第 34 卷 第 1 期	中 国 岩 溶	Vol. 34 No. 1
2015年2月	CARSOLOGICA SINICA	Feb. 2015

罗小杰. 武汉地区天兴洲碳酸盐岩条带岩溶发育的异常性及其成因探讨[J]. 中国岩溶,2015,34(1):35-42. DOI:10.11932/karst20150105

武汉地区天兴洲碳酸盐岩条带岩溶 发育的异常性及其成因探讨

罗小杰

(长江勘测规划设计研究有限责任公司,湖北 武汉 430016)

摘 要:为了研究武汉地区中北部紧邻裹樊—广济断裂的天兴洲碳酸盐岩条带岩溶发育的异常特性,将该条带的岩石化学成份、矿物成份、岩性以及岩溶发育程度、溶洞规模、溶洞顶板在基岩面下的埋深、岩溶垂向分带和溶洞充填物等与其南侧的大桥和白沙洲碳酸盐岩条带进行对比分析,发现它们之间存在很大的差异。天兴 洲碳酸盐岩条带岩溶发育的异常性与裹樊—广济断裂活动有关:晚三叠世—侏罗纪,裹樊—广济断裂发生挤压 逆冲推覆活动使上、下碳酸盐岩组出露地表,发生第一期岩溶作用;白垩—古近纪,以裹樊—广济断裂为主体的 断裂发生伸展活动,张性断裂和裂隙为基性岩浆喷溢和构造热液活动提供了通道,构造热液白云岩化和硅化作用对天兴洲碳酸盐岩条带的原岩进行改造,形成以白云岩为主、含硅质岩的具弱溶蚀性的岩石组合,同时,由于 红层的广泛覆盖,这一时期岩溶作用间断;新近纪—早更新世,武汉地区整体隆升,各碳酸盐岩条带再次出露地表,发生第二期岩溶作用,而天兴洲条带由于岩性发生改变,可溶性减弱,与其它条带相比岩溶作用较弱。
关键词:岩溶;碳酸盐岩条带;裹樊—广济断裂;构造热液白云岩化;硅化;天兴洲
中图分类号:P642.25 文献标识码:A 文章编号:1001-4810(2015)01-0035-08

0 引 言

武汉地区自北而南,呈 NWW~SEE向,发育有 7个碳酸盐岩条带,碳酸盐岩分布面积1100余平方 千米,约占该市面积的13%。20世纪以来,武汉碳酸 盐岩地区曾经发生不下15次岩溶地面塌陷灾 害^[1-7],岩溶塌陷主要发生在白沙洲碳酸盐岩条带和 汉南碳酸盐岩条带长江两岸全新统地层覆盖区。许 多专家、学者及工程技术人员对武汉地区的岩溶发育 规律、塌陷成因机制以及灾害防治等进行了研究与探 讨^[3-4,8-11]。以往的研究一般是划分出了条带的分 布情况,并将各碳酸盐岩条带进行了一般性研 究^[9,12-13],没有关注各碳酸盐岩条带的个体特征。

2014年,我们开展了武汉地铁机场线岩溶专题 勘察,大量的钻孔资料反映出天兴洲碳酸盐岩条带的 岩性和岩溶发育特征明显不同于其他条带,集中体现 在两个方面:一是在中志留世一中三叠世,处于同一 沉积环境下形成的碳酸盐岩地层岩性,天兴洲条带以 白云岩、灰质白云岩、硅质白云岩及硅质岩等为主,显 著不同于其他6个条带以灰岩类为主的特点;二是天 兴洲条带距离襄樊一广济断裂带最近,构造更发育, 更有利于岩溶作用,但其岩溶发育却较弱,与其他条 带岩溶发育程度相差较大,这与岩溶受构造控制的一 般认识相悖。

本文将天兴州条带与武汉地区其他典型碳酸盐 岩条带进行综合对比分析,并结合襄樊一广济断裂的 活动历史,探讨天兴洲条带岩溶发育的异常现象及其 原因。

1 武汉地区地质概况

在武汉地区,以北西一南东走向的襄樊一广济断 裂为界(图1),以北的秦岭地槽区主要出露太古界和 元古界变质岩系,碳酸盐岩不发育;以南的扬子准地

基金项目:武汉地铁集团有限公司地铁工程岩溶专题研究项目

作者简介:罗小杰(1965-),男,教授级高工,长期从事岩土工程地质勘察技术工作。E-mail:lxj420106@sina.com。 收稿日期:2014-11-26



