

祁连山铜金钨铅锌矿床 成矿规律和成矿预测

贾群子 杨忠堂 肖朝阳 全守村 邹湘华 等著



QILIANSHAN TONGJIN WUQIANXIN KUANGCHUANG
CHENGKUANGGUILU HE CHENGKUANGYUCE

地质出版社

祁连山铜金钨铅锌矿床 成矿规律和成矿预测

贾群子 杨忠堂 肖朝阳 全守村 邹湘华
肖思云 王升勤 李宝强 李百祥 伍跃中 著
郭周平 段永民 苏亮红 雷学武 张 转

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书以祁连大地构造及成矿演化为主线,以当代区域成矿学理论为指导,应用构造—成岩—成矿的研究思路,研究了区域成矿地质背景和成矿地质条件,划分了构造单元;系统地阐述了花岗岩类的时空分布特征,并探讨了其形成的构造环境及与成矿的关系;阐明了铜、金、钨、铅、锌的主要成矿类型及特征,总结了时空分布规律,建立了区域成矿系列和找矿模型,首次在全区开展了铜金钨铅锌等矿种多元信息成矿预测和地球化学块体成矿潜力预测;论述了寻找铜、金、钨、铅、锌矿床的主攻类型和目标区,提出了祁连成矿带地质找矿工作的部署建议。

本书思路清晰,资料丰富翔实,图文并茂,实用性强。可供从事区域地质、构造、岩石、矿床等方面的勘查、科研人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

祁连山铜金钨铅锌矿床成矿规律和成矿预测/贾群子等著. —北京:地质出版社, 2007. 11
ISBN 978—7—116—05529—2

I. 祁… II. 贾… III. ①祁连山—金属矿床—成矿规律—研究
②祁连山—金属矿床—成矿预测—研究 IV. P618. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 178389 号

责任编辑:刘凤仁 陈军中

责任校对:郑淑艳

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)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:西安地质矿产研究所印刷厂

开 本:889mm×1194mm¹/16

印 张:20 彩插:10 面

字 数:550 千字

印 数:1—800 册

版 次:2007 年 11 月北京第 1 版·西安第 1 次印刷

定 价:55.00 元

书 号:ISBN 978—7—116—05529—2

(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)

前 言

祁连山地处秦祁昆纬向山脉的中段,以其特有的北西西走向斜置于中国西部。该区地层出露齐全,构造—岩浆热事件多旋回发生,变形及变质作用强烈,地质构造复杂多样,矿产资源极为丰富。20世纪50年代以来,祁连地区通过大规模地质调查和矿产勘查等工作,发现了数百处矿产地,成为我国有色金属、贵金属等矿产的重要基地之一。国家经济建设的发展和西部大开发战略的实施,对地质矿产工作提出了更高的要求。在这种形势下,如何全面提高祁连成矿带的总体研究水平,深化对该成矿带成矿地质条件、成矿规律和找矿方向的认识,攻克研究区内影响找矿的重大疑难地质问题,优选祁连山地区矿产资源评价的重点工作区,更好地指导区域地质矿产勘查工作,成为当前急需解决的重要问题。为此,中国地质调查局设立了《祁连成矿带成矿规律和找矿方向综合研究》(编码:200110200081,起止时间2001—2003年)和《祁连成矿带重大找矿疑难问题研究》(编码:200420190002,起止时间2004—2005年)两个国土资源大调查项目。

本书是在《祁连成矿带成矿规律和找矿方向综合研究》和《祁连成矿带重大找矿疑难问题研究》两份成果报告的基础上,经提炼、修改和补充而完成的专著。

本书对全区地层、火山岩及含矿性、区域构造、地球物理、地球化学、遥感影像等特征进行了论述,研究了区域地质背景和成矿环境,划分了构造单元;阐述了区内侵入岩,尤其是花岗岩的时空分布规律、地质—地球化学特征及其与成矿的关系;以铜、钨、金、铅、锌等为主攻矿种,对区内的代表性矿床进行了详细的解剖,并归纳了各类矿床的成矿特征和控矿因素;总结了区域矿产的时空分布规律,划分了成矿区带,综述了各(区)带的主要特征,分析了构造演化与矿床形成的制约关系;应用地球化学块体和矿床综合预测模型法对区内的铜、金、钨、铅锌等矿产进行了成矿预测,圈定了成矿预测区;指出了寻找铜、金、钨、铅锌矿床的主攻类型和目标区,实事求是地提出了祁连成矿带地质找矿工作的部署建议。本书充分应用了前人的工作成果资料和作者5年来的工作收获,是迄今为止该区区域成矿研究最新的系统总结。

本书为一项集体研究成果,是不同单位、多学科交叉研究的结晶。各章执笔者为:前言—贾群子;第一章—肖思云、李百祥、李宝强、伍跃中、王升勤、雷学武、张转;第二章—王升勤、杨忠堂、全守村、邹湘华、贾群子;第三章—杨忠堂、全守村、邹湘华、郭周平、段永民、苏亮红、贾群子;第四章—贾群子、杨忠堂、全守村;第五章—肖朝阳、贾群子、李宝强、肖思云、全守村;第六章—贾群子、邹湘华;结论—贾群子、杨忠堂。全书由贾群子、杨忠堂统编定稿。

宜昌地质矿产研究所汪雄武、魏小辉等参加了部分室内外工作。研究工作是在中国地质调查局、西安地质矿产研究所领导的大力支持、精心组织和指导下完成的。任有祥研究员、张瑞林研究员、任秉琛研究员和杨军录教授级高级工程师等在项目论证、立项申请过程中付出了辛勤的劳动。在工作过程中,得到甘肃省地质调查院、青海省地质调查院和甘肃省有色地质勘查局的鼎力相助,并在资料使用和工作上等诸多方面提供了方便,为研究工作的顺利展开和完成提供了保证。本书吸取和利用了历年在祁连地区工作的甘肃省地勘局、青海省地勘局、甘肃省地质调查院、青海省地质调查院、甘肃省有色地质勘查局、青海省有色地质勘查局、西安地质矿产研究所、矿产资源研究所等单位和各方面地质工作者的成果和资料。研究工作得到了汤中立院士,夏林圻、张二朋、宋志高、邬介人、李文渊、徐学义研究员,任丰寿、任家祺、彭德启、高兆奎、杜玉良、叶得金、党兴彦、赵俊伟教授级高级工程师及李英教授等的大力支持和指导。野外工作期间得到安涛、周俊烈、韦学团、周宏、王富春、马云海、王建军、任育智、张玉成、龚智、郭朝辉等高级工程师的大力支持和热情帮助。在此,谨向以上单位和个人致以衷心的感谢!

