

柴达木盆地南北缘 成矿系列及找矿预测

Demonstration of Exploration and Development of the Mineralization System
in the Northern and Southern Margins of the Qaidam Basin

潘彤 等著



柴达木盆地南北缘成矿系列及找矿预测

Demonstration of Exploration and Development of the Mineralization System
in the Northern and Southern Margins of the Qaidam Basin

潘 彤 等著

内容摘要

本书将实地调查与地勘生产工作紧密结合,深入研究了柴达木盆地南北缘地区的主要金、铜、铅锌和铁矿床成矿背景环境,编制了1:50万大地构造图,确定了每个阶段地质事件与成矿作用的关系;以现代区域成矿理论为指导,系统论述了该区域的金属成矿条件和矿床时空分布规律,划分出8个成矿系列;建立了柴达木盆地南北缘覆盖—浅覆盖区不同类型矿床物探、化探有效找矿方法组合;通过药剂复配和改性,难选冶矿石回收率明显提高;针对柴达木盆地南北缘的矿产资源开发利用提出了盆地、流域和典型矿区水资源保障模式,为进一步的快速勘查、矿产资源高效利用提供了科学依据。

图书在版编目(CIP)数据

柴达木盆地南北缘成矿系列及找矿预测/潘彤等著. —武汉:中国地质大学出版社,2019.7
ISBN 978-7-5625-4577-4

- I. ①柴…
II. ①潘…
III. ①柴达木盆地-成矿预测 ②柴达木盆地-找矿
IV. ①P617.244

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 118058 号

柴达木盆地南北缘成矿系列及找矿预测		潘彤等著
责任编辑:王凤林 舒立霞	选题策划:毕克成 张旭	责任校对:徐蕾蕾
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)		邮编:430074
电 话:(027)67883511	传 真:(027)67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn
经 销:全国新华书店		http://cugp.cug.edu.cn
开本:880毫米×1230毫米 1/16		字数:737千字 印张:23.25
版次:2019年7月第1版		印次:2019年7月第1次印刷
印刷:武汉中远印务有限公司		印数:1—1200册
ISBN 978-7-5625-4577-4		定价:238.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《柴达木盆地南北缘成矿系列及找矿预测》

编委会

主 编:潘 彤 王秉璋 张爱奎
编 委:孙晓华 黄 勇 刘玉军 李善平 赵呈祥
喻忠鸿 何书跃 陈建州 马志康 谢海林
许 光 宋维刚 刘智刚 魏占浩 陈巧妹
徐永峰 郭宏业 张金明 陈 静 刘永乐
张 勇 张大明 赵玉卿 彭 晋 王金海
白国龙 张昆宏 熊 馨 刘光莲 孙非非
马 鹏 李凤廷 马兴华 谭立谓 金婷婷
任 华 黄 鑫 权国仓 张啟兴 杜生鹏
安生婷 周 鹏 李善忠 刘彩乐 夏春兰
张健健

序

柴达木盆地南北缘蕴藏丰富的矿产资源,以“聚宝盆”而闻名于世,是青海省工业经济发展的主要依托。自从青海省实施“358”地质勘查工程以来,通过国家大规模投入,先后发现了夏日哈木造山型岩浆熔离型超大型镍铜矿,祁漫塔格地区成为了中国十大勘查开发基地,东昆仑成矿带“金腰带”轮廓初步显现,柴达木盆地北缘“三稀”矿产资源取得了重大发现。这些重大发现及找矿突破使该区成为我国重要的极富潜力的多金属战略性靶区之一。本书全面反映了柴达木盆地南北缘地区最新的找矿成果,全面总结了该区主要金属矿床的成矿特征、成矿规律及找矿工作,并具有以下特色。

(1)实际资料丰富。作者将实地调查,与地勘生产工作紧密结合,深入研究了柴达木盆地南北缘地区的主要金、铜铅锌和铁矿床成矿背景环境,按前南华纪、南华纪—奥陶纪、志留纪—泥盆纪、石炭纪—侏罗纪4个阶段编制了1:50万大地构造图,确定了每个阶段地质事件与成矿作用的关系。基础工作扎实,给读者以深刻的印象。

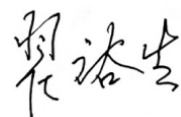
(2)综合研究系统全面。作者以现代区域成矿理论为指导,系统论述了该区域的金属成矿条件和矿床时-空分布规律;划分出8个成矿系列,即中元古代与沉积变质作用有关的铁-锰-石墨矿床成矿系列、早古生代蛇绿岩内铬铁矿床成矿系列、早古生代早期与热水喷流沉积作用有关的铅锌-钴(锰)矿床成矿系列、早古生代早期与黑色岩系沉积作用有关的钒矿床成矿系列、志留纪—泥盆纪与岩浆作用有关的镍-铜-钴-金-“三稀”矿床成矿系列、晚古生代与沉积作用有关的铅锌-金矿床成矿系列、二叠纪与岩浆-构造作用有关的汞矿床成矿系列、中生代与岩浆作用有关的铁-金-银-多金属矿床成矿系列,对柴达木盆地南北缘地区成矿规律的认识达到了一个新的高度。

