

西南“三江”中北段系列丛书

地质过程与矿产资源国家重点实验室
北京国土资源信息研究开发重点实验室

联合资助

青海“三江”北段铜多金属矿床 成矿规律与成矿预测



陈建平 潘 彤 郝金华 著
王富春 董庆吉 唐菊兴

地 质 出 版 社

西南“三江”中北段系列丛书

地质过程与矿产资源国家重点实验室
北京国土资源信息研究开发重点实验室

联合资助

青海“三江”北段铜多金属矿床 成矿规律与成矿预测

陈建平 潘 彤 郝金华 王富春 董庆吉 唐菊兴 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书通过对青海南部“三江”北段内典型矿床的剖析,探讨了区域矿床的成矿特征、控矿因素及成因类型等,明确了区内地球动力学背景,建立了成矿模式及找矿模型。采用多种方法(特征分析、证据权等)与技术(GIS)的综合分析,基于对成矿多元信息的提取与区域成矿条件的定量分析,采用分级证据权法对区域矿产资源潜力进行了预测,并提出找矿靶区。

本书可供矿床学及矿产普查与勘探专业的地质工作者和高等院校学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

青海“三江”北段铜多金属矿床成矿规律与成矿预测 /
陈建平等著. —北京:地质出版社, 2010.8
ISBN 978-7-116-06736-3

I. ①青… II. ①陈… III. ①多金属矿床—成矿规律
—青海省②多金属矿床—成矿预测—青海省 IV.
①P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 125653 号

QINGHAI SANJIANG BEIDUAN TONG DUOJINSHU KUANGCHUANG
CHENGKUANG GUILU YU CHENGKUANG YUCE

责任编辑:刘亚军 夏军宝

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324578(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@ gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:15.25

字 数:380千字

版 次:2010年8月北京第1版·第1次印刷

定 价:60.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06736-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

随着国民经济的快速发展,我国对矿产资源需求量迅猛增加,矿产资源供应对经济发展的瓶颈现象日益突出,部分矿种对外依存度较高,这种状况势必对我国经济稳定快速发展产生较大影响,这就需要国家管理决策部门,特别是我们地质工作者从国家战略层面考虑,把国家需要作为工作的重中之重去完成,从而实现个人价值,这是时代对地质工作者新的要求。

地域辽阔、地质现象丰富多彩、矿产资源富饶的青藏高原是地质科学研究的圣地和前沿,是国家与时代赐予我们最完美的舞台,也必将成为我国矿产资源的巨大后备宝库。加强中西部地质矿产勘查工作,特别是整个青藏高原的研究,不仅有助于摸清我国矿产资源的家底,增加矿产资源供应,减少对外依存度,而且能够促进中西部国民经济发展,提高高原地区人民的生活水平。在这过程中,我相信会有一批出色的地质工作者出现,在地质理论与勘探技术上取得重大突破,促进我国地学领域研究进入国际学术前沿。欣喜的是,目前已经有许多重大的成果涌现。

中国地质大学(北京)陈建平教授所领导的学术团队长期致力于西南“三江”地区地质矿产勘查研究工作,此次与青海地质调查院合作,对青海“三江”北段铜多金属矿床的成矿地质背景、控矿条件及矿产资源潜力等方面进行了深入的研究,《青海“三江”北段铜多金属矿成矿规律与成矿预测》一书是这个集体多年来工作成果的总结。翻阅此书,印象深刻。

作者通过对野外地质调查、室内测试分析,对区内的典型矿床进行了深入的探讨,对矿床的成矿特征、控矿因素、演化规律及成因类型进行了总结,明确了区内地球动力学背景,建立了区域成矿模式及找矿模型。依据区域主要的成矿类型,采用多种方法(特征分析、证据权等)与技术(GIS)相结合对成矿信息进行综合处理,基于对成矿多元信息的提取与区域成矿条件的定量分析,采用分级证据权法对区域矿产资源潜力进行了预测,提出了找矿靶区。

在自然地质条件十分恶劣、基础地质工作十分薄弱的情况下,作者能够坚持长期的野外工作,获得大量第一手资料。取得这样系统的研究成果,我认为贵在两点:一是创新,敢于冲破现有的理论框架,勇于在实践中创新尝试;二是务实,基础地质工作扎实认真。

总之,《青海“三江”北段铜多金属矿床成矿规律与成矿预测》的研究成果,不仅丰富了“三江”地区成矿规律、成矿模式的研究,促进区域矿产资源的勘探开发,也为在青藏高原矿产资源预测提供了新的方法与思路。同时衷心希望有更多新的、重大的研究成果出现,有力地支持我国的经济建设。

值此书付梓之际,提笔写了几点为序,以示祝贺之忱!

中国科学院院士



2009年12月20日

前 言

西南“三江”地区为中国乃至世界上具有重要地位的新生代巨型多金属成矿带。随着地质矿产工作的深入,经艰苦的地质矿产勘查工作,位于青海南部的“三江”北段多金属成矿带陆续发现了许多矿床、矿(化)点及矿化线索,已显示出巨大的成矿潜力。青海“三江”北段具备良好的赋矿条件及地质背景,具有成就大型、特大型金属矿床的地质条件。通过深入工作,有望取得继“三江”中段之后的找矿重大突破,青海“三江”北段很有可能成为我国最重要的有色金属、贵金属的富集区之一,成为我国急需矿种铜、铅、锌、银的重要接续与后备基地。

本书是我们研究团队近年来关于青海“三江”北段铜多金属矿床研究的总结,是研究集体所承担的国家自然科学基金项目、国家科技支撑计划课题项目、国土资源大调查综合研究项目等研究成果的系统归纳,是与青海地质调查院的相关工作人员全力合作的结果。在编写过程中,收集参阅了大量近年来国内外关于青海“三江”北段研究的成果,特别是近年来国土资源大调查的成果。同时,本书还参阅或引用了部分博士与硕士学位论文的部分内容。

