

中国地质调查成果

CGS 2014—005

QINGHAISHENG JIXING CHAOJIXINGYAN YU YANJIANGXING
TONGNIE LIUHUAWU KUANGCHUANG

青海省基性超基性岩与岩浆型 铜镍硫化物矿床

宋忠宝 姜常义 凌锦兰 陈向阳 张雨莲 等著

地质出版社



中国地质调查

“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究（1212011121089）”项目资助

青海省基性超基性岩与岩浆型 铜镍硫化物矿床

宋忠宝 姜常义 凌锦兰 陈向阳 张雨莲
赵彦峰 宋艳芳 周 伟 谢 燮 杨 涛 著
张晓飞 祁生胜 江 磊 王子玺 杜 玮

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书反映了“十二五”期间地质大调查项目“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”的基性超基性岩与成矿作用最终成果。全书共分12章,第1章构造单元划分及构造演化,第2章基性、超基性岩的时空分布特征及成矿作用;第3章至第7章介绍了青海省典型铜镍硫化物矿床(点)及钛铁矿点地质特征;第8章总结了柴达木盆地周缘镍铜硫化物矿床和钛铁矿成矿条件与成矿规律;第9章对阿尼玛卿蛇绿岩套中德尔尼铜(钴)矿床成矿类型进行了讨论;第10章和11章提出了青海省基性超基性岩的找矿方向建议。

本书可供野外勘查和矿床地质、教学、研究人员和大专院校师生参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

青海省基性超基性岩与岩浆型铜镍硫化物矿床 / 宋忠宝等著. —北京:地质出版社, 2015. 5
ISBN 978-7-116-09265-5

I. ①青… II. ①宋… III. ①基性岩—多金属矿床—研究—青海省②超基性岩—多金属矿床—研究—青海省③岩浆矿床—多金属矿床—研究—青海省 IV. ①P618.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第100698号

责任编辑:田野 宫月萱
责任校对:关风云
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路31号, 100083
电 话:(010) 66554528(发行部); (010) 66554631(编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
传 真:(010) 66554686
印 刷:中煤地西安地图制印有限公司
开 本:889mm×1194mm ¹/₁₆
印 张:19
字 数:463千字
版 次:2015年5月北京第1版
印 次:2015年5月西安第1次印刷
定 价:88.00元
书 号:ISBN 978-7-116-09265-5

(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

岩浆型Cu-Ni-PGE硫化物矿床是指与镁铁质-超镁铁质岩浆成矿作用有关的以硫化物为主的矿床，镍、铜及铂族元素主要赋存于该类型矿床中，其中60%以上的镍和90%以上的铂族元素均来源于该类矿床。其占世界镍、铂开采量的近二分之一或更多。该类矿床中铜矿储量约占全球铜矿总储量的5.5%，是铜矿的主要工业类型之一。在中国，镍的86%、铂的90%以上、铜的7.3%储量都源自于岩浆镍铜硫化物矿床。因此，对岩浆型Ni-Cu-PGE硫化物矿床的研究，无论在成矿理论上或找矿实践方面都具有重要的意义。

目前，我国的镍铜铂矿产资源都处于相对紧缺状态。近年来，新疆的图拉尔根、甘肃的黑山、青海的牛鼻子梁等镍矿床的发现虽然有所裨益，但仍未从根本上改变紧缺的局面。夏日哈木超大型镍矿床是近年来在全球范围内发现的唯一一个镍金属量达百万吨级的镍矿床，因而引起国际矿床学界和工业界的广泛关注。该矿床形成于拉张型岛弧环境的认识，开辟了一个全新的找矿领域，并昭示着东昆仑造山带及曾经处于拉张状态的岛弧环境都具有形成岩浆型镍铜铂矿床的潜力。