(3)建立了柴达木盆地南北缘覆盖—浅覆盖区不同类型矿床物探、化探有效找矿方法组合;通过药剂复配和改性,难选冶矿石回收率也有明显提高;针对柴达木盆地南北缘的矿产资源开发利用提出了盆地、流域和典型矿区水资源保障模式,为进一步的快速勘查、矿产资源高效利用提供了科学依据。

(4)科学研究与地勘生产紧密结合,用最新的地质研究成果指导发现多处金、铜、铁、银、铷矿(床)点,有的已经达到大、中型矿床规模。

总之,该书是对柴达木盆地南北缘地区近年来金属矿产找矿工作进展和科学研究成果的系统总结,既有扎实的矿区工作基础,又有对柴达木盆地南北缘成矿背景的深入思考与论述,提出了一些很有见地的创新观点,对今后柴达木盆地南北缘地质找矿工作的指导和借鉴意义是不言而喻的。

同时衷心希望柴达木盆地南北缘地区有更多的、重大的找矿成果出现,以有力地支持我国的经济建设。



2019年1月16日

前 言

研究区范围地处青海省西北部,介于东经 $90^{\circ}16'$ — $99^{\circ}16'$ 、北纬 $35^{\circ}00'$ — $39^{\circ}20'$ 之间。北界为宗务隆山断裂,东界为鄂拉山断裂,南界为昆南断裂,西界为省界,总面积 $25.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

柴达木盆地南北缘蕴藏丰富的矿产资源,以“聚宝盆”而闻名于世。柴达木盆地循环经济试验区是国家首批 13 个循环经济产业试点园区之一,是青海省工业经济发展的主要依托。近年来随着地勘投入进一步的加大,特别是 2009 年以来,青海省政府与国土资源部(现自然资源部)签署省部找矿协议,进行统一规划、统一部署、整装勘查、重点突破,选择柴达木盆地南北缘具有大型、超大型矿床前景的成矿有利地段,通过大规模投入、大兵团作战,新发现一批大—中型金、铜、镍、铅锌等多金属矿产地,并且柴达木盆地北缘页岩气资源、“三稀”矿产资源及铀矿勘查也取得了重大发现。这些重大发现及找矿突破使该区成为我国重要的极富潜力的金属、能源、非金属成矿带之一。

由于柴达木盆地南北缘构造带的地质演化具复杂性、多旋回性,加之气候、交通等原因,对该区地质演化和柴达木盆地的发展过程亦缺乏了解,对不同矿种的成矿系统探讨不够,在很大程度上制约了人们对金属矿产和盆地页岩气分布规律的认识;目前的研究水平与技术手段直接影响和制约了对矿产资源的快速有效勘探。在环境保护的条件下,柴达木盆地南北缘地区地表矿产资源不断减少,深部矿产资源的预测亟待资源高效利用与快速突破。

受该研究区地域广阔、自然条件极其恶劣、区内交通环境限制,经费投入相对薄弱,目前地质研究和开发程度仍然较相邻地区(川、滇、新)差,特别是对西段的广大地区仍然涉足很少,且有以下问题需要解决:一是柴达木盆地南北缘成矿构造演化,矿床的形成是区域地质发展历史特定阶段的产物,加之近年一批高精度年龄数据测定,该区的大地构造单元有待进一步厘定,分阶段成矿构造专属性有待探讨;二是从矿产资源评价角度看,虽然前人对柴达木盆地南北缘地区的成矿远景区以及主攻矿种、主攻矿床类型已有不少的认识,但仍未能从成矿系列的角度进行探讨,在很大程度上制约了我们对金属矿产分布规律的认识;三是解决好有效方法手段组合,这是实现找矿突破所面临的重要问题,探索高效利用难选冶矿,有效地进行环境保护;四是开展盆地南北缘中长期矿产资源开发中水资源供需研究,分析柴达木盆地矿产资源开发的水资源保障条件,进行矿产开发中水资源的优化配置,提出该地区矿产开发中水资源的保障模式是当务之急。

鉴于上述种种原因,以正在实施的整装勘查项目为依托,以研究柴达木盆地南北缘不同类型矿产成矿系统为主线,着眼于柴达木盆地南北缘,抓住一个关键地质作用过程及柴达木盆地周缘地区成矿构造轮廓,揭示地壳裂解和汇聚过程中矿产富集规律。解决两个资源评价、高效利用关键问题:①旱地区物探、化探有效方法技术组合;②难选冶矿石综合回收示范基地建设。聚焦两个保障:一是柴达木盆地南北缘开发水资源保障;二是围绕主要的成矿系统以及主要成矿类型在已知矿集区建立“成矿模式”,在成矿预测区进行“应用检验”,提交多金属矿产地,增加资源量。