目 次

前 言

第一章 成矿地质背景	1
第一节 区域地层	1
第二节 火山岩及含矿性	25
第三节 区域地球物理特征	35
第四节 区域地球化学特征	44
第五节 遥感影像特征	59
第六节 地质构造及分区	65
第二章 侵入岩及成矿作用	75
第一节 基性、超基性侵入岩	75
第二节 中酸性侵入岩	78
第三节 侵入岩与成矿的关系	139
第三章 主要矿床类型和特征	141
第一节 区域矿产概况	141
第二节 铜矿床类型和特征	144
第三节 钨矿床类型和特征	184
第四节 金矿床类型和特征	203
第五节 铅锌矿床类型和特征	212
第四章 成矿系列和成矿规律	221
第一节 区域控矿因素分析	221
第二节 成矿系列	225
第三节 区域金属矿产成矿区带	228
第四节 区域构造演化与成矿	239
第五章 成矿预测	245
第一节 成矿预测的理论和方法	245
第二节 多元信息成矿预测	246
第三节 地球化学块体资源潜力预测	264
第四节 成矿远景区的圈定	273
第六章 成矿远景区优选和工作部署建议	293
第一节 选区总体思路 and 部署原则	293
第二节 成矿远景区优选、工作部署和工作方法建议	294
结 语	304
主要参考文献	307
主要参考资料	312

第一章 成矿地质背景

祁连成矿带位于秦祁昆成矿域的中部（陈毓川等，1999），空间分布与祁连造山带一致，其西起党金山口，被北东东向的阿尔金断裂斜切，夹持在华北地台与柴达木地块之间，沿青、甘、宁毗邻地带向南东延伸至陕、甘交界的天水、宝鸡一带，与秦岭造山带相接。自元古宙以来，经历了多次裂解与造山过程，使祁连造山带各时代的地层发育齐全，岩石类型复杂多样，岩浆活动频繁，火山活动强烈，断裂构造发育，岩石变质变形强烈，为该地区矿化提供了丰富的物质来源和成矿空间，形成了以铜、铅、锌、钨、铁、镍、金等为主的矿产资源，素有“中国的乌拉尔”之美称。

第一节 区域地层

按照《西北区区域地层》区划（张二朋等，1998）的划分方案，祁连山地层系统属于华北地层大区（V）秦祁昆地层区（ V_1 ）的祁连-北秦岭地层分区（ V_1^{2-} ）及东昆仑地层分区（ V_1^{1-} ），包括5个地层小区，分别为：北祁连-终南山地层小区（ V_1^{2-1} ）、中祁连-太白地层小区（ V_1^{2-2} ）、南祁连-丹凤地层小区（ V_1^{2-3} ）、宗务隆-山阳地层小区（ V_1^{1-1} ）及柴达木地层小区（ V_1^{1-2} ）的北部。5个地层小区均以深大断裂为界，呈北西西向平行排列（图1-1）。

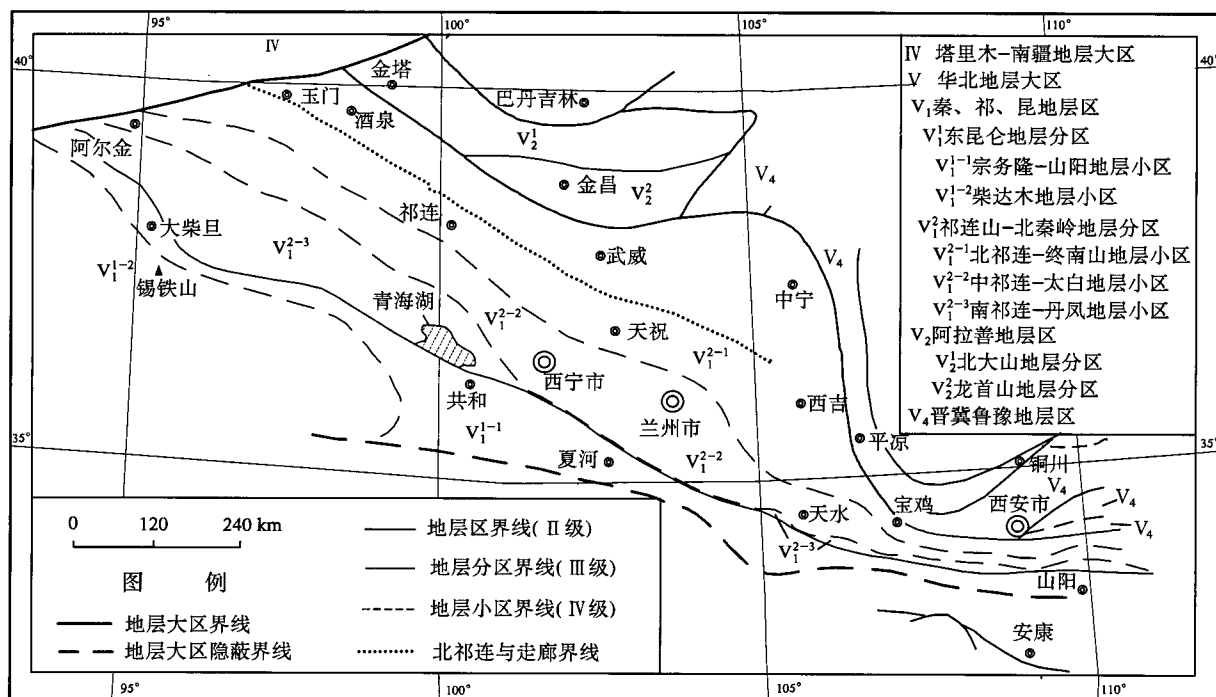


图 1-1 祁连山及邻区地层区划

本书所采用的祁连山地层系统以1:50万地质数据库图中的岩石地层单位为基础，根据1998年全国地层多重划分对比研究的《西北区区域地层》（张二朋等，1998）及陕、甘、宁、青岩石地层（陕、甘、宁、青地质矿产局，1998），对一些岩石地层单位的时代进行了厘定；又根据甘、青两省

新编的1:100万地质矿产图^①及1:5万、1:20万地质图对某些岩石地层单位的分布范围做了一些修改和补充;还根据最新的一些基础地质研究成果及本次研究的实地调研,对个别岩石地层单位(如葫芦河组)在地层特征、岩石组合及沉积建造等方面做了一些修正(上述修改、补充将在地层系统描述中具体说明)。

祁连山地区地层发育齐全,除普遍缺失泥盆系下统,泥盆系中统发育不全和局部地区缺失青白口系外,从太古宇到新生界均有分布,岩石类型复杂多样,地层单位大致有180个之多。加里东运动为祁连地区最强烈的一次构造运动,本书以加里东构造运动为界,将祁连山地层系统分前寒武系、早古生界、晚古生界—新生界三部分来叙述。

一、前寒武系

前寒武系在祁连山5个地层小区均见出露(表1-1),但主要分布于中祁连-太白地层小区内。从太古宙至震旦纪,祁连山地区经历了古陆核形成、裂解、拼合、增生,发展至陆壳成熟、克拉通化,直至大陆冰川出现的前寒武纪地壳演化的全过程,形成各种火山-沉积(变质)建造。

(一) 中太古界

察汗郭勒麻粒岩(Ar_2chgl)

分布于青海湖以西,乌兰县之东北的察汗郭勒,属于宗务隆-山阳地层小区。呈团块状、透镜状夹于达肯大坂岩群中,出露长约4km,宽1~2km;少数呈捕虏体产于印支期二长花岗岩中。麻粒岩单体长5~100m,宽1~10m,分布方向近东西向,与区域片理一致。

麻粒岩呈灰色致密块状,细粒变晶结构、镶嵌粒状变晶结构。岩石类型有角闪二辉麻粒岩、石榴二辉麻粒岩、二辉麻粒岩和基性麻粒岩,经原岩恢复为拉斑玄武岩(王毅智等,2000)。经区域对比,其时代属中太古代。

麻粒岩的发现表明南祁连山南缘存在着古陆核。察汗郭勒麻粒岩同属于古陆核灰色片麻岩之上的绿岩(带)的一部分。

(二) 古元古界

古元古界主要分布在祁连山及周边地区,出露的地层有中祁连-太白地层小区及北祁连-终南地层小区的北大河岩群、秦岭岩群,中祁连-太白地层小区的托赖岩群、湟源群,南祁连-丹凤地层小区的化隆岩群,宗务隆-山阳地层小区及柴达木地层小区的达肯大坂岩群和白沙河岩组。除湟源群与上覆长城系湟中群不整合接触外,其他岩群(组)均呈构造岩片(块)产出,与周边地层多为断层接触,呈有层无序的高级变质地质体。

