



巴基斯坦穆斯林巴赫铬铁矿矿床

穆斯林巴赫 (Muslim Bagh) 矿床位于巴基斯坦俾路支省 (Balochistan) 奎塔市 (Quetta) 东北穆斯林巴赫镇的东南侧, 距奎塔市 120 km, 其中心地理坐标为东经 $68^{\circ}00'$ 、北纬 $30^{\circ}45'$, 是巴基斯坦最大的铬铁矿矿床。其矿石储量 4 Mt, $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 平均为 45%, Cr/Fe 比值为 2.6。1902 年, 在泰布 (Zhob) 河谷一带进行地质调查工作时发现该区蛇纹岩中含有大量铬铁矿, 从而划定了约 500 km² 的矿区范围, 现今矿区勘探范围已超过 5000 km²。该矿床于 1915 年开始开采, 目前日产矿石 300~500 t, 主要出口至中国。

1 成矿环境

穆斯林巴赫矿床地处印度板块与欧亚大陆间的板块结合带处, 赋存在穆斯林巴赫蛇绿岩中, 该蛇绿岩是瓦兹里斯坦-穆斯林巴赫-贝拉 (Waziristan-Muslim Bagh-Bela) 新特提斯蛇绿岩带的一部分。穆斯林巴赫蛇绿岩总体 NEE 走向, 长约 100 km, 宽约 30 km, 自东向西断续出露着萨布兰陀加尔 (Saplaitorghar, 460 km²)、江格陀加尔 (Jungtorghar, 128 km²)、坎诺赛 (Khanozai, 102 km²) 等几个基性-超基性岩体。蛇绿岩向南逆冲到印度板块北缘的陆缘沉积层之上, 被始新统一上新统碳酸盐岩和碎屑岩不整合覆盖 (图 1)。

穆斯林巴赫蛇绿岩套主要由 3 套构造岩片组成: 下部为巴赫混杂岩, 包括三叠系-侏罗系沉积岩、侏罗纪-白垩纪基性火山岩和白垩系放射虫硅质岩, 被蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、玄武岩、放射虫硅质岩等混杂岩逆冲覆盖, 其中玄武岩的地球化学特征与大洋中脊相类似; 中部为一套绿片岩相-角闪岩相变质岩, 以叠瓦状岩片的形式断续出露在蛇绿岩套上、下 2 部分之间, 其原始层序因受强烈剪切改造而无法识别, 该套变质岩的形成可能与洋壳仰冲有关; 上部为穆斯林巴赫蛇绿岩, 主要由蛇纹石化方辉橄榄岩、纯橄岩、异剥橄榄岩等超基性岩石组成, 纯橄岩呈条带状出现在斜方辉橄榄岩中。层序向上出现层状辉长堆晶岩和席状岩墙群。大量辉长岩、辉绿岩岩墙 (岩脉) 和少量斜长花岗岩脉侵入, 岩墙主要为 NNW 走向 (160°N)。堆晶岩、岩墙、岩脉的地球化学特征反映出该蛇绿岩属于俯冲带上盘型 (SSZ), 形成于初始岛弧环境。蛇绿岩中斜长花岗岩脉的锆石 U-Pb 年龄为 (80.2 ± 1.5) Ma, 代表了该蛇绿岩的形成年龄; 变质岩和辉长岩中角闪石、斜长石的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄为 70~65 Ma, 代表了洋壳仰冲时间。

2 矿床地质

穆斯林巴赫铬铁矿矿床由数百个矿体组成, 单个矿体规模大小不一, 其中储量在 5 万 t 以上的矿体有 7~8 个, 其他多在 1000~5000 t。

铬铁矿主要产于纯橄岩中, 可分为条带状和豆荚状 2 种矿化类型 (图 2)。条带状矿石呈似层状、块状, 实际上是不同稠密程度的浸染状矿石。块状矿石中可见拉分构造 (pull-apart texture)。矿层厚几毫米至几米, 呈似层状延伸, 长可达几千米, 延伸方向与纯橄岩和二辉橄榄岩的层面近于平行。此类矿石主要分布在江格陀加尔岩体的内部和萨布兰陀加尔岩体的西部, 铬铁矿多出现在纯橄岩顶部, 呈自形晶结构, 晶体大小可达 2 cm。不同矿体的平均品位差异较大, 高品位矿体分布在江格陀加尔岩体内部, $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 达 55%, Cr/Fe 比值为 3.5。豆荚状矿石中铬铁矿呈豆荚状、透镜状、团块状产于强烈蛇纹石化的纯橄岩中, 与纯橄岩的接触界线清晰可辨, 矿层产状陡倾, 垂向延伸较远, 甚至构成筒状矿体。此类矿石主要见于萨布兰陀加尔岩体的中部和北部, 其 $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 一般为 43%~52%, Cr/Fe 比值为 2.7~3.5。

