

文章编号:1672-6561(2012)02-0001-14

柴达木盆地及其邻区早一中二叠世 构造-岩相古地理格局

陈守建,陈奋宁,计文化,李荣社,洛长义,刘荣利,李国栋

(西安地质矿产研究所,陕西 西安 710054)

摘要:通过大量野外观察、分析测试和综合研究,结合覆盖全区不同比例尺的区域地质调查资料,对柴达木盆地及其邻区早一中二叠世构造-岩相古地理格局进行了研究,并探讨了其形成机制。结果表明:柴达木盆地及其邻区中、北部早一中二叠世为陆内盆山-裂谷系统,主体处于伸展构造背景,总体表现为堑垒相间的构造古地理格局;南部为巴颜喀拉洋盆,早一中二叠世是巴颜喀拉洋盆扩张最为剧烈且规模最大的时期,巴颜喀拉洋盆中洋岛、海山遍布;早一中二叠世晚期强烈的华力西构造运动使古板块间的相对运动加剧,巴颜喀拉洋盆大洋岩石圈板块向北强烈俯冲,形成东昆仑陆缘岩浆弧及其南部增生带,东昆仑陆缘岩浆弧岩浆活动十分强烈,宗务隆山-西秦岭陆源裂谷盆地进一步发育,形成十分复杂的构造-岩相古地理格局。早一中二叠世是研究区地球动力学机制从强烈扩张到强烈汇聚的转折时期,加强其构造-岩相古地理研究对建立该区地层序列、探讨其地质演化历史以及指导找矿等均具有重要意义。

关键词:柴达木盆地;早一中二叠世;构造-岩相古地理;巴颜喀拉洋盆;华力西构造运动;地质演化
中图分类号:P588.2;P531;P56 文献标志码:A

Early-middle Permian Tectonic-lithofacies Palaeogeographic Characteristics in Qaidam Basin and Its Adjacent Areas

CHEN Shou-jian, CHEN Fen-ning, JI Wen-hua, LI Rong-she,

LUO Chang-yi, LIU Rong-li, LI Guo-dong

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Through the field observation, the analysis of test data, the comprehensive regional geological survey and the previous research result, the forming mechanism and tectonic-lithofacies paleogeography during the Early-middle Permian in Qaidam Basin and its adjacent areas were discussed. The results showed that the Early-middle Permian in the central and northern parts of Qaidam Basin and its adjacent areas was intracontinental basin-and-range and rift valley system, and mainly located on extensional tectonic setting, and the tectonic paleogeography was graben and horst alternately; the Early-middle Permian in the southern part was the period with most violent expansion cosmically in Bayankala ocean basin, and ocean-island and seamount were all over the ocean basin; the strong Hualixi tectonic movement in the late of Early-middle Permian caused that the relative movement was intensified between the ancient plates, the ocean lithosphere plate of Bayankala ocean basin dived to the north, so that East Kunlun epicontinental magmatic arc and the accretion zone in south were formed, magmatism in the arc was strong,

收稿日期:2012-02-10

基金项目:中国地质调查局项目(1212011086005,1212010610102);国家自然科学基金项目(40872084)

作者简介:陈守建(1963-),男,山东临沂人,教授级高级工程师,E-mail:xacsoujian@126.com。

Zongwulong Mountain-West Qinling Mountain terrigenous rift basin further developed, and the complicated tectonic-lithofacies paleogeography was formed subsequently. The Early-middle Permian was the turning point from violent expansion to violent convergence for geodynamics mechanism in Qaidam Basin and its adjacent areas; strengthening the study on the tectonic-lithofacies paleogeography was significant for building the stratum sequence, discussing the geological evolution history and mineral deposit prospecting.

Key words: Qaidam Basin; Early-middle Permian; tectonic-lithofacies paleogeography; Bayankala ocean basin; Hualixi tectonic movement; geological evolution

0 引言

柴达木盆地及其邻区地处青藏高原东北缘,地域辽阔,东北部为华北陆块,西北部通过中国两大巨型走滑构造带之一的阿尔金构造带与塔里木陆块相邻,东部为祁连、秦岭和昆仑三大巨型构造带结合部,南、西南部属南昆仑—巴颜喀拉—甘孜—理塘洋盆(简称“巴颜喀拉洋盆”)及其北部陆源活动带,地质构造十分复杂,同时形成了十分丰富的金属、非金属及能源矿产,柴达木盆地素有“聚宝盆”的美称。前人虽然做了大量工作,但多集中在构造、地层、岩浆岩及矿产方面,仅局部进行过少量岩相古地理方面的研究工作,对全区系统的构造—岩相古地理研究尚属空白^[1-9]。笔者通过多年的野外观察、分析测试和综合研究,结合覆盖全区不同比例尺的区域地质调查资料及前人研究成果,选择柴达木盆地及其邻区洋(海)陆演化的关键阶段——早—中二叠世,对其构造—岩相古地理格局进行研究,并探讨了其形成机制。

1 构造相划分

研究区受南部巴颜喀拉洋盆大洋岩石圈板块向北俯冲的影响,早—中二叠世主体处于伸展构造背景,总体表现为堑垒相间的构造古地理格局。其主体为古陆和古隆起剥蚀区,围绕其分别发育陆相河湖相碎屑岩建造,近海河湖相碎屑岩建造,滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩建造,半深海相、深海相泥灰质、硅质和火山岩建造。

北部阿拉善—敦煌—柴达木地区侵入岩比较发育,主要属板内环境的钙碱性—碱性系列,富钾贫钠,次铝—过铝型。火山岩零星发育,主要为裂陷盆地相基性、中性火山岩和大陆爆发相凝灰质沉积。南部东昆仑陆缘弧地区早—中二叠世侵入岩十分发育,构成岩浆弧主体,岩石类型十分复杂,为次铝质钙碱性系列“I型”花岗岩和高钾钙碱性系列“S型”花岗

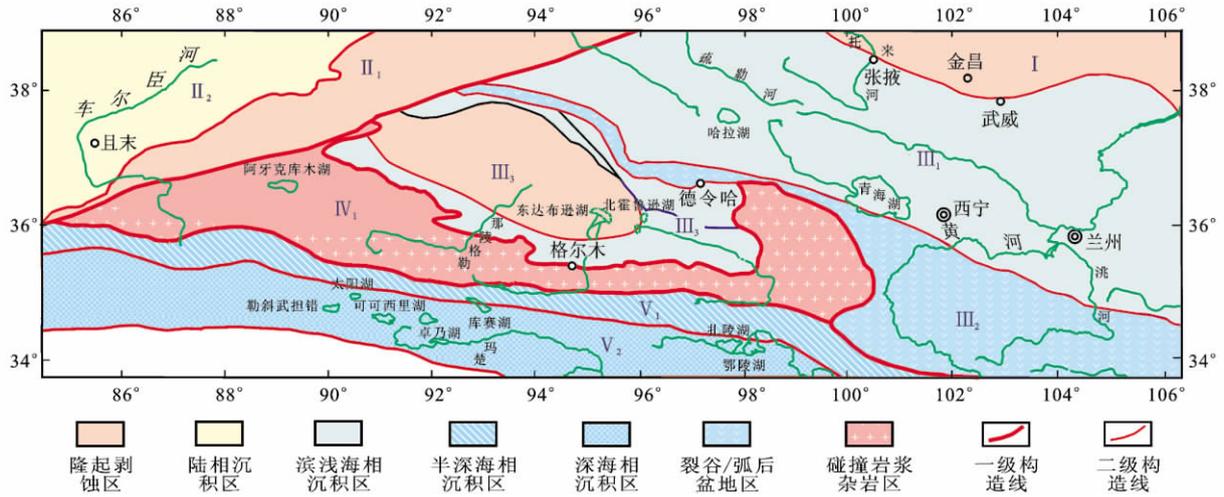
岩。火山岩十分发育,为海底火山喷发沉积。南昆仑和巴颜喀拉北部侵入岩较发育,主要有花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、英云闪长岩、闪长岩和石英闪长岩等,为俯冲、碰撞型岛弧或大陆边缘活动带的火山弧花岗岩。中南部广大地区大量发育基性、超基性火山岩,基性凝灰岩和中基性火山碎屑岩,这些均为裂谷火山盆地的产物。另外,该区西部、西南部、中南部边缘发育大量蛇绿岩,超基性岩有辉石橄榄岩和橄榄辉石岩等,基性岩有变质和未变质的灰黑及灰绿色块状玄武岩、含气孔橄榄玄武岩、气孔状碳酸盐化玄武岩、多气孔状橄榄玄武岩,还有厚度大于50 m的变质灰绿岩墙。基性、超基性岩中混有硅质岩,硅质岩与基性、超基性岩呈整合接触,其为巴颜喀拉洋盆大洋岩石圈板块俯冲形成的洋壳残片。

根据沉积环境、岩浆作用、变质变形事件,结合古地磁、古气候及古生物区系等,参照潘桂棠等的大地构造相划分原则和方案^[10-13],将研究区划分为阿拉善陆块大相、塔里木—敦煌陆块大相、祁连—柴达木地块大相、昆仑弧盆系大相东昆仑岩浆弧相和南昆仑—巴颜喀拉—甘孜—理塘洋盆大相,塔里木—敦煌陆块大相可进一步划分为敦煌—阿尔金基底杂岩相和塔里木陆内盆地相,祁连—柴达木地块大相可进一步划分为祁连陆内盆地相、宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相和柴达木地块相,南昆仑—巴颜喀拉—甘孜—理塘洋盆大相可进一步划分为南昆仑俯冲增生杂岩相和巴颜喀拉洋盆相(图1)。

