

青海省东昆仑

QINGHAISHENG DONGKUNLUN QUKUAN
CHENGKUANG XILIE YANJIU

钴矿

成矿系列研究

© 潘 彤 孙丰月 李智明 朱谷昌 著



地质出版社

青海省东昆仑钴矿 成矿系列研究

潘 彤 孙丰月 李智明 朱谷昌 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

钴矿是东昆仑成矿带近年新发现的重要矿种,在大量野外调查、室内资料收集、现代测试分析的基础上,对成矿地质背景重新厘定,认为东昆北为加里东弧后裂陷带、东昆中为基底隆起和花岗岩带及东昆南为复合拼贴带(大洋玄武岩高原、陆块拼贴带),并探讨了东昆仑成矿带的成矿动力学演化。

本书对肯德可克钴铋金矿、驼路沟钴(金)矿、督冷沟铜钴矿的矿床(点)的控矿因素、成矿特征进行系统总结,明确提出了它们的成因分别为热水喷流(矿源层)+热液叠加改造型,热水沉积-改造型、热液脉型、矽卡岩型。

在分析东昆仑成矿带地球动力学条件、总结区域成矿规律的基础上,首次提出并建立东昆仑成矿带钴矿成矿系列和成矿模式,确立了钴矿勘查的找矿标志,并开展了钴矿潜力的评价,对东昆仑成矿带的钴矿理论研究和矿产勘查实践都有科学指导作用。

本书内容丰富,认识创新,可供从事地球科学工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

青海省东昆仑钴矿成矿系列研究/潘彤等著. —北京:
地质出版社, 2005. 11
ISBN 7-116-04664-X

I. 青... II. 潘... III. 钴矿床-成矿带-研究-
青海省 IV. P618.620.624.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125056 号

责任编辑:陈 磊

责任校对:李 玫

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)82324508(邮购部);(010)82324565(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:7.625 图版:2 面

字 数:190 千字

印 数:1—500 册

版 次:2005 年 11 月北京第一版·第一次印刷

定 价:20.00 元

ISBN 7-116-04664-X/P·2624

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

序

钴矿是一种重要的矿产资源，具有耐热、耐磨、高强度和强磁性等优良性能。它是超级合金和合金钢的重要添加剂，是航空、电器、化学工业等不可缺少的材料，是我国现代化建设过程中十分短缺的战略性矿产资源之一。近几年来，随着硬质合金行业的迅速发展，我国对钴矿的需求量在逐年增加，目前主要依靠进口。

20 世纪 90 年代末期，新一轮国土资源大调查工作开展以来，肯德可克钴铋金矿、驼路沟钴（金）矿和督冷沟铜钴矿等钴矿床的发现为东昆仑地区地质找矿工作的重要成果，使得东昆仑成矿带成为中国重要的钴成矿带之一。该地区显示出钴成矿作用时间长、品位高、资源储量有较大规模的特点。

针对青海省东昆仑钴矿产出的成矿动力学背景、控矿地质条件是什么？钴矿成矿系列及模式如何？作者结合青海省有色地质矿产勘查局在地质找矿和生产中所取得的工作成果，选取“东昆仑成矿带钴矿成矿系列研究”课题进行研究。

作者从分析研究地质背景条件入手，探索区域内地球动力学发生一演化的历史。运用地球物理、地球化学等多种方法的集成优势，以典型矿床成矿特征、控矿因素、成因探讨为重点，以建立东昆仑成矿带钴矿成矿系列及钴矿成矿模式为目的，对东昆仑成矿带钴矿成矿潜力进行评价。其研究成果一方面丰富了钴矿成矿学理论，另一方面关于成矿规律的认识和钴矿模式的建立将有力地促进东昆仑地区的钴矿勘查工作。随着东昆仑地区钴矿的新发现及现有矿床规模的不断扩大，将为未来矿山企业的建设和地方经济的发展，提供有效的支撑。

总之，《青海省东昆仑钴矿成矿系列研究》一书的出版无疑将进一步促进我国钴矿的地质勘查工作。我衷心希望今后将有更多、更新的钴矿成果出现，为我国的经济的发展做出更大的贡献。

温中良

05.7.22

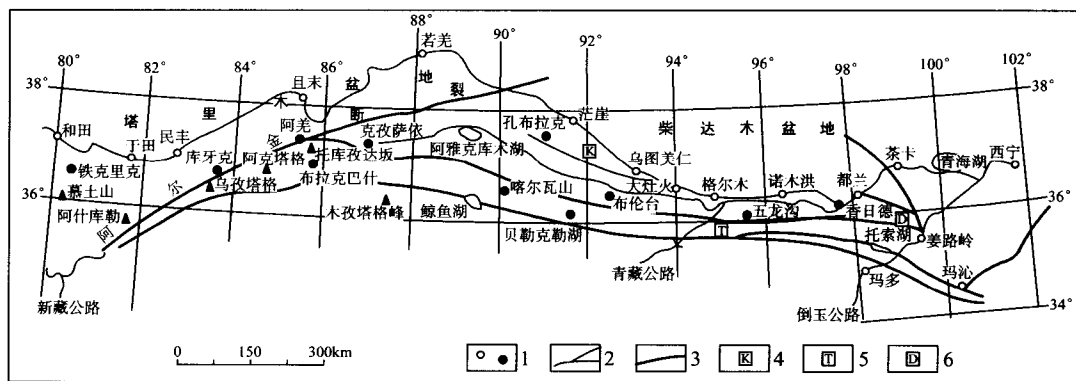
前言

青藏高原被称为世界的第三极，是当今仍在活动，进行陆-陆碰撞的场所，在独特的地质构造背景、绚丽多姿的地貌地质现象和极其特殊的岩石构造组合中，记录了丰富的有关青藏高原演化和隆升、矿产形成的信息，近年来有色、贵金属矿产的勘查工作取得了一系列进展，并取得了显著成果。

