

华南地洼阶段古岩溶沉积建造

刘立钧 王清河 石静坤

(中国核工业总公司中南地勘局 230 研究所)

在华南碳酸盐岩地区,广泛分布大小不等、形态各异,以钙屑砾岩和角砾岩等组成的地质体,这些地质体产于中生代岩溶凹陷和洞穴中的洞穴堆积物——古岩溶沉积岩,有两个岩溶作用期:地洼初动期和地洼后期(洞穴堆积物)的时代,分别相当于白垩纪—早第三纪、晚三叠世—中侏罗世。地洼初动期岩溶沉积体,有广泛的矿化,如 Cu、Zn、Sb、Mo、Ag、Au、Pb、U 等,在我国尚属新类型矿床。

关键词 地洼活动 岩溶作用 洞穴堆积 沉积体

第一作者简介 刘立钧 男 51 岁 高级工程师 古岩溶矿床

前 言

华南碳酸盐岩地区,广泛分布一套以钙屑砾岩和角砾岩为主的岩石,一般认为是构造、同生沉积等成因。而这套岩石与美国西部亚利桑那州北部的溶解-崩塌角砾岩一样,常有广泛矿化,构成有较大工业价值的矿床。故对这一问题讨论,不但有理论价值,更有重要的实践意义。

第三纪以前的岩溶,一般称为古岩溶。

地质历史上的岩溶作用,总是随着大陆的上升隆起过程而进行的,因此,岩溶作用的分期以区域构造运动期为基础是合理的。

自 J.Cvijic 在 1918 年建立岩溶旋回以来,与岩溶旋回有关的沉积建造和成矿作用,长期未引起人们重视。直到近二十年来,欧美和苏联才开始注意,如 J.Pettijohn 论述岩溶沉积, P.Zuffardi 阐述岩溶与成矿作用,岩溶矿床 (Karst deposits) 在 1976 年的第八届国际沉积学会议上得到肯定,从此便开始独立出现,成为一种值得重视的矿床类型。

在我国对岩溶与成矿作用的研究,虽然起步较迟,近年来也认识到与成矿作用的关系,并取得一定成果。

一、华南地洼阶段古岩溶作用分期

华南碳酸盐岩发育,时代包括震旦纪至中三叠世,总厚达数千米。

印支运动使华南地壳演化到地洼发展新阶段,地壳运动频繁而强烈,形成以 NNE 至 NE 方向为主,叠加在不同老构造层上的隆起和拗陷带——地穹和地洼。这些构造单元间,地貌反差大;中生代,尤其是早三叠世—晚侏罗世的古气候适宜,植物繁盛,不仅是重要成

煤期, 也是强烈岩溶作用期。

华南中生代有两个主要岩溶作用期: 地洼初动期和激烈期。这两期岩溶作用的时期, 分别相当于中—晚三叠世的印支运动和晚侏罗世—早白垩世的燕山运动。岩溶凹陷和洞穴, 则分别为时代相当于晚三叠世—中侏罗世、白垩纪—早第三纪的洞穴堆积物——古岩溶沉积岩充填, 成为目前已不被现代地下水循环所利用的化石岩溶——古岩溶沉积体。这两期岩溶作用的主要特征见表 1。

表 1 华南地洼阶段古岩溶作用分期及主要特征

Table 1 Palaeo-karstification period of Diwa stage and main characteristics of Southern China.