2 构造相内部典型沉积相及其主要依据

2.1 阿拉善陆块大相

阿拉善陆块大相区位于研究区东北部边缘,为略呈北西—南东向的近似“∞”形带状展布,北部延出研究区,南部为龙首山断裂,为华北陆块西南部边缘区。其主体为隆起区,由于长期的隆起剥蚀,地势较为平坦,基底岩系主要为中太古界乌拉山岩群和新太古界—古元古界龙首山岩群以及中新元古界



I—阿拉善陆块大相; II₁—阿尔金—敦煌基底杂岩相; II₂—塔里木陆内盆地相; III₁—祁连陆内盆地相; III₂—宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相; III₃—柴达木地块相; IV₁—东昆仑岩浆弧相; V₁—南昆仑俯冲增生杂岩相; V₂—巴颜喀拉洋盆相

图 1 柴达木及其邻区早—中二叠世大地构造相划分

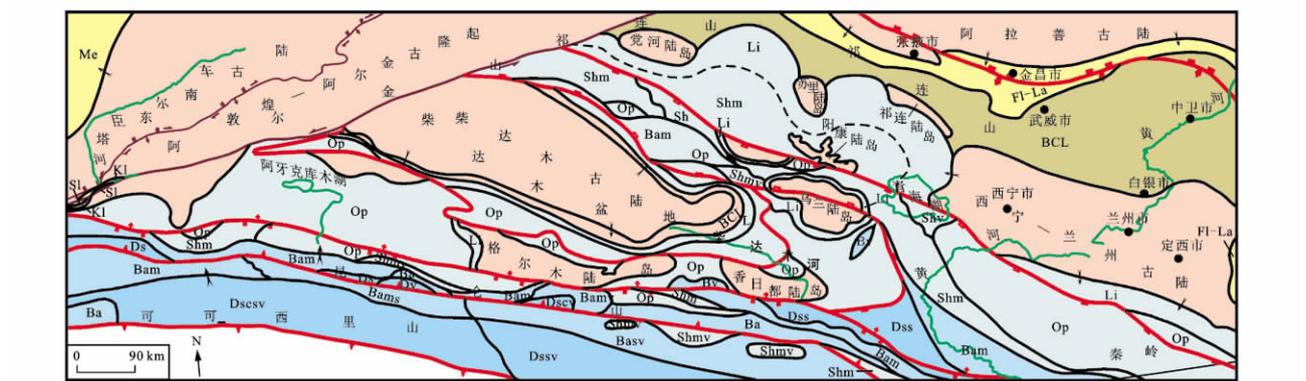
Fig. 1 Tectonic Facies Division of Qaidam Basin and Its Adjacent Areas During Early-middle Permian

中—浅变质岩系,石炭系未变质—浅变质碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩零星出露,中酸性、中基性侵入岩十分发育。南部边缘发育陆相河湖相碎屑岩沉积,东南部边缘发育陆缘近海河湖相碎屑岩沉积(图 2)。

(1)陆相河湖相碎屑岩沉积:金昌市西河西堡北上石炭统一下二叠统羊虎沟组由杂色含砾粗砂岩、细砾岩、石英砂岩、黑色页岩、炭质页岩、泥质页岩、泥岩夹煤层、煤线组成,厚 225 m,属内陆湖沼相沉积。下—中二叠统大黄沟组上部岩性为淡红、灰白

色相间的含砾粗砂岩夹砂岩,交错层理发育,底部有 3 m 厚黄褐色砾岩夹砂岩,厚 167 m;下部岩性为灰白、淡红色相间的含砾粗砂岩,交错层理发育,底部有 2 m 厚黄褐色厚层砾岩,厚 168 m。其总体为一套内陆河湖相碎屑岩建造。

(2)陆缘近海河湖相碎屑岩沉积:贺兰山南麓金塔泉地区上石炭统一下二叠统羊虎沟组(太原组)下部为灰黑色泥岩、粉砂岩、细砂岩、炭质页岩,夹 8 层煤;中部为黑褐、灰黑色页岩、粉细砂岩,灰白色细—



Fl-La—陆相河湖相沉积未分; Me—辫状河沉积; Kl—滨湖沉积; Sl—浅湖沉积; BCL—陆缘近海河湖相沉积; Li—滨海相碎屑岩沉积; Op—开阔台地相沉积; Sh—浅海相碎屑岩沉积; Shm—浅海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积; Shv—浅海相碎屑岩和火山岩沉积; Shmv—浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积; Ba—半深海相碎屑岩沉积; Bv—半深海相火山盆地沉积; Bam—半深海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积; Bams—半深海相碎屑岩、碳酸盐岩、硅质岩沉积; Bamv—半深海相泥灰质和火山岩沉积; Basv—半深海相碎屑岩、硅质岩和火山岩沉积; Ds—深海相砂泥质沉积; Dss—深海相砂泥质和硅质沉积; Dv—深海相火山盆地沉积; Dssv—深海相砂泥质、硅质和火山岩沉积; Dscv—深海相泥灰质及火山岩沉积; Dscsv—深海相泥灰质、硅质及火山岩沉积

图 2 柴达木及邻区早—中二叠世构造-岩相古地理

Fig. 2 Tectonic-lithofacies Paleogeography of Qaidam Basin and Its Adjacent Areas During Early-middle Permian

粗粒石英砂岩,下部夹2到3层灰岩;上部为褐、黑褐、深灰色的页岩、粉砂岩、泥岩夹灰岩透镜体,含较多黄铁矿结核和晶体,具水平层理和缓波状层理,含煤4层。在金塔泉北榆树沟口,本组以砂岩为主,底部为砾岩、块状砂质灰岩和薄层灰岩,灰岩中含腕足类化石 *Eomarginifera* sp. 等,地表出露厚 71.8 m,钻孔揭露厚 128.5 m,属海陆交互相沉积。下二叠统山西组下部为灰白、灰、灰黑色的砂岩、粉砂岩和泥岩沉积,底部为灰白色含砾石英砂岩、粗粒石英砂岩,砂岩具斜层理及水平层理,属河流相堆积;中部为灰白、灰、灰黑色的砂岩与粉砂质泥岩、泥岩互层,夹数层煤,多见微波状层理和细水平层理,偶见菱铁矿结核,含植物化石,属湖泊沼泽相沉积;上部以灰、深灰、灰黑色砂岩为主,夹粉砂质泥岩,局部地段含煤,具水平层理和斜层理,为河湖相沉积。地表出露厚 78.7 m,钻孔揭露厚 91.4 m。

2.2 阿尔金—敦煌基底杂岩相

阿尔金—敦煌基底杂岩相主体为隆起区,由于长期的隆起剥蚀,地势渐趋平坦。该岩相出露新太古界—古元古界深变质阿尔金岩群、敦煌岩群、米兰岩群,中新元古界巴什库尔干群、木孜萨依组、金雁山组、乱石山组、冰沟南组、平洼沟组、小泉达坂组等,为中—浅变质碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩,未变质—浅变质早古生代地层零星出露,前早—中二叠世中酸性、中基性侵入岩亦十分发育。

西南部托库孜达坂山西北发育二叠系叶桑岗组,下部为砾岩、长石石英砂岩夹粉砂岩,砂岩中发育大型板状、楔状交错层理,显示湖缘扇沉积特征,局部地段夹流水道沉积;上部以长石石英砂岩为主,夹粉砂质泥岩、含砾砂岩、砾岩,顶部夹含凝灰质板岩。砂岩中发育前积纹层夹角较缓的板状、楔状交错层理,其沉积环境属滨湖—浅湖相。

2.3 塔里木陆内盆地相

综合研究表明,塔里木盆地石炭纪末期海盆迅速向西退缩,早二叠世早期海水仅残存于和田河以西,晚期海水全部退出。这种陆地化作用使塔里木地区形成一个内陆盆地,地形开阔平坦,以宽浅湖泊为中心,形成十分发育的河流—浅湖沉积,伴有火山岩喷发。二叠纪是塔里木地区由广海型海相沉积向内陆盆地沉积转化的过渡期,盆地内部已钻井近百口,证实二叠系主要为陆相,并伴有十分发育的火山岩,早二叠世海相沉积仅限于盆地西缘。塔里木地区在二叠纪之前一直被广阔的海洋所淹没,以海相沉积为主,二叠纪的晚华里西运动使盆地外围(塔里

木陆块边缘)的天山弧盆系、昆仑山弧盆系先后汇聚成山,从而使盆地逐渐封闭起来,海水从东往西退出。至早二叠世晚期,海水完全退出,形成一个被群山环绕的内陆盆地,塔里木盆地从此诞生。这是塔里木地区地质演化史上发生的重大转折。

由于早—中二叠世处于塔里木地区地质演化历史的重大转折时期,古地理环境和岩相类型十分复杂,从海洋环境到古陆剥蚀区,陆相、海陆过渡相和海相沉积均有发育。东南部广大地区为塔东南古陆,隆起区由于长期的隆起剥蚀,地势渐趋平坦。陆相型沉积主要为内陆水系构成的河流—湖泊沉积体系。研究区陆相沉积为由砾岩—砂岩—砂泥岩组成的河流相辫状河亚相,位于沉积体系上游,地势缓于冲积扇相。

2.4 祁连陆内盆地相

祁连陆内盆地相南界为宗务隆山北缘断裂,北与阿拉善陆块隆起区过渡,早—中二叠世受宗务隆山—西秦岭弧后裂谷盆地演化作用控制,主要表现为伸展环境,晚期转化为挤压构造背景。北部主体为河湖相、近海河湖相碎屑岩沉积,西北部高台—临泽一带为古陆隆起剥蚀区。南部沿岸带发育古隆起剥蚀区,主要有陆缘近海河湖相碎屑岩沉积、滨岸相含煤碎屑岩沉积、浅海相碎屑岩沉积和碳酸盐岩沉积,东南部为开阔台地相碳酸盐岩沉积,西宁—兰州古陆东南部边缘局部可见陆相河湖相沉积(图3)。