西安地质调查中心和长安大学的科研团队通过三年的不懈努力，对与铁质基性超基性岩浆活动有关的硫化铜镍矿床的认识上有了大的突破，总结出青海省境内柴达木北缘（简称柴北缘）和东昆仑地区的硫化物岩浆矿床和部分氧化物岩浆矿床的直接围岩均为古元古代金水口岩群，从而缩小了今后寻找同类矿床的地域范围，明确了有利找矿的地质单元，增强了工作部署的针对性；通过大量的野外调查研究，明确了柴达木北缘高压-超高压碰撞造山带内的镁质橄榄岩及其伴生的层状杂岩都是蛇绿岩套的组成部分，不具备形成镍铜硫化物岩浆矿床的地质条件；同时获取的牛鼻子梁岩体、尕秀雅平东岩体、红柳沟北、夏日哈木 I 号岩体的锆石U-Pb年龄分别是367Ma、423Ma、410Ma和439Ma，由此可限定柴达木周缘主要镍成矿期为志留纪—泥盆纪。这是在中国确定的新元古代、二叠纪两个主要镍成矿期之后新确认的第三个主要镍成矿期。在找矿勘查上也有显著进展，本书所论述的含镍矿化体的尕秀雅平东岩体就是一个有较大找矿潜力的岩浆型铜镍硫化物矿床找矿靶区。这些认识都是极其重要的，对开拓新区，积极推进这类矿床的勘查工作是有积极意义的。

矿床地质是一门实践性很强的学科，需要理论研究和找矿实践密切结合。该书难能可贵的是，强调了从认识到实践，再从实践到认识的反复过程。书中不仅阐述了矿床形成的理论认识，更详细地介绍了青海省几个主要成矿带典型矿床，如拉水峡、牛鼻子梁、尕秀雅平东、夏日哈木等岩浆型铜镍硫化物矿床的地质特征与矿床成因，可满足不同读者的需求。总之，该书不仅在岩浆型铜镍硫化物矿床成矿理论上具有重要的创新认识，而且在找矿勘查上也有显著进展，具有很强的实用价值，值得同行们阅读。

中国工程院院士

冯士兰

2015年1月28日

前 言

青海省位于我国西部腹地，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，是中国重要的金、铜、镍金属矿产基地，岩浆型Cu-Ni-PGE硫化物矿床是指与镁铁质-超镁铁质岩浆成矿作用有关的以硫化物为主的矿床，镍、铜及铂族元素主要赋存于该类型矿床中，其中60%以上的镍和90%以上的铂族元素均来源于该类矿床。其占世界镍、铂开采量的近一半或更多，该类矿床中铜矿储量约占全球铜矿总储量的5.5%，是铜矿的主要工业类型之一。在中国，镍近86%，铂90%以上，铜约7.3%的储量，都源自于岩浆镍铜硫化物矿床。因此，对岩浆型Ni-Cu-PGE硫化物矿床的研究，无论在成矿理论上或找矿实践方面都具有重要的意义。

本书为中国地质调查局“十二五”国土资源大调查工作项目“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”的部分成果。“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”为地质矿产调查专项“中国北方古生代以来重要地质事件与成矿作用关系”计划项目的工作项目之一，工作项目编码：1212011121089；归口中国地质调查局科技外事部管理，工作起止年限：2011~2013年；计划项目实施单位：中国地质调查局天津地质调查中心。工作项目承担单位：中国地质调查局西安地质调查中心，项目负责人为宋忠宝；参加单位：长安大学、中国地质科学院矿产资源研究所、青海省地质调查院。

本专著既是在中国地质调查局科技外事部委托西安地质矿产研究所承担的综合研究项目《青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究成果报告》基础上经扩充修改而成的，出版的目的在于提高地质找矿界对青海省基性、超基性岩与成矿作用及勘查研究的认识，并为解决岩浆硫化物铜镍矿找矿提供一种找矿思路。全书共12章约50万字，插表44个，插图160张。该书总的思路是在系统收集分析前人资料和研究成果的基础上，结合最新调查资料与成果信息，重新厘定青海祁连、柴北缘、东昆仑、三江北段等四个重要成矿带基性超基性岩的空间分布、形成时代、岩石地球化学特征及其成生关系等。研究其与成矿的关系，以基性超基性岩与铜镍矿的关系研究为重点，明确与岩浆岩有关矿产的找矿方向、重点区域及勘查部署思路；圈定成矿有利区段与找矿靶区，提出与岩浆岩有关重要矿产的找矿建议。为进一步找矿提供理论指导，为青海省的地质勘查工作科学合理部署提供新的思路和理论依据。本书提出了如下十个方面的认识，也是本书的主要研究结论：

一、本次研究依据最新的研究成果将青海省基性、超基性岩划分为：北祁连、拉脊山、日月山-化隆、宗务隆、阿尔金、柴北缘、东昆仑、阿尼玛卿-布青山、兴海-苦海、西兰乌金、乌兰乌拉湖、可可西里一带的雀莫错西-波尔藏陇巴等13个基性、超基性岩带。其中在日月山-化隆带分布有拉水峡铜镍矿床，柴北缘带分布有牛鼻子梁铜镍矿床，在东昆仑带分布有中国第二大铜镍矿——夏日哈木铜镍矿床。