1. 北大河岩群($Pt_1B.$)

分布于北祁连及中祁连的西段,其具体位置是甘肃省肃南裕固族自治县祁青乡以东的北大河两岸及阿克塞哈萨克族自治县以南。属于北祁连-终南山地层小区及中祁连-太白地层小区的西端。北大河两岸、石油河及洪水坝河一带的北大河岩群与周边地层为断层接触,呈构造岩片或构造岩块产出;在阿克塞以南地区与长城系为断层接触或与蓟县系花儿地组为角度不整合接触。

岩石组合下段为黑云斜长(奥长)片麻岩、斜长角闪岩、云母石英片岩,上段为云母石英片岩,绿泥石、角闪石、阳起石等绿片岩夹大理岩及磁铁矿条带。据岩石类型、变质矿物组合及原生构造等标志分析,原岩为泥质碎屑岩-火山岩建造。上段夹碳酸盐岩及含铁石英岩建造,厚度497~3115m。具绿片岩相一角闪岩相变质特征,其形成环境为裂陷盆地或陆缘裂谷(张二朋等,1998)。该套地层为多金属矿产的含矿地层,如塔儿沟钨矿、窑洞沟银多金属矿和石油河脑钨、铜、铅矿点等。根据北大河岩群长石石英黑云母片岩Sm-Nd等时年龄为1980Ma(毛景文等,2002),将其时代归属于古元古代。

2. 秦岭岩群($Pt_1Q.$)

秦岭岩群主体分布于北秦岭,在祁连山的分布仅为其西延部分,这也成为祁连山与北秦岭基底

^①甘肃省地勘局,1995,1:100万甘肃省地质矿产图。青海省地勘局,1995,1:100万青海省地质矿产图。

祁连山的秦岭岩群主要分布于甘肃李子园、贾家河一带及刘家峡水库以东的马衔山、武关河等地。呈孤立的零星地质体出现,以断层与周边地层接触,或被中、新生代地层不整合覆盖。上不见顶,下不见底,多数研究者认为其内部为构造岩片叠置,是有层无序的地质体;少数研究者认为无序地质体是因为变质、变形及断裂改造的结果,通过构造解析及变质作用分析,其内部层序是可以恢复的。因此,对秦岭岩群内部层序划分尚有不同的认识。

地 层 系 统		秦 祁 昆 地 层 区		V ₁	
		东昆仑—中秦岭地层分区V ₁ ¹		祁 连 — 北 秦 岭 地 层 分 区 V ₁ ²	
		祁 连 — 丹 凤 地 层 小 区 V ₁ ²⁻³		中祁连—太白地层小区V ₁ ²⁻²	
		南祁连—终南山地层小区V ₁ ²⁻¹		北祁连—终南山地层小区V ₁ ²⁻¹	
寒武系		黑土坡组 (E _{1h})		含磷层	
新元古界	震旦系	全 红藻山组 (Zh) 298.5m		白杨沟群 (ZB) 690—1070m	
		吉 石英梁组 (Zs) 349.8m			
		枯柏木组 (Zk) 128.1m			
		(ZQ) 麻黄沟组 (Zm) 457.5—700.84m			
新元古界	青白口系			王全口组 (Qnw) 118.3—2344.45m	
				五个山组 (Qnwg) 473m	
				其他大坂组 (Qnq) >1055m	
				黄旗口组 (Qnh) 339.40m	
中元古界	蓟县系	冰沟群 (Jxj) 629.5—6009.8m		托莱南山群	
		狼牙山组 (Jxj) 629.5—6009.8m		花儿地组 (Jxh) 361—2983m	
		万洞沟群 (Pt ₂ W) 2050—5810m		南白水河组 (Chn) 4203m	
				北门峡组 (Jxb) 860.6m	
中元古界	长城系			海源群	
				园河组 (Jxy) 800—1200m	
				南华山组 (Jxn) 1400—2945m	
				朱栎树组 (Chh) 1641—2301m	
古元古界	达肯大坂岩群 (Pt ₁ D) 5669m	白沙河岩组 (Ar ₃ ~Pt ₁ b) 2686.7—2756m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
		化隆岩群 (Ar ₃ Pt ₁ H) 2500—9000m		北大河岩群 (Pt ₁ B) 497—3115m	
				刘家台组 (Pt ₁ I) 1082m	
				东岔沟组 (Pt ₁ d) 1797m	
新太古界		托赖岩群 (Pt ₁ T) 6568m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
		温源群 (Pt ₁ H) 6568m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
		温中群 (Chq) 1819.9m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
		磨石沟组 (Chm) 679—1800m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
中太古界		察汗郭勒麻粒岩 (Ar ₂ chg) 2686.7—2756m		秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
				秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
				秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	
				秦岭岩群 (Pt ₁ Q) 12512m	

3

马衔山地区的高级片麻岩系原划为马衔山群,大致在1998年岩石地层清理以后,马衔山群这一岩石地层名称被取消,而改为秦岭岩群。1:50万数据库图中所划马衔山地区的秦岭岩群已不是原马衔山群的分布范围,将原马衔山群混合片麻岩的大部分划为古元古代正长、二长花岗岩,仅把大理岩及部分片麻岩作为地层。本次研究认为该地的萤石矿、大理岩矿及铁矿分布在地层之中,并非分布在正长、二长花岗岩中,因而数据库图中的正长、二长花岗岩的大部分还应该属于地层;并且认为该地区是高级变质岩,岩体与地层混杂,具杂岩性质,难以划分,仍将马衔山地区的古元古代正长、二长花岗岩统一于秦岭岩群之中。

秦岭岩群在北秦岭地区研究程度较高,祁连山地区研究程度较低,但岩石组合、变质变形基本一致,下部为混合岩、片麻岩、变粒岩夹斜长角闪岩、大理岩,中部以大理岩为主,夹斜长角闪岩、斜长石英片岩,上部为黑云斜长片岩、斜长石英片岩,顶部为片麻岩、石英片岩、斜长角闪岩。总厚度大于12512m。变质程度不一,为高角闪岩相—低绿片岩相变质,属高温低压相系。原岩总体为碎屑岩-碳酸盐岩(夹中基性火山岩)-泥质粉砂岩建造。形成于大陆边缘裂陷或裂谷盆地。为与变质(改造)作用有关的高温红柱石矿、矽线石矿及石墨矿的重要含矿地层。

根据河南西峡片麻岩的Th-Pb年龄值2298 Ma、锆石U-Pb一致线上交点年龄值2226 Ma,斜长角闪岩全岩Rb-Sr年龄值1982 Ma,陕西商南斜长角闪岩全岩Rb-Sr年龄值1862 Ma,陕西太白地区斜长角闪岩全岩Rb-Sr年龄值1860 Ma(张二朋等,1998);马衔山片麻岩Sm-Nd模式年龄值2069Ma、2055Ma、2214Ma等^①,考虑Rb-Sr同位素易受后期变形变质的干扰,年龄值有可能偏低,锆石有碎屑成因的可能而年龄值偏高等因素外,秦岭岩群的形成时代应大于1800 Ma,小于2300 Ma,归属于古元古代。但商南斜长角闪岩全岩Sm-Nd年龄值为2973 Ma,也可能包含有太古宙的成分。

3. 托赖岩群(Pt₁T.)