(1)河湖相碎屑岩沉积:该沉积分布于北部和东南部边缘,甘肃民乐东北的山丹县西南老窑—中二叠统大黄沟组上部为紫灰色细—粗粒砂岩夹石英细砂岩,厚 220 m;下部为紫灰色砂岩夹少量深紫色砂质页岩及砾岩,砂岩为砂泥质或钙质胶结,厚 80 m。甘肃大黄山东南的永昌西南—中二叠统大黄沟组主要为杂色(灰白、灰绿、紫红、淡灰、褐色等)含砾粗砂岩、长石质粗砂岩夹粗—细粉砂岩和页岩。该地区大黄沟组岩性变化不大,但各地厚度不同,北部为 165 m,南部茨沟地区为 111 m,毛卜拉地段页岩增多并含植物化石,厚 133 m。

(2)近海河湖相碎屑岩沉积:该沉积分布于北部广大地区,肃南县大黄沟—中二叠统大黄沟组主要岩性为灰绿、灰白、黄绿色的砂岩、页岩及泥岩,含丰富的植物化石。该剖面下部以页岩、泥岩为主,向上砂岩、含砾粗砂岩增多。托来山热水大坂大黄沟组岩性由灰绿色石英砂岩、含灰质粉砂岩、炭质页岩、砂质页岩呈韵律性互层组成,夹紫红色粉砂岩,厚 123 m。从区域沉积特征分析,此时期走廊南山

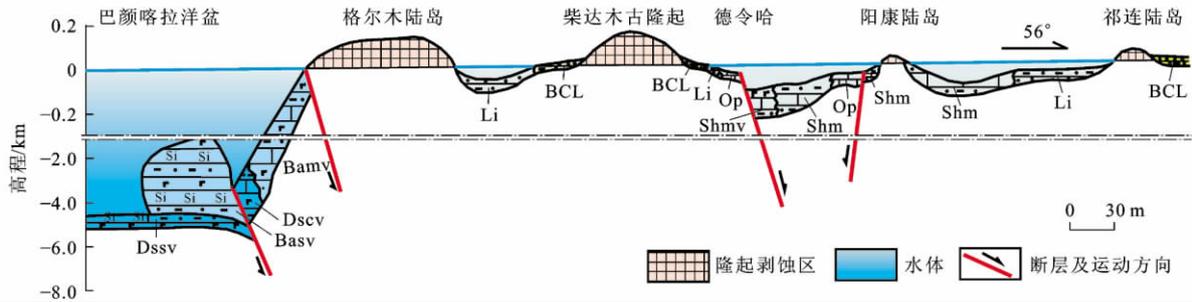


图 3 柴达木地块及其边缘裂谷和弧盆系早—中二叠世构造-岩相古地理剖面展布

Fig. 3 Tectonic-lithofacies Paleogeographic Section Diagram During Early-middle Permian in Qaidam Block and Its Marginal Rift Valley and Arc Basin System

和托来山地区为比较开阔的河湖环境,形成一套温湿气候条件下的含煤碎屑沉积。甘肃大黄山东南的永昌上石炭统一二叠统羊虎沟组上部为黑、灰黑、褐黄色的砂质页岩夹粉砂岩、炭质页岩和煤层及透镜状灰岩,富含植物、蠕化石,厚 61 m;下部为灰色中粒石英砂岩、粉砂岩,淡紫色石英粗砂岩夹黑色炭质页岩,含植物化石,厚 27 m。

(3) 滨岸相含煤碎屑岩沉积:该沉积主要围绕古陆剥蚀区分布,肃北县东别盖西的黑达坂地区上石炭统一二叠统羊虎沟组主要岩性为暗绿、灰绿色中—厚层中—细粒长石石英砂岩、长石砂岩,灰白色厚层纯石英砂岩、石英粗砂岩夹灰岩透镜体及炭质板岩和煤线;底部石英砂岩夹有砾岩,灰岩中产丰富的腕足、珊瑚、腹足及蠕类 *Pseudoschwagerina* sp. 等化石。青海天峻县苏里西的疏勒河南下一中二叠统勒门沟组岩性为紫褐、紫色的薄层砂岩、细砂岩、砂质页岩与灰绿、浅绿、褐色的中厚层状砂岩、长石砂岩、砂质页岩不等厚互层组成,页岩中含有钙质结核,厚 649 m。天峻县苏里东的疏勒河北下一中二叠统草地沟组岩性由紫红色和黄绿色相间的石英砂岩、粉砂质泥岩互层夹不纯灰岩组成,厚 593 m。甘肃黑河野牛沟上石炭统一二叠统羊虎沟组岩性为黑色炭质页岩、砂质页岩,灰、灰白色的中厚层含砾粗砂岩、石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、灰岩及煤层,灰岩中产蠕类、腕足、珊瑚等,砂页岩中产植物化石 *Neuropteris Pseudovata* Gotha et sze 等,厚 500~1 000 m。祁连县东托勒山北上石炭统一二叠统羊虎沟组剖面下部为灰色页岩、砂质页岩、炭质页岩夹灰与灰白色细—粗粒石英砂岩及 2 到 3 层厚为 2~5 m 的灰岩,含煤 4 层,底部往往有一层厚 3~15 m 的灰白色中—粗粒石英砂岩,有时底部出现砾岩层,富含植物化石。灰岩中含蠕 *Pseudoschwagerina* sp., *Schwagerina* sp. 等,厚 150~190 m。上部为

灰黑色厚层状含燧石条带或结核灰岩,顶部往往出现一套炭质页岩及灰色页岩层,其中夹菱铁矿结核及薄煤层,厚 15~34 m。

(4) 浅海相碎屑岩沉积:该沉积分布于青海湖以西,近北西西向带状延伸。党河上游疏勒河南的下一中二叠统草地沟组下部为灰白色中层状石英砂岩、棕红色薄层状粉砂岩、黄褐色细粒钙质砂岩夹薄层灰岩,上部为暗紫、棕褐色的长石石英砂岩、粉砂岩,灰绿色石英砂岩,紫红色泥质粉砂岩、细砂岩,总厚 542 m,砂岩中发育交错层理,偶含砾。该套地层由牙马台向北厚度逐渐增大,碎屑岩增多,碳酸盐岩减少。青海疏勒南山西南草地沟组为河流相碎屑岩—浅海相碳酸盐岩—滨岸碎屑岩沉积,为海侵—海退序列,分上、下两个岩组,下岩组下部为黄褐色含砾粗粒长石石英砂岩,上部为深灰色厚层泥质灰岩,富含腕足类化石,厚 56 m;上岩组为灰紫、紫红色薄层粉砂岩与灰绿、灰黄、蓝灰色中薄层钙质砂岩及中层石英砂岩互层,含钙质结核,厚 233 m。青海疏勒南山哈拉湖北草地沟组为紫红色钙质泥岩、粉砂质页岩,灰绿色含云母钙质细砂岩与灰黑、灰色的生物碎屑灰岩、砂质页岩、石英砂岩不等厚互层。灰岩中含腕足类化石,厚度大于 122 m。南祁连天峻县哈拉湖东南草地沟组下岩组下部为灰白、紫红色的石英砾岩、变细粒石英砂岩、粉砂岩夹灰绿色泥钙质砂岩、含钙质黏板岩,泥钙质粉砂岩中含植物化石;上部为灰、深灰色的厚层微—隐晶质灰岩、灰岩、鲕状灰岩、含砾砂质灰岩夹黄绿色复变成分砂岩、铁质粉砂岩、细粒长石质砂岩、石英砂岩,含珊瑚、蠕等化石,厚 299.4 m。上岩组下部为灰绿色中—厚层细—中粒长石砂岩、黏土质粉砂岩、含钙质粉砂质黏板岩夹灰色薄—中层状不纯灰岩、生物灰岩,灰岩中含腕足 *Plicochonetes minor* 等,砂岩具斜层理和波痕、龟裂;上部为灰绿与紫红色中细粒长石石英砂岩、长石

质石英砂岩、粉砂岩,顶部发育蓝绿色含钙质结核泥质粉砂岩,厚 226.8~592.4 m。

(5)开阔台地相碳酸盐岩沉积仅在合作市以东小面积分布。

2.5 宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相

宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相北为宗务隆山北缘断裂,西为瓦洪山断裂,南东为昆南构造混杂岩带北界断裂,呈北西收敛、南东撒开、西窄东宽的喇叭口状。受南侧巴颜喀拉洋盆强烈扩张的影响,其处于伸展构造背景。该相区为南深北浅的箕状断陷盆地,裂隙中心位于西南和南部边缘,主要为深海相砂泥质、硅质沉积,半深海相砂泥质、灰质沉积。其北侧主体为浅海陆棚相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积,东北部共和至合作一线为大面积的开阔台地相碳酸盐岩沉积,中西部局部地区亦发育开阔台地相碳酸盐岩沉积。宗务隆山北部阿日郭勒地区和德令哈市东部的生格—察汉诺地区为古隆起剥蚀区,其边缘发育滨岸相碎屑岩沉积。纵向序列自下而上表现为滨岸相→浅海相(开阔台地相)→滨岸相的海进→海退的完整旋回性变化。

(1)深海相砂泥质、硅质沉积与半深海相砂泥质、灰质沉积:该沉积分布于西南部和东南部边缘,青海柴达木山南依克柴达木湖东北—中二叠统草地沟组上、下两个岩组,上岩组为片岩夹变砂岩,厚 817.7 m;下岩组为结晶灰岩夹千枚岩组,产海百合茎,厚 540.8 m。该套浅变质岩系纵向上由粗到细变化明显,韵律性强,具类复理石建造特征。温泉西部发育较多的蛇绿岩块,为深海相、半深海相产物。