二、通过对柴北缘牛鼻子梁铜镍矿进行综合研究，总结了该区铜镍矿的找矿模型，并通过大量的

野外调研,新发现了含镍矿化体的尕秀雅平东岩体和含钛铁矿-磷灰石矿化体的红柳沟岩体两个找矿靶区。

三、总结出柴达木地块周缘的硫化物岩浆矿床和部分氧化物岩浆矿床的直接围岩均为古元古代金水口岩群,从而,缩小了今后寻找同类矿床地域范围,明确了有利找矿的地质单元,增强了工作部署的针对性。

金水口岩群广泛分布于柴北缘和柴南缘,主要岩石类型包括条带状和眼球状混合岩、黑云母变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩、大理岩、二辉麻粒岩等。区内主要岩性为黑云角闪斜长片麻岩、辉石大理岩、含石墨大理岩及偶夹的石英岩及麻粒岩等。由于岩群处于柴达木地块边缘,历经多次构造-岩浆活动,岩石遭受了多次强烈改造,加之在区域变质过程中彻底的面理置换作用,已成为叠加的无序构造岩片,无法恢复其初始的地层层序。金水口岩群普遍经历了角闪岩相-麻粒岩相的区域变质作用。变质岩原岩恢复为泥沙质、泥钙质类中基性火山岩,镁质碳酸盐占一定比例,类似于海相环境下形成的类复理石岩系。

四、通过大量的野外调研,明确了柴北缘高压-超高压碰撞造山带内的镁质橄榄岩及其伴生的层状杂岩基体,都是蛇绿岩套的组成部分,不具备形成镍铜硫化物岩浆矿床的地质条件。

经2011~2013年的大量的野外调研可以证明柴北缘岩带中镁质橄榄岩与铁质橄榄岩共存。镁质橄榄岩主要分布在柴北缘超高压碰撞造山带中,而铁质橄榄岩主要分布在欧龙布鲁克微陆块南缘和柴达木地块北缘。由此证明,铁质橄榄岩主要产于克拉通边缘,而镁质橄榄岩产于超高压碰撞造山带中。在柴北缘超高压碰撞造山带中镁质橄榄岩往往与辉长岩、辉石岩伴生,构成蛇绿岩套。前人多将柴北缘蛇绿岩套视为存在早古生代洋盆的标志,在奥陶纪末期,随着洋盆的消亡,发生了柴达木-欧龙布鲁克微陆块的陆-陆碰撞,形成了柴达木北缘蛇绿构造混杂体。但有一点让人颇为疑惑,那就是在该区并未见到与镁质橄榄岩伴生的大量玄武岩出露。

根据前人的研究成果,柴北缘超高压变质带中榴辉岩主要形成于420~457Ma,据此,蛇绿岩套的形成时限应该略早于或与此大体同时。而牛鼻子梁岩体尕秀雅平东岩体、红柳沟北岩体的锆石U-Pb年龄分别是367Ma、423Ma和410Ma,初步显示了镁质橄榄岩与铁质橄榄岩的形成时代存在明显差异。区域地质的综合研究表明,在晚志留世至泥盆纪,柴达木地块及周缘地区处于相对稳定并略显拉张的构造环境。本项目的研究成果表明,属于铁质系列的基性超基性岩体的岩浆源区主要为软流圈地幔和岩石圈地幔。

在柴北缘超高压碰撞造山带和欧龙布鲁克微陆块南缘还存在大量单岩相的辉长岩、闪长岩体,这些岩体往往分异很弱,没有或仅有微弱的蚀变,难以形成岩浆硫化物矿床;多岩相的层状杂岩体是形成岩浆硫化物矿床的岩体。迄今为止,我们在上述地区尚未发现可与新疆黄山岩带类比的多岩相复式岩体。后者产于东天山和额尔齐斯褶皱带中,形成于后碰撞伸展环境,是岩浆硫化物矿床的重要载体。

五、项目组获取的牛鼻子梁岩体、尕秀雅平东岩体、红柳沟北岩体、夏日哈木Ⅰ号岩体的锆石U-Pb年龄分别是367Ma、423Ma、410Ma和439Ma,由此可限定柴达木地块周缘主要镍成矿期为志留纪-泥盆纪。这是在中国确定的新元古代、二叠纪两个主要镍成矿期之后新确认的第三个主要镍成