围绕总体目标任务,课题分解为 5 个课题,50 余人直接参与,历时 3 年多,跋山涉水,克服了高寒缺氧、交通不便等诸多因素,野外调查历时 200 余天,实地调查了柴达木盆地南北缘 4 个重要成矿区段,重点研究、解剖了该区重点成矿带典型矿床(点)并对其进行了详细的调查、取样。对哈日扎、卡尔却卡北、卡尔却卡 C 区、可特勒高勒、那西郭勒、它温查汉西铁难选铁多金属矿,五龙沟、哈布吉可高勒、孕日力

根、罗根郭勒、昆仑河、虎头岩、拉陵灶火中游、滩间山地区(金龙沟、青山)那更康切尔银矿床,哈日扎银多金属矿床,杂科合砷银铜矿床进行了详细的野外踏勘、地质编录、实测地质剖面 and 岩矿(选矿)取样等工作,取得了较为深入的认识,同时在野外调查中与有关单位在该区的项目组进行实地调研和交流,相互沟通了主要野外工作成果及认识,圆满完成了任务书所规定的各项任务,取得了如下成果。

(1)建立柴达木盆地南北缘铁、铜、铅锌、金等金属矿床成矿模式和找矿模型;根据大地构造演化与成矿作用的特点,将柴达木盆地南北缘矿床成矿时代划分为前南华纪、早古生代早期、志留纪—泥盆纪、晚古生代、中生代 5 个时期,厘定出 3 个矿床成矿系列组合、8 个矿床成矿系列、13 个矿床成矿亚系列和 19 个矿床式。

(2)以矿床成矿系列理论为指导,利用“协优找矿预测”思维和“相似类比”的方法,划分了成矿远景区 37 处,共圈定 53 处找矿靶区,成功申请项目 48 项。通过对哈日扎、卡尔却卡北、卡尔却卡 C 区、可特勒高勒、那西郭勒、五龙沟、哈布吉可高勒、尕日力根、罗根郭勒、昆仑河、虎头岩、拉陵灶火中游、滩间山地区(金龙沟、青山)进行有效的野外指导,新增铜铅锌金属资源量 $310 \times 10^4 \text{t}$,金资源量 40t,铁矿石资源量 $6900 \times 10^4 \text{t}$,锰矿石资源量 $220 \times 10^4 \text{t}$,石墨资源量 $167 \times 10^4 \text{t}$,银资源量 500t。

(3)解决了柴达木盆地南北缘覆盖—浅覆盖区火山岩型铅锌矿床、柴达木盆地南缘岩浆热液—石英脉型钨矿床和构造蚀变岩型金矿床有效找矿方法的“瓶颈”问题。

(4)通过药剂复配和改性,研制出了适宜柴达木盆地南缘铁铜多金属矿低毒环保的选矿新药剂,并应用于它温查汉西铁难选铁多金属矿,所得铜精矿的铜品位 14.88%,铜综合回收率 75.28%;浮选—弱磁选—尾矿氰化应用于铁金矿中金品位 16.16×10^{-6} ,金回收率为 82.57%;铁精矿、伴生银得到综合回收,银回收率达 88.92%。经济效益得到明显提高。

(5)在五龙沟、拉陵灶火矿区发现 4 处水源地靶区。针对柴达木盆地南北缘的矿产资源开发利用提出了盆地、流域和典型矿区水资源保障模式,以及满足矿区水资源需求的水资源合理配置方式。

在系统收集资料、野外实地调查、室内综合分析研究及参阅了大量文献的基础上,通过项目组全体成员的共同努力完成了本书的编写工作。全书共分为 6 章:前言由潘彤、赵呈祥、徐永峰、彭晋完成;第一章由王秉璋、张金明、马志康、陈静完成;第二章由张爱奎、刘智刚、谢海林、何书跃、陈建州、宋维刚、魏占浩、马鹏、李凤廷、黄鑫、权国仓完成;第三章由张爱奎、何书跃、李善平、刘永乐、张勇、张大明、王金海、白国龙、张昆宏、金婷婷、任华完成;第四章由张爱奎、陈建州、魏占浩、张啟兴、杜生鹏、安生婷、周鹏、李善忠、刘彩乐、夏春兰、张健健、熊馨、刘光莲、孙非非完成;第五章由刘玉军、喻忠鸿、许光完成;第六章由孙晓华、黄勇、郭宏业、马兴华、杜生鹏、张啟兴、赵玉卿、谭立谓完成;最后由潘彤统一修改、定稿。英文摘要由陈巧妹完成,在此表示感谢!翟裕生院士提出了宝贵修改意见并给书作序,在此表示深深的谢意!

本书的出版得到了青海省科技厅的大力支持,与本书相关课题的野外踏勘地质调查工作是在青海省地质矿产勘查局及局属相关单位的大力支持下完成的,在此一并表示感谢!