(2)浅海陆棚相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积:该沉积自西向东呈宽窄不一的带状展布,青海大柴旦镇西北石炭系—中二叠统果可山组为灰、深灰色厚层灰岩与石英砂岩不等厚互层,下部夹灰黑色粉砂岩,灰岩中产蠕 *Schwagetina* sp., 出露厚 1 178.8 m。青海吐尔根达坂北坡—中二叠统勒门沟组以碎屑岩沉积为主,自下而上由粗变细,出露厚 5 415.2 m。青海省德令哈市西北宗务隆山南坡石炭系—中二叠统吐尔根达坂组主要岩性为灰绿、灰色的白云母千枚岩、板岩、片岩、变长石石英砂岩、钙质细砂岩等变碎屑岩夹变火山岩,含蠕 *Pseudoschwagerina* sp. 及珊瑚 *Bradyllum* sp. 等化石,厚 1 229.5 m。青海共和盆地新哲农场南切吉水库地区上石炭统—二叠系甘家组岩性主要为灰色长石砂岩、长石石英砂岩、石英砂岩间夹灰岩、角砾状灰岩及透镜状细砾岩,厚 1 641~2 404 m。富含蠕 *Verbeekina*

sp., *Neoschwagerina* sp. 及有孔虫、菊石、腕足类等化石。位于青海共和的青海湖南山倒淌河西约 26 km 吐尔根达坂组岩性为灰绿、黑绿色的变粒岩、变粗砂岩、粉砂岩夹薄层片理化变质中性火山岩,岩石中保留有斜层理、交错层理,厚度大于 2 800 m。

(3)开阔台地相碳酸盐岩沉积:该沉积主要分布于东北部共和至合作一线,达肯达坂北、德令哈市西部和东北部亦有发育。青海大柴旦镇西北达肯达坂北石炭系—中二叠统果可山组岩性为灰、灰白色的厚层灰岩、含白云质同生灰岩、碎屑灰岩、含粉砂岩夹钙质胶结石英细粒岩,含珊瑚及腕足,厚度大于 1 030 m。青海大柴旦镇东巴嘎柴达木湖北的吐尔根达坂组上部碳酸盐岩组由浅灰、灰、黄灰及紫色生物碎屑灰岩,隐晶灰岩,砂屑灰岩夹板岩组成,厚 496.5 m。巴嘎柴达木湖东北草地沟组上部碳酸盐岩岩石组合主要为生物碎屑灰岩、含生物灰岩及砂屑灰岩,产双壳类 *Wilkingina* 等,腕足类 *Linoproductus* sp. 及蠕类化石 *Misellina* sp., *Nankinella* sp., *Schwagerina* sp.。甘肃省碌曲县南尔海湖北的石炭系—二叠系尔海群岩性单一,以灰岩为主,主要岩性有致密块状灰岩、结晶灰岩、碎屑灰岩、鲕状灰岩、泥质灰岩、泥砂质灰岩、含燧石结核灰岩及含砾灰岩,局部见白云岩。化石丰富,以蠕为主,珊瑚和腕足类次之,估计厚度约 3 000 m。甘肃省陇南市舟曲县北的中二叠统上部碳酸盐岩段为灰、灰白、浅红色厚层—块状生物灰岩,微晶灰岩,中薄层硅质条带灰岩,燧石团块灰岩,白云质灰岩夹白云石化鲕状灰岩,大理岩化灰岩和紫红色泥灰岩,富含蠕类化石 *Nankinella* sp., *Verbeekina* sp., *Neoschwagerina* sp., 厚 661 m。陇南市舟曲县东北中碑的上石炭统—下二叠统主要岩性为灰、灰白色中厚层—块状致密纯灰岩、厚层生物灰岩,深灰色中厚层硅质灰岩,硅质条带灰岩夹鲕状灰岩,结晶灰岩,白云质灰岩和少量钙质砂岩,千枚岩,板岩,最底部有 2 m 厚的石英砂岩、板岩。灰岩中盛产蠕化石 *Pseudostaffella sphaeroida*, 总厚度大于 757 m。甘肃省陇南市西北甘泉西马家沟的上石炭统—下二叠统大关山组岩性为灰白色厚层灰岩和生物碎屑灰岩,含蠕、珊瑚、苔藓虫化石,总厚大于 1 347.9 m。

(4)滨岸相碎屑岩沉积:该沉积围绕古陆边缘小面积分布,青海省德令哈市东草地沟组上岩组为灰色、灰褐色的中厚—厚层状不等粒变硬砂岩、长石砂岩、变黏土质板岩、变黏土质粉砂岩、粉砂岩夹深灰色板岩、薄层石灰岩、含粉砂质灰岩及少量角砾状灰

岩,厚 365.2 m。青海省德令哈市东艾力斯坦滚艾尕吐尔根达坂组底部发育灰色含砾石英砂岩或含砂石英砾岩。

2.6 柴达木地块相

柴达木地块相区西部为阿尔金—敦煌陆块相,北为宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相,东、南为东昆仑岩浆弧相。该相区地处南侧巴颜喀拉洋盆北部活动陆缘区,构造活动较强。根据地层剖面和钻孔资料,结合岩石地层展布特征及前人资料分析,该相区主体为古陆剥蚀区,围绕古陆周围主体为广阔的陆表海台地相碳酸盐岩沉积,古陆周围发育近海河湖相

和滨岸(潮坪)相碎屑岩沉积。

(1)古陆剥蚀区:现今大部分地区为中生界覆盖,古陆范围根据钻孔资料圈定(表 1),古陆周缘前寒武纪基底杂岩广泛出露。

(2)近海河湖相碎屑岩沉积:该沉积围绕古陆分布,柴达木盆地北缘锡铁山东怀头他拉西南上石炭统一二叠统下段(前人称克鲁克组)下部为紫红及灰绿色含砾中粒石英砂岩、中粒长石石英砂岩,向上为炭质页岩、页岩夹薄层砂岩、油页岩,产腕足类及植物化石;中部为灰黄、棕褐、灰色的细砂岩、泥质砂岩、炭质页岩夹煤层组成韵律层。

表 1 柴达木地块早—中二叠世钻孔统计

Tab. 1 Statistics of Drills During Early-middle Permian in Qaidam Block

序号	钻孔位置	钻孔编号	见基岩井深/m	基岩	孔内地层
1	柴达木盆地南缘约 10 km 处(90°23'E,38°18'N)	浅 5	670.0	变质碎屑岩和火山岩	中—新生界
2	尕斯库勒湖西约 10 km 处(90°33'E,N38°06'N)	浅 4	340.0	花岗岩	中—新生界
3	油砂山西北七个泉(90°32'E,38°20'N)	阿地 9 井	953.0	花岗岩	中—新生界
4	阿卡托山东约 50 km 处(91°02'E,38°31'N)	咸中 1 井	70.0	花岗岩	中—新生界
5	尕斯库勒湖南约 7 km 处(90°48'E,38°07'N)	阿地 6 井	1 634.0	花岗岩	中—新生界
6	尕斯库勒湖东南约 3 km 处(90°55'E,38°06'N)	跃地 1 井	1 986.0	花岗岩	中—新生界
7	柴达木盆地南部大乌斯(91°27'E,37°47'N)	东 2 井	1 634.0	花岗岩	中—新生界
8	丁字口南西西(93°08'E,38°53'N)	石深海 18 井	389.0	中—深变质岩	新生界
9	丁字口南西西(92°58'E,38°51'N)	石深海 15 井	2 000.0	中—深变质岩	中—新生界
10	冷湖镇东(93°30'E,38°42'N)	赛深 1 井	2 850.0	中—深变质岩	中—新生界
11	冷湖镇东(93°32'E,38°41'N)	赛深 10 井	2 432.0	中—深变质岩	中—新生界
12	冷湖镇东(93°52'E,38°33'N)	平中 1 井	290.0	中—深变质岩	中—新生界
13	南八仙南 13.5 km 处(94°15'E,37°52'N)	仙 3 井	3 638.5	中—深变质岩	中—新生界
14	大柴旦打柴沟(94°43'E,37°38'N)	北地 1 井	463.0	中—深变质岩	中—新生界
15	小柴旦西北(95°08'E,37°33'N)	大中 1 井	848.0	中—深变质岩	中—新生界
16	小柴旦北西西(95°01'E,37°37'N)	苦中 1 井	342.0	中—深变质岩	中—新生界
17	柴达木盆地南缘格尔木(95°20'E,36°28'N)	大参 1 井	1 141.5	花岗岩	中—新生界
18	柴达木盆地南缘诺木洪西(97°05'E,36°58'N)	甜参 1 井	1 104.0	花岗岩	中—新生界

(3)滨岸(潮坪)相碎屑岩沉积:该沉积围绕海陆交互相分布,柴达木盆地西南缘祁漫塔格地区乌图美仁西的打柴沟组上部为碎屑岩段,主要为一套杂色(灰绿、紫红色)砂岩、粉砂岩,厚 38.0~51.8 m。

(4)开阔台地相碳酸盐岩沉积:该沉积围绕滨岸(潮坪)相分布,柴达木西南缘祁漫塔格北坡老茫崖东南四角羊沟的打柴沟组为一套碳酸盐岩沉积,岩性为生物碎屑灰岩、白云质生物碎屑灰岩、含燧石结核生物碎屑灰岩及含燧石条带白云岩,富含蠕类、珊瑚、腕足类和苔藓虫等生物化石。柴达木盆地西南缘骆驼峰东南部石拐子沟、云居萨依沟的打柴沟组