矿期。

青海省的铜镍矿找矿勘探工作前期一直进展不大,通过近几年的工作,在柴达木地块周缘先后发现了牛鼻子梁铜镍矿床、夏日哈木超大型铜镍矿床及尕秀雅平东铜镍矿点,近期又在东昆仑五龙沟发现了铜镍矿。目前,我国的镍铜铂矿产资源都处于相对紧缺状态。近年来,新疆的图拉尔根、甘肃的黑山、青海的牛鼻子梁等镍矿床的发现虽然有所裨益,但仍未从根本上改变这种局面。夏日哈木超大型镍矿床是近年来在全球范围内发现的唯一一处镍金属量达百万吨级的镍矿床,因而引起国际矿床学界和工业界的广泛关注。那么,柴达木地块周缘这些铜镍矿床(点)形成于什么时代,主成矿期仍然不明确,为了确定柴达木地块周缘新发现的镍矿床的成岩、成矿时代,作者在牛鼻子梁岩体中测得辉长岩的La-ICP-MS锆石U-Pb年龄为367Ma;尕秀雅平东岩体辉长岩为423Ma;在夏日哈木岩体辉长岩中获取的锆石U-Pb年龄为439Ma;吉林大学孙丰月等(2012)获取的辉长岩中锆石U-Pb年龄为422Ma和393Ma。这些年龄值处于早志留世至晚泥盆世期间。众所周知,扬子地台区和新疆东天山褶皱带中的镍矿床主要形成于二叠纪,而金川岩体和库鲁克塔格地区兴地岩带均形成于新元古代,这是我国两个镍矿主成矿期。柴达木地块周缘的已知镍矿床形成时代为志留纪—泥盆纪,而且夏日哈木是中国第二大镍矿床,这意味着志留纪—泥盆纪是我国第三个镍矿主成矿期。由于柴达木地块周缘有较多的镁铁质—超镁铁质岩岩体存在,现成岩时代和成矿时代的确定对于柴达木地块周缘在志留纪—泥盆纪进一步寻找同时代的岩浆型铜镍矿床提供了理论依据。

六、系统总结了前人,尤其是近年来东昆仑、柴北缘、祁连山、阿尔金山脉的最新研究成果,论述了青海省北半部早古生代—泥盆纪期间的构造格局与演化历史。以此为基础,阐述了形成含矿岩体的构造环境。

七、依据成矿背景、含矿岩体岩石学特征、成矿时代、镍矿床成因等方面的研究成果总结了柴周缘镍矿床的成矿条件与成矿规律。

八、阐述了夏日哈木镍矿床形成于拉张型岛弧的破裂带,在世界上首次确认镍金属量达百万吨的矿床形成于岛弧环境。

九、对青海省近年新发现的夏日哈木和牛鼻子梁镍矿床及赋矿岩体进行了系统研究,在矿体与岩石成因等诸多方面形成了新认识。

十、对有争议的阿尼玛卿—布青山岩带产出的德尔尼铜(钴)矿床的成因进行了研究,提出德尔尼铜(钴)矿床的成矿类型为以喷流—沉积为主体,以后期叠加成矿为特色的浅部复合盲矿床。

本专著得以出版要感谢以下各方面的热情帮助。首先是中国地质调查局科技外事部的决策者,西安地质调查中心主任李文渊研究员、副主任杜玉良教授级高工、总工徐学义研究员在项目执行过程中始终给予了热情指导。在立项过程中,杜玉良教授级高工、徐学义研究员、杨合群研究员以及贾群子研究员贡献了自己重要的技术思路。徐学义研究员、韩宝福研究员、陆松年研究员、沈保丰研究员、赵凤清研究员、赵越研究员、万渝生研究员、杨合群研究员、董福辰教授级高工、陈隽璐研究员、伍跃中教授级高工、李智明教授级高工、杨建国研究员对项目提交的报告进行了审阅,提出了许多宝贵的修改意见,成为本书形成和修改的重要依据。项目实施过程中,青海省地质调查局、青海省第五地质矿产勘查院、青海核工业地质局的领导及项目组对野外工作提供了帮助,施俊法研究员、王瑞廷教

授级高工、陈守建教授级高工、张汉文研究员、叶芳研究员、李智佩研究员、李宗会高工、赵仁夫高工、侯岚工程师、王静雅工程师和王晓强工程师对项目的进行给予了帮助，在此一并表示感谢！特别要感谢汤中立院士对本书的完成给予的热情指导，并欣然作序。

