

鲁中南岩溶分区初步研究

赵有美，彭凯，李岚

(山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014)

摘要:依据山东省中南部地质、气候环境的差异,划分岩溶区、亚区及岩溶系统。对岩溶区域的岩溶形态,由宏观到微观,由地表到地下,由溶蚀形态特征到堆积形态特征进行了详细论述。该区岩溶形态丰富多彩,既有代表半干旱岩溶区特征的干谷、大泉、常态山含石灰岩角砾的坡麓堆积的组合,也有代表半湿润岩溶区特征的溶丘、溶沟田、溶蚀洼地、地下河、洞内指向流纹、天锅、边槽及红壤土等的组合。

关键词:岩溶分区;地貌形态;研究;鲁中南

中图分类号:P931.5 文献标识码:A

根据岩溶发育程度及其所表现出来的各种地质地理现象,在成因上的相似性和差异性划分出区域。该文通过对鲁中南各个岩溶区域特征的阐述,用来认识各个岩溶区域在岩溶发育及分布方面的规律,为国民经济建设、岩溶水开发利用及岩溶塌陷地质灾害评价与防治提供依据^①。

1 区域地质概况

1.1 研究区位置及气候条件

鲁中南位于山东省的中南部,东界郯庐断裂,西界巨野断裂。该区是山东省岩溶的分布区,岩溶形态丰富。鲁中南属暖温带半干旱—半湿润季风气候区,多年平均气温 $11.7 \sim 14.5^{\circ}\text{C}$,平均降水量 600 ~ 920 mm,由西北向东南逐渐增多,蒸发量平均为 1 242 ~ 2 148 mm。

1.2 地形地貌特征

该区地势中部高,为中低山,四周为丘陵区,西部、北部为冲积平原(图1),地貌的发育受控于地层构造和气候。该区按岩性分为非岩溶地貌与岩溶地貌(表1)。

1.3 地质构造

太古宙末期泰山运动结束地槽发育阶段, 褶皱

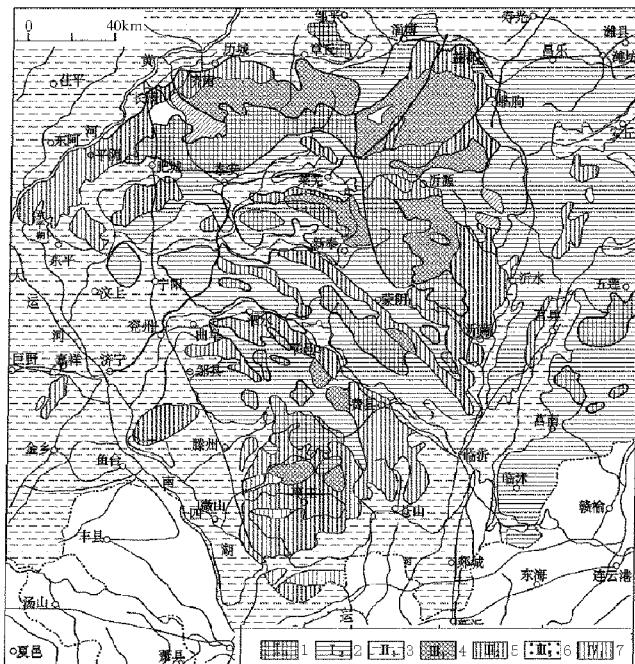


图 1 鲁中南地区岩溶地貌略图

1—中山—低山谷地;2—丘陵—剥蚀平原;3—冲积—洪积平原;4—低山谷地;5—丘陵谷地;6—残丘;7—溶蚀平原
成山。元古宙晚期至古生代鲁西隆起区局部上升,随着频繁的震荡,发育了滨、浅海相盖层沉积即震旦、寒武、奥陶纪地层。以碳酸盐岩为主的沉积建造,区内碳酸盐岩总面积为 $22\ 321.4\ km^2$,构造的基本

