

西北地区四分框架下的寒武纪岩石地层划分与对比

朱涛, 张二朋, 徐学义, 陈隽璐, 王洪亮, 谢群

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要:以奥斯陆国际地质大会修订的全球寒武系年代地层四分方案为依据, 通过对古生物化石、同位素年龄及与顶底和内部地层单位的接触关系等综合分析, 对西北地区 16 个地层区(地区)的寒武纪岩石地层单位进行了重新厘定。通过对比研究, 初步建立了西北地区寒武纪岩石地层划分方案(即 4 统 10 阶的年代地层框架), 为今后西北地区寒武纪地层研究工作提供了科学依据。

关键词:西北地区; 寒武纪; 岩石地层; 4 统 10 阶

中图分类号:P534

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)03-0112-15

Cambrian Lithostratigraphy Division and Comparison in Northwest China under the Time Scale with Four Series

ZHU Tao, ZHANG Erpeng, XU Xueyi, CHEN Junlu, WANG Hongliang, XIE Qun

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the comprehensive analysis of paleontology, isotopic ages and the contact relations between upper and inner lithostratigraphic units, and under the new global Cambrian framework with four series and ten ages, stratigraphic units of sixteen stratigraphic areas of northwestern China were redefined. By comparative study, the lithostratigraphy divison framework of northwest China was preliminarily established. This study would provide scientific evidence for stratigraphic studies in northwestern China.

Keywords: northwest China; Cambrian; lithostratigraphy; 4 series and 10 stages

关于寒武纪地层的划分, 2008 年奥斯陆 33 届国际地质大会推出的“国际地层表”寒武系(纪)已由 2004 年意大利 32 届国际地层大会版的传统三分明确改为四分(即四统十阶)。全国地层委员会 2012 年 9 月编制完成的《中国地层表》(试用稿)^①也已明确采用四分, 并于 2013 年全国第四届地层会议中提

交。因此, 本次西北 1:100 万地质图的编制及总结, 对寒武纪岩石地层时代的划分亦在原三分基础上, 以国际寒武系(纪)四分为准则, 参照彭善池等(2009a, 2000b, 2011)对我国南、北方寒武纪地层系统的划分对比方案, 结合西北地区各省区岩石地层研究成果(陕西省地质矿产局, 1998, 甘肃省地质矿

收稿日期: 2015-04-02; 修回日期: 2015-05-04

基金项目: 中国地质调查局综合研究项目“西北基础地质调查成果集成与综合研究”(1212011220649)、“阿尔泰—准噶尔北缘成矿带基础地质调查成果集成”(12120113041000)、“天山成矿带地质矿产调查评价成果集成”(1212011304220)、“西北地区地质系列图件编制与综合研究”(12120113013400) 联合资助成果

作者简介: 朱涛(1983-), 男, 藏族, 青海省乐都县人, 工程师, 硕士, 从事区域地质调查和研究工作, E-mail: zhut_1983@163.com

^①全国地层委员会《中国地层表》编委会. 中国地层表(试用稿), 2012.

产局,1997,宁夏回族自治区地质矿产局,1996,青海省地质矿产局,1997,新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999,山西省地质矿产局,1997)和《中国地层典》(中国地层典编委会,1996,1999)研究成果,以古生物化石,尤其是三叶虫分带化石为主要依据(Zhou et al., 2008),三叶虫化石主要依据各省、区岩石地层研究成果中的化石单列,结合同位素年龄、地层接触关系等特征,以及西北地区地层自然区划方案^①,以四分法对西北地区寒武纪岩石地层单位进行了重新厘定。

笔者是在朱涛等(2013)对西北寒武纪岩石地层时代归属的四分框架下补充修改编制而成。由于西北寒武纪地层出露和研究程度参差不齐,特别是造山带内古生物化石保存较少(差),层序不完整,因此一些岩石地层单位时代的厘定是在古生物化石的基础上结合上覆和下伏地层的关系对其时代进行上、下延伸进行适当推测厘定。其中,上扬子汉南区、中南秦岭区、华北鄂尔多斯及西南缘区、塔里木及中天山等区研究程度相对较高,部分可划分到世或期;昆仑、祁连和北秦岭研究程度较低,跨世、跨纪地层单位较多。表1中反映了西北寒武纪岩石地层时代按四分方案划分的总体特点和规律。本次工作中西北地区涉及寒武纪岩石地层单位共计67个,其中包含早古生代未分1个,上延跨及奥陶纪25个,下延包含晚前寒武纪7个,属蛇绿(混杂)岩1个,纯属寒武纪各世33个。

1 地质背景

西北地区寒武纪地层与下伏新元古界和上覆奥陶系的关系尽管有些地区连续性差,但总体上为整合或平行不整合接触关系。新元古代与寒武纪多为连续沉积,在上扬子区、中南秦岭区、柴北缘等区都有滇东世沉积记录;在昆仑、祁连、塔里木、天山也发现可能属于滇东世小壳化石的层位,这表明西北地区除华北区外寒武纪多数是在新元古代沉积-构造背景上的进一步发展。除在上扬子(龙门山、汉南、碧口等地)缺失芙蓉世沉积记录外,多数地区寒武系与奥陶系为连续沉积,显示奥陶纪具有与寒武纪相近的沉积-构造属性。从沉积组合看,西北地区寒武

纪总体处于伸展凹陷沉积,接受广泛海侵的背景,在祁连、北秦岭、昆仑形成以碎屑岩-火山岩组合为主,其他地区则形成泥碎屑岩-碳酸盐岩组合,底或下部不同程度含P、V、Mo、U以及Co、Mn、Ba、Sr碳酸盐岩和碳硅质岩。

2 西北地区寒武纪划分方案

依据西北地区岩石地层自然分区,将西北地区的16个地层区(地区)(包括准噶尔、阿尔泰、塔里木、中天山、南天山、阿尔金—北山、柴北缘、西昆仑、塔什库尔干—甜水海、东昆仑、祁连、华北、北秦岭、中—南秦岭、摩天岭和上扬子汉南)进行了寒武纪岩石地层划分和对比。

本次工作是在前期研究(朱涛等,2013)的基础上进行补充和完善,其中地质年代单位名称运用彭善池(2008, 2011)所建立的中国南方寒武系年代地层划分方案,包含4个统级单位和10个阶级单位,自下而上分别为滇东统(晋宁阶、梅树村阶)、黔东统(南皋阶、都匀阶)、武陵统(台江阶、鼓山阶、古丈阶)和芙蓉统(排碧阶、江山阶、牛车河阶),古生物化石和地层接触关系主要依据西北各省区地质矿产局主编的各省区区域地质志(陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆)和岩石地层(陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆)以及中国地层典编委会所编著的中国地层典(新元古界、寒武系、奥陶系)和国土资源大调查以来部分区域地质调查新资料。笔者对岩石地层划分表中只部分列举各地层单位顶底界限附近的分带化石(表1),现将西北地区寒武纪岩石地层划分方案依据分述如下。

2.1 塔里木地层区

塔里木地层区可细分为库鲁克塔格、柯坪、盆地和铁克里克4个地区。其中库鲁克塔格地区发育西大山组、莫合尔山组和突尔沙克塔格组;柯坪地区包括肖尔布拉克组、阿瓦塔格组和丘里塔格组;盆地地区寒武纪发育的丘里塔格组可与柯坪地区丘里塔格组对比;铁克里克地区主要发育阿其克片岩。

2.1.1 库鲁克塔格

西大山组:笔者所述西大山组以新疆岩石地层清理后的西大山组(含原下部西山布拉克组)为对

^①徐学义等.西北地区重要成矿带基础地质调查综合研究成果报告,2013.

