

doi:10.3799/dqkx.2014.094

冈底斯新元古代—中生代沉积盆地演化

吴旌^{1,2}, 徐亚东^{1,2*}, 安显银³, 孔令耀⁴, 罗亮³, 张克信^{1,2,4}

1. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

3. 成都地质矿产研究所, 四川成都 610082

4. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074

摘要: 青藏高原冈底斯地处印度河—雅鲁藏布江结合带和班公湖—双湖—怒江对接带之间, 其经历了复杂的沉积—岩浆演化史。将青藏高原冈底斯地层区划分为8个构造—地层分区, 并分时段对各个分区的沉积特征进行归纳, 总结了冈底斯从新元古代到中生代沉积盆地的发展与演化历史; 冈底斯震旦纪由陆缘裂谷开始演化; 晚古生代, 前期以稳定宽阔的碳酸盐岩沉积为主, 发育碳酸盐岩台地与台盆, 从石炭纪起, 开始转化为伸展性质的裂陷大陆边缘, 盆地类型主要为陆缘裂谷; 中生代, 班公湖—怒江特提斯洋向南与雅鲁藏布新特提斯洋向北双向俯冲, 大部分区域早期处于隆升状态, 中生代末期发育大型的岩浆弧带, 盆地类型以弧间盆地和弧前盆地为主。

关键词: 冈底斯; 新元古代—中生代; 沉积; 构造; 盆地演化。

中图分类号: P534

文章编号: 1000-2383(2014)08-1052-13

收稿日期: 2014-05-03

Evolution of Neoproterozoic-Mesozoic Sedimentary Basins in Gangdese Area, Tibetan Plateau

Wu Jing^{1,2}, Xu Yadong^{1,2*}, An Xianyin³, Kong Lingyao⁴, Luo Liang³, Zhang Kexin^{1,2,4}

1. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China

4. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: The Gangdese area is located in the middle of the Tibetan Plateau. Its southern boundary is the Indus River-Brahmaputra suture zone, and northern boundary is the Bangonghu-Shuanghu-Nujiang suture zone. It is a huge tectonic-magmatic belt, nearly east-west directed. The Gangdese is divided into eight tectonic-stratigraphic subregions in this paper. The sedimentary features of eight stratigraphic subregions in different periods are generalized from Neoproterozoic to Mesozoic, and the development and evolution of the sedimentary basins in Gangdese, Tibet plateau is explored. The following three stages of evolution are revealed: (1) the Gangdese started the evolution of continental-margin rift from Sinian; (2) it mainly developed carbonate sedimentary basins in the Late Paleozoic, featuring stable and broad development of carbonate platform and interplatform basins in this period. Gangdese started the development of rifted continental margin of stretch properties from Carboniferous, and the main sedimentary basins became continental-margin rift; (3) it was denuded in most areas from Early Mesozoic due to continental uplift. As Bangonghu-Nujiang Tethys's subduction towards north and Brahmaputra's subduction towards south, the Gangdese developed large magmatic arc belt at last in Late Mesozoic, and the main sedimentary basins changed to retroarc basin, interarc basin and forearc basin.

Key words: Gangdese; Neoproterozoic-Mesozoic; sedimentology; tectonics; basin evolution.

基金项目: 中国地质调查局项目(Nos.1212010733802, 12120113012500, 1212011121261); 生物地质与环境地质国家重点实验室自主研究课题(No.GBL11207); 国家自然科学基金项目(No.41302279).

作者简介: 吴旌(1990-), 男, 在读博士, 主要从事地层学与微体古生物研究. E-mail: fred93@foxmail.com

* **通讯作者:** 徐亚东, E-mail: yuren36@gmail.com

随着“特提斯”概念的出现以及板块构造理论的发展,国内外学者对于青藏高原和特提斯洋的研究也在不断地深入(黄汲清和陈炳蔚,1987;王鸿祯等,1990;刘本培等,1993,2002;钟大赉等,1998;潘桂棠等,2001a,2004,2013).长期以来,冈底斯地区中新生代的岛弧岩浆岩(金成伟和周云生,1978;Searle *et al.*,1987;莫宣学等,2003,2005;卢书炜等,2004;朱弟成等,2008)、沉积盆地演化(常承法和郑锡澜,1973;耿全如等,2007)、造山带的时空演化(殷鸿福等,1999;潘桂棠等,2006,2009)及其富含的众多矿床(李光明等,2002;芮宗瑶等,2003;侯增谦等,2006;梁华英等,2008),历来是地质研究领域的热点.通过对相关青藏高原区域地质调查与专项研究等资料的了解获得了,冈底斯在变质基底、古生代盖层、中生代火山岩浆序列及构造环境等方面的大量新资料,表明冈底斯构造—岩浆带经历了复杂的多岛弧造山作用(潘桂棠等,2004,2006;王立全等,

2006,2008).但是尚未有人对冈底斯新元古代—中生代沉积盆地演化史进行过系统总结.本文通过对青藏高原冈底斯相关沉积盆地的构造背景、沉积序列及演化特征的分析,初步建立了冈底斯新元古代—中生代沉积盆地时空分布格架,为更加深入了解其区域构造演化以及相关联的盆—山耦合历史提供了佐证.

1 地质背景

冈底斯长期以来被赋予了不同地质单元属性,相当于土耳其—中伊朗—冈底斯中间板块的东部(李春昱等,1982)、冈底斯—念青唐古拉板片(周详等,1989;刘增乾等,1990)、拉萨地体或陆块(Dewey *et al.*,1988;肖序常等,1988;Yin *et al.*,1994)和冈底斯多岛弧盆系造山带(Hsu *et al.*,1995;潘桂棠等,1997)等.青藏高原冈底斯位于印度河—雅鲁藏

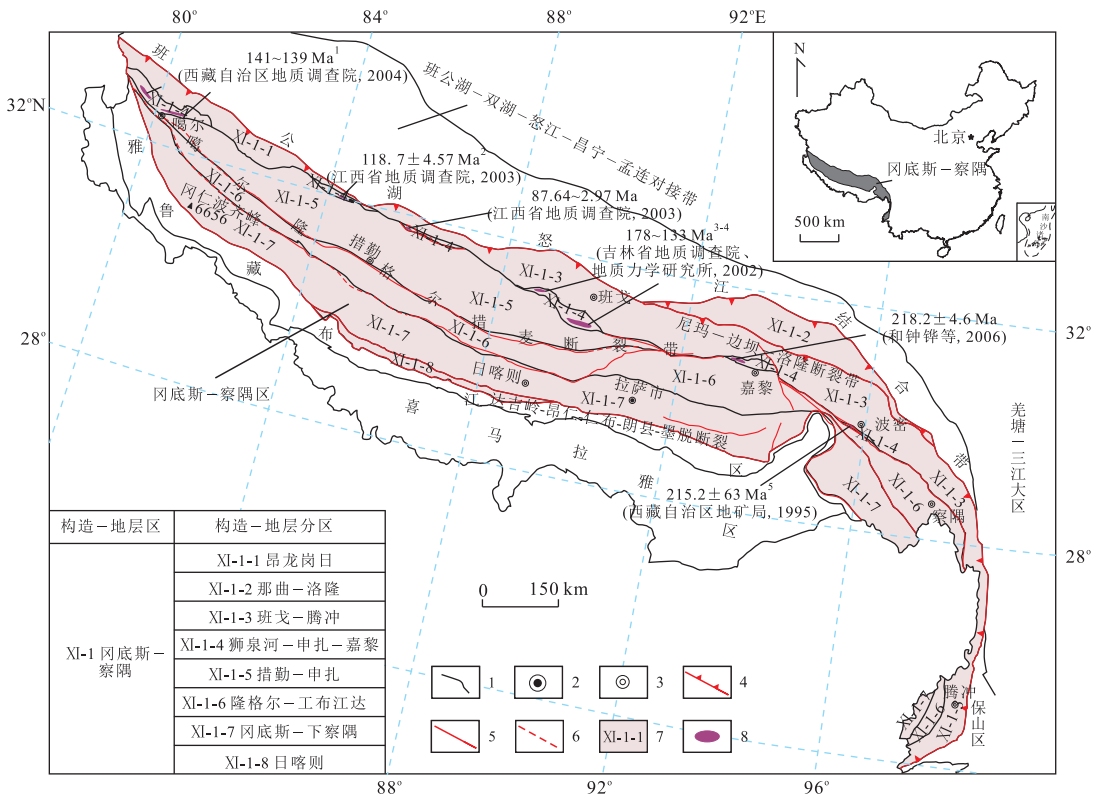


图 1 青藏高原冈底斯地层分区分布示意

Fig.1 The location of stratigraphic subregion map of Gangdese, the Tibetan Plateau

1.分区界线;2.省级市;3.地级市;4.逆冲断层;5.大型断层;6.推测(或隐伏)断层;7.分区及代号;8.蛇绿岩.蛇绿岩年龄参考文献(未公开发表):1.西藏自治区地质调查院,中华人民共和国 1:25 万斯诺乌山幅、狮泉河幅区域地质调查报告,2004;2.江西省地质调查院,中华人民共和国 1:25 万邦多区幅区域地质调查报告,2003;3.地质力学研究所,中华人民共和国 1:25 万当雄县幅区域地质调查报告,2003;4.吉林省地质调查院,中华人民共和国 1:25 万多巴区幅区域地质调查报告,2003;5.西藏自治区地矿局,中华人民共和国 1:20 万波密县幅区域地质调查报告,1995;据潘桂棠等(2002,2009,2013)修改