图1 武汉地区碳酸盐岩条带分布图(据文献[12]修改)

Fig. 1 Distribution of carbonate rock belts in the Wuhan area(modified from reference ^[12]) 1. 白垩系一古近系东湖群陆相红色碎屑岩; 2. 侏罗系与白垩系陆相碎屑岩; 3. 中三叠统陆水河组与蒲圻组碎屑岩; 4. 下三叠 统大冶组及观音山组灰岩; 5. 下二叠统孤峰组,上二叠统炭山湾组与保安组硅质岩夹砂页岩及煤系; 6. 石炭系黄龙组灰岩; 7. 中志留统坟头组、中泥盆统及下石炭统碎屑岩; 8. 元古界变质岩系; 9. 太古界变质岩系; 10. 东湖群分布区; 11. 侏罗系与白 垩系分布区; 12. 三叠系碳酸盐岩(上碳酸盐岩组)分布区; 13. 石炭系一二叠系碳酸盐岩(下碳酸盐岩组)分布区; 14. 断层(F. 襄樊一广济断裂); 15. 碳酸盐岩条带编号; L1. 天兴洲条带; L2. 大桥条带; L3. 白沙洲条带; L4. 沌口条带; L5. 军山条带; L6. 汉南条带; L7. 法测条带

台区主要发育志留系一三叠系海相地层,其中三叠系 下统大冶组与观音山组(T₁d+T₁g)和石炭系中统黄 龙组与二迭系下统栖霞组(C₂h+P₁q)分别构成的 上、下两套碳酸盐岩组,其岩性主要为灰岩、鲕粒灰 岩、生物灰岩、炭质灰岩、瘤状灰岩、泥质灰岩、条带状 灰岩、白云质灰岩以及白云岩、灰质白云岩、硅质灰岩 等。这两套碳酸盐岩组分别为下碎屑岩组(由志留系 中统坟头组(S₂f)砂岩、粉砂岩、页岩,上泥盆统五通 组(D₃w)石英砂岩和砾岩,下石炭统高骊山组(C₁g) 粉砂岩、黏土岩夹煤线及和州组(C₁h)砂岩、黏土岩 夹灰岩构成)、中碎屑岩组(由二叠系下统上部的孤峰 组(P₁g)硅质岩与硅质页岩、二叠系上统炭山湾组 (P₂t)黏土岩及砂岩和保安组(P₂b)黑色硅质岩构成) 和上碎屑岩组(由三叠系中统下部的陆水河组(T₂l) 砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩夹薄层灰岩及泥灰岩和上部 的蒲圻组(T₂p)紫红色砂岩、页岩构成)相间隔。中 三叠世末,印支运动产生的强大的 NNE-SSW 向挤 压应力,不仅使南部扬子地台区结束了自中志留世以 来的海相沉积历史,而且使志留系一中三叠统遭受强 烈的褶皱和断裂作用,形成走向 NWW-SEE 的线 状构造,控制了碳酸盐岩地层的平面分布,即自北向 南,下碳酸盐岩组和上碳酸盐岩组呈 NWW-SEE 走向,形成天兴洲、大桥、白沙洲、沌口、军山、汉南和 法泗等7个碳酸盐岩条带,其中天兴洲条带位于襄 樊一广济南侧,并与之紧邻、平行分布,而与其南侧的 大桥条带相距 10~15 km 不等,二者之间为志留系 中统坟头组(S₂f)碎屑岩构成的背斜核部相间隔(图 1)。

2 天兴洲碳酸盐岩条带岩溶发育的异常性

2.1 化学成分、矿物组成及岩性异常

现场钻探取芯、岩石薄片鉴定及岩石化学分析结 果表明,天兴洲碳酸盐岩条带与其他条带在化学成 分、矿物成分、岩性上有显著的差异。

天兴洲碳酸盐岩条带的化学成分与其他条带的 差异主要表现在 CaO/MgO 和 SiO₂含量上。CaO/ MgO 越高,岩石可溶性越强。天兴洲条带的 CaO/ MgO 为 1.3~1.5。其南侧的大桥条带和白沙洲条 带的 CaO/MgO:观音山组灰岩为 14~56,大冶组灰 岩为 15~134,栖霞组灰岩为 11~112,黄龙组灰岩为 126~279,是天兴洲条带 CaO/MgO 的 10~100 倍以 上。此外,天兴洲条带中岩石的 SiO₂含量平均值为 26.82%。大桥条带和白沙洲条带中的 SiO₂含量平 均值 3.69%~9.22%,明显小于前者。