本书撰写工作分工如下:第一章由陈建平、郝金华、陈勇执笔,第二章由郝金华、董庆吉、陈建平执笔,第三章由董庆吉、郝金华、唐菊兴执笔,第四章由郝金华、董庆吉、潘彤执笔,第五章由郝金华、董庆吉、王富春执笔,第六章由董庆吉、陈建平、郝金华执笔,第七章由陈建平、董庆吉、郝金华执笔。全书最后由陈建平、郝金华定稿。姜艳辉、马贺清、朱晓彤、王春女、伍昱、戎景会、严琼、于萍萍、唐超、李伟、胡晓飞、马继义等整理和清绘了相关图件。参加编写工作的还有丛源、曾敏、朱鹏飞、王功文、钟康惠、刘晓玲、孙岩、杨博、王倩、郑啸等。在本项研究工作及成书过程中,得到了顾雪祥、尹京武等教授的指导与建议;在野外工作中,得到了王炳璋、党兴彦、孙泽坤、孙海轩、王贵仁、薛万文、田永革、鲁海峰、陈秉芳、宋顺昌、温得银、李连松、邓元良、王涛、张永涛、张玉宝、王永文、叶积龙、李玉龙等的指导与协助,在此一并表示感谢。

本项成果的取得,得益于中国地质调查局资源评价部、西安地质矿产研究所对“三江”北段矿产资源评价及区域成矿学研究的重视,得益于青海地质调查研究院对青海“三江”北段的矿产勘查的一贯重视,得益于中国地质大学(北京)地质调查院对研究工作的一贯支持。在此,特别要感谢中国地质调查局资源评价部、西安地质矿产研究所、青海地质调查研究院、中国地质调查局发展研究中心、中国地质大学(北京)地质调查院和地球科学与资源学院,还要特别感谢以下各位领导和专家:赵鹏大、叶天竺、王瑞江、陈仁毅、薛迎喜、江云华、龙宝林、张大权、张伟、杜玉良、李智明、李荣社、宋忠宝、张达、苏田梅,以及研究工作过程中给予指导、帮助的其他专家、学者。

编 者

2010年5月于北京

目 次

1	绪 论	1
1.1	研究区简述	1
1.2	研究来源	2
1.3	区域地质工作研究现状	3
1.4	区域矿产勘查工作程度	5
1.5	科学研究现状	6
1.5.1	斑岩铜矿研究现状	6
1.5.2	铅锌矿床研究现状	13
1.6	工作进展与成果	18
1.6.1	研究思路	18
1.6.2	工作进展与研究成果	18
2	区域地质背景	20
2.1	构造	20
2.1.1	构造格局	20
2.1.2	边界断裂	21
2.1.3	构造单元特征	23
2.2	地层	25
2.2.1	区域地层特征	25
2.3	岩浆活动	30
2.3.1	区域岩浆岩特征	32
2.3.2	矿区火山岩	34
3	区域成矿背景与成矿作用	37
3.1	区域地球物理特征	37
3.1.1	重力异常特征	37
3.1.2	磁场及磁性特征	38
3.1.3	航磁异常特征	39
3.2	地球化学特征	40
3.2.1	景观地球化学特征	40
3.2.2	地球化学背景	41
3.3	区域构造演化与成矿作用	46
3.3.1	区域构造演化	46
3.3.2	区域重要成矿类型	46
3.4	区域成矿带划分	50

4	青海“三江”北段斑岩铜钼多金属矿床特征及成矿模式	52
4.1	纳日贡玛矿床	52
4.1.1	矿床概况	52
4.1.2	矿区构造特征	52
4.1.3	矿体特征	54
4.1.4	围岩蚀变及分带	70
4.1.5	含矿斑岩岩石地球化学特征	72
4.1.6	流体包裹体地球化学特征	78
4.2	陆日格斑岩铜钼矿床	81
4.2.1	矿床概况	81
4.2.2	区域地质背景	81
4.2.3	矿床地质特征	82
4.2.4	含矿斑岩特征	83
4.2.5	矿石学特征	87
4.2.6	斑岩蚀变	92
4.2.7	含矿斑岩岩石地球化学特征	92
4.3	打古贡卡斑岩铜多金属矿床	98
4.3.1	矿区地质概况	98
4.3.2	矿区矿体特征	100
4.3.3	含矿斑岩矿石特征	100
4.3.4	矿石矿物组成及特征	103
4.3.5	含矿斑岩蚀变类型	104
4.4	青海“三江”北段斑岩型铜钼矿床成矿动力学模式	105
4.4.1	成岩成矿年代学研究	105
4.4.2	岩浆源区	106
4.4.3	构造背景与岩石成因	107
4.4.4	成矿构造动力学模式	109
4.5	青海“三江”北段斑岩型铜钼矿床成矿模式	110
4.5.1	斑岩矿床成矿特征	110
4.5.2	成矿模式探讨	114
4.5.3	地质找矿模型	115
5	青海“三江”北段热液改造型铅锌铜多金属矿床特征与成矿模式	117
5.1	东莫扎抓铅锌银矿床	117
5.1.1	矿区地质特征	117
5.1.2	矿体地质特征	117
5.1.3	主要硫化物主元素及微量元素特征	124
5.1.4	矿石微量元素含量特征	127
5.1.5	硫同位素地球化学	129
5.1.6	矿床类型与成因	129