布江结合带的北侧,班公湖—双湖—怒江对接带的南侧,三江地区兰坪—思茅前陆盆地以西(图 1)。其东西长约 2 500 km,南北宽约 150~300 km,总面积 450 000 km²,是近东西向巨型构造—岩浆带。研究区内出露有新元古代至新生代地层,其中前寒武纪变质岩系分布较少,早古生代地层出露较完整。晚古生代地层分布较广,以晚石炭纪—早二叠纪具冈瓦纳相特征的海相含冰碛杂砾岩为特色(王立全等,2013)。侏罗纪—白垩纪地层出露广泛,尤其是白垩纪以来发育的大规模冈底斯岩浆岩带。新生代部分在本专辑另文介绍。

2 青藏高原冈底斯新元古代—中生代沉积盆地划分及其时空分布

青藏高原冈底斯大地构造分区参考了潘桂棠等(2002,2009,2013)对青藏高原大地构造单元的划分方案。全区自北而南可划分出 8 个地层分区:昂龙岗日分区、那曲—洛隆分区、班戈—腾冲分区、狮泉河—申扎—嘉黎分区、措勤—申扎分区、隆格尔—工布江达分区、冈底斯—下察隅分区和日喀则分区。相对应的冈底斯构造—地层划分方案详见图 1。本文根据各研究分区内的岩石建造组合和时代建立了 6 个时段的沉积盆地分布图(图 2),并分时段对冈底斯 8 个分区的沉积盆地类型进行描述。

2.1 昂龙岗日分区

震旦纪—三叠纪,昂龙岗日分区为隆起剥蚀区,无沉积记录。中侏罗世—白垩纪,其发育有接奴群($J_{2-3}J$)和则弄群(J_3K_1Z)碎屑岩夹火山碎屑岩沉积建造(潘桂棠等,2013),多尼组(K_1d)的滨浅海沉积—海陆过渡沉积夹火山岩建造,朗山组(K_1l)的海陆过渡沉积—浅海相碳酸盐岩局部为中基性火山岩建造(王立全等,2013),竟柱山组(K_2j)的湖相建造,其为昂龙岗日岩浆弧(J_2Krb)。该岩浆弧岩浆活动强烈,构成了冈底斯中生代岩浆岩分布的主体之一(图 2,3)。

2.2 那曲—洛隆分区

那曲—洛隆位于班公湖—双湖—怒江对接带南侧与尼玛—边坝—洛隆逆冲断裂带北侧(图 1)。盆地内岩浆活动微弱,构造变形作用中等,变质程度较低(潘桂棠等,2013)。震旦纪—早三叠世,该分区没有沉积记录。中—晚三叠世,那曲—洛隆分区发育嘎加组($T_{2-3}g$)和确哈拉群($T_{2-3}Q$)(图 3),主要分布于中西部,沉积建造为含中基性火山岩的碎屑岩夹灰岩

的复理石建造,夹杂有少量的蛇绿岩块体(王立全等,2013),为弧前盆地($T_{2-3}FO$)。

中—晚侏罗世,分区地层大面积分布。其沉积建造为马里组(J_2m)、桑卡拉侖组(J_2s)(图 3)的一套滨海相—浅海相碎屑岩—碳酸盐岩沉积(王立全等,2013);向洋一侧为拉贡塘组($J_{2-3}l$)浊积岩与滑塌灰岩体沉积序列(罗建宁,1994)夹角闪安山岩—安山岩—流纹岩,岩性为碱性—钙碱系列火山岩。到白垩纪,分区出露有多尼组(K_1d),含煤线夹中酸性火山岩的碎屑岩沉积建造;朗山组(K_1l),一套稳定型浅海碳酸盐岩建造(王立全等,2013)。局部地区出露的宗给组(K_2zg),为砂砾岩—粉砂岩—泥岩局部夹灰岩—泥灰岩和中酸性火山岩建造。其为那曲—洛隆前陆盆地(J_2KFB)(图 2,3)。

2.3 班戈—腾冲分区

班戈—腾冲分区以班公湖—怒江结合带和尼玛—边坝—洛隆逆冲断裂为北界,且与那曲—洛隆相接,南侧则为狮泉河—纳木错—嘉黎分区(图 1)。新元古代,该分区出露波密岩群(Pt_3GB)(图 3)(隆格尔—工布江达分区和冈底斯—下察隅分区同时出露)。波密岩群是构成冈底斯变质基底的组成部分(谢尧武等,2007)。其主要分布于念青唐古拉山及其以东至波密一带,主要为二云石英片岩、变砂岩、粉砂岩、中酸性火山岩夹薄层大理岩、板岩、千枚岩等浅变质岩系(王立全等,2013),含有以 *Leiopsophphaera* sp.、*Trachysphaeridium* sp.、*Lophosphaeridium* sp.和 *Reticulum* sp.等较原始形态者为主,共计有 21 属 50 种微古植物化石(云南省地质矿产局区调队,中华人民共和国 1:20 万德钦县幅区域地质调查报告,1985);涂光焯等(1982)在通麦之南的云母石英片岩中获锆石 U-Pb 年龄 564 Ma,其为波密陆缘裂谷(Z_2E_2mr)(图 2)。

泥盆纪,分区出露了关上组(D_1g)、勐洪群(DCM)、松宗群($D_{2-3}S$)、达尔东组(D_1d)和查果罗玛组($D_{2-3}cg$)(图 3),主体为边缘海盆地,其中以浅海相碳酸盐岩为主夹碎屑岩的稳定型沉积建造,含大量的生物化石(潘桂棠等,2013),为班戈—腾冲边缘海(DMS)。

石炭纪—二叠纪,班戈—腾冲分区在嘉黎以北—波密—然乌一带,出露的诺错组(C_1nc)、来姑组(C_2P_1lg)、雄恩错组(P_2xn)与纳错组(P_3n)(图 3)主要为—套含大量中基性—中酸性系列火山岩的碎屑岩—碳酸盐岩组合,其中新发现含冰水砾石的复成分砾石层,部分砾石见明显的冰压剪裂隙发育

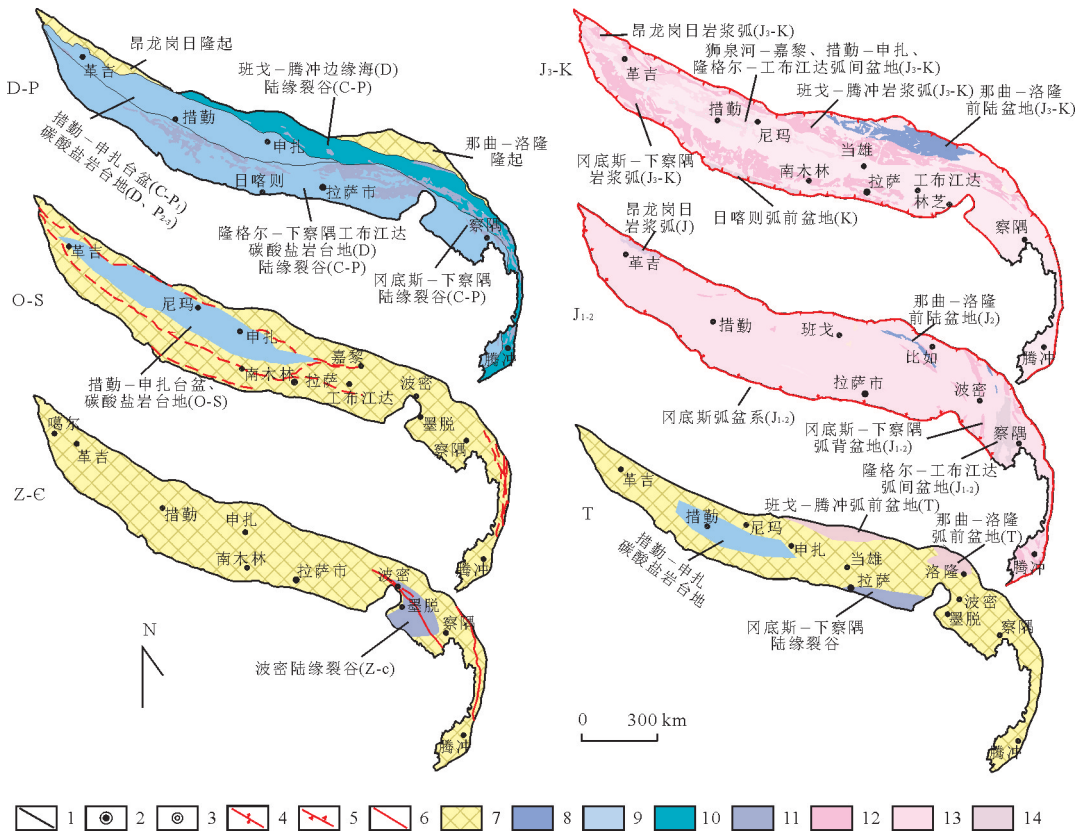


图 2 青藏高原冈底斯地区震旦纪—白垩纪沉积盆地分布及演化

Fig.2 The distribution and evolution map of Sinian-Cretaceous sedimentary basins in Gangdese region, the Tibetan Plateau

1.分区界线;2.省级市;3.地级市;4.走滑断层;5.逆断层;6.性质不明断层;7.隆起;8.前陆盆地;9.边缘海;10.碳酸盐岩台地、台盆;11.陆缘裂谷;12.岩浆弧;13.弧盆地;14.弧前、弧间盆地

(王立全等, 2013). 该时期火山岩的岩石类型复杂多样, 岩性包括变玄武岩、变安山玄武岩、变安山岩、英安岩、流纹岩及相关的火山碎屑岩等(潘桂棠等, 2013). 而永珠组(C_{1y})为一套陆棚至斜坡盆地相的碎屑岩及硅质岩夹灰岩、玄武岩—玄武安山岩组合, 拉嘎组(C_{2P1l})为含冰融滑塌杂砾岩夹玄武岩—玄武安山岩的浅海沉积, 昂杰组(P_{1a})、下拉组(P_{2x})和木剑组(P_{3m})主体为一套浅海碳酸盐岩—碎屑岩夹玄武岩—玄武安山岩沉积建造. 空树河组(P_{1k})为滨—浅海沉积环境下的碎屑岩建造, 含笔管类及腕足、有孔虫等化石. 大东厂组(P_{2d})为浅海环境中碳酸盐岩沉积, 富产腕足、珊瑚及笔管化石. 故班戈—腾冲分区在该时期发育陆缘裂谷(CPmr).