在矿物组成上,天兴洲碳酸盐岩条带主要为白云 石、燧石与石英,其次为方解石等。而大桥条带和白 沙洲条带的矿物成分主要为方解石,栖霞组中含少量 燧石和碳质,少见白云石。

在岩性方面,无论是区域地质资料^[14-20],还是钻 孔揭露,武汉地区其他条带的碳酸盐岩以灰岩为主, 主要岩性为灰岩、鲕粒灰岩、生物灰岩、炭质灰岩、瘤 状灰岩、泥质灰岩、条带状灰岩、白云质灰岩等。但钻 孔岩芯表明,天兴洲碳酸盐岩条带主要岩石类型以白 云岩、硅质白云岩、硅质岩为主,其次为硅质灰岩、灰 岩。武汉地铁机场线盘龙大道站西侧约1 km 的露 甲山附近露头上,还明显可见硅质岩为白云岩所包裹 的现象(图 2),这与武汉地区上、下碳酸盐岩条带中 的岩性有重大的差别。



图 2 武汉地铁机场线盘龙大道站西侧约 1km 的 露甲山附近露头一硅质岩被白云岩所包裹

Fig. 2 Silicalite wrapped by dolomite on the outcrop near Lujiashan on the west side about 1km of Line Panlongdadao Station of Wuhan Metro Airport

2.2 岩溶发育特征异常

由于岩性及矿物成分的不同,与其他条带相比, 天兴洲条带中的岩溶发育规律也存在很大差异,其岩 溶发育程度较弱。

2.2.1 遇洞率和线岩溶率异常

表1是天兴洲碳酸盐岩条带与其南侧两个碳酸 盐岩条带的遇洞率对比表。由该表可见,天兴洲条带 的遇洞率小于其他两个条带的1/3,差异明显。

表 2 是天兴洲碳酸盐岩条带与其南侧两个碳酸 盐岩条带的线岩溶率对比表。天兴洲条带的线岩溶 率亦不到其他两个条带的 1/3。

2.2.2 溶洞规模异常

经钻孔揭露,三个条带都表现为浅表部岩溶现 象,溶洞(或溶隙)的规模都不大,但是三个条带洞高 及洞高分布存在差异。天兴洲条带洞高均大于其他 两个条带,而另两个条带则相近(表 3)。

2.2.3 溶洞顶板在基岩面下的埋深异常

溶洞顶板或溶洞中心在基岩面下的埋深反映了 溶洞在垂直方向上的分布。表4和表5分别为三个 条带的溶洞顶板和中心在基岩面下的埋深。大桥条 带和白沙洲条带的埋深特点基本相同,而天兴洲条带 的埋深则明显大于这两个条带。

		天兴洲条带	天兴洲条带 大桥条带			白沙洲条带		
地広/1	刘云	盘龙城	王家湾	钟家村	洪山广场	升官渡	鹦鹉村	卓豹路
观音山组	T_1g						53.9	
大冶组	T_1d	8.8	42.6	55.8		0.0	35.8	46.1
栖霞组	$\mathrm{P}_1 q$	9.1	78.3	51.3	55.6	39.7	38.1	62.2
黄龙组	C_2h	22.4		83.3	100.0	62.5	40.0	60.9
断层	F		0.0	43.5	25.0			
按地点	平均	13.6	46.7	52.3	56.3	34.2	46.9	50.2
按条带	平均	13.6		50.1			46.0	

表 1 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩条带的遇洞率对比

表 2 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩条带的线岩溶率对比

T 11 0	· · · ·	1. 1		T · · 1	D · I	1 1 1 1	1	1 1	1 1.
Lable 7	I omparison of	linoar lare	t rates among	lianvingzhou	Llagian and	I Baichazholl	carbonate	rock	holte
$1 a D I C \Delta$	Companson or	millar hais	t rates among	I IdliAingLiiOu	Daylao any	Daisnaznou	Carbonate	TOUR	DUILS