下部为灰、深灰色的中厚层及薄层微粉晶生物屑藻屑灰岩、硅质条带含生物屑微晶灰岩,产蠕;上部为灰白、灰色的微粉晶生物屑灰岩、亮晶生物屑灰岩夹礁灰岩,顶部为黑灰色薄层微粉晶生物屑灰岩夹页岩,产蠕化石,总厚 244.73 m,岩石颜色变化大,具板状层理和波状层理,以削顶不对称波痕为特征。打柴沟地区的打柴沟组下部为灰岩段,厚 231~274 m。乌图美仁西上石炭统一二叠统打柴沟组下部灰岩段含蠕、腕足、苔藓虫及珊瑚等化石。

2.7 东昆仑岩浆弧相

东昆仑岩浆弧相围绕柴达木地块相南、东边缘

略呈向南凸出的弧形展布,西为敦煌—阿尔金基底杂岩相,东为宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相和南邻南昆仑俯冲增生杂岩相,其为活动大陆边缘陆缘弧,构造活动强烈。其主要以滨岸(潮坪)相碎屑岩沉积、浅海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积和开阔台地相碳酸盐岩沉积与岛弧隆起剥蚀区相间展布为特征,西南部边缘发育滨浅湖相碎屑岩沉积,东南部边缘发育半深海火山盆地相火山岩沉积,沉积环境十分动荡,纵向序列上总体表现为海进→海退的旋回性变化。

(1)滨浅湖相碎屑岩沉积:该沉积小面积分布于西南部边缘且末县叶桑岗一带,岩石地层单位为二叠统叶桑岗组,其下部为砾岩、长石石英砂岩夹粉砂岩,砂岩中发育大型板状、楔状交错层理,显示湖缘扇沉积特征,局部地段夹河流水道沉积;上部以长石石英砂岩为主,夹粉砂质泥岩、砾岩、含砾砂岩,顶部夹含凝灰质板岩,砂岩中发育前积纹层夹角较缓的板状、楔状交错层理。

(2)滨岸(潮坪)相碎屑岩沉积:该沉积围绕岛弧隆起区小面积分布,青海柴达木南那棱格勒河北的上石炭统一二叠统纳苏组底部有厚约10m的紫色及灰白色砂砾岩、细砂岩、钙质粉砂岩、粉砂岩。乌兰县牦牛山西上石炭统一二叠统下段(前人称为克鲁克组)岩性为灰白、黄灰色厚层粗—中粒石英砂岩,夹3层煤,局部可采1~2层,厚0.3~0.47m;上段(前人称为扎布萨秀组)下部为煤系地层。诺木洪河上游上石炭统一二叠统岩性为灰、灰白色石英砂岩,底部为含砾砂岩。

(3)开阔台地相碳酸盐岩沉积:该沉积分布面积大,西南部且末县横条山—中二叠统树维门科组以开阔台地相为主,间有半局限台地相,岩性组合单一,且横向上比较稳定,以块状灰岩为特征,岩性主要为深灰及灰色泥晶棘屑灰岩、含生物屑微晶—泥晶灰岩、生物屑粉晶灰岩夹粉晶白云质灰岩及少量砾屑灰岩透镜体,产蠕、有孔虫、珊瑚及海百合茎化石。岩石由下向上颜色由深变浅,结构由细变粗,略具进积特征。若羌县大沙沟上石炭统一二叠统碧云山组岩性为微晶灰岩夹生物屑微晶灰岩及含钙质粉晶白云岩。微晶灰岩中富含化石 *Schwagerina* sp., *Misellina* sp., *Tritites* sp. 和海绵、海百合茎、藻屑等。茫崖镇骆驼峰西北尕斯乡云居萨依上石炭统一二叠统打柴沟组为台地边缘浅滩相,由含砂砾屑生物碎屑灰岩、生物碎屑砂砾屑灰岩、亮晶生物屑灰岩及亮晶灰岩组合堆积而成,含有较多蠕类、部

分腕足类化石及大量藻类、有孔虫、苔藓虫、腹足类化石碎片。大量砾屑、砂屑及生物碎屑的分选性及磨圆度均较好,填隙物多为化学胶结,杂基含量很少。剖面层序表现为由粗—细的退积型沉积,属潮下较高能沉积环境。格尔木市骆驼峰东南格哈吐鲁尔图的打柴沟组为局限台地相,主要由灰黑色—深灰色粒屑亮晶、粉晶、泥晶生物灰岩,白云质灰岩及白云岩夹细碎屑岩组成,大多数灰岩燧石结核或条带较为发育,各类生物分异甚高,常密集成层或呈礁体出现,厚177~344m,含蠕、牙形石、珊瑚、腕足类等。

(4)浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积:该沉积分布于东部的都兰县一带,青海都兰东鄂拉山北上石炭统一二叠统岩性为灰黑色块状含红柱石黑云斜长石英角岩、中厚层角岩化粉砂岩,灰白色厚层含辉石帘石透闪石长石石英角岩,灰黑色中厚层粉砂质黏土板岩、含炭质大理岩、粉砂质板岩夹砂岩及灰岩透镜体。大理岩中含珊瑚及 *Pseudoschwagerina* sp., 出露厚244m。

(5)半深海火山盆地相火山岩沉积:该沉积小面积分布于格尔木市东南和都兰县东,青海格尔木河大干沟上石炭统一二叠统火山岩段上部为灰、灰绿色的火山岩质砾岩、岩屑砂岩夹安山岩;下部为灰绿色安山岩、玄武岩夹岩屑砂岩,厚度大于1369m。青海都兰东茶卡盐湖南上石炭统一二叠统下部为灰黑色火山角砾岩夹英安岩,厚392.1m。

2.8 南昆仑俯冲增生杂岩相

南昆仑俯冲增生杂岩相范围与南昆仑—阿尼玛卿混杂岩带一致,呈近东西向带状展布,规模巨大。其为特提斯洋大洋岩石圈板块主俯冲带控制之下的北部活动大陆边缘增生地带,由于中二叠世晚期大洋岩石圈板块向北的强烈俯冲作用,加之洋岛、海山遍布,构造十分复杂,构造活动强烈,各种岩片混杂堆积发育。该区沉积相类型十分复杂,半深海相、深海相火山岩沉积,半深海相、深海相砂泥质沉积,半深海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积,半深海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积,浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积,开阔台地相碳酸盐岩沉积等均有发育。岩相反映的纵向序列表现为海进→海退的旋回性变化。

(1)半深海相、深海相火山岩沉积:该沉积小面积分布于布喀达坂峰一带,以上石炭统一二叠统浩特洛哇组为代表,岩性以英安岩、内碎屑灰岩、含细晶灰岩及微晶灰岩为主,次为英安质晶屑含角砾凝灰岩、英安质凝灰熔岩并夹大量长石石英杂砂岩

及复成分砾岩。内碎屑灰岩及细晶灰岩中含少量棘皮动物门化石和原生动物门有孔虫化石。纵向上,从下至上,由微晶灰岩—英安岩—内碎屑灰岩—含角砾凝灰岩及凝灰熔岩、含砾内碎屑灰岩—英安岩构成韵律层,内碎屑灰岩单层厚度大于 10 cm,发育斜层理及水平层理。上述特点反映该套地层具岛弧环境下的火山—沉积特征。

(2)半深海相、深海相砂泥质沉积:布喀达坂峰西北阿尔喀山中二叠统马尔争组岩石种类较单一,岩性以中—细粒岩屑长石砂岩、不等粒岩屑长石砂岩、岩屑长石粉砂岩为主夹长石粉砂岩、泥钙质板岩、细砾岩及少量粉晶灰岩等。中下部为一套粗浊积岩,发育 AB 段、ABCD 段、BCE 段、BE 段等不连续鲍马序列组合;上部为细浊积岩,发育 BCDE 段、DC 段、DE 段、CDE 段等鲍马序列组合。A 段单层厚 30~150 cm,发育粒序层理,并见重荷膜构造;B 段一般层厚为 20~100 cm,发育平行层理、重荷膜、槽膜;C 段层厚 5~10 cm,具水平层理;E 段由泥钙质板岩组成,层厚多小于 5 cm,发育细水平层理。砂岩中含有 *Taenidiu*, *Palaeodictyon* sp., *Protopaleodictyon* sp. 等深水相遗迹化石。布喀达坂峰东北克其克孜苏河南支沟的中二叠统马尔争组为深海、次深海盆地相海底扇浊积岩沉积,岩性组合为一套中—细粒长石岩屑砂岩、不等粒岩屑砂岩夹千枚状板岩、亮晶砾屑灰岩、泥晶灰岩及少量砂砾岩、球粒玄武岩组成,为一套浊流沉积,由下至上发育不完整鲍马序列,自上而下泥钙质沉积减少,砂岩等陆屑沉积明显增多,沉积总厚 4 066 m。格尔木市西大滩煤矿下一中二叠统园头山组主要岩性为粉砂质绢云母板岩、千枚状板岩夹岩屑杂砂岩,厚度大于 1 500.09 m。

(3)半深海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积:该沉积自西向东广泛分布,鲸鱼湖东北部阿尔喀山北苏鲁彼得勒克得亚的马尔争组岩性较复杂,其组合为一套方解石质、绢云母质千糜岩、糜棱岩、片岩等夹亮晶内碎屑灰岩、不等粒岩屑砂岩等,发育有鲍马序列,生物碎屑灰岩中见有棘皮、海绵、藻类等生物碎屑。鲸鱼湖东北部阿尔喀山北喀尔瓦东的马尔争组岩性组合以长石岩屑砂岩、长石石英细砂岩及微晶生物灰岩为主,夹大理岩、岩屑砂岩、细砾岩及少量玄武岩。从下至上发育不连续鲍马序列 A 段、B 段、CD 段,缺 E 段。A 段由含砾粗砂岩组成,单层厚 10~30 cm,发育粒序层理;B 段最发育,由中—细粒长石岩屑砂岩组成,厚度为 5~20 cm,发育平行层理。