由于作者受研究水平、时间等因素的限制,书中难免出现疏漏或不足,敬请读者批评指正。

著者

2019 年 3 月

目 录

第一章 柴达木盆地南北缘成矿地质构造环境	(1)
第一节 国内外研究现状	(1)
第二节 不同构造格架与地质过程	(2)
一、柴达木盆地南北缘前南华纪地质	(2)
二、柴达木盆地南北缘南华纪—早志留世地质	(14)
三、柴达木盆地南北缘志留纪—泥盆纪地质	(45)
四、柴达木盆地南北缘晚古生代—中生代地质	(65)
第二章 柴达木盆地南北缘典型矿床	(91)
第一节 前南华纪典型矿床	(91)
一、那西郭勒沉积变质型铁-石墨矿床	(91)
二、洪水河沉积变质型铁-锰矿床	(97)
第二节 早古生代早期典型矿床	(101)
一、锡铁山热水喷流沉积型铅锌矿床	(101)
二、驼路沟热水喷气沉积型钴矿床	(105)
第三节 早古生代晚期典型矿床	(110)
一、夏日哈木岩浆熔离型镍-铜-钴矿床	(111)
二、青龙沟构造蚀变岩型金矿床	(116)
三、交通社花岗岩型铷-铯-钽矿床	(120)
第四节 晚古生代典型矿床	(122)
第五节 中生代典型矿床	(127)
一、野马泉砂卡岩型铁多金属矿床	(128)
二、卡尔却卡砂卡岩型-斑岩型复合型铁铜金多金属矿床	(133)
三、虎头崖砂卡岩型多金属矿床	(138)
四、五龙沟构造蚀变岩型金矿床	(144)
五、那更康切尔热液型银矿床	(150)
第三章 柴达木盆地南北缘矿床成矿系列	(156)
第一节 柴达木盆地南北缘矿床成矿规律	(156)
一、控矿地质条件	(156)
二、矿床时空分布规律	(163)

第二节 柴达木盆地南北缘矿床成矿系列	(171)
一、成矿系列研究现状	(171)
二、矿床成矿系列划分	(172)
三、构造演化与矿床成矿系列	(174)
第四章 找矿预测及靶区优选	(180)
第一节 国内外找矿预测现状	(180)
第二节 找矿预测流程	(182)
一、找矿预测思路及方法	(182)
二、技术流程	(182)
第三节 矿床成矿(亚)系列找矿预测要素模型	(184)
一、不同成矿系列的成矿要素	(184)
二、中元古代与沉积变质作用有关的预测要素模型	(189)
三、早古生代早期与热水喷流沉积作用有关的预测要素模型	(190)
四、志留纪—泥盆纪与岩浆作用有关的镍—铜—钴矿床预测要素模型	(191)
五、志留纪—泥盆纪与岩浆—构造作用有关的金矿床预测要素模型	(193)
六、志留纪—泥盆纪与岩浆作用有关的“三稀”矿床预测要素模型	(194)
七、二叠纪与砾岩沉积作用有关的金矿床预测要素模型	(194)
八、三叠纪与岩浆作用有关的铁—银—金—多金属矿床预测要素模型	(195)
九、三叠纪与岩浆—构造作用有关的金矿床预测要素模型	(198)
第四节 找矿远景区及靶区	(199)
一、中元古代与沉积变质作用有关的找矿远景区及靶区	(199)
二、早古生代早期与热水喷流沉积作用有关的找矿远景区及靶区	(204)
三、志留纪—泥盆纪与基性—超基性岩浆作用有关的找矿远景区及靶区	(210)
四、志留纪—泥盆纪与岩浆—构造作用有关的找矿远景区及靶区	(217)
五、志留纪—泥盆纪与中酸性岩浆作用有关的找矿远景区及靶区	(220)
六、二叠纪与砾岩沉积作用有关的找矿远景区及靶区	(223)
七、三叠纪与岩浆作用有关的找矿远景区及靶区	(227)
八、三叠纪与岩浆—构造作用有关的找矿远景区及靶区	(235)
第五节 重点找矿靶区勘查成果	(242)
第五章 柴达木盆地南北缘有效找矿方法技术	(248)
第一节 基于典型矿床物化探找矿方法试验研究	(248)
一、柴达木盆地北缘达达肯乌拉山陆相火山岩型铅锌矿床	(248)
二、柴达木盆地南缘铜金山岩浆热液型—石英脉型钨多金属矿床	(258)
三、柴达木盆地南缘黑刺沟构造蚀变岩型金矿床	(268)
第二节 物化探找矿有效方法组合总结及应用	(284)
一、物化探有效找矿方法组合总结	(284)
二、物化探找矿有效方法应用	(286)