中—晚三叠世, 分区出露确哈拉群(T_{2-3Q}), 为一套含中基性火山岩的复理石建造; 古竹同组(T_{3gx})、普拉曲组(T_{3pl})、日本组(T_{3mb})和古拉组(T_{3gl})为板岩、砂岩夹灰岩及硅质岩的碎屑岩建造. 其出露的谢巴组(T_{3xb})仅分布于然乌及其以南至察隅古拉乡地带. 其为一套滨—浅海相安山岩、英安

岩、安山质角砾岩、凝灰岩建造, 火山岩性质为钙碱系列(西藏自治区地质调查院, 中华人民共和国 1:25 万然乌区幅、察隅县幅区域地质调查报告, 2009), 为班戈—腾冲弧前盆地(T_{2-3FO}).

侏罗纪—白垩纪地层广泛分布, 构成了该分区沉积物堆积的主体, 同时该分区岩浆活动也较为强烈. 发育有接奴群(J_{2-3J})、则弄群(J_3K_1Z)、日拉组(J_3K_1r)和多尼组(K_1d)(图 3), 其为一套海陆交互—滨浅海相的中酸性火山岩建造—碎屑岩和碳酸盐岩建造组合(潘桂棠等, 2013). 其中火山岩主要岩石类型有玄武安山岩、安山岩、英安岩和流纹岩及其安山质凝灰岩—沉凝灰岩等, 岩石性质主要属于中高钾钙碱性系列. 其上朗山组(K_1l)则为一套浅海—滨海相碳酸盐岩和碎屑岩建造组合. 竟柱山组(K_2j)以含中酸性火山岩的碎屑岩为主的磨拉石建造, 不整合覆盖于郎山组之上(王立全等, 2013). 其为班戈—腾冲岩浆弧(J_2Krb)(图 2, 图 3).

2.4 狮泉河—申扎—嘉黎分区

该分区南侧为措勤—申扎火山—岩浆弧带, 北

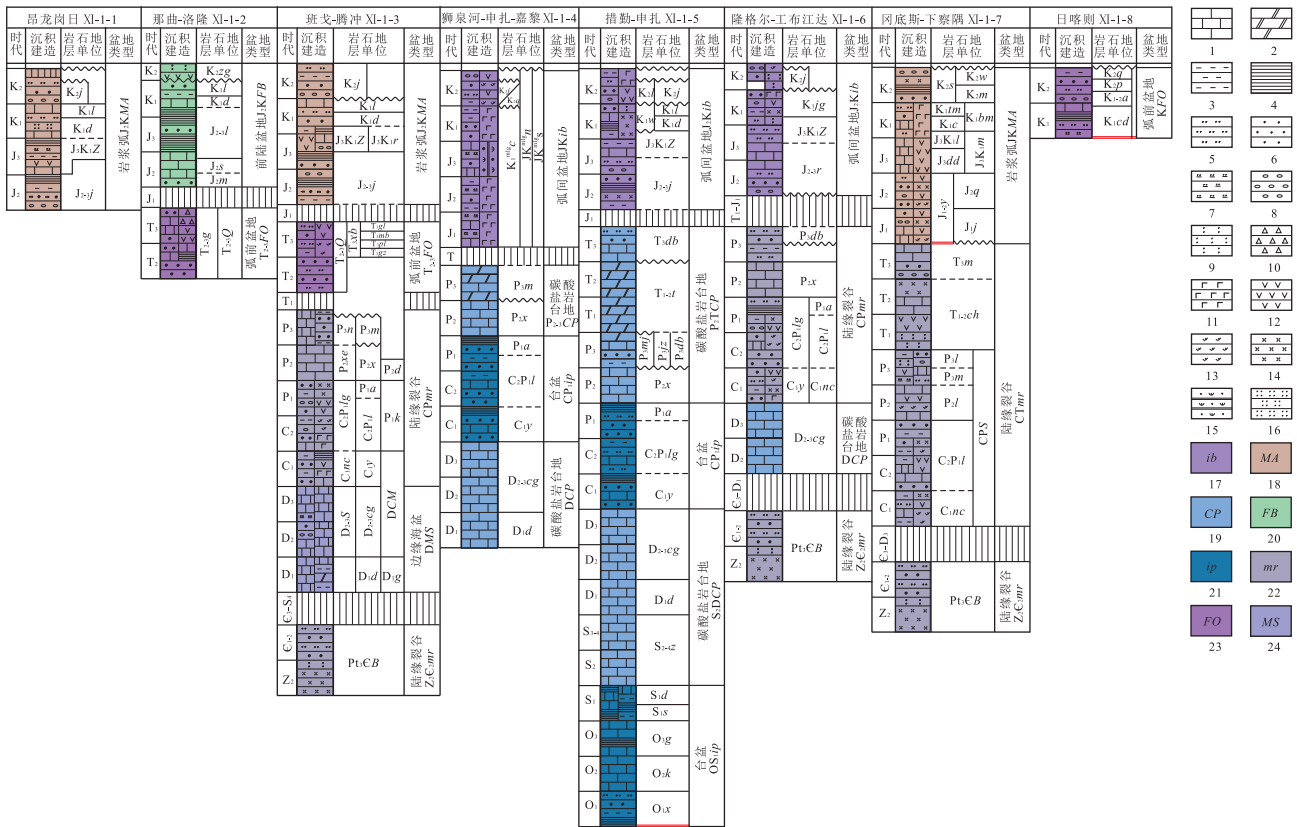


图 3 青藏高原冈底斯构造—地层区岩石地层时空格架与盆地类型划分

Fig.3 Tectonic-stratigraphic framework and basin classification of Gangdese region, the Tibetan Plateau

1.灰岩;2.白云岩;3.泥岩;4.页岩;5.粉砂岩;6.砂岩;7.硅质岩;8.砾岩层;9.凝灰岩;10.火山角砾岩;11.玄武岩;12.安山岩;13.英安岩;14.流纹岩;15.蛇绿岩;16.火山碎屑岩;17.弧间盆地;18.岩架弧;19.碳酸盐岩台地;20.前陆盆地;21.台盆;22.陆缘裂谷;23.弧前盆地;24.边缘海.岩石地层单位: K_2j . 竟柱山组; K_2l . 拉江山组; K_2p . 帕达那组; K_2q . 曲贝亚组; K_2q . 去申拉组; K_2s . 设兴组; K_2w . 温区组; K_2zg . 宗给组; KR. 日喀则群; $K_{1-2}a$. 昂仁组; K_{1c} . 楚木龙组; K_{1cd} . 冲堆组; K_{1d} . 多尼组; K_{1jg} . 捷嘎组; K_{1l} . 朗山组; K_{1t} . 塔克那组; K_{1w} . 卧荣沟组; J_3K_{1l} . 林布宗组; J_3K_{1m} . 麻木下组; J_3K_{1r} . 日拉组; J_3K_{1Z} . 则弄群; $J_{2-3}J$. 接奴群; $J_{2-3}L$. 拉贡塘组; $J_{2-3}r$. 仁多组; $JK^{mlg}S$. 纳木错蛇绿混杂岩带; $JK^{mlg}S$. 狮泉河蛇绿混杂岩带; J_2m . 马里组; J_2s . 桑卡拉侖组; $J_{1-2}y$. 叶巴组; T_3db . 多布日组; T_3K^{mlg} . 冈巴蛇绿混杂岩; T_3m . 麦隆岗组; T_3xb . 谢巴组; T_3gx . 古竹同组; T_3pl . 普拉曲组; T_3mb . 日本组; T_3gl . 古拉组; $T_{2-3}g$. 嘎加组; $T_{2-3}Q$. 确哈拉群; $T_{1-2}ch$. 查曲浦组; $T_{1-2}t$. 勒滴那组; P_3db . 敌布错组; P_3j . 坚扎弄组; P_3l . 列龙沟组; P_3m . 蒙拉组; P_3m . 木纠错组; P_3n . 纳错组; P_2d . 大东厂组; P_2l . 洛巴堆组; P_2x . 下拉组; P_2xn . 雄恩错组; P_1a . 昂杰组; P_1k . 空树河组; C_2P_{1l} . 拉嘎组; C_2P_{1g} . 来姑组; CPS. 松多岩群; C_{1nc} . 诺错组; C_{1y} . 永珠组; D_{2-3cg} . 查果罗玛组; $D_{2-3}S$. 松宗群; DCM. 勐洪群; D_1d . 达尔东组; D_1g . 关上组; $S_{2-4}z$. 扎弄俄组; S_1d . 德悟卡下组; S_{1s} . 申扎组; O_3g . 刚木桑组; O_2k . 柯尔多组; Pt_3CB . 波密岩群; 据潘桂棠等(2013)修改