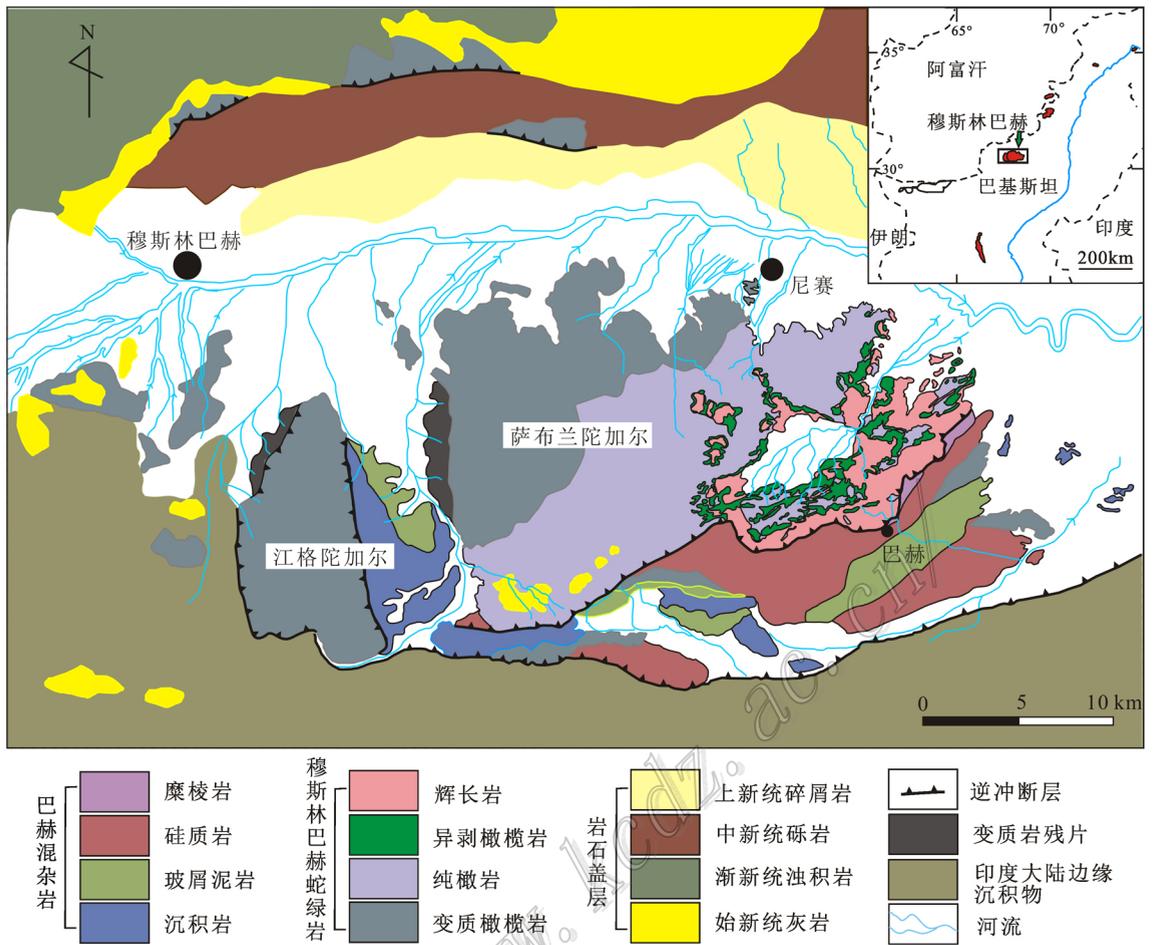


图1 巴基斯坦穆斯林巴赫铬铁矿床矿区地质图

3 形成作用

与特提斯蛇绿岩带中的大多数铬铁矿矿床一样,穆斯林巴赫矿床的成因也存在地幔熔融残余和熔体/岩石反应2种观点。这2种观点都认为铬铁矿源自地幔,分歧在于前者认为铬铁矿是地幔中含铬矿物高度部分熔融的产物;而后者则认为铬铁矿是上地幔局部熔融形成的熔体(玻安质或玄武质)与寄主橄榄岩连续反应后分离结晶的产物。无论经历了何种熔融分异过程,铬铁矿浆最终在岩浆通道中冷凝沉淀,形成豆荚状矿体。随着大洋板块扩张,矿体及其围岩发生高温塑性变形,铬铁矿的豆荚状构造被水平剪切作用改造成条带状,局部出现拉分构造。随后的洋壳仰冲和大陆碰撞使矿床最终就位于板块缝合带中。