5.2	莫海拉亨铅锌矿床	131
5.2.1	矿区地质特征	131
5.2.2	矿区矿体及矿石特征	131
5.2.3	矿床成因	132
5.3	吉龙铜矿床	132
5.3.1	地质背景	132
5.3.2	矿体特征	135
5.3.3	矿石及岩石学特征	135
5.3.4	围岩蚀变	136
5.3.5	矿床成因	136
5.4	青海“三江”北段热液改造型铅锌铜多金属矿床成矿模式	136
5.4.1	“三江”北段铅锌矿成矿模式	136
5.4.2	地质找矿模型	136
6	区域成矿综合信息分析	138
6.1	区域成矿地层条件分析	138
6.1.1	地层含矿性分析	138
6.1.2	地层组合熵	139
6.1.3	区域成矿地层条件	140
6.2	区域成矿构造条件分析	140
6.2.1	构造方位分析	140
6.2.2	断裂构造信息定量化分析	142
6.2.3	区域成矿构造条件	146
6.3	区域成矿岩浆岩条件分析	146
6.3.1	岩体成矿元素含量分析	148
6.3.2	区域成矿岩浆岩条件	148
6.4	区域地球化学信息分析	150
6.4.1	地球化学数据统计分析	150
6.4.2	区域地球化学场信息提取	160
6.4.3	地球化学信息解译推断	164
6.5	区域地球物理信息分析	168
6.5.1	重力数据处理与解释	168
6.5.2	航磁数据处理与解释	172
6.5.3	重、磁异常的地质解释推断	176
6.6	区域遥感信息分析	179
6.6.1	遥感线、环构造解释	179
7	区域矿产资源定量预测与评价	182
7.1	区域矿产预测评价模型	182
7.1.1	与中酸性侵入岩有关的斑岩型铜、钼矿床预测评价模型	182
7.1.2	热液型铅锌银铜矿床预测评价模型	183

7.2	与中酸性侵入岩有关的斑岩型铜钼矿床成矿信息提取	184
7.2.1	与中酸性侵入岩有关的斑岩铜钼矿床成矿地层信息提取	184
7.2.2	与中酸性侵入岩有关的铜钼矿床成矿构造信息提取	186
7.2.3	与中酸性侵入岩有关的铜钼矿床成矿侵入岩体信息提取	193
7.2.4	与中酸性侵入岩有关的成矿地球化学异常信息提取	195
7.2.5	与中酸性侵入岩有关铜钼矿床成矿地球物理信息提取	198
7.2.6	与中酸性侵入岩有关的矿床成矿遥感蚀变信息提取	200
7.3	热液改造型铅锌矿床成矿信息提取	201
7.3.1	热液改造型铅锌矿床成矿地层信息提取	202
7.3.2	热液改造型铅锌矿床成矿构造信息提取	205
7.3.3	热液改造型铅锌矿床成矿地球化学异常信息提取	207
7.3.4	热液改造型铅锌矿床成矿地球物理信息提取	210
7.4	研究区矿产资源定量预测	211
7.4.1	证据权重法原理	211
7.4.2	与中酸性侵入岩有关的斑岩型铜钼矿床成矿条件权重分析	213
7.4.3	热液叠加改造型矿床成矿条件权重分析	218
7.4.4	成矿有利区分析	221
7.5	远景区圈定结果与评价	222
7.5.1	远景区圈定	222
7.5.2	矿产勘查靶区圈定	223
7.6	矿产勘查部署建议与找矿模型	224
7.6.1	矿产勘查部署	224
7.6.2	找矿模型	227
7.7	矿产资源潜力评价	228
参考文献		230

1 绪 论

1.1 研究区简述

青藏高原被认为是世界的第三极，素有世界屋脊之称。自然地理条件恶劣，却展现出丰富多彩的地质现象，蕴含着富饶的矿产资源，被世界各国地质学家认为是研究地质科学的圣地、地质科研的基地与天然实验室、研究地球的窗口以及矿产资源的巨大宝库。位于青藏高原东缘及东北缘的“三江”成矿带经历了古生代特提斯多岛弧盆演化，且叠加了喜马拉雅期碰撞造山所造成的走滑断裂系统和逆冲推覆构造。因此，区域构造-岩浆-流体活动复杂，壳幔相互作用及地壳变形强烈，具有优越的成矿条件、巨大的成矿潜力、良好的找矿前景。经多年的地质矿产调查工作，于“三江”中南段已发现了一系列大型、超大型的多金属矿产资源，如玉龙斑岩铜矿、金顶铅锌矿等矿床。

青海“三江”北段多金属成矿带为我国著名的“三江”多金属巨型成矿带的北延部分，位于青海省南部，毗邻西藏自治区与四川省。东南至西藏与青海交界处，西北至沱沱河一线，北至治多县一线，西南以吉曲为界，东西长约720km，南北宽近220km，总面积约15万km²，为著名的金沙江、怒江、澜沧江源头，行政区划归属青海省玉树藏族自治州杂多县、治多县、囊谦县等。四川—青海玉树公路、藏东类乌齐—囊谦—杂多公路、格尔木—那曲公路、青康公路214线为区内主要的交通要道，县级以上城镇皆由省级干线沟通，乡村间有简易公路，广大山区交通主要靠牲畜运输，交通不太方便（图11）。