侧为班戈—八宿—腾冲岩浆弧带,北西自狮泉河,向南东经拉果错、阿索、纳木错西,再向东经嘉黎、波密等地,呈 NWW-EW-SE 方向展布(图 1)。泥盆纪,狮泉河—申扎—嘉黎分区出露达尔东组(D_1d)和查果罗玛组($D_{2-3}cg$),以浅海相碳酸盐岩为主夹碎屑且含大量古生物化石的稳定型沉积建造(潘桂棠等, 2013),其为碳酸盐岩台地(DCP)。在石炭纪—早二叠世,其建造为永珠组(C_{1y}) (图 3)碎屑岩及硅质岩夹灰岩、玄武岩—玄武安山岩组合;拉嘎组(C_2P_{1l})以及昂杰组(P_1a)含冰融滑塌杂砾岩夹玄武岩—玄武安山岩的浅海沉积组合(王立全等, 2013)。其沉积盆地类型为台盆(CP_{1ip}) (该时期措勤—申扎分区

的沉积盆地演化与其一致)。中—晚二叠世,分区出露下拉组(P_2x)和木纠错组(P_3m),主体一套浅海碳酸盐岩—碎屑岩建造,为碳酸盐岩台地($P_{2-3}CP$)。狮泉河—申扎—嘉黎分区在晚古生代石炭纪开始表现为被动边缘向活动边缘盆地转化的过渡性质——初始岛弧出现。

侏罗纪—白垩纪,狮泉河—申扎—嘉黎分区主要发育有狮泉河蛇绿混杂岩带($JK^{mlg}S$)。该带位于狮泉河—申扎—嘉黎蛇绿混杂岩带的西段,可划分出 4 条蛇绿混杂亚带和 3 个火山岛链,辉长—辉绿岩墙杂岩锆石 U-Pb 年龄为 141~139 Ma,放射硅质岩时代为早白垩世早期,该带内韧性变形、褶皱、

构造置换现象极为发育(西藏自治区地质调查院, 中华人民共和国 1:25 万斯诺乌山幅、狮泉河幅区域地质调查报告, 2004)。其中纳木错蛇绿混杂岩带(JK^{mls}N)位于狮泉河—申扎—嘉黎蛇绿混杂岩带的中段, 蛇绿岩组合齐全, 包括变质橄榄岩、堆晶岩、辉长岩、席状岩墙群、枕状玄武岩。硅质岩中产中侏罗世—早白垩世放射虫, 这些被肢解的蛇绿岩残块与放射虫硅质岩、前奥陶纪变质岩、古生代灰岩、侏罗—白垩纪灰岩等岩块一起, 被包裹在强烈剪切破碎的蛇纹岩或砂泥质基质中, 席状岩墙群、基性—超基性堆晶杂岩, 岩墙群中辉长岩的锆石 U-Pb 和 Rb-Sr 等时线年龄为 178~133 Ma(地质力学研究所, 中华人民共和国 1:25 万当雄县幅区域地质调查报告, 2003; 吉林省地质调查院, 中华人民共和国 1:25 万多巴区幅区域地质调查报告, 2003)。另有位于嘉黎—波密一带的冈巴蛇绿混杂岩(T₃K^{mls})零星出露。竟柱山组(K_{2j})主要为一套陆相(局部可能含海相夹层)含中酸性火山岩的碎屑岩为主的磨拉石建造。去申拉组(K_{2q})为数百米厚的一套辉石安山岩、安山质晶(岩)屑凝灰岩和沉凝灰岩等火山岩建造。其为狮泉河—申扎—嘉黎弧间盆地(JKib)(图 2, 图 3)。

2.5 措勤—申扎分区

措勤—申扎分区南侧为葛尔—隆格尔—措勤—措麦断裂带, 北与狮泉河—申扎—嘉黎分区相邻, 呈近东西向的狭长带状展布(图 1)。

奥陶纪—早志留世, 措勤—申扎分区出露包括扎杠组(O_{1z})、柯尔多组(O_{2k})、刚木桑组(O_{3g})、申扎组(S_{1s})和德悟卡下组(S_{1d})(图 3), 是以深海相硅泥岩质为主夹碎屑岩的稳定型沉积建造(王立全等, 2013), 其为台盆。中志留世—泥盆纪, 措勤—申扎分区(图 2)出露的扎弄俄玛组(S_{2.4z})(图 3)是以碳酸盐为主且夹少量碎屑岩的稳定型沉积建造; 达尔东组(D_{1d})和查果罗玛组(D_{2.3cg})是以浅海相碳酸盐岩为主、夹碎屑、且含大量古生物化石的稳定型沉积建造。其为碳酸盐岩台地(S₂D_{CP})。在石炭纪—早二叠世, 措勤—申扎分区沉积盆地演化与狮泉河—申扎—嘉黎分区一致, 为台盆(CP_{1ip})。

中—晚二叠世, 分区出露下拉组(P_{2x})、木纠错组(P_{3m})、敌布错组(P_{3db})和坚扎弄组(P_{3j}), 沉积建造是以二叠纪发育为主体的一套浅海碳酸盐岩—碎屑岩组合, 为碳酸盐岩台地(P_{2.3}CP)。三叠纪, 其出露有勒淌那组(T_{1.2t})和多布日组(T_{3db})(图 3)。其建造为碳酸盐岩含少量碎屑岩组合(王立全等,

2013), 勒淌那组(T_{1.2t})平行不整合下伏二叠系之上, 为措勤—申扎碳酸盐岩台地(P₂TCP)。该区晚古生代石炭纪开始表现为被动边缘向活动边缘盆地转化的过渡性质——初始岛弧出现。

中侏罗世—白垩纪, 该分区出露有接奴群(J_{2.3J})、则弄群(J_{3K1Z})、多尼组(K_{1d})、卧荣沟组(K_{1w})和拉江山组(K_{2l})一套巨厚的海陆交互相—滨浅海相的中酸性火山岩—碎屑岩和碳酸盐岩组合, 属于典型岛弧活动边缘盆地沉积建造(王立全等, 2013)。朗山组(K_{1l})则为一套浅海—滨海相碳酸盐岩和碎屑岩组合。竟柱山组(K_{2j})为陆相(局部可能含海相夹层)含中酸性火山岩的碎屑岩为主的磨拉石建造。前人在该区域获得了大量花岗岩和火山岩的锆石 SHRIMP 年龄(152~107 Ma)(朱弟成等, 2008), 表明晚侏罗纪—早白垩纪是强烈的岛弧造山时期(朱弟成等, 2006; 袁四化等, 2009), 形成的火山—沉积岩系累积厚度可能超过 10 000 m。其为措勤—申扎弧间盆地(J₂Kib)(图 2, 3)。

2.6 隆格尔—工布江达分区

隆格尔—工布江达分区北界为葛尔—隆格尔—措勤—措麦断裂带, 与冈底斯—下察隅分区相邻(图 1)。震旦纪—寒武纪, 分区出露波密岩群(Pt₃EB), 为波密陆缘裂谷(Z₂C_{2mr})(同班戈—腾冲分区)。泥盆纪, 隆格尔—工布江达仅出露查果罗玛组(D_{2.3c})的一套以浅海相碳酸盐岩为主夹碎屑岩的稳定型沉积, 为碳酸盐岩台地(DCP)。

石炭纪—二叠纪, 当雄—羊八井北东向断裂以西至隆格尔一带, 主体表现为陆缘裂谷扩张的火山—沉积序列: 永珠组(C_{1y})一套浅海相碎屑岩夹灰岩、玄武岩组合, 向上至拉嘎组(C₂P_{1l})含冰融滑塌杂砾岩—碎屑岩夹玄武岩的深水沉积建造; 昂杰组(P_{1a})发育粗碎屑岩—含砾细碎屑岩组合, 含大量火山碎屑岩, 局部可见形成于伸展裂陷盆地背景的由玄武岩和流纹质凝灰岩构成的“双峰式”组合(袁健芽等, 2003); 下拉组(P_{2x})和敌布错组(P_{3db})发育一套碳酸盐岩—碎屑岩组合, 含火山质砂砾岩和硅质岩。在隆格尔—工布江达东部工布江达县西约 15 km 处白垩纪花岗岩体中, 最新获得大量深色花岗闪长岩“包体”的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 262.3 Ma(朱弟成等, 2008); 在嘉黎—易贡藏布断裂南侧, 分布有 4 个黑云二长花岗岩侵入体, 其单矿物锆石 U-Pb 年龄为 286±18 Ma(西藏自治区地质调查院, 中华人民共和国 1:25 万嘉黎县幅、边坝县幅区域地质调查报告, 2005)。故隆格尔—工布江达分

区在该时期为陆缘裂谷(CP mr)。

中侏罗世—白垩纪,分区在隆格尔以西至葛尔一带出露了仁多组(J₂₋₃ r)、则弄群(J₃K₁Z)和捷嘎组(K₁ jg)(图 3),为一套巨厚的海陆交互相—滨浅海相的中酸性火山岩—碎屑岩和碳酸盐岩组合,属于典型岛弧活动边缘盆地沉积建造(王立全等,2013);竟柱山组(K₂ j)陆相(局部可能含海相夹层)含中酸性火山岩的碎屑岩为主的磨拉石建造,其为隆格尔—工布江达弧间盆地(J₂K_{ib})(图 2,3)。