表1 西北地区寒武纪岩石地层对比表
Tab. 1 The Cambrian lithostratigraphic division in northwest China

Tab.1 The Cambrian lithstratigraphic division in northwest China

续表1

象,该组底部与下伏新元古代汉格尔乔克组为假整合接触,组内发育三叶虫碎片及腕足类化石(《中国地层典》编委会,1999),上覆莫合尔山组底部第一、二化石带分子均为南皋阶化石分子,因此本组时代暂定为晋宁期到南皋期。

莫合尔山组:该组内第一化石带 *Ushbaspis Metaredlichoides-Chengkouia* 属南皋阶化石分子,顶部第十一化石带 *Irvingella-Sinoproceratopyge kiangshanensis* 带为排碧阶—江山阶化石带(彭善池等,2009b, 2011),因此本组时代为黔东世南皋期到芙蓉世江山期。

突尔沙克塔格组:该组底部 *Lotagnostus asiaticus-americanus-Hedinaspis* 化石带(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999)相当为牛车河阶的下部化石分子,顶部与早奥陶世却尔却克组为整合接触,因此本组时代为芙蓉世牛车河期到早奥陶世。

2.1.2 柯坪

肖尔布拉克组:新疆维吾尔自治区岩石地层清理时根据岩石地层命名原则将其下伏玉尔吐斯组和上覆吾松格组并入本组(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999)。该组底部发育梅树村期 *Anabarites-Protohertzina* 及 *Paragloborilus-Lapeorthella* 小壳化石组合带,中、上部发育南皋期 *Ushbaspis-Chengkouia* 及 *Tianshanoceraspis* 三叶虫带,本组时代暂定为滇东世晋宁期到黔东世南皋期。

阿瓦塔格组:新疆维吾尔自治区岩石地层清理时认为沙依里克组为阿瓦塔格组下部层位,仅保留阿瓦塔格组组名(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999),根据组内所含的都匀期三叶虫 *Kunmingaspis*, *Chittidilla* 等,暂将本组时代定为黔东世都匀期。

丘里塔格组:该组底部三叶虫化石带与下伏阿瓦塔格组中所含化石带基本相近,均为都匀阶化石分子,根据地层接触关系,本组为阿瓦塔格组上覆地层,其顶部与中奥陶世萨尔干组为整合接触,而萨尔干组中所含笔石带、牙形石带和三叶虫带为大坪期化石带,因此,暂将本组时代定为都匀期到早奥陶世。

2.1.3 盆地

盆地地区仅发育丘里塔格组,可与柯坪地区对比,但是该区目前还未发现丘里塔格组下伏地层,因此笔者将盆地地区的丘里塔格组底界以未完全出露表示,其时代暂定为都匀期到早奥陶世。

2.1.4 铁克里克

阿其克片岩:1:25万恰哈幅^①新建立的非正式地层单位,命名地为新疆洛浦县土库曼塔什塔格山南部阿其克一带,未见底。前人通过年代学研究表明阿其克片岩时代为435~524Ma^②,顶部与上覆泥盆纪奇自拉夫组陆相碎屑岩为角度不整合接触,根据1:25万区域地质调查成果,初步将阿其克片岩时代厘定为寒武纪—奥陶纪。

2.2 中天山地层区

中天山地层区可分为博罗克努—博乐和阿拉塔格2个地区,其中阿拉塔格地区寒武纪只发育西大山组,可与塔里木地层区对比,暂将其时代定为晋宁期到南皋期,但本区西大山组未见顶底。博罗克努—博乐地区自下而上包含磷矿沟组、肯萨依组和果子沟组。

磷矿沟组:底部与新元古代凯拉克提群冰砾岩为不整合或平行不整合接触,因此将该组底界下移至晋宁期,该组内发育三叶虫 *redlichiaids*(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999),大体可与都匀阶标准化石 *Redlichia* 对比,其顶与肯萨依组为整合接触,其时代主体为黔东世。结合区域资料分析,其下界不排除有滇东世的可能,因此定本组时代为滇东世晋宁期到黔东世都匀期。

肯萨依组:组内底部所含 *Xystridura* 带(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999)为都匀—鼓山阶化石分子,因此该组底界为都匀期,顶部 *Glyptagnostus solidotus*(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999)为古丈阶到排碧阶顶部带化石分子,因此本组时代为都匀期到排碧期。

果子沟组:该组底部发育三叶虫 *Agnostotes tianshanicus* 带(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1999)为排碧阶化石分子,上部 *Bulboletus* 带相当江山阶上部,顶部与上覆早—中奥陶世新二台组为

①陕西地质调查院. 1:25万恰哈幅区域地质调查报告,2006.

②陕西地质调查院. 1:25万恰哈幅区域地质调查报告,2006.

整合接触,因此本组时代主体为芙蓉世,不排除顶部跨及早奥陶世。

2.3 南天山地层区

南天山地层区包含和静—库米什地区和天山南脉2个地区,其中和静—库米什地区寒武纪自下而上发育黄山组和南灰山组;天山南脉地区发育肖尔布拉克组和阿瓦塔格组,这2组可与柯坪地区进行对比,该区肖尔布拉克底部与下伏奇格布拉克组为不整合接触,阿瓦塔格组未见顶。

黄山组:组内未发现化石,区内本组底界与尉县纪卡瓦布拉克群大理岩为不整合接触,暂将其底界时代定为晋宁阶,整合覆于其上的南灰山组含鼓山阶至牛车河阶化石分子,因此本组时代暂定为晋宁期到武陵世鼓山期。

南灰山组:组内底部所含化石带 *Proceratopyge* sp. 为鼓山阶至牛车河阶化石分子,组内 *Hedinaspid*, *Lotagnostus* 均为江山阶—牛车河阶化石分子,故该组底界时代定为鼓山阶,顶部与上覆中奥陶世下白山组为整合接触,故而本组时代应为武陵世鼓山期—早中奥陶世。

2.4 准噶尔地层区

准噶尔地层区寒武纪除蛇绿岩外,地层部分只涉及分布于东准噶尔地区的阿拉安道群。

阿拉安道群:该群为张以熔等(1992)建立的地层单位,主要由碎屑岩、泥灰岩、硅质岩夹少量中性火山岩组成,内部层序不清,与周边泥盆纪、石炭纪均为断层接触,在该地层中发现小壳化石群分子,王一剑等(2011)对该套地层进行年代学研究,认为其形成时代为石炭纪,本群研究程度较低,因此其时代仍需进一步研究,但根据古生物化石资料至少说明该地层内存在寒武纪早期滇东世地层记录,笔者认为不排除包含有新元古代的可能。因此暂将其时代厘定为新元古代到早寒武世。

2.5 阿尔泰地层区

喀纳斯群:该群分布较广,下界未出露,上被东锡勒克组不整合覆盖。刘源等(2013)在喀纳斯群碎屑锆石中获得 550Ma 的最年轻碎屑锆石年龄和侵入其中的中酸性岩 523Ma 的岩浆年龄,故该群底界应包含新元古代,群内含微古化石,同时还出现了刺球藻群分子及似几丁虫化石^①,因此其顶界应包含梅树村

阶,因此笔者暂将该群厘定为新元古代—梅树村期。

2.6 阿尔金—北山地层区

阿尔金—北山地层区可分为罗雅楚山和红柳沟—拉配泉 2 个地区,罗雅楚山地区发育双鹰山组和西双鹰山组,红柳沟—拉配泉地区仅涉及拉配泉群。

双鹰山组:与下伏新元古代洗肠井群为平行不整合接触,组内发育南皋阶—都匀阶三叶虫化石分子 *Serrodiscus areolosus* Zhou, *Edelsteinaspis plana* Chernysheva (Bergström et al., 2014), 上覆西双鹰山组底部 *Galahetes opimus* Zhang 为台江阶化石分子,因此该组顶界为台江期,底部推测可能含有滇东世,故暂将本组时代厘定为晋宁期到台江期。

