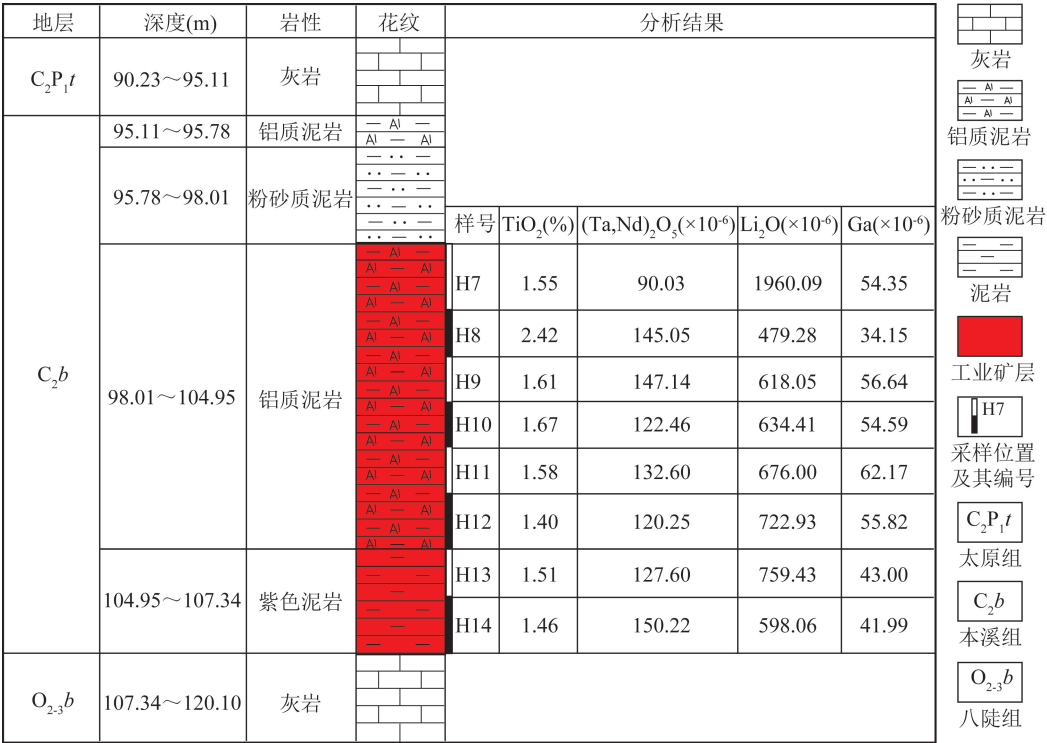


图 2 淄博地区钻孔 ZK5 工业矿体柱状图

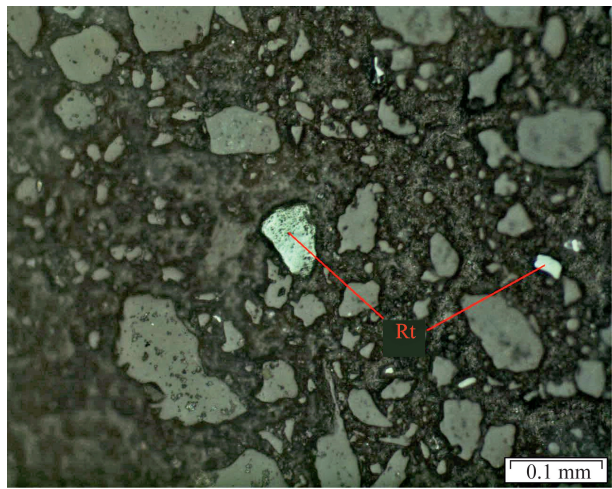


图 3 淄博地区上石炭统本溪组 ZK2-H9 样品
光片鉴定结果(Rt:金红石)

(2)锂、镓、稀土:赋存在金红石型钛矿同一层位中的锂、镓、稀土具有明显富集。 Li_2O 含量最高为 1960.1×10^{-6} , 约合 0.2%。 Ga 含量总体为 $21\times10^{-6}\sim75\times10^{-6}$ (综合利用指标为 10×10^{-6}), 达到综合利用指标。稀土氧化物总量最高超 1200×10^{-6} , 具有沉积型稀土综合利用价值。