作者有幸参加了中国地质调查局下达的“新疆—青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究”（200110200021）及国家科学技术部“十五”国家科技攻关计划“大型紧缺金属矿产资源基地综合勘查与高效开发技术研究项目”（2001BA609A）——西部高寒山区铜金矿产勘查评价技术方法与综合示范研究。

一、工作区自然地理

工作区西起阿尔金断裂，东与鄂拉山相接，北邻柴达木盆地，南止于木孜塔格—布青山一线。东西近 1000km，南北宽 100 ~ 210km，总面积约为 $10 \times 10^4 \text{km}^2$ 以上，工作区范围和交通位置见下图。



东昆仑地区交通位置图

1—市、镇地名；2—公路；3—断裂；4—肯德可克钴多金属矿；5—驼路沟钴矿；6—督冷沟铜钴矿

工作区位于青藏高原北部，为一巨大的东西向山脉。同时它也是我国江河源区的内陆水系和外流水系的分水岭。区内自然地理条件极差，区内海拔大多在 4000m 以上，最高峰为 6860m，平均 4500m 左右，且山势陡峻，一般相对高差 500 ~ 1000m。近山脊部位地形切割深，难以通行，其中部分高寒山区常年积雪，无法登及，沟谷地带海拔相对低，开阔地带尚可通行。主要水系为常年流水，可满足当地生产、生活用水。区内人迹罕见、经济落后，是一个急需开发的少数民族地区。工作区目前交通条件较差，柏油路面仅从研究

区北部的都兰—格尔木通过并继而横切区域中部，从格尔木向西至茫崖有简易公路通达。昆仑山北坡主要水系较宽，非雨季节可通越野车；昆仑山南坡沟谷切割很深，大多无法通车。

其中肯德可克矿区位于昆北带祁漫塔格地区，地形起伏不大，区内标高大多在4000~4200m之间，在矿区北部耸立近东西向狼牙山山脉，形成一独特风景。该区水系较发育，矿区北部巴音郭勒河为常年流水河，只有冬季冰封时断流。进入该区交通极不方便，从格尔木到乌图美仁仅有简易公路，最为艰难的要穿过将近100km的沙漠，经常发生陷车，容易迷失方向。驼路沟矿区位于昆南带，地形起伏大，相对高差最大的约400m。水系较发育，常年均有流水。交通相对较便利，离青藏公路约40km，有简易公路通达。督冷沟铜钴矿位于东昆仑成矿带东段，到测区有连接塔妥煤矿的简易公路通过，交通较方便，区内地形起伏较大。工作区的用水较为困难，需用车辆从远处运输。

二、工作区地质工作研究现状

青藏高原地处欧亚板块的接合部，而东昆仑地区则是北部的构造活动带，即柴达木陆块南缘，古特提斯北侧陆缘活动带，有着复杂的地质历史及演化经历。中外地质工作者对其进行了长期艰辛的地质及矿产研究工作，总结概括经历了三个大的阶段：

(1) 20世纪50至60年代以路线地质调查，1:20万和1:50万区调为主，区域矿产工作主要配合柴达木盆地石油勘探进行，在区域西部，对肯德可克、野马泉、尕斯库勒等10余处的砂卡岩型铁矿进行了普查和详查；同时青海有色地质矿产勘查局在都兰地区展开了以黑色金属为主的找矿工作，重点勘查了海寺、白石崖等铁矿。

(2) 70至80年代初，涉及该区的地质工作主要有法、英等国组织的科学考察，区域内矿产勘查已由以铁矿为主转向以多金属为主，在区域东部都兰一带重点进行过沙柳河南区等地的多金属成矿前景评价，同时还评价了一批非金属矿产。

(3) 80年代末至90年代，随着1:5万区调、“青藏高原的形成与演化（国家攀登计划项目）”的启动，使该区的地质科研工作得到不断加强，区域矿产已由单一铁矿向多金属矿产勘查深入（主要为昆北带）。90年代以来，金矿的勘查与评价成为工作重点，先后发现了五龙沟、开荒北、东大滩等一批金、金锑矿床（点）。近年来又发现了钴、金、铋共生矿床（点）多处。目前，青海有色地质矿产勘查局、青海地质调查院正在该区进行矿产资源调查评价工作，对驼路沟钴金资源、肯德可克及外围钴铋金矿等开展调查和评价，督冷沟地区的铜、钴矿资源潜力评价。