西双鹰山组:底部与下伏双鹰山组为整合接触,含台江阶化石分子 *Galahetes opimus* Zhang, 顶部含江山期—牛车河期分子 *Hedinaspid*, 与上覆早—中奥陶世罗雅楚山组为整合接触,因此该组主体时代为武陵世台江期到芙蓉世牛车河期,但不排除上部跨入早奥陶世的可能性。

拉配泉岩群:其岩石组合较为复杂,属构造岩石地层单位。据 1:25 万区调工作可划分为蛇绿岩和与蛇绿岩相关的拉配泉岩群。蛇绿岩主体时代为寒武纪,可能包含有新元古代晚期。拉配泉岩群由火山岩、碎屑岩、硅质岩和碳酸盐岩几部分组成,据其中所含的海绵古针、牙形石及放射虫化石,时代为晚寒武世到奥陶纪(车自成等,2002; 魏新昌等,2012)。据该地区 1:25 万石棉矿幅和 1:5 万阿尔金地区区调资料,该群中火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年显示,流纹英安岩为(503±14)Ma,粗安岩为(494±23)Ma,其他 U-Pb 年龄为玄武岩(439±18)Ma,还获得侵入本群中的中-酸性岩体 U-Pb 年龄为(470±14)Ma, (437±0.87)Ma。因此将本群时代厘定为寒武纪—奥陶纪,不排除跨入早志留纪兰多弗里世的可能。

2.7 柴北缘地层区

柴北缘寒武纪地层有准稳定和活动 2 种沉积类型,前者分布在全吉山—欧龙布鲁克地区,由欧龙布鲁克组和时代归属尚有争议的黑土坡组、红铁沟组和皱节山组(曾称为小高炉群或上全集群)组成;活动类型分布于赛什腾山—都兰一带,称为滩间山群。

黑土坡组—红铁沟组—皱节山组:下与全集群

^①新疆维吾尔自治区地质调查院. 1:25 万富蕴县幅区域地质调查报告,2012.

红藻山组为平行不整合接触。红铁沟组被认为是冰碛砾岩,胶结物 Rb-Sr 等时线年龄为 575Ma,其他两组含微古植物、蠕虫、浮游生物、皱节虫、虫牙等化石,黑土坡组碳质板岩 Rb-Sr 等时线年龄为 594~590Ma(青海省地矿局,1991)。对这 3 个组时代归属有 3 种认识:其一,为早寒武世(青海省地矿局,1997);其二,晚寒武世(李怀坤等,2003);其三,皱节山组为早寒武世,下 2 个为新元古代(张雪亭等,2008)。鉴于以上资料,笔者暂将其时代厘定为新元古代—梅树村期。

欧龙布鲁克组:本组上与含早奥陶世化石的多泉山组为整合接触,下与皱节山组平行不整合,底部含磷岩系含有古杯化石,该组中部所含三叶虫 *Taitzuia* 化石分子为台江阶—鼓山阶化石分子。项礼文(1999)(转引自中国地层典—寒武系)认为本组上部含有古丈期—江山期三叶虫 *Blackwelderia*, *Chuangia*, *Maladioides*, *Kaolishania*, 故笔者将该组时代暂厘定为南皋期—早奥陶世。

滩间山群:本群以火山岩-沉积岩为主,内部层序及顶底界限不清。据区调资料,在赛什腾山一带发现珊瑚未定种化石,时代为寒武纪—奥陶纪,上为奥陶纪赛什腾组,在柴南缘发现有珊瑚、角石和海绵骨针化石,鉴定其时代为奥陶纪或早古生代。火山岩锆石 U-Pb 同位素测年显示,玄武岩年龄为(542±13)Ma,464.2Ma(1:5 万鱼卡幅);中酸性火山岩年龄为(486±13)Ma(李怀坤等,2003);柴南缘玄武岩时代为(443.1±7.3)Ma(高晓峰等,2011);此外还有一些 450~440Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄。据此,笔者将柴北缘滩间山群时代厘定为寒武纪—奥陶纪,柴南缘滩间山群时代厘定为奥陶纪—志留纪。

2.8 祁连地层区

本次研究按照岩石地层自然分区将祁连地层区分为南祁连、中祁连、北祁连和走廊 4 个地区,其中南祁连地区自下而上发育深沟组和六道沟组,中祁连地区仅发育毛家沟组,北祁连地区自下而上发育香毛山组和黑茨沟组,以及未建组寒武纪地层和时代跨度大的葫芦河岩群,走廊地区则发育香山群和大黄山组。

2.8.1 南祁连

南祁连寒武系自下而上发育深沟组和六道沟组。

深沟组:本组建组剖面未见底,顶部与六道沟组

整合接触,组内上部所含三叶虫 *Lisaniella*, *Fuchouia* 时限为鼓山期(林天瑞等,2013),下界推至滇东世,据区域资料分析,不排除含有新元古代晚期地层,因此暂将本组时代厘定为新元古代到武陵世鼓山期。

六道沟组:本组底部富含三叶虫,其中 *Acmarhachis*, *Idolagnostus*, *Proagnostus*, *Wanshania* 时限为鼓山晚期—古丈期, *Meteoraspis* 为古丈期—排碧早期;上部所含三叶虫中, *Acrocephalaspina* 为江山早期, *Probilacunaspis* 时限为江山中期—古丈期, *bulbus* 为古丈阶化石分子,湟中东沟上游所含 *Richardsonella* 为牛车河阶化石分子,该组与上覆早奥陶世花抱山组为平行不整合接触,因此本组时代厘定为武陵世鼓山期到芙蓉世牛车河期。

2.8.2 中祁连

中祁连地区只涉及发育于互助一带的毛家沟组,该群顶底均为断层接触,仅根据本群中发育的三叶虫化石作为时代依据,本群底部所含 *Ptychagnostus* 为南皋阶到都匀阶化石分子 *Fuchouia* sp., *Datongites* 等均为南皋阶到都匀阶化石分子,顶部 *Glyptagnostus stolidotus* 为古丈阶顶部化石带化石分子(周志强等,1996),因此该群时代暂定为南皋期到古丈期。

2.8.3 北祁连

北祁连寒武纪岩石地层单位自下而上有黑茨沟组和香毛山组,还发育未建组寒武纪地层及时代跨度大的葫芦河岩群,各地层单位横向连续性差,纵向序列关系复杂,古生物化石零星发育,断裂构造发育。

未建组寒武纪:该地层 1:25 万兰州幅(2003)采用甘肃区调队(1991)在白银地区创建的白银岩群,兰州幅报告中定义白银岩群主要由中-酸性火山岩-沉积岩组成,下部为含矿岩系,未见底,与周边地层(香毛山组、黑茨沟组)为断层接触,依据微古植物化石将其时代厘定为震旦纪。笔者考虑到白银岩群含义不够明确,时代依据欠缺,故暂将该震旦纪地层作为未建组寒武系。该地层所含丰富的微古植物化石共计 6 个群,28 个属,43 个种(1:25 万兰州幅),具震旦纪微古植物组合特征,说明应有震旦纪地层线索。而白银地区火山岩系地层内除发育有中寒武世为主的三叶虫、牙形化石外,还有软舌螺、海绵古

针、古杯类等化石,揭示了白银地区存在有始寒武世的沉积记录。而白银地区含矿火山岩系锆石 U-Pb 年龄主要集中在 467~465 Ma(何世平等,2006;李向民等,2009)。据以上资料表明,白银地区火山岩地层时代包含自新元古代到奥陶纪。鉴于白银地区断裂构造复杂,各地层单位的划分仍比较混乱,故笔者暂将 1:25 万兰州幅所划分“白银岩群”作为未建组寒武纪地层,不排除有新元古代的可能。