本书编写人员如下：前言，宋忠宝和姜常义，第1章，姜常义、凌锦兰和宋艳芳；第2章，宋忠宝、祁生胜、陈向阳、张雨莲、杨涛和张晓飞；第3章，宋忠宝、谢燮、陈向阳和张雨莲；第4章，凌锦兰、姜常义和赵彦峰；第5章，宋艳芳和周伟；第6章，周伟和王子玺；第7章，姜常义、凌锦兰、周伟、宋忠宝、陈向阳和杜玮；第8章，姜常义和宋艳芳；第9章，宋忠宝、陈向阳、张雨莲、杨涛、张晓飞和江磊；第10章，凌锦兰和赵彦峰；第11章，凌锦兰、赵彦峰、宋艳芳、周伟和王子玺；结语，宋忠宝和姜常义。全书最终由宋忠宝和凌锦兰统稿而成。

作 者

2014年6月8日

目 录

第1章 构造单元划分及构造演化	1
1.1 构造单元划分	1
1.2 青海省北半部早古生代构造演化	3
1.2.1 祁连造山带	3
1.2.2 阿尔金造山带	5
1.2.3 柴北缘大陆碰撞造山带	6
1.2.4 东昆仑造山带	13
1.2.5 青海省北半部晚志留世—泥盆纪构造格局与演化	15
第2章 基性超基性岩的时空分布特征及成矿作用	16
2.1 岩浆活动概况	16
2.2 基性超基性岩带的分布特征	17
2.2.1 北祁连山基性、超基性岩带	17
2.2.2 拉脊山基性超基性岩带	18
2.2.3 化隆基性超基性岩带	19
2.2.4 阿尔金山基性超基性岩带	21
2.2.5 宗务隆基性超基性岩带	22
2.2.6 柴北缘基性超基性岩带	22
2.2.7 东昆仑基性超基性岩带	24
2.2.8 布尔汗布达山基性超基性岩带	25
2.2.9 布青山—阿尼玛卿山基性超基性岩带	25
2.2.10 兴海—苦海基性超基性岩带	26
2.2.11 通天河基性超基性岩带	27
2.2.12 乌兰乌拉湖基性超基性岩带	27
2.2.13 雀莫错西—波尔藏陇巴基性超基性岩带	27
2.3 与超基性岩浆作用有关的成矿作用	27
2.4 与基性超基性岩浆活动有关的矿产时空分布	27
2.5 与超基性岩浆作用有关的铜镍矿的主攻地区	28

2.6 小 结	29
第3章 拉水峡铜镍硫化物矿床地质特征	30
3.1 区域地质背景	30
3.1.1 地层	31
3.1.2 构造	31
3.1.3 岩浆岩	32
3.2 成矿岩体地质特征	33
3.2.1 岩体空间产状	33
3.2.2 岩体地质特征	33
3.3 矿体地质特征	33
3.3.1 矿体分布及特征	33
3.3.2 矿石类型及分布	35
3.4 拉水峡矿床与金川矿床地质特征对比	36
第4章 牛鼻子梁铜镍硫化物矿床地质特征	38
4.1 区域构造背景	38
4.1.1 地层	38
4.1.2 岩浆岩	39
4.2 岩体地质与岩相学特征	40
4.2.1 岩体地质特征	40
4.2.2 岩相学特征	42
4.2.3 矿物晶体化学	46
4.2.4 锆石U-Pb年龄	47
4.3 岩石地球化学	53
4.3.1 主量元素地球化学	53
4.3.2 稀土元素与微量元素地球化学	54
4.3.3 同位素地球化学	60
4.4 讨 论	62
4.4.1 蚀变作用对元素丰度的影响	62
4.4.2 同化混染作用	63
4.4.3 岩浆结晶温度	66
4.4.4 分离结晶作用	66
4.4.5 原生岩浆	68
4.4.6 岩浆源区性质	69