地层/断层		天兴洲条带	大桥条带			白沙洲条带			
		盘龙城	王家湾	钟家村	洪山广场	升官渡	鹦鹉村	卓豹路	
观音山组	T_1g	_	_		_		7.32	_	
大冶组	T_1d	1.29	4.58	5.42		0.00	4.76	3.95	
栖霞组	$\mathrm{P}_1 q$	0.76	6.94	6.14	3.19	5.79	8.87	9.04	
黄龙组	C_2h	3.42		29.38	5.84	9.13	11.33	8.29	
断层	F		0.00	8.92	1.45				
按地点平均		1.72	4.82	7.11	3.21	4.87	7.06	5.30	
按条带平均		1.72		5.93			6.00		

表 3 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩 条带的洞高对比(单位:m)

Table 3 Comparison of karst caves' heights among Tianxingzhou, Daqiao and Baishazhou carbonate rock belts (Unit:m)

碳酸盐岩条带	天兴洲条带	大桥条带	白沙洲条带
平均洞高	2.58	1.58	1.46
1/3 的溶洞洞高小于	1.30	0.80	0.60
50%的溶洞洞高小于	1.70	1.10	0.90
90%的溶洞洞高小于	6.90	3.00	3.00

表 4 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩条带溶洞 顶板在基岩面下的埋深对比(单位:m)

Table 4 Comparison of the burial depths of karst cave roofs below overlying bedrocks among Tianxingzhou, Daqiao and Baishazhou carbonate rock belts(Unit:m)

碳酸盐岩条带	天兴洲条带	大桥条带	白沙洲条带
溶洞顶板平均埋深	9.52	5.41	5.96
1/3 的溶洞顶板 埋深小于	5.20	2.00	2.50
50%的溶洞顶板 埋深小于	8.0	3.90	4.70
90%的溶洞顶板 埋深小于	19.3	12.60	12.30

表 5 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩条带溶洞 中心在基岩面下的埋深对比(单位:m)

Table 5 Comparison of the burial depths of karst cave centers below overlying bedrocks among Tianxingzhou, Daqiao and Baishazhou carbonate rock belts(Unit:m)

碳酸盐岩条带	天兴洲条带	大桥条带	白沙洲条带
溶洞中心在基岩面下 的平均埋深	10.81	6.20	6.69
1/3的溶洞中心在基岩面 下的埋深小于	6.20	2.90	3.15
50%的溶洞中心在基岩 面下的埋深小于	9.45	4.50	5.55
90%的溶洞中心在基岩 面下的埋深小于	21.25	13.55	13.05

2.2.4 垂向分带异常

图 3 是三个碳酸盐岩条带遇洞率和线岩溶率在 基岩面下埋深变化曲线。大桥和白沙洲条带的钻孔 遇洞率和线岩溶率一致地反映出,在这两个条带中, 基岩面以下 10~15 m 范围内存在相对较强的岩溶 带,其遇洞率和线岩溶率均大于 3%。而天兴洲条带 的钻孔遇洞率和线岩溶率变化曲线都没有反映出其 分带的特点,其值都小于 3%。

2.2.5 溶洞充填异常

表 6 是三个条带中溶洞充填情况对比表。三个 条带都反映出溶洞以全充填为主,其次为无充填和半 充填,天兴洲条带与其他两个条带没有规律上的差 异。但是,天兴洲条带的全充填、半充填和无充填溶 洞的埋深一致性地比另两个要大些,且大桥和白沙洲 条带的规律基本相同。



图 3 天兴洲、大桥和白沙洲条带钻孔遇洞率和线岩溶率随基岩面下埋深变化曲线

Fig. 3 Variation curves of karst cave encountering rates and linear karst rates with buried depths below overlying bedrocks in the Tianxingzhou, Daqiao and Baishazhou carbonate rock belts

表 6 天兴洲、大桥及白沙洲碳酸盐岩条带溶洞充填情况对比

Table 6 Comparison of karst cave fillings among Tianxingzhou, Daqiao and Baishazhou carbonate rock belts

碳酸盐岩条带	天兴洲条带	大桥条带	白沙洲条带
充填个数百分比 (全/半/无充填)	13.9/0.36/1	5.96/1.04/1	2.40/0.12/1
全充填溶洞顶板在 基岩面下的埋深/m	7.89	5.67	6.10
半充填溶洞顶板在 基岩面下的埋深/m	11.05	6.48	6.92
无充填溶洞顶板在 基岩面下的埋深/m	11.11	9.06	8.07