库赛湖西北黑海东南羚羊水上石炭统一二叠统浩特洛哇组上段岩性为变砂岩夹薄层碳酸盐岩,内部发育递变层理、平行层理、沙纹层理、水平层理,产大量遗迹化石。

(4)半深海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积:该沉积小面积分布,黑海东大灶火沟上游中二叠统马尔争组上部为绿灰及灰绿色蚀变粗玄岩、玄武岩夹磁铁石英岩、变质长石石英砂岩、千枚状板岩及薄层大理岩;中部为白云大理岩夹薄层千枚岩;下部为灰褐、灰色的含砂砾岩、钙质粉砂岩、千枚岩,具类复理石沉积特征,总厚 872~2 304 m。

(5)浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积:该沉积呈狭长带状断续延伸,木孜塔格峰西北麓乌鲁格河上游马尔争组下部岩性为灰白色厚层—块状灰岩,顶部夹少许岩屑砂岩;上部为灰色、深灰色及黑灰色岩屑砂岩,与钙泥质粉砂岩、岩屑砂岩、泥岩互层,视厚度 2 067.34 m,灰岩中化石丰富,数量较多,以蠕、珊瑚、海百合茎为主,化石整体保存状态反映为原地埋藏—准原地埋藏的浅海潮下中、低能环境。野羊泉南木孜塔格峰东北的马尔争组岩性以灰白、灰、深灰色灰岩,砂岩,粉砂岩为主,夹灰岩,而砂岩、泥质岩多呈不均匀互层产出,砂岩中见平行层理,灰岩块状构造见有亮晶团粒,含有蠕、珊瑚及苔藓虫类动物化石,反映为潮下中、低能水动力环境下浅海内缘斜坡相沉积,视厚度 1 542.2 m。

(6)开阔台地相碳酸盐岩沉积:该沉积断续带状分布于北部,阿其库勒湖西南马尔争组为一套碳酸盐岩沉积,其岩性主要为深灰、灰、浅灰色的细晶白云岩、泥晶灰岩及微晶灰岩等,含珊瑚 *Pseudoyatsengi* sp., *Michelinia* sp.。阿其克库勒湖南上石炭统一二叠统浩特洛哇组岩性为灰岩、生物灰岩、大理岩化灰岩和大理岩,产有蠕类化石。鲸鱼湖西北贝力库勒湖中二叠统鲸鱼湖组主要为一套厚约 774.33 m 的碳酸盐岩夹少量细碎屑岩沉积,砂岩发育平行层理,灰岩还含有冷水型单通道化石 *Mono-dioxodina muzfaganensis* 等。鲸鱼湖北葫芦岭下一中二叠统树维门科组主要岩性为细粒岩屑砂岩、粉砂质泥岩,上部有层厚约 193.35 m 英安岩,砂岩中多发育平行层理。鲸鱼湖北黑熊沟马尔争组为浅红及玫瑰色生物碎屑泥晶灰岩、亮晶粒屑灰岩和深灰色内碎屑泥晶灰岩、亮晶核形石灰岩、亮晶粒屑灰岩、碎裂状内碎屑灰岩,夹约 20 m 厚层砾岩。布喀达坂峰西北马尔争组为一套以含介壳生物碎屑灰岩、含生物碎屑微晶灰岩、泥晶含内碎屑生物碎屑

灰岩、微晶支架类生物碎屑灰岩、微晶灰岩及长石石英砂岩为主夹少量粉砂岩、泥钙质板岩的沉积体,生物化石丰富,个体完整,灰岩中发育交错层理。库赛湖北中灶火南马尔争组由灰、浅灰、深灰色的亮晶团块灰岩、含生物砾屑灰岩、砾屑亮晶灰岩夹生物屑灰岩、含生物屑亮晶灰岩及灰红色砾屑灰岩等组成,灰岩中产蠕类、有孔虫、珊瑚、菊石等化石。库赛湖北树维门科组为灰白、紫红色的中-块层状生物碎屑灰岩、角砾灰岩与亮晶胶结的造礁淀结灰岩互层,纵向上组成了4次造礁与非造礁旋回序列,每个旋回序列厚300~400 m或700~800 m,造礁生物主要由藻类和链状海绵为主,附带生物有苔藓虫、珊瑚、有孔虫、腕足、百合茎、蠕类等。青海省都兰县马尔争树维门科组岩性主要为一套生物礁灰岩,礁核相为灰白、灰红色的块状古石孔藻黏结灰岩、管壳石黏结灰岩,造礁生物主要为 *Archaeolifnoparella* sp. 及 *Tubiiphytes* sp.。礁前相为角砾岩,礁后相为含生屑泥晶灰岩,生物礁演化具明显旋回性,可划分出12个造礁旋回,该套藻黏结灰岩沉积时水动力较小,但也较通畅。

2.9 巴颜喀拉洋盆相

巴颜喀拉洋盆相总体以半深海相、深海相砂泥质及灰质沉积,半深海相砂泥质沉积,半深海相砂泥质、灰质、硅质沉积为主,东部边缘局部地区发育滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积。纵向沉积序列自下而上表现为浅海相→半深海相→深海相(火山盆地相)→半深海相→浅海相的海进至海退的浅→深→浅的震荡旋回性变化。

(1)半深海相砂泥质沉积:大鹏湖东北石平顶西部雪头河的黄羊岭组岩性比较单调,主要由砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩等多次重复旋回沉积而成,下部出现了十分典型的盆地斜坡相浊积岩沉积特征,砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩构成清楚的韵律沉积,砂岩中发育平行层理和包卷层理,底部具沟膜、槽膜冲刷面等浊流沉积构造和不完整鲍马序列。

(2)半深海相、深海相砂泥质及灰质沉积:且未县羊湖北二叠系黄羊岭组主要发育黄羊岭组二段,岩性变化较大,主要为灰黑色页岩夹岩屑砂岩、砾屑灰岩、砂砾岩及礁角砾灰岩,灰岩中产大量蠕类化石,砂岩中发育鲍马序列,表明该地区是以浊积岩为主夹滑塌角砾岩和斜坡水下河道沉积物。羊湖北半岛湖二叠系黄羊岭组实测剖面为半深海相、深海相→浅海相→深海相、半深海相→浅海相,岩性为一套陆

源碎屑复理石夹碳酸盐岩沉积,主要为灰黑色页岩与岩屑砂岩互层,韵律性强,鲍马序列发育,沉积连续,层序清楚,易于划分。依据岩石组合特征的差异性,黄羊岭群可划分成3段:①下部为黄羊岭组一段,以灰黑色页岩为主,夹灰黄、灰褐色中厚至厚层细—粗粒岩屑砂岩,中上部偶夹薄至中厚层泥晶灰岩,局部为砂岩与粉砂岩的韵律层,下部砂岩大多具平行层理,并发育正粒序和逆粒序递变层理,厚度大于200 m;②中间为黄羊岭组二段,其下部为灰黑色页岩与灰色中至厚层块状细—粗粒岩屑砂岩以1:1~2:1的比例互层,夹多层灰及深灰色厚层块状复成分砂质砾岩和中厚至厚层泥晶生物屑砾屑灰岩、泥晶—亮晶礁角砾灰岩等,底部为深灰色块状复成分砂质砾岩;上部以灰黑色页岩为主,间夹灰及褐灰色中至厚层细—粗粒岩屑砂岩、多层灰绿及褐红色中至厚层复成分砂质砾岩、浅灰色厚层块状泥晶砾屑灰岩及亮晶藻团块灰岩。砂岩具平行层理、粒序层理及鲍马序列,鲍马序列发育是本段上部的主要沉积构造特征,局部见有槽模构造。该层段产腕足类 *Martinina*, *Transennatia gratiosa*, *Bullarina rosstrata*, *Pseudofusulina* sp., *Nankinella* sp., *Schwagerinidae*, *Neoschwagerina* sp.; 有孔虫 *Pachyphloia* sp., *Condonofusiella* ? sp., *Nodosaria* sp.; 珊瑚 *Thomasiphyllum carinatisseptatum*; 牙形石 *Mesogondolella* sp.等;厚约630 m;③上部为黄羊岭组三段,其下部为一套深灰色中厚层中—细粒岩屑砂岩、含钙质粉—细粒长石岩屑砂岩,发育平行层理,易风化成片状;中部夹两层中厚至厚层泥晶—微晶砂砾屑灰岩,砾屑中产腕足、苔藓虫、介形虫、藻等生物屑;上部以灰、浅灰微带绿色页岩为主,间夹浅灰色厚层含钙质细粒岩屑砂岩及浅灰色薄层生物屑微晶—泥晶灰岩,产孢粉 *Leiotriletes* sp., *Klausipollenites* sp.等,厚约130 m。黄羊岭组未见底,下部以灰黑色页岩为主,夹灰褐色中厚层细—粗粒岩屑砂岩,偶夹泥晶灰岩,局部夹礁灰岩,具正粒序和逆粒序递变层理。上述岩性特征表明,黄羊岭群下部主体处于浅海陆棚环境,呈现出深(半深海—深海)→浅(浅海陆棚)→深(半深海—深海)沉积环境的震荡变化。中部灰黑色页岩与岩屑砂岩互层,夹多层复成分砂质砾岩及泥晶砾屑灰岩,砂岩发育鲍马序列,为半深海—深海环境。上部已不夹砾屑灰岩、砂质砾岩和浊积岩,说明盆地已经淤浅,处于浅海陆棚环境。

(3)半深海相砂泥质、灰质、硅质沉积:治多县可

可西里地区太阳湖北中二叠统马尔争组(黄羊岭组)实测剖面为次深海盆地相,沉积地层呈近东西向分布于太阳湖北—布喀达板峰南麓一线,其岩石类型有糜棱岩屑砂岩、碎屑质糜棱岩、千糜岩夹绢云母千枚岩,偶见硅质岩及灰岩透镜体。在变形较弱的砂岩透镜体中,见有粒序层理,具浊积岩特征,该沉积为岛弧海山沉积,在大陆边缘俯冲过程中成为增生楔。