2.7 冈底斯—下察隅分区

冈底斯—下察隅分区北侧与隆格尔—工布江达分区相接,南侧与冈底斯南缘日喀则分区和雅鲁藏布江结合带相邻,震旦纪—寒武纪,分区出露波密岩群(Pt₃CB),为波密陆缘裂谷(Z₂C₂ mr)(同班戈—腾冲分区)。

石炭纪—三叠纪,冈底斯—下察隅分区发育的火山—沉积组合及构造环境从东向西有较大的差异,诺错组(C₁ nc)、来姑组(C₂P₁ l)、洛巴堆组(P₂ l)、蒙拉组(P₃ m)和列龙沟组(P₃ l)(图 3),主要为—套浅海碳酸盐岩—一次深海斜坡相复理石夹中基性火山岩建造,并出现较深水硅质岩;以及发育松多岩群(CPS)浅变质岩系,主体表现为从北向南变深的扩张的火山—沉积序列(李光明等,2000;王立全等,2004,2008)。三叠纪出露有查曲浦组(T₁₋₂ ch)和麦隆岗组(T₃ m)。查曲浦组(T₁₋₂ ch)由早期局限盆地的碳酸盐岩—碎屑岩组合,向上过渡为海陆交互相碎屑岩沉积,并有强烈的火山活动;火山岩包括英安岩、安山岩和安山质角砾熔岩及凝灰岩等(王立全等,2013)。主要出露在南部的麦隆岗组(T₃ m)为碎屑岩夹碳酸盐岩组合,故该时期冈底斯—下察隅沉积盆地为陆缘裂谷(T mr)。

侏罗纪—白垩纪,分区出露为叶巴组(J₁₋₂ y)—套巨厚的火山岩与火山碎屑岩系(潘桂棠等,2013),呈近东西向分布于当雄—羊八井—北东向断裂以东,南北宽约 20~50 km,东西展布约 220 km。其岩性为变英安岩、安山岩、流纹岩、火山碎屑岩夹碎屑岩和碳酸盐岩组合,属于扩张环境下的火山—沉积建造。甲拉浦组(J₁ j)和却桑温泉组(J₂ q)为一套海陆交互相碎屑岩夹灰岩、火山岩组合,以及多底沟组(J₃ dd)浅海相碳酸盐岩,则主体显示为岩浆弧的沉积序列。温区组(K₂ w)主要分布于东段南部,东西延展 400 多千米的大量岛弧型钙碱性火山岩和弧缘碎屑岩建造组合;麻木下组(J₃K₁ m)为安山岩、凝灰岩、灰质砾岩、粉砂岩角岩夹大理岩和结晶灰岩组

合,与埃达克岩成分特征相似,时代与北侧叶巴组(J₁₋₂ y)火山岩一致(王立全等,2004)。与此同时,林布宗组(J₃K₁ l)和楚木龙组(K₁ c)海陆交互相含煤(线)碎屑岩系火山碎屑岩组合,塔克那组(K₁ t)滨浅海相碳酸盐岩夹碎屑岩组合,以及设兴组(K₂ s)海陆交互相碎屑岩夹灰岩、火山岩组合,均表现为岩浆弧中的火山—沉积序列,故其为冈底斯—下察隅岩浆弧(JK rb)(图 2,3)。

2.8 日喀则分区

日喀则分区位于冈底斯岩浆弧的中段南部,北部与冈底斯—下察隅岩浆弧带相邻,南部以雅鲁藏布江结合带为界,呈东西向带状展布,东西向长约 550 km,宽约 10~50 km。白垩纪之前,区内没有沉积记录。仅在白垩纪大面积出露日喀则群(KR)(图 3),其为硅泥质、泥砂质、凝灰质浊积岩夹碳酸盐岩建造。其主体属于一套推进式海底扇沉积,具有双物源区,以北侧冈底斯火山—岩浆弧的物源为主,整个沉积厚度达 6~8 km,保留了完整的出露较好的弧前沉积序列。冲堆组(K₁ cd)和昂仁组(K₁₋₂ a)(图 3)主体为硅泥质复理石、泥砂质复理石建造,晚期帕达那组(K₂ p)盆地萎缩、水体变浅,主体属浅海相碎屑岩及碳酸盐岩组合,最后以曲贝亚组(K₂ q)滨海相碎屑岩及碳酸盐岩序列结束。该区白垩系地层为一套典型弧前盆地复理石碎屑岩系建造(潘桂棠等,2013)。其为日喀则弧前盆地(KFO)(图 2,3)。

3 青藏高原冈底斯沉积盆地演化

自新元古代南华纪的全球泛大陆开始解体,由南向北形成了南部冈瓦纳大陆群、原特提斯大洋等。而位于南部冈瓦纳大陆边缘的冈底斯地区沉积盆地自震旦纪—寒武纪由陆缘裂谷开始,到奥陶纪—二叠纪,冈底斯经历了稳定宽阔的碳酸盐岩台地—台盆沉积,其在二叠纪以后转变为具伸展裂陷的大陆边缘,进入早中生代,冈底斯持续晚古生代的演化趋势,并且接受班公湖—怒江特提斯洋向南与雅鲁藏布新特提斯洋向北的双向俯冲,最后发育大型的岩浆弧带(图 4)。本文进一步将青藏高原冈底斯地区的新元古代—中生代盆地演化阶段总结为 6 个时段分述如下。

3.1 震旦纪—寒武纪

随着南华纪的全球泛大陆的解体,青藏高原冈底斯涉及的主要块体位于原特提斯洋盆的北部,其属于南部冈瓦纳大陆的北缘。受原特提斯洋的扩张作

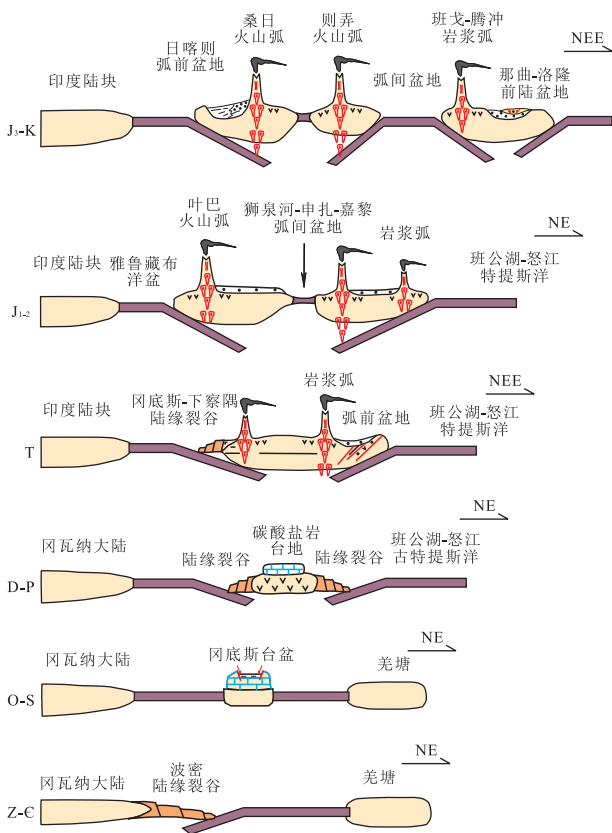


图 4 青藏高原冈底斯地区新元古代—中生代构造—沉积演化示意

Fig.4 Northeastern sketch map of Neoproterozoic-Mesozoic tectonic-sedimentary evolution in Gangdese region, the Tibetan Plateau

主要参考文献: 刘朝基, 1995; 潘桂棠等, 2001b, 2006; 罗建宁等, 2002; 陈明和杨恒书, 2003; 朱弟成等, 2008, 2012

用的影响, 仅在班戈—腾冲分区、隆格尔—工布江达分区和冈底斯—下察隅分区发育波密陆缘裂谷, 构成了今后冈底斯的变质基底。其为被动陆缘—裂谷构造, 而此时冈底斯地区的主体为隆起剥蚀区。

3.2 奥陶纪—志留纪

班公湖—双湖—怒江洋盆在经历了新元古代—早古生代漫长的地质演化后, 已达到相当规模, 成为南部冈瓦纳大陆与北部欧亚大陆和东部泛华夏大陆的重要分隔带(潘桂棠等, 1997, 2004; 李才等, 2006, 2008; 王立全等, 2008)。青藏高原冈底斯在奥陶纪属于冈瓦纳大陆北部, 总体上处于稳定的发展阶段。该时期, 仅在措勤—申扎分区发育以深海相硅泥岩质建造为主的冈底斯台盆。中志留世, 冈底斯主体演化为冈瓦纳大陆的北部陆缘海, 但其部分地区仍为隆起剥蚀区或缺失沉积。只有在措勤—申扎分区的沉积盆地类型演化为以发育浅水碳酸盐岩为主的台地

相, 反映为稳定沉积构造背景。

3.3 泥盆纪—二叠纪

原特提斯洋从泥盆纪开始萎缩, 青藏高原冈底斯隶属于冈瓦纳大陆北部陆缘海。发展到二叠纪, 冈底斯总体具有中部为(半)深海—浅海沉积, 以碎屑岩、碳酸盐为主的沉积特征; 向南、向北夹有少量火山岩, 表明构造环境渐趋活动。

泥盆纪, 青藏高原冈底斯延续上一阶段的稳定发展。区域上, 在狮泉河—申扎—嘉黎分区、措勤分区和隆格尔—工布江达分区都有发育稳定的以碳酸盐岩台地为主的沉积盆地类型。其显示的是持续稳定发展的环境, 且冈底斯沉积盆地演化范围较上一阶段更为宽广。但是在班戈—腾冲一带发育浅海相碳酸盐岩为主夹碎屑岩的边缘海盆, 开始表现为被动边缘向活动边缘转换的过渡性质, 且具有扩展(裂谷)作用。

