

13-19 碧口地区中晚元古宙增生的弧前构造带及演化初析

杨宗让

(陕西地矿局汉中地质大队)

p 542.4
p 547

摘 要 碧口地区位于扬子地台西北缘, 主要由中、晚元古宙“碧口群”火山、沉积杂岩系组成。笔者认为该套岩系在铜钱韧性剪切带之南主体属一在向北俯冲机制下增生的弧前构造岩带。具有宽阔的增生杂岩带。晋宁期(1400~800 Ma)其上又迭加喷发了一套以碧口岩群^[1]为代表的岛弧火山岩系。晚元古宙末(800~700 Ma)该弧前构造带经澄江碰撞造山运动, 仰冲超覆在扬子古陆北缘之上而得以保留下来。

关键词 碧口地区 弧前构造带 碧口增生杂岩

碧口地区位于扬子西北缘, 发育一套以“碧口系”(叶连俊等, 1944)为代表的前寒武纪火山沉积杂岩系。近年来对该套岩系的研究有很大进展; 秦克令(1988)在其中发现了晚太古宙绿岩残块^[2]; 陶洪祥(1989)发现组成“碧口群”主体属一套强烈剪切变形的蛇绿岩组合。笔者(1993)曾提出了“碧口群”主体在铜钱韧性剪切带以南属一套中、晚元古宙增生的构造混杂岩的观点^[3]。但近来的野外工作却发现, 在作者原划定的增生杂岩带中, 有一些岛弧火山岩的成分。这些火山岩系一般变形弱, 原岩结构保留好, 局部还保留完整的火山机构。显然, 它们是晚期迭加喷发在早期增生的弧前构造区增生杂岩或弧前盆地之上的火山弧岩系(图1)。据此, 笔者重新对碧口地区中、晚元古宙时期的构造面貌进行了重建。根据重建概貌, 本文拟重点讨论一下碧口地区中、晚元古宙增生的弧前构造带各构造岩石单元组成及演化等问题; 并对“碧口群”解体思路, 地层层序等问题提出一点不成熟的看法。

1 碧口地区中、晚元古宙板块构造概貌

“碧口群”中蛇绿岩块及蓝闪片岩的存在, 无疑表明, 这里曾有一个板块机制下的俯冲、碰撞造山过程^{[1][2][3]}。笔者对碧口地区中、晚元古宙板块构造的复原结果表明, 碧口地区属南秦岭陆块南缘活动陆缘环境下一个向北俯冲机制增生的弧前构造岩区, 经晋宁期(1400~800 Ma)火山弧迭加而形成的复杂构造岩带(图1)。这个弧前构造区大致是位于豆坝群^[3]火山弧之南的铜钱韧性剪切带与勉(县)一阳(平关)左行走滑断裂之间。前晋宁期(>1400 Ma)该构造区发育有一套具中型规模(>15 km)的增生杂岩和弧前盆地杂砂岩系。增生杂岩由一套密集剪切变形的构造混杂岩和蛇绿岩块, 蓝闪片岩等构成。弧前盆地杂岩系则相当于阳坝组下岩组(李耀敏, 1988)及曾家河组(略阳幅, 1966)碎屑岩系。晋宁期喷发送加其上的火山弧岩系即为碧口岩群(王根宝, 1995)。由于后者迭加喷发, 使原宽阔的增生弧前区残缺不全, 多呈