分布于中祁连的托莱南山、走廊南山、冷龙岭以南,呈带状不连续分布。与周边地层多为断层相接触,或被岩浆岩侵吞,或被中、新生代地层不整合超覆,上未见顶,下未见底,基本上呈有层无序的孤立地质体(?)。

主要岩性以片麻岩、片岩、大理岩为主,局部夹石英岩,厚度大于6568m。其原岩为砂泥岩-中基性火山岩-镁质碳酸盐岩建造。赋存大型白云岩矿床及萤石矿床等,在与加里东期花岗岩的接触带有钨矿体形成。托赖岩群无同位素年龄资料,主要根据变质程度高及其与北大河岩群、达肯大坂岩群变质程度相近,将其时代归属于古元古代。

4. 湟源群(Pt₁H)

分布于青海湖以东的中祁连山湟水流域,乐都以西的宝库河一带。底界不明,顶界与长城系湟中群磨石沟组不整合接触。自下而上划分为刘家台组(Pt₁l)和东岔沟组(Pt₁d)。

(1) 刘家台组(Pt₁l)

分布于湟源一带,平安北也有局部出露。下部以含炭质石英云母片岩为主,夹大理岩;上部为中、粗粒大理岩。其底界不明,厚度大于1082m。变质程度较低,为低角闪岩相—低绿片岩相,其原岩建造为炭、泥质碎屑岩-碳酸盐岩建造,形成于浅海环境。与地层有关的矿产有白云岩、大理岩等非金属矿产。

(2) 东岔沟组(Pt₁d)

分布于湟源、娘娘山、宝库河及乐都北山等地。以湟中县东岔沟一带出露完整而得名。其下与刘家台组整合接触,其上被长城系磨石沟组不整合超覆。主要岩石组合为石英片岩、千枚岩、大理岩夹角闪片岩及石英岩,厚度大于1797m。东岔沟组比刘家台组的变质程度要低,可能仅限于低绿片岩相,其原岩建造为碎屑岩-泥砂岩-碳酸盐岩建造,形成于浅海环境。在化隆尕磨滩发现有石英

① 中华人民共和国1:50万地质图数据库中的年龄值。

岩矿床,在乐都下杨家、上杨家、大泉石沟和互助下路沟等地见有沉积变质的铁矿化,在乐都大峡有磷矿化。

湟源群的时代一是根据长城纪湟中群(1755.5 Ma)不整合超覆在其之上,二是湟源群刘家台组中的混合花岗岩锆石 U-Pb 年龄 2469 Ma,东岔沟组片岩 Rb-Sr 等时年龄值 1414~1249 Ma(张二朋等,1998)确定的;Rb-Sr 年龄为均一化年龄值,有可能是变质年龄而偏低。因此,湟源群的形成时间应在古元古代较为合理。

5. 化隆岩群 (Ar_3Pt_1H .)

分布于南祁连日月山-拉脊山以南的哈尔盖、循化一带。化隆岩群与周边地层为断裂接触,或被中元古代及新生代地层不整合覆盖,为上不见顶、下不见底的孤立地质体。

岩石组合为黑云斜长片麻岩、黑云钾长片麻岩夹石英片岩,局部夹混合岩、角闪片岩、大理岩等。厚度 2500~9000m 不等。该群研究程度较低,未进行原岩恢复,总体为混合岩化片麻岩-大理岩变质建造。主要依据其变质程度比湟源群高而将其时代暂归属于新太古代—古元古代(青海省地质矿产局,1998)。

6. 达肯大坂岩群 (Pt_1D .)

分布于南祁连南缘及柴达木盆地北缘,其具体分布位置是宗务隆-青海湖-天水断裂带(F_{24})以南,柴达木盆地北缘南隐伏断裂带(F_{28})以北,西起阿尔金山南坡的阿卡腾能山、青新界山、俄博梁山北山,折向东南的赛什腾山、达肯大坂、绿梁山、锡铁山、全吉山、欧龙布鲁克,东至布赫特山、鄂拉山一带。因被中、新生代地层覆盖或被岩浆岩吞蚀,呈断续分布的孤立地质体。仅在欧龙布鲁克和全吉山一带见不整合伏于震旦纪麻黄沟组之下,并与中元古界万洞沟群为韧性剪切带接触外,与其周边地层多为断裂接触或被中、新生代地层不整合覆盖。呈上不见顶、下不见底的构造岩片或岩块产出。

达肯大坂岩群由各类片麻岩、片岩、大理岩、角闪岩及混合岩组成,出露厚度达 5669m。该岩群发育韧性剪切变质变形,地层中夹有较多的超高压石榴子石橄榄岩、榴辉岩,以及榴辉斜长角闪岩与片麻岩、片岩呈互层出现,表明具高温高压变质相系的特点。其原岩为泥质碎屑岩-中基性火山岩-碳酸盐岩建造。形成于陆缘(地壳表壳)浅海环境,代表地壳初始增厚阶段的沉积。为柴北缘金矿床的主要赋矿地层之一;也是白云岩矿、大理岩矿、高温红柱石矿、矽线石矿形成的有利地层;镁铝榴石橄榄岩的出现应是寻找金伯利岩的有利线索;是石榴子石砂矿的矿源层(全吉河峡谷石榴子石砂矿)(青海省地质矿产局,1991)。

该岩群角闪斜长片麻岩和斜长角闪片麻岩中的角闪石 K-Ar 同位素年龄为 1617 Ma、1516 Ma、1587 Ma 和 1574 Ma;全岩 Rb-Sr 同位素年龄为 1463 Ma 和 1356 Ma;锆石 U-Pb 同位素年龄为 1429 Ma 和 2025 Ma(青海省地质矿产局,1991)。斜长角闪片麻岩中锆石 U-Pb 年龄值为 2462.5 Ma 和 2262 Ma,角闪石 Rb-Sr 等时年龄值为 1556~1463 Ma 等。其中 K-Ar、Rb-Sr 为变质年龄,锆石年龄基本能代表其形成年龄,因而其时代应为古元古代,但不排除包含有太古宇。

近年来随着达肯大坂岩群研究工作的不断深入,将该岩群进行了解体,划分为两个构造单元,北侧为欧龙布鲁克陆块,南侧为鱼卡河—沙柳河高压碰撞构造带,重新厘定的达肯大坂岩群和德令哈杂岩分布于欧龙布鲁克陆块,构成其变质基底,上覆新元古界全吉群,二者为不整合接触。达肯大坂岩群岩石组合为石英岩,含石榴子石、矽线石石英片岩,云母片岩,斜长角闪(片)岩,变粒岩等,原岩是以碎屑岩为主的火山-沉积岩系。侵入于该岩群的呼德生片麻岩单颗粒锆石同位素年龄为 $2202\text{Ma} \pm 28\text{Ma}$,代表该岩群深熔作用产物的淡色脉岩锆石 U-Pb 同位素年龄为 $1939\text{Ma} \pm 21\text{Ma}$ (天津地矿所,2004),故其时代应为古元古代,但不排除包含有太古宇。德令哈杂岩岩石组合为斜长角闪岩-二长花岗片麻岩-混合岩,斜长角闪岩单颗粒锆石同位素年龄为 $2412\text{Ma} \pm 14\text{Ma}$ 、 $2366\text{Ma} \pm 10\text{Ma}$ (陆松年等,2002),基性麻粒岩包体 Sm-Nd 等时线年龄 $1791\text{Ma} \pm 37\text{Ma}$ 和 2519Ma (王智毅等,2000),故其时代应为新太古代—古元古代。

鱼卡河-沙柳河高压碰撞构造带内的原达肯大坂岩群新建鱼卡河岩群,其岩石组合为石榴子石白云母片岩、白云母石英片岩夹大理岩、榴辉岩及榴闪岩,原岩为陆源碎屑岩夹中基性火山岩及碳酸盐岩建造,上覆上泥盆统牦牛山组或阿木尼克组。石榴子石白云母石英片岩单颗粒锆石同位素年龄为 $1420\text{Ma} \pm 389\text{Ma}$ (王惠初等, 2005), 故其形成时代为中元古代。