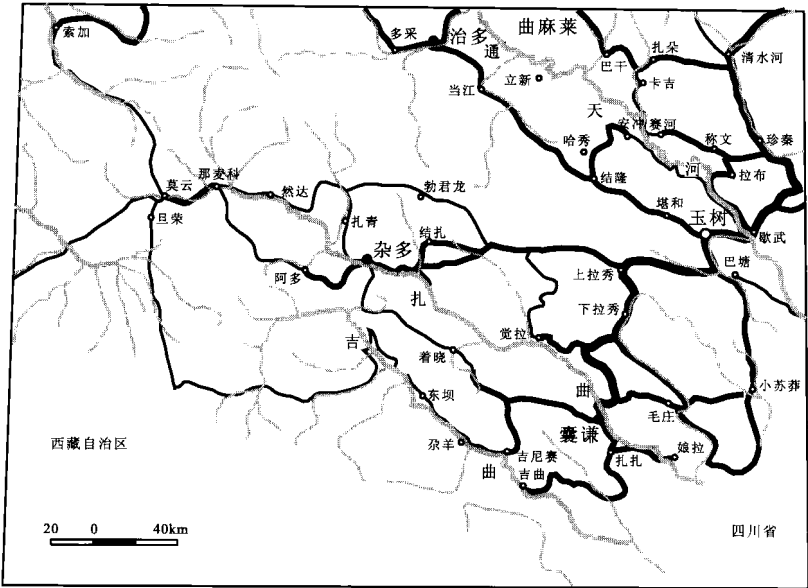


图1.1 研究区交通位置图

研究区地势西北高东南低,属“三江”(金沙江、澜沧江、怒江)水系的强烈切割区,呈现高山峡谷地貌,自然环境恶劣,海拔3000~6500m。年平均气温-4~6℃,每年5月~9月为暖季,10月至翌年4月为寒季。年降水量600mm左右,每年6~8月下旬为雨季。区内地表15~2m以下存在永冻层。区内水系发育,规模较大的河流有通天河、吉曲、扎曲、子曲河以及以上主干河流的支流托吉曲、众根涌曲、查日涌曲等,河水流向总体由西向东、由北向南,主要为冰川融水、渗出泉水持久性地补给,暖季大量的积雪融化加上大气降水,形成本区河水的汛期。区内自然景观属藏东—青南—川西北半湿润高山亚高山草甸区—青藏高山草甸亚带,植被、土壤及风化作用随气候的变化而出现垂直分带。研究区内有少量藏族牧民在通天河、托吉曲、众根涌曲、查日涌曲河谷从事季节性放牧,无工农业,经济落后,是一个待开发的少数民族地区之一。

1.2 研究来源

位于青海南部的“三江”北段多金属成矿带,是我国著名的“三江”多金属巨型成矿带的北延部分,位于“三江”成矿带的囊谦—昌都—兰坪—思茅成矿带中的纳日贡玛—妥坝铜多金属成矿带的西北端,构造上为特提斯巨型成矿域的重要组成部分。它是西部最有可能实现找矿突破的地区之一,也是被国土资源部列入规划的全国16个非能源重要矿产重点调查评价区之一(图1.2)。

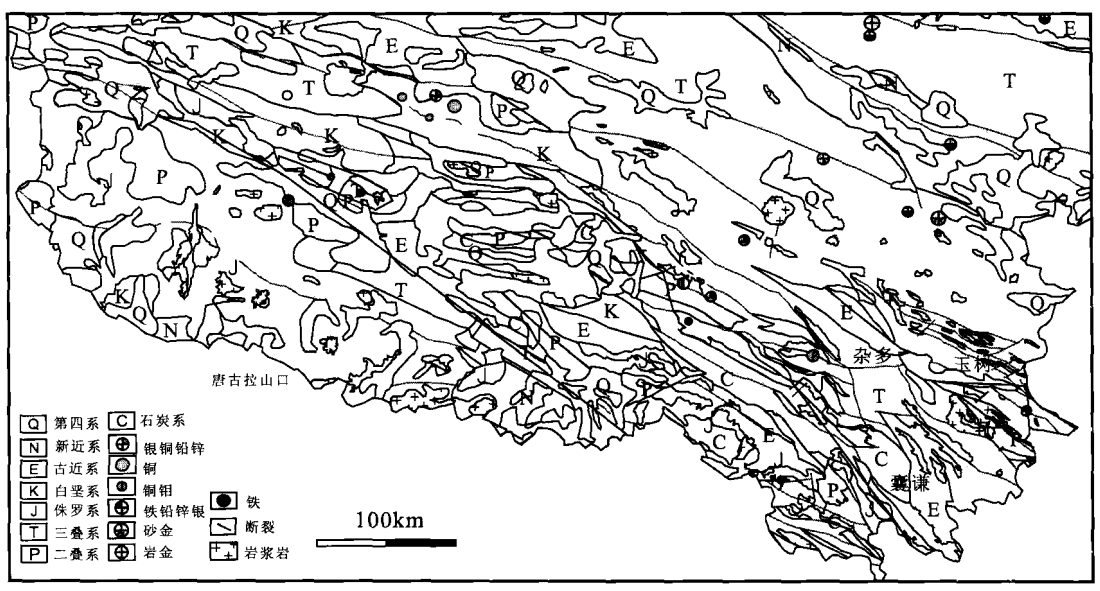


图1.2 青海“三江”北段地质矿产图

自20世纪50年代始,各相关地质部门开展了艰苦的地质矿产勘查工作,陆续发现了许多矿床、矿(化)点及矿化线索。目前区域已知铁、铜、钼、铅、锌、金、银等矿床、矿(化)点、矿化线索45处(包括砂金矿化点1处),石棉矿化点1处,彩石矿点1处,石膏矿点5

处,盐类矿产1处,煤矿点4处等。初步矿产普查评价成果表明,“三江”北段已显示出巨大的成矿潜力。其中纳日贡玛斑岩铜钼矿床与喜马拉雅期黑云母花岗斑岩体的浅成侵位有关,已圈定铜矿化带20个;铜品位0.21%~0.72%,平均品位为0.32%,初步探明铜资源量为26万t;钼具全岩矿化特征,品位多在0.025%~0.24%之间,初步探明钼资源量为10万t,铜钼资源均达到大型矿床规模。这些资料显示,青海“三江”北段具有成就大型、特大型金属矿床的赋存条件及地质背景,很可能是我国最重要的有色金属、贵金属的富集区之一,通过深入工作,有望取得继“三江”中段之后的找矿重大突破,成为我国急需矿种铜、铅、锌、银的重要接续与后备基地。