(4)滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩沉积:该沉积分布于研究区东北部边缘,曲麻莱县麻多乡西北格涌曲中二叠统马尔争组(黄羊岭组)下部岩性为灰色黏土质板岩、粉砂岩夹石英硬砂岩,上部为紫红色枕状玄武岩、玄武质角砾岩夹灰岩,灰岩中含蠕 *Verbeekina* sp.;腕足类 *Phricodothyris asiatica*, *Neospirifer* sp.等;出露厚 280 m。曲麻莱县麻多乡西北约索曲北中二叠统马尔争组(黄羊岭组)为浅海陆棚相。下部为生物碎屑灰岩与长石石英砂岩、粉砂岩互层,上部为长石砂岩、生物碎屑灰岩、鲕状灰岩夹碎屑岩,碎屑岩分选、磨圆度均较好,矿物成熟度较高,所含化石、珊瑚、腕足等均为浅海相生物,厚 253 m。说明其为海水较浅且动荡的滨浅海相沉积。在靠南部的埃肯雅与托沟中部出现火山岩,显示构造环境具有一定活动性。

3 构造相内部主要岩浆岩及其性质

3.1 阿拉善陆块相

阿拉善陆块相区中侵入岩较发育,分布于该相区内中北部阿拉善右旗、红沙岗、红柳园北部地区。其主要为钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩以及石英正长岩,属钙碱性-碱性系列、铝过饱和和“S型”花岗岩。窖湾一带窖湾花岗岩体年龄 262 Ma,长山岭等钾长花岗岩体年龄 265 Ma。

3.2 阿尔金—敦煌基底杂岩相

阿尔金—敦煌基底杂岩相区中侵入岩发育于该相区东北部阿尔金山西北地区,有花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩、钾长花岗岩。岩石属富钾贫钠的钙碱性系列,次铝-过铝型岩石为主,克孜勒塔格北二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 (276.4 ± 0.7) Ma;另外,尚发育基性岩类的辉长岩等。

3.3 塔里木陆内盆地相

早二叠世是塔里木盆地火山活动最强烈的时期,主要属陆地火山喷发,西部边缘局部为浅海环境火山喷发。火山盆地主要分布在塔里木陆内盆地相区北部巴楚古陆东南、叶城西和叶城与和田之间,主

要与陆相沉积岩呈互层,叶城西夹在海相碳酸盐地层中。岩石类型为基性岩和超基性岩,包括玄武岩、辉绿岩、橄榄玄武岩及相应成分的凝灰岩、火山角砾岩,厚达十至数百米。

3.4 祁连陆内盆地相

祁连陆内盆地相区中侵入岩零星出露于该相区内西部和东部边缘的肃北、通渭、武山等地,主要有辉长岩、石英闪长岩、英云闪长岩、花岗岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、石英正长岩等。岩石主要属钙碱性-碱性系列、过铝质“I型”花岗岩。火山岩分布零星,为大陆爆发相凝灰质沉积物。

3.5 宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相

宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相区中侵入岩较发育,有二长花岗岩-正长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、英云闪长岩等,为钙碱性-碱性系列、过铝质岩石,“S型”花岗岩。太碌隧道西口处样品中获得单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 280 Ma,野马滩 K-Ar 年龄为 (292.6 ± 5.6) Ma,斯塔格乌兰 Rb-Sr 年龄为 291 Ma、K-Ar 年龄为 (308 ± 10) Ma。其为钙碱性-碱性系列、过铝质岩石,“S型”花岗岩,为造山作用过程中形成的同碰撞期花岗岩。火山岩主要为发育于宗务隆山南坡石炭系—中二叠统吐尔根达坂组中的裂隙盆地相玄武岩和倒淌河西石炭系—中二叠统吐尔根达坂组中的变质中性火山岩。与东昆仑岩浆弧相结合部位兴海西南部的豆错地区发育蛇绿岩,说明有小洋盆的存在。

3.6 柴达木地块相

柴达木地块相区中,早—中二叠世侵入岩较发育,分布于牛鼻子梁西北、依克柴达木湖、巴嘎柴达木湖、锡铁山东部、阿尔金山、萨果、多罗尔什山、龙尾沟、小红山、小赛什腾山及赛什腾山等地,主要有二长花岗岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩、英云闪长岩以及碱性正长斑岩等。赛什腾山似斑状黑云母花岗闪长岩体同位素年龄 268 Ma,分布于西部小红山英云闪长岩同位素年龄 268 Ma。岩石为碱性-钙碱性系列,形成于岛弧或活动陆缘环境。

3.7 东昆仑岩浆弧相

东昆仑岩浆弧相区早—中二叠世侵入岩十分发育,构成岩浆弧主体。岩石类型十分复杂,主要有橄榄岩、辉长岩体、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、英云闪长岩、二长花岗岩、花岗岩、钾长花岗岩、辉石岩-二长辉长岩-辉石二长岩组合、二长花岗岩-钾长花岗岩组合。岩石为次铝质钙碱性系列“I型”花岗岩和高钾钙碱性系列“S型”花岗岩。波洛斯太中粒

黑云母花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 $(280 \pm 4) \sim (289 \pm 4)$ Ma, 纳木龙石英闪长岩 Rb-Sr 年龄为 267.79 Ma、U-Pb 年龄为 (245.6 ± 7.4) Ma, 祁漫塔格 Rb-Sr 年龄为 (288.8 ± 2.9) Ma 和 306.3 Ma, 秦布拉克锆石 U-Pb 年龄为 (285 ± 0.6) Ma。火山岩亦十分发育, 格尔木市格尔木河大干沟上石炭统一二叠统火山岩段上部为灰及灰绿色火山岩质砾岩、安山岩, 下部为灰绿色安山岩、玄武岩, 为海底火山喷发相沉积。茶卡盐湖南上石炭统一二叠统下部海底火山喷发相沉积为灰黑色火山角砾岩夹英安岩。叶桑岗地区二叠系叶桑岗组尚见有凝灰质沉积。

3.8 南昆仑俯冲增生杂岩相

南昆仑俯冲增生杂岩相区侵入岩较发育, 主要有花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、英云闪长岩、闪长岩和石英闪长岩等。巴隆夏勒郭沟口花岗岩 K-Ar 年龄为 271.2 Ma, 稳流河北花岗岩 Rb-Sr 年龄为 298 Ma, 长梁山黑云母花岗闪长岩 K-Ar 年龄为 274.9 Ma, 尕勒奏黑云母花岗闪长岩 K-Ar 年龄为 295.2、260.7 Ma, 黄土小平山黑云母花岗闪长岩体 K-Ar 年龄为 268.9 Ma, 乌腊德夏拉郭勒东石英闪长岩体 K-Ar 年龄为 233.2 Ma, 布尔汗布达侵入岩锆石 U-Pb 年龄为 $(280 \pm 4) \sim (289 \pm 4)$ Ma, 相当于岛弧或大陆边缘活动带的火山弧花岗岩。早二叠世时期, 沿昆中断裂带发生大规模的张裂, 形成华力西期多岛小洋盆, 随后拉张逐渐南移, 至中一晚二叠世时沿布青山拉张, 北部则发生俯冲、碰撞, 形成一系列俯冲、碰撞型花岗岩, 并在俯冲带后缘产生拉张, 形成布尔汗布达的岩石组合。全区广泛发育蚀变安山岩、石英安山岩、火山碎屑岩、凝灰岩、石英安山质凝灰岩、安山质晶屑凝灰岩、英安质晶屑凝灰岩、凝灰岩及玄武岩、粗玄岩等。

3.9 巴颜喀拉洋盆相

青海曲麻莱县麻多乡西北格涌曲发育枕状玄武岩、玄武质角砾岩, 麻多乡南部的埃肯雅与托沟中部出现火山岩, 团结湖北为玄武岩、凝灰岩。西金乌兰湖地区为变质沉凝灰岩、枕状玄武岩。可可西里地区蛇形沟主要由强蚀变的浅灰绿色苦橄岩、苦橄玄武岩、玄武岩、球粒玄武岩等组成, 玄武岩中获得铅同位素示踪模式年龄为 274 Ma。治多县苟鲁山克错发育枕状玄武岩, 玉树县结隆乡(隆宝镇)东北德琼达为玄武岩, 均为裂谷火山盆地的产物。巴颜喀拉洋盆相区西部、西南部、中南部边缘发育大量蛇绿岩, 超基性岩有辉石橄榄岩和橄榄辉石岩等, 基性岩

有变质和未变质的灰黑及灰绿色块状玄武岩、含气孔橄榄玄武岩、气孔状碳酸盐化玄武岩、多气孔状橄榄玄武岩, 还有大于 50 m 的变质灰绿岩墙, 基性、超基性岩中混有硅质岩, 硅质岩与基性、超基性岩呈整合接触。为特提斯大洋岩石圈板块俯冲形成的洋壳残片。

4 构造相内部古地理概况

4.1 阿拉善陆块相

阿拉善陆块相区为华北陆块西南部边缘区, 主体为隆起区, 由于长期的隆起剥蚀, 地势较为平坦, 古地理环境简单, 南部边缘为陆相河湖环境, 东南部边缘为陆缘近海河湖相环境。该区总体表现为北高南低, 北部翘起、南部倾斜的特点, 物源主要来自于北部古陆剥蚀区。

