

西藏查个勒铅锌矿床成矿时代研究及地质意义

黄瀚霄¹ 李光明¹ 曾庆高² 刘 波¹ 段志明¹ 董随亮¹ 张 晖¹ 张 丽¹

(1.成都地质矿产研究所,四川 成都 610081; 2.西藏地质勘查局区调队,西藏 拉萨 850000)

摘要:查个勒铅锌矿位于冈底斯—念青唐古拉成矿带西段。矿体受花岗斑岩体形态及北东向、北西向断裂控制,产于岩体接触带与断裂破碎带中,属于典型的矽卡岩型矿床。花岗斑岩的锆石 ICP-MS U-Pb 年龄加权平均值为 (63.18 ± 0.77) Ma, 岩石具有重熔型花岗岩地球化学特征,形成于碰撞环境。初步研究表明,查个勒铅锌矿床的形成与印—亚大陆碰撞有关,形成于印度大陆陡俯冲的主碰撞阶段。

关键词:查个勒;冈底斯—念青唐古拉成矿带;铅锌;矽卡岩矿床;

中图分类号: P597⁺.3; P618.42; P618.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)03-0750-10

冈底斯—念青唐古拉成矿带位于西藏自治区中部,是一个重要的铜、铅锌、银多金属矿床集中区^[1-3]。近年来,随着矿产资源评价和重点普查项目的展开,在此成矿带东段发现了亚贵拉铅锌银多金属矿床、洞中拉铅锌铜(银)矿床、蒙亚啊铅锌(银)矿床、洞中松多铅锌铜银多金属矿等一系列大中型矿床^[4-9],这些矿床从东到西形成了一个带状分布的矿集区,该矿集区为冈底斯—念青唐古拉地区内俯冲—碰撞—碰撞过程的伸展等构造演化阶段成矿事件的重要体现^[9]。那么在与东段构造—岩浆演化条件类似的冈底斯—念青唐古拉成矿带西段,是否存在相似的矿床?查个勒铅锌矿床是西藏区域地质调查队近年来发现,并与亚贵拉铅锌矿床具有类似地质特征的矽卡岩型矿床。本文试图从矿床地质特征及与成矿关系密切的花岗斑岩入手,在类比亚贵拉铅锌矿床等矿床的基础上,初步探讨查个勒铅锌矿床的成因,以期为下一步矿床成因的深入研究,以及区域找矿提供有益的启示。

1 矿区地质背景

查个勒铅锌矿区位于冈底斯—伯舒拉岭弧盆系中部,跨越冈底斯陆缘火山—岩浆弧(Ⅱ1)和念青唐

古拉弧背断隆(Ⅱ2)两个次级构造单元。矿区内出露地层比较简单,主要是中二叠统下拉组(P_{2x})、少量的始新统帕那组(E_{2p})和第四系(Q)(图1)。下拉组在区域上为一套碳酸盐岩夹少量碎屑岩的组合,主要岩性有粉砂质泥板岩、微晶灰岩、硅质板岩等。在矿区南西侧帕拉组为一套流纹质及英安质熔结凝灰岩、凝灰岩、英安岩等火山岩建造。

矿区内构造发育,构造线总体呈近东西向。构造形迹主要表现为断裂构造和脆—韧性剪切带,其中以断裂构造最为发育。根据断裂的活动形迹及展布特征,可将断裂分为近东西向断裂,北东、北西向断裂和南北向断裂4组。除晚期南北向断裂为张性断裂外,近东西向走向断裂、与共轭性质的北东向、北西向断裂均有走滑、压扭性特征。其中北东向断裂、北西向断裂是矿区内铅锌矿化的导矿和容矿构造,矿化蚀变均发生在构造破碎带中或其旁侧,是岩浆期后热液顺断裂上升水岩交代反应的表现。北东向断裂以 F_2 为代表,该断裂地表长约1400 m,形成数米至几十米的构造破碎带,断层在地表曲折延伸,倾向 $260^\circ \sim 295^\circ$ 断层面波状起伏,倾角在 $43^\circ \sim 58^\circ$ 。 F_3 为北西向断裂,长约100 m,地表形成了3~5 m宽的构

收稿日期:2011-10-13;改回日期:2012-01-12

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2011CB403100)和青藏专项(1212011121239)联合资助。

作者简介:黄瀚霄,男,1982年生,硕士,工程师,从事青藏高原地质矿产研究;E-mail:huanghanxiao1111@163.com。

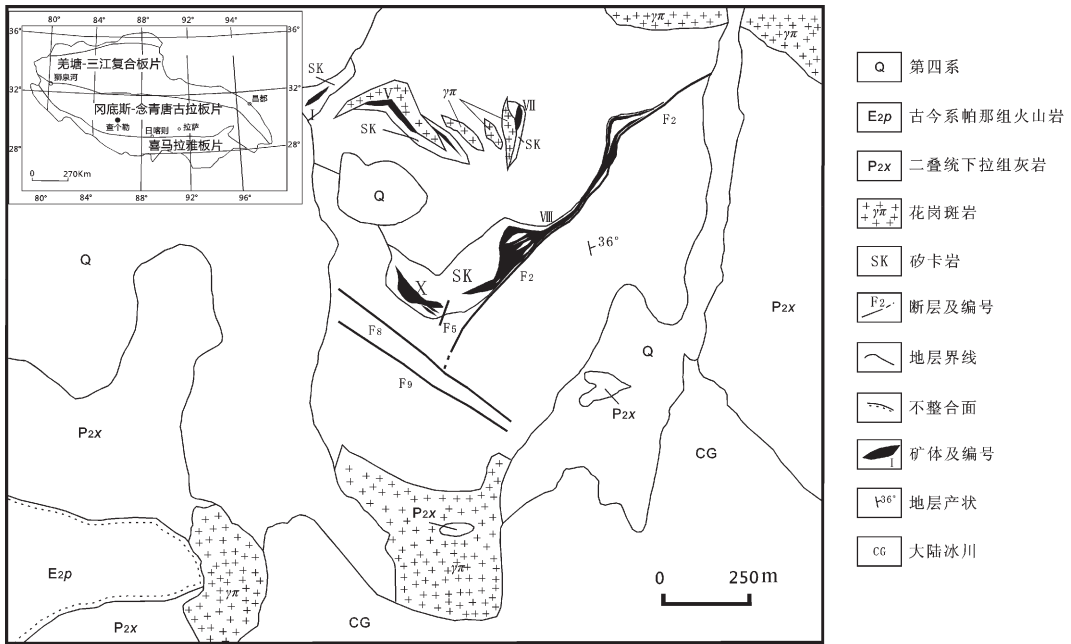


图 1 查个勒铅锌矿地质图(据西藏区域地质调查大队 2010 年资料编^①)

Fig.1 Geological sketch map of Chagele lead-zinc deposit (after Tibet Regional Geological Survey Party, 2010)

造破碎带,倾向 20°~45°,倾角 30°~60°。脆-韧性剪切带主要展布于矿区南部,产状 320°~350°∠60°~70°,地表构造形迹主要表现为岩石破碎,或形成构造角砾岩等(图 1)。