4.4.7 大地构造环境	69
4.5 矿体地质特征及矿床成因	70
4.5.1 I号区块矿(化)体特征	70
4.5.2 II号区块隐伏矿体特征	79
4.5.3 III号区块中铜金矿化体特征	88
4.5.4 矿相学特征	90
4.5.5 矿床成因及成矿过程	92
4.6 小 结	97
第5章 尕秀雅平东铜镍硫化物矿点地质特征	98
5.1 区域地质背景	98
5.2 岩体地质及岩相学特征	99
5.2.1 岩体地质特征	99
5.2.2 岩石组合	103
5.2.3 岩体年代学	105
5.3 岩石学与地球化学特征	106
5.3.1 矿物晶体化学	106
5.3.2 元素地球化学特征	111
5.3.3 Sr-Nd同位素地球化学特征	118
5.4 岩石成因	119
5.4.1 热液蚀变作用	119
5.4.2 同化混染作用	119
5.4.3 分离结晶作用	121
5.4.4 原生岩浆与岩浆源区	122
5.5 构造环境	123
5.6 成矿作用	123
5.6.1 矿相学特征	123
5.6.2 矿物晶体化学	125
5.6.3 矿床成因	126
第6章 红柳沟北钛铁矿点地质特征	129
6.1 区域地质概况	129
6.1.1 区域构造背景	129
6.1.2 岩浆岩	130
6.1.3 变质岩	131

6.1.4 构造特征	131
6.2 岩石学及地球化学特征	132
6.2.1 岩体地质特征	132
6.2.2 岩体锆石U-Pb年龄	133
6.2.3 岩相学	135
6.2.4 矿物晶体化学	140
6.2.5 地球化学	145
6.3 岩浆演化过程及成矿作用	147
6.3.1 原生岩浆	147
6.3.2 分离结晶	148
6.3.3 同化混染	151
6.3.4 结晶温度及相对氧逸度特征	152
6.3.5 岩浆源区及构造环境	153
6.3.6 成矿作用	154
第7章 夏日哈木铜镍硫化物矿床地质特征	158
7.1 区域地质特征	158
7.1.1 地层	159
7.1.2 构造	160
7.1.3 侵入岩	160
7.1.4 火山岩	161
7.1.5 变质岩	162
7.2 矿区地质特征	162
7.3 岩体地质特征	164
7.3.1 年代学	164
7.3.2 岩体类型	165
7.3.3 岩相学	168
7.3.4 地球化学	172
7.4 成岩过程	184
7.4.1 原生岩浆估算	184
7.4.2 分离结晶作用	184
7.4.3 同化混染	185
7.4.4 地幔源区与地幔动力学	188

7.5 矿床地质特征	188
7.5.1 矿体特征	188
7.5.2 矿石结构类型	191
7.5.3 矿石类型	192
7.5.4 矿石矿物组成	201
7.5.5 矿床成因类型与成矿期次	206
7.5.6 成矿机制与成矿过程	208
第8章 柴达木地块周缘铜镍硫化物矿床和钛铁矿成矿条件与成矿规律	209
8.1 成矿时代	209
8.2 成矿地质单元	209
8.3 构造环境与地幔动力学	210
8.3.1 岩体赋存空间与断层的关系	210
8.3.2 大地构造背景与地幔动力学	211
8.4 岩体类型、岩浆演化与挥发分含量	214
8.5 同化混染与硫源问题	215
8.6 Cu、Pt、Pd亏损问题	215
第9章 关于阿尼玛卿蛇绿岩套中德尔尼铜（钴）矿床成矿类型的讨论	217
9.1 成矿环境与成矿时代	217
9.1.1 成矿环境	217
9.1.2 成矿时代	217
9.1.3 矿床与蛇绿岩的关系	218
9.2 成矿物质来源及成矿物理化学条件	218
9.2.1 成矿物质来源	218
9.2.2 成矿温度	221
9.3 前人对矿床类型的综述和讨论	222
9.3.1 矿床成因观点综述	222
9.3.2 三种成矿或成因说的讨论	222
9.3.3 海底喷流-沉积+后期叠加成矿的主要事实	227
9.4 德尔尼铜（钴）矿床成矿模（型）式	227
9.5 找矿标志	229
9.5.1 地质、遥感找矿标志	230
9.5.2 物探找矿标志	230