东昆仑地区的研究工作也取得较大的进展，主要研究成果为：青海省航磁成果综合研究（青海省地球物理勘探队，1984年完成）；祁漫塔格与都兰地区铁、多金属矿产的第一轮成矿远景区划（青海省地质矿产勘查开发局，1985年完成）；青海省区域物性研究报告（青海省地球物理勘探队，1989年完成）；东昆仑山南坡变火山岩的基本特征及其含矿性的研究（青海省地质矿产勘查开发局，1989年完成）；遥感技术在青海东昆仑—西秦岭地区解译地质构造及几种主要矿产的应用（青海省区域地质调查综合地质大队，1991年12月完成）；青海省区域地质志（青海地质矿产局，1991年出版）；东昆仑缝合带及基底构造对比研究（青海省区域地质调查综合地质大队，1992年完成）；东昆仑中酸性侵入岩及

其成矿作用研究（青海省区域地质调查综合地质大队，1993 年完成），东昆仑中东段第二轮金铜成矿远景区划（青海省区域地质调查综合大队，1994 年完成）；青海省东昆仑金铜成矿带勘查工作总体部署（青海省地质矿产勘查开发局，1995 年完成）；青海省东昆仑地区地球化学编图（青海省地球化学勘查技术研究院，1997 年完成），新疆维吾尔自治区区域地质志（新疆地质矿产勘查开发局，1993）。“九五”国家科技攻关 305 项目“新疆东昆仑大型矿床成矿地质条件及远景预测”（沈远超等，2000 年完成）；柴达木盆地周边地区大型金、铜矿床成矿规律及找矿预测（西北有色地质研究所与青海省有色地质矿产勘查局进行了为期两年的研究，1998）；新疆—青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究（吉林大学负责，青海省地质调查院、新疆地质调查院、青海省有色地质矿产勘查局、吉林省地质调查院及山西省地质调查院，2004 年完成）；大型紧缺金属矿产资源基地综合勘查与高效开发技术研究项目（西部高寒山区铜金矿产勘查评价技术与综合示范研究）（有色金属矿产地质调查中心、桂林矿产地质研究院、青海省有色地质矿产勘查局、西部矿业股份有限公司，2001~2005）。

此外，一些科研院所也在此开展过研究工作，主要成果有：昆仑开合构造（姜春发等，1992）；五龙沟地区构造蚀变岩型金矿成矿特征及中段铜金成矿条件及找矿方向的框架研究（莫宣学等，1998）；青藏高原隆升与东昆仑地区金矿遥感地质研究（于学政等，1999 年出版），东昆仑元古宙重大地质事件及形成大型、超大型矿床条件研究（吉林大学地球科学学院，1999 年完成）；东昆仑地区综合找矿预测与突破（张德全等，2000 年完成）等。此外，在各种刊物上已发表了大量的有关东昆仑地区基础地质及成矿作用的论文。

深部地质方面的研究也涉及到东昆仑地区，主要工作有亚东—格尔木岩石圈 GGT 断面综合研究（青藏高原亚东—格尔木地学断面）（1990 年 6 月完成）；青藏剖面深部地球物理调查编图报告（1988 年完成）；阿尔泰—台湾剖面，青海花石峡—甘肃阿克赛爆破地震测深成果报告（1990 年完成）；花石峡—敦煌大地电磁测深成果报告（1991 年完成）。另外，近年来出版了一些有关成果，如：格尔木—额济纳旗地学断面多学科综合调查研究概况（王泽九等，1995）；青藏高原岩石圈结构构造和形成演化（地质矿产部地质研究所，1996 年出版）；东昆仑—唐古拉地区地壳演化深部构造及大陆动力学（许志琴等，1997），这些成果对昆中断裂、昆南断裂及东昆仑地壳结构提供了大量信息。

1999 年前后，青海省有色地质矿产勘查局和青海省地质调查院在东昆仑地区矿产资源潜力评价，在肯德可克和驼路沟等地发现了具有工业意义的钴矿体后，引起高度重视。先后发现了一批钴矿床（点），如肯德可克、驼路沟、特集列克、督冷沟、哈尔汗等。尽管，在肯德可克、驼路沟两地已经提交了一定的工业储量。然而，受该研究区地域广阔，自然条件极其恶劣、交通环境困难，经费投入的相对薄弱，目前的地质研究和开发程度仍然较相邻地区（川、滇、新）差，且工作主要在通行条件较好的东昆仑的局部地段，而大部分，特别在西段的广大地区仍然是涉足很少的区域。整体地质研究程度低，就钴矿而言，90 年代中后期才发现，目前对驼路沟钴金矿、肯德可克钴铋金矿、督冷沟铜钴矿仅进行初步资源潜力评价。对这些典型钴矿床成矿背景、控矿因素、矿床成因探讨，东昆仑成矿带钴矿成矿演化模式，东昆仑成矿带钴矿成矿潜力进行的研究成果几乎为空白，有待进一步加强这方面的工作。

三、研究思路及完成工作量

1. 研究思路

从分析研究地质背景条件入手，探索区域内动力学发生—演化—消亡的历史。运用地球物理、地球化学等多种方法的集成优势，以典型矿床成矿特征、控矿因素、成因探讨为重点，以建立东昆仑成矿带钴矿成矿系列及钴矿成矿模式为目的，并对东昆仑成矿带钴矿成矿潜力进行评价，以期东昆仑成矿带钴矿找矿实践和理论研究上的突破。