7. 白沙河岩组 ($\text{Ar}_3\text{Pt}_1b.$)

分布于柴达木东缘鄂拉山地区,周围被华力西期花岗岩侵吞,或与下古生界滩间山群、长城系断裂接触,为无序地质体。

岩石组合以混合岩、混合岩化黑云斜长片麻岩为主,夹大理岩、变粒岩、石英岩,厚度 $2686 \sim 2756\text{m}$,小庙地区见矽线石、红柱石片岩。都兰县金水口混合花岗岩 Rb-Sr 全岩年龄为 1990Ma ,塔鹤多坂日斜长角闪岩 Sm-Nd 等时年龄为 $1929\text{Ma} \pm 33\text{Ma}$,其时代为新太古代—古元古代。

(三) 长城系

广泛分布于祁连山地区,出露的地层有北祁连-终南地层小区和中祁连-太白地层小区的朱龙关群、托莱南山群南白水河组,中祁连-太白地层小区的湟中群、兴隆山群,柴达木地层小区的万洞沟群。岩石为碎屑岩-碳酸盐岩-火山岩组合,代表祁连地区陆壳发展成熟阶段的产物。

1. 朱龙关群 (ChZ)

分布于北祁连、中祁连西部,位于青白口系五个山组之下,古元古界北大河岩群之上。由下而上可划分为熬油沟组 (Cha) 及桦树沟组 (Chh)。

(1) 熬油沟组 (Cha)

分布于走廊南山、托莱山、托莱南山北坡及大雪山等地。与古元古代北大河岩群为断层接触,与上覆桦树沟组为整合接触。

主要岩石组合为暗绿色强蚀变的基性火山岩、变质火山碎屑岩夹凝灰质板岩及碳酸盐岩等,区域变化较大,从东到西碎屑岩增多。厚度 $1458 \sim 2890\text{m}$ 不等。为火山岩-碳酸盐岩建造,其形成环境为活动陆缘盆地。在走廊南山与托莱山之间成为主要含铁地层之一,产有朱龙关式、龙孔式或沙龙式铁矿和白云岩等矿产。

(2) 桦树沟组 (Chh)

分布于走廊南山南坡及托莱南山等地,向西延入阿尔金山东段。其上被托莱南山群不整合超覆或与青白口系五个山组碳酸盐岩呈不整合接触;与下伏熬油沟组为整合接触关系。

岩石以黑、灰绿色千枚岩、白云质灰岩与灰、灰黄色变质粉砂-细砂岩、基性火山岩呈复理式互层为主,由火山岩与灰岩、白云岩、砂岩或板岩组成交替喷发沉积旋回有 8 次之多,厚度为 $1641 \sim 2301\text{m}$ 不等。上部夹变石英砂岩及铁矿层,在走廊南山与托莱山之间成为主要含铁地层之一,产有朱龙关式、龙孔式或沙龙式铁矿;在吊大坂至刘口峡一带含锰硅质岩发育,夹有扁豆状锰矿,亦是钨矿产的重要围岩。为细碎屑岩-镁质碳酸盐岩-基性火山岩含铁、含锰矿层等组成的复理石建造。形成于活动陆缘裂谷环境。

朱龙关群两个组均含叠层石及微古植物,据叠层石及微古植物对比分析,以及在肃北县大泉一带获得熬油沟组玄武岩 Sm-Nd 全岩等时年龄值为 1529Ma ,将朱龙关群的时代归为中元古代长城纪。

2. 托莱南山群南白水河组 (Chn)

托莱南山群分为南白水河组和花儿地组,其时代分别为长城纪和蓟县纪。

南白水河组分布于北祁连及中祁连的托莱山、疏勒南山、查干布尔嘎斯至大雪山一带,阿克塞县安南坝一带也有少量分布,其下超覆于朱龙关群熬油沟组及桦树沟组不同层位之上,其上与托莱南山群花儿地组为整合接触关系。

主要岩性为紫、紫红夹灰黑、灰绿色砂质板岩、粉砂质板岩、石英砂岩夹粉砂岩及灰岩透镜体,局部夹硅质岩,厚度由北西—南东为 $33 \sim 4203\text{m}$ 不等。变质程度为高绿片岩相。原岩为泥砂岩-

碳酸盐岩建造。形成环境为陆缘盆地内侧沉积。其时代归为长城纪。

3. 湟中群 (ChH)

分布于青海湖以东中祁连的湟水流域,乐都以西的宝库河一带,与下伏古元古代湟源群为角度不整合接触,与上覆蓟县系花石山群为平行不整合接触。由下而上划分为磨石沟组 (Chm) 和青石坡组 (Chq)。

(1) 磨石沟组 (Chm)

与上覆青石坡组为整合接触,其岩性主要为一套乳白、灰白、灰黑色及肉红色厚—块层状石英岩、石英岩状砂岩,夹变泥质石英砂岩、板岩、云母石英片岩、绿泥片岩等,底部有石英砾岩。见交错层理、波痕及干裂构造,厚度 679~1800m。

变质程度为低绿片岩相。原岩为石英碎屑岩-泥砂岩建造。成分及结构成熟度较高,形成于坳陷盆地外侧环境。该套地层是石英岩最重要的含矿层位,不仅产地多、储量大,而且品位高、质地纯净, SiO₂ 含量达 97% 以上,窑沟中型和斜沟特大型石英岩矿床为该地层之代表性矿床。

(2) 青石坡组 (Chq)

岩性主要为一套灰色粉砂质板岩、石英粉砂岩,夹中细粒石英砂岩、钙质板岩及含磷炭质板岩。厚度 1819.9m。青石坡组变质程度属低绿片岩相。形成于坳陷盆地的内侧环境。原岩为泥砂岩-碎屑岩-含磷建造。黑沟峡磷矿、秀马沟磷矿均赋于该套地层中,是青海省重要的含磷地层之一。

湟中群的时代,青石坡组 Rb-Sr 同位素等时年龄值 796 Ma 可视为湟中群的变质年龄,湟中群平行不整合于蓟县系花石山群之下,因而其时代归属于长城纪。

4. 兴隆山群 (ChX)

主要分布于大通河以东,祖厉河以西,湟水-洮河以北的中祁连-太白地层小区范围内,此外在葫芦河有局部出露。与上覆蓟县系高家湾组碳酸盐岩为不整合接触,与下伏地层接触关系不清。由于被第四系覆盖或被岩浆岩吞噬等原因,在区域分布上不连续。

兴隆山群主要为一套中基性火山岩、火山碎屑岩夹灰岩、千枚岩、碎屑岩及少量铁矿层透镜体,厚度 1839~2804m。遭受绿片岩相的变质作用。原岩为基性火山岩-泥砂岩建造。形成于活动陆缘裂陷盆地。地层中见铁矿层透镜体,有钨、铅锌矿化并形成矿点。

据采自兴隆山本群地层的 Sm-Nd 年龄值 1037 Ma^①,又不整合于蓟县系高家湾组之下,将其时代归为长城纪。

5. 万洞沟群 (Pt₂W)

分布于乌兰县城西北哇洪山断裂西段,呈带状展布。其与古元古代达肯大坂岩群为断层或韧性剪切带接触,顶、底界线不明,为一孤立地质体。

岩石组合为千枚岩、大理岩、白云岩夹变中基性火山岩及凝灰岩,厚度 2050~5810m。区域上变质程度差异较大,主要为低绿片岩相—角闪岩相。岩石以千枚岩、片岩及碳酸盐岩为主,与以片麻岩为主的达肯大坂岩群有截然的区别。该群总体为泥质碎屑岩-基性火山岩-镁质碳酸盐岩建造。大型金矿床、淋积铁矿产于其中,与变基性火山岩有密切关系。