矿区内岩浆活动强烈,主要表现为酸性岩浆侵入或喷发。岩体受构造控制,呈串珠状分布在矿区的北部、北东部,以及南部。花岗斑岩是区内出露的主要岩体,呈岩株的形式产出,岩石呈绿灰-灰白色,具斑状结构,块状构造,岩石中斑晶含量 20%~30%,主要由石英斑晶(10%~20%)、斜长石斑晶(10%~20%)组成,黑云母、白云母斑晶<3%,斑晶粒径多在 0.5~2 mm,基质具微晶-细晶结构,其成分主要是长石、石英,局部见少量黄铁矿,副矿物主要为磷灰石、锆石等。矿区内脉岩较为发育,主要为斜长花岗岩脉,一部分受断裂构造控制,另一部分沿岩石裂隙贯入;火山岩则分布在矿区西南角,赋存于始新统帕那组之中,以酸性火山岩为主。

变质岩主要分布于中二叠统下拉组之中,原岩受构造运动、岩浆活动、地壳内热流变化等内营力影响发生变质,形成板岩、糜棱岩、构造角砾岩以及大理岩及角岩和砗卡岩。

2 矿床地质特征

2.1 矿(化)体特征

铅锌(铜)矿(化)体严格受构造及侵入岩体控制,常发育于构造破碎带中或其旁侧、层间裂隙、侵入岩与围岩的接触带等部位,集中分布于矿区中部偏北。铅锌(铜)矿体平面上呈不规则脉状或透镜状产于铅锌(铜)矿化体中。通过探矿工程,目前共发现具有一定规模及品位的铅锌(铜)矿体 13 条。各矿体规模大小不等,矿体宽 0.1~30 m,长 40~800 余米,产状不规则,受断裂形态及岩体产状控制,随断裂及岩体接触面产状的变化而变化,且在走向、倾向上均有不同程度的膨缩、分枝、复合现象。IV号矿体为主矿体之一,分布于矿区北部花岗斑岩体与围岩接触带北侧砗卡岩中,平面上呈似“7”字形,长 420 m,宽 0.17~3.90 m,平均宽约 1.65 m,延深 60 m,剖面上呈透镜状。矿体倾角 30°~70°,倾向东北;VIII号铜铅锌矿体分布于矿区中部或北东部,是矿区内规模最大的矿体(图 1)。该矿体受 F₂ 断裂控制,总体上呈北东向延伸,平面上呈脉状,矿体长约 880 m,宽 0.31~32.30 m,平均宽 11.42 m,最大延深 650 m,矿体产状主要随断

^①西藏区域地质调查大队.西藏自治区昂仁县查个勒矿区铜铅锌矿详查报告,2010.

层产状变化而变化,倾向北西,倾角 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

2.2 矿石类型及组分

按其 主 要 矿 石 矿 物 的 组 合 特 征, 其 矿 石 工 业 类 型 主 要 分 为 方 铅 矿、闪 锌 矿 矿 石, 次 为 闪 锌 矿 矿 石, 黄 铜 矿、方 铅 矿、闪 锌 矿 矿 石, 黄 铜 矿、闪 锌 矿 矿 石, 黄 铜 矿 矿 石。

矿 石 矿 物 成 分 比 较 简 单, 矿 石 中 主 要 金 属 矿 物 为 方 铅 矿、闪 锌 矿、黄 铜 矿, 尚 有 少 量 的 黄 铁 矿、磁 铁 矿、磁 黄 铁 矿 等。脉 石 矿 物 主 要 有 透 辉 石、绿 帘 石、黝 帘 石、绿 泥 石、长 石、石 英、萤 石、碳 酸 盐、石 墨 等。方 铅 矿 是 矿 石 中 主 要 的 金 属 硫 化 物 之 一, 多 为 中 细 粒 粒 状, 粒 径 一 般 为 $0.02\sim 0.5\text{ mm}$; 闪 锌 矿 为 粗 粒 粒 状 结 构 为 主, 矿 物 颗 粒 多 在 0.1 mm 以 上; 黄 铜 矿 以 细 粒 为 主, 粒 径 一 般 在 $0.02\sim 0.06\text{ mm}$; 方 铅 矿、闪 锌 矿、黄 铜 矿、黄 铁 矿 等 呈 浸 染 状、不 均 匀 星 散 状 充 填 于 矽 卡 岩 造 岩 矿 物 颗 粒 边 缘 或 岩 石 的 裂 隙 中。石 英 是 矿 石 中 最 主 要 的 脉 石 矿 物, 各 种 类 型 的 矿 石 中 均 有 大 量 的 石 英 存 在, 呈 自 形—他 形 粒 状 或 以 硅 化 的 形 式 不 规 则 分 布; 长 石 大 部 分 被 石 英 所 交 代, 仅 部 分 保 留 了 原 来 结 构 特 征。

矿 石 具 有 粒 状 结 构、交 代 结 构、鳞 片 变 晶 结 构、筛 状 变 晶 结 构、碎 粒 结 构, 构 造 主 要 表 现 为 脉 状 构 造、块 状 构 造、条 带 状 构 造、角 砾 状 构 造、浸 染 状 构 造 等。其 中 粒 状 结 构 为 矿 石 典 型 结 构 特 征 之 一, 主 要 表 现 为 方 铅 矿、闪 锌 矿、磁 铁 矿 呈 他 形 粒 状 出 现。

2.3 蚀变类型及分带

矿 区 内 围 岩 蚀 变 强 烈、类 型 丰 富, 蚀 变 类 型 主 要 有 矽 卡 岩 化、绢 云 母 化、绿 泥 石 化、绿 帘 石 化、黝 帘 石 化、硅 化、高 岭 土 化、碳 酸 盐 化 等。其 中 绢 云 母 化、硅 化、碳 酸 盐 化 最 为 普 遍。与 矿 化 关 系 密 切 的 蚀 变 有 矽 卡 岩 化、硅 化、绿 帘 石 化、黝 帘 石 化、透 辉 石 化、石 榴 石 化、绢 云 母 化、碳 酸 盐 化 等, 这 些 蚀 变 沿 断 裂 两 侧、或 者 沿 岩 体 与 围 岩 接 触 带 发 育, 常 叠 加 在 一 起, 分 带 并 不 明 显。

2.4 矿石矿物共生组合及成矿阶段

与 矿 石 矿 物 关 系 密 切 的 共 生 组 合 类 型 主 要 有 方 铅 矿、闪 锌 矿 组 合, 方 铅 矿、闪 锌 矿、黄 铜 矿、黄 铁 矿 组 合, 闪 锌 矿、黄 铜 矿、黄 铁 矿 组 合, 黄 铜 矿、黄 铁 矿、磁 黄 铁 矿、磁 铁 矿 组 合。部 分 黄 铁 矿 被 闪 锌 矿 及 方 铅 矿 所 交 代, 黄 铜 矿 及 闪 锌 矿 形 成 固 溶 体 分 离 结 构。

从 野 外 地 质 观 察, 结 合 室 内 光 薄 片 鉴 定 成 果 来 看, 该 矿 床 的 形 成 明 显 具 有 多 期 次 多 阶 段 的 特 征, 成