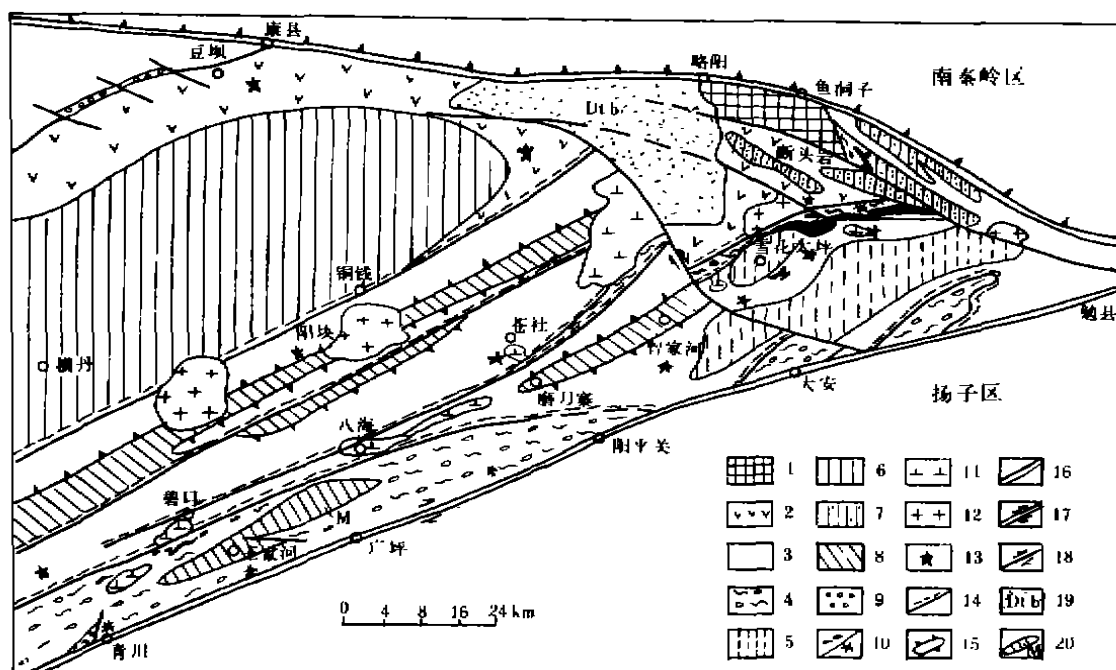


图1 碧口地区地质构造略图(据陶洪祥(1989)王根宝(1995)研究成果修编)

1. 南秦岭古陆基底(鱼洞子群); 2. 豆坝群; 3. 碧口岩群; 4. “碧口”增生杂岩; 5. 雪花太平群; 6. 横丹群; 7. 断头岩群; 8. 曹家河群; 9. 关家沟群; 10. 蛇绿岩块/蓝闪片岩; 11. 闪长岩; 12. 花岗岩; 13. 推断古火山口位置; 14. 逆冲型韧性剪切带; 15. 构造窗; 16. 勉、略古缝合线(晚古生代); 17. 勉、阳、青(川)左行走滑断裂; 18. 平移断层; 19. 踏坡群; 20. 异地岩板(M)属推覆在“碧口”杂岩之上的横丹群杂砂岩⁽³⁾。

构造窗出露(图1)。碧口地区这个增生的弧前构造面貌是在澄江期(800~700 Ma)碰撞造山运动中作为超单元而仰冲超覆在扬子古陆北缘之上^[3],得以保留下来的。这次碰撞造山运动,伴有大量以关家沟群(陶洪祥,1989)为代表的磨拉石堆积^[3]。

2 增生杂岩

区内增生杂岩主要由强烈剪切变形的构造混杂岩和蛇绿杂岩、蓝闪片岩等组成。呈线带状以构造窗形式出露于铜钱韧性剪切带之南,出露宽 15~25 km;面积约占“碧口群” 10×10^{-2} 土。构造混杂岩主要见于大安—红岩沟、广坪—燕子砭及青川—白水街等地段。大致相当于大安岩群(王根宝, 1995)分布范围(图 1)。岩石剪切变形强烈、原生层理(S_0)被各种剪切面理彻底置换,地层连续性差,缺乏标志层、无法对比。区内韧性剪切构造密集发育、且主期变形(即增生期变形 BD_1)总体显示出在向北俯冲机制下的由北向南逆冲剪切为主的特点^[3]。构造混杂岩的岩石组合复杂,主要岩石类型有细碧岩、细碧质凝灰岩、辉绿岩、硅质岩、大理岩及深海杂砂岩等。火山岩岩石化学总体显示出具大洋火山岩组合^{[1][2][3]}(陶洪祥, 1989)的特点;代表了洋壳第一、第二层的岩石组合。但对每个增生岩片所作的火山岩岩石化学都显