万洞沟群目前尚无年龄资料,《青海省岩石地层》划为中元古代,《西北区区域地层》划为长城纪—蓟县纪,时代基本相同。本书采用中元古代。

(四) 蓟县系

出露的地层有北祁连-终南山地层小区的海原群,北祁连-终南山及中祁连-太白地层小区的花石山群、托莱南山群花儿地组,中祁连-太白地层小区的高家湾组,柴达木地层小区的冰沟群狼牙山组,为碳酸盐岩-火山岩-碎屑岩建造或碳酸盐岩-碎屑岩建造,代表陆壳发育成熟阶段的产物。

① 中华人民共和国 1:50 万地质图数据库的年龄值。

1. 海原群 (J_xH)

仅分布在宁夏海原县西南的南华山、西华山一带,西延至甘肃靖远县之北,由下而上划分为南华山组 (J_{xn})、园河组 (J_{xy}) 及西华山组 (J_{xx})。

(1) 南华山组 (J_{xn})

其上与园河组呈断层接触,其下未见底。

岩石组合为灰白色二云石英(钠长)片岩、灰绿色绿泥绿帘阳起片岩夹少量大理岩、石英岩透镜体,厚 1406~2945m。变质程度属低角闪岩相—高绿片岩相,原岩为火山岩-泥质碎屑岩建造,形成于陆缘裂陷环境。

(2) 园河组 (J_{xy})

与上覆西华山组为整合接触。

本组主要为厚层大理岩,夹二云石英片岩、钠长绿帘绿泥片岩及含炭质白云母石英片岩。厚 800~1200m。属高绿片岩相变质。原岩为镁质碳酸盐岩夹火山岩建造,形成于陆缘裂陷浅海环境。

(3) 西华山组 (J_{xx})

与下伏园河组为整合接触,上被志留系早峡组角度不整合覆盖。

本组主要为灰、灰白色钠长白云母石英片岩、绿泥白云母石英片岩,夹中基性火山岩、绿帘阳起片岩、大理岩。最厚 4241m 以上。属高绿片岩相变质。原岩为泥质碎屑岩-中基性火山岩-泥质碳酸盐岩建造。形成于陆缘裂陷浅海环境。

南华山组、园河组产微古植物化石。

2. 托莱南山群花儿地组 (J_{xh})

托莱南山群可分为长城系南白水河组和蓟县系花儿地组。

花儿地组分布于托莱南山北坡的其他大坂、花儿地、硫磺山、南白水河一带,肃北县查干布尔嘎斯、黑石沟、夏吾特沟、深沟及阿克塞县库尔勒克沟、安南坝一带。向北延入新疆若羌县境内。与下伏托莱南山群南白水河组为整合接触,与上覆青白口系其他大坂组为平行不整合接触。

岩石组合以灰岩、白云岩为主,局部夹板岩。底部以大套厚层灰岩始现与南白水河组分界,顶部以灰岩、白云岩消失与其他大坂组接触,厚 361~2983m 不等。花儿地组为陆缘浅海环境沉积,镁质碳酸盐岩-泥砂岩建造,形成良好的白云岩、石灰岩矿层。产微古植物及叠层石。

3. 花石山群 (J_{xH})

分布于青海省刚察县赞宝化久山、马老得山、日月山、拉脊山西段一带,在大通县老爷山、互助县南门峡等地亦有零星分布。属中祁连-太白地层小区及北祁连-终南山地层小区。与下伏长城系青石坡组为平行不整合接触,顶界不明或与青白口系其他大坂组为平行不整合接触。自下而上划为克素尔组 (J_{xk}) 及北门峡组 (J_{xb})。其间为平行不整合接触。

(1) 克素尔组 (J_{xk})

岩性主要为灰、深灰、黑灰色薄—厚层状白云质结晶灰岩夹钙质千枚岩,厚 1377.18m。为浅变质的低绿片岩相镁质碳酸盐岩建造,形成于稳定陆缘浅海环境。

(2) 北门峡组 (J_{xb})

岩石组合下部为灰、灰黑色千枚岩;上部以白云岩为主。厚度大于 860.60m。为浅变质低绿片岩相泥砂岩-镁质碳酸盐岩—含磷块岩建造。形成于陆缘浅海环境。底部是含磷块岩的有利层位。

4. 高家湾组 (J_{xg})

分布于榆中县兴隆山高家湾一带。下部以碳酸盐岩层底界与兴隆山群角度不整合接触,或超覆在秦岭岩群之上,上多未见顶。

岩性主要为灰、灰白、深灰、灰黑色中薄—中厚层灰岩、硅质灰岩和白云岩,夹少量钙质千枚岩和板岩。以碳酸盐岩富燧石条带及结核为特征,偶夹石英岩扁豆体。厚 400~1427m。属低绿片岩相变质。原岩为偏镁质碳酸盐岩建造,形成于陆缘浅海环境。本组含少量叠层石和微古植物。

5. 冰沟群狼牙山组 (Jxl)

分布于柴北缘布尔汗布达山一带, 柴南西缘狼牙山等地亦有零星出露, 与下伏长城系小庙沟组不整合接触。岩石组合下部为板岩、白云质灰岩、内碎屑灰岩; 中部为绿泥石英砂岩、板岩夹含铁石英砂岩、灰岩; 上部为白云岩夹板岩及灰岩。厚 629.5~6009.8m。低绿片岩相变质, 原岩为泥砂岩-镁质碳酸盐岩建造夹含磷块岩建造, 形成于陆源海或浅海环境。本组产丰富的微古植物和叠层石。

(五) 青白口系

青白口系仅分布于北祁连东部贺兰山地区及中祁连的托莱南山北坡一带, 出露的地层有北祁连-终南山地层小区的黄旗口组、王全口组; 中祁连-太白地层小区及北祁连-终南山地层小区的龚岔群。为一套碎屑岩-碳酸盐岩(泥质岩)组合, 偶夹火山岩, 为盆地克拉通化的产物。

1. 黄旗口组 (Qnh)

分布于贺兰山-桌子山一带。岩石主要为灰白、紫红色石英岩、石英岩状砂岩、石英砂岩, 夹少量紫红、灰绿色板岩、砂质及硅质板岩, 厚 339.40m。属浅变质岩系。原岩为碎屑岩-硅镁质碳酸盐岩建造, 形成于陆缘浅海环境。

黄旗口组角度不整合于古元古代黑云斜长花岗岩之上, 平行不整合于王全口组之下, 而王全口组又平行不整合于震旦系正目观组下部冰碛砾岩之下。因此本次研究采用青海省及《西北区区域地层》的观点, 将其时代置于新元古代青白口纪。

2. 王全口组 (Qnw)

分布地在贺兰山三关、宁夏同心、甘肃省华亭县与峡口一带。平行不整合于震旦系正目观组之下、黄旗口组之上, 为一套镁质碳酸盐岩沉积。以含硅质条带和结核的白云岩为主, 产叠层石。下部有少量的石英砂岩、粉砂岩、钙质板岩及砾岩等, 厚 118.30~2344.45m。为浅变质岩系。原岩为硅镁-镁质碳酸盐岩建造, 形成于陆缘浅海环境。

3. 龚岔群 (QnG)

