

青海省矿产资源发育特征概述

宋忠宝¹, 杜玉良¹, 李智明¹, 贾群子¹, 高永宝¹,
刘振宏², 袁光平², 常革红², 童海奎²

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 青海省国土资源厅, 青海 西宁 810001)

摘要: 通过对青海省矿产资源发育特征的系统研究, 发现青海省矿产资源丰富, 种类齐全。截止 2007 年底, 共发现各类矿产 132 种, 其中探明有资源储量的矿产为 107 种; 发现各类矿床、矿(化)点 3 921 处, 其中重要矿产大型以上有矿床 96 处, 中型 123 处, 小型 211 处; 矿床类型复杂多样, 主要有岩浆型、斑岩型、伟晶岩型、接触交代(矽卡岩)型、热液型、海相火山岩型、变质型、沉积型(喷气-沉积型)、砂矿型、风化壳型、盐湖型、火山沉积型、构造-蚀变岩(造山)型、陆相火山岩型等 14 种类型; 资源查明率低, 其中煤 13.07%、铁 16.65%、铜 14.24%、铅 15.35%、锌 17.87%, 岩金 3.64%。由此可知, 青海省主要优势与战略性矿产资源的进一步找矿空间和潜力是十分巨大的。

关键词: 矿床类型; 资源总量; 查明率; 青海省

中图分类号: P62 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2009)01-0030-04

Characteristics of Mineral Resources in Qinghai Province

SONG Zhong-bao¹, DU Yu-liang¹, LI Zhi-ming¹, JIA Qun-zi¹, GAO Yong-bao¹,
LIU Zhen-hong², YUAN Guang-ping², CHANG Ge-hong², TONG Hai-kui²

(1. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Qinghai Province Department of Land and Resources, Xi'ning 810001, Qinghai, China)

Abstract Mineral resources are abundant in Qinghai Province. 132 kinds of ore types were found by 2007, and there were 107 kinds of ore types with proved reserves. There are 3 921 deposits in Qinghai Province, including 96 large deposits, 123 middle deposits and 211 small deposits. The deposit types are complex and various which mainly include magmatic type, porphyry type, pegmatite type, contact metasomatic (skarn) type, hydrothermal type, marine volcanic rock type, metamorphic type, sedimentary (exhalative sedimentary) type, placer type, weathering crust type, salt lake type, volcanogenic sedimentary type, structural altered rock type, continental volcanic type, and so on. The investigation percentages are low. Investigation percentage of coal, iron, copper, lead, zinc, gold are 13.07%, 16.65%, 14.24%, 15.35%, 17.87%, and 3.64% respectively. In a word, there are huge prospecting space and potential of mineral resources in Qinghai Province.

Key words: deposit type; total resources; investigation percentage; Qinghai Province

0 引言

青海省位于中国西部腹地, 地处青藏高原东北部, 地跨古亚洲和特提斯—喜马拉雅两大成矿域, 北起祁连山主脊以南, 南到唐古拉山一带, 西至阿尔金山以东, 东达积石山。其西北部与新疆维吾尔自治区接壤, 东北部与甘肃省接壤, 东南部与四川省相

接, 西南部与西藏自治区毗连, 面积超过 72.23×10^4 km², 是中国东部地区通向西藏的重要通道。该省成矿地质条件优越, 矿产资源丰富, 分布有祁连山、柴北缘、东昆仑和西南三江北段等重要成矿带, 是中国有色金属、贵金属、盐类与能源等矿产的主要蕴藏地之一, 但主要成矿带基础地质调查与矿产勘查工作程度低, 找矿潜力巨大, 是中国西部发现大型—超大

收稿日期: 2008-10-08

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010918044)

作者简介: 宋忠宝(1963—), 男, 陕西澄城人, 研究员, 从事岩石矿床及同位素年代学研究, E-mail: xaszhongbao@cgsc.gov.cn

型战略性矿产勘查开发基地的一个最有利地区^[12], 因此, 笔者就青海省矿产资源发育特征进行了概述。

1 矿产资源概况

1.1 总体特征

青海省矿产资源总量丰富, 种类齐全, 潜在价值巨大。截止 2007 年底, 省内共发现各类矿产 132 种, 其中探明有资源储量的矿产为 107 种, 编入《青海省矿产资源储量简表》的矿产共有 91 种。其中能源矿产 4 种, 金属矿产 36 种, 非金属矿产 48 种, 水气矿产 3 种。