* 收稿日期:2010-04-24;修订日期:2010-05-28;编辑:陶卫卫

作者简介:赵有美(1974—),女,安徽来安人,工程师,主要从事水文工程环境地质工作;E-mail:zhaoyoum1974@sina.com。

①山东省地质矿产局801水文地质工程地质大队,鲁中南岩溶分布及发育规律研究,1989年12月。

本格局是一系列的弧形断裂分割形成的断块凸起和断块凹陷相间排列,碳酸盐岩地层的分布受其控制。

表1 鲁中南地貌形态特征

一级类型	二级类型	三级类型	形态特征
非岩溶地貌 侵蚀(剥蚀)地貌I	中山谷地I ₁		山顶标高大于1000m, 相对高度400m以上, 山势陡峻, 主峰高耸, 沟谷深切, 多峡谷
	低山谷地I ₁		山顶标高500~1000m, 相对高度50~200m, 山势低缓, 沟谷宽浅, 低山多呈弯状或方山
	丘陵谷地I ₂		山顶标高小于500m, 相对高度50~200m, 地形分割强烈, 较破碎, 山丘多为孤丘, 山顶平缓、浑圆
	剥蚀平原I ₂		标高小于200m, 平原面呈波状起伏, 其上有孤立的缓丘, 风化残积物较薄, 一般小于5m
	洪积平原II ₁		分布于山地前缘, 平面向外微度倾斜, 平均坡度小于1/500, 由砂、泥、砾石组成
堆积地貌II	冲积平原II ₁		地形平缓, 只有岗、洼低缓起伏, 标高20~45m, 坡降1/10000
岩溶地貌 溶蚀剥蚀(侵蚀)地貌III	低山谷地III _{1A}	岭山谷地III _{1A}	山势峻伟, 多呈单面山形, 有比较连续舒缓的山脊线, 沟谷深切等宽, 为“峪”或障谷, 页岩隔水, 沟谷内有水流
	低山谷地III _{1B}	崮山谷地III _{1B}	高差200m以上, 岩层平缓, 桌状山地形, 山顶具有明显陡立的直线坡, 呈“崮”式帽顶或呈长条形陡崖, 山顶与下部的岩性有明显的差异, 沟谷切割密度大, 线状沟谷相对不发育
	丘陵谷地III _{2A}	丛丘谷地III _{2A}	相对高度一般大于150m, 有锥石峰, 峰顶密度≥5个/km ² , 山坡比较陡峻, 沟谷宽浅, 沟形不太规则
	丘陵谷地III _{2B}	岭丘谷地III _{2B}	相对高度一般大于100m, 岭丘舒缓起伏, 地表沟谷稀疏, 坡麓常有溶沟田
	丘陵谷地III _{2C}	缓丘谷地III _{2C}	山坡比较平缓, 坡度小于10°, 山丘常隔成孤丘状, 谷地非常宽浅, 地表岩溶如: 石芽溶沟、漏斗等发育
	残丘平原III ₃		标高多在100~130m, 面积不大, 有薄层黏土覆盖, 厚度在5m以下, 平原上散布有孤丘, 高差常在100m以上
	溶蚀洼地IV ₁		平面上呈封闭不规则的椭圆形, 无地表水的进出口, 洼地低部宽平, 呈浅碟形, 漏斗、落水洞发育, 有堆积物
溶蚀地貌IV	溶沟田IV ₁		主要分布在溶蚀洼地底部, 丘陵谷地的谷坡上, 由溶沟、溶面、石芽等小形态组合而成, 南部比北部发育

2 岩溶分区

2.1 岩溶分区依据

一级分区依据大地构造单元所决定的大地貌类型、可溶岩的地质及出露埋藏条件等^[1], 划分为鲁中南中低山丘陵岩溶区(I区)和鲁西残丘平原岩溶区(II区)2类。

二级分区(即岩溶亚区)主要依据气候环境产生的岩溶体、组合形态的差异, 结合地表、地下分水岭进行划分: I区以沂源—蒙阴—滕州—微山地表分水岭为界, 分为半干旱岩溶亚区(I₁)及半湿润岩溶亚区(I₂); II区只有一个半干旱岩溶亚区。三级分区(即岩溶系统)则依据岩溶储水构造单元——岩溶泉域(岩溶水域), 即有统一流场的水文地质段, 共划分52个岩溶系统(图2, 表2)。