分布于中祁连西段托莱南山北坡的其他大坂—五个山一带及疏勒南山, 呈狭长条带状展布。属中祁连-太白地层小区和北祁连-终南山地层小区。其下与蓟县系花儿地组为平行不整合接触; 其上与震旦系白杨沟群为不整合接触。自下而上可划为其他大坂组 (Qnq)、五个山组 (Qnwg)、哈什哈尔组 (Qnh $\dot{s}$) 及窑洞沟组 (Qny)。其内部均为整合接触。

(1) 其他大坂组 (Qnq)

岩石组合为: 下部以灰紫色、灰绿色变质中粗—细粒长石石英砂岩为主; 上部以灰色石英细砂岩为主, 夹黑、灰绿色板岩。底部以碎屑岩出现与花儿地组分界, 顶部以碎屑岩消失与五个山组分界。厚度大于 1055m。变质程度属低绿片岩相。为中粗碎屑岩-泥砂岩建造。形成于陆缘滨海→浅海陆架环境。

(2) 五个山组 (Qnwg)

岩石组合主要为浅灰色砂质白云质灰岩、灰色微晶灰岩、含炭结晶灰岩, 夹灰绿色钙质与粉砂质板岩, 厚 473m。变质程度为低绿片岩相。镁质碳酸盐岩建造。形成于陆缘浅海至潮坪环境。地层富含质纯的石膏矿床, 上部的碎屑泥质岩有一定规模的钾矿化。

(3) 哈什哈尔组 (Qnh $\dot{s}$)

主要岩性为灰、灰绿、灰紫色及黑色砂质板岩、钙质板岩及粉砂岩, 夹砂质灰岩、石英细砂岩及砾岩。含叠层石及大量微古植物, 厚 500~1652m。五个山地区见安山质凝灰岩, 为粗碎屑岩-泥岩-碳酸盐岩-火山岩建造。形成于陆缘潮坪浅海环境。粉砂岩含菱铁矿是其含矿特征。

(4) 窑洞沟组 (Qny)

岩石组合为灰、深灰色隐晶质灰岩、角砾状灰岩、竹叶状灰岩、玫瑰色泥灰岩, 夹紫红色、深灰色板岩。厚 462~863m。为浅变质碳酸盐岩建造。形成于陆缘潮坪浅海环境。

龚岔群的微古植物与蓟县层型剖面青白口纪微古植物相似,其时代归属于新元古代青白口纪。

(六) 震旦系

主要分布在北祁连、柴北缘等地,另在祁连山东部出露。所见地层有北祁连-终南山地层小区的白杨沟群、柴达木地层小区的全吉群及白银-靖远、天水一带的葫芦河组,以不同粒级的碎屑岩沉积为主,上部见碳酸盐岩沉积,局部有火山岩沉积。形成于滨、浅海相—大陆冰川相沉积环境。但在秦、祁结合部位已有裂陷海槽存在。

1. 白杨沟群 (ZB)

分布于北大河两岸白杨沟口、二道沟口。指不整合于青白口系窑洞沟组之上的一套轻微变质的冰碛岩、碎屑岩与灰岩组合,厚度 690~1070m,顶部以断层与不同时代的地层接触。

该群未采得化石。在杏儿沟地区,顶界被下寒武统(?)磷矿层平行不整合覆盖,与我国震旦纪冰碛岩层位和沉积时期可以对比,故其时代为震旦纪。

2. 全吉群 (ZQ)

该群地层从下到上分为麻黄沟组 (Zm)、枯柏木组 (Zk)、石英梁组 (Zs)、红藻山组 (Zh)。属柴达木地层小区,其中、下部为磨拉石建造,上部为镁质碳酸盐岩建造,局部夹火山岩建造。

(1) 麻黄沟组 (Zm)

分布于柴达木盆地北缘的欧龙布鲁克、石英沟、全吉山和大头羊沟一带。指不整合于古元古代达肯大坂岩群之上、平行不整合或整合于枯柏木组之下的一套砂岩-砂砾岩组合。

岩石组合为杂色巨厚层长石石英砂岩、细砂岩及粉砂质页岩,底部为砾岩。厚 457.50~700.84m。该组含微古植物 *Trematospheridium* cf. *haldedohlii*。时代为震旦纪。

(2) 枯柏木组 (Zk)

分布于欧龙布鲁克、全吉山、石英沟及安南坝等地。为平行不整合或整合于麻黄沟组之上、平行不整合于石英梁组底砾岩之下的一套碎屑岩地层。

岩石组合为紫灰、灰白色巨厚层粗—巨砾岩、中—粗粒石英砂岩及薄层含泥质粉砂岩,层间夹有具泥质饼片的中—细粒石英砂岩,干裂纹、斜层理及对称波痕发育。厚 128.1m。其时代为震旦纪。

(3) 石英梁组 (Zs)

分布于欧龙布鲁克、全吉山、石灰沟,大头羊沟及安南坝一带。为平行不整合于枯柏木组之上、整合于红藻山组之下的一套碎屑岩地层。

岩石组合为杂色粉砂岩、砂岩,灰绿色玄武岩,灰黑色含粉砂质粘土岩、薄层页岩,底部为砾岩。厚 394.8m。岩石变质轻微,形成于陆缘裂陷盆地。微古植物化石可与三峡地区莲沱组、灯影组对比,因而其时代为震旦纪。

(4) 红藻山组 (Zh)

分布于锡铁山以东,怀头他拉以西的大柴旦镇的全吉山一带。指整合于石英梁组砂岩之上、整合或平行不整合于寒武系黑土坡组泥质粉砂岩之下的一套以灰、灰白色白云岩为主的地层。

岩性以深灰色层状泥晶白云岩为主,其次是凝灰质砂砾岩、粉砂岩及凝灰岩。厚 298.5m。地层变质轻微,形成于陆缘浅海环境。产丰富的微古植物、叠层石及似红藻。似红藻在南方灯影组中大量出现,由此推断红藻山组与灯影组时代相当,其时代为晚震旦世。

3. 葫芦河组 (ZOHL)

分布于白银-靖远、兴隆山及葫芦河下游一带,呈小面积出露,在河谷中呈线状露头出现。其下以断裂或不整合与古元古代秦岭岩群接触,在兴隆山以断裂与长城系兴隆山群相邻,在葫芦河以不整合与上覆上奥陶统-志留系陈家河群^①接触,为一套碎屑岩、基性火山岩、中酸性火山岩的岩石

^①由张维吉等 1994 年创名,本书用作参考。

组合(张维吉等, 1994)。

岩石组合特征, 剖面上可划分为变碎屑岩组及变基性火山岩组。变碎屑岩组下部为黑云石英片岩、二云石英片岩及变石英砂岩等, 上部为含炭板岩、变粉砂岩、绢云绿泥千枚岩等, 厚度大于 932.44m。变基性火山岩组以枕状玄武岩为主, 夹玄武质集块岩、火山角砾岩、硅质岩、英安质凝灰岩等, 厚度大于 3470.97m。为绿片岩相浅变质地层, 原岩为碎屑岩-基性火山岩-中酸性火山岩建造。形成于陆缘或陆内裂谷环境。

葫芦河组的时代, 《甘肃省岩石地层》划为长城系。本次研究根据甘肃庄浪蛟龙掌块状硫化矿床的矿石铅同位素年龄值 498.7Ma (宋志高等, 1991) 及杨家寺北枕状玄武岩中获得 Rb-Sr 全岩等时年龄值 $756 \text{ Ma} \pm 12 \text{ Ma}$ (张维吉等, 1994), 将其时代归属震旦纪—奥陶纪。

二、下古生界

祁连山早古生代构造运动最为强烈, 经历了大陆裂谷体系和板块构造体制两种构造体制的发展演化, 形成了以火山岩建造为主的并夹碎屑岩、砂泥岩、碳酸盐岩等各类沉积岩的建造, 下古生界地层序列见表 1-2。

