

罗锡宜, 韩庆定, 邹杰, 等. 佛山市高明区西江新城及周边岩溶发育规律探讨[J]. 华南地震, 2017, 37(2): 34–38. [LUO Xiyi, HAN Qingding, ZOU Jie, et al. Study of the Perturbations of Ionosphere over South China Associated with Heyuan Earthquakes[J]. South china journal of seismology, 2017, 37(2): 34–38.]

佛山市高明区西江新城及周边岩溶发育规律探讨

罗锡宜, 韩庆定, 邹杰, 易守勇

(广东省佛山地质局, 广东 佛山 528000)

摘要: 根据野外综合调查及钻孔资料, 分析了高明区西江新城及周边地区地质环境条件, 溶洞、土洞发育特征, 探讨了岩溶在水平面上及垂向上的分布特征及, 分析总结了研究区内岩溶发育规律及其控制因子, 为区内岩溶地面塌陷的研究与防治奠定了基础。

关键词: 西江新城; 岩溶; 发育规律

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2017) 02-0034-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.02.006

Study on Karst Development Law of Xijiang New Town and Surrounding Area in Gaoming District of Foshan

LUO Xiyi, HAN Qingding, ZOU Jie, YI Shouyong

(Foshan geological bureau of Guangdong province, Foshan 528000, China)

Abstract: According to the field survey and borehole data, the paper analyzed the geological condition of Xijiang new town in Gaoming and surrounding areas, karst cave, soil cave development characteristics, and discusses the distribution features and genesis of karst in the horizontal plane and vertical. In the end, the paper analyzed and summarized the research of karst development rule and its controlling factors, lays the foundation for the study in the research area of karst collapse.

Keywords: Xijiang New town; Karst; Development rule

收稿日期: 2017-04-23

基金项目: 广东省城镇典型岩溶地面塌陷防治研究项目(项目编号: 2016203)

作者简介: 罗锡宜 (1985-), 男, 工程师, 主要从事地质灾害研究工作。

E-mail: 106447836@qq.com.

0 前言

研究区形状狭长,东西最长处达 31 km,南北相距 21 km。地势自西南向东北倾斜。区内地貌单元主要有三角洲冲积平原及丘陵台地,平原区和河流占研究区面积的一半。区内海拔最高位于西南部明城镇浪伞,为 375 m,其余多为海拔 250 m 以下、坡度 10~45°的低缓丘陵。

研究区内可溶岩主要有早石炭世石磴子组(C_{1s})泥晶灰岩、微晶灰岩夹泥质灰岩、泥灰岩、含炭质灰岩等;早侏罗世金鸡组(J_{1j})砾状灰岩、灰岩质砾岩及晚泥盆世天子岭组(D_{3t})微晶灰岩、泥质灰岩、泥灰岩等。另外,在三洲盆地西缘及南缘的早白垩世三水组(K_{2ss})复成分砾岩地层中,母岩含碳酸岩块且钙质胶结,具有一定的可溶性。

研究区为北东向和北西向构造组成的构造格局,主要的构造有北东向明城隐伏复式向斜、长坑滑脱断裂带、桂田断裂组和北西向的西江断裂。主要特征如下:

(1) 明城隐伏复式向斜:呈北东向展布于研究区中部。向斜槽地全线被第四纪沉积层覆盖,地貌上为长条带状的北东向洼地。

(2) 长坑滑脱断裂带:呈北东向展布于研究区西-北部。断面总体倾向南东,上部倾角较陡,一般为 40~50°,向下变缓至 15°左右。

(3) 桂田断裂组:呈北东向展布于研究区东南部,区域上属恩平-新丰断裂的一部分,具有多期活动的特征,早期表现为压性断层,晚期表现为张性断层。

(4) 西江断裂带:呈北西向展布于研究区东部,沿西江分布,均为第四系所覆及西江迳流所占据。该断裂控制了珠江三角洲的西缘。

研究区内碳酸盐岩类裂隙溶洞水以 HCO_3-Ca 和 $HCO_3-Ca \cdot Mg$ 型为主。研究区由于受盆地地形及构造控制,岩溶水由南侧、西侧、北侧向平原区径流,最后在富湾镇、荷城街道一带排泄至西江。区内第四系覆盖层主要由残积土、第四系海陆交互沉积层或人工填土等组成,钻孔揭露厚度 0.9~47.0 m,局部厚度超过 50 m,为浅-中覆盖型岩溶为主,少数为厚覆盖型岩溶。