本书编写组成员自20世纪90年代中期起,开始承担“三江”成矿带的成矿规律与找矿方向等研究项目,先后主持或参加了国家计委“九五”重点攻关项目“西藏玉龙铜钼矿似层状矿体成矿条件及有用组分赋存状态研究”、“九五”国家科技攻关项目“玉龙铜矿床(体)快速定位预测的综合研究”(96-914-03-03-03)、国家自然科学基金项目“不同地质异常区成矿多样性与矿床谱系研究”(40072030)、国家科技支撑计划子课题项目(2006BAB01A08)、国家973计划专题“藏东缘大型复合盆地铜银多金属成矿作用”(2002CB412607)、国土资源大调查综合研究项目“西南‘三江’北段成矿规律和找矿方向综合研究”(200110200010)、“西南‘三江’北段重大成矿疑难问题研究”(12120530203)、“西南‘三江’北段铜多金属矿成矿条件研究”(1212010630804)等。本专著内容即主要基于近几年来对青海“三江”北段多金属成矿条件与成矿规律的研究成果的总结归纳。

1.3 区域地质工作研究现状

与西南“三江”中段地区地质工作程度及取得成果相比,青海“三江”带北段由于受到自然地理及交通、经济条件、气候条件等的限制,阻碍了地质矿产勘查工作的全面开展,地质工作程度极低,目前还属于中国西部地质工作及研究程度极低地区之一。尽管如此,青海省地勘局及其他地勘部门通过区域地质调查、物化探、矿产资源评价和科学研究工作,积累了较为丰富的宝贵资料,提高了该地区的研究程度。目前1:100万区域地质、物探(航磁及重力)已覆盖全区,随着1:20万治多幅、杂多幅等区域化探扫面的完成,除与西藏毗邻边界的少部分地区外,基本上做到了1:20万~1:50万区域化探全区覆盖;1:20万区调尚未覆盖全区(2003年已安排1:25万区调),开展了少部分1:5万区调/物探、化探工作;在区域地质构造格架、区域成矿地质背景与成矿条件、区域矿产形成富集和分布规律等方面取得大量成果,发现了一些重要的矿产地、矿化异常及找矿线索,指明了找矿方向,初步揭示出成矿带内巨大的矿产资源潜力。特别是以纳日贡玛为典型的斑岩型铜钼矿床的发现、勘查为代表,近年来开展的国土资源大调查工作在找矿上取得了较大的进展。但全区尚未开展大比例尺物探、化探、遥感工作,很多成矿有利地段及异常尚未开展查证;矿产勘查工作也仅以地表地质工作为主,辅以少量物化探工作,深部评价工程较少;缺乏对全区资源潜力的总体评价(图1.3~1.5)。

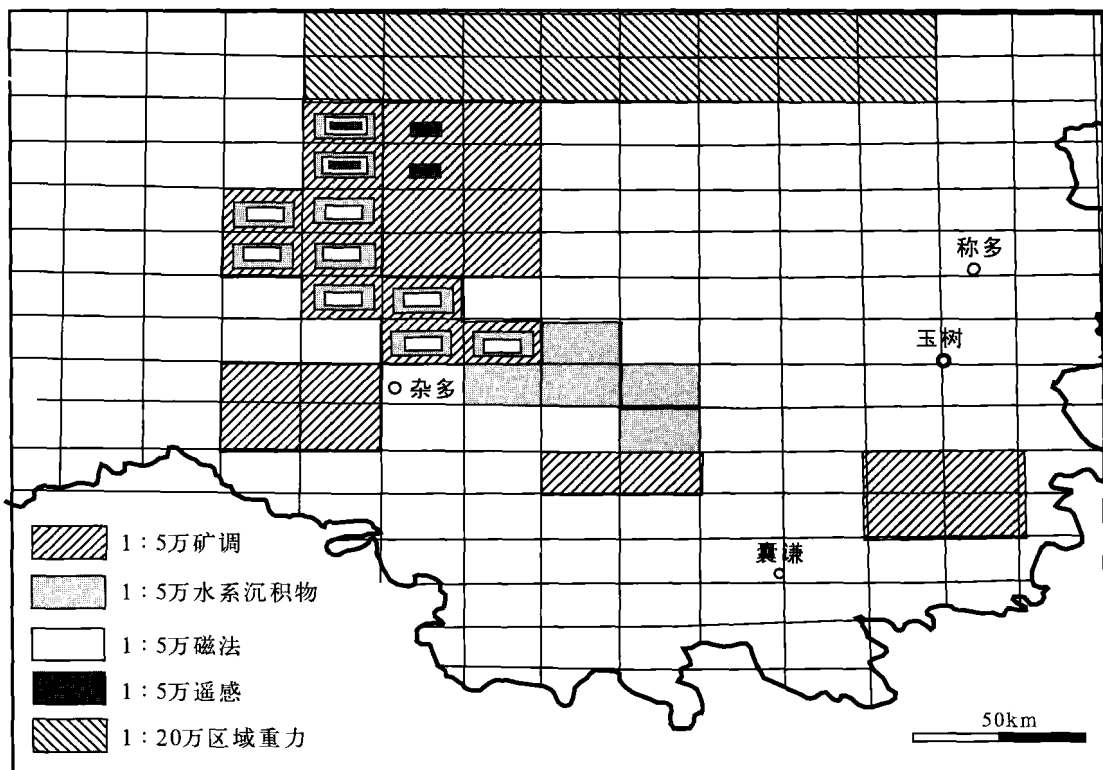


图 1.3 青海“三江”北段 1:5 万综合调查工作程度图

(据青海省地质调查院, 2008, 资料修改)