2. 研究内容

(1) 收集各类资料（区域地质、地球物理、地球化学、遥感）基础上，通过区域航磁、重力的进一步综合解译，结合野外路线地质调查，提取区域基底构造、动力学等各种基础地质信息。

(2) 以区域火山岩共生组合、岩石化学特征，结合地球物理信息，确定东昆仑成矿带的动力学演化特点。

(3) 选择区内典型的矿床（点）进行野外研究和调查，重点是肯德可克钴金铋矿、驼路沟钴金矿、督冷沟铜钴矿。查明控矿地质条件、确定矿床成因类型，总结综合找矿标志。为了解钴矿的成矿物质来源、成矿流体的性质、矿质的迁移和沉淀，钴矿的成矿时代，进行现代测试分析。

(4) 在对区内典型矿床成矿特征、控矿因素、成矿条件综合分析研究的基础上，总结东昆仑地区钴矿的成矿规律，确立东昆仑成矿带的动力学演化与钴矿的关系。

(5) 探讨东昆仑成矿带不同类型钴矿的成矿特征、建立东昆仑钴矿成矿系列和成矿模式，并对东昆仑成矿带钴矿找矿潜力进行评价。

3. 完成的主要实物工作量

作者曾于2001年7月至9月、2002年8月、2003年8月至9月和2004年7月至8月期间，先后四次跟随科研组及青海省有色地质矿产勘查局地矿处同志们到东昆仑地区进行野外地质调查，在全面收集总结前人工作成果的基础上，对原有资料进行二次开发，并着重对该地区重点成矿带典型矿床（点）进行了详细的调查、取样。在肯德可克矿区、驼路沟矿区及督冷沟矿区进行了详细的野外踏勘、地质编录、实测地质剖面 and 岩矿取样等工作，并进行了室内整理、岩矿测试分析和光薄片鉴定，对以上矿区区域成矿背景、矿区地质和矿床地质特征进行了详细研究，论述了矿床成因。以此为基础总结了成矿规律。除上述三个矿床外，还调查研究了东昆仑成矿带其他有关的钴矿矿（床）点。主要完成的工作量见下表：

涉及的工作量一览表

工作项目	肯德可克矿区	驼路沟矿区	督冷沟矿区
实测地质剖面/km	5.2 (1:2000)	11.8 (1:2000)	10 (1:2000)
坑道编录/m	479.5 (1:100)	120 (1:100)	56 (1:100)
地表及坑道取样/件	84	68	12
地表及坑道标本采集/件	184	125	10

续表

工作项目	肯德可克矿区	驼路沟矿区	督冷沟矿区
样品测试分析/件	全岩样 4	全岩样 3	
	多元素分析样 84	多元素分析样 68	
	稀土分析样 14		
野外及镜下照片/张	288	135	27
流体包裹体测试分析		成分（点）12	
		温度（点）120	温度（点）120
素描图/件	12	8	2
绘制地质图件/件	14	8	4

四、主要研究进展

在前人各项工作基础上，作者通过上述大量的野外调研和室内测试分析、研究工作，最终圆满地完成了本书的撰写，并取得了一些新的认识和成果，主要研究进展为：

（1）对东昆仑地区的成矿地质背景进行了重新分析厘定，将其划分为昆北祁漫塔格加里东裂隙槽区、昆中基底隆起和花岗岩带、昆南复合拼合带，并认为东昆仑造山带演化是典型的边缘造山过程。

（2）针对东昆仑地区典型钴矿床（肯德可克钴铋金矿、驼路沟钴（金）矿、督冷沟铜钴矿等），在大量野外调研、室内测试分析的基础上，从控矿因素、成矿物质来源、成矿机理等方面进行系统的研究。明确了它们的矿床成因类型，分别为热水喷流（矿源层）+热水叠加改造型，热水沉积—变形改造型，热液脉型，矽卡岩型。

（3）针对东昆仑成矿带钴矿的成矿作用的多样性，首次提出并建立了东昆仑成矿带钴矿成矿系列。

（4）系统总结了东昆仑成矿带的钴矿成矿规律，建立了钴矿的成矿模式，在综合分析地质—地球化学和地球物理等综合找矿信息的基础上，开展了钴矿成矿潜力评价，明确了各区带钴矿床主攻矿床类型，对下一步指导东昆仑成矿带钴矿矿产勘查、评价提出了科学依据。

在出版过程中，得到本科研组陈国华副教授、迟效国教授、李碧乐教授的热情指导和帮助，赵财胜博士和丁清峰博士进行了英文摘要的翻译，有色金属矿产地质调查中心给予资金支持，在此一并表示感谢！