4 找矿标志

穆斯林巴赫铬铁矿矿床的找矿标志主要有:

- (1) 发育有俯冲带上盘型蛇绿岩的板块缝合带;
- (2) 蛇绿岩套中的岩石类型主要有二辉橄榄岩、方辉橄榄岩和纯橄岩;
- (3) 蛇绿岩整体呈构造岩片叠瓦状堆垛,其中的方辉橄榄岩等地幔岩石中还发育强烈的韧性变形;
- (4) 铬铁矿一般富集在纯橄岩顶部或与方辉橄榄岩的接触部位;
- (5) 豆荚状矿石一般垂向延伸呈筒状;条带状矿石则水平延伸呈板状。

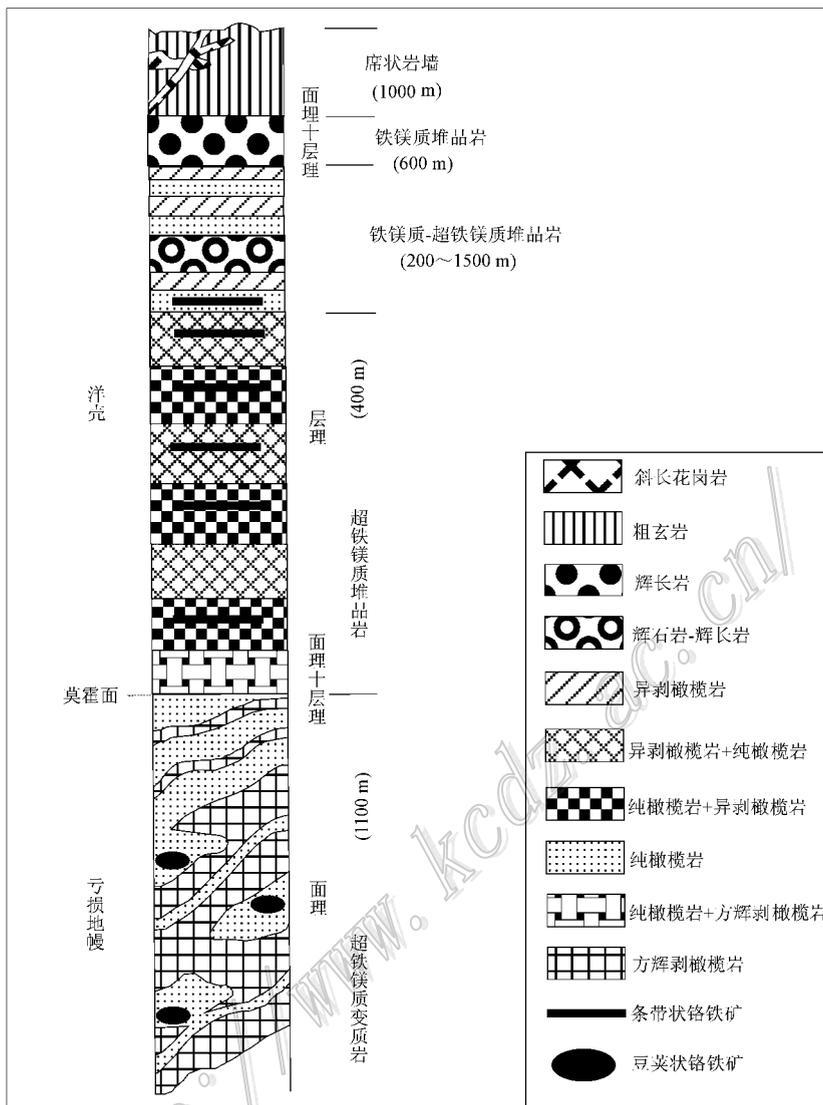


图2 穆斯林巴赫蛇绿岩柱状剖面图(附铬铁矿赋存层位)

5 初步结论

(1) 穆斯林巴赫铬铁矿矿床产于新特提斯蛇绿岩带内,其形成与洋盆初始俯冲有关。

(2) 该矿床由数百个矿体组成,主要赋存在纯橄岩中,可分为条带状和豆荚状2种矿化类型,不同的矿石类型在矿石结构、矿体形态、品位规模上有较大差异。

(3) 铬铁矿源自地幔,形成于狭窄的岩浆通道内,在洋壳仰冲过程中就位。

中国地质科学院 地质研究所
矿产资源研究所

张洪瑞 侯增谦 贾敬伍 胡茂德 (供稿)
杨竹森