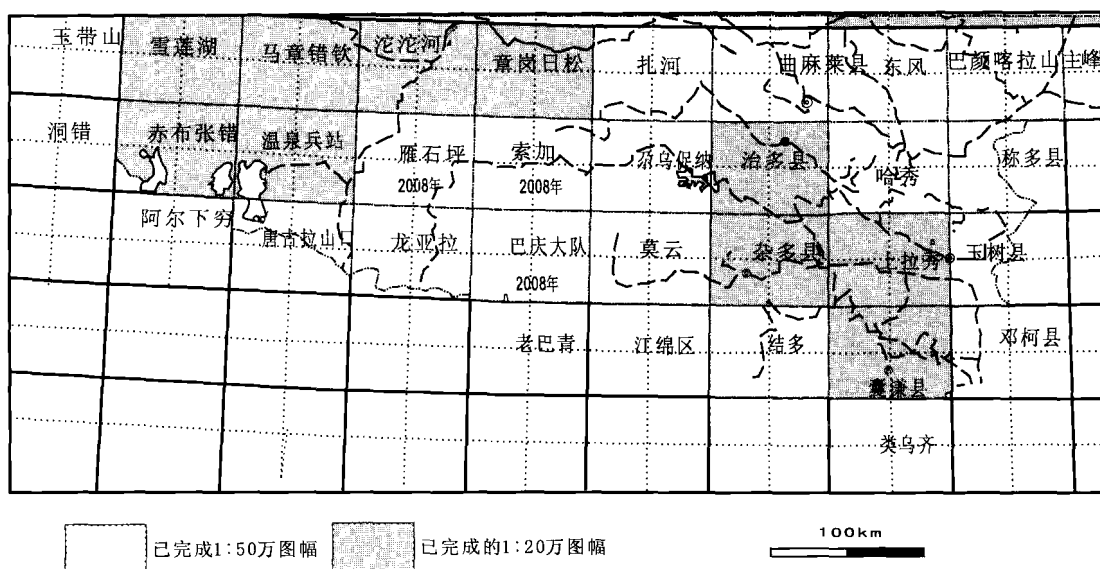


图 1.4 青海“三江”北段 1:20 万区域地球化学测量工作调查图

(据青海省地质调查院, 2008, 修改)

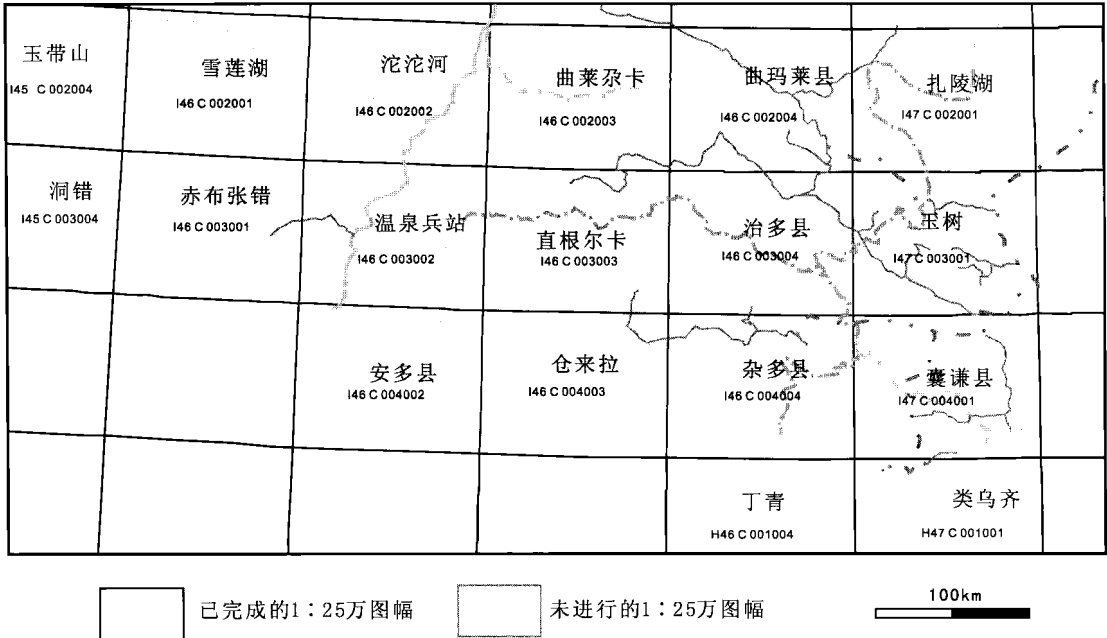


图 1.5 青海 1:25 万区域地质调查工作调查图
(据青海省地质调查院, 2008, 修改)

1.4 区域矿产勘查工作程度

新中国成立以来,不同地质单位在本区开展过不同比例尺的地质矿产调查和勘查工作,主要是通过路线地质调查、物化探异常查证、矿点检查、矿产普查等工作发现了各类矿产地或矿(化)点百余处,涉及矿种有金、汞、铁、铜、铅、锌、锑等,初步揭示出一批重要的成矿带及成矿远景区,但与东部及南部邻省地区相比仍属矿产勘查工作程度最低的地区之一。

20世纪60~70年代找矿工作以地质方法为主配合土壤和原生晕测量,工作对象侧重于当时急需的矿产(如铁、铜、铅、锌、汞等),工作范围偏重于交通相对较为方便的玉树邻近地区,发现了一批铁、铜、铅、锌等矿产地。尕斯库勒铜铅锌矿床、赵卡隆铁多金属矿床等便是这一时期发现的。

20世纪70年代末至90年代中期以铜、铅、锌等多金属为主要工作对象,发现了一批有远景的矿产地,并对控矿因素、矿床成因及找矿标志、成矿环境和找矿远景做了初步研究。如对纳日贡玛斑岩铜钼矿床,圈定了4个钼矿体、6个铜矿体,初步提交了铜金属储量103917t,钼金属储量75296t。20世纪90年代中期以后,主要通过区域化探异常的检查评价,配合物探、槽探等方法手段,本区发现有杂多县旦荣铜矿、囊谦县解嘎银多金属矿等。