目 录

序

前 言

第一章 东昆仑成矿动力学演化	(1)
第一节 东昆仑成矿带区域地质背景	(1)
一、东昆仑地区的构造分区	(1)
二、区域地层	(3)
三、区域岩浆岩特征	(8)
四、区域断裂构造	(15)
五、变质作用	(17)
第二节 区域地球物理特征	(19)
一、区域重力场特征	(19)
二、区域航磁特征	(20)
三、深部地球物理特征	(21)
四、地球物理特征与有色金属矿产分布	(21)
第三节 东昆仑地球动力学演化	(23)
一、东昆仑成矿带构造分区地质背景	(23)
二、东昆仑构造带动力学演化	(25)
第二章 典型矿床及主要成矿作用研究	(34)
第一节 肯德可克钴金铋矿床	(34)
一、成矿地质背景	(34)
二、矿床产出地质背景	(35)
三、矿床地质特征	(37)
四、成矿条件分析	(42)
五、成矿物质来源	(44)
六、矿床成矿机理及成因	(46)
第二节 驼路沟钴（金）矿床	(47)
一、成矿地质背景	(47)
二、矿床产出地质背景	(48)
三、矿床地质特征	(50)

四、成矿条件	(54)
五、成矿物质来源	(58)
六、矿床成矿机理	(60)
第三节 督冷沟铜钴矿床	(61)
一、成矿地质背景	(61)
二、矿床产出地质背景	(62)
三、矿床地质特征	(63)
四、成矿条件	(64)
五、成矿物质来源	(66)
六、矿床成矿机理及成因	(68)
第四节 主要成矿作用	(68)
一、喷流热水沉积成矿作用	(68)
二、热液成矿作用	(70)
第三章 钴矿成矿系列及成矿模式	(71)
第一节 成矿系列研究现状	(71)
第二节 东昆仑钴矿成矿系列	(72)
一、喷流沉积(矿源层)+热液叠加改造型钴矿床	(72)
二、热水沉积—变形改造型钴矿床	(74)
三、矽卡岩型钴矿床	(75)
四、热液脉型钴矿床	(76)
第三节 东昆仑成矿带钴矿成矿模式	(77)
一、区域矿床模式	(77)
二、区域钴矿成矿演化	(79)
第四章 东昆仑钴矿成矿潜力评价	(81)
第一节 东昆仑钴矿成矿条件	(81)
一、区域成矿构造条件	(81)
二、区域成矿作用时间、空间规律	(82)
三、区域地球化学、地球物理条件	(83)
四、岩浆作用条件	(84)
五、构造地质条件	(85)
六、特殊含矿岩石条件	(86)
第二节 东昆仑不同钴矿类型的找矿标志	(94)
一、喷流沉积(矿源层)+热液叠加改造型钴矿床	(94)
二、热水沉积—变形改造型钴矿床	(95)
三、矽卡岩型钴矿床	(95)
四、热液脉型钴矿床	(96)

第三节 东昆仑钴矿潜力评价 (96)

 一、东昆仑成矿带钴矿分布特征 (96)

 二、东昆仑成矿带钴地球化学 (97)

 三、东昆仑各种类型钴矿找矿潜力 (98)

 四、东昆仑钴矿主攻矿床类型 (98)

英文摘要 (100)

参考文献 (104)

图版

第一章 东昆仑成矿动力学演化

第一节 东昆仑成矿带区域地质背景

研究区处于青藏高原北部的东昆仑山系,是青藏高原腹地的主要山系之一。东昆仑地区也是我国造山带重要组成部分,它西起青海新疆两省省界,东抵鄂拉山附近,北邻柴达木盆地,南止于木孜塔格—布青山一带,夹持于阿尔金山和瓦洪山两条区内断裂之间,面积达 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上。

该区大地构造位置处于华北板块南缘,南北大陆在东昆仑一带相互对接,依据区域构造,该区南界是以昆南断裂(又称秀沟—玛沁断裂)与可可西里—巴颜喀拉印支构造带相隔,东昆仑呈东西向展布,归属于华北陆块南西侧陆缘活动带和特提斯构造带北缘,亦属于中国大陆中央造山带西段(姜春发,1993;殷鸿福等,1999;青海省地质矿产局,1991)。

一、东昆仑地区的构造分区

东昆仑具有华北—塔里木型陆壳特征,为中厚—厚壳型岩石圈(吴功建等,1989),正常地幔热结构的稳定冷地块(沈显杰等,1990),明显的多层结构——上地壳、上低速层、中地壳、下地壳、上地幔,地壳厚度约为 55km(崔作舟等,1990),属地质历史上的陆缘活动带。根据区域地质特征和 3 条区域性划界断裂(昆北断裂、昆中深断裂和昆南深断裂),姜春发等(1992)分为 3 个区域构造单元:昆北褶皱断裂带、昆中杂岩中间隆起带和昆南褶皱带。前二者总体地质特征类同,仅发展后期因昆中断裂发育而被分开。许志琴等(1996)以昆北、昆南缝合带为界,划分为昆北、昆中、昆南地体。

东昆仑现今区域构造具近东西向展布的分带特征,由北至南可区分为昆北构造带、昆中构造带、昆南构造带,与可可西里—巴颜喀拉印支褶皱带相接。三个构造分带的主要地质特征总结见表 1-1。

东昆仑地区的构造分区是一些由断裂分隔的近东西向条块,条块间相互既有联系又有区别,元古宙时期它们都同属于华北地台的南缘,有共同的演化历史,在早古生代时期,它们与柴北缘、祁连山地区一起从华北地台裂解出来,共同经历拉张—闭合不断反复的演化过程,构成中央造山带的一部分,在整个中国大陆的演化中有重要的地位。晚古生代到早中生代,随着古特提斯洋的演化,巴颜喀拉—阿尼玛卿洋的俯冲、关闭,本区又受到强烈的岩浆岩活动,既有大规模的岩浆侵入,也有大量的火山喷发。中生代以后进入陆内演化阶段,新生代以后受印度大陆碰撞影响,随青藏高原一起抬升。