全省有 58 种矿产的保有资源储量居中国前 10 位, 其中钾盐、镁盐(有 $MgSO_4$ 、 $MgCl_2$ 两种)、锂矿、锑矿、芒硝、石棉、冶金用石英岩、玻璃用石英

岩、电石用灰岩和化肥用蛇纹岩等 11 种矿产的保有资源储量居中国第一位; 天然气、铬、镍、钴、锡、铅、铋、钽等矿产的保有资源储量列中国前 10 位。石油、油页岩、铜、锌、钨、钼、锑、银、炼焦用煤等矿产的保有资源储量列中国前 20 位。石油、天然气、铅、锌、钾盐、石棉的开发已形成一定规模, 成为中国重要的矿产资源供应基地。

1.2 矿产地分布

截至 2007 年底, 全省累计发现各类矿床、矿(化)点约 3 921 处(按产地统计), 其中重要矿产大型以上有 96 处, 中型 123 处, 小型 211 处(表 1)。从地区上来说, 具有一定规模的矿床均分布于北纬 36° 以北地区, 青南地区分布很少。青海省矿产地分布在不同地区, 其成矿带存在着很大差异。

表 1 青海省重要矿产矿床数量统计

| Tab. 1 Numbers of Important Mineral Resources and Deposits in Qinghai Province | | | | | |
|--|-------|-----------|-----|-----|------------------------------------|
| 矿产类别 | 矿产地/处 | 矿床规模与数量/处 | | | 代表性矿床 |
| | | 大型以上 | 中型 | 小型 | |
| 能源(煤) | 33 | 2 | 1 | 30 | 木里、鱼卡煤田等 |
| 黑色金属 | 39 | | 11 | 28 | 肯德可克、尕斯库勒、野马泉铁矿床和玉石沟铬铁矿床等 |
| 有色金属 | 56 | 5 | 14 | 37 | 锡铁山铅锌、纳日贡铜钼、赛什塘铜、拉水峡铜镍、红沟铜、元石山铁镍矿等 |
| 贵金属 | 67 | 1 | 16 | 50 | 大场、滩间山、五龙沟、开荒北、青龙沟、松树南沟等金矿床 |
| 盐湖矿产 | 49 | 36 | 8 | 5 | 察尔汗、昆特依、马海和大浪滩等 |
| 冶金、化工材料非金属 | 90 | 12 | 40 | 34 | 斜沟石英岩矿床、上庄磷矿床等 |
| 建筑材料及其他非金属 | 96 | 36 | 33 | 27 | 黑刺沟石棉矿床、天青山石灰岩矿、海寺硅灰石矿床 |
| 合计 | 430 | 96 | 123 | 211 | |

1.2.1 能源矿产

石油主要分布于柴达木盆地西北缘; 天然气主要分布于柴达木盆地中南部, 为中国第四大天然气区; 煤炭主要分布于中祁连, 其次为北祁连及柴北缘。

1.2.2 黑色金属矿产

铁矿主要分布于东昆仑及北祁连等地; 铬矿主要分布于北祁连及柴北缘。

1.2.3 有色金属矿产

铜矿主要分布于鄂拉山及阿尼玛卿山, 其次为北祁连、拉鸡山等地; 铅锌矿主要分布于柴北缘、北祁连、东昆仑、鄂拉山、青海南山等地; 钴矿主要分布于阿尼玛卿山、东昆仑, 其次为拉鸡山等地; 镍矿主要分布于拉鸡山。

1.2.4 贵金属矿产

岩金主要分布于柴北缘及东昆仑、巴颜喀拉山

等地, 其次为北祁连、拉鸡山; 砂金主要分布于巴颜喀拉山及北祁连等地; 伴生金主要产于德尔尼、锡铁山、赛什塘及红沟等矿区; 银矿主要产于锡铁山、赛什塘, 其次为赵卡隆、德尔尼、索拉沟等矿区; 在北祁连及裕龙沟等地发现有原生铂及砂铂矿。