出^{〔1〕〔2〕}, 它们是相隔很远的分属不同环境、甚至不同时期的火山杂岩; 像研究区内大安—红岩沟一带总体显示出以洋岛火山岩为主(陶洪祥, 1989); 而青川—姚渡一线(或岩片)则以洋脊拉斑玄武岩为主。但总的来看, 这些不同时期, 不同环境下的火山岩碎片是在一个向北俯冲机制下通过增生作用而随机地从古洋壳上刮落下来的洋底或海沟中的物质在增生楔中加积在一起而形成的复杂构造岩组合体。

蛇绿杂岩主要出露于峡口驿—黑木林一线及坪台山一带。一般由蛇纹石化橄榄岩、辉石岩、辉长岩、基性熔岩、硅质岩等组成。显示出具有古洋壳第三层组合的特点。呈构造岩片或岩块, 线、带状出露, 宽 1~5 千米; 断续出露长约 120 千米。属增生杂岩组成部分。蓝闪片岩主要与蛇绿岩、构造混杂岩共生产出、并往往产于强剪切带中。主要见于陈家坝、燕子砭、青川、白水街、王家河等地段。它是增生杂岩在形成过程中经历高压变质作用的特殊产物。属增生杂岩组成部分。

研究区内的增生杂岩具有与太平洋东海岸弗朗西斯科杂岩(Hsü, 1981)及哥斯达黎加尼科亚杂岩(N. Lonnberg, 1982)等相似的变形和组合特点。笔者认为其属南秦岭陆块南缘中、晚元古宙活动陆缘环境下增生的产物^{〔3〕}经过澄江期碰撞造山作用而仰冲超覆在扬子古陆北缘之上得以保留下来的。这次造山运动对该套增生杂岩的影响主要表现为广泛的膝折构造和宽缓的“背”“向”形褶曲变形(BD., 陶洪祥, 1989)。

该套杂岩的形成时代, 据迭加在其上的碧口岩群火山弧岩系及同时侵位的花岗岩(铜厂岩体, 1335 Ma)结合其内所获个别火山岩残块时代(阳坝组基性熔岩, 1368 Ma、Rb—Sr, 李耀敏 1988; 大安岩群、Sm—Nd: 1611 Ma, 张宗清, 1994)推断其主体形成于 1400 Ma 以前。

3 火山弧岩系

研究区内及邻区发育有三套火山弧岩系; 由北而南依次为豆坝群、碧口岩群^{〔1〕}及勉阳断裂南侧的西乡群、刘家坪群。豆坝群主要分布于月照山—豆坝—郭镇—东沟坝一线, 包括陶洪祥(1989)解体出的豆坝群范围及王根宝(1995)所解体的陈家坝岩群^{〔1〕}部分。出露面积约占原“碧口群” 25×10^{-2} 土; 它主要由一套钙碱性火山碎屑岩组成; 同时伴有同期侵位的花岗岩类。火山岩主要包括变玄武岩、安山质凝灰岩、流纹岩、火山集块岩、凝灰岩等。其近期所获 Sm—Nd 模式年龄为 2200 Ma(偏高), 并有 1200 Ma 明显改造迹象(张宗清, 1995)。