构造运动	岩溶作用期	古气候	古岩溶沉积体		古岩溶沉积建造			时代	矿产
			发育和保存条件	规模	发育深度	岩性特点	沉积特点		
燕山运动	地洼激烈期	内陆干热气候	J ₃ —K 侵蚀面以下, 燕山运动的断陷或拗陷带, 以后断续下沉的低缓区—地洼	小型沉积体为主, 分布广。岩溶注地沉积规模可达数千平方公里	—380 至 500 m	红色混杂陆源沉积岩—塌陷角砾岩, 钙屑砂—砾岩为主, 少量钙质泥岩洞穴白云岩等	沉积旋回不发育。在一个沉积体中仅有 2 个大的沉积旋回, 沉积物下粗上细	K E	未发现
印支运动	地洼初动期	近或滨海湿热气候	T ₂ —J 或 J ₃ —K 侵蚀面以下, 印支运动的断陷或拗陷带, 以后继续下沉的低缓区—地洼	大型沉积体为主, 多为洞穴沉积。岩溶注地沉积较少	—420 至 400 m	灰白至灰黑色混杂陆源沉积岩以塌陷角砾岩, 钙屑砂—砂岩常见, 发育高钙质泥岩, 洞穴灰岩等	在一个沉积体中有 2 个以上大的沉积旋回, 沉积物从下至上变粗, 颜色变浅, 有机质等减少	T ₃ J ₂	Cu, Zn Mo, Ag Sb, Au Pb, U 等
备注			地洼激烈期岩溶常叠加在地洼初动期岩溶沉积体上, 使遭受破坏, 形成古岩溶作用继承现象						

二、古洞穴堆积物成因及其特征

古洞穴堆积物——古岩溶沉积岩, 是一套在岩相和岩性上不稳定的混杂陆源沉积建造, 以钙屑砾岩和角砾岩为主, 及含(角)砾的碳酸盐岩、钙质泥岩、钙屑粉砂岩和砂岩等, 构成复杂的岩性——岩相组合。

搬运沉积方式有塌陷、水力、重力流和混合的等, 沉积相则有地下湖、河、洪积、浊积、泥石流和塌积等; 物质来源有原地的和外来的; 主要成分的性质有碎屑、化学、生物和混合的等。故古岩溶沉积岩, 除具有一般沉积岩的特征外, 并有洞穴特殊条件下形成的特征, 如溶钙结构、隙间或堵截层理、落石穿层、溶钙不整合等(图版 I.1、2、3、4、5)。

由于地洼初动期和激烈期岩溶沉积岩在沉积时期的大地构造、古地貌和古气候等都不同, 故在沉积特征、岩性、岩石化学和微量元素地球化学等方面, 都截然不同。

1. 地洼初动期岩溶沉积旋回发育 在一个沉积体中, 一般有 2—3 个或以上大的沉积

表 2 地洼初动与激烈期岩溶沉积岩化学成分对比

Table 2 Comparison of Chemical composition of karst sedimentary rock of the Preliminary-mobile period with the climax-mobile period of diwa development

岩溶期	岩性	样品数	化 学 分 析 (%)																	
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	灼失	H ₂ O	C _{4r}	M	Fe ⁺	总量
地洼激烈期	钙屑砂岩	4	0.21	0.45	0.06	0.62	0.01	0.13	36.65	16.53	0.00	0.05	0.02	0.14	45.38	0.09	0.00	0.00	0.00	100.34
	钙屑砾岩	4	27.10	0.70	0.30	2.53	0.20	0.05	23.04	13.36	0.00	0.07	0.25	0.95	20.15	0.12	0.00	0.00	0.00	99.90
地洼初动期	洞穴灰岩	3	20.20	1.09	0.93	5.07	0.25	0.23	35.24	0.93	1.34	0.18	0.71	0.70	30.14	0.72	0.55	1.14	0.89	100.36
	洞穴白云岩	12	11.51	0.95	1.40	5.27	0.29	0.22	26.67	10.93	3.22	0.11	0.68	0.11	35.22	0.49	0.61	0.64	2.25	100.12
	钙质泥岩	10	31.43	1.58	0.62	10.72	0.54	0.09	15.22	4.78	3.70	0.22	2.06	0.12	20.90	1.72	3.36	0.39	2.97	100.42
	钙屑砂岩	19	17.23	1.27	1.53	6.69	0.29	0.14	27.65	6.62	1.10	0.17	1.75	0.20	32.00	1.18	0.40	0.94	0.93	100.90
	钙屑砾岩	16	17.85	1.37	2.03	7.10	0.36	0.17	25.61	6.46	2.23	0.10	1.95	0.20	30.08	1.40	0.44	1.20	1.81	100.36
	塌陷角砾岩	7	8.98	1.14	0.50	4.25	0.23	0.08	41.25	3.91	0.90	0.06	1.55	0.23	33.90	1.33	0.13	0.35	1.09	99.88