4.2 阿尔金—敦煌基底杂岩相

阿尔金—敦煌基底杂岩相区为隆起区, 由于长期的隆起剥蚀, 地势渐趋平坦, 仅在西南部托库孜达坂山西北局部为滨—浅湖环境。

4.3 塔里木陆内盆地相

塔里木盆地石炭纪末期海盆迅速向西退缩, 早二叠世早期海水仅残存于和田河以西, 晚期海水全部退出。这种陆地化作用使塔里木地区形成一个内陆盆地, 地形开阔平坦, 以宽浅湖泊为中心, 形成十分发育的河流—浅湖环境, 早二叠世并伴有裂谷火山岩喷发。二叠纪是塔里木地区由广海型环境向内陆盆地环境转化的过渡期, 早二叠世海相沉积仅限于盆地西缘。塔里木地区在二叠纪之前一直被广阔的海洋所淹没, 以海相沉积为主, 二叠纪的晚海西运动, 使盆地外围(塔里木陆块边缘)的天山弧盆系、昆仑山弧盆系先后汇聚成山, 从而使盆地逐渐封闭起来, 海水从东往西退出。至早二叠世晚期, 海水完全退出, 该区形成一个被群山环绕的内陆盆地, 塔里木盆地从此诞生。这是塔里木地区演化史上发生的重大转折。

由于早—中二叠世处于塔里木地区地质演化历史的重大转折时期, 古地理环境十分复杂, 从海洋环境到古陆剥蚀区, 陆相、海陆过渡相和海相沉积环境均有发育。研究区所在东南部广大地区为塔东南古陆, 隆起区由于长期的隆起剥蚀, 地势渐趋平坦, 古地理环境主要为内陆河流—湖泊环境。

4.4 祁连陆内盆地相

祁连陆内盆地相区北部为华北陆块, 南部为宗务隆山—西秦岭裂谷盆地乃至昆仑弧盆系的活动陆

缘体系,古地理特征总体表现为北高南低、东高西低,东北部翘起、向西南倾斜的特点,物源主要来自于北部、东部古陆剥蚀区。纵向序列上自下而上表现为明显的陆相→滨岸相→浅海相→滨岸相海进—海退的完整旋回性变化。

4.5 宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相

宗务隆山—西秦岭裂谷盆地相区古地理特征总体表现为西高东低、北高南低以及东北翘起、向西南倾斜的特点,为沿柴达木北缘断裂和东昆仑岩浆弧东缘断裂的箕状断陷盆地,海水从东南向西北侵入,物源主要来自于东北部古陆剥蚀区。

4.6 柴达木地块相

柴达木地块相区总体表现为古陆剥蚀区和围绕古陆周围广阔的陆表海盆地,靠近古陆地势较高,远离古陆地势较低,并且在该时期仍在持续的隆起中,海水向北、东、南退去,纵向序列自下而上表现为明显的开阔台地相→滨岸相的海退变化。物源主要来自于柴达木古陆剥蚀区。

4.7 东昆仑陆缘弧相

东昆仑陆缘弧相区类似于现今东太平洋活动大陆边缘岛弧区,古地理环境较为复杂。南部洋盆区和北部陆表海盆地通过多处海槽(海峡)相互连通,海水从南向北侵入,随着海平面升降,边缘岛弧带时现(部分)时隐(部分)^[14-15]。

4.8 南昆仑俯冲增生杂岩相

南昆仑俯冲增生杂岩相区为特提斯洋盆北部增生地带,巴颜喀拉洋盆中洋岛、海山遍布,古地理环境十分复杂。残留下来的混杂岩片有浅海、半深海、深海等各种古地理环境下沉积的地质实体,突显了构造古地理环境的复杂性信息。

4.9 巴颜喀拉洋盆地相

巴颜喀拉洋盆地相区为大洋盆地和洋盆边缘环境,洋盆边缘洋岛、海山遍布,古地理环境十分复杂^[16-18]。物源主要来自北部边缘,少部分来自南部陆岛,表现为海侵→海退的旋回性变化。

5 结 语

(1)柴达木盆地及其邻区中、北部早—中二叠世为陆内盆山—裂谷系统,主体处于伸展构造背景,总体表现为堑垒相间的构造古地理格局;南部为巴颜喀拉洋盆,早—中二叠世是巴颜喀拉洋盆扩张最为剧烈且规模为最大时期,巴颜喀拉洋盆中洋岛、海山遍布。

(2)早—中二叠世晚期强烈的华力西构造运动

使古板块间的相对运动加剧,南北大陆间广阔的特提斯多岛洋盆洋壳发生强烈的俯冲消减作用,大洋盆地与陆块间的沟弧盆体系形成。研究区南部巴颜喀拉地区地处广阔的特提斯多岛洋盆北部强烈的消减地带,大洋岩石圈板块向北强烈俯冲,形成东昆仑陆缘岩浆弧及其南部增生带,东昆仑陆缘岩浆弧岩浆活动十分强烈,宗务隆山—西秦岭陆源裂谷盆地进一步发育,形成研究区十分复杂的构造-岩相古地理格局,陆相、滨浅海相、半深海—深海相均有发育,岩相反映的纵向序列表现为海进→海退的旋回性变化特征。

(3)早—中二叠世为研究区地球动力学机制从强烈扩张到强烈汇聚的转折时期,加强其构造-岩相古地理研究对建立该区地层序列、探讨其地质演化历史以及指导找矿工作等均具有重要意义。

成文过程中得到了王战教授、冯益民研究员、史秉德研究员、杨永成教授级高级工程师的精心指导,在此一并致谢!

参 考 文 献 :

References :

- [1] 李荣社,计文化,杨永成,等. 昆仑山及邻区地质[M]. 北京:地质出版社,2008.
LI Rong-she, JI Wen-hua, YANG Yong-cheng, et al. The Geology in Kunlun Mountains and Its Adjacent Region[M]. Beijing: Geology Publishing House, 2008.
- [2] 姜春发. 中央造山带几个重要地质问题及其研究进展[J]. 地质通报, 2002, 21(8/9): 453-455.
JIANG Chun-fa. Several Geologic Problems and Their Research Advances of Central Orogenic Belt[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8/9): 453-455.
- [3] 殷鸿福,张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学, 1998, 23(5): 438-442.
YIN Hong-fu, ZHANG Ke-xin. Evolution and Characteristics of the Central Orogenic Belt[J]. Earth Science, 1998, 23(5): 438-442.
- [4] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. Regional Geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geology Publishing House, 1991.
- [5] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1993.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: Geology Publishing Press House, 1993.

- [6] 潘桂棠,丁俊,姚东生,等. 青藏高原及邻区地质图说明书[M]. 成都:成都地图出版社,2004.
PAN Gui-tang, DING Jun, YAO Dong-sheng, et al. Instruction of the Geological Map of Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Regions [M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House, 2004.
- [7] 徐强,潘桂棠,许志琴,等. 东昆仑地区晚古生代到三叠纪沉积环境和沉积盆地演化[J]. 特提斯地质, 1998, 18(增): 76-89.
XU Qiang, PAN Gui-tang, XU Zhi-qin, et al. Evolution of the Sedimentary Environments and Basins in East Kunlun During Late Palaeozoic to Triassic Time [J]. Tethyan Geology, 1998, 18(S): 76-89.
- [8] 中英青藏高原综合地质考察队. 青藏高原地质演化[M]. 北京:科学出版社,1990.
Unite of Practice Troop of China and England in Qinghai-Tibet Plateau. Geological Evolvement in Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Science Press, 1990.
- [9] 李德威. 地球系统动力学纲要[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(3): 285-294.
LI De-wei. Outline of Earth System Dynamics [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005, 29(3): 285-294.
- [10] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 1-28.
PAN Gui-tang, XIAO Qing-hui, LU Song-nian, et al. Subdivision of Tectonic Units in China [J]. Geology in China, 2009, 36(1): 1-28.
- [11] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志[J]. 地质通报, 2008, 27(10): 1613-1637.
PAN Gui-tang, XIAO Qing-hui, LU Song-nian, et al. Definition, Classification, Characteristics and Diagnostic Indications of Tectonic Facies [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1613-1637.
- [12] 潘桂棠,王立全,李兴振,等. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置[J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(3): 1-26.
PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Xing-zhen, et al. The Tectonic Framework and Spatial Allocation of the Archipelagic Arc-basin Systems on the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2001, 21(3): 1-26.
- [13] 潘桂棠,李兴振,王立全,等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 701-707.
PAN Gui-tang, LI Xing-zhen, WANG Li-quan, et al. Preliminary Division of Tectonic Units of the Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Regions [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 701-707.
- [14] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带二叠纪岩相古地理特征及盆山转换探讨[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 374-393.
CHEN Shou-jian, LI Rong-she, JI Wen-hua, et al. The Permian Lithofacies Paleogeographic Characteristics and Basin-mountain Conversion in the Kunlun Orogenic Belt [J]. Geology in China, 2010, 37(2): 374-393.
- [15] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带石炭纪岩相特征及构造古地理研究[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(3): 221-233.
CHEN Shou-jian, LI Rong-she, JI Wen-hua, et al. Carboniferous Period Lithofacies Character and Tectonopaleogeography in Kunlun Orogenic Belt [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2008, 30(3): 221-233.
- [16] 陈守建,李荣社,计文化,等. 巴颜喀拉构造带二叠—三叠纪岩相特征及构造演化[J]. 地球科学, 2011, 36(3): 393-408.
CHEN Shou-jian, LI Rong-she, JI Wen-hua, et al. Lithostratigraphy Character and Tectonic-evolvement of Permian-Trias in the Bayankala Tectonic Belt [J]. Earth Science, 2011, 36(3): 393-408.
- [17] 朱迎堂,田景春,白生海,等. 青海省石炭纪—三叠纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2009, 11(4): 384-392.
ZHU Ying-tang, TIAN Jing-chun, BAI Sheng-hai, et al. Lithofacies Palaeogeography of the Carboniferous-Triassic in Qinghai Province [J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(4): 384-392.
- [18] YIN H F, ZHANG K X, FENG Q L. The Archipelagic Ocean System of the Eastern Eurasian Tethys [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1): 230-236.