碧口岩群主要分布于铜钱剪切带之南(图 1)。相当于王根宝(1995)划分的碧石岩群下、中亚群单元^{〔1〕}。出露面积占整个原“碧口群” 35×10^{-2} 土。属一套岛弧拉斑—钙碱性火山岩组合, 其下部由枕状细碧岩、细碧质凝灰岩、火山集块岩、角斑岩、石英角斑岩、凝灰岩夹硅质岩等组成; 上部由石英角斑岩夹火山碎屑岩组成。伴有同期岛弧花岗岩类(秦克令, 1991)的侵位。花岗岩分南北两个带、平行于增生杂岩带产出(图 1); 南带为闪长岩带, 大致沿铜厂—袁坝子—苍社—关口垭—坪台山一线出露。北带为花岗岩带, 大致沿金子山—阳坝—凤凰山—刘家坪一线展布。显然, 这一分带特点与向北俯冲机制一致^{〔3〕}。碧口岩群火山岩同位素时代主要集中在 1400~800 Ma 之间^{〔1〕〔2〕}; 侵位于其中的铜厂闪长岩获得⁴⁰Ar/³⁹Ar 时代为 1335 Ma; 阳坝花岗岩体, 1235 Ma(秦克令, 1990)。这套岩系主体不整合喷发在增生杂岩之上, 变形弱, 局部地段保留完善的火山机构; 像铜厂—庙坝—罗家山一线, 青川大沟—白水; 黄羊—叶塘

一线等(图1)。在“三角”区内,碧口岩群之下多以断层或剪切带与“碧口”增生杂岩接触;其上雪花太坪群(王明加,1984)平行不整合或断层接触。后者属碧口岩群为代表的火山弧与海沟之间大陆斜坡或狭窄弧前盆地环境下沉积的产物。形成于碧口岩群火山弧活动之晚期。局部见底砾岩层与之平行不整合。在阳坝—碧口区段;碧口岩群平行不整合喷发在早期弧前盆地沉积的阳坝组下岩组(李耀敏,1988)之上。其上不整合堆积了一套以横丹群(陶洪祥,1989)为代表的含火山碎屑杂砂岩系。这套杂砂岩,成熟度低,以长石岩屑杂砂岩为主,富含火山碎屑及少量增生杂岩物质;火山碎屑浊积岩平均骨架成分为 $Q_{21}F_{15}L_{64}$;陆源碎屑骨架成分为 $Q_{33}F_{35}L_{32}$;均显示发育于活动陆缘环境下的特点。对其碎屑岩源区的判虽表明其物质来源主要来自于南侧(李耀敏1988)或东南侧(吴闻人,1995)的碧口岩群火山弧岩系。显然其产出位置应大致在碧口岩群火山弧北侧弧后盆地位置上。它的形成时代据其内大量微古植物化石主体为青白口纪(李耀敏,1988;陶洪祥,1989)。属火山弧活动晚期弧后盆地环境下沉积的。

勉、阳大断裂南侧的西乡群、刘家坪群均属发育于“碧口群”之外杨子古陆北缘之上的火山弧岩系。这套火山弧岩系陶洪祥(1989)认为其属在以碧口蛇绿杂岩为代表的古洋壳向南俯冲于杨子古陆北缘活动陆缘环境下的产物。而豆坝群则属该俯冲带向北迁而迭加喷发在碧口蛇绿杂岩之上的火山弧岩系。若按此推断则最终缝合线位置应再向北而应存在于南秦岭褶皱带中,但据南秦岭出露的同期火山岩系则为具大陆裂谷火山活动特点的耀岭河群。据此笔者认为,碧口增生杂岩属南秦岭南缘一个向北俯冲机制下增生的产物,它对应的火山弧是位于其北侧的豆坝群。西乡群、刘家坪群则属发育于杨子古陆北缘另一个向南俯冲机制下活动陆缘的产物(见后),由于澄江期碰撞造山,南秦岭与陆块作为超迭单元而仰冲上来,造成这一向南俯冲机制下增生的杂岩体消失于南秦岭南缘之下。碧口岩群则属南秦岭南缘向北俯冲机制下由于古海沟向南迁移或俯冲倾角变陡等原因造成火山弧向南迁移而喷发迭加到早期增生的弧前构造区之上的结果(见后)。