备注: -M、Fe⁺分别为硫化物中的Cu、Pb、Zn、Sb、M等, 以及Fe

表 3 地洼初动期岩溶沉积岩中有机质特征

Table 3 Organic matters characteristics of karst sedimentary rock of the preliminary-mobile period of diwa development

岩性	氯仿 A 组分					峰型特点	饱和烃		OPB	
	饱和烃 (%)	芳香烃 (%)	饱和烃芳香烃	非烃+沥青质 (%)	非烃+沥青质总烃		碳素范围	主峰碳数		nC ₂₁ +nC ₂₂ nC ₂₈ +nC ₂₉
洞穴白云岩	28.46	8.94	3.18	62.61	1.67	单峰型	nC ₁₆ -nC ₃₄	nC ₂₅	0.875	1.104
钙质泥岩	33.68	6.78	5.00	59.49	1.47	单峰型	nC ₁₄ -nC ₃₆	nC ₂₃	0.825	1.141
钙质泥岩	47.29	6.98	6.78	45.47	0.84	单峰型	nC ₁₆ -nC ₃₅	nC ₂₃	0.904	1.065
钙屑砂岩	36.72	8.59	4.27	54.59	1.21	单峰型	nC ₁₆ -nC ₃₅	nC ₂₃	0.867	1.125
钙屑砂岩	42.74	8.30	5.15	48.97	0.96	单峰型	nC ₁₆ -nC ₃₄	nC ₂₃	0.739	1.053

备注: 样品采自不同岩溶沉积体, 中南石油地质局地质大队实验室分析

旋回。从沉积体下部至上部，沉积物的颜色，由深灰、灰黑色渐变为浅灰或灰白色；有机质和硫化物含量不断减少；粒度逐步变粗。沉积体下部地下河、湖相发育，常为钙质泥岩、洞穴灰岩或自生白云岩等；向上洪积、泥石流和塌积相增多，发育钙屑砂—砾岩；顶部主要为塌积相，形成大量塌积角砾岩和岩块角砾岩。

从岩石化学成分看，与钙质泥岩至灰岩或灰质白云岩相似，但富含腐泥型有机质和硫化物（表 2、3），微量元素富集程度高，可达地壳丰度数十至数百倍或以上。图 1 是根据每个样品中微量元素含量作的直方图，表示 8 个沉积体的 57 个样品的分析结果。元素富集率是用该元素的含量除它的地壳丰度值（据黎彤，1976）而得，图中的每条带代表一个样品中某元素的富集率。