3 岩溶发育异常性的成因分析

处于襄樊一广济断裂带附近的天兴洲碳酸盐岩 条带在物质成分和岩溶发育程度方面与其他两条带 存在较大的差异。受襄樊一广济断裂影响较大的天 兴洲条带岩溶发育程度却比其他条带弱得多。这与 我们一般断裂带附近岩溶强发育的认识相悖。显然 这些现象主要是岩石的可溶性造成的。

岩相古地理研究成果表明,武汉地区晚石炭世黄 龙期、早二叠世栖霞期为开阔海台地相,早三叠世大 冶期和观音山期分别处于浅海陆棚相和局限海台地 相^[14-20]。武汉地区的7个碳酸盐岩条带在各个地史 时期均处于同一沉积环境,各时期应具有相同或相似 的岩性组合。所以,天兴洲碳酸盐岩条带之岩性组合 与其他条带出现的巨大差异不是由沉积环境的不同 而造成的。该条带北侧紧邻襄樊一广济断裂,断裂活 动对其有重大影响,其岩性的差异应与该断裂的活动 相关。

3.1 襄樊一广济断裂基本特征

襄樊一广济断裂西起湖北襄樊,大致往南东方向,经枣阳耿集、随洲新阳店、京山三阳、云梦、孝感、黄陂横店、新洲阳逻、黄冈,沿长江到湖北广济。西与青峰断裂相接,东南止于北北东向的郯庐大断裂南段,总长 420 km,其中武汉市境内长约 53 km。

襄樊一广济断裂是由一组近于平行的逆冲断层 和挤压破碎带构成的断裂带。在武汉地区,该断裂为 第四系所覆盖。据物探资料计算断面,该断裂倾向北 东,倾角 80°左右。断裂以北,东部新洲陶家大湖附 近出露秦岭地槽区的元古界红安群变质地层,岩石遭 受强烈挤压,形成碎裂岩、糜棱岩;断裂以南,在横店 白水湖、小菜湖等地分别出露扬子地台区的二叠、泥 盆纪地层。断裂两侧航磁、重力及人工测震地震波能 量衰减等地球物理反映明显;沿断裂带发育黄陂一新 洲盆地及梁子湖盆地^[14-20]。

襄樊一广济断裂长期活动历史已被地质学者所 接受^[14-29]。一般认为,襄樊一广济断裂控制着自元 古代以来的沉积作用、岩浆活动及构造作用的发展与 演化。至少在中元古时,它导致两侧地槽的分化,北 部为火山岩发育的优地槽,南侧以藻礁碳酸盐岩建造 为主的冒地槽。古生代,它是两侧岩相、古生物的转 变带,北为秦岭再生地槽,南为扬子地台稳定 区^[14-20]。也有学者认为,经过近几年来沿该断裂构 造带所开展的1:5万、1:25万区域地质调查发现 并证实,该断裂并不是一条区域深大断裂,不代表扬 子地块与南秦岭造山带的分界线^[24-25]。

3.2 襄樊一广济断裂挤压推覆活动与第一期岩溶作 用

三叠纪末的印支运动是该断裂最为强烈的一次 活动,以脆韧性变形为主,表现为一组相互平行的逆 冲推覆断裂构造为特征,造山带物质由北东向南西的 推覆,前陆褶皱带物质向北俯冲,下插于造山带外带 变质地体之下[25]。自中三叠世以来,该断裂带发生 了两次明显的向南逆冲:第一次逆冲发生在中三叠世 (约 240~231 Ma),以超高压折返伴随的中~高角度 逆冲为特点,发生在大别造山带内部。第二次逆冲发 生在中~晚侏罗世(约160~140 Ma),在东部南缘以 低角度巨型逆冲推覆为特点,使大别造山带深变质岩 大规模覆盖在扬子板块北缘的沉积岩之上,最大覆盖 宽度大于 60 km^[21]。襄樊一广济断裂的这次强烈活 动不仅导致秦岭地槽关闭和扬子准地台区结束海相 沉积历史,并且使志留系一中三叠统发生强烈变形, 形成 NWW 向线状褶皱和断层。如武汉地区褶皱长 宽比一般为13:1~24:1,岩层受挤压的剧烈程度 由北向南减弱——武汉中部多成向南倒转的同斜褶 皱,甚至出现扇形褶皱,如驼子店扇形背斜、大桥倒转 向斜(大桥条带)、王家店倒转背斜、豹子蟹倒转向斜 (白沙洲条带)等;江夏以南逐渐过渡为正常褶皱,且 倾角变缓,如军山条带中的大军山一天亮山向斜、林 家湾—石仁山背斜及鸢龙山—官家畈向斜等均为正 常褶皱,两翼基本对称。