葫芦河岩群:该岩群源于张庆昌等(1963)创建的葫芦河组,指分布于秦安葫芦河下游的一套低级变质泥质岩、碎屑岩、火山岩组合。之后,不同研究单位(笔者)依岩石组合进一步划分为若干岩段,但因内部构造复杂,基本层序仍不清楚,时代依据欠缺,实为一个构造岩石地层单位,因此出现由北向南和由南向北 2 种不同层序的划分。对其时代的厘定,20 世纪 90 年代之前曾统归为古元古代—长城纪和早震旦世,90 年代之后则倾向于自新元古代—早古生代的不同时段。笔者依据 20 世纪 90 年代以来的区域研究资料,将原葫芦河组解体为黑云石英片岩、千枚状粉砂岩、变石英杂砂岩组合(即葫芦河岩群);变基性火山岩组合(红土堡火山岩);黑云石英片岩、变粒岩、浅粒岩组合(陈家坝组),现有研究表明后两组时代为晚奥陶世,笔者仅涉及前一组合,即葫芦河岩群。

现今所厘定的葫芦河岩群为一套变泥质岩-碎屑岩组合,原生面理多数已被片理置换,断裂发育,顶底不清。宋志高等(1991)曾在牛头河清水县南碳质千枚岩中获得微古植物化石,多数为晚前寒武纪属种,少数为早古生代属种,结合其位于陈家坝组之下,侵入组内的花岗岩锆石 U-Pb 年龄(434.3±9.6) Ma(Zhang et al. 2006),其上红土堡玄武岩的锆石 U-Pb 年龄为(443.4±1.7) Ma(何世平等,2007),因此暂将该群时代厘定为新元古代—奥陶纪。

香毛山组:断续分布于西段肃北县昌马一带,中东段祁连主峰和白银,此外东段静宁等地也见有发育。主要由泥质岩和碎屑岩组成,与顶底地层多为断层接触。据西段香毛山剖面中底部与寒武纪中基性火山岩为整合接触,顶部含三叶虫 *Proceratopyge* sp. 为古丈阶到江山阶化石分子,大冰沟剖面中下部含三叶虫 *Hedinaspis?* sp. 为江山阶到牛车河阶化石分子,因此暂将该组时代厘定为武陵世古丈

期到芙蓉世牛车河期。

黑茨沟组:区域分布与香毛山组基本一致,但以中段祁连、门源、天祝一带较广。主要由中、基性火山熔岩、火山碎屑岩夹沉积岩组成。未见底,上与香毛山组或奥陶纪地层为断层接触,局部与奥陶纪地层为沉积间断。天祝元安黑刺沟剖面中所含三叶虫化石 *Kootenia gansuensis* 属南皋阶到都匀阶化石分子, *Dinesus* 是都匀期—台江早期分子(周志强等,1996),门源县大梁火山岩系剖面所含三叶虫化石 *Corynexochus plumula* Whitehouse 和 *Paraacidaspis hunanica* Jegorova 为排碧期化石分子, *Pseudagnostus* 为古丈阶到牛车河阶化石分子,结合区域资料分析,黑茨沟组层位总体可能比香毛山组低,因此暂将本组时代应厘定为黔东世南皋期到芙蓉世牛车河期,在区域上与香毛山组可能存在相变穿时关系。

2.8.4 走廊

(1)香山群:香山群剖面中未见顶底,且第一亚群底部含台江期三叶虫 *Holocephlites puctatus* Zhou, *Peronopsis* sp. 化石(周志强等,2010),因此暂将本群底界时代限定于黔东世,李天斌等(1997)在第二亚群上部薄层灰岩中采到寒武系顶部至奥陶系底部的牙形刺 *Cordylodus proavus* Müller,本次研究暂将香山群时代稍作放宽大,以便日后进一步研究,暂定为寒武系黔东世到中奥陶世。

(2)大黄山组:本组为一套浅变质碎屑岩沉积地层,未见底,含极少化石,底部含海绵化石 *Protospongia*,据最新研究成果,组内含有疑源类化石(李增等,2012),宁夏香山地区本组与上覆中奥陶世米钵山组为不整合接触,因此暂将本组时代定为晋宁期到早奥陶世。

2.9 华北地层区

本次研究中将华北地区分为鄂尔多斯西南缘和鄂尔多斯—陕豫 2 地(层)区,其中鄂尔多斯—陕豫地区自下而上发育辛集组、硃砂洞组、馒头组、张夏组、炒米店组和三山子组,鄂尔多斯西南缘地区发育陶思沟组、胡鲁斯台组和阿不切亥组。

2.9.1 鄂尔多斯—陕豫地区

辛集组:与下伏震旦纪罗圈组为不整合接触,组内发育 *Estaingia* (*Yinshanaspis*) 为南皋阶到都匀阶化石分子,上覆硃砂洞组中 *Redlichia* (*Pteroredlichia*) *chinensis* 也为南皋阶到都匀阶化

石分子,但其层位较 *Yinshanaspis* 高,因此暂将本组时代定为晋宁期到都匀期。

硃砂洞组:本组与下伏辛集组为整合接触,组内 *Redlichia chinensis* 为南皋阶到都匀阶化石分子,与上覆馒头组为整合接触,因此本组时代为南皋期到都匀期。

馒头组:本组与下伏硃砂洞组为整合接触,组内底部 *Redlichia (Pteroredlichia) chinensis* 为南皋阶到都匀阶化石分子,顶部 *Bailiella* 带为台江阶顶部化石带,与上覆张夏组为整合接触,因此该组时代为南皋期到台江期。

张夏组:组内底部 *Crepicephalina* 带化石带为台江阶到鼓山阶化石带,顶部 *Damesella* 带为鼓山阶顶部到古丈阶底部化石带,因此该组时代为台江期到古丈期。

炒米店组:研究区本组底部与下伏张夏组为整合接触,底部第一化石带 *Changshania* 带为排碧阶到江山阶化石带,顶部 *Mictosaukia* 带为江山阶到牛车河阶化石带,研究区内与上覆早奥陶世马家沟组为整合接触,因此本组时代为排碧期到早奥陶世。

三山子组:河南地区组内三叶虫化石 *Blackwelderia* 为台江阶到古丈阶化石分子,顶部所含 *Tellerina* 为江山阶到牛车河阶化石分子,与顶部早奥陶世马家沟组为整合接触,因此该组时代为台江期到早奥陶世。

2.9.2 鄂尔多斯西南缘

陶思沟组:本组与下伏新元古代王全口组为平行不整合接触,下部所含 *Probowmania* 为都匀阶到台江阶下部化石分子,上部所含 *Saimachia* 为台江阶下部化石分子,因此本组时代为晋宁期到台江期。

葫芦斯台组:组内下部产 *Luaspides sp.* 为都匀阶顶部到台江阶下部化石分子,石嘴山陶思沟南山剖面该组顶部所含 *Bailiella* 为台江阶顶部 *Bailiella-Lioparia* 带分带化石,贺兰县苏峪口和强岗岭组内产 *Chuangia helanshanensis* 为排碧阶到江山阶化石分子,因此,本组时代为都匀期到江山期。

阿不切亥组:组内底部所含 *Crepicephalina Protohedinia* 为台江阶—鼓山阶化石分子,顶部所含 *Pagodia*, *Tsinania* 为江山阶上部化石分子,在鄂尔多斯西南缘地区,顶部与上覆马家沟组为整合接触,因此本组时代为台江期到早奥陶世。

2.10 北秦岭地层区

北秦岭地区寒武纪地层主要发育有太白—商周地区的二郎坪群和李子园—商南地区的丹凤岩群。

二郎坪群:前人研究认为陕西境内的二郎坪群仅有安坪组和干江河组组成,其中安坪组主要为一套变质岩,张宗清等(1994)在二郎坪群底部的细碧角斑岩中获得(708 ± 63) Ma 和(822 ± 80) Ma 的 Sm-Nd 年龄,王学仁等(1995)在硅质岩夹层中发现奥陶纪放射虫和牙形石,陆松年等(2003)在基性火山岩中获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为(466.6 ± 7.4) Ma,赵娇等(2012)在二郎坪群基性火山岩中获得了 $463 \sim 475$ Ma 的锆石 U-Pb 年龄,本群与相邻地层均为断层接触,本次工作暂将二郎坪群的时代置于新元古代到奥陶纪。在西北境内主体时代为早古生代。