1.2.5 盐湖矿产

该矿产主要分布于柴达木盆地的盐湖中, 以钾盐、镁盐、湖盐、锂、锑、硼及芒硝矿等矿产为主, 储量大, 共生组分多, 是青海省最具特色和开发前景的矿产。

1.2.6 冶金、化工材料非金属矿产

该矿产有硫、磷、冶金用石英岩、萤石、熔剂灰岩及冶金用白云岩等, 主要分布在北祁连、中祁连和拉鸡山等地。

1.2.7 冶金辅料非金属矿产

冶金用石英岩主要分布于西宁市及海东地区;

此外还探明少量滑石菱镁矿、萤石、熔剂用灰岩及冶金用白云岩等。

1.2.8 建材及其他非金属矿产

石棉矿主要产于阿尔金山及北祁连; 水泥用灰岩广泛分布于省内中北部地区; 石膏主要分布于民和一西宁盆地; 探明大型硅灰石、水晶、白云母、长石矿床各一处; 此外, 还探明有少量水泥配料、饰面石材、玉石、砖瓦黏土及建筑用砂石等矿产。

1.2.9 水气矿产

地下水水源地主要分布于西宁市、海东地区、格尔木市及德令哈市等地; 矿泉水散布于全省各地; 地下热水主要分布于西宁市及贵德盆地。

表 2 青海省主要矿床类型

| Tab. 2 Important Deposit Types in Qinghai Province | | | | | |
|--|------------|---------------|-----------------------|------------------------------|--|
| 矿床类型 | | 主要矿产 | 主要成矿时期 | 发育地段 | 代表性矿床点 |
| 与超基性岩 浆作用有关 | 岩浆分结型 | 铬、铂 | 加里东期 | 北祁连、柴北缘 | 玉石沟铬铁矿矿床、绿梁山铬铁矿床 |
| | 岩浆熔离型 | 铜、镍、钴 | 加里东期(?) | 化隆地块 | 拉水峡、裕龙沟铜镍钴矿床 |
| 与中酸性岩 浆作用有关 | 斑岩型 | 铜、钼、金 | 燕山—喜山期、晚华力西—印支期、加里东期 | 三江北段、柴北缘、北祁连、祁漫塔格 | 纳日贡玛铜、钼矿床、小赛什腾山铜矿床、托克妥铜矿点、浪力克铜矿床、卡尔却卡铜矿 |
| | 接触交代(矽卡岩)型 | 铁、铜、铅、锌、钴、钨、锡 | 华力西—印支期、印支晚期—燕山期、加里东期 | 肯德可克—野马泉、大海滩—什多龙、北祁连、中祁连、南祁连 | 肯德可克铁钴多金属矿床、小卧龙铁锡矿床、什多龙铅锌矿床、尕子黑钨矿床、大黑山钨矿点 |
| | 热液型 | 铅、锌、银 | 华力西-印支期、印支晚期-燕山期 | 柴北缘、东昆仑、三江北段 | 蓄积山铅银矿床、多朗尔日寨银砷矿床、然者涌铅锌银矿、东莫扎抓铅锌矿等 |
| 与(火山) 沉积作用有关 | 火山岩型 | 铜、铅、锌、钴 | 加里东期、华力西期、印支期 | 北祁连、柴北缘、阿尼玛卿山、三江北段 | 红沟铜矿床、锡铁山铅锌矿床、尕大坂多金属矿床、德尔尼铜钴矿床、老藏沟铅锌矿床、赵卡隆铁多金属矿床、尕龙格玛铅锌矿床等 |
| | 沉积型 | 铜、银、铅、锌、铁 | 印支期、华力西期 | 北祁连、中祁连、柴北缘、唐古拉山 | 树基沟铅锌矿床、藏麻西孔银多金属矿、大沙龙和小沙龙铁矿等 |
| | | 煤 | 侏罗纪、石炭纪 | 中祁连、柴北缘 | 木里、江仓、鱼卡、绿草山煤矿床等 |
| 构造-蚀变岩(造山)型 | | 金 | 华力西期—印支期 | 柴北缘、东昆仑、北祁连、西秦岭 | 滩间山、青龙沟、大场、五龙沟、开荒北、青分岭、天重峡、满丈岗金矿床等 |

2.2 重要成矿带主要成矿特色

2.2.1 祁连成矿带

该成矿带形成与早古生代火山活动有关的火山喷流型铁铜铅锌矿产^[5]; 与加里东中晚期超基性岩有关的铬矿、石棉、滑石、菱镁矿和化肥用蛇纹岩矿产; 与中酸性侵入岩有关的矽卡岩型、斑岩型铜钨金矿产; 产于晚古生代、中生代沉积盆地中的煤炭资源。