(一) 寒武系

下寒武统在北祁连及中、南祁连地层小区不发育或缺失, 仅在柴北缘有黑土坡组、红铁沟组、皱节山组出露。中、上寒武统主要有分布于北祁连-终南山地层小区的中寒武统黑茨沟组, 上寒武统香山群、香毛山组, 中—上寒武统大黄山组; 南祁连-丹凤地层小区的中寒武统深沟组、上寒武统六道沟组; 柴达木盆地北缘地层小区的中—上寒武统欧龙布鲁克群。

1. 黑土坡组 ($\epsilon_1 h$)

分布于柴达木盆地北缘的全吉山及石灰沟一带。平行不整合覆于震旦系红藻山组之上, 平行不整合或整合伏于红铁沟组之下。为一套浅变质或未变质的白云岩与炭质板岩、粘板岩及泥质粉砂岩互层的岩石组合, 厚 123.4m, 为镁质碳酸盐岩-泥砂岩含石膏、赤铁矿建造。形成于潮上低凹沼泽环境。据页岩产牙虫 *Scolecodönts* 及蠕虫化石碎片并含有丰富的微古植物, 以及炭质板岩中的 Rb-Sr 等时年龄值为 590.03 Ma, 其时代应为早寒武世。

2. 红铁沟组 ($\epsilon_1 ht$)

分布与黑土坡组的分布相同。指平行不整合或整合于黑土坡组之上、整合于皱节山组之下的冰碛砾岩层。下部为冰积泥砾岩, 中部为冰积泥砾岩夹白云岩, 上部为冰积砾岩夹冰川纹泥层, 厚 17.5~188m。

3. 皱节山组 ($\epsilon_1 z$)

分布与红铁沟组的分布相同。指整合于红铁沟组之上、平行不整合于欧龙布鲁克群 ($\epsilon_{2-3} O$) 之下的一套含砾白云岩、砂质白云岩、粉砂岩、细砂岩及细砂质粉砂岩的岩石组合, 厚 56m。形成于冰川消融的潮间环境的镁质碳酸盐岩-泥砂岩建造。皱节山组粉砂岩中产微古植物化石, 同时见有蠕虫化石碎片和大量的皱节虫科 *Sabelliditidae* 的遗迹化石, 其时代为早寒武世。

4. 黑茨沟组 ($\epsilon_2 h$)

分布于白银灰土涝池—胜家梁、永登石青硐、天祝黑茨沟、祁连香子沟一下沟、肃南大野河口、肃北鹰嘴山及其以西地区。其上与阴沟群呈断层接触或平行不整合接触或与香毛山组整合接触, 其下未见底。主要为一套中基性火山熔岩、火山碎屑岩, 夹细碎屑岩及含少许动物化石的碳酸盐岩凸镜体地层序列。

区域分布上, 在东部地区为深灰、褐灰色凝灰质千枚岩、石英角斑岩、细碧角斑岩夹硅质岩、大理岩凸镜体, 产三叶虫化石及微古植物, 厚 1810m。在永登石青硐一带为灰绿色凝灰质千枚岩、绢云千枚岩、中酸性凝灰岩, 夹变质砂岩及大理岩、硅质岩, 产三叶虫等, 未见上覆地层, 下界不明, 厚 1734m。在天祝黑茨沟一带以安山玄武岩、中酸性火山碎屑岩为主, 夹硅质岩、含三叶虫化

石的生物灰岩和砂岩等，厚 1367m。肃北石包城乡东鹰嘴山南坡一带，以灰绿色夹紫红色中酸性凝灰岩为主，夹凝灰质板岩及少量结晶灰岩，下部为凝灰质砂岩，灰岩产三叶虫化石，未见顶、底，厚 223m。形成于陆缘裂谷带。著名的白银厂等地块状硫化物铜、多金属大中型矿床产于大型火山岩穹窿之中，成为北祁连铜、多金属矿产重要的赋矿层位。

表 1-2 祁连山下古生界地层序列

地 层	秦 祁 昆 地 层 区 V_1				
	东昆仑—中秦岭地层分区 V_1^1		祁 连 一 北 秦 岭 地 层 分 区 V_1^2		
界→系→统	宗务隆—山阳地层小区及柴达木地层小区 V_1^{1-1} 及 V_1^{1-2}		南祁连—丹凤地层小区 V_1^{2-1}	中祁连—太白地层小区 V_1^{2-2}	北祁连—终南山地层小区 V_1^{2-3}
下 古 生 界	志留系	上			早峡组 (S_1h) 163~1930m
		中			泉脑沟山组 (S_2g)
		下			炕脏沟组 (S_3a) >2315m
	奥陶系	上	巴龙贡嘎尔组 (S_1b) >625m	雾宿山群 ($O_{2-3}W$)	扣门子组 (O_3k) 501~2373m
			药水泉组 (O_3y) >1044.45m	草滩沟群 (OC)	大梁组 (O_2d) ?
		中	盐池湾组 ($O_{2-3}y$) 3965.5m		中堡群 ($O_{2-3}Z$) 1058.22m
		下	茶槽组 (O_2c) 342.5m		车轱辘沟群 (O_1C) >3348m
	寒武系	上	阿夷山组 (O_1a) 2010~2168m		香毛山组 (C_3xm) 228~1127m
		中	花地山组 (O_1h) >3605m		黑炭沟组 (C_3h) 1810m
		下	六道沟组 (C_3l) 2725m		
			深沟组 (C_2d) 415.2~1351.44m		
震旦系	震旦系	上	欧龙布鲁克群 ($C_{2-3}O$) 965.22m		
		中			
		下	镜铁山组 (C_1z) 56m		
			红铁沟组 (C_1ht) 17.5~118m		
			黑土坡组 (C_1b) 123.4m		
			红寨山组 (Zh)		

 地层角度不整合关系
  地层平行不整合关系
  地层整合关系
  未见接触关系
  断层接触关系
 蛇绿岩
 地层缺失或待定、不明

在黑炭沟组分布范围内，所含三叶虫化石在不同的地点地质年代明显不同，东部白银一带属中寒武世早期，永登石膏洞为中寒武世中期，天祝黑炭沟为中寒武世中晚期，至西部鹰嘴山—西大泉一带为中寒武世晚期，镜铁山格尔莫沟为中寒武世末期，自东向西层位逐渐变高，按三叶虫化石黑炭沟组的时代总体为中寒武世。据祁连县清水沟至面碱沟地区的辉石细碧玢岩 Rb-Sr 等时年龄值 634.83Ma、Sm-Nd 等时年龄值 545.117Ma，下沟辉石钠长粒玄岩 Rb-Sr 等时年龄值 678.95Ma 等 (夏林圻等，2001)，黑炭沟组的时代不排除下延至早寒武世，甚至元古宙末期的可能。

5. 香山群 (C_3X)

分布于宁夏青铜峡、中宁、中卫的黄河流域东西或南北两侧的贺兰山、青山一带。其下未见底，其上与志留系及泥盆系老君山组呈不整合接触，由弱变质的长石石英砂岩、板岩、粉砂质板岩、灰岩、硅质岩、砾岩、角砾岩等组成。由下而上可划为徐家圈组 (C_{3x})、狼嘴子组 (C_{3lz}) 及磨盘井组 (C_{3m})，各组之间均呈整合接触关系。

(1) 徐家圈组 (C_{3x})

该组下部为灰色砾岩、角砾岩、板岩及含砾板岩；上部为灰绿色中细粒长石砂岩、杂砂岩和灰