丹凤岩群:丹凤岩群为构造岩石地层单位,主体为一套基性火山岩系,与相邻地层均为断层接触关系,未有古生物化石产出,本次工作仅根据该群中取得的年龄数据进行时代限定。前人自 20 世纪 80 年代以来,针对丹凤岩群的时代开展了大量的工作,肖思云等(1988)测得三十里铺丹凤群中角闪石 K-Ar 等时线年龄为 396.5 Ma;张国伟等(1988)测得资峪玄武岩 Rb-Sr 年龄为(447.8 ± 41.8) Ma;薛峰等(1993)测得资峪郭家沟奥长花岗岩单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄为 540 Ma;张宗清等(1996)测得丹凤铁峪铺花岗岩锆石 U-Pb 年龄为(403 ± 4) Ma;张宗清等(1996)在黑河变基性火山岩中测得(984 ± 36) Ma 的全岩等时线年龄;崔建堂等(1999)在柞水细粒闪长岩中测得 407 ± 19 的锆石 U-Pb 年龄和变基性火山岩(444 ± 29) Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄;裴先治等(2001)测得武关地区变质基性火山岩 Sm-Nd 等时线年龄为(824 ± 27) Ma;陈隽璐等(2008)测得丹凤岩群中斜长角闪岩(762.5 ± 4.6) Ma 锆石 U-Pb 年龄,玄武岩(454 ± 5.9) Ma 的锆石 U-Pb 年龄和变安山岩(456.8 ± 3.5) Ma 的锆石 U-Pb 年龄,Yan et al. (2008)测得周至小王涧枕状熔岩中闪长岩脉体(442 ± 7) Ma 的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄,闫臻等(2009)对丹凤县武关地区丹凤群斜长角闪岩进行了系统的年代学研究,研究表明丹凤岩群火山岩时代跨度较大,李平等(2011)测得侵入丹凤岩群的武关岩体锆石 U-Pb 年龄为(438.6 ± 2.2) Ma,因此笔者暂将丹凤岩群的时代限定为新元古代到奥

陶纪。

2.11 中南秦岭地层区

中南秦岭又可分为北大巴山、迭部和商周一浙川3个地区,其中北大巴山地区寒武纪自下到上发育鲁家坪群、箭竹坝组、毛坝关组、八卦庙组和黑水河群,迭部地区寒武纪主要发育太阳顶组,商周一浙川地区寒武纪自下而上由水沟口组、岳家坪组和石瓮子组组成。

2.11.1 北大巴山

鲁家坪群:该群与下伏新元古代耀岭河群为不整合接触,该群下部发育梅树村期小壳动物化石 *Protohertzina*, *Paramobergella*, 上覆箭竹坝组所含三叶虫 *Kootenia yui* 为南皋阶—台江阶化石分子,因此该组时代为晋宁期到梅树村期。

箭竹坝组:组内所含三叶虫化石 *Kootenia yui* 为南皋阶到台江阶化石分子,与下伏鲁家坪群为整合接触,因此该组时代为南皋期到台江期。

毛坝关组:组内不含三叶虫化石,本次工作仅根据上覆和下伏地层时代对其进行限定,下伏箭竹坝组时代为南皋期到台江期,上覆八卦庙组时代为台江期到古丈期,因此该组时代为台江期。

八卦庙组:组内最底部 *Ptychagnostus atavus* 化石带为台江阶到鼓山阶化石带,顶部 *Lejopyge laevigata* 化石带为古丈阶化石带,因此该组时代为台江期到古丈期。

黑水河群:北大巴山地区该群底部所含 *Feng-huangella* 为古丈阶化石分子,顶部与上覆早奥陶世高桥组为整合接触,因此该组时代为古丈期到早奥陶世。

2.11.2 迭部

太阳顶组:组内发育极少化石,仅见软舌螺类化石,该组时代仅根据与上覆和下伏地层的接触关系判定,其与下伏震旦纪相龙卡组为角度不整合接触,与上覆奥陶纪苏里木塘组为断层接触,因此暂将该组时代定为南皋期—早奥陶世。

2.11.3 商周一浙川

本区寒武纪出露较多,自下而上分别发育水沟口组、岳家坪组和石瓮子组。

水沟口组:该组与下伏灯影组为平行不整合接触,组内含 *Redlichia* 三叶虫化石为南皋阶到都匀阶化石分子,上覆岳家坪组所含 *Kunmingaspis* 为都匀期阶化石分子,因此该组时代暂定为梅树村期

到都匀期。

岳家坪组:组内所含三叶虫 *Kunmingaspis* 和 *Chittidilla* 为都匀阶顶部化石分子,因此该组底部为都匀阶,上覆地层中无化石记录,因此暂将该组时代定为都匀期。

石瓮子组:在该组内未发现三叶虫化石,因此该组时代仅根据上覆和下伏地层时代进行限定,该组与下伏岳家坪组为整合接触,因此本组底界时代为台江期,该组与上覆早—中奥陶世白石龙洞组为整合接触,因此该组时代为台江期到早奥陶世。

2.12 摩天岭地层区

摩天岭地区包括碧口和后龙门山两个地区,其中碧口地区发育临江组,后龙门山地区发育邱家河组和油房组。

2.12.1 碧口

临江组:该组与下伏震旦纪关家沟组为整合接触,且组内顶部发育海绵古针、三叶虫化石,但三叶虫未定属种,上覆石坊群时代为志留纪,因此本次研究暂将临江组时代限定为寒武纪到奥陶纪。

2.12.2 后龙门山

邱家河组:该组底部与下伏震旦纪水晶组为整合或假整合接触,顶部与油房组为整合接触,油房组暂无化石资料,前人研究认为该组时代相当于筇竹寺期,因此本次工作暂将邱家河组时代限定为晋宁期到南皋期。

油房组:组内未见化石,仅根据其与上下地层的接触关系判断本组时代,前人根据岩性对比研究认为该组时代为沧浪铺期,该组与上覆早中奥陶世陈家坝群为假整合接触,因此暂将该组时代定为南皋期到早奥陶世。

2.13 上扬子汉南地层区

本次研究中该区包含龙门山北段、汉中、司上和高川4个地区,其中龙门山北段地区自下而上包含筇竹寺组、沧浪铺组、陡坡寺组和西王庙组,汉中地区包括牛蹄塘组、石牌组、仙女洞组、沧浪铺组、石龙洞组和西王庙组,司上地区包括牛蹄塘组、石牌组、清虚洞组、西王庙组和娄山关组,高川地区则包括了牛蹄塘组、石牌组、清虚洞组和西王庙组。

2.13.1 龙门山北段

龙门山北段自下而上主要发育筇竹寺组、沧浪铺组、陡坡寺组和西王庙组。

筇竹寺组:该组底部与灯影组为假整合接触,下

部富含小壳动物化石,顶部 *Eoredlichia* 化石带为南皋阶下部化石带,因此,该组时代为梅树村期到南皋期。

沧浪铺组:该组底部 *Yiliangella-Yunnanaspis* 化石带为南皋阶上部化石带,其层位较 *Eoredlichia* 化石带高,顶部 *Megapalaeolenus* 化石带为都匀阶下部化石带,因此该组时代应为南皋期到都匀期。

陡坡寺组:组内底部 *Chittidilla-Kunmingaspis* 带为都匀阶顶部化石带,其层位较 *Megapalaeolenus* 化石带高,顶部 *Kutsingocephalus-Sinoptychoparia* 带为都匀阶—台江阶下部化石带,因此该组时代为都匀期到台江期。