第六章 柴达木盆地周边资源高效利用与水资源保障模式	(289)
第一节 柴达木盆地南北缘铁多金属矿矿石	(289)
一、铁多金属矿矿石特点	(289)
二、难选铁多金属矿试样	(289)
第二节 柴达木盆地南北缘铁多金属矿选矿试验方案	(293)
一、铁多金属矿选矿方案确定	(293)
二、需要解决的关键技术问题	(294)
三、铜硫优先浮选——浮选尾矿弱磁选铁工艺方案试验	(294)
四、铜硫混合浮选工艺方案试验	(295)
五、铜硫分离闭路试验	(299)
六、铜硫混合浮选——铜硫分离试验小结	(299)
七、新型药剂对铜回收率的影响	(300)
第三节 柴达木盆地南北缘矿产开发水资源需求	(305)
一、国内外研究现状	(305)
二、柴达木盆地中长期矿产开发需水量	(306)
第四节 盆地、流域和典型矿区水资源保障模式	(311)
一、柴达木盆地南北缘矿产资源开发水资源保障的有利条件	(311)
二、柴达木盆地南北缘矿产资源开发水资源保障的不利条件	(316)
三、盆地、流域和典型矿区水资源保障模式	(319)
Abstract	(332)
图版	(335)
主要参考文献	(344)

第一章 柴达木盆地南北缘成矿地质构造环境

第一节 国内外研究现状

世界范围内的成矿环境研究已聚焦在有潜力寻找大型、超大型矿床区段的重要成矿区带。成矿带精细的空间结构的建立、精细的时间演化过程的建立成为成矿区带成矿背景研究的主流。成矿建造与成矿构造的研究仍然是焦点和难点。

随着青藏高原研究的热潮,众多地质学者或科研工作者在青藏高原进行了大量的地质专题研究,出版或发表了大量的地质专著和科研论文,同时公布了大量高精度测试成果,这些研究工作多涉及到了柴达木盆地周缘的山系。几十年来众多地质学家出版了《青藏高原 1:150 万地质图及说明书》《昆仑开合构造》《青藏高原北部加里东构造带与原特提斯》等科研专著,极大地推动了青海省基础地质研究工作,同时青海省内专家学者亦发表了《可可西里-巴颜喀拉三叠纪沉积盆地的形成和演化》《青海省东昆仑-柴达木南北缘 1:50 万区域地质图及说明书》《青海鄂拉山地区铜多金属矿成矿模式研究》《青海省东昆仑-西秦岭构造带航磁、重力资料深化解译报告》等专著、报告。2000 年以来,青藏高原成为全国地质研究的重点地段,大批地质论文及博士、硕士论文发表,对推动青海省地质矿产研究的发展起到了重要的作用。

全省系统的成矿地质背景始于 1970 年,分别编制完成了第一代和第二代 1:100 万青海省地质图,1971 年出版的《1:100 万青海省地质图及其说明书》、1979 年出版的《青海省区域地层表》及《青海省古生物图册》、1981 年出版的《青海省构造体系图》,基本反映了当时的科研水平和资料基础;1991 年出版了《青海区域地质志》及《1:200 万青海省岩浆岩图》等相关地质图件;1997 年青海省地质矿产局完成了《青海省岩石地层》,较系统地清理了青海省岩石地层,成为青海省地层划分的基础;1999 年青海省地质矿产局以区域地质志为基础,完成了 1:50 万青海省数字地质图,2002—2005 年青海省地质矿产局开展了“青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测工作”,开展了青海省境内各成矿区、带的成矿地质背景及成矿规律研究,开展了全省境内找矿靶区优选与预测,新编了 1:100 万青海省地质图。尤其是 2003—2007 年青海省地质矿产局完成《1:100 万青海省地质图》《1:100 万青海省大地构造图》,以新板块构造、超大陆旋回、地幔柱构造和大地构造相理论为指导思想,建立了一种新的青海省大地构造格架,侵入岩部分使用了岩石构造组合的理论体系,图面采用岩性+时代和代表岩石构造组合类型花纹的双重表达方式,并对大地构造相的表达意义进行了探讨。2007—2013 年开展全国矿产资源潜力评价项目,对全省地质矿产资料进行了综合整理,其中成矿地质背景课题完成了全省 1:25 万实际材料图和建造构造图、1:50 万建造构造图和 1:50 万大地构造相图的编制,完成了系列说明书及综合研究报告,本着为矿产服务的目的,研究了地质背景与成矿作用的关系,但大量已完成的 1:5 万资料未能得到收集利用,缺乏系统的整理和提升。

自 20 世纪 60 年代起,柴达木盆地南北缘开展了系统的中、小比例尺区域地质调查工作,目前已基本完成了中比例尺(1:20 万)区域地质调查和大比例尺(1:5 万)区域地质调查或矿产地质调查,为柴