2.2.2 柴北缘成矿带

该成矿带主要成矿类型有早古生代喷流沉积型铅锌矿; 与华力西—印支期侵入岩有关的构造蚀变岩型金矿和早中侏罗世沉积盆地中的煤矿。

2 主要能源与金属矿产成矿类型

2.1 主要矿床类型

青海省矿床类型有岩浆型、斑岩型、伟晶岩型、接触交代(矽卡岩)型、热液型、海相火山岩型、变质型、沉积型(喷气-沉积型)、砂矿型、风化壳型、盐湖型、火山沉积型、构造-蚀变岩(造山)型、陆相火山岩型等 14 种。金属矿床类型主要是岩浆型、斑岩型、接触交代(矽卡岩)型、海相火山岩型、沉积型和构造-蚀变岩(造山)型(表 2)。一些矿床为多类型的矿床组合, 另外一些矿床由于受后期构造热事件的影响, 往往发生变形变位、叠加改造和富集, 具有复合成因的特点^[34]。

2.2.3 东昆仑成矿带

该成矿带主要成矿类型有中新元古代—古生代火山喷流型、喷流沉积型铁铜铅锌矿; 喷流沉积型钴矿; 华力西期喷流沉积型铜矿; 印支期与中酸性岩浆活动有关的矽卡岩型、斑岩型、热液型铁铜铅锌金矿等^[3]。

2.2.4 三江北段成矿带

该成矿带成矿类型主要有华力西—印支期火山喷流、喷流沉积型铜、铅、锌矿; 与喜山期构造岩浆活动有关的斑岩、热液型及沉积热液叠加型铜钼铅锌矿。近几年在三江北段发现了以纳日贡玛为

代表的斑岩型铜钼矿,在沱沱河地区发现了以茶曲怕查为代表的沉积-热液叠加型铅锌矿等^[3]。

2.2.5 柴达木盆地成矿带

该成矿带以产盐湖类矿产为特色,是钾盐、镁盐、湖盐、锂、锶、硼及芒硝矿为主体的矿产富集区。矿床集中在柴达木盆地上更新统一全新统湖相沉积地层中,并以固液态产出。

2.3 代表性矿床

2.3.1 能源矿产

该矿产主要有木里、鱼卡煤田等;涩北天然气田;尕斯库勒、花土沟油田等。

2.3.2 金属矿产

该矿产主要有锡铁山大型铅锌矿床、纳日贡玛大型铜钼矿、虎头崖和四角羊铜多金属矿床、卡尔却卡铜矿床、铜峪沟和赛什塘大型铜多金属矿床、德尔尼大型铜钴矿床、日龙沟中型锡矿;大场超大型金矿、滩间山大型金矿、驼路沟中型钴金矿;肯德可克铁钴钼金多金属矿床和尕林格、野马泉等中型铁矿等。

2.3.3 盐湖矿产

钾盐产地有察尔汗、昆特依、马海和大浪滩等;镁盐产地有尕斯库勒、大浪滩、察尔汗、东西台、马海、昆特依、一里坪等;锂盐产地有一里坪、东台吉乃尔湖、西台吉乃尔湖、察尔汗等;硼矿产地有大小柴旦湖、东西台等。

3 重要矿产找矿远景和潜力分析

经过几十年的努力,青海已探明了丰富的、独具青海特色的少数矿产资源。钾盐、铅锌、石棉等矿产已成为中国重要的供应基地。矿产资源开发极大地促进了青海经济的发展,为经济社会的发展做出了巨大贡献。由于总体工作程度很低,主要战略性金属与能源矿产的资源潜力仍不十分清楚。

随着矿产资源调查评价与勘查工作的推进,在海底喷流成矿理论、成矿系列、成矿系统、大型超大型矿床等新的成矿理论指导下,区域大地构造环境的研究取得重大突破。矿产勘查相继在东昆仑发现斑岩型、喷流-沉积型铁铜铅锌和钴矿,在巴颜喀拉北部发现了以大场为代表的造山型金矿,在三江北段发现了以纳日贡玛为代表的斑岩型铜钼矿,在沱沱河地区发现了以茶曲怕查为代表的沉积叠加改造型铅锌矿等一批有大型、超大型规模前景的矿产地。随着勘查程度的不断提高,战略性金属与能源矿产巨大的资源潜力和优势将进一步显现出来。