西王庙组:该组中未见化石记录,因此该组时代根据其上下地层时代进行确定。下伏陡坡寺组顶部含台江阶化石分子,且二者为整合接触,因此该组底界应为台江阶,司上地区该组上覆为娄山关组,娄山关组底部 *Paranomocare* 带为台江阶—古丈阶下部化石带,龙门山北段地区该组与上覆地层为断层或不整合接触,因此在龙门山北段地区该组时代为台江期。

2.13.2 汉中

牛蹄塘组:该组底部与下伏灯影组为整合接触,因此将该组底部时代限定为晋宁阶,组内含三叶虫化石带 *Tsuynidiscus niutitangensis* 带,为南皋阶—都匀阶化石带,但其层位较邻区沧浪铺组顶部 *Megapalaeolenus* 化石带低,该组上覆石牌组中 *Redlichia* 为都匀阶化石分子,因此该组时代应为梅树村期到都匀期。

石牌组:该组三叶虫化石以 *Redlichia* 的出现为特征, *Redlichia* 为都匀阶化石分子,组内顶部 *Palaeolenus lantenoisi* 亦为都匀阶下部化石分子,其层位较邻区 *Megapalaeolenus* 化石带低,因此该组时代限定为都匀期。

仙女洞组:该组古生物化石主要以古杯和三叶虫为主,所含三叶虫 *Yiliangella* 等和古杯 *Ajacyathus*, *Coscinocyathus* 等化石均为沧浪铺早期(南皋中期)化石分子,因此根据其化石组合将该组时代定为南皋期。

沧浪铺组:该组底部 *Yiliangella-Yunnanaspis* 化石带为南皋阶上部化石带,其层位较 *Eoredlichia*

化石带高,顶部 *Megapalaeolenus* 化石带为都匀阶化石带,因此该组时代应为南皋期到都匀期。

石龙洞组:该组含丰富的三叶虫化石,组内所含 *Redlichia* 为都匀阶化石分子, *Chittidilla*, *Kunmingaspis* 均为都匀阶化石分子,因此该组时代暂定为都匀期。

西王庙组:该组中未见化石记录,因此该组时代根据其上下地层时代进行确定。汉中地区下伏石龙洞组时代为都匀阶,且二者为整合接触,因此该组底界应为都匀阶,顶部时代据司上地区该组上覆娄山关组时代限定,汉中地区该组与上覆地层为断层或不整合接触,因此在汉中地区该组时代为都匀期到台江期。

2.13.3 司上

本区寒武纪岩石地层单位主要包括牛蹄塘组、石牌组、清虚洞组、西王庙组和娄山关组。其中牛蹄塘组、石牌组与汉中地区层位时代基本一致,牛蹄塘组时代为梅树村阶到都匀阶,石牌组时代为都匀期。

清虚洞组:该组富含 *Redlichia* 化石为都匀阶化石分子,因此该组时代为都匀期。

娄山关组:该群内底部三叶虫 *Paranomocare* 带为台江阶—王村阶化石带,因此该组时代底界应为武陵世王村晚期,上部 *Calvinella-Metacalvinella* 带为江山阶—牛车河阶化石带,且该组与上覆早奥陶世桐梓组为整合接触,因此,该群时代为台江期到早奥陶世。

2.13.4 高川

本区地层系统与司上地区基本相似,除顶部不发育娄山关组之外,其他各组与司上地区一致,时代基本无差别。

2.14 西昆仑地层区

西昆仑地区可细分为西昆北和西昆中 2 个地区,而西昆北又可分为中段和东段 2 部分,其中西昆北中段发育库拉甫河组,西昆北东段发育阿拉叫依岩群和上其汗岩组,西昆中寒武纪岩石地层单位与西昆北中段一致,也为库拉甫河组。

2.14.1 西昆中

库拉甫河组:1:25 万于田幅建名^①定义为出露于其曼于特蛇绿岩带南侧,一套低绿片岩相浅变质的陆源碎屑岩、碳酸盐岩及火山岩,呈构造岩片状以

^①陕西省地质调查院.1:25 万于田幅区域地质调查报告,2003.

断裂与和蔚县系阿拉玛斯岩群及石炭系托库子达坂岩组接触,时代为寒武纪—奥陶纪。除被奥陶世花岗岩侵入外,库拉甫河群尚无直接时代依据。本次工作暂将该组时代限定为寒武纪到奥陶纪。

2.14.2 西昆北

本区可分为中段和东段两部分,其中中段发育库拉甫河组与西昆中寒武纪岩石地层单位一致,东段则发育阿拉叫依岩群和上其汗岩组。

阿拉叫依岩群:1:25万于田幅将出露于其曼于特蛇绿岩带北侧昆北地块上的一套中浅变质陆源碎屑复理石沉积地层定义为阿拉叫依岩群,和两侧地层均为断层接触,可划分为上、下2个岩组,时代为震旦纪—寒武纪。在普鲁东奎代买处,阿拉叫依岩群被奥陶纪花岗岩侵入,另外该岩群中复成分砾岩具冰碛砾石特征,可与塔里木盆地周缘寒武系整合冰碛岩对比。因此将其时代归为震旦纪—奥陶纪。本次工作依据其岩性及侵入关系将本组时代归为震旦纪到奥陶纪。

上其汗岩组:1:25万叶亦克幅^①地质调查将其时代归为早古生代,未获古生物资料,1999年贾群子等对区内上其汗火山岩进行同位素研究,获得462~480Ma的年龄值。因此该组时代暂定为早古生代。

2.15 塔什库尔干—甜水海

甜水湖组:1:25万阿克萨依湖幅^②报告中对该组时代有所阐述,该组顶部与上覆早奥陶世冬瓜山群为角度不整合接触,且组内含大量海百合茎化石,因此本次工作暂将该组时代定为寒武纪到早奥陶世。

2.16 东昆仑地层区

东昆仑地(层)区可划分为东昆中和东昆南2个地区,各包含一个寒武纪岩石地层单位,其中东昆中为阿牙克库木湖蛇绿构造混杂岩,东昆南为沙松乌拉组。

2.16.1 东昆中

阿牙克库木湖蛇绿构造混杂:1:25万阿牙克库木湖幅^③区域地质调查过程中发现,与相邻地层均为构造接触,其中堆静辉长岩锆石U-Pb获得2380Ma的上交点年龄和816Ma的下交点年龄,侵入堆晶岩和玄武岩中的花岗闪长岩获得1090Ma的

上交点年龄和312Ma的下交点年龄,侵入安山玄武岩中的辉长岩锆石U-Pb年龄获得405.3Ma的加权年龄,本次研究根据年龄数据暂将该蛇绿岩的形成时代定为震旦纪至奥陶纪。

2.16.2 东昆南

沙松乌拉组:阿成业等2003年在原划万宝沟群中解体出沙松乌拉组,并在其中发现疑源类和小壳动物化石,暂未发现三叶虫化石,但是在剖面中未见顶底,与下伏万宝沟群和上覆地层均为断层接触,因此,暂将该组时代归为震旦纪到寒武纪。

3 总结

笔者结合现今国际寒武系的划分方案、中国地层表(2014)以及西北地区寒武系地层实际,在《西北地区寒武纪岩石地层的划分和对比》已有成果的基础上,以三叶虫分带化石为主要依据,结合同位素年龄,地层接触关系等特征,以四分法对西北地区涉及寒武系的岩石地层单位进行了进一步划分,以期为西北地区区域地质调查工作和研究工作提供基础资料。同时由于作者自身水平有限,部分地层的划分不甚精确,有待今后工作中不断完善。

致谢:感谢西安地质调查中心周志强研究员在稿件成文和审阅过程中给予的指导和帮助。

参考文献(References):

- 彭善池. 华南新的寒武纪生物地层序列和年代地层系统[J]. 科学通报, 2009a, 54(18): 2691-2698.
- PENG Shanchi. The newly-developed Cambrian biostratigraphic succession and chronostratigraphic scheme for South China[J]. Chinese Science Bulletin, 2009a, 54(18): 2691-2698.
- 彭善池. 华南斜坡相寒武纪三叶虫动物群研究回顾并论我国南、北方寒武系的对比[J]. 古生物学报, 2009b, 48(3): 437-452.
- PENG Shanchi. Review on the studies of Cambrian trilobite faunas from Jiangnan slope belt, South China, with notes on Cambrian correlation between South and North China[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2009b, 48(3):

^①山西省地质调查院. 1:25万叶亦克幅区域地质调查报告, 2003.