从晚古生代石炭纪起, 青藏高原冈底斯的被动边缘逐步转化为活动陆缘, 对应班公湖—双湖—怒江洋盆开始局部向南俯冲消减。冈底斯的东北部班戈—腾冲分区以及南部隆格尔—工布江达和冈底斯—下察隅分区都发育陆缘裂谷。在嘉黎以北—波密—然乌—一带, 主要发育一套含大量中基性—中酸性系列火山岩的碎屑岩—碳酸盐岩组合。石炭纪—二叠纪火山岩的岩石类型复杂多样, 岩性包括变玄武岩、变安山玄武岩、变安山岩、英安岩、流纹岩及相关的火山碎屑岩等, 极有可能为古特提斯大洋向南俯冲的产物。在当雄—羊八井北东向断裂以西至隆格尔一带, 隆格尔—工布江达具有粗碎屑岩—含砾细碎屑岩组合, 夹大量火山碎屑岩的火山—沉积序列。在冈底斯—下察隅分区具有深水硅质岩的复理石夹中基性火山岩建造, 同样表现陆缘裂谷中的火山—沉积序列。伴生的火山碎屑岩组合指示冈底斯地区明显的扩张作用。

此时, 冈底斯的中部狮泉河—申扎—嘉黎分区以及措勤申扎分区仍持续上一阶段的稳定沉积, 从以深海相硅泥岩质为主夹碎屑岩的台盆相演化为浅水相的碳酸盐岩台地相, 较青藏高原冈底斯的边缘发展稳定。

3.4 三叠纪

冈瓦纳超级古大陆的裂离、古特提斯洋的发育为新特提斯洋的演化提供了重要的前提和基础。早—中三叠世时, 古特提斯洋进入双向俯冲阶段(朱弟成等, 2009)。随着北侧古特提斯大洋向南的进一步俯冲消减, 冈底斯从冈瓦纳大陆北缘裂离。其继承了晚古代

的构造演化趋势,但大部分区域进入隆升阶段。

该时段的区域性构造汇聚事件,使得裂谷盆地闭合。但是在冈底斯一下察隅分区仍发育陆缘裂谷。在却桑寺一带发育碳酸盐岩夹碎屑岩—火山岩组合,火山岩包括英安岩、安山岩和安山质角砾熔岩及凝灰岩等,表示该地区有强烈的火山活动。措勤—申扎分区仍为稳定的碳酸盐岩台地沉积,其从奥陶纪到三叠纪,一直处于持续稳定的发展阶段,直到晚三叠世晚期逐渐消失。受班公湖—双湖—怒江洋盆局部向南俯冲消减的影响,冈底斯北部的班戈—腾冲分区和那曲—洛隆分区演化为弧前盆地。在那曲—洛隆分区,火山岩嘎加组和确哈拉组为夹杂有少量的蛇绿岩块体的含中基性火山岩的碎屑岩夹灰岩的复理石建造。其中的安山岩、安山质火山角砾岩则具有弧火山岩的特点(西藏自治区地质调查院,中华人民共和国 1:25 万那曲县幅区域地质调查报告,2006),总体显示为与特提斯大洋往南俯冲作用有关的增生楔杂岩及增生弧组合物。

3.5 早—中侏罗世

自中生代起,位于新特提斯大洋南侧的冈底斯发育的基本格局为多岛弧盆系。早侏罗世时,雅鲁藏布洋盆东段开始向北开始低角度俯冲,可能受特提斯洋向南俯冲的影响,狮泉河—申扎—嘉黎一带弧间裂谷盆地扩张成洋。冈底斯南北都表现为岛弧环境。

从中侏罗世开始,以南冈底斯东段发育叶巴火山弧(潘桂棠等,2006)为标志,雅鲁藏布洋盆已扩张到相当规模。呈近东西向分布于当雄—羊八井北东向断裂以东,大致沿达孜—章多—增期—工布江达南一线展布的叶巴组,为一套巨厚的火山岩与火山碎屑岩系,属于活动边缘中的滨浅海相火山—沉积建造。其火山岩具有典型岛弧火山岩特征,英安岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 181.7 ± 5.2 Ma(耿全如等,2006)、流纹岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 174.4 ± 1.7 Ma(董彦辉等,2006),前人认为是新特提斯洋盆在早侏罗世晚期开始向北俯冲作用的产物(潘桂棠等,2006; Chu *et al.*, 2006; 董彦辉等,2006)。同时位于叶巴组北侧为一套海陆交互碎屑岩夹灰岩、火山岩组合,其主体显示为岩浆弧中的火山—沉积序列。由此,洋盆东段开始向北俯冲—碰撞,冈底斯地块处于背冲构造体制,促使狮泉河—申扎—嘉黎弧间盆地形成,冈底斯—察隅弧盆系构造古地理更趋复杂。

3.6 晚侏罗世—白垩纪

晚侏罗世时,青藏高原冈底斯大部分地区延续

上一时段的发展,且沉积盆地演化规模逐渐扩大。在冈底斯一下察隅分区,主体位于“叶巴火山弧”南侧的“桑日火山弧”(潘桂棠等,2006),以大量岛弧型钙碱性火山岩和弧缘碎屑岩及弧前斜坡碳酸盐岩重力流沉积为特征。上部比马组火山岩显示正常岛弧火山岩地球化学特点。据最新研究资料,麻木下组下部凝灰岩中的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 180.4 ± 3.5 Ma(王立全等,2004),时代与北侧叶巴组火山岩一致,为新特提斯洋壳向北俯冲作用提供了一定的年代学约束。而林布宗组和楚木龙组海陆交互含煤(线)碎屑岩系火山碎屑岩组合,塔克那组碳酸盐岩夹碎屑岩组合,均表现为岩浆弧中的火山—沉积序列。

从晚侏罗世末期—白垩世,冈底斯南缘叶巴火山弧、桑日火山弧与冈底斯北部的则弄火山弧发育及其间的弧间裂谷盆地进一步扩张成小洋盆。此时,隆格尔—工布江达分区、措勤—申扎分区和狮泉河—申扎—嘉黎分区的沉积盆地为弧间盆地;班戈—腾冲分区以及昂龙岗日分区为岩浆弧。接奴群、则弄群、日拉组和多尼组等显示为一套海陆交互到浅海相的中酸性火山岩—碎屑岩和碳酸盐岩组合,属于典型火山—沉积序列。而那曲—洛隆分区仍为前陆盆地。以上共同揭示了班公湖—怒江特提斯洋向南与雅鲁藏布新特提斯洋向北的双向俯冲。

晚白垩世时,发育竟柱山组为代表的一套前陆盆地中,是以陆相(局部可能含海相夹层)碎屑岩夹中酸性火山岩的磨拉石建造。其在区域上的不整合,标志着北侧班公湖—怒江特提斯洋盆的消亡、雅鲁藏布洋盆进一步向北俯冲,弧—陆碰撞造山作用的开始。

4 结论

冈底斯在特提斯构造域的背景下,随着全球泛大陆的解体,南部冈瓦纳大陆群的形成,自新元古代的陆缘裂谷发展到中生代冈底斯多岛弧盆系,经历了一系列复杂的地质演化历史:

(1)从震旦纪起,随着原特提斯的扩张作用,青藏高原冈底斯仅在波密—墨脱一带发育陆缘裂谷,其余绝大部分地区为隆起区遭受剥蚀。早古生代,冈底斯经历了稳定的碳酸盐岩台地沉积,沉积盆地类型为台盆与碳酸盐岩台地。该时段冈底斯仍有大部分区域为隆起剥蚀区。

(2)晚古生代,随着原特提斯洋的萎缩,冈底斯

中部为稳定的碳酸盐岩沉积,其沉积盆地类型为边缘海盆、碳酸盐岩台地和台盆。从石炭纪起,班戈—腾冲、隆格尔—工布江达和冈底斯—下察隅分区为陆缘裂谷,冈底斯开始转化为具伸展性质的裂陷大陆边缘。

(3)早—中三叠世,冈底斯继承了晚古生代构造演化趋势,但大部分区域处于隆升状态。在晚三叠世—白垩纪,冈底斯接受班公湖—怒江特提斯洋向南与雅鲁藏布新特提斯洋向北的双向俯冲,发育大型岩浆弧带。在昂龙岗日、班戈—腾冲及冈底斯—下察隅地区发育岩浆弧,那曲—洛隆分区发育前陆盆地,狮泉河—申扎—嘉黎、措勤—申扎和隆格尔—工布江达分区发育弧间盆地,南部日喀则地区则为弧前盆地。

致谢:本文撰写过程中得到了中国地质调查局发展研究中心、成都地质调查中心、各省(市、自治区)地质调查院、全国重要矿产成矿背景项目组的所有专家学者们提供的大量基础资料,在此谨表谢意!