达木盆地南北缘成矿地质背景的研究工作提供了扎实的区域地质资料。

第二节 不同构造格架与地质过程

在中国大地构造方案中(潘桂棠等,2009),柴达木盆地及周缘的造山带位于秦祁昆造山系的西段,本次研究工作大地构造的划分总体上在这一框架下开展(图1-1)。秦祁昆造山系位于康西瓦-木孜塔格-玛沁-勉县-略阳结合带以北,塔里木陆块(Ⅲ)、华北陆块(Ⅱ)以南的带状区域,也有学者称中央造山带,包括红柳沟-拉配泉-北祁连结合带、北祁连弧盆系、中南祁连弧盆系、疏勒南山-拉脊山结合带、阿中地块、阿帕-茫崖-柴达木盆地北缘结合带、柴达木地块、西昆仑弧盆系、东昆仑弧盆系、秦岭弧盆系、大别-苏鲁地块、康西瓦-南昆仑-玛多-略阳结合带等次级单元。南部与西藏-三江造山系相邻。

本次工作主要完成了编制前南华纪、南华纪—早志留世、志留纪—泥盆纪、晚古生代—早中生代4个阶段1:50万大地构造图,重塑了4个阶段柴达木盆地南北古构造格架与地质过程,建立了重大地质事件与成矿事件的关系。



图1-1 柴达木盆地南北缘构造位置示意图(据潘桂棠等,2009修改)

一、柴达木盆地南北缘前南华纪地质

书中通过对柴达木盆地南北缘前南华纪物质组成和变质作用的研究,将前南华纪构造格架划分为祁连-西秦岭中元古代古陆块、全吉新太古代—古元古代古陆块、达肯大坂古元古代古陆块、金水口中元古代古陆块、巴颜喀拉古陆块5个一级构造单元。这些陆块自新元古代以来具有相似的地质演化历史(陆松年等,2002)。

根据构造演化和物质组成的差异,将全吉新太古代—古元古代古陆块进一步划分为全吉新太古

代—古元古代隆起区、察汉河中—新元古代岩浆岩带 2 个二级构造单元；将达肯大坂古元古代古陆块划分为达肯大坂古元古代隆起区、绿梁山中元古代岩浆岩带、哈莉哈德山新元古代岩浆岩带 3 个二级构造单元；将金水口中元古代古陆块划分为金水口中元古代隆起区、冰沟中元古代裂谷、万保沟新元古代裂谷 3 个二级构造单元(表 1-1,图 1-2)。

表 1-1 柴达木盆地南北缘前南华纪构造单位划分表

一级单元	二级单元	三级单元
祁连-西秦岭中元古代古陆块 I		
全吉新太古代— 古元古代古陆块 II	全吉新太古代—古元古代隆起区 II-1	
	察汉河中—新元古代岩浆岩带 II-2	
达肯大坂 古元古代古陆块 III	达肯大坂古元古代隆起区 III-1	
	绿梁山中元古代岩浆岩带 III-2	
	哈莉哈德山新元古代岩浆岩带 III-3	
金水口中元古代 古陆块 IV	金水口中元古代隆起区 IV-1	南山口-诺木洪沟脑中元古代盆地 IV-2-1
	冰沟中元古代裂谷 IV-2	
		景忍中元古代盆地 IV-2-2
	万保沟新元古代裂谷 IV-3	
巴颜喀拉古陆块 V		

(一) 祁连-西秦岭中元古代古陆块 I

祁连古陆块的地理范围主要指中祁连山,陆块的北边界以北祁连造山带与阿拉善微大陆相隔,南以南祁连造山带与欧龙布鲁克微大陆相邻(陆松年,2002)。祁连古陆块中的前寒武纪地层在中祁连山东部称为湟源岩群,上覆低级变质至未变质的新元古代晚期湟中群和早寒武世花石山群。湟源群由云母片岩、石榴云母片岩、蓝晶石榴云母片岩、黑云斜长变粒岩、石英岩和大理岩组成,地层中局部出现石墨云母片岩。在湟源-西宁公路旁,侵入湟源群的响河岩体获得了 $917 \pm 12\text{Ma}$ 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄(郭进京,1999),其地层时代应不晚于中元古代。中祁连山西部前寒武纪变质基底称野马南山岩群,岩石组合及变质程度与湟源群颇为相似,但被 $1499 \pm 21\text{Ma}$ 的糜棱岩化花岗岩所侵入,因此野马南山岩群的时代应早于 1.5Ga。在上述变质基底之上不整合覆盖着一套低级至未变质的沉积地层,其中以湟中群为代表,该群下部以变质粗碎屑岩为主,夹绢云片岩,在变碎屑岩层中保存有很好的交错层理等原生沉积构造,上部由变粉砂岩、板岩和不纯结晶灰岩组成,层序与欧龙布鲁克微大陆上的全吉群颇为接近。从变质程度和岩石组合特征分析,湟中群与下伏变质基底应存在一个由构造运动所造成的不整合面,但由于后期造山作用的强烈叠加,这一原始接触面已被改造成断层面。湟中群之上平行不整合覆盖着含早寒武世化石的花石山群,主要由碳酸盐岩地层组成。由于受花石山群的限定,湟中群和全吉群一样,时代应归属新元古代晚期。西秦岭古陆块大致是指青海南山北缘断裂——土门关断裂以南,宝成铁路以西,玛沁-略阳断裂以北,柴达木地块以东的广阔地域,包括中吾农山、青海南山、鄂拉山、西倾山等山系。秦岭岩群组成秦岭地块的主体,为一套高级变质表壳岩系,经历了角闪岩相变质作用。秦岭岩群主体形成于中元古代而不是前人所认为的古元古代(冯益民,2003)。