9.5.3 化探及水化学找矿标志	230
第10章 牛鼻子梁外围几个值得关注的岩体	232
10.1 1号岩体和2号岩体	232
10.2 青新界岩体	232
10.3 北大门岩体	233
10.4 牛鼻子梁东北角岩体	234
10.5 五号异常中心偏南岩体	235
10.6 钻孔02外围岩体	235
第11章 柴北缘岩带镁铁质-超镁铁质岩体的找矿方向	237
11.1 镁铁质-超镁铁质岩与铜镍矿的研究方法	237
11.2 如何确定镁质橄榄岩与铁质橄榄岩	238
11.2.1 镁质橄榄岩、铁质橄榄岩与围岩的关系	238
11.2.2 岩相带组合不同	238
11.2.3 原生矿物组合与相应的蚀变类型	238
11.2.4 岩石组构不同	239
11.3 对柴北缘岩带镁铁质-超镁铁质岩体的基本认识	239
11.4 柴北缘岩带镁铁质-超镁铁质岩体研究的结果	240
11.4.1 1号岩体	240
11.4.2 2号岩体	241
11.4.3 5号岩体	243
11.4.4 6号岩体	244
11.4.5 8、9号岩体	245
11.4.6 12号岩体	247
11.4.7 13号岩体	248
11.4.8 14号岩体	249
11.4.9 15号岩体	250
11.4.10 18号岩体	251
11.4.11 19号岩体	252
11.4.12 32号岩体	253
11.4.13 41岩体	255
11.4.14 58号岩体	256
11.4.15 64号岩体	256

11.4.16 71号岩体..... 257

11.4.17 73号岩体..... 258

11.4.18 74号岩体..... 259

11.4.19 76号岩体..... 260

11.4.20 80号岩体..... 261

11.4.21 83号岩体..... 261

11.4.22 DL2号岩体 263

11.4.23 X1号岩体 264

11.4.24 X4' 号岩体 265

11.4.25 X5号岩体 266

11.4.26 XX3号岩体..... 267

11.4.27 XX14号岩体 268

第12章 结 语..... 270

12.1 主要成果和认识 270

12.2 问题 271

参考文献..... 273

第1章 构造单元划分及构造演化

1.1 构造单元划分

青海省地处青藏高原东北部，南北跨越古亚洲和特提斯两大构造域。根据地质构造和成矿特点，青藏专项（青海片区）“柴达木周缘及邻区成矿带地质调查评价”计划项目将研究区划分为秦祁昆造山系和三江造山系两个一级构造单元，并划分出10个二级构造单元和32个三级构造单元（图1.1；表1.1）。