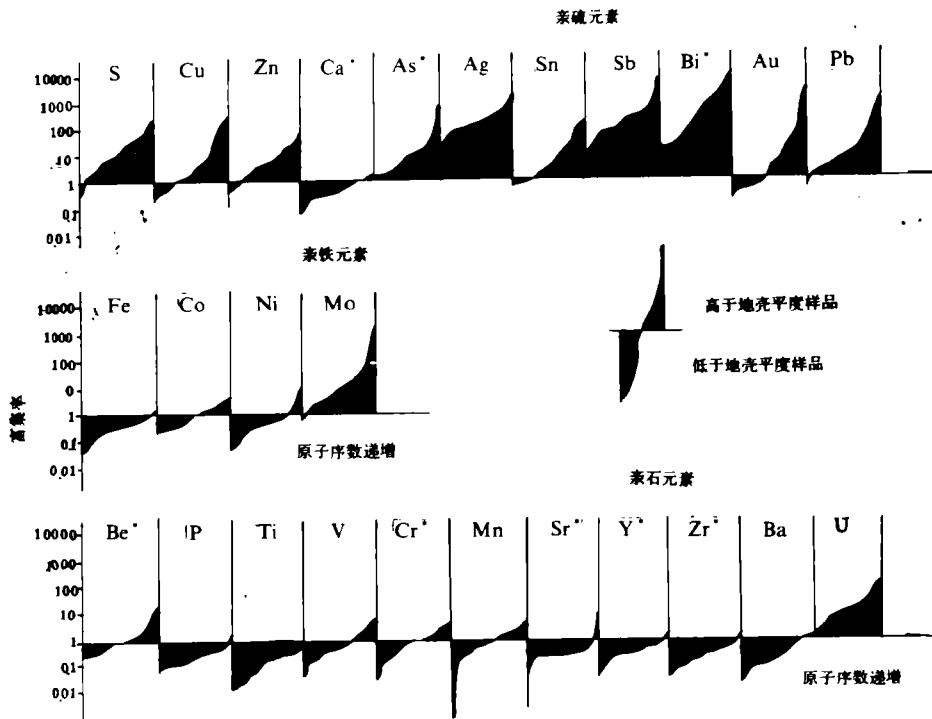


图 1 微量元素富集率直方图

(取自 8 个岩溶沉积体的 57 个样品 * 表示光谱分析)。微量元素地壳丰度据黎彤 (1976)

Fig. 1 Histogram of enrichment ratio of trace elements. 57 samples from 8 karst sedimentary bodies.

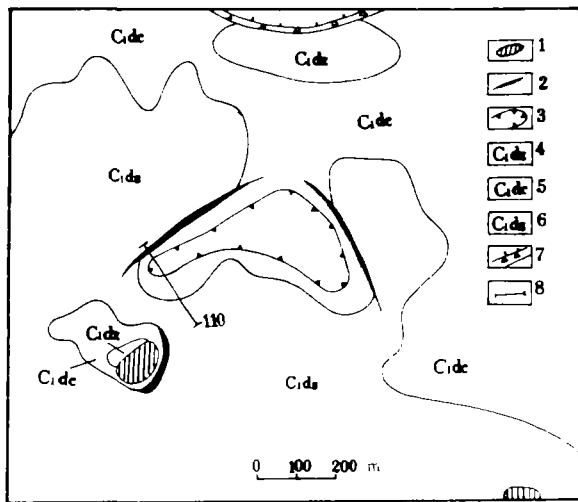
* is represented spectral analysis. Crustal abundance of trace element is after Li Tong (1976).

2. 地洼激烈期岩溶沉积旋回不发育 在一个沉积体中，一般仅有 1—2 个大的沉积旋回。从沉积上部至下部，沉积物颜色没有什么变化，全呈红色。沉积物粒度自下而上逐渐变细；下部以塌积、洪积和泥石流相为主，发育塌积角砾岩、岩块角砾岩和钙屑砾岩；向上地下河、河湖相增多，钙屑粉砂—砂岩发育，并有少量洞穴同生白云岩。

在化学成分上，与灰质白云岩相似，但 $Fe^{3+} \gg Fe^{2+}$ (表 2)。

三、古岩溶沉积体几何形态

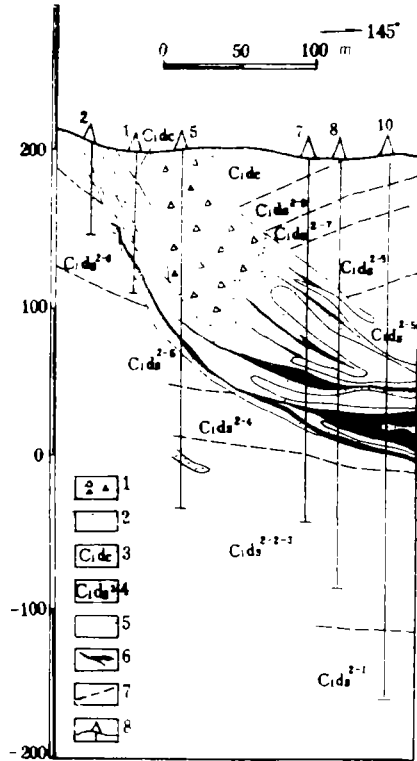
古岩溶沉积体的形态复杂。在平面上，分布范围从小于1平方米至数平方公里，呈脉状、短轴状或不规则形状（图2）。在剖面上，延深从数米至数百米，呈脉状、柱状、管状、礁状、似层状和不规则形状（图版I，1、4；图3）。



1. 地洼激烈期岩溶沉积体；2. 地洼初动期岩溶沉积脉；3. 地洼初动期岩溶沉积体；4. 下石炭统大塘阶梓门桥组（白云岩）；5. 下石炭统大塘阶测水组（煤系）；6. 下石炭统大塘阶石堰子组（灰岩）；7. 断层破碎带；8. 图3剖面位置

图2 387矿床地质略图

Fig. 2 Simplified geological map of No. 387 uranium deposit in Hunan.