根据地质事件、火山岩构造组合、沉积建造、成矿作用。东昆仑地区本次研究可进一

表 1-1 东昆仑区域构造分带特征简表

构造分带	昆北构造带	昆中构造带	昆南构造带
发育地层	古元古界基底变质岩, 奥陶系火山—沉积岩, 泥盆系—下二叠统海陆交互相沉积岩系, 上三叠统陆相火山岩	古元古界基底变质岩, 中—新元古界盖层沉积, 泥盆—下二叠陆相, 浅海相沉积岩系	中—新元古界火山—沉积岩, 奥陶系火山—沉积岩, 志留系火山—沉积岩, 三叠系沉积岩夹火山岩, 侏罗系—第四系陆相沉积
岩浆活动	花岗岩类侵入岩发育, 主要为海西—印支期, 火山岩类主要发育于古生代	花岗岩类侵入岩发育, 主要为中—新元古代, 海西—印支期, 中生代有火山岩零星出露	火山岩类发育, 新元古代、早古生代、晚古生代—中生代多期活动, 出露侵入岩多为海西期, 印支—燕山期较少
构造变形	前寒武系穹窿构造, 加里东期以后发育线性构造 (褶皱、断裂)	前寒武系穹窿构造, 加里东期以后发育北西向线性构造 (剪切带、褶皱、断层)	东西向线性构造为主, 加里东—印支期多期褶皱构造发育
区域矿产	喷流—沉积 Fe、Co、Bi、Zn、Pb、Sn、Au 矿	与岩浆岩有关的 Fe、Cu、Pb 矿; 与韧性剪切带有关的 Au 矿	三叠系层控型 Au 矿; 与志留系喷流—沉积 Cu、Co、Au 矿

步划分为东昆仑北带 (祁漫塔格裂陷槽区)、东昆仑中带 (昆中花岗—变质杂岩带或中间隆起带)、东昆仑南带 (复合拼合带)。

东昆仑北带 (祁漫塔格加里东裂陷槽区): 北邻柴达木坳陷, 南以祁漫塔格南缘断裂为界与东昆仑中带分开, 西北由托拉萨河凹陷分隔, 与阿尔金断裂遥遥相对, 是一个顶朝向西北的弧形构造带, 被北侧柴达木古陆和南侧昆中断裂所夹持, 构成一个裂陷槽。

展布于柴达木地块的西南边缘。构造带主体由中、上奥陶统滩间山群火山复理石建造组成。目前关于祁漫塔格构造带的构造归属主要有两种观点: 一种以新疆维吾尔自治区地质矿产局 (1982) 和青海省地质矿产局 (1991) 为代表, 强调祁漫塔格与柴达木地块的亲缘性, 认为祁漫塔格构造带是柴达木地块晚奥陶世的裂陷活化区, 此后又经历了多次构造变动的改造; 另一种观点以姜春发等 (1992)、杨金中等 (1999, 2000)、李曰俊等 (2000) 为代表, 强调祁漫塔格构造带与东昆仑造山带的亲缘性, 主张祁漫塔格是东昆仑造山带的一部分, 具有造山带的性质。其经历了加里东期裂解—闭合和晚华力西—印支期陆缘—陆内复合造山过程。早古生代 (晚奥陶世) 形成的裂陷槽, 是区域上北祁连—东昆仑多岛洋的一部分, 志留—中泥盆世俯冲碰撞, 汇入区域上的加里东造山系, 并成为中央造山带的西部早期单元之一。古特提斯洋的向北俯冲, 导致昆北构造带的活化和复合造山作用, 并形成了众多的热水喷流叠加的多金属矿床。

东昆仑中带 (昆中花岗—变质杂岩带或中间隆起带): 限制于昆北断裂带和昆中断裂之间, 是夹持于昆北裂陷槽和昆南洋之间的微陆块。东西长约 900km, 南北宽约 40km 的近东西向条形区, 青海省地质矿产勘查局 (1991) 称东昆仑北坡断隆、姜春发等称 (1992) 昆仑中带为中间隆起带或花岗岩带、张以蓓等 (1997) 称东昆仑中部断隆。此次研究认为该带主要由不同期花岗岩类组成, 从古中国地台解体后的基底残块, 从基底形成

之后一直处于隆起状态。称为昆中花岗—变质杂岩带或中间隆起带更为合适。

该带主要由不同期次的各类花岗岩组成，古元古界金水口群广泛分布，以发育大量强烈变形的变质基性火山岩（斜长角闪岩）、陆源碎屑岩（片麻岩类）、镁质碳酸盐岩为特征，偶见泥盆纪陆相砂砾岩和石炭纪海相灰岩、碎屑岩。岩浆活动从前兴凯期到燕山期均有发生，具有多旋回的特点，以华力西—印支期侵入岩体为多，存在西老东新的规律，从而控制贵金属、有色金属、黑色金属矿产的展布。