^②陕西省地质调查院. 1:25万阿克萨依湖幅区域地质调查报告, 2006.

^③陕西省地质调查院. 1:25万阿牙克库木湖幅区域地质调查报告, 2003.

- 437-452.
- 彭善池. 全球寒武系江山阶及其“金钉子”在我国正式确立[J]. 地层学杂志, 2011, 35(4): 393-396
- PENG Shanchi. Jiangshan Stage(Cambrian, Furongian) and the GSSP for the base of the Stage established formally [J]. Journal of Stratigraphy, 2011, 35(4): 393-396.
- 陕西省地质矿产局. 陕西省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shaanxi Provinces. Stratigraphy of Shaanxi Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1998.
- 甘肃省地质矿产局. 甘肃省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Provinces. Stratigraphy of Gansu Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.
- 宁夏回族自治区地质矿产局. 宁夏回族自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region. Stratigraphy of Ningxia Hui Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.
- 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Provinces. Stratigraphy of Qinghai Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xingjiang Uighur Autonomous Region. Stratigraphy of Xingjiang Uighur Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999.
- 山西省地质矿产局. 山西省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shanxi Provinces. Stratigraphy of Shanxi Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.
- 《中国地层典》编委会. 中国地层典·新元古界[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- The Committee of Stratigraphy of China. Stratigraphic Lexicon of China: Paleoproterozoic[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.
- 《中国地层典》编委会. 中国地层典·寒武系[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- The Committee of Stratigraphy of China. Stratigraphic Lexicon of China: Cambrian[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- 《中国地层典》编委会. 中国地层典·奥陶纪[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- The Committee of Stratigraphy of China. Stratigraphic Lexicon of China: Ordovician[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- 朱涛, 张二朋, 王洪亮, 等. 西北地区寒武纪岩石地层的划分与对比[J]. 地层学杂志, 2013, 37(3): 361-368.
- ZHU Zhiyi, ZHANG Yongyi. Trilobite record of China[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- ZHU Tao, ZHANG Erpeng, WANG Hongliang, et al. Depositional age and Stratigraphic correlation of the Cambrian strata in northwestern China under the new Cambrian geological time scale[J]. Journal of Stratigraphy, 2013, 37(3): 361-368.
- 彭善池. 华南寒武系年代地层系统的修订及相关问题[J]. 地层学杂志, 2008, 32(3): 239-245.
- PENG Shanchi. Revision on Cambrian Chronostratigraphy of South China and related remarks[J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(3): 239-245.
- 高振家, 朱诚顺. 新疆前寒武纪地质[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1984.
- GAO Zhenjia, ZHU Chengshun. Precambrian Geology in Xinjiang, China[M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1984.
- 张以熔, 朱明玉, 田慧新, 等. 东准噶尔地质及金锡矿产研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- 王一剑, 刘洪军, 周娟萍, 等. 东准噶尔卡姆斯特北海相火山-沉积岩碎屑锆石 LA ICP-MS U-Pb 年龄及地质意义[J]. 现代地质, 2011, 25(6): 1047-1058.
- WANG Yijian, LIU Hongjun, ZHOU Juanping et al. LA-ICP MS U-Pb Detrital Zircons from the Marine Volcanic-Sedimentary Rock in the Northern Kamste, Eastern Junggar and its Geological Significance[J]. Geoscience, 2011, 26(6): 1047-1058.
- 刘源, 杨家喜, 胡健民, 等. 阿尔泰构造带喀纳斯群时代的厘定及其意义[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 887-898.
- LIU Yuan, YANG Jiaxi, HU Jianmin, et al. Restricting the deposition age of the Kanas Group of Altai tectonic belt and its implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(3): 887-898.
- JAN Bergström, ZHOU Zhiqiang, et al. Up-per lower Cambrian (provisional Cambrian Series 2) trilobites from northwestern Gansu Province, China[J]. Estonia Journal of Earth Sciences, 2014, 63(3): 123-143.
- 车自成, 刘良, 罗金海. 中国及邻区区域大地构造学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

- CHE Zicheng, LIU Liang, LUO Jinhai. Regional Geotectonics of China and Nearby Regions[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- 魏新昌. 阿尔金山东段奥陶纪火山-沉积体系及构造意义[J]. 新疆地质, 2012, 30(增刊): 59-65.
- WEI Xinchang. The Ordovician Volcanic-Sedimentary System and Its Tectonic Significance in Eastern Altun[J]. Xinjiang Geology, 2012, 30(supplement): 59-65.
- 李怀坤, 陆松年, 王惠初, 等. 青海柴北缘新元古代超大陆裂解的地质记录—全吉群[J]. 地质调查与研究, 2003, 26(1): 27-37.
- LI Huaijun, LU Songnian, WANG Huichu, et al. Quanji Group—the Geological Record of the Rodinia Supercontinent Break-up in the Early Neoproterozoic Preserved in the Northern Qaidam Margin, Qinghai, Northwest China[J]. Geological Survey and Research, 2003, 26(1): 27-37.
- 张雪亭, 杨生德, 杨占君, 等. 青海省区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- ZHANG Xuetong, YANG Shengde, YANG Zhanjun, et al. The regional geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007.
- 高晓峰, 校培喜, 贾群子. 滩间山群的重新厘定-来自柴达木盆地周缘玄武岩年代学和地球化学证据[J]. 地质学报, 2011, 85(9): 1452-1463.
- GAO Xiaofeng, XIAO Peixi, JIA Qunzi. Redetermination of the Tanjianshan Group: Geochronological and Geochemical Evidence of Basalts from the Margin of the Qaidam Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(9): 1452-1463.
- 林天瑞, 彭善池, 周志强, 等. 青海华隆拉脊山寒武纪多节类三叶虫[J]. 古生物学报, 2013, 52(4): 424-458.
- LIN Tianrui, PENG Shanchi, ZHOU Zhiqiang, et al. Cambrian polymerid Trilobites from the Nidanshan and Lidaogou Groups, Hualong, Northeastern Qinghai, China[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2013, 52(4): 424-458.
- 周志强, 曹轩锋, 赵江天, 等. 祁连山东部早古生代地层和沉积-构造演化[J]. 西北地质科学, 1996, 17(1): 1-58.
- ZHOU Zhiqiang, CAO Xuanduo, ZHAO Jiangtian, et al. Early Palaeozoic stratigraphy and sedimentary-tectonic evolution in Eastern Qilian mountains, China[J]. Northwestern Geoscience, 1996, 17(1): 1-58.
- 何世平, 王洪亮, 陈隽璐, 等. 甘肃白银矿田变酸性火山岩锆石 LA-ICP-MS 测年-白银式块状硫化物矿床形成时代新证据[J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 401-411.
- HE Shiping, WANG Hongliang, CHEN Junlu, et al. A LA-ICP MS U-Pb chronological study of zircons from meta-acidic volcanics in Baiyin ore field, Gansu Province: New evidence for metallogenetic age of Baiyin type massive sulfide deposits[J]. Mineral Deposits, 2006, 25(4): 401-411.
- 李向民, 马中平, 孙吉明, 等. 甘肃白银矿田基性火山岩的 LA-ICP-MS 同位素年代学[J]. 地质通报, 2009, 28(7): 901-906.
- LI Xiangmin, MA Zhongping, SUN Jiming, et al. A LA-ICP MS chronological study of basic volcanics in Baiyin orefield, Gansu, China[J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(7): 901-906.
- 宋志高, 贾群子, 张莓, 等. 甘肃东部葫芦河群的火山岩系及其与邻区的构造和成矿关系[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 221-234.
- SONG Zhigao, JIA Qunzi, ZHANG Mei, et al. The volcanic rock series of the Huluhe group in eastern Gansu and its relation to regional tectonics and mineralization[J]. Geological Review, 1991, 37(3): 221-234.
- 何世平, 王洪亮, 徐学义, 等. 北祁连东段红土堡基性火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 地球科学进展, 2007, 22(2): 143-151.
- HE Shiping, Wang Hongliang, Xu Xueyi, et al. A LA-ICP MS U-Pb Chronological Study of Zircons from Hongtubu Basic Volcanic Rocks and Its Geological Significance in the East Segment of North Qilian Orogenic Belt[J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(2): 143-151.
- 周志强, 校培喜. 对香山群时代的商榷[J]. 西北地质, 2010, 43(1): 54-59.
- ZHOU Zhiqiang, XIAO Peixi. Discussion on the Age of the Xiangshan Group[J]. Northwestern Geology, 2010, 43(1): 54-59.
- 李天斌. 宁夏香山群地层时代的再讨论[J]. 西北地质, 1997, 18(2): 1-9.
- LI Tianbin. The Stratigraphy age of the Xiangshan Group in Ningxia[J]. Northwestern Geology, 1997, 18(2): 1-9.
- 李增, 任文秀, 董国强. 甘肃武威寒武纪大黄山组中疑源类的发现及地层意义[J]. 甘肃科技, 2012, 28(1): 43-53.
- LI Zeng, REN Wenxiu, DONG Guoqiang. Discovery of Cambrian acritarch of Dahuangshan group in Wuwei, Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2012, 28(1): 43-53.
- 张宗清, 张国伟, 付国民, 等. 秦岭变质地层年龄及其构造意义[J]. 中国科学(D), 1996, 26(3): 216-222.
- ZHANG Zongqin, ZHANG Guowei, FU Guomin, et al. Chronology and tectonic significance of the meta-strata in Qinling orogenic belt[J]. Science in China(Series D),