1. 地洼初动期塌陷角砾岩；2. 地洼初动期钙质泥岩、钙质砂-砾岩等；3. 测水组；4. 石堰子组上段8个韵律层；5. 岩组界线；6. 轴矿体；7. 地层界线；8. 钻孔

图3 387矿床110号勘探剖面

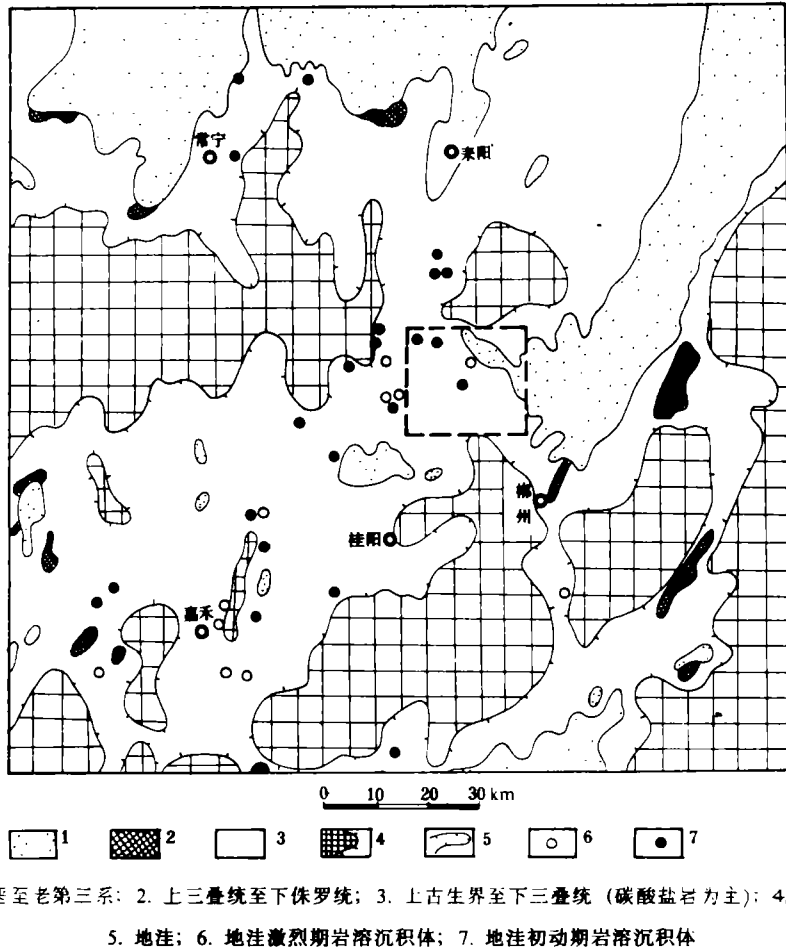
Fig. 3 No. 110 exploring profile of No. 387 uranium deposit.

四、地洼阶段古岩溶沉积体发育和保存条件

近代岩溶学研究，揭示了影响岩溶发育因素的复杂性。岩溶发育不仅受岩性、气候、多种溶蚀基准面、植被和复被影响，更受地貌和构造等因素控制。

岩溶发育与构造关系十分密切。首先，地质历史上的岩溶作用，是随大陆上升隆起过程而发生；其次，构造作用不仅通过对碳酸盐岩体变形和破碎控制岩溶发育，也通过对气候、地貌的影响来控制。