(二)全吉新太古代—古元古代古陆块 II

全吉新太古代—古元古代古陆块是柴达木盆地北缘形成最早的古陆块(陆松年等,2002a),出露于柴达木盆地东北端的察汗诺向西经乌兰、德令哈,布依坦乌拉山、绿草山一带呈北西向断续绵延超过500km的狭长地带。北界以宗务隆断裂与祁连-秦岭中元古代古陆块相邻,南东与达肯大坂古陆块相隔,西端尖灭于鱼卡河一带。由于万洞沟群时代依据不足,构造属性无法判断,其分布区暂不划分单元。根据演化过程及其前后特定大地构造环境的差异将古陆块进一步划分为全吉新太古代—古元古代隆起区和察汗河中—新元古代岩浆岩带2个二级构造单元。

1. 全吉新太古代—古元古代隆起区 II-1

全吉新太古代—古元古代隆起区主体由新太古代—古元古代德令哈杂岩、古元古代达肯大坂岩群和中元古代万洞沟群组成。

1) 地层

(1) 新太古代—古元古代德令哈杂岩

德令哈杂岩自西向东分布于全吉山—德令哈—乌兰等地,总体呈北西—南东向展布。为一套斜长角闪岩—花岗质片麻岩—混合岩组合(陆松年等,2002),以大面积分布的新太古代—古元古代(2.47~2.37Ga)肉红色花岗质片麻岩为主。斜长角闪岩以规模和形态不等的捕虏体、透镜体赋存于花岗质片麻岩中,另外还有一套主体为泥质、长英质片岩、片麻岩及少量条带状不纯大理岩的中深变质表壳岩系。

花岗质片麻岩:主要岩性为正长花岗片麻岩、二长花岗片麻岩、石英二长片麻岩和花岗闪长片麻岩。岩石学及地球化学特征反映后碰撞花岗岩,形成于造山后由挤压向伸展的转换过渡阶段。在德令哈地区,花岗片麻岩、角闪二长片麻岩分别获得 $2451.4 \pm 7.5\text{Ma}$ 、 $2436 \pm 12\text{Ma}$ 的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄值(青海省地质调查院,2016a),指示花岗片麻岩形成时代为古元古代早期(2.47~2.37Ga)。

混合岩类:主要分布于全吉山及绿草山煤矿一带,岩性主要为长英质黑云二长混合岩、石英质含斜长微斜混合岩、蚀变长英质黑云斜长条带状混合岩、长英质二长条带状混合岩、长英质含角闪黑云二长条带状混合岩、长英质黑云斜长条带状混合岩、石英质含黑云二长条带状混合岩。原岩主要为中酸性火山岩。

斜长角闪岩:研究区西侧斜长角闪岩多以构造块体的形式出现,规模较大;在东侧则以夹层形态出露,规模较小。主要为黑云斜长角闪岩、含石榴角闪斜长片麻岩、斜长角闪片岩等镁铁质变质岩类。斜长角闪岩原岩类型为基性火山岩类,可能形成于活动大陆边缘弧后盆地环境。德令哈地区斜长角闪岩透镜体 TIMS 锆石 U-Pb 年龄为 $2412 \pm 4\text{Ma}$ (陆松年等,2002)。

表壳岩系:岩石组合为长英质片麻岩、变粒岩和浅粒岩以及少量条带状不纯大理岩,以无大规模变质石英岩而与达肯大坂岩群相区别(陈能松等,2007)。片麻岩和变粒岩都发育浅色体,测得德令哈杂岩的深熔作用年龄[浅色体结晶 TIMS 锆石 U-Pb 年龄片麻岩中为 $1946.8 \pm 7.8/-7.3\text{Ma}$;角闪岩中为 $1960 \pm 19/-15\text{Ma}$ (Chen et al,2009)],表明在1950Ma左右有一次深熔作用。最新资料已将德令哈杂岩中最老的漠河花岗质岩体进一步约束在 $2470 \pm 19/-18\text{Ma}$ (李晓彦等,2007)。由于岩体的形成年龄接近2500Ma,有理由推断该表壳岩系形成于新太古代。

综合上述分析,本次将德令哈杂岩的时代厘定为新太古代—古元古代。

(2) 古元古代达肯大坂岩群

古元古代达肯大坂岩群出露于布赫特山、察汗诺一带,呈北西—南东向展布。由于断层的破坏、不同时代岩体的侵入,地层出露零散,岩石均遭受了不同程度的变形、变质、变位作用,主要为一套碎屑岩类火山岩的岩石组合,划分的3个岩组分别为片麻岩岩组、片岩岩组和大理岩岩组。形成于岛弧和活性陆缘的过渡环境(王洪强等,2016)。