矿 期 可 分 为 矽 卡 岩 期、热 液 成 矿 期 及 表 生 期, 其 中 热 液 成 矿 期 是 主 要 成 矿 期 (表 1), 根 据 矿 石 矿 物 生 成 顺 序, 可 分 为 4 个 主 要 阶 段, 分 别 为 石 英—黄 铁 矿 阶 段、石 英—黄 铁 矿—黄 铜 矿 阶 段、石 英—方 铅 矿—闪 锌 矿—黄 铜 矿—黄 铁 矿 阶 段、石 英—碳 酸 盐 化 阶 段。

3 花岗斑岩地球化学特征与成岩时代

3.1 花岗斑岩岩石地球化学特征及成因

从 矿 体 产 出 特 征 来 看, 查 个 勒 铅 锌 矿 床 与 花 岗 斑 岩 具 有 密 切 的 时、空 联 系, 是 与 花 岗 斑 岩 关 系 密 切 的 矽 卡 岩 型 矿 床。通 过 对 花 岗 斑 岩 岩 石 地 球 化 学 特 征 及 成 因 的 探 讨, 有 利 于 研 究 矿 床 成 矿 作 用。笔 者 从 矿 区 内 采 集 6 件 花 岗 斑 岩 样 品, 进 行 了 常 量、微 量、稀 土 元 素 全 分 析。常 量 分 析 测 试 在 国 土 资 源 部 西 南 矿 产 资 源 监 督 检 测 中 心 完 成, 采 用 AXIOS AXIOS-X-荧 光 光 谱 仪 测 定, 微 量、稀 土 元 素 分 析 在 国 家 地 质 实 验 测 试 中 心 采 用 等 离 子 质 谱 (X-series) 完 成 分 析。分 析 结 果 分 别 列 于 表 2 中。

从 花 岗 斑 岩 体 主 量 元 素 分 析 结 果 来 看, SiO_2 含 量 较 高, 为 $75.31\%\sim 77.31\%$, 平 均 为 76.29% 。全 碱 含 量 较 高, ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) 含 量 $5.3\%\sim 7.3\%$, $\text{A}/\text{CNK}=1.15\sim 1.27$, 为 强 过 铝 质 岩 石 (图 2)。在 稀 土 元 素 球 粒 陨 石 标 准 化 蛛 网 图 中 (图 3), La/Yb 比 值 $4.58\sim 4.9$, 铈 异 常 不 明 显 ($\delta\text{Ce}=4.11\sim 4.25$), 具 有 强 的 铈 负 异 常 ($\delta\text{Eu}=0.07\sim 0.09$)。岩 石 微 量 元 素 以 高 亲 石 元 素 (LILE) 和 低 亲 铁 元 素 为 特 征, 不 相 容 元 素 Rb、Th 含 量 较 高, Ba 和 Nb 亏 损 的 地 球 化 学 特 征 (图 4)。因 此, 花 岗 斑 岩 具 有 重 熔 型 花 岗 岩 的 地 球 化 学 特 征, 其 成 岩 物 质 主 要 来 源 于 地 壳。

过 铝 质 花 岗 岩 形 成 于 碰 撞 造 山 过 程 中 的 挤 压 性 构 造 环 境, 也 可 以 形 成 于 与 岩 石 圈 伸 展 作 用 相 关 的 张 性 构 造 环 境^[10]。西 藏 过 铝 质 花 岗 岩 类 具 有 “S” 型 花 岗 岩 的 地 球 化 学 特 征, 形 成 于 两 个 大 陆 地 壳 板 块 的 碰 撞 阶 段, 其 源 岩 来 自 上 地 壳 的 重 熔^[11,12]。本 次 所 研 究 的 花 岗 斑 岩 在 区 域 上 具 有 东 西 成 串 的 分 布 特 征, 指 示 其 形 成 与 东 西 向 构 造 活 动 关 系 密 切; 花 岗 斑 岩 侵 位 于 古 近 纪 早 期, 此 时, 冈 底 斯 成 矿 带 正 处 于 印 度 大 陆 与 欧 亚 大 陆 俯 冲 的 主 碰 撞 阶 段^[1,13-17]; 花 岗 斑 岩 的 Rb-(Y+Nb) 图 解 与 Nb-Y 图 解 中, 所 有 花 岗 斑 岩 样 品 均 落 入 碰 撞 型 花 岗 岩 区 域 或 其 附 近 (图 5~6)。因 此, 花 岗 斑 岩 岩 浆 是 由 于 印 度 与 欧 亚 大 陆 碰 撞 作 用 引 起 的 地 壳 熔 融 所 形 成。

表 1 成矿阶段划分、主要矿物形成顺序一览

Table 1 Division of mineralization stages and sequences

| 时代 | 矽卡岩期 | 热液作用成矿期 | | | | 表生期 |
|----------|-------|-------------|------------------|--------------------------|---------------|-------|
| 阶段 矿物 | | 石英-黄铁 矿化 | 石英-黄铁矿-黄 铜矿阶段 | 石英-方铅矿-闪锌矿-黄铜 矿-黄铁矿阶段 | 石英-碳酸盐化 阶段 | |
| 石英 | | | | | | |
| 黄铁矿 | | | | | | |
| 磁铁矿 | ----- | | | | | |
| 黄铜矿 | | | | | | |
| 方铅矿 | | | | | | |
| 绢云母 | | | | ----- | | |
| 高岭土 | | | | | | ----- |
| 孔雀石 | | | | | | |
| 褐铁矿 | | | | | | |
| 方解石 | | | | ----- | | |

3.2 花岗斑岩成岩与成矿年龄

矿体产于花岗斑岩体与围岩的接触带、破碎带以及层间裂隙中,铅锌(铜)矿化与花岗斑岩岩体的侵入活动密切相关,其成岩年代学的研究对矿床成矿时代以及成因研究具有重要意义。本次测年样品采自地表露头新鲜的花岗斑岩。测试采用常规的重液浮选和电磁分离方法挑选出锆石,并根据锆石颜色自形程度形态和透明度等特征,挑选出具有代表性的锆石,将锆石样品做成样品靶并进行抛光,然后进行锆石显微(反射光和透射光)照相,再用体积百分比为 3%的硝酸清洗样品并镀金及进行阴极发光照相。激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)原位 U-Pb 定年在中国地质大学(武汉)完成。锆石加权平均年龄的计算及谐和图的绘制采用 ISOPLOT 3.0 程序。详细分析流程和原理参见文献^[18-20]。

用于定年的花岗斑岩中的锆石呈无色透明,具有长柱状晶形,保存完好,且发育有规则的韵律环带结构,反映其岩浆成因的特点(图 7)。对花岗斑岩内的 20 个锆石进行了 20 个点的 U-Pb 同位素年

龄分析,分析结果列于表 3。20 颗锆石的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄值介于 61.1~65.2 Ma,大部分锆石的数据点切割谐和线(图 8),也有少部分锆石的数据点偏离谐和线,可能是锆石的初始普通铅扣除不够准确导致数据点偏离谐和线,但这并不显著影响其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄的精确度,所测数据点 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄加权平均值为(63.18±0.77) Ma (95%置信度,MSWD=4.0),该年龄反映了花岗斑岩体的侵位年龄。