地洼阶段古岩溶沉积体，发育并保存在地洼里面，主要分布在这一构造单元中的次级拗陷—古叠置型岩溶洼地中。尤其是地穹与地洼过渡地带的这种洼地，常发育地洼初动期大型岩溶沉积体（图 4）。



1. 白垩至老第三系；2. 上三叠统至下侏罗统；3. 上古生界至下三叠统（碳酸盐岩为主）；4. 地穹；
5. 地洼；6. 地洼激烈期岩溶沉积体；7. 地洼初动期岩溶沉积体

图 4 湘南中生代构造—地貌略图（卫星照片解译）

Fig. 4 Simplified tectonic landform map of Meso-ozoic era explaining by means of remote sensing geology in southern Hunan

构造对地洼阶段古岩溶控制，还表现在岩溶作用继承性上，如地洼初动期岩溶沉积体，常被地洼激烈期的叠加、破坏。而且，这些古岩溶发育地带，也是现代岩溶活动区，形成区域上岩溶作用的强带。

古叠置型岩溶洼地，是地洼阶段多期多次岩溶作用形成的。现代地貌上位于相对低洼地

带,有时为呈环形的山体围绕。在这一范围内,有时出露零星的白垩系—第三系或上三叠统一中侏罗统沉积;更多的则是与上述时代相同的岩溶沉积体,尤其是小型沉积体;有时则是大规模塌陷构造。在卫星或航空照片上,这种洼地呈明显的环洼影象(图版I, 6、7)。

五、成岩和后生变化^①

古岩溶沉积岩的形成环境特殊,产生它自身很多特点,如不均一、高孔隙等。而且是在洞穴中固化的,压实作用较小,胶结作用有较重要地位,产生一些独特的成岩和后生变化。主要成岩和后生变化及与一些地质事件的关系是:印支运动→地洼初动期岩溶作用→地洼初动期岩溶沉积(同生矿化)→自生白云岩化→自生硅化(低温,不同强度和规模,保存原岩的结构、构造特征)→燕山运动→地洼激烈期岩溶作用(同生白云岩化)→方解石化—方解石重结晶作用(30.7—65Ma, 93—150℃,产生不同大小和形态的粗至巨晶方解石体,使地洼初动期岩溶沉积的同生矿化局部活化富集)。

六、沉积模式

现代岩溶区特点之一,是地下截水(Karstic loss)。地表水通过岩溶洼地中的天然井等进入地下,使地表水流局部或全部消失。表生风化形成的碎屑和溶液,随地表水搬运进入洞穴中,由于水力和化学条件改变而沉积下来。

当地壳上升隆起时期形成的岩溶洼地和洞穴,在地壳转化为下陷时,将必然进行上述的沉积充填,成为一种特殊沉积盆地,并伴随变价元素还原障型矿化。

随着地洼初动期向激烈期转化,地壳运动增强,地貌反差增大,并产生古气候变迁,由近海或滨海湿热气候向内陆干旱—湿热气候变化。受这些因素影响,地洼初动期岩溶沉积物,由下向上变粗;化学沉积作用变弱,碎屑沉积,尤其是塌积增多;有机质和硫化物含量减少,沉积作用旋回性明显。最后,由于构造作用强烈,洞穴顶板岩石无法维持稳定平衡,产生大规模塌陷,形成大量塌陷和岩块角砾岩。

地洼激烈期向余动期转化,地壳活动性不断减弱,地貌反差变小。因而地洼激烈期岩溶沉积,表现为上细下粗,旋回性不明显。因古气候未发生重大变化,为内陆潮热环境,形成一套红色沉积物。

结 论

1. 华南碳酸盐岩地区,广泛分布的、以钙屑砾岩和角砾等组成的地质体,是地洼阶段古洞穴堆积成因。地洼初动期的这种地质体,有广泛的矿化。

2. 古岩溶沉积岩,是一套混杂陆源沉积建造。

3. 地洼阶段古岩溶沉积体发育并保存在地洼里面的古叠置型岩溶洼地中。这种洼地在遥感圈上呈环洼影象。

^①限于篇幅,另文详细讨论

本文是自 1983 年以来, 从事专题研究的部分资料综合。在研究过程中, 著名地质学家陈国达教授亲切进行指导, 并得到有关矿山、地质队领导和同志们支持、帮助, 图件由蔡秀英同志清绘, 一并至谢。