- 1996,26(3):216-222.
- 张宗清,唐素寒,王进辉,等. 秦岭蛇绿岩的年龄:同位素年代学和古生物证据、矛盾及其理解[A]. 张旗,蛇绿岩与地球动力学研究[C]. 北京:地质出版社,1996.
- ZHANG Zongqing, TANG Suhuan, WANG Jinhui, et al. Age of ophiolites in the Qinling Mountains: Isotopic and fossil evidences, their contradiction and explanation [A]. In: Zhang Qi. Study on Ophiolites and Geodynamics [C]. Beijing: Geological Publishing House. 1996.
- 王学仁,华洪,孙勇. 河南西峡湾潭地区二郎坪群微体化石研究[J]. 西北大学学报(自然科学版),1995,25(4):353-358.
- WANG Xueren, HUA Hong, SUN Yong. Studies on microfossil in Wantan area, Xixia County, Henan Province [J]. Bulletin of Northwest University (Natural science), 1995,25(4):353-358.
- 陆松年,李怀坤,陈志宏,等. 秦岭中-新元古代地质演化及对Rodinia超级大陆时间的响应[M]. 北京:地质出版社,2003.
- LU Songnian, LI Huaikun, CHEN Zhihong, et al. Geological Evolution of Qinling Mesoproterozoic Neoproterozoic: Implications for Response to Rodinia Supercontinental Events [M]. Beijing: Geological Publishing House. 2003.
- 赵娇,陈丹玲,谭清海,等. 北秦岭东段二郎坪群火山岩锆石的LA-ICP-MS U-Pb定年及其地质意义[J]. 地学前缘,2012,19(4):118-125.
- ZHAO Jiao, CHEN Danlin, TAN Qinghai, et al. Zircon LA-ICP MS U-Pb dating of basic volcanics from Erlangping Group of the North Qinling, eastern Qinling Mountains and its geological implication[J]. Earth Science Frontiers, 2012,19(4):118-125.
- 肖思云,张维吉,宋子季. 北秦岭变质地层[M]. 西安:西安交通大学出版社,1988.
- XIAO Siyun, ZHANG Weiji, SONG Ziji. Metamorphic stratigraphy of North Qinling. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press,1988.
- 张国伟. 秦岭造山带的形成及其演化[M]. 西安:西北大学出版社,1988.
- ZHANG Guowei. Formation and evolution of the Qinling orogen belt [M]. Xi'an: Northwest University Press,1988.
- 崔建堂,赵长缨,计文化. 柘水北部秦岭群中丹凤岩群和龙潭子序列的确立[J]. 陕西地质,1999,17(1):1-11.
- 裴先治,李厚民,李国光. 东秦岭丹凤岩群的形成时代和构造属性[J]. 岩石矿物学杂志,2001,20(2):180-188.
- PEI Xianzhi, LI Houmin, LI Guoguang. A Study of Formation Epoch and Tectonic Attribute of the Danfeng Group Complex in East Qinling Mountains[J]. Acta Petrologica et Mineralogica. 2001,20(2):180-188.
- 陈隽璐. 北秦岭造山带西端早古生代火山岩成因环境与造山作用过程[A]. 武汉:中国地质大学(武汉)博士学位论文[D],2008:54-136.
- CHEN Junlu. Petrogenesis and orogenic process of early-Paleozoic volcanic rocks in the western segment of the North Qinling orogenic belt, Central China[A]. China University of Geoscience(in Chinese)[D]. 2008:54-136.
- 闫臻,王宗起,陈隽璐,等. 北秦岭武关地区丹凤群斜长角闪岩地球化学特征、锆石SHRIMP测年及其构造意义[J]. 地质学报,2009,83(11):1633-1646.
- YAN Zhen, WANG Zongqi, CHEN Junlu, et al. Geochemistry and SHRIMP Zircon U-Pb Dating of Amphibolites from the Danfeng Group in the Wuguan Area, North Qinling Terrane and their Tectonic Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2009,83(11):1633-1646.
- 李平,陈隽璐,徐学义,等. 北秦岭武关岩体LA-ICP MS锆石U-Pb定年及岩石成因研究[J]. 岩石矿物学杂志,2011,30(4):610-624.
- LI Ping, CHEN Junlu, XU Xueyi, et al. Petrogenesis and LA-ICP MS zircon U-Pb dating of the Wuguan intrusive body in North Qinling[J]. ACTA Petrologica et Mineralogica, 2011,30(4):610-624.
- 阿成业,王毅智,任晋祁,等. 东昆仑地区万宝沟群的解体及早寒武世地层的新发现[J]. 中国地质,2003,30(2):199-206.
- A Chengye, WANG Zhiyi, REN Jinqi, et al. Disintegration of the Wanbaogou Group and discovery of Early Cambrian strata in the East Kunlun area[J]. Gelolgy in China, 2003,30(2):199-206.
- ZHANG H F, ZHANG B R, HARRIS N, et al. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of intrusive rocks from the Longshan-Tianshui area in the southeast of the Qilian orogenic belt, China: Constraints on petrogenesis and tectonic affinity[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006,27:751-764.
- YAN Q R, CHEN J L, WANG Z Q, et al. Zircon U-Pb and geochemical analysis for leucocratic intrusive rocks in pillow lavas in the Danfeng Group, north Qinling Mountains, China[J]. Science in China Series D, 2008, 51(2):249-262.