4 弧前盆地岩系

前晋宁期($>1400\text{ Ma}$),豆坝群火山弧之南侧的增生杂岩之上还发育有一套弧前盆地沉积杂砂岩系,它相当于阳坝组下岩组及曾家河组碎屑岩系部分。出露于刘家坪—阳坝—两河口一线及曾家河—磨刀寨一带(图1)。这套岩系通常位于碧口岩群之下,构成“碧口”复式背斜的核部(李耀敏,1988)。其主要由一套含火山碎屑沉积岩组成,呈线、带状或孤立的构造窗出露(图1)。这套岩系前人一直是作为碧口区区内最老地层;据笔者研究其很可能属与豆坝群火山弧活动有关的沉积于碧口增生杂岩之上的弧前盆地沉积岩系。

5 弧前构造区的演化历史

在上述认识基础上,对碧口地区增生弧前构造带中、晚元古宙构造演化归纳如下(图2)、以碧口区为代表述之。

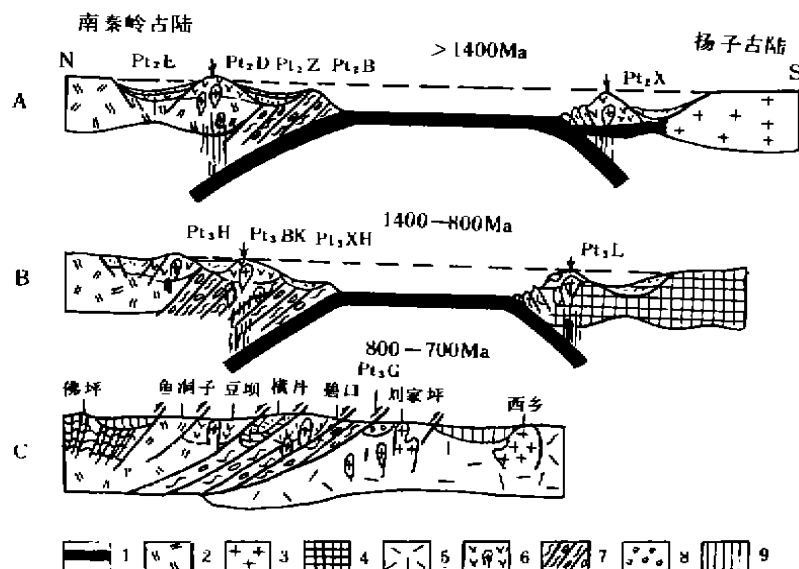


图2 扬子古陆北缘前寒武纪板块构造演化示意图

1. 古洋壳; 2. 南秦岭古陆; 3. 扬子古陆; 4. 扬子北缘晋宁旋回基底; 5. 扬子古陆北缘澄江运动基底; 6. 岛弧火山及花岗岩类; 7. 增生杂岩; 8. 磨拉石堆积; 9. 早古生代盖层沉积位置。Pt₂D. 豆坝群岛弧火山岩系; Pt₂Z. 曾家河群弧前盆地杂砂岩系; Pt₂B. “碧口”增生杂岩; Pt₂E. 绿岭河群弧后盆地大陆裂谷火山岩系; Pt₂X. 西乡群群岛-岛弧火岩系; Pt₃H. 横丹群弧后盆地杂砂岩系; Pt₃BK. 碧口岩群火山岩系; Pt₃XH. 雪花太坪群弧前盆地或海沟杂岩系; Pt₃L. 刘家坪群陆缘火山岩系; Pt₃G. 关家沟群磨拉石建造

5.1 弧前构造发育期(图2.A) 大约在1400 Ma以前,以碧口蛇绿杂岩为代表的碧口古洋盆已存在于南秦岭古陆与扬子古陆北缘之间;两侧陆缘分别出现了向北、向南的俯冲机制(图2.A)。在南秦岭古陆南缘有大量以豆坝群为代表的火山弧岩系喷发,在弧一沟间,增生形成了较宽的(>15千米)由碧口增生杂岩组成的弧前构造区;其上有狭窄的弧前盆地发育,其内充填有曾家河组(见后)杂砂岩系。