收稿日期: 1988 年 10 月 8 日

参 考 文 献

- (1) 王则江等, 1985, 地质与勘探, 21卷, 10期, 8—15页。
- (2) 刘立钧等, 1985, 中国岩溶, 4卷, 4期, 307—314页。
- (3) 刘立钧等, 1985, 铀矿地质, 1卷, 6期, 1—10页。
- (4) 刘立钧等, 1985, 中国地质, 8期, 11—12页。
- (5) 刘立钧等, 1988, 中南矿冶学院学报, 专总第13期, 115—120页。
- (6) 郑理珍, 1981, 桂林冶金地质学院学报, 2期, 69—79页。
- (7) 肖振民等, 1984, 地质论评, 30卷, 4期, 365—370页。
- (8) 廖资生, 1982, “试论北方岩溶作用分期问题”, 中国北方岩溶和岩溶水, 地质出版社。
- (9) Pettijohn J., 1975, *Sedimentary rocks* (Third edition) Harper and Row, Publisher Inc.
- (10) Wenrich K. J., 1986, “Uranium mineralization of Collapse breccial pipes in northern Arizona, western United States”, *Vein-type uranium deposit*, (Fuchs H., Ed), IAEA-TECDOC-361 (1986).
- (11) Zuffardi P., 1976, “Karst and economic deposits”, *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, (Wolf K. H. Ed), Elsevier scientific publishing company, Amsterdam—Oxford—New York, Vol.3.

Palaeo— Karst Sedimentary Formation of Diwa (Geodepression) Stage in Southern China

Liu Lijun Wang Qinghe Shi Jingkun

(Uranium Geological Research Institute of Changsha)