襄樊一广济断裂强烈的挤压、推覆活动,使得断 裂沿线岩浆活动薄弱及构造热液活动通道闭合。同 时,褶皱作用使武汉地区碳酸盐岩出露地表,形成7 条碳酸盐岩条带,并遭受地表与地下水的侵蚀与溶 蚀,发生第一期岩溶作用^[12]。

3.3 襄樊一广济断裂伸展活动及其对天兴洲条带的 改造作用

白垩一古近纪时期,以襄樊一广济断裂为主体的 断裂带从挤压作用向引张作用转化,表现为张性伸展 活动^[30-34]控制着陆相沉积盆地——新洲盆地和梁子 湖盆地的形成与发展,沉积了千余米的红色碎屑岩; 同时,沿断裂基性岩浆活动较频繁,多次出现玄武岩 喷溢,呈夹层产于红层中,厚10~20 m不等。经物 探、钻探证实,沿断裂带附近,在白垩—下第三系"红 层"中见基性喷发岩(玄武岩)^[14-20]。并且,张性断裂 及其伴生的张性裂隙等,为构造热液广泛而频繁的活 动提供了通道,使紧邻襄樊一广济断裂的天兴洲碳酸 盐岩条带发生强烈的构造热液白云岩化^[35-36]、硅化 作用以及硅质充填作用,即:

(1)灰岩 → 白云岩化
(1)灰岩 → 白云岩、灰质白云岩、白云质灰岩
CaCO₃+Mg²⁺+CO₃²⁺→CaMg(CO₃)₂
(方解石)
(白云石)

(2)灰岩、白云岩 ^{硅化} 硅质岩、硅质白云岩、硅质灰岩
CaCO₃+H₂O+CO₂+H₄SiO₄ ⇒SiO₂+Ca²⁺+2HCO₃⁻+2H₂O
(方解石)

(3)裂隙、空隙 充填作用 硅质岩

通过上列反应,天兴洲条带的原岩遭受强烈的改造,变成以白云岩为主、含硅质岩的碳酸盐岩条带。 而其他碳酸盐岩条带由于距离该断裂较远,原岩没有 遭受破坏,保存相对较好。

这一时期内,在隆起和断块运动为主的构造背景下,武汉及周边地区普遍发生差异性沉降,白垩一古近系红色碎屑岩将碳酸盐岩覆盖,岩溶地下水活动减弱,岩溶作用间断^[12]。

3.4 喜马拉雅期构造活动与第二期岩溶作用

新近纪一早更新世,武汉以西继承性沉降,以北、 东、南上升,地势东高西低,地表、地下水向西部盆地 汇集。由于武汉中部红层遭受剥蚀,碳酸盐岩再次出 露地表,天兴洲碳酸盐岩条带以南的各条带在第一次 岩溶作用的基础上,发生第二次岩溶作用,使第一次 形成的岩溶现象发生改造和破坏。由于天兴洲条带 碳酸盐岩岩性已经改变,可溶性极大地减弱。尽管其 构造破坏很强烈,但岩溶作用仍然非常微弱,甚至几 乎不发生岩溶作用,这使得原有的岩溶现象得以保 留,这为研究两期岩溶作用特征提供一定依据。

中更新世一全新世时期,由于中上更新统老粘土

普遍覆盖,它们与前第四纪碎屑岩一起,阻碍了地下 水的频繁活动,老粘土覆盖区岩溶作用减弱或停止。 该时期,长江已经贯通^[37],江水向东注入东海,长江 两岸被剥蚀裸露的碳酸盐岩地带继续发生岩溶作 用^[12]。