5 成矿规模预测

按照原生矿金红石型钛矿工业指标计算,已施工完毕的钻孔范围,以地质块段法估算潜在 TiO_2 工业矿资源量为 43.84 万 t(其中金红石相约为 35.07 万 t),具有形成特大型金红石型钛矿床的潜力,并共伴生铌钽、锂、镓、稀土等矿产资源。

6 资源前景及成果意义

金红石型钛矿及共伴生的铌钽、锂、镓、稀土等均为国家战略性关键矿产,资源前景好。本次发现地所在的山东省淄博地区为传统铝土矿勘探区,但该区的铝土矿硅质含量高,质量较差,一直未进行规模开采。此次在该层位中发现的金红石型钛、铌钽、锂、镓等战略性关键矿产资源可能将此变为极具经济和国家战略价值的宝藏。

钛矿属于国家发改委所列的战略性关键矿种,金红石型钛矿尤其紧缺。据自然资源部数据,我国 2019 年钛矿储量为 2.27 亿 t,其中钛铁矿和金红石储量分别为 2.26 亿 t 和 80.2 万 t,金红石储量仅占 0.35%。此次在淄博地区本溪组发现的金红石型钛矿,具有埋藏浅、发育层位稳定、分布面积广、易开采等特点,并具有多种共伴生资源,可能成为我国金红石型钛矿等战略性关键矿产资源的重要找矿方向,有利于提高我国战略性关键矿产资源安全保障程度。因此,此次发现具有重要的实用经济价值。

此次发现的古风化壳沉积金红石型钛矿属于风化-沉积型矿床,该类型金红石型钛矿在本溪组的发现属于国内首次,为新的矿床类型。目的层位本溪组在华北板块广泛发育,厘清其成矿主控因素后,可判断在华北板块其他区域是否具有同样的找矿潜力,具有引领金红石型钛矿找矿方向的可能。因此,此次发现具有重要的理论价值和找矿示范价值。

致谢:山东省自然资源厅勘查技术指导中心和淄博市自然资源和规划局为本次成果提供了指导和帮助,匿名审稿专家对本文提出了宝贵修改建议,在此一并表示感谢!

注 释

① 倪振平,李庆平,李洪奎,等. 2013. 山东省矿产资源潜力评价成果报告. 山东省地质调查院.
② 杨恩秀,张春池,李庆平,等. 2003. 淄博市幅 1:25 万区域地质调查报告. 山东省地质调查院.
③ 沈锡其,陈小炳. 1956. 山东淄博铝土矿地质勘探总结报告. 冶金工业部地质局华北分局.

主要参考文献

张保涛,胡兆国,曹其琛,姜晓平,梅贞华,李忠平,杜利明,华北,赵磊,柳森. 2021. 山东淄博金岭杂岩体分布区深部富铁矿资源潜力及找矿方向. 地质学报, 95(5):1545~1560.

ZHANG Baotao, HU Zhaoguo, MEI Zhenhua, LI Xiuzhang, WANG Xiangwei, LIU Sen, CHEN Lei, WEI Zhengyu: First discovery of the paleoweathering crust sedimentary-type rutile phase titanium ore deposit in Benxi Group of North China

《地质学报》(中文版)征稿简则

《地质学报》是中国地质学会主办的地质科学学术刊物。《地质学报》反映地质科学各分支学科及边缘学科中最新、最高水平的基础理论研究和基本地质问题研究成果。《地质学报》(中文版)和《地质学报》(英文版)分别独立刊载论文。

一、《地质学报》编辑部与作者约定如下:

- 1. 作者应保证稿件不一稿两投,并对所投稿件拥有无可争议的著作权。
- 2. 所有文章均需通过网上办公系统投稿,《地质学报》中文版请投 <http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>;《地质学报》英文版: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/17556724>;《地质论评》: <http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>。
- 3. 不得将投向本编辑部的稿件同时投至其他刊物,否则视为一稿两投。
- 4. 编辑部承诺一般在 90 日内给出刊用与否的通知。作者在 90 日内,不应将稿件另投他刊。
- 5. 对决定录用的稿件,作者应根据编辑部提供的修改意见修改后,向编辑部提交论文 Word 文档、清绘好的 CorelDRAW 图件。
- 6. 稿件文责自负,若做实质性修改,须征得作者同意。
- 7. 稿件刊出后,将按规定支付稿酬。

二、对投稿内容的要求:

每篇文章需包含下列要素:文章题目(不多于 25 个汉字)、作者、作者单位、内容提要(不少于 400 个汉字)、关键词(5 个左右)、引言(本刊不标“引言”字样,但必须有引言节)、正文、图表、致谢、参考文献、注释、英文摘要(同中文摘要)、作者简介。重要内容说明如下:

1. 正文:长度不限。应有地质背景、研究方法、研究结果、讨论、结论等几部分。

投向《地质学报》(英文版)的稿件,行文必须规范、通顺,请附相应的中文稿,以备准确理解原文含意。

2. 图件:① 凡涉及国界的图件必须绘制在地图出版社公开出版的最新地理底图上。② 图件请用 CorelDraw X4 版本格式最好(且不是导入的)。若为其他软件编成的图件,请提供 600 dpi 的 TIFF 格式的文件。彩色照片(包括图版)请提供 600 dpi 以上的 JPG 格式文件。③ 图件大小:竖排图件宽度<165 mm(通栏

图)和<80 mm(半栏图),高度都<230 mm。横排图件宽度<240 mm,高度<150 mm。图内的中文全部用宋体,英文和数字用 Times New Roman,希腊字符用幼圆字体;字号 8 pt,个别字体可用 7 pt。④ 图件不同区域可用通用地质花纹(或符号)区分,除照片外,一般不用灰度图。若必须用灰度图表示不同区域时,灰阶应尽量少,阶差应尽量地大。⑤ 图件若为彩色照片者,可选择集中制成图件。⑥ 图名、图说明、图例注释都应有相应的英文说明。

3. 参考文献:本刊采用著者-年制,在正文及其图表中:如文献有两个作者或两个作者以上,用“等”或“et al.”。举例说明:××××(Whalen et al., 1987; Gilder et al., 1991; 许志琴等,2002; Hu Ruizhong et al., 2008)。或“Song Biao et al. (2002)指出采样方法……”;“许志琴等(2003)指出……”(同时列出多篇文献时,按年代先后排列)。

中文文献均需提供英译,所有英文文献均放在“References”标题之下。英文文献按“第一作者字母序+年代”排列,其后其他文种放在“参考文献标题之下,按中文、日文、西文、俄文、其他文排列。中文文献按“第一作者姓名汉语拼音字母+年代”先后排列。其他文均按各自第一作者姓名字母顺序排列。若是投《地质学报》(英文版)无须考虑上述情况。

文章请列出全部作者。但专著可按原书封面样式给出,其中的论文写“见:XXX 主编。”项时,指明主编一人即可(“见:XXX 等主编。”)。每一条文献的列出格式请参照我刊 2016 年以来的文章。书籍的引用,分两种情况:a、书籍本身有相应英文名的,引用按正常要求;b、书籍本身没有相应英文名的,尽量不引用此文献,若必须引用,则仅在中文参考文献中列出,正文中的出现用中文引用。

4. 注释:引用非公开出版物时在文后单列注释一栏,格式与参考文献相同。参考文献及注释详细格式可见《地质学报》修改注意事项。

5. 英文摘要:在《地质学报》中文版和《地质论评》上发表的论文必须提交英文摘要,包括题名、作者、作者单位、内容提要和关键词。作者和作者单位均应为全名,内容提要要与相应中文提要一致,最好更为详细。

6. 作者简介:主要介绍作者的学术经历,包括资助项目、姓名、性别、学历、职称、研究方向、E-mail 等,具体格式可参考我刊已发表的最新文章。

《地质学报》(中文版)编辑部