矽卡岩型矿床在成因和空间上都与矽卡岩存在密切的关系,矽卡岩与其矿床大致同时形成,即同一地质作用不同阶段的产物,一般矿化略晚于矽卡岩的成岩期^[21-23]。因此,查个勒铅锌矿形成时间略晚于花岗斑岩的侵位时代,可能形成于古近纪晚期或者渐新世早期。

4 讨论

冈底斯—念青唐古拉成矿带经历了复杂的地质构造演化历史。特别是从晚白垩世开始,冈底斯—念青唐古拉山成矿带先后经历印度板块—亚洲大陆碰撞以及印度大陆陡俯冲的主碰撞阶段,印度大陆缓

表 2 查个勒花岗斑岩的主量元素(%)和微量元素(10^{-6})分析结果

Table 2 Major (%) and trace (10^{-6}) element compositions of Chagele granite porphyry

| 样品号 | CGL02 | CGL03 | CGL04 | CGL05 | CGL06 | CGL07 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 76.46 | 75.31 | 77.31 | 76.42 | 75.84 | 76.4 |
| Al ₂ O ₃ | 12.58 | 12.79 | 11.59 | 12.43 | 12.58 | 12.61 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.28 | 0.3 | 0.29 | 0.43 | 0.8 | 0.85 |
| FeO | 0.84 | 1.12 | 0.94 | 0.75 | 0.37 | 0.25 |
| CaO | 0.85 | 1.1 | 1.59 | 0.91 | 1.16 | 0.77 |
| MgO | 0.16 | 0.33 | 0.21 | 0.17 | 0.13 | 0.12 |
| K ₂ O | 5.18 | 5.12 | 3.58 | 5.04 | 4.76 | 5.23 |
| Na ₂ O | 1.68 | 1.67 | 1.75 | 1.74 | 2.22 | 2.11 |
| TiO ₂ | 0.068 | 0.11 | 0.063 | 0.069 | 0.072 | 0.074 |
| P ₂ O ₅ | 0.018 | 0.026 | 0.016 | 0.017 | 0.018 | 0.019 |
| MnO | 0.035 | 0.043 | 0.046 | 0.039 | 0.038 | 0.033 |
| 灼失 | 1.72 | 1.89 | 2.46 | 1.86 | 1.9 | 1.44 |
| A/CNK | 1.27 | 1.24 | 1.20 | 1.25 | 1.15 | 1.20 |
| Lu | 0.55 | 0.57 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | 0.57 |
| Ba | 243 | 396 | 334 | 261 | 335 | 351 |
| Sc | 2.28 | 3.09 | 1.79 | 1.87 | 2.36 | 2.05 |
| V | 2.24 | 7.68 | 2.93 | 2.27 | 3.21 | 2.87 |
| Cr | 8.36 | 23.8 | <0.05 | 0.49 | 15.1 | 15.1 |
| Co | 0.85 | 1.78 | 0.8 | 0.74 | 0.84 | 0.76 |
| Ni | 5.63 | 12.2 | 1.06 | 1.48 | 7.36 | 8.15 |
| Ga | 15 | 16.8 | 16.4 | 15.1 | 15.4 | 15.5 |
| Rb | 294 | 301 | 243 | 289 | 280 | 312 |
| Sr | 134 | 208 | 137 | 143 | 113 | 109 |
| U | 5.72 | 5.67 | 6.03 | 5.84 | 5.8 | 5.45 |
| Th | 26 | 26 | 24.5 | 26 | 26.9 | 27.5 |
| Nb | 9.81 | 10.7 | 8.98 | 10.4 | 10.6 | 10.9 |
| Ta | 1.49 | 1.5 | 1.41 | 1.54 | 1.58 | 1.61 |
| Zr | 86 | 110 | 85.8 | 100 | 88.3 | 91.7 |
| Hf | 3.29 | 3.8 | 3.19 | 3.65 | 3.35 | 3.52 |
| Cs | 9.17 | 12.6 | 6.76 | 8.41 | 7.13 | 7.35 |
| As | 3.08 | 0.69 | 0.97 | 1.09 | 1.19 | 0.73 |
| Ge | 0.83 | 0.87 | 0.78 | 0.79 | 0.84 | 0.9 |
| La | 23.5 | 24.8 | 22.6 | 24.1 | 25.4 | 24.4 |
| Ce | 45.2 | 47.8 | 43.8 | 46.8 | 48.6 | 47.8 |
| Pr | 5.04 | 5.26 | 4.85 | 5.11 | 5.5 | 5.18 |
| Nd | 17.2 | 18.3 | 16.7 | 17.7 | 18.4 | 17.9 |
| Sm | 3.75 | 3.85 | 3.5 | 3.7 | 3.84 | 3.81 |
| Eu | 0.28 | 0.37 | 0.3 | 0.29 | 0.32 | 0.29 |
| Gd | 4.12 | 4.28 | 3.87 | 4.16 | 4.17 | 4.15 |
| Tb | 0.68 | 0.7 | 0.66 | 0.69 | 0.7 | 0.71 |
| Dy | 4.44 | 4.57 | 4.37 | 4.45 | 4.55 | 4.75 |
| Ho | 1.01 | 1.03 | 0.97 | 0.97 | 1.03 | 1.05 |
| Er | 3.22 | 3.3 | 3.06 | 3.1 | 3.28 | 3.44 |
| Tm | 0.51 | 0.53 | 0.48 | 0.49 | 0.53 | 0.52 |
| Yb | 3.61 | 3.63 | 3.53 | 3.53 | 3.78 | 3.82 |
| Y | 31.3 | 31.8 | 29.7 | 30.6 | 31.6 | 32.4 |

注: A/CNK = Al₂O₃ / (CaO + Na₂O + K₂O) 摩尔数分数比;

ANK = Al₂O₃ / (Na₂O + K₂O)。

俯冲与壳/幔横向流动晚碰撞阶段,以及板片断离-撕裂与岩石圈地幔减薄后碰撞阶段^[1,13]。目前,对于印-亚大陆碰撞的具体时间虽然有较大的争议,但基本都认为,在晚白垩世-古近纪,印-亚大陆已经进入碰撞阶段^[14-17]。由于印-亚大陆碰撞挤压作用,冈底斯-念青唐古拉成矿带内广泛分布近东西向的重熔型花岗岩。