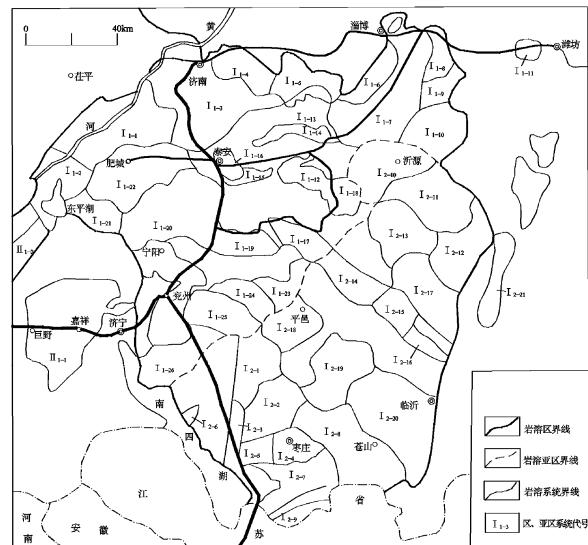


图2 鲁中南地区岩溶分区图

2.2 岩溶区特征

2.2.1 鲁中南中低山丘陵岩溶区

位于山东省中部, 以中低山丘陵为主。区内构造基本特征是弧形断裂控制断块凸起和断块凹陷, 广泛分布寒武、奥陶纪碳酸盐岩地层。寒武系由不纯灰岩、鲕状灰岩及竹叶状砾屑灰岩组成, 平均厚度796m; 奥陶系以白云质灰岩、泥晶灰岩为主, 厚达千余米。裸露面积较大, 占碳酸盐岩总面积的44.9%。地表岩溶地貌形态有溶蚀剥蚀的岭山、崮山、丛丘、岭丘、缓丘谷地及残丘平原, 溶蚀地貌为溶蚀洼地、溶沟田等。岩溶个体及微形态有溶痕、溶盘、干谷、大泉等形态。岩溶相关沉积物有石灰质堆积角砾、红土及洞外钟乳石。

2.2.2 鲁西残丘平原岩溶区

位于山东省西部, 地势低平。新近纪以来该区整体下沉, 到第四纪继承性下降, 除嘉祥、梁山等地保留残山外, 均被第四系沉积物覆盖, 厚度300~600m, 自东向西埋深逐渐加深。裸露碳酸盐岩地层

表2 鲁中南地区岩溶分区

区		亚区		岩溶系统	
名称	代号	名称	代号	名称	代号
鲁中南中低山丘陵岩溶区	I	半干旱岩溶亚区	I ₁	平阴单斜岩溶系统	I ₁₋₁
				旧县单斜岩溶系统	I ₁₋₂
				济南单斜岩溶系统	I ₁₋₃
				郭店单斜岩溶系统	I ₁₋₄
				明水单斜岩溶系统	I ₁₋₅
				淄博向斜东翼岩溶系统	I ₁₋₆
				淄河河东断块岩溶系统	I ₁₋₇
				齐陵普通单斜岩溶系统	I ₁₋₈
				王坟单斜岩溶系统	I ₁₋₉
				冶源单斜岩溶系统	I ₁₋₁₀
				朱刘店单斜岩溶系统	I ₁₋₁₁
				青泥沟-牛王泉单斜岩溶系统	I ₁₋₁₂
				枣庄断块岩溶系统	I ₁₋₁₃
				大王庄断块岩溶系统	I ₁₋₁₄
				徂徕单斜岩溶系统	I ₁₋₁₅
				泰安断块岩溶系统	I ₁₋₁₆
				孙村-宫里断块岩溶系统	I ₁₋₁₇
				凤凰山断块岩溶系统	I ₁₋₁₈
				楼德单斜岩溶系统	I ₁₋₁₉
				大汶口-军屯断块岩溶系统	I ₁₋₂₀
				芦泉屯单斜岩溶系统	I ₁₋₂₁
				肥城断陷盆地岩溶系统	I ₁₋₂₂
				泉林单斜岩溶系统	I ₁₋₂₃
				泗水南部单斜岩溶系统	I ₁₋₂₄
				尼山断陷盆地岩溶系统	I ₁₋₂₅
				郭里集单斜岩溶系统	I ₁₋₂₆
				东莞单斜岩溶系统	I ₁₋₂₇
				雹泉单斜岩溶系统	I ₁₋₂₈
鲁西残丘平原岩溶区	II	半湿润岩溶亚区	I ₂	岩马丘陵谷地岩溶系统	I ₂₋₁
				羊庄盆地岩溶系统	I ₂₋₂
				官桥断块岩溶系统	I ₂₋₃
				枣庄断陷盆地东部岩溶系统	I ₂₋₄
				枣庄断陷盆地西部岩溶系统	I ₂₋₅
				腾县断块岩溶系统	I ₂₋₆
				峰城断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₇
				苍山单斜岩溶系统	I ₂₋₈
				台儿庄单斜岩溶系统	I ₂₋₉
				沂源断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₁₀
				跋山断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₁₁
				沂水断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₁₂
				坦埠断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₁₃
				蒙阴单斜岩溶系统	I ₂₋₁₄
				垛庄单斜岩溶系统	I ₂₋₁₅
				青垞寺单斜岩溶系统	I ₂₋₁₆
				沂南断陷盆地岩溶系统	I ₂₋₁₇
				平邑单斜岩溶系统	I ₂₋₁₈
				费县单斜岩溶系统	I ₂₋₁₉
				临沂西部单斜岩溶系统	I ₂₋₂₀
鲁西残丘平原岩溶区	II	半干旱岩溶亚区	II ₁	嘉祥-巨野断块岩溶系统	II ₁₋₁
				梁山断块岩溶系统	II ₁₋₂
				兗州断块岩溶系统	II ₁₋₃