2000年以来,特别是国土资源大调查工作在本区内的开展,取得了令人瞩目的阶段性成果。1:20万化探扫面圈出一批以Cu, Mo, Ag, W, Pb, Zn (As, Sb, Cd)为主的多元

素组合异常,异常具成群、成带串珠状分布,元素组合极为复杂,异常强度高(主要成矿元素均达工业品位),面积大(多数异常面积达 $150\sim 1000\text{km}^2$)的特点。其中最为重要的有纳日贡玛、众根涌、然者涌、多那囊、总扎、吉龙、德群弄等异常;通过对异常的初步查证,已发现然者涌、东莫扎抓、吉龙等重要的铜铅锌银多金属矿线索,找矿前景十分可观。纳日贡玛—众根涌铜矿资源远景评价工作,通过1:5万水系沉积物测量、1:1万地质草测、地化剖面、槽探、钻探等手段,圈定了3个具有找矿意义的异常,发现6条多金属矿化带,在矿化带中共圈出铜、钼矿体10余条。

青海“三江”北段矿(化)体成因类型复杂,多元素矿化异常集中明显,不同矿床类型呈组合产出,预示着区域内具有形成大型—超大型矿床的前景。

1.5 科学研究现状

1.5.1 斑岩铜矿研究现状

1.5.1.1 我国铜矿床概述

根据《中国铜矿床》(黄崇柯等,2001)分析,世界上已知铜矿床大多数属于下述几种地质类型:①与中酸性侵入岩浆活动有关的斑岩型和脉状及交代型铜矿床,此类矿床约占世界铜矿资源的三分之二;②沉积岩中的层控矿床;③与火山活动有关的(如黄铁矿型)块状硫化物矿床、自然铜矿床以及喷出—沉积多金属矿床等;④与镁铁质岩浆岩有关的铜镍硫化物矿床等。

我国铜矿不仅分布广泛,而且工业类型齐全。其中最主要的有:斑岩型、矽卡岩型、层状型(包括变质岩层状型和含铜砂页岩型)、火山沉积型和铜镍硫化物型。这五种类型的铜储量占全国铜矿总储量的90%以上(表11)。

斑岩型铜矿探明储量在我国各类铜矿中居首位,约占全国总储量的41%。斑岩型铜矿床是中国及全球重要铜矿类型。中国特定的地质发展演化历史和构造岩浆活动特点有利于斑岩铜矿的形成和分布。世界三大主要斑岩铜矿带(古亚洲带、环太平洋带和地中海带)都贯通我国地域,分别构成古亚洲斑岩成矿带、滨太平洋斑岩成矿带和特提斯—喜马拉雅斑岩成矿带。著名大型矿区,如江西的德兴铜厂、富家坞,山西中条山的铜矿峪,黑龙江的多宝山,西藏的江达玉龙、察雅的马拉松多,内蒙古的乌奴格吐山等。它们分属于三个成矿带:中亚—蒙古成矿带(包括我国新疆、甘肃、黑龙江)、阿尔卑斯—喜马拉雅成矿带(包括我国滇藏地区)、环太平洋成矿带(包括我国东部广大地区)。成矿时代从寒武纪到新近纪,尤以喜马拉雅期和燕山期最为重要。

矽卡岩型铜矿也是我国一个很重要的类型,其探明储量约占我国总储量的27%。矽卡岩型铜矿往往与斑岩型铜矿关系密切,甚至出现在同一矿区中。矽卡岩型铜矿主要分布在长江中下游地区,成矿岩体主要为燕山期的花岗闪长岩。围岩主要是古生代以来的碳酸盐岩。矽卡岩型铜矿品位较高,规模不等,常形成大的富铜矿床,如江西城门山、武山和天排山三个铜矿。

表 1.1 中国铜矿类型

重要性	矿床类型		矿床式（类型）	典型矿床	主要分布地区
主要	斑岩铜矿		驱龙式斑岩铜矿	西藏驱龙	冈底斯
			玉龙式斑岩铜矿	西藏玉龙	三江地区
			德兴式斑岩铜矿	江西德兴富家坞铜厂	赣东北
			土屋式斑岩铜矿	新疆土屋、延东	东天山
			多宝山式斑岩铜矿	黑龙江多宝山	东北
			乌奴格吐式斑岩铜矿	内蒙古乌奴格吐	东北
			铜矿峪式斑岩铜矿	山西铜矿峪	华北
	矽卡岩型铜矿		长江中下游式矽卡岩型铜矿	安徽铜官山、湖北铜绿山、江西永平、城门山	长江中下游
			燕山式矽卡岩型铜矿	辽宁华铜、黑龙江弓棚子、河北寿王坟	燕山地区等
			冈底斯式矽卡岩型铜矿	西藏甲马	冈底斯
重要	海相火山岩型铜矿		白银厂式火山岩型铜矿	甘肃白银厂、青海红沟	北祁连
			刘山岩式火山岩型铜矿	河南刘山岩	秦岭
			大红山式火山岩型铜矿	云南大红山	扬子陆块西南缘
			阿舍勒式火山岩型铜矿	新疆阿舍勒	阿尔泰及天山
			红透山式火山岩型铜矿	辽宁红透山	辽吉
			金川式铜镍矿	甘肃金川	华北陆块西南缘
	基性超基性岩型铜镍矿		红旗岭式铜镍矿	吉林磐石红旗岭	张广才岭
			力马河式铜镍矿	四川力马河	四川攀枝花
			杨柳坪式铜镍矿	四川杨柳坪、云南金平	扬子西缘
			东天山式铜镍矿	新疆东天山黄山东、黄山	东天山
			喀拉通克式铜镍矿	新疆喀拉通克	南阿尔泰
	海相火山沉积岩型铜矿	海相杂色岩系型	东川式沉积岩型铜矿	云南东川落雪、汤丹、稀矿山、易门三家厂、禄丰大美厂	云南东川—易门地区
		海相火山沉积型	狼山式海相火山-沉积岩型铜矿	内蒙古霍各乞、炭窑口、东升庙	内蒙古狼山—渣尔泰山
			中条山式海相（火山）沉积岩型铜矿	山西胡家峪、篦子沟、桐木沟、老宝滩	山西中条山
次要	陆相火山热液型铜矿		紫金山式火山热液铜矿	福建紫金山	闽西南
			银山式火山热液铜矿	江西银山	赣东北
			小西南岔式火山热液铜矿	吉林小西南岔	辽吉黑东部
			莲花山式火山热液铜矿	莲花山、闹牛山、布墩花	大兴安岭
	砂岩铜矿		滇中式砂岩型铜矿	云南大姚六苴、郝家河、湖南车江、四川大铜厂	滇中盆地，湘西沅麻盆地，会理盆地
			风火山式砂岩型铜矿	青海风火山	青藏高原
			西南天山式砂岩型铜矿	新疆	西南天山
	玄武岩铜矿		川滇黔式玄武岩型铜矿	云南威宁铜厂	四川，贵州，云南
			十里坡式玄武岩型铜矿	新疆十里坡	新疆东天山
	表生铜矿		石录式铜矿	广东阳春石录铜矿	粤中拗陷