References

- Chang, C. F., Zheng, X. L., 1973. Discussion on Geological Characteristics and the Development of EW Mountains in Qomolangma Region, Southern Tibet, China. *Science in China (Ser. A)*, 1(2): 190—201 (in Chinese).
- Chen, M., Yang, H. S., 2003. Triassic Sedimentary Basins and Paleontological Features on the Qinghai-Xizang Plateau. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 23(2): 14—19 (in Chinese with English abstract).
- Chu, M. F., Chung, S. L., Song, B., et al., 2006. Zircon U-Pb and Hf Isotope Constraints on the Mesozoic Tectonics and Crustal Evolution of Southern Tibet. *Geology*, 34(9): 745—748. doi:10.1130/022725.1
- Dewey, J. F., Shackelton, R. M., Chang, C., et al., 1988. The Tectonic Evolution of the Tibetan Plateau. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 327(1594): 379—413. doi: 10.1098/rsta.1988.0135
- Dong, Y. H., Xu, J. F., Zeng, Q. G., et al., 2006. Is There a Neo-Tethys' Subduction Record Earlier than Arc Volcanic Rocks in the Sangri Group? *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 661—668 (in Chinese with English abstract).
- Geng, Q. R., Pan, G. T., Wang, L. Q., et al., 2006. Isotopic Geochronology of the Volcanic Rocks from the Yeba Formation in the Gangdise Zone, Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 26(1): 1—7 (in Chinese with English abstract).
- Geng, Q. R., Wang, L. Q., Pan, G. T., et al., 2007. Carboniferous Marginal Rifting in Gangdise: Volcanic Rocks and Stratigraphic Constraints, Xizang (Tibet), China. *Acta Geologica Sinica*, 81(9): 1260—1276 (in Chinese with English abstract).
- Hou, Z. Q., Mo, X. X., Yang, Z. M., et al., 2006. Metallogenesis in the Collisional Orogen of the Qinghai-Tibet Plateau: Tectonic Setting, Tempo-Spatial Distribution and Ore Deposit Types. *Geology in China*, 33(2): 348—359 (in Chinese with English abstract).
- Hsu, K. J., Pan, G. T., Sengor, A. M. C., et al., 1995. Tectonic Evolution of the Tibetan Plateau: A Working Hypothesis Based on the Archipelago Model of Orogenesis. *International Geology Review*, 37(6): 473—508. doi: 10.1080/00206819509465414
- Huang, J. Q., Chen, B. W., 1987. The Evolution of the Tethys in China and Adjacent Regions. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Jin, C. W., Zhou, Y. S., 1978. Igneous Rock Belts in the Himalayas and the Ganges Arc and Their Genetic Model. *Scientia Geologica Sinica*, (4): 297—312 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Dong, Y. S., Zhai, G. Q., et al., 2008. Discovery of Eopaleozoic Ophiolite in the Qiangtang of Tibet Plateau: Evidence from SHRIMP U-Pb Dating and Its Tectonic Implications. *Acta Petrologica Sinica*, 24(1): 31—36 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Zhai, G. Q., Dong, Y. S., et al., 2006. The Discovery and Significance of Eclogite in the Central of Qiangtang Plateau, Tibet. *Chinese Science Bulletin*, 51(1): 70—74 (in Chinese with English abstract).
- Li, C. Y., Wang, Q., Liu, Y. X., et al., 1982. Explanatory Notes to the Tectonic Map of Asian. Maps Press, Beijing (in Chinese).
- Li, G. M., Feng, X. L., Huang, Z. Y., et al., 2000. The Multiple Island Arc-Basin Systems and Their Evolution in the Gangdise Tectonic Belt, Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 20(4): 38—46 (in Chinese with English abstract).
- Li, G. M., Wang, G. M., Gao, D. F., et al., 2002. The Tectonic Framework and Metallogenic Systems in Southern Gangdise Metallogenic Belt, Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(2): 1—7 (in Chinese with English abstract).
- Liang, H. Y., Yu, H. X., Mo, J. H., et al., 2008. Study on the Metallogenesis and Resource Perspective of the Gangdise Ore Deposit Belt in Tibet. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 27(3): 289—293 (in Chi-

- nese with English abstract).
- Liu, B. P., Feng, Q. L., Fang, N. Q., et al., 1993. Tectonic Evolution of Palaeo-Tethys Poly-Island-Ocean in Changning-Menglian and Langcangjiang Belts, Southwestern Yunnan, China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 18(5): 529–539 (in Chinese with English abstract).
- Liu, B. P., Feng, Q. L., Chonglakmani, C., et al., 2002. Framework of Paleotethyan Archipelago Ocean of Western Yunnan and Its Elongation towards North and South. *Earth Science Frontiers*, 9(3): 161–171 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C. J., 1995. Plate Tectonic Systems and Tethys Geological Evolution in Western Sichuan and Eastern Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 2: 121–134 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. Q., Xu, X., Pan, G. T., et al., 1990. Tectonics, Geological Evolution and Genetic Mechanism of Qinghai-Xizang Plateau. Geological Memoirs, Geological Publishing House, Beijing, 7–50 (in Chinese).
- Lu, S. W., Zhang, L., Ren, J. D., et al., 2004. Zonality of the Gangdise Magmatic Arc on the Qinghai-Tibet Plateau and Its Geological Significance. *Geological Bulletin of China*, 23(9–10): 1023–1032 (in Chinese with English abstract).
- Luo, J. N., 1994. Research on the Sedimentary Geology and Petrology of Continental Orogenic Belts. *Earth Science Frontiers*, 1(1–2): 177–183 (in Chinese with English abstract).
- Luo, J. N., Wang, X. L., Li, Y. T., et al., 2002. Sedimentary Geological Evolution of the Qinghai-Xizang Tethys. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(1): 7–15 (in Chinese with English abstract).
- Mo, X. X., Dong, G. C., Zhao, Z. D., et al., 2005. Spatial and Temporal Distribution and Characteristics of Granitoids in the Gangdese, Tibet and Implication for Crustal Growth and Evolution. *Geological Journal of China Universities*, 11(3): 281–290 (in Chinese with English abstract).
- Mo, X. X., Zhang, Z. D., Deng, J. F., et al., 2003. Response of Volcanism to the India-Asia Collision. *Earth Science Frontiers*, 10(3): 135–148 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Chen, Z. L., Li, X. Z., et al., 1997. Geological-Tectonic Evolution in the East Tethys. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Li, X. Z., Wang, L. Q., et al., 2002. Preliminary Division of Tectonic Units of the Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Regions. *Geological Bulletin of China*, 21(11): 701–707 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Li, X. Z., et al., 2001a. The Tectonic Framework and Spatial Allocation of the Archipelagic Arc-Basin Systems on the Qinghai-Xizang Plateau. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 21(3): 1–26 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Xu, Q., Wang, L. Q., 2001b. The Frame Mechanism of Multiple Island Arc-Basin System in Tibetan Plateau. *J. Mineral. Petrol.*, 21(3): 186–189 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Mo, X. X., Hou, Z. Q., et al., 2006. Spatial-Temporal Framework of the Gangdese Orogenic Belt and Its Evolution. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 521–533 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Zhu, D. C., et al., 2004. Thoughts on Some Important Scientific Problems in Regional Geological Survey of the Qinghai-Tibet Plateau. *Geological Bulletin of China*, 23(1): 12–19 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Zhang, W. P., et al., 2013. The Instructions of Tectonic Map in Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Areas (1 : 1 500 000). Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2009. Subdivision of Tectonic Units in China. *Geology in China*, 36(1): 1–28 (in Chinese with English abstract).
- Rui, Z. Y., Hou, Z. Q., Qu, X. M., et al., 2003. Metallogenic Epoch of Gangdese Porphyry Copper Belt and Uplift of Qinghai-Tibet Plateau. *Mineral Deposits*, 22(3): 217–225 (in Chinese with English abstract).
- Searle, M. P., Windley, B. F., Coward, M. P., et al., 1987. The Closing of Tethys and the Tectonics of the Himalaya. *Geological Society of America Bulletin*, 98(6): 678–701. doi: 10.1130/0016-7606(1987)98<678:TCO-TAT>2.0.CO;2
- Tu, G. C., Zhang, Y. Q., Wang, Z. G., 1982. Geochemistry of Granitoid Rocks in Southern Xizang. Science Press, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Wang, H. Z., Yang, Z. N., Liu, B. P., et al., 1990. Tectonopalaeogeography and Palaeobiogeography of China and Adjacent Regions. China University of Geosciences Press, Wuhan, 79 (in Chinese with English abstract).
- Wang, L. Q., Pan, G. T., Ding, J., et al., 2013. The Geological Map in Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Areas (1 : 1 500 000). Geological Publishing House, Beijing

(in Chinese).