仅占碳酸盐岩总面积的2.4%。地表岩溶形态为溶蚀剥蚀形成的残丘平原及缓丘谷地岩溶个体形态较少。碳酸盐岩浅埋区岩溶较发育,有溶孔、溶蚀裂隙及溶洞,地下岩溶随着深度的增加而减弱。

2.3 岩溶亚区特征

2.3.1 鲁中南中低山丘陵岩溶区半干旱岩溶区

该区位于沂源-蒙阴-滕州-微山一线以北,多年平均降水量600~800 mm,湿度系数0.43~0.57。溶蚀速度用陈治平(1985年) $D = 0.079P^{1.23}$ 公式计算平均为 $25.71 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,选择玉符河流域依据岩溶水文地球化学特征计算溶蚀速度为 $22.23 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。该亚区碳酸盐岩地层总面积为 $11\,421.5 \text{ km}^2$,其中裸露面积占总碳酸盐岩总面积的48.9%。

2.3.1.1 地表岩溶形态特征

(1) 宏观岩溶地貌

该亚区岩溶地貌形态有溶蚀剥蚀形成的岭山、崮山、丘陵、岭丘、缓丘谷地。以岭山谷地为主^[2]。一般为常态山,即有连续的山脊和完整的地表排水网。受构造影响,常构成单面山景观,也有溶蚀形成的溶沟田。

(2) 个体岩溶形态

溶痕:由于大气降水和坡面水流直接作用,在碳酸盐岩表面产生的微岩溶形态,该亚区碳酸盐岩表面的溶痕个体小,分布密度小,且浅。溶痕一般宽0.5~2 cm,深1 cm,长几厘米至十几厘米。

干谷:是岩溶地区干涸的或季节性有水的河谷。该区一些河流及其二级、三级支流,在其经过岩溶区的区段,多为漏水严重的干谷。如:济南玉符河东、西渴马以下地段、淄河“十八漏”、巴漏河等。淄河未修太河水库前,水库以下地段每日漏失量达26.13万 m^3 ,谷底堆积物为碳酸盐岩碎块或砾石。

岩溶泉:该区岩溶泉众多,其中流量大于1万 m^3/d 有23处。如:济南市的趵突泉、明水东麻湾泉、临朐的老龙湾泉等。

(3) 岩溶相关沉积物

石灰岩坡积角砾层为干旱、半干旱环境中,碳酸盐岩遭受机械风化作用的产物。由于该区干燥系数大于2.5,角砾砾径以3~10 cm为主,呈棱角状至次棱角状,厚30~50 cm至十余米。有的夹有粉砂土,呈透镜状,如:济南南郊涝坡庄东这类堆积物厚达1~2 m。

2.3.1.2 地下岩溶形态

地下岩溶形态有溶隙、溶孔、溶洞等,在构造、地貌有利部位易形成岩溶强发育带。该区岩溶强发育带有玉符河的西渴马—丰齐、济南闪长岩体与灰岩接触带、淄河大断裂带等。由于地下岩溶发育,在山前弱透水层、岩浆岩体或断层附近,出露很多岩溶大泉。该区岩溶洞穴约有200余个,以小型洞、渗流溶蚀类为主,洞内多天穹、竖沟,也有大中型溶洞,如淄博樵岭朝阳洞,洞内的化学沉积物种类多,个体大。这类洞穴是古溶洞,根据取石笋样进行铀系法测年,确定为大于35万年形成的。