4 结 论

武汉地区自北而南发育了7个走向 NWW~ SEE 碳酸盐岩条带,其中最北边紧邻襄樊一广济断 裂的天兴洲条带的岩石化学成份、矿物成份、岩性以 及岩溶发育程度、溶洞规模、溶洞顶板在基岩下的埋 深、岩溶垂向分带和溶洞充填物等方面,与其它碳酸 盐岩条带相比,存在巨大的差异。研究表明,7个碳 酸盐岩条带处于统一的沉积环境,造成上述差异的原 因与襄樊一广济断裂该断裂的活动相关:晚三叠世一 侏罗纪时期,襄樊一广济断裂和自北北东向南南西的 逆冲推覆作用使上、下碳酸盐岩组出露地表,遭受第 一次岩溶作用。白垩一古近纪时期,以襄樊一广济断 裂为主体的断裂发生伸展活动,张性断裂和裂隙为基 性岩浆喷溢和构造热液活动提供了通道。由于构造 热液白云岩化和硅化作用普遍发生,使天兴洲碳酸盐 岩条带中的碳酸盐岩发生强烈的改造,形成以白云岩 为主的、含硅质岩的具弱溶蚀性的岩石组合,同时,由 于红层的广泛覆盖,这一时期内岩溶作用间断。新近 纪一早更新世时期,武汉地区遭受剥蚀,各碳酸盐岩 条带再次出露地表,遭受第二次岩溶作用。由于天兴 洲条带岩石的可溶性大幅降低,与其它条带相比,其 岩溶作用较弱。

致 谢:本文中图 2 照片由张三定高级工程师提供, 在审稿与修改过程中,审稿专家提出了很好的意见与 建议,在此一并表示衷心感谢!

参考文献

- [1] 杨真三. 武汉地区岩溶对工程建设的影响[J]. 土工基础,1990, 4(2):15-17.
- [2] 吴永华,谢春波,朱洵. 陆家街地区岩溶塌陷形成机制及预测评价[J]. 中国地质灾害与防治学报,1994,5(增刊):118-123.
- [3] 于政伟,冉俊,张友安. 浅析武汉地区岩溶地陷及岩土工程勘查 中的预防措施[J]. 科技创新导报,2010(31):114.
- [4] 郑先昌,卫中营. 武汉市岩溶地面塌陷诱发因素分析[J]. 城市 勘测,2004(1):15-19.
- [5] 范士凯. 武汉(湖北)地区岩溶地面塌陷[J]. 资源环境与工程, 2006,20(增刊):608-616.
- [6] 侯国伦. 武汉岩溶地区工程地质勘察与评价实例[J]. 资源环境 与工程,2010,24(4):390-393.

- [7] 罗小杰,罗世杰.武汉市汉南区长江干堤内地面塌陷成因分析 与处置措施探讨[J].资源环境与工程,2009,23(专刊):75-79.
- [8] 贾淑霞,马霄汉.武汉市区岩溶地面塌陷成因机理与预测研究 [J].中国地质灾害与防治学报,1994,5(增刊):103-108.
- [9] 官善友,蒙核量,周森.武汉市岩溶分布与发育规律[J].城市勘测,2008(4):145-149.
- [10] 郭礼士,张琳. 武汉市岩溶发育特点及勘察时应注意的几个问题[J]. 中国电子商务,2011(8):105.
- [11] 李智毅,叶俊林.武汉市陆家街地面塌陷的形成机制[J].地球 科学:中国地质大学学报,1989,14(2):207-211.
- [12] 罗小杰,试论武汉地区构造演化与岩溶发育史[J]. 中国岩溶, 2013,32(2):195-202.
- [13] 罗小杰.武汉地区浅层岩溶发育特征与岩溶塌陷灾害防治[J]. 中国岩溶,2013,32(4):419-423.
- [14] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京:地质出版 社,1990.
- [15] 湖北省区域地质矿产调查所.武汉市地质图说明书(1: 50000)[R].1985.
- [16] 湖北省地质矿产局.武汉市基岩地质图说明书(1:50000) [R].1985.
- [17] 湖北省地质矿产局.武汉市地质图说明书(1:50000)[R]. 1990.
- [18] 湖北省地质矿产局.武汉市基岩地质图说明书(1:50000) [R].1990.
- [19] 湖北省地质矿产局.1:20万黄陂幅区域地质调查报告[R]. 1975.
- [20] 湖北省地质矿产局.1:20万武汉幅区域地质调查报告[R]. 1975.
- [21] 杨坤光,程万强,朱清波,等.论大别山南缘襄樊一广济断裂的 两次向南逆冲推覆[J].地质论评,2011,57(4):480-494.
- [22] 王浩乾,朱光,鞠林雪,等.大別造山带南界襄樊一广济断裂带 的演化规律与构造意义[J]. 地质科学,2012,47(2):290-305.
- [23] 董云鹏,张国伟,姚安平,等. 襄樊一广济断裂西段三里岗一三 阳构造混杂岩带构造变形与演化[J]. 地质科学,2003,38(4): 425-436.
- [24] 陈璘. 襄樊一广济断裂湖北段构造特征研究[J]. 石油实验地 质,2009,31(2):186-191.
- [25] 邓乾忠,彭练红,陈林. 襄樊一广济断裂构造地质特征及发展 演化[J]. 资源环境与工程. 2004, 18(增刊):17-21..
- [26] 甘家思,申重阳,姚运生. 襄樊一广济断裂带武汉段和黄州段 第四纪活动的初步研究[C].中国地震学会第八次学术大会论 文摘要集,2000:60.
- [27] 王鹏程,李三忠,刘鑫,等. 长江中下游燕山期逆冲推覆构造及 成因机制[J]. 岩石学报,2012,28(10):3418-3430.
- [28] 王志元,简玉兵,周少东. 湖北省大型变形构造划分及主要特征[J]. 资源环境与工程,2014,28(1):94-107.
- [29] 雷东宁,蔡永建,余松,等. 湖北襄樊一广济断裂第四纪活动特 征初步探讨[J]. 地质科技情报,2011,30(6):38-43.
- [30] 崔建军,董树文,马立成,等. 135~130Ma:大别山第二次"去根"时间?[J]. 地球学报,2014,35(5):553-560.
- [31] 马昌前,杨坤光,明厚利,等. 大别山中生代地壳从挤压转向伸