根据“青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测”项目对青海省主要成矿带重要矿种的资源总量预测,全省煤炭资源总量达到 380×10^8 t,铁资源总量超过 13×10^8 t,铜资源总量超过 $1\ 500\times 10^4$ t,铅资源总量超过 $1\ 700\times 10^4$ t,锌资源总量超过 $1\ 800\times 10^4$ t,钴资源总量超过 9×10^4 t,钼资源总量超过 127×10^4 t,岩金资源总量超过 $1\ 300$ t,钾盐 12×10^8 t。

据此分析,青海省主要矿产的资源查明率为煤 13.07%、铁 16.65%、铜 14.24%、铅 15.35%、锌 17.87%、岩金 3.64%(表 3)。充分说明青海省主要优势与战略性矿产资源的进一步找矿空间和潜力是十分巨大的。

表 3 青海省主要矿种预测资源量及查明情况

Tab. 3 Total Predicted Resources and Investigation Percentage of Important Ore Types in Qinghai Province

| 预测矿种储量/t | 预测资源总量 | 上储量表资源储量 | 资源查明率/% |
|-------------|--------|----------|---------|
| 铜/ 10^4 | 1 508 | 214.7 | 14.24 |
| 铅/ 10^4 | 1 740 | 267.2 | 15.35 |
| 锌/ 10^4 | 1 807 | 322.9 | 17.87 |
| 钼/ 10^4 | 127 | 7.5 | 5.90 |
| 钴/ 10^4 | 9 | 3.4 | 37.80 |
| 岩金 | 1 348 | 49.1 | 3.64 |
| 银 | 14 545 | 4 705 | 32.35 |
| 铁/ 10^8 | 13.87 | 2.31 | 16.65 |
| 煤炭/ 10^8 | 380.42 | 49.71 | 13.07 |
| 氯化钾/ 10^8 | 12.38 | 7.25 | 58.56 |
| 氯化锂/ 10^4 | 2 263 | 1 844.1 | 69.25 |
| 硫酸锶/ 10^4 | 4 455 | 2 681.8 | 60.19 |

注:金属矿产预测深度 500 m,煤炭预测深度 800 m;氯化钾预测不包括第三系卤水

4 结语

(1)青海省矿产资源总量丰富,种类齐全。

(2)矿床类型有岩浆型、斑岩型、伟晶岩型、接触交代(矽卡岩)型、热液型、海相火山岩型、变质型、沉积型(喷气-沉积型)、砂矿型、风化壳型、盐湖型、火山沉积型、构造蚀变岩(造山)型、陆相火山岩型等 14 种。

(3)根据预测,青海省煤炭资源总量达到 380×10^8 t,铁资源总量超过 13×10^8 t,铜资源总量超过 $1\ 500\times 10^4$ t,铅资源总量超过 $1\ 700\times 10^4$ t,锌资源总量超过 $1\ 800\times 10^4$ t,钴资源总量超过 9×10^4 t,钼资源总量超过 127×10^4 t,岩金资源总量超过 $1\ 300$ t,钾盐 12×10^8 t。

(下转第 47 页)

中一般伴随着同生构造发生,海底喷流成矿作用使超基性岩体发生了碳酸盐化、角砾岩化,区域性的北西向构造对矿体有明显控制。因此,德尔尼地区铜成矿控制因素为碳酸盐化角砾状蛇纹岩和北西向构造带。找矿标志为碳酸盐化角砾状蛇纹岩,即在北西向构造带中寻找碳酸盐化角砾状蛇纹岩,其下部或边部存在寻找铜多金属矿体的潜力。

值得注意的是,本区碳酸盐化角砾状蛇纹岩顺北西向构造带断续分布,矿体也可能顺构造带断续分布,沿北西方向寻找碳酸盐化角砾状蛇纹岩可能是重要的找矿方向。

6 结语

随着德尔尼铜(钴)矿床的进一步开发,新的地质资料和新的科学问题需要不断研究,如德尔尼铜(钴)矿床的成矿年龄需要确定,含碳铁硅质板岩是否为蛇绿岩套的一部分需要确认,有效的找矿标志和找矿方法需要深入研究,等等。这些科学问题直接影响到本区的矿床成因认识和下一步找矿。

野外工作得到了西安地质矿产研究所宋忠宝研究员多方指导,王升勤、陈向阳等也提供了帮助,德尔尼矿区地测科对研究工作提供了帮助,在这里一并表示感谢!