2.3.2 鲁中南中低山丘陵区半湿润岩溶亚区

该亚区位于沂源—蒙阴—滕州—微山一线以南。多年平均降水量800~920 mm,湿度系数0.6~0.74。溶蚀速度用陈治平(1985年)的公式计算平均为 $31.71 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。该区选择新薛河流域依据岩溶地层总面积为8 582 km²,其中裸露面积占碳酸盐岩总面积的39.6%。

2.3.2.1 地表岩溶形态

(1) 宏观岩溶地貌

溶帽山(崮):山顶或接近山顶溶蚀残留的碳酸盐岩体,其下部为非可溶岩层。在溶蚀剥蚀作用下,形成似帽顶状的山体,这类帽顶山被称“崮”。沂水、沂南、蒙阴一带分布很多。该区溶蚀地貌形态有溶蚀丘陵、石丘洼地、溶沟田等。

溶蚀丘陵:由溶蚀作用形成的丘陵,分布在该区南部,起伏不大,没有山脊及沟谷。浑圆呈馒头状,山坡度小,相对高差50~150 m。

石丘洼地:该区仅有沂源唐家寨洼地,其周围呈浑圆石丘状,高程787 m,相对山下河谷230 m,洼地深为29 m,呈浅碟形,洼地内发育了大量的漏斗、落水洞。

(2) 个体岩溶形态

溶痕:该亚区灰岩表面溶痕处处可见,溶痕个体、密度均比I₁亚区大,溶痕之间呈光脊状,在缓坡地带发育成溶沟。

溶盘:由于藻类、地衣、苔藓等植物的有机酸及碳酸的溶蚀作用,碳酸盐岩表面产生的封闭式的微岩溶形态,深3~10 mm,直径5~20 mm,一般呈圆形或椭圆形。由于植物与气候有密切的关系,因此溶盘也是具有较好气候环境指示性的岩溶形态。

(3) 岩溶相关沉积物

土:为碳酸盐岩在湿热条件下长期遭受化学风化作用(即溶蚀作用)的产物。蒙山以南碳酸盐岩区广泛分布红土,其厚度几十厘米至2 m,在溶蚀洼地内红土厚度达2~3 m。

洞外钟乳石及钙华:在碳酸盐岩陡壁上或溶洞口上方,过饱和的水在藻类、苔藓等植物表面沉积碳酸钙而成,常具较高的孔隙度,并因植物的向光性而外斜。

含金刚石砾岩:见于蒙阴、平邑、费县、邹县、羊庄一带,标高500 m左右的剥蚀面上的溶沟、溶洞之中。成分以燧石、石英为主,并含玛瑙,含有一定量的金刚石。

2.3.2.2 地下岩溶形态

该亚区地下岩溶裂隙、溶孔、溶洞很发育,尤其在断裂带附近更为发育。在构造、地貌有利部位形成大泉,大于1万 m³/d 的泉有13处。

该区发现的岩溶洞穴有160余处,有的地段分布密度大,如:沂源土门地区溶洞密度达1.5个/km²,且大、中型均有。全充水及半充水溶蚀类溶洞较多,洞内指向流纹、波痕、天锅等均较发育。

2.3.3 鲁西残丘平原岩溶区半干旱岩溶亚区

该亚区多年平均降水量650~720 mm,湿度系数0.41~0.53,溶蚀速度为 $24.98 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。碳酸盐岩总面积为2 317.24 km²,裸露面积仅占总面积的2.4%,以隐伏碳酸盐岩地层为主。

2.3.3.1 地表岩溶形态

(1) 宏观岩溶地貌:该亚区岩溶形态较简单,仅有溶蚀剥蚀形成的缓丘谷地,缓丘属常态山,具有山脊、冲沟、山梁等形态。

(2) 岩溶个体形态:该区的溶痕个体小,密度小。

(3) 岩溶相关的沉积物:石灰岩坡积角砾层,由于该亚区气候干燥,碳酸盐岩在山麓地带有灰岩砾石层堆积,砾石具棱角,厚度0.5~1.0 m。

2.3.3.2 地下岩溶形态

该区隐伏寒武纪张夏组鲕状灰岩,岩层的溶隙、溶孔及溶洞较发育,但随着深度的增加溶蚀作用减弱。岩溶洞穴较少,洞穴多属渗流型,洞内常有碎屑堆积物,洞穴规模小,形态简单。