层状型铜矿 (包括变质岩层状铜矿和含铜砂页岩铜矿) 在我国分布也不少, 约占全国总储量的 1%。主要矿床有云南的东川、易门、大姚、牟定, 湖南的车江、麻阳, 山西的篦子沟, 内蒙古的霍各乞等。成矿时代, 变质岩层状矿以元古宙和古生代为最重要, 含铜砂页岩型铜矿为中生代至新近纪。该类铜矿除了富含铜金属外, 尚伴生有铅、锌、银、钴等, 部分

还含有多种稀散和放射性元素。

火山沉积型铜矿占全国总储量的 5.5%。矿床几乎都是地槽发育早期海底火山活动的产物,受各级火山构造控制。含矿火山岩大多属细碧角斑岩建造,在变质后形成明显的绿色带。矿体常产于不同岩性的火山岩地层的接触部位,尤其是较基性火山岩被酸性火山岩代替的部位,火山熔岩、火山碎屑岩层的顶部及其附近,以及上覆沉积岩层的界面上。矿体呈层状、透镜状,往往成群出现。成矿时代以古生代和古元古代为主,其次是太古宙,如甘肃白银厂铜矿。

铜镍硫化物型铜矿占全国总储量的 6.4%。

1.5.1.2 斑岩铜矿成矿模式

“斑岩铜矿”最早出自 20 世纪初美国西南部(亚利桑那州和新墨西哥州)的斑岩铜矿带,其原意是指产于强烈绢云母和石英化中酸性斑岩里的细脉浸染型铜矿。大多数学者倾向认为斑岩铜矿是时间上、空间上、成因上均与斑状中酸性浅成或超浅成的小侵入体(花岗闪长斑岩、石英二长斑岩、石英斑岩)有关的、具有 Cu, Mo, Au, Sn, S 地球化学晕且硅酸盐蚀变普遍发育、岩体内部分布有岩浆期后中-高温热液形成的细脉浸染状、网脉状硫化物矿床。斑岩型矿床主要矿化以 Cu, Mo, Au 及 Sn 等为主,也可表现为以上矿种过渡及组合类型矿床。斑岩铜矿具有以下特征:①此类矿床铜资源量约占世界铜矿资源的三分之二,单一矿床规模大(单矿床 > 100Mt 矿石量);②浅成,易于开采;③矿体与斑岩体有关,呈浸染状、网脉状矿化;④具大规模热液蚀变,可供综合利用的矿产多;⑤品位较低,但矿化分布均匀,矿石成分简单,有利于大规模开采。

(1) 斑岩铜矿时空分布特征

世界斑岩铜矿在时间分布上具有极不均一性。首先,斑岩矿床的形成时代,主要集中在新生代(约占 59.5%)和中生代(约占 35%),其次是古生代和前寒武纪,且随时代变新矿床数目增多、矿化强度加大,矿床储量也越来越大(表 1.2)。

表 1.2 世界超大型斑岩铜矿床(铜储量 > 500 万 t)的时间分布

时代	矿床个数	铜储量 / 万 t	比例 / %
古近纪—新近纪	20	26118	57.7
白垩纪—古近纪	4	8825	19.5
白垩纪	4	4608	10.2
三叠纪—侏罗纪	3	3192	7.1
石炭纪—二叠纪	2	1790	4.0
中元古代	1	655	1.5

(引自芮宗瑶等, 2004)

斑岩铜矿形成时代的不均一性还表现在同一成矿带具有不同的矿化期,如太平洋东岸的斑岩铜矿具有两个明显的成矿时代:第一个为 205~140Ma,主要集中在 195~175Ma,另一期是 90~20Ma,而在 140~90Ma,仅有少数几个斑岩铜矿形成。另外,不同构造环境所形成的矿床年代变化也有所不同:陆缘弧带的斑岩铜矿成矿时代变化较大,如科迪勒拉成矿带大多数为晚白垩世—早始新世,少数为渐新世—中新世(Hollister, 1978),而岛弧带和陆陆碰撞造山带环境下的斑岩矿床成矿时代则比较集中,如西南太平洋岛弧环境的斑岩铜矿床多形成于古近纪中晚期到新近纪末期(秦克章, 2002),陆陆碰撞造山带环境的斑岩铜矿床多