从矿化特征来看,查个勒铅锌矿床成矿作用与花岗斑岩有关,其成矿时代可能略晚于花岗斑岩的侵位年龄。花岗斑岩侵位时代在 61~66 Ma,正处于

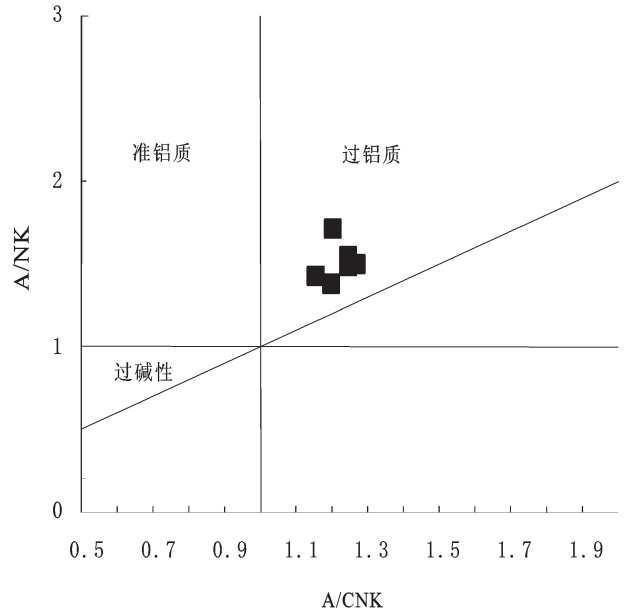


图 2 花岗岩 A/CNK-A/NK M.+P.图解

Fig.2 A/CNK-A/NK M.+P diagram of granite

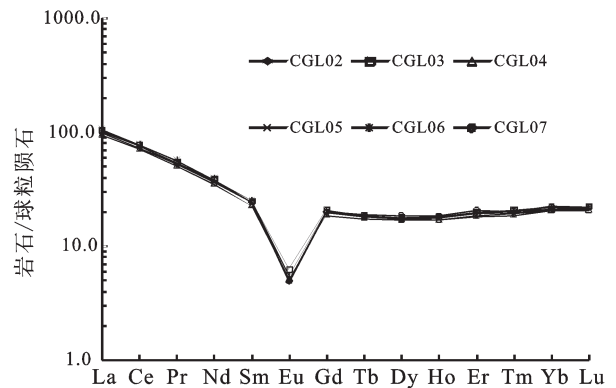


图 3 稀土元素球粒陨石标准化配分图

(标准化值引自 Sun and Mcdonough, 1989)

Fig.3 Chondrite-normalized REE patterns

(after Sun and Mcdonough, 1989)

印度大陆与欧亚大陆的主碰撞阶段;花岗斑岩近东西向分布,具有强过铝质等重熔型花岗岩的岩石地球化学特征,均说明矿区内花岗斑岩岩体是碰撞作用引起的岩浆活动的产物。因此,查个勒铅锌矿床的形成与印-亚大陆碰撞有关,形成于印度大陆俯冲的主碰撞阶段,是冈底斯-念青唐古拉地区内碰撞构造演化阶段成矿事件的重要体现。

在冈底斯-念青唐古拉成矿带东段,广泛发育矽卡岩型铅锌矿床,热液脉型铅锌铜银多金属矿、斑

表 3 花岗岩中的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果
Table 3 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of granodiorite

| 点号 | 同位素比值 | | | | t | $^{286}\text{U}/^{232}\text{Th}$ | 1σ | 表面年龄/Ma | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|------|-----------------------------------|------|------|-----|----|---|------|-----|------|-----|
| | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | 1σ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 1σ | | | | $^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 1σ | $^{206}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ | 1σ | | | | | | | | |
| CGL-1 | 0.0750 | 0.0077 | 0.0943 | 0.0089 | 0.0098 | 0.0002 | 0.0032 | 0.0002 | 0.26 | 1.55 | 0.02 | 1068 | 176 | 92 | 8 | 63 | 2 | 64 | 4 |
| CGL-2 | 0.0556 | 0.0044 | 0.0677 | 0.0048 | 0.0096 | 0.0002 | 0.0029 | 0.0001 | 0.28 | 1.57 | 0.02 | 435 | 146 | 66 | 5 | 62 | 1 | 58 | 3 |
| CGL-3 | 0.0608 | 0.0026 | 0.0834 | 0.0033 | 0.0100 | 0.0001 | 0.0038 | 0.0001 | 0.27 | 2.43 | 0.02 | 179 | 111 | 66 | 4 | 63.4 | 0.7 | 63 | 1 |
| CGL-4 | 0.0505 | 0.0040 | 0.0696 | 0.0053 | 0.0102 | 0.0002 | 0.0031 | 0.0002 | 0.24 | 1.92 | 0.02 | 218 | 156 | 68 | 5 | 66 | 1 | 63 | 3 |
| CGL-5 | 0.0452 | 0.0018 | 0.0597 | 0.0024 | 0.0096 | 0.0001 | 0.0031 | 0.0001 | 0.25 | 1.85 | 0.02 | -7 | 74 | 59 | 2 | 61.4 | 0.6 | 62 | 2 |
| CGL-6 | 0.0555 | 0.0036 | 0.0726 | 0.0045 | 0.0096 | 0.0001 | 0.0031 | 0.0001 | 0.25 | 1.65 | 0.02 | 432 | 127 | 71 | 4 | 61.5 | 0.9 | 63 | 3 |
| CGL-7 | 0.0502 | 0.0012 | 0.0698 | 0.0018 | 0.0100 | 0.0001 | 0.0024 | 0.0000 | 0.35 | 1.05 | 0.01 | 203 | 53 | 69 | 2 | 64.4 | 0.6 | 48.4 | 0.9 |
| CGL-8 | 0.0534 | 0.0030 | 0.0706 | 0.0040 | 0.0096 | 0.0001 | 0.0032 | 0.0001 | 0.27 | 1.29 | 0.01 | 347 | 119 | 69 | 4 | 61.8 | 0.9 | 64 | 2 |
| CGL-9 | 0.0548 | 0.0041 | 0.0741 | 0.0052 | 0.0102 | 0.0002 | 0.0034 | 0.0002 | 0.27 | 2.02 | 0.02 | 405 | 144 | 73 | 5 | 65 | 1 | 68 | 3 |
| CGL-10 | 0.0456 | 0.0027 | 0.0593 | 0.0034 | 0.0095 | 0.0001 | 0.0028 | 0.0001 | 0.23 | 1.43 | 0.01 | -25 | 112 | 59 | 3 | 60.8 | 0.8 | 57 | 2 |
| CGL-11 | 0.0555 | 0.0039 | 0.0744 | 0.0050 | 0.0099 | 0.0002 | 0.0034 | 0.0002 | 0.24 | 1.57 | 0.02 | 433 | 139 | 73 | 5 | 64 | 1 | 68 | 3 |
| CGL-12 | 0.0511 | 0.0034 | 0.0646 | 0.0039 | 0.0095 | 0.0002 | 0.0030 | 0.0001 | 0.29 | 1.44 | 0.01 | 244 | 125 | 64 | 4 | 61 | 1 | 60 | 2 |
| CGL-13 | 0.0560 | 0.0035 | 0.0742 | 0.0044 | 0.0099 | 0.0001 | 0.0035 | 0.0001 | 0.24 | 2.4 | 0.02 | 454 | 122 | 73 | 4 | 63.6 | 0.9 | 70 | 3 |
| CGL-14 | 0.0467 | 0.0015 | 0.0663 | 0.0021 | 0.0103 | 0.0001 | 0.0026 | 0.0001 | 0.31 | 1.12 | 0.01 | 32 | 59 | 65 | 2 | 66 | 0.7 | 53 | 1 |
| CGL-15 | 0.0487 | 0.0032 | 0.0649 | 0.0039 | 0.0100 | 0.0002 | 0.0032 | 0.0001 | 0.26 | 1.58 | 0.02 | 135 | 122 | 64 | 4 | 64 | 1 | 66 | 3 |
| CGL-16 | 0.0550 | 0.0036 | 0.0719 | 0.0047 | 0.0095 | 0.0001 | 0.0032 | 0.0001 | 0.23 | 1.54 | 0.02 | 413 | 135 | 71 | 4 | 61.1 | 0.9 | 64 | 2 |
| CGL-17 | 0.0720 | 0.0040 | 0.0973 | 0.0054 | 0.0098 | 0.0002 | 0.0024 | 0.0001 | 0.28 | 0.91 | 0.01 | 987 | 104 | 94 | 5 | 63.2 | 1 | 49 | 2 |
| CGL-18 | 0.0473 | 0.0021 | 0.0629 | 0.0026 | 0.0097 | 0.0001 | 0.0032 | 0.0001 | 0.3 | 1.77 | 0.02 | 65 | 81 | 62 | 3 | 62.2 | 0.8 | 65 | 2 |
| CGL-19 | 0.0548 | 0.0021 | 0.0761 | 0.0029 | 0.0100 | 0.0001 | 0.0035 | 0.0001 | 0.24 | 1.93 | 0.02 | 63 | 79 | 64 | 3 | 63.6 | 0.6 | 64 | 1 |
| CGL-20 | 0.0487 | 0.0030 | 0.0676 | 0.0039 | 0.0102 | 0.0001 | 0.0033 | 0.0001 | 0.24 | 1.49 | 0.01 | 136 | 119 | 66 | 4 | 65.2 | 0.9 | 66 | 2 |