布赫特山地区黑云石英片麻岩和斜长角闪岩 Sm-Nd 等时线年龄分别为 $2\,027 \pm 19\text{Ma}$ 和 $2\,085 \pm 14\text{Ma}$ (王洪强等,2016),为古元古代沉积岩变质的产物。红铁沟地区达肯大坂岩群角闪斜长片麻岩获得 $2\,318.4 \pm 9.6\text{Ma}$ LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄,代表了角闪斜长片麻岩的结晶年龄,即角闪斜长片麻岩形成的地质时期为古元古代早期。

(3) 中元古代万洞沟群

带内中元古代万洞沟群仅分布于布赫特山一带,与达肯大坂岩群呈断层接触。分为 3 个岩性组:下部碎屑岩组,主要岩性为千枚岩;中部碳酸盐岩组,主要岩性为大理岩;上部火山岩组,主要岩性为绿片岩(青海省地质调查院,1998)。万洞沟群主要为一套浅变质陆源碎屑岩-碳酸盐岩沉积岩系,局部发育少量变质火山岩,其沉积时代下限目前仅受全岩 Rb-Sr 等时线年龄($1\,022 \pm 64\text{Ma}$)约束(于凤池等,1994)。

2) 侵入岩

(1) 基性—超基性侵入岩

A. 古元古代基性—超基性岩。古元古代基性—超基性岩出露于德令哈东山口与黑石山水库一带,已发生角闪岩相变质而转化为斜长角闪岩,属于亚碱性拉斑玄武岩系列。获得 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $1\,852 \pm 15\text{Ma}$ (Lu et al,2008)和 $1\,834 \pm 23\text{Ma}$,MSWD=0.57 的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄(廖梵汐等,2015)。

B. 中元古代基性—超基性岩,出露于全吉新太古代隆起区东端,呼德生一带。该岩体被肢解为多个透镜状岩块,已变质为斜长角闪岩。原岩岩石属亚碱性玄武岩类,岛弧拉斑玄武岩系列。在辉长岩中获得的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $1\,712 \pm 47\text{Ma}$ (廖梵汐等,2015)。

C. 新元古代基性—超基性岩。王惠初(2006)在滩间山地区发现了新元古代时期侵位的辉长岩,可能形成在陆缘裂谷环境,形成时代为 $837 \pm 3\text{Ma}$,代表原岩的侵位年龄。此外,柴达木盆地北缘鱼卡河、锡铁山和都兰等地区的超高压榴辉岩锆石中获得了 $850 \sim 700\text{Ma}$ 的原岩形成年龄(杨经绥等,2003;Zhang et al,2005),说明其原岩形成在新元古代。岩石地球化学分析结果显示,柴达木盆地北缘地区原岩形成于新元古代的超高压榴辉岩,大部分具有板内玄武岩或 E-MORB 的特征,因此多数研究者认为这些榴辉岩原岩的形成与 Rodini 超大陆裂解过程有关(Zhang et al,2005;Chen,2009;Song,2010)。

(2) 中—酸性侵入岩

古元古代变质侵入岩是区内已知最古老的一次岩浆活动,分布于绿草山、布依坦乌拉山一带。岩体形态呈不规则的长条状,呈北北西向展布,多与德令哈杂岩呈平行片麻理构造接触,局部变形较弱地段仍可见到二者为侵入接触。主体为弧花岗岩+同碰撞花岗岩,少量为板内花岗岩。用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年法在花岗闪长岩中获得 $2\,445 \pm 35\text{Ma}$ 、 $2\,460 \pm 84\text{Ma}$ 的年龄,二长花岗岩片麻岩中获得 $2\,357 \pm 39\text{Ma}$ 、 $2\,407 \pm 25\text{Ma}$ 的年龄(陕西省地质矿产勘查开发局第一地质队,2015)。

2. 察汉河中—新元古代岩浆岩带 II-2

该带在平面上呈不规则带状北西向展布于生格—察汉诺一带,岩体较集中出露于拜兴特一带,在绿梁山、胜利口一带也有少量分布。主要岩石类型为灰白色条带状或眼球状二云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩。原岩可能主体为似斑状中粒花岗闪长岩—二长花岗岩。岩石化学特征具有过铝质钙碱性岩石系列的特点。赛坝沟(沙柳河之北)变质花岗闪长岩获得全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $946.5 \pm 24\text{Ma}$ (张建新等,2003)。

(三) 达肯大坂古元古代古陆块 III

总体呈北西西向展布于柴达木盆地北缘,北侧与全吉古陆块相邻,南以布格重力异常推测区域性大断裂与金水口中元古代陆块接壤,向西延出省,东端于哈莉哈德山一带被哇洪山—温泉断裂截切。进一