东昆仑南带（复合拼合带）：位于昆中断裂南侧，南以昆南断裂（又称秀沟—玛沁断裂）与可可西里—巴颜喀拉印支构造带相隔，西被阿龙断裂所截，东抵瓦洪山断裂，为一东西长约 1500km，南北宽约 60km 的复合拼合带。黄汲清等（1984）称布尔汉布达山优地槽褶皱系、青海省地质矿产局（1991）称柴达木南缘台褶带、姜春发等称（1992）昆仑南带、张以菲等（1997）称昆南断裂造山带，我们研究认为是复合拼合带，是在元古宙基底上裂解的新元古代末—早古生代洋，万宝沟大洋高原形成，在加里东末期，万宝沟大洋高原沿昆中断裂的位置拼贴到柴达木地块之上。受印度与亚洲板块碰撞的影响，昆南陆缘活动带被强烈地叠覆造山。说明印支期在东昆仑裂陷槽最终封闭和强烈的变形。东昆仑南带分布最广的是大洋玄武岩高原万宝沟群，其次是纳赤台群。它们沿昆中断裂南侧自西向东分布，构成了一个长达 800km 的火山—沉积岩带，为一套浅—半深海相碎屑岩—基性火山岩—镁铁质碳酸盐岩组合，普遍遭受绿片岩相变质。

二、区域地层

现有研究资料分析，在东昆仑地区，出露地层具有时代跨属范围大（Pt—Qz）、区域差异明显的特点。就地层发育时代而言，主要集中在前寒武纪、早古生代奥陶纪、晚古生代石炭—二叠纪、中生代三叠纪及新生代几个时间段中。在区域分布上；昆中、昆北带出露地层较相近，除奥陶纪、泥盆纪及晚三叠纪地层在发育程度上有一定区别外，其余各时代地层特征相似，应属同一地层区带。相比而言，昆南、昆北及昆中带有显著差异（表1-2）。

（一）前寒武系

南带与昆北、昆中带的寒武系存在明显差异，在昆中及昆北带，发育早元古代中—深变质岩系及中—新元古代浅变质沉积建造，具前寒武纪陆台建造的“二元”结构特征。而在昆南带，除局部零星出露古元古代深变质岩（呈孤立小块体）外，主要发育中—新元古界火山岩及沉积岩，属陆台边缘裂陷槽建造性质。古元古界—金水口群（ArPtj）是一套中、高级变质岩系，以发育大量变质基性火山岩（斜长角闪岩）、陆源碎屑岩（片麻岩类）、镁质碳酸盐岩为特征，总厚度近于 10000m。柴达木南缘分区为金水口群，昆仑山南坡分区为苦海群，是柴达木陆块结晶基底的主要组成部分。关于金水口群的时代归属，近年来取得的同位素年龄数据有四组①767.1~934.5Ma；②1196~1441Ma；③1549.3~1666.6Ma（Rb—Sr法）；④1846Ma（青海省地质志，1991）。王云山（1992）曾在苦海和白沙河两地区的斜长角闪岩组合样中获得了 2448Ma。的最大年龄，另外在邻区柴周缘的其他地区也获得了较老的年龄值（湟源东峡混合花岗岩 2469Ma，锆石 U—Pb

法)。目前金水口群引用最多的年龄为 $1846 \pm 109\text{Ma}$ (金水口花岗片麻岩, Rb - Sr 法)。以上年龄大都代表了金水口群的变质年龄, 因此, 金水口群的实际形成时代应不晚于古元古代。

表 1-2 东昆仑岩石地层单位序列表

界	系	统	昆北、北中分区	昆南分区	
新 生 界	第四系	全新统	Qh		
		更新统	Qh ₃		
			七个泉组 Q _{p-2} ¹⁻² q	Q _{p-2} ¹⁻²	
	第三系	上新统	狮子沟组 N ₂ s	N ₂	
			油沙山组 N ₂ y		
		中新统	干柴沟组 ENg	N ₁	
		渐新统			
		始新统	路乐河组 E ₁₋₂ l		
		古新统			
中 生 界	白垩系	上统	J ₁ q		
		下统			
	侏罗系	上统	J ₁		
		中统			
		下统			
	三叠系	上统	鄂拉山组 T ₃ e		八宝山群 T ₃ bb
		中统		闹仓堡沟组 T ₂ n	
		下统		洪水川组 T ₁ hn	
	古 生 界	二叠系	上统		
下统			打柴沟组 P ₁ d	树维门科组 P ₁ s	
石炭系		上统	锦放苏组 C ₂ t	浩特洛哇组 C ₂ ht	
		下统	大干沟组 C ₁ dg	哈拉郭勒组 C ₁ hl	
泥盆系		上统	哈尔扎组 D ₃ hr		
			黑山沟组 D ₃ h		
志留系					
奥陶系		上统	滩间山群 O ₃ tn	纳赤台群 O ₃ nc	
寒武系					
元 古 宇	新元古界	震旦系	丘吉东沟组 Qnq		
		青白口系			
	中元古界	蓟县系	狼牙山组 Jxl		
		长城系	小庙组 Chx		
	古元古界		金水口群 ArPt ₁ j		
					苦海群 Pt ₁