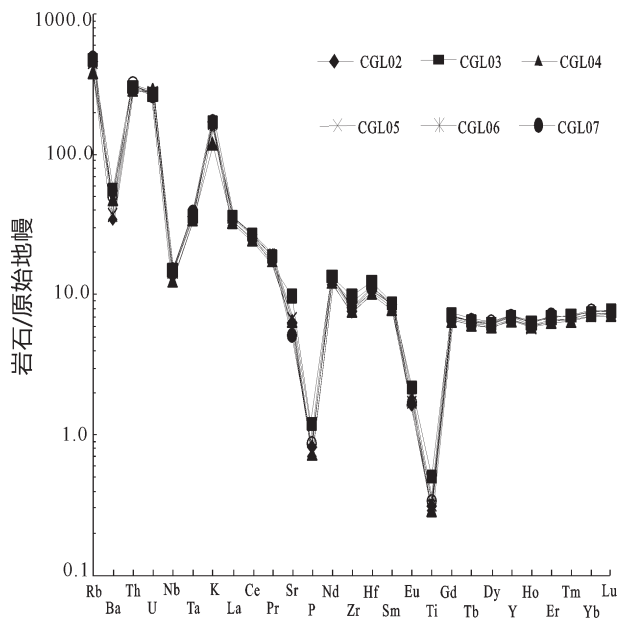


图4 微量元素原始地幔标准化蛛网图(标准化值引自 Sun and Mcdonough, 1989)
Fig.4 Primitive mantle-normalized trace element spider diagram (after Sun and Mcdonough, 1989)

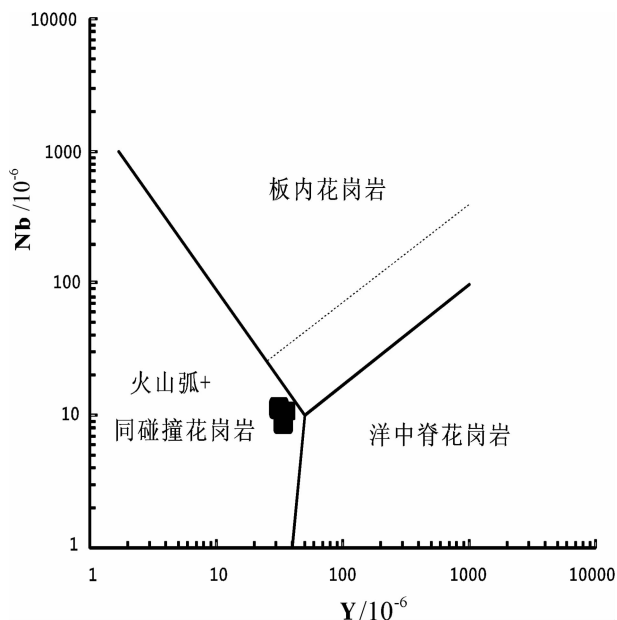


图5 花岗岩的 Nb-Y 图解
Fig.5 Nb-Y diagram of granite

岩型铅矿等，这些矿床的形成与燕山晚期或始新世主碰撞期的岩浆活动有关^[2-6,24]。亚贵拉铅锌多金属矿床是这些矿床的典型代表之一。亚贵拉矿区广泛分布中生代及新生代的岩体，而铅锌矿体多产于新生代岩体的接触部位，以及构造破碎带中，呈层状、似层状分布^[9,24-26]。对于矿床成因却有颇多的争议，一种观点认为亚贵拉的形成是经历了喷流沉积，再到热液改造，另一种观点则认为只存在热液活动成矿^[24-26]。但所有的观点都肯定，亚贵拉矿床的形成得益于燕山晚期和喜马拉雅早期的岩体侵位，并与主碰撞期的岩浆活动关系密切。查个勒铅锌矿床与亚贵拉铅锌矿床具有相似的成矿作用。因此，晚白垩世—渐新世的铅锌成矿作用不仅仅只局限于冈底斯—念青唐古拉成矿带东段，在构造—岩浆演化相似的西段，也具有寻找类似矽卡岩铅锌矿床的潜力。

5 结论

(1)查个勒铅锌矿床的成矿作用与花岗斑岩关系密切，其成矿时代可能略晚于花岗斑岩侵位年龄。花岗斑岩具有强过铝质等重熔型花岗岩地球化学特征，为印度大陆与欧亚大陆陡俯冲碰撞引发的岩浆活动的产物。因此，查个勒铅锌矿床是形成于印度大陆陡俯冲的主碰撞阶段的矽卡岩型矿床。