- Wang, L. Q., Pan, G. T., Zhu, D. C., et al., 2008. Carboniferous-Permian Island Arc Orogenesis in the Gangdise Belt, Tibet, China: Evidence from Volcanic Rocks and Geochemistry. *Geological Bulletin of China*, 27(9): 1509—1534 (in Chinese with English abstract).
- Wang, L. Q., Zhu, D. C., Geng, Q. R., et al., 2006. The Formation Time and Its Significance Associated with Porphyry Collision Course in Linzhou Basin in Gangdese, Tibet, *Chinese Science Bulletin*, 51(16): 1920—1928 (in Chinese).
- Wang, L. Q., Zhu, D. C., Pan, G. T., 2004. Primary Results and Progress of Regional Geological Survey (1 : 250 000): The South of Qinghai-Tibet Plateau. *Geological Bulletin of China*, 23: 413—420 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, X. C., Li, T. D., Li, G. C., et al., 1988. The Tectonic Evolution of Lithosphere in Himalayan. Geological Publishing House, Beijing, 201—210 (in Chinese with English abstract).
- Xie, Y. W., Peng, X. J., Qiangbazhaxi, et al., 2007. Recent Progress in the Study of the Neoproterozoic-Cambrian Bomi Group in the Bomi-Zayü Area, Eastern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 26(1): 81—87 (in Chinese with English abstract).
- Yin, A., Harrison, T. M., Ryerson, F. J., et al., 1994. Tertiary Structural Evolution of the Gangdese Thrust System in Southeastern Tibet. *Journal of Geophysical Research*, 99(B9): 18175—19201. doi: 10.1029/94JB00504
- Yin, H. F., Wu, S. B., Du, Y. S., et al., 1999. South China Defined as Part of Tethyan Archipelagic Ocean System. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24(1): 1—12 (in Chinese with English abstract).
- Yuan, J. Y., Li, X. Y., Xu, Y. B., et al., 2003. Early and Middle Permian Strata in the Area South of Xungma-Comai in South-Central Tibet and Their Significance. *Geological Bulletin of China*, 22(6): 412—418 (in Chinese with English abstract).
- Yuan, S. H., Wang, L. Q., Jiang, X. S., et al., 2009. The Retrospect and Prospect on Archipelago Model and Composite Arc-Basin System Model of Orogenesis. *Geological Science and Technology Information*, 28(5): 1—11 (in Chinese with English abstract).
- Zhong, D. L., 1998. The Orogen of Old Tethyan in West of Yunnan and Sichuan. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Zhou, X., Cao, Y. G., Zhu, M. Y., et al., 1989. Explanation Notes to the Plate Tectonic-Lithofacies Map of Xizang (Tibet), China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Zhu, D. C., Mo, X. X., Zhao, Z. D., et al., 2009. Permian and Early Cretaceous Tectonic Magmatism in Southern Tibet and Tethyan Evolution: New Perspective. *Earth Science Frontiers*, 16(2): 1—20 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, D. C., Pan, G. T., Mo, X. X., et al., 2006. Late Jurassic-Early Cretaceous Geodynamic Setting in Middle-Northern Gangdese: New Insight from Volcanic Rocks. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 534—546 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, D. C., Pan, G. T., Wang, L. Q., et al., 2008. Tempo-Spatial Variations of Mesozoic Magmatic Rocks in the Gangdise Belt, Tibet, China, with a Discussion of Geodynamic Setting-Related Issues. *Geological Bulletin of China*, 27(9): 1535—1550 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, D. C., Zhao, Z. D., Niu, Y. L., et al., 2012. Origin and Tectonic Evolution of the Lhasa Terrane. *Geological Journal of China Universities*, 18(1): 1—15 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 常承法, 郑锡澜, 1973. 中国西藏南部珠穆朗玛地区地质构造特征以及青藏高原东西向诸山系形成的探讨. *中国科学(A辑)*, 1(2): 190—201.
- 陈明, 杨恒书, 2003. 青藏高原三叠纪沉积盆地与古生物特征. *沉积与特提斯地质*, 23(2): 14—19.
- 董彦辉, 许继峰, 曾庆高, 等, 2006. 存在比桑日群弧火山岩更早的新特提斯洋俯冲记录么? *岩石学报*, 22(3): 661—668.
- 耿全如, 潘桂棠, 王立全, 等, 2006. 西藏冈底斯带叶巴组火山岩同位素地质年代. *沉积与特提斯地质*, 26(1): 1—7.
- 耿全如, 王立全, 潘桂棠, 等, 2007. 西藏冈底斯带石炭纪陆缘裂隙作用: 火山岩和地层学证据. *地质学报*, 81(9): 1260—1276.
- 侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 等, 2006. 青藏高原碰撞造山带成矿作用: 构造背景、时空分布和主要类型. *中国地质*, 33(2): 348—359.
- 黄汲清, 陈炳蔚, 1987. 中国及邻区特提斯海的演化. 北京: 地质出版社.
- 金成伟, 周云生, 1978. 喜马拉雅和冈底斯弧形山系中的岩浆岩带及其成因模式. *地质科学*, (4): 297—312.
- 李才, 董永胜, 翟庆国, 等, 2008. 青藏高原羌塘早古生代蛇绿岩—堆晶辉长岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义. *岩石学报*, 24(1): 31—36.
- 李才, 翟庆国, 董永胜, 等, 2006. 青藏高原羌塘中部榴辉岩的

- 发现及其意义.科学通报,51(1):70-74.
- 李春昱,王荃,刘雪亚,等,1982.亚洲大地构造图及说明书.北京:地图出版社.
- 李光明,冯孝良,黄志英,等,2000.西藏冈底斯构造带中段多岛弧—盆系及其演化.沉积与特提斯地质,20(4):38-46.
- 李光明,王高明,高大发,等,2002.西藏冈底斯南缘构造格架与成矿系统.沉积与特提斯地质,22(2):1-7.
- 梁华英,喻亨祥,莫济海,等,2008.西藏冈底斯矿带成矿作用及远景分析.矿物岩石地球化学通报,27(3):289-293.
- 刘本培,冯庆来,方念乔,等,1993.滇西昌宁—孟连和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化.地球科学——中国地质大学学报,18(5):529-539.
- 刘本培,冯庆来,Chonglakmani, C., 等,2002.滇西古特提斯多岛洋的结构及其南北延伸.地质前缘,9(3):161-171.
- 刘朝基,1995.川西藏东板块构造体系及特提斯地质演化.地球学报,2:121-134.
- 刘增乾,徐宪,潘桂棠,等,1990.青藏高原大地构造与形成演化.地质专报.北京:地质出版社,7-50.
- 卢书炜,张良,任建德,等,2004.青藏高原冈底斯岩浆弧的带状性及其地质意义.地质通报,23(9-10):1023-1032.
- 罗建宁,1994.大陆造山带沉积地质学研究中的几个问题.地质前缘,1(1-2):177-183.
- 罗建宁,王小龙,李永铁,等,2002.青藏特提斯沉积地质演化.沉积与特提斯地质,22(1):7-15.
- 莫宣学,董国臣,赵志丹,等,2005.西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息.高校地质学报,11(3):281-290.
- 莫宣学,赵志丹,邓晋福,等,2003.印度—亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应.地质前缘,10(3):135-148.
- 潘桂棠,陈智梁,李兴振,等,1997.东特提斯地质构造形成演化.北京:地质出版社.
- 潘桂棠,王立全,李兴振,等,2001a.青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置.沉积与特提斯地质,21(3):1-26.
- 潘桂棠,徐强,王立全,2001b.青藏高原多岛弧—盆系格局机制.矿物岩石,21(3):186-189.
- 潘桂棠,李兴振,王立全,等,2002.青藏高原及邻区大地构造单元初步划分.地质通报,21(11):701-707.
- 潘桂棠,王立全,朱弟成,等,2004.青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考.地质通报,23(1):12-19.
- 潘桂棠,莫宣学,侯增谦,等,2006.冈底斯造山带的时空结构及演化.岩石学报,22(3):521-533.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等,2009.中国大地构造单元划分.中国地质,36(1):1-28.
- 潘桂棠,王立全,张万平,等,2013.青藏高原及邻区大地构造图及说明书(1:1 500 000).北京:地质出版社.
- 芮宗瑶,侯增谦,曲晓明,等,2003.冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升.矿床地质,22(3):217-225.
- 涂光炽,张玉泉,王中刚,1982.西藏南部花岗岩类地球化学.北京:科学出版社.
- 王鸿祯,杨森楠,刘本培,等,1990.中国及邻区古地理与生物古地理.武汉:中国地质大学出版社,79.
- 王立全,潘桂棠,丁俊,等,2013.青藏高原及邻区地质图及说明书(1:1 500 000).北京:地质出版社.
- 王立全,潘桂棠,朱弟成,等,2008.西藏冈底斯带石炭纪—二叠纪岛弧造山作用:火山岩和地球化学证据.地质通报,27(9):1509-1534.
- 王立全,朱弟成,耿全如,等,2006.西藏冈底斯带林周盆地与碰撞过程相关花岗岩斑岩的形成时代及其意义.科学通报,51(16):1920-1928.
- 王立全,朱弟成,潘桂棠,2004.青藏高原 1:25 万区域地质调查主要成果和进展综述(南区).地质通报,23:413-420.
- 肖序常,李廷栋,李光岑,等,1988.喜马拉雅岩石圈构造演化.北京:地质出版社,201-210.
- 谢尧武,彭兴阶,强巴扎西,等,2007.藏东波密—察隅地区新元古代—寒武纪波密群研究新进展.地质通报,26(1):81-87.
- 殷鸿福,吴顺宝,杜远生,等,1999.华南是特提斯多岛洋体系的一部分.地球科学——中国地质大学学报,24(1):1-12.
- 袁健芽,李晓勇,徐银保,等,2003.西藏中南部雄马—措麦以南地区早、中二叠世地层及其意义.地质通报,22(6):412-418.
- 袁四化,王立全,江新胜,等,2009.多岛海(洋)及多岛弧盆系造山模式解析造山带演化的研究进展.地质科技情报,28(5):1-11.
- 钟大赉,1998.滇川西部古特提斯造山带.北京:科学出版社.
- 周详,曹佑功,朱明玉,等,1989.西藏板块构造—建造图说明书.北京:地质出版社.
- 朱弟成,莫宣学,赵志丹,等,2009.西藏南部二叠纪和早白垩世构造岩浆作用与特提斯演化:新观点.地质前缘,16(2):1-20.
- 朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等,2006.冈底斯中北部晚侏罗世—早白垩世地球动力学环境:火山岩约束.岩石学报,22(3):534-546.
- 朱弟成,潘桂棠,王立全,等,2008.西藏冈底斯带中生代岩浆岩的时空分布和相关问题的讨论.地质通报,27(9):1535-1550.
- 朱弟成,赵志丹,牛耀龄,等,2012.拉萨地体的起源和古生代构造演化.高校地质学报,18(1):1-15.