参考文献:

[1] 章午生. 德尔尼铜矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1981.

[2] 章午生. 块状硫化物矿床的一个特殊类型——德尔尼铜矿[J]. 甘肃地质学报, 1995, 4(2): 22-31.

[3] 章午生, 陈杰. 超基性岩中含铜、钴块状硫化物矿床——德尔尼铜矿成因新认识[J]. 青海地质, 1996, 5(1): 37-52.

[4] 段国莲. 论德尔尼黄铁矿型铜钴矿床的成矿规律[J]. 化工矿产地质, 1996, 18(2): 92-100.

(上接第 33 页)

(4) 青海省主要矿产的资源查明率为煤 13.07%、铁 16.65%、铜 14.24%、铅 15.35%、锌 17.87%, 岩金 3.64%。这充分说明青海省主要优势与战略性矿产资源的进一步找矿空间和潜力是十分巨大的。

参考文献:

[1] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出

[5] 段国莲. 论德尔尼黄铁矿型铜-钴矿床的地质特征及其与塞浦路斯铜矿的区别[J]. 化工矿产地质, 1998, 20(4): 287-294.

[6] 杨经绥, 郑新华, 王希斌, 等. 德尔尼 Cu-Co-Zn 硫化物矿床的成因探讨新进展——兼论矿床围岩是蛇绿岩地幔橄榄岩而不是超基性火山岩[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 179-180.

[7] 祝新友, 姜福芝, 王玉往. 超镁铁岩的 REE 特点及其对青海德尔尼铜钴矿的成因意义[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(3): 162-168.

[8] 王玉往, 秦克章. VAMSD 矿床系列最基性端员——青海省德尔尼大型铜钴矿床的地质特征和成因类型[J]. 矿床地质, 1997, 16(1): 1-10.

[9] 宋忠宝, 陈向阳, 任有祥, 等. 东昆仑德尔尼铜矿“碳质(砂)板岩”的岩类学、岩石化学及其地质意义[J]. 西北地质, 2008, 41(4): 77-81.

[10] 宋忠宝, 王轩, 任有祥, 等. 东昆仑德尔尼矿床中矿床(体)的叠加成矿作用研究[J]. 西北地质, 2007, 40(4): 1-6.

[11] 杨经绥, 王希斌, 史仁灯, 等. 青藏高原北部东昆仑南缘德尔尼蛇绿岩: 一个被肢解了的古特提斯洋壳[J]. 中国地质, 2004, 31(3): 225-239.

[12] 史仁灯. 青海省玛沁县德尔尼铜矿成矿地质背景研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 1999.

[13] 王永标, 杨浩. 东昆仑—阿尼玛卿—巴颜喀拉地区早二叠世的生物古地理特征[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2003, 33(8): 775-780.

[14] 潘兆鲁, 赵爱醒, 潘铁虹. 结晶学及矿物学(下册)[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[15] 李强, 王兵岐, 马治国, 等. 南秦岭凤太盆地金矿与铅锌矿的成矿模式[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 15-21.

[16] 曾荣, 刘淑文, 薛春纪, 等. 南秦岭古生代盆地演化中幕式流体过程及成岩成矿效应[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(3): 234-239.

[17] 王涛, 刘淑文, 隗合明, 等. 热水沉积矿床研究的现状与趋势[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 6-10.

[18] 陈亮, 孙勇, 裴先治, 等. 德尔尼蛇绿岩 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄: 青藏最北端古特提斯洋盆存在和延展的证据[J]. 科学通报, 2001, 46(5): 424-426.

版社 1991.

[2] 施俊法, 李友枝, 金庆花, 等. 世界矿情(亚洲卷)[M]. 北京: 地质出版社, 2006.

[3] 西安地质矿产研究所. 西北地区矿产资源找矿潜力[M]. 北京: 地质出版社, 2006.

[4] 贾群子, 杨忠堂, 肖朝阳, 等. 祁连山铜金钨铅锌矿床成矿规律和成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2007.

[5] 任有祥, 彭礼贵, 李智佩, 等. 北祁连山清水沟—白柳沟矿田块状硫化物矿床成矿条件和成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2000.