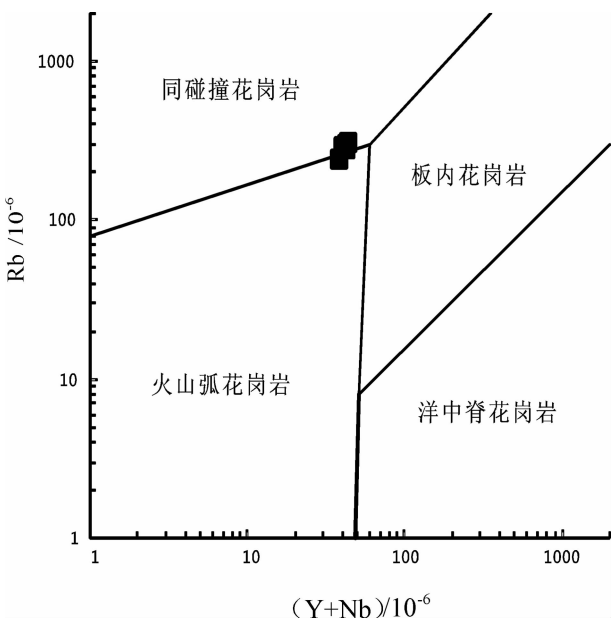


图6 花岗岩的 Rb-(Y+Nb)图解
Fig.6 Rb-(Y+Nb)diagram of granite

(2)冈底斯—念青唐古拉从东到西形成一条巨大的铅锌多金属矿带，在与成矿带东段构造—岩浆演化相似的西段，具有寻找与亚贵拉铅锌矿床相似的矿床的潜力。

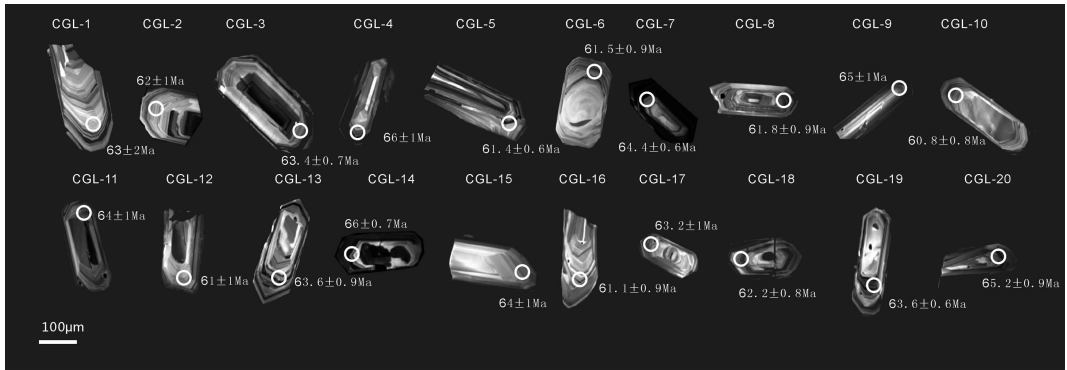


图 7 锆石阴极发光照片
Fig.7 CL images of zircon

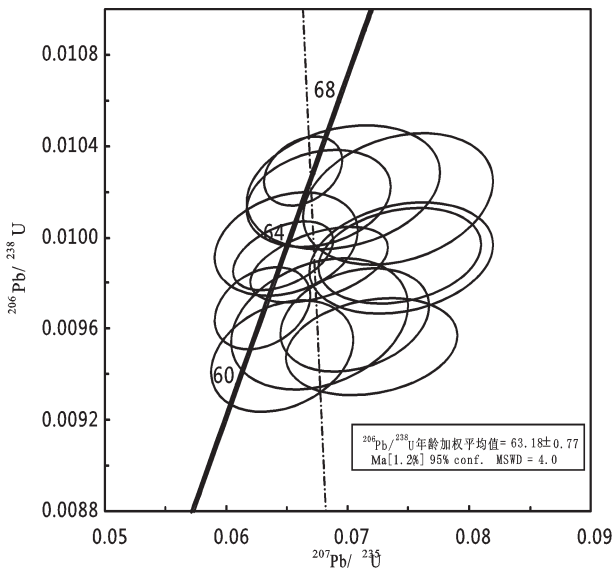


图 8 查个勒花岗岩的 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图
Fig.8 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ concordia diagram of Chagele granodiorite

致谢: 本文的顺利完成得到西藏区域地质调查队陈富琦以及成都地质调查中心雍永源研究员、石洪召工程师的大力帮助与指导,在此表示感谢!

参考文献(References):

[1] 侯增谦, 王二七. 印度—亚洲大陆碰撞成矿作用主要研究进展[J]. 地球学报, 2008, 29(3):275-292.
Hou Zengqian, Wang Erqi. Metallogenesis of the Indo-Asian collisional orogen:new advances [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 29(3):275-292(in Chinese with English abstract).
[2] 李光明, 潘桂棠, 王高明, 等. 西藏冈底斯成矿带矿产资源远景评价与展望[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(1):

22-27.
Li Guangming, Pan Guitang, Wang Gaoming, et al. Evaluation and prospecting value of mineral resources in Gangdise metallogenic belt, Tibet, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2004, 31 (1):22-27 (in Chinese with English abstract).
[3] 郑有业, 王保生, 樊子琿, 等. 西藏冈底斯东段构造演化及铜金多金属成矿潜力分析[J]. 地质科技情报, 2002, 21(2):55-60.
Zheng Youye, Wang Baosheng, Fan Zihui, et al. Analysis of tectonic evolution in the eastern section of the Gangdise mountains, Tibet and the metallogenic potentialities of copper gold polymetal[J]. Geological Science and Technology Information, 2002, 21 (2):55-60(in Chinese with English abstract).
[4] 连永牢, 曹新志, 燕长海, 等. 西藏念青唐古拉地区铅锌银多金属矿成矿特征及找矿方向[J]. 四川地质学报, 2010(4):442-446.
Lian Yonglao, Cao Xinzhi, Yan Changhai, et al. Geological features and range of reconnaissance for the Pb-Zn-Ag-Polymetallic deposit in the Nyainqentanghla region, Tibet [J]. Acta Geologica Sichuan, 2010, (4): 442-446(in Chinese with English abstract).
[5] 连永牢, 曹新志, 燕长海, 等. 西藏念青唐古拉地区铅锌银矿床成矿系列及找矿前景[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2011, 28(2): 32-36.
Lian Yonglao, Cao Xinzhi, Yan Changhai, et al. Metallogenic series and prospecting potential of Lead-Zinc-Silver ore district in Nyainqentanghla, Tibet [J]. Journal of Guizhou University (Natural Sciences), 2011, 28(2):32-36(in Chinese with English abstract).
[6] 唐菊兴, 高一鸣, 燕长海. 西藏念青唐古拉地区亚贵拉—沙让成矿带成矿时代及矿床成因探讨[C]//中国地质调查局成都地质调查中心编. 青藏高原地质学术讨论会论文摘要集, 2009:108-109.
Tang Juxing, Gao Yiming, Yan Changhai. Discussion of geochronology and genesis in Nyainqentanghla metallogenic belt, Tibet [C]//Chengdu Center,China Geological Survy. Geological Symposium Abstract of Tibet Plateau, 2009:108-109 (in Chinese with English abstract).