2.4 岩溶系统特征

研究区内岩溶系统较多,该文以济南单斜及羊庄盆地岩溶系统为例。

2.4.1 济南单斜岩溶系统

该区西起长清断裂,东以姚家庄—南垛庄为界,南至泰山山脉分水岭,北至石炭二叠纪砂页岩及闪长岩体。南部分布着太古宙变质岩,向北依次为寒武纪、奥陶纪碳酸盐岩地层,总面积 $1\ 668\ km^2$ 。其中碳酸盐岩面积为 $1\ 159.4\ km^2$, 占总面积的 69.5%, 为一单斜构造, 断裂发育, 地势南高北低^[3]。多年平均降水量为 648 mm, 年平均温度为 13.5℃。该系统宏观岩溶形态以溶蚀剥蚀形成的岭山、缓丘谷地为主, 一般为常态山, 受构造影响形成单面山。该系统内岩溶干谷、大泉和石灰岩质坡积角砾层的组合, 代表北方半干旱岩溶区特征^[4]。隐伏岩溶区岩溶裂隙、溶孔、溶洞及岩溶管道发育, 形成岩溶水良好的储水空间。地下水由南向北运动, 至济南市北郊遇岩浆岩体受阻富集形成著名的四大泉群。

2.4.2 羊庄盆地岩溶系统

该区西以官桥断裂为界, 南至枣庄断裂, 东及东北以地下、地表分水岭为界, 面积 $633\ km^2$ 。其中碳酸盐岩面积为 $571.4\ km^2$, 占总面积的 82.6%。区内地质构造复杂, 断裂发育, 碳酸盐岩以寒武系为主, 盆地腹部为奥陶系。地势东北高, 西南低, 多年平均降水量 864.4 mm, 年平均气温 13.6℃。该系统宏观岩溶形态的溶蚀剥蚀形成的岭山、崮山、丛丘、缓丘谷地及溶蚀作用形成的残丘平原。岩溶个体形态有较发育的溶痕、溶盘、地下暗河、解体程度较高的溶沟田, 洞内指向流纹、天锅、边槽及红土等的组

合, 代表半湿润岩溶区特征。该系统内地下岩溶也很发育, 岩溶水很丰富, 地下水流向西南盆地出口地段, 受官桥断裂上盘石炭二叠纪砂页岩的阻挡, 形成羊庄、魏庄泉群。

3 结语

研究区以沂水—蒙阴—滕州—微山一线为界, 北部属于半干旱气候, 南部为半湿润气候。北部宏观岩溶形态以常态山为主, 山麓堆积以灰岩为主的砾石层, 遍布干谷, 岩溶小形态溶痕少而且密度小; 南部宏观岩溶形态以溶帽山、溶丘为主, 地表遍布碳酸盐岩风化残余的红壤土层。岩溶小形态的溶痕个体大, 分布密度也大。因此, 岩溶的发育与气候环境密切相关。通过对山东岩溶分区及区域岩溶特征的研究, 首先认识到半干旱、半湿润气候区地表、地下岩溶形态及岩溶相关沉积物的差异性, 反映 2 种不同类型的岩溶组合形态, 岩溶发育形态与气候因素密切相关。

参考文献:

- [1] 袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1988.
- [2] 中国科学院地质研究所岩溶研究组. 中国岩溶研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [3] 成世才, 郭加朋, 马海会, 等. 泰安市岩溶地面塌陷动力诱导因素分析 [J]. 山东国土资源, 2009, 25(12): 42–45.
- [4] 贺可强, 刘炜金, 邵长飞. 鲁中南岩溶水资源综合类型及合理调蓄研究 [J]. 地球学报, 2007, (4): 369–374.

Primary Study on Karst Division in Central and South Part of Shandong Province

ZHAO Youmei, PENG Kai, LI Lan

(Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: According to differences of geology, climate and environment in central and south part of Shandong province, karst areas, sub-areas and karst systems are divided. From macro to micro, from surface to underground, the corrosion morphology to the accumulation of morphological characteristics are introduced in detail. Karst types are very rich in this area, including the combination of dry valleys, large springs, normal hill slope with limestone breccia accumulation on behalf of semi-arid karst areas, and combination of dissolution hill, dissolved mizoda, dissolution depressions, underground rivers, caves point to rhyolite, tin pot, side slot and red loam on behalf of sub-humid zone. Therefore, the study of karst division in middle and south China has important significance in the understanding of karst developing characteristics.

Key words: Karst division; topography; preliminary study; middle and south part of China