展的时间:花岗岩的证据[J]. 中国科学(D辑),2003,33(9): 817-827.

- [32] 许长海,周祖翼,马昌全,等.大别造山带140-85Ma 热隆伸展作用一年代学约束[J].中国科学(D辑),2001,31(11):925-937.
- [33] 周祖翼, Peer W. Reiners, 许长海,等. 大別山造山带白垩纪热 窿伸展作用: 锆石(U-Th)/He 年代学证据[J]. 自然科学进 展, 2002, 12(7): 763-766.
- [34] 王清林,林伟. 大别山碰撞造山带的地球动力学[J]. 地学前

缘,2002,9(4):257-265.

- [35] 李荣,焦养泉,吴立群,等.构造热液白云石化:一种国际碳酸 盐岩领域的新模式[J].地质科技情报,2008,27(3):35-40.
- [36] 陈代钊.构造一热液白云岩化作用与白云岩储层[J].石油与 天然气地质,2008,29(5):614-622.
- [37] 长江岩土工程总公司(武汉),长江三峡勘察设计院.长江流域 工程地质(第一版)[M].北京:中国水利水电出版社,2012:105 -112.

Karst abnormal development and origin of the Tianxingzhou carbonate rook belt in the Wuhan area

LUO Xiao-jie

(Changjiang Survey, Planning, Design and Research Limited Company, Wuhan, Hubei 430010, China)

Abstract: This work studied the characteristics of the Tianxingzhou carbonate zone adjacent to the Xiangfanguangji fault, located at the middle-north Wuhan. A comparison was made to this rock zone and the Daqiao and Baishazhou carbonate zones to the south in some aspects including rock chemical and mineral composition, lithology and the degree of karst development, karst cave scale, burial depth of karst cave roof under bedrock surface, karst vertical zoning and cave fillings. The results show great differences among them. The development of karst in the Tianxinzhou zone was associated with the activity of the Xiangfan-guangji fault. The first karstification of this zone took place during Late Triassic and Jurassic period. In the Cretaceous and Paleogene period, the extension dominated by the Xiangfan-Guangji fault resulted in fractures and cracks, providing channels for the basaltic magma eruption and tectonic hydrothermal activity. Because of widespread tectonic hydrothermal dolomitization and silicification, the raw rock of the Tianxingzhou carbonate zone suffered reformation, leading to rock combination dominated by dolomite containing silicite with weak dissolution. At the same time, the karstification interrupted due to the broad coverage of red beds. Neogene and early Pleistocene, the carbonate rock zone once again exposed on the surface, suffered second karstification. Due to change of lithology and weakened solubility, the karstification of the Tianxingzhou rock zone became diminished compared with other carbonate belts.

Key words: karst; carbonate zone; Xiangfan-Guangji fault; tectonic hydrothermal dolomitization; silicification; Tianxingzhou

(编辑 吴华英)