- [7] 费光春, 温春齐, 周雄, 等. 西藏洞中拉铅锌矿床成矿流体研究[J]. 地质与勘探, 2010, (4):576-582.
Fei Guangchun, Wen Chunqi, Zhou Xiong, et al. Research of mineralization fluids in the Dongzhongla Lead-Zinc deposit, Tibet [J]. *Geology and Exploration*, 2010, (4):576-582 (in Chinese with English abstract).
- [8] 高一鸣, 陈毓川, 王成辉, 等. 亚贵拉-沙让-洞中拉矿集区中新生成岩浆岩 Hf 同位素特征与岩浆源区示踪 [J]. 矿床地质, 2011, 30(2):279-291.
Gao Yiming, Chen Yuchuan, Wang Chenghui, et al. Zircon Hf isotopic characteristics and constraints on petrogenesis of Mesozoic-Cenozoic magmatic rocks in Nyainqentanglha region, Tibet [J]. *Mineral Deposits*, 2011, 30 (2):279-291 (in Chinese with English abstract).
- [9] 高一鸣, 陈毓川, 唐菊兴, 等. 西藏工布江达县亚贵拉铅锌钼多金属矿床石英斑岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 地质学报, 2009, 83,(10):1437-1444.
Gao Yiming, Chen Yuchuan, Tang Juxing, et al. Shrimp U-Pb dating of zircon from quartz porphyry in the Yaguila Pb-Zn-Mo deposit, Gongbujiangda County, Tibet and its geological implication [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83, (10):1437-1444 (in Chinese with English abstract).
- [10] 林广春, 马昌前. 过铝花岗岩的成因类型与构造环境研究综述 [J]. 华南地质与矿产, 2003, (1):65-70.
Lin Guangchun, Ma Changqian. Genesis of peraluminous granitoids and their tectonic settings [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2003, (1): 65-70(in Chinese with English abstract).
- [11] 廖忠礼, 莫宣学, 潘桂棠, 等. 初论西藏过铝花岗岩[J]. 地质通报, 2006, 25(7):812-821.
Liao Zhongli, Mo Xuanxue, Pan Guitang, et al. On peraluminous granites in Tibet, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25 (7): 812-821(in Chinese with English abstract).
- [12] 廖忠礼, 莫宣学, 潘桂棠, 等. 西藏过铝花岗岩的岩石化学特征及成因探讨[J]. 地质学报, 2006, 80(9):1329-1341.
Liao Zhongli, Mo Xuanxue, Pan Guitang, et al. Petrochemistry characteristic and petrogenesis of peraluminous granite in the Tibet [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(9):1329-1341(in Chinese with English abstract).
- [13] 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 等. 冈底斯造山带的时空结构及演化 [J]. 岩石学报, 2006, 22(3):521-533.
Pan Guitang, Mo Xuanxue, Hou Zengqian, et al. Spatial-temporal framework of the Gangdese orogenic belt and its evolution [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(3):521-533 (in Chinese with English abstract).
- [14] Jaeger J J. Courtillot v, taponnien p. paleontological view of the ages of the deccan traps, the Cretaceous/Tertiary boundary, and the India-Asia collision[J]. *Geology*, 1989(17):316-319.
- [15] Rage J C, Cappetta H, Hartenberger J L. Collision ages[J]. *Nature*, 1995, 375:6529.
- [16] Yin An, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan - Tibet. *Orogen Annual* [J]. *Rev. Earth Planet. Sci.*, 2000, 28:211-80.
- [17] 朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 等. 印度大陆和欧亚大陆的碰撞时代 [J]. 地球科学进展, 2004, 19(4):564-571.
Zhu Dicheng, Pan Guitang, Mo Xuanxue, et al. The age of collision between India and Eurasia [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2004, 19(4): 564-571(in Chinese with English abstract).
- [18] Jackson S, Pearson N J, Griffin W L, et al. The application of laser ablation microprobe-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LAM-ICP-MS) to in situ U-Pb zircon geochronology[J]. *Chem. Geol.*, 2004, 211:47-69.
- [19] Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Gao Shan. In-situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard[J]. *Chemical Geology*, 2008, 257:34-43.
- [20] Ludwig K R. Isoplot 3.00: A geochronological toolkit for microsoft excel, 4 [M]. [S.l.]: Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003:1-70.
- [21] 梁祥济. 中国矽卡岩和矽卡岩矿床形成机理的实验研究[M]. 北京: 学苑出版社, 2000:1-365.
Liang Xiangji. Skarn in China and formation mechanism of Skarn deposits in the experimental study [M]. Beijing: Academy Press, 2000:1-365.
- [22] 林新多, 许国建. 岩浆成因矽卡岩的某些特征及形成机制初探 [J]. 现代地质, 1989, 3(3):351-358.
Lin Xinduo, Xu Guojian. Some characteristics of magmatic origin skarn and the preliminary discussion of its formation mechanism[J]. *Geoscience*, 1989, 3(3):351-358(in Chinese with English abstract).
- [23] 赵斌. 中国主要矽卡岩及矽卡岩矿床 [M]. 北京: 科学出版社, 1989:1-342.
Zhao Bin. Major Skarn and Skarn Deposit in China [M]. Beijing: Science Press, 1989:1-342(in Chinese with English abstract).
- [24] 连永牢, 曹新志, 燕长海, 等. 西藏工布江达县亚贵拉铅锌矿床地质特征及成因分析[J]. 地质与勘探, 2009, 45(5):57-63.
Lian Yonglao, Cao Xinzhi, Yan Changhai, et al. Geological characteristics and genesis of Yaguila Lead-Zinc deposit in the Gongbujiangda County of Tibet [J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45(5):57-63(in Chinese with English abstract).
- [25] 高明, 张少波, 岳国利. 西藏亚贵拉铅锌矿床地质特征及成因浅析[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(2):97-102.
Gao Ming, Zhang Shaobo, Yue Guoli. Geology and genesis of the Yaguila lead-zinc deposit in Xizang [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2010, 30 (2): 97-102 (in Chinese with English abstract).
- [26] 张哨波, 高明, 岳国利, 等. 西藏亚贵拉铅锌矿床地质特征及成因浅析[J]. 矿产与地质, 2009, 23(4):297-301.
Zhang Shaobo, Gao Ming, Yue Guoli, et al. Geological characteristics and brief origin analysis of Yaguila lead-zinc deposit in Xizang [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2009, 23 (4):297-301(in Chinese with English abstract).

Geochronology of the Chagele Pb–Zn deposit in Tibet and its significance

HUANG Han-xiao¹, LI Guang-ming¹, ZENG Qing-gao², LIU Bo¹, DUAN Zhi-ming¹,
DONG Sui-liang¹, ZHANG Hui¹, ZHANG Li¹

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Tibet Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: The Chagele Pb–Zn deposit is located in western Gandise–Nyainqentanglha metallogenic belt. Ore bodies are produced in the contact zone and rock fracture zones and controlled by the shape of granite porphyry and NE–NW trending faults, suggesting a typical skarn deposit. Zircon ICP–MS U–Pb weighted average age of granite porphyry is $63.18\text{Ma} \pm 0.77\text{Ma}$, and the geochemical characteristics of the rocks indicate melting–type granite formed in the collision environment. Preliminary studies show that the Chagele Pb–Zn deposit was genetically related to the collision of India – Asia continent and was formed at the main collision stage of steep subduction of Indian continent.

Key words: Chagele; Gandise–Nyainqentanglha metallogenic belt; Pb–Zn; skarn deposit

About the first Author: HUANG Han-xiao, male, born in 1982, master, engineer, engages in the study of geology and mineral resources in Tibetan Plateau; E-mail: huanghanxiao1111@163.com.