东昆仑地区广泛出露的结晶岩系主要为古元古代变质作用的产物, 不同地段岩石组合具有可比性, 表明元古宙具有一致地质环境; 古元古界为中压角闪岩相, 其原岩为砂质泥岩 - 基性火山岩 - 富镁碳酸盐岩, 代表了古克拉通边缘或从古克拉通边缘分离出来的陆块之间的优地槽环境。

中、新元古界在昆北及昆中带表现相同。昆中断裂带出露较好, 自下而上中元古界为长城系小庙组、蓟县系冰沟群狼牙山组及新元古界青白口系丘吉东沟组, 岩石普遍经历高绿片岩相变质作用, 变质强烈, 在岩体外围和构造带尤为明显。具有高温低压变形特点。主要岩性是小庙组 (Chx) 以石英岩、云母石英片岩、变长石石英岩夹黑云斜长片麻岩与大理岩 (厚度 714m), 冰沟群狼牙山组 (Jxb) 为白云质大理岩、硅化白云质大理岩为特征, 夹少量碎屑碳质板岩 (厚度 5982m)。丘吉东沟组 (Qnq) 是一套以碎屑岩为主的地层 (厚度 1500m)。这些地层变质程度较低, 除小庙组局部为角闪岩相外, 其余均为绿片

岩相，它们之间的接触关系多为平行不整合接触，整体显示稳定环境沉积及其变形变质特点。

昆南带的中、新元古界为万宝沟群 (Ptw)，主要分布于青藏公路两侧的万宝沟、纳赤台一带，为一套浅变质的碎屑岩、中基性火山岩和碳酸盐岩组合。据岩石化学研究 (杨经绥等, 1987)，火山岩中的玄武岩来源于上地幔，其分异作用不发育。

根据青海省地质矿产勘查局 (1991)，昆南带苦海杂岩主要是一套混合岩、黑云斜长片麻岩、片岩、斜长角闪岩及少量大理岩。这套岩石零星分布于昆南带苦海和纳赤台等地区，其 Sm-Nd 等时线年龄为 (1927 ± 34) Ma 和 (1771 ± 130) Ma，与金水口群相近，推测其原岩时代也为元古宙晚期。

万宝沟群，由一套浅变质碎屑岩、火山岩和浅变质碳酸盐岩组成。自上而下可划分四个岩组，即下碎屑岩组、火山岩组、碳酸盐岩组、上碎屑岩组。中下部无疑属活动型沉积，向上逐步过渡为稳定型沉积。其严格受东西向断裂构造控制，呈断块产出，与其他地层多呈断层接触。总体上看，万宝沟群的沉积特征和旋回在早期为浅海向上到藻白云岩逐渐变为潮上一潮间带，局部可能暴露。

万宝沟群的时代是争议最大的一个问题，潘裕生等 (1996) 在万宝沟群的建组剖面的碳酸盐岩中采到叠层石，其鉴定为辽南系叠层石，时代在 $(850 \sim 700)$ Ma，属震旦系。在同位素分析中，许志琴等 (1997) 在万宝沟群的建组剖面的火山岩中，对玄武岩取样，Rb-Sr 等时年龄为 (684 ± 54) Ma (Sr 同位素初始比为 0.7037 ± 0.00042)，潘裕生等 (1996) 对玄武岩 Rb-Sr 等时年龄为 (667 ± 21) Ma。阿成业等 (2003) 将其厘定为震旦—寒武纪地层。本书赞同这种观点。

(二) 下古生界

东昆仑地区的下古生界由两部分组成，其一是万宝沟群火山—沉积岩系，代表了下古生界 (震旦—寒武纪) 东昆仑洋之沉积；其二是滩间山群和纳赤台群火山—沉积岩系，是早古生代的晚期，东昆仑再次裂解形成的小洋盆或裂陷槽环境下的产物。

下古生界在东昆仑主要发育在昆南带和昆北带，在昆南带为纳赤台群，昆北带为滩间山群，二者均为奥陶纪地层。

李光岑等 (1982) 将纳赤台群自下而上分为水泥厂组、石灰厂组和哈拉巴依沟组，并根据灰岩层中所产的珊瑚、腹足类等化石将其时代定为晚奥陶世—早志留世。朱志直等 (1985) 在万宝沟西岔沟、纳赤台东及小南川五十八大沟等地采到叠层石，时代定为晚前寒武纪 (蓟县纪—青白口纪)，并将万宝沟、温泉沟一带的砂板岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩为主的一套地层从纳赤台群中独立出来，命名为新的地层单位——万宝沟群。姜春发等 (1992) 将万宝沟群自下而上分为下碎屑岩组、火山岩组、碳酸盐岩组和上碎屑岩组，时代定为中、新元古代，但不排除包括震旦纪和寒武纪的可能性。

早寒武世小壳动物化石的发现进一步证明，东昆仑中段的构造演变应在震旦纪以后。在万宝沟一带发生褶皱隆起的同时，周边地区则明显侧向沉降，接受了寒武—奥陶纪沉积。因此，在东昆仑地区，地层明显以万宝沟一带为中心侧向上有逐渐由老变新的趋势 (季强, 1997)。

滩间山群 (O_3tn) 主要分布于东昆仑祁漫塔格一带的滩间山群是一套变质程度各异