5.2 迁移、喷发迭加期(图2.B) 约在1400~800 Ma间(即晋宁期);由于古海沟位置向南的迁移,造成了南秦岭南缘火山弧位置向南迁移,致使在早期弧前构造区之上有大量以碧口岩群为代表的火山弧岩系的迭加喷发;稍晚,在该火山弧的弧后和弧前盆地中分别有横丹群、雪花太坪群杂砂岩系的迭加沉积。

5.3 碰撞造山期(图2.C) 大致到800~700 Ma的澄江期;随着南、北两侧双向消减、碧口古洋盆不断缩小;研究区转变为两陆块间的碰撞造山期;伴有大量以关家沟群为代表的磨拉石堆积;并使前晋宁期增生形成的弧前构造带仰冲超覆于扬子古陆北缘之上而得以保留于地表。

6 讨论

6.1 “碧口群”解体思路及地层层序划分

在上述认识基础上,本文对“碧口群”解体思路及地层层序划分提出一个新的思路 and 方案(表 1)。

碧口地区地层层序划分方案及对比表

表 1

划分单位 及时间 (My)	四川区调队 胡正东 (1988)	甘肃区调队 李耀敏 (1988)	略阳幅 (1961)	西安地院 陶洪祥 (1989)	综合研究队 王根宝 (1995)	本 文 (1996)	构造层
	S	ϵ_1	D ₂	D ₂		D ₂	
6 My	铁龙堡组	临江组	灯影组	断头岩群	雪花太坪群 (z-t ₁)xh	断头岩群	(四)
7	水晶组 蜈蚣口组 木座组	陡山沱组 关家沟组	陡山沱组 砾岩组	Z ₂ 关家沟群 M		Z ₁ 关家沟群 M	(三)
8							
10	阴平组	秧田坝组	东房沟组	Pt ₃ 横丹群	碧口岩群 (CA) Pt ₂₋₂ hk	Pt ₁ 横丹群	(二)
14	桂花桥沟组 U-Pb 13.67	白杨组 Rb-Sr 12.91 上岩段 13.56 下岩段 (未见底)	上山岩组 下山岩组 曾家沟组 (未见底)	Pt ₂ 豆坝群 (CA) 阳坝组 姚渡组 白水街组 红岩沟组	天安岩群 Pt ₁₋₂ 陈家坝群 (CA)	Pt ₂ 碧口岩群 (CA) Pt ₁₋₁ 碧口杂岩 豆坝群 (CA) 曾家河组	(一)
18	大沙坝组 >114.9m (未见底)						
25	未	见	底	上太古宙 鱼洞子群 (Ar ₃)	鱼洞子群 (Ar ₂)	上太古宙 鱼洞子群 (Ar ₃)	基底

M—磨拉石建造; CA—岛弧火山岩系; 13.56—同位素年龄。

笔者认为“碧口群”的解体必须以构造层的划分为依据,以构造演化为主线。据此,共划分出除鱼洞子群基底单元外四个构造层、建立六个岩群(表 1)。现对该方案作如下几点说明:

① 上述确定的各构造层均以区域性不整合或断层为界;构造层属同一板块机制下形成的一系列地层构造岩石单元。其内产于不同构造环境下的构造岩石单元可分别建群,并以构造演化为线索,串联起来,建立地层层序。