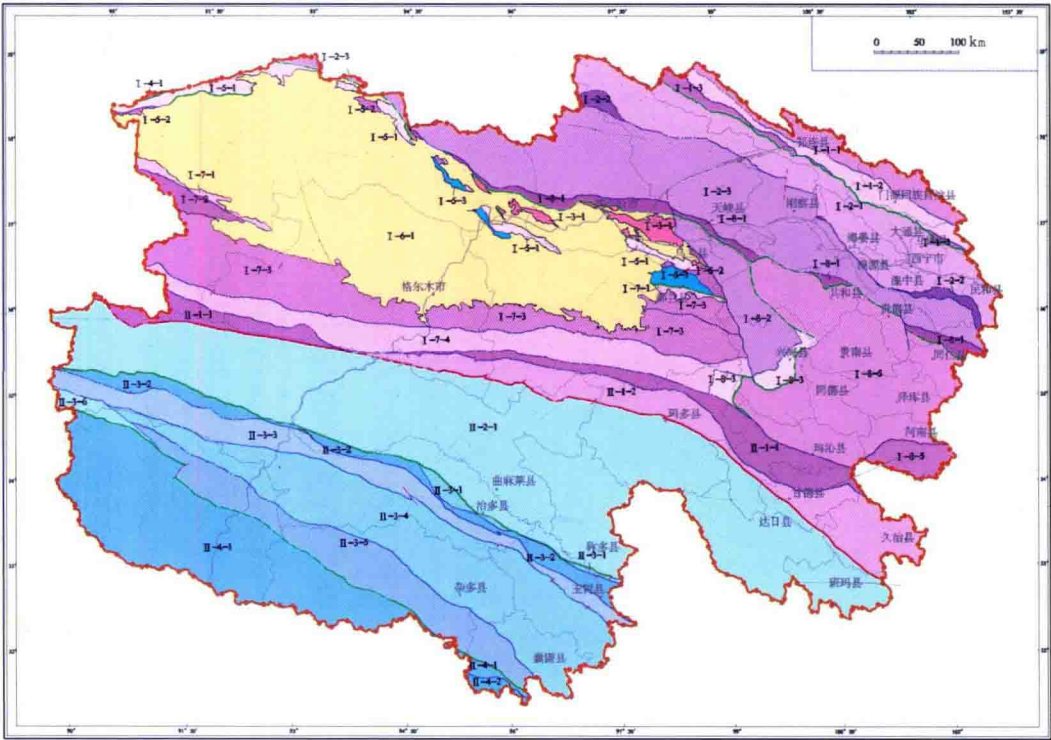


图1.1 青海省构造单元划分略图

区域地壳演化是新太古代—古元古代的造陆阶段，经吕梁运动固结形成结晶基底，随后接受中新元古代的类盖层沉积。从南华纪开始，进入古特提斯洋的发展演化阶段，秦祁昆及其以北地区是特提斯洋的北部活动陆缘，发育了陆缘多岛弧盆系，早古生代末的加里东运动使陆缘多岛弧盆系关闭，转化为秦祁昆早古生代造山系。晚古生代时期，扬子西缘和秦祁昆南缘仍然是古特提斯大洋的活动陆缘，晚二叠世的华力西运动使陆缘多岛弧盆系关闭，陆缘剥蚀区增大使巴颜喀拉前陆盆地接受大量的陆源碎屑沉积。三叠纪末的印支运动使古特提斯洋闭合、造山，形成东昆仑、巴颜喀拉、唐古拉三大

造山带。侏罗纪，特别是新生代之后，受藏滇新特提斯洋和现代印度洋扩张，印度地块向北的推挤，青藏高原地壳强烈隆升，最终完成了由北祁连、南祁连、柴北缘、祁漫塔格、东昆中、东昆南、金沙江、甘孜-理塘和澜沧江-双湖等多条构造混杂岩带与地块镶嵌而成的复杂的陆壳结构。

表1.1 青海省构造单元划分简表

I级构造	II级构造单元	III级构造单元
I 秦祁昆造山系	I-1北祁连弧盆系	I-1-1走廊弧后盆地（O—S）
		I-1-2走廊南山岛弧（C—O）
		I-1-3北祁连蛇绿混杂岩带（O—S）
	I-2中-南祁连弧盆系	I-2-1中祁连岩浆弧（O）
		I-2-2疏勒南山-拉脊山蛇绿混杂岩带（O—S）
		I-2-3南祁连岩浆弧（O—D ₁ ）
	I-3全吉地块	I-3-1欧龙布鲁克被动陆缘相（C—O）
	I-4阿尔金弧盆系	I-4-1阿帕-茫崖（蛇绿）构造混杂岩带（C—S）
	I-5柴北缘结合带	I-5-1柴北（蛇绿）构造混杂岩带（C—S）
		I-5-2滩间山岩浆弧（O）
		I-5-3鱼卡-沙柳河高压-超高压变质相（Pz ₁ ）
	I-6柴达木地块	I-6-1柴达木盆地
	I-7东昆仑弧盆系	I-7-1祁漫塔格北坡-夏日哈岩浆弧（O—S）
		I-7-2祁漫塔格蛇绿混杂岩带（Pz）
		I-7-3北昆仑岩浆弧（Pt ₃ —Pz ₁ ）
		I-7-4东昆仑南坡俯冲增生杂岩带（Pz ₁ ）
	I-8秦岭弧盆系	I-8-1宗务隆山-沟里-刚察陆缘裂谷（D—P）
		I-8-2鄂拉山陆缘弧（T）
		I-8-3赛什塘-兴海蛇绿混杂岩带（P—T）
		I-8-4泽库前陆盆地（T ₁₋₂ ）
		I-8-5西倾山-南秦岭陆缘裂谷带（Pz ₁ ）
II 三江造山系	II-1阿尼玛卿结合带	II-1-1西大滩-布青山蛇绿混杂岩带（P ₁₋₂ ）
		II-1-2玛多-玛沁增生楔（P ₂ —T ₂ ）
	II-2巴颜喀拉地块	II-2-1可可西里-松潘前陆盆地（T ₃ ）
	II-3三江弧盆系	II-3-1甘孜-理塘蛇绿混杂岩带（P ₂ —T ₂ ）
		II-3-2西金乌兰湖-金沙江-哀牢山蛇绿混杂岩带（C—T ₂ ）
		II-3-3治多-江达-维西-绿春陆缘弧带（P ₂ —T ₁₋₂ ）
		II-3-4昌都-兰坪双向弧后前陆盆地（Mz）
		II-3-5开心岭-杂多-景洪岩浆弧（P ₂ —T ₂ ）
		II-3-6乌兰乌拉湖-澜沧江蛇绿混杂岩带（P ₃ —T ₃ ）
	II-4羌塘弧盆系	II-4-1羌北地块（弧后前陆盆地，T ₃ —J）
		II-4-2唐古拉-左贡地块