Abstract

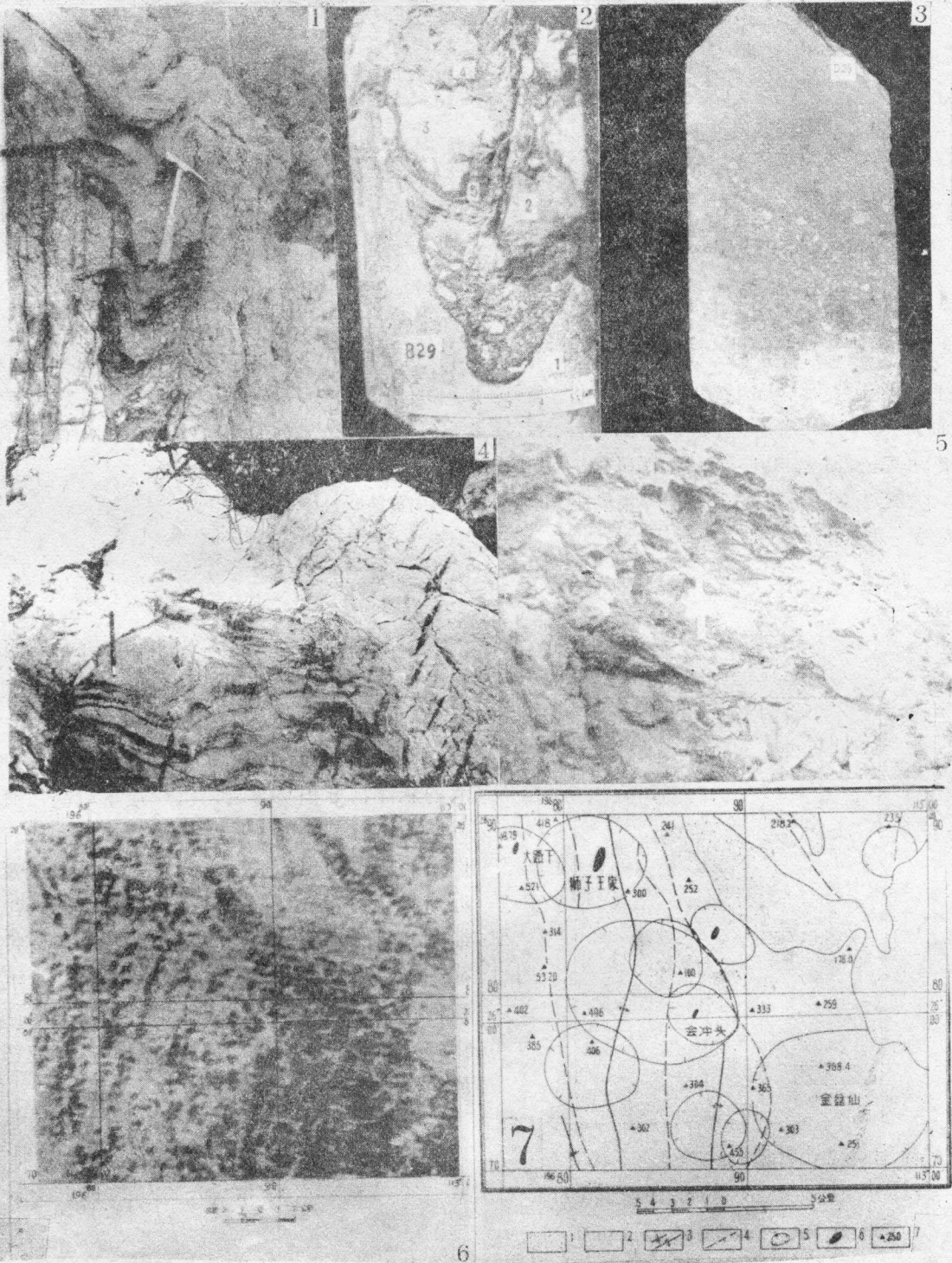
There are a good many geological bodies consist of calcite conglomerate and breccia etc. in the carbonate rock region of southern China, which are very complex and appear minor axis and random shapes on horizontal, their diameters reach several tens to thousands of meters, on section, they appear as columnar, tubal of reef-like shape etc. on the basis of detailed research of the geological bodies, the characteristics sedimentogenesis have been recognized in ancient karst depression of caves of Diwa (geodepression) stage.

In southern China, the palaeo—karstification can be divided into two periods: the preliminary—mobile and the climas—mobile period of Diwa development. their characteristics are shown in table 1.

Palaeo-karst sedimentary rocks of Diwa stage are a set of unstable diamictite dominated by breccia and psephite. The rocks were formed by collapse, subsurface flow by gravity, underground lake and river and so on sedimentation.

Palaeo-karst sedimentary bodies are dispersed in Diwa, existed in palaeo-superimposed depression which was formed in Diwa stage by multi-karstification. The depression imagines in satellite or aero photograph are as ringlike diagram.

Palaeo-karst sedimentary rocks have been widely grown metasomased by petrogenetic and later period actions, except for syngenetic and petrogenetic dolomitization, auto-silicificatin and calcitization-calcite recrystallization are mainly in them.



1. 红色纹层状含砾钙屑粉砂岩, 砂岩充填的沉积脉。系同生沉积变形。湖南郴州雷坪。 2. 深灰色纹层状钙屑砾岩(铀矿石)与洞壁呈溶蚀不整合。砾屑呈溶蚀状。387铀矿床, 岩心。 3. 含砾钙屑砂岩、粉砂岩的递变层。373铀、钼矿床、岩心磨光面。 4. 红色纹层状洞穴白云岩充填的小洞穴一部分。湖南永兴油麻坪。 5. 灰黑色钙屑砾岩、含砾钙质泥岩(铀、钼矿体)。砾屑呈溶蚀状。373铀钼矿床露天采场。 6. 某地卫星照片(ERTS E-1 MSS5)。位置见图4。 7. 卫星照片地质解译: 1—白垩至老第三系; 2—上古生界(碳酸盐岩为主); 3—印支期背、向斜轴; 4—印支期断裂; 5—叠置型岩溶洼地; 6—初步工作所填制的古岩溶沉积体; 7—主要山峰及高程。