② 增生杂岩属一种特殊构造岩单元;像蛇绿岩;不宜另建群,建议直接用碧口增生杂岩一词来命名。

③ “碧口群”火山岩底部的碎屑岩系(李耀敏, 1988; 肖思云, 1988)应独立解体建群,它代表了第一构造层弧前盆地环境下的产物。建议沿用原略阳幅(1966)曾家河组一词来命名较妥。而四川区段,桂花桥沟组下部大沙坝组(胡正东, 1988)与其似还有些区别,它成熟度高,不含火山物质,可能代表第一构造层前南秦岭陆块南缘被动陆缘环境下的产物^[3]。但由于研究程度低,不具备建群条件,本文暂归碧口增生杂岩内。

④ 第二构造层中占“碧口群” 35×10^{-2} 的火山弧岩系可沿用碧口岩群^[1]命名。北侧豆坝群火山弧岩系属第一构造层单元,大致包括原陶洪祥(1989)划分的豆坝群和王根宝(1995)新近解体的陈家坝岩群范围。

⑤ 横丹群、雪花太坪群与碧口岩群属同一构造层;前二者属后者

火山弧活动晚期弧后、弧前盆地环境下的沉积产物。其二者与碧口岩群之间的不整合关系是不难理解的。雪花太坪群还有些特殊,它的下部似可与横丹群对比;中、上部可与断头崖群对应,之间有一平行不整合面存在。所以建议分别解体出归于横丹群和为头崖群。断头崖群代表了“碧口群”的第一盖层,属第四构造层,具区域对比特点,可保留沿用。

6.2 碧口地区成矿条件分析

(1) 基底鱼洞子群花岗—绿岩建造有关矿产,一是变质型铁矿,具马尔科夫铁矿类型。二是绿岩型金矿;目前还未引起重视,但已有资料显示其内具有很高的金背景(86×10^{-9} , 弥建勇, 1996)和金异常。

(2) 碧口增生杂岩有关矿产:一种是与其内蛇绿岩有关的,像黑木林石棉矿,煎茶岭镍金矿等。二是与构造混杂岩中基性熔岩有关的塞浦路斯型铜(锌)矿,像大茅坪铜锌矿、银厂沟铜铅锌矿等。三是增生杂岩中糜棱岩型金矿类型,像八海金矿等。金矿一般赋于韧、脆性剪切转换部分,具明显垂直分带成矿特点。注意金厂沟、关口垭一带中、深部找金。

(3) 岛弧火山岩系有关矿产:豆坝群中以东沟坝、红土石块状硫化物矿床为代表,具黑矿型成矿特点。碧口岩群中以阳坝式铜矿类型和铜厂式似斑岩型铜矿类型为代表。后者要注意对汉王山—铁厂铺一带破火山口相边缘断裂中、低温热液成矿类型;像李家沟金矿,东皇沟铅锌矿、大铁坝铜矿等。庙坝—罗家山一带要注意寻找浅隐伏小斑岩体有关的铜矿。铁西区苍庄岩体、关口垭岩体多属深剥蚀,要注意其外围与火山喷气含铁碧玉岩有关的阳坝式铜矿类型。

7 结语

7.1 笔者认为碧口地区主体属一套中、晚元古宙一个向北俯冲机制下增生的弧前构造岩区,发育有较宽的增生杂岩带。晋宁期其上迭加喷发了一套以碧口岩群^[3]为代表的火山弧岩系,使宽阔的弧前构造区残缺不全。澄江期(800~700 Ma)的碰撞造山作用使该弧前构造岩带仰冲超覆于扬子古陆北缘之上,而得以保留下来。

7.2 “碧口群”大致可划分出除鱼洞子群基底以外四个大的构造层,并解为六大岩群;它们是在该弧前构造带形成及演化过程中不同环境、不同时期的产物。

参考资料

- 1 王根宝等,陕西省勉略宁地区碧口岩群基底构造缝合带的发现及其地质意义,陕西地质科技情报,1995(1)
- 2 秦克令,陕西南秦岭南缘晚太古代绿岩地体的发现,西北地质,1987(2)
- 3 杨宗让、摩天岭褶皱带及邻区晚前寒武纪板块构造初析、西安地质学院学报,1993(3)