1 岩溶发育特征

1.1 溶洞

研究区共收集 474 个钻孔资料,其中 185 个

钻孔揭露 274 个溶洞,遇洞率 39.0%。溶洞大小不一,高度最大为 12.40 m,最小为 0.12 m,一般为 0.50~8.00 m,平均 2.47 m;溶洞一般有 1~3 层,个别达 4~9 层;线岩溶率 0.36%~91.30%,平均 31.91%。区内溶洞充填情况可分为 5 类:空溶洞、半充填砂溶洞、全充填砂溶洞、半充填粘土溶洞和全充填粘土溶洞。其中全充填粘土的占 47%;半充填粘土的占 23%;全充填砂的占 3%;半充填砂的占 2%;无充填的占 25%。

1.2 土洞

研究区有 45 个钻孔见土洞,遇洞率 9.5%。土洞主要发育于第四系底部土层与可溶岩接触部位,发育的岩性主要有粉质粘土、淤泥质土、细砂、中砂、粗砂、砾砂及残积粉质粘土等。区内土洞发育均为单层,土洞高度一般 0.20~13.0 m,最高可达 18.5 m。区内土洞呈无充填状态的占 40%;半充填状态的占 20%;全充填状态的占 40%。充填物质主要为流塑-软塑状粘土、粉质粘土,部分夹碎石或含少量圆砾和卵石,说明岩溶地下水活动强烈,其所在区域岩溶发育程度高。

3 岩溶分布特征

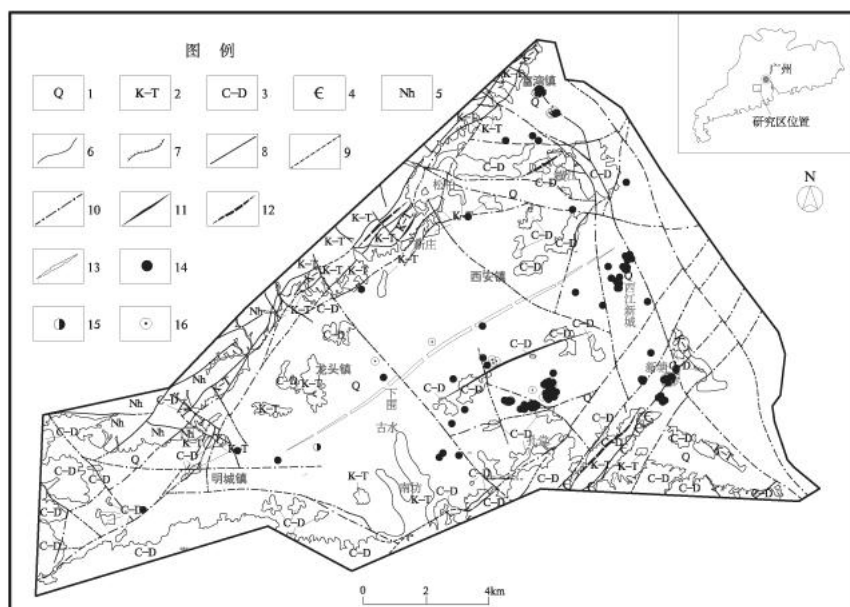
3.1 岩溶平面分布特征

研究区内,岩溶发育程度受地形地貌、构造、岩层走向、岩性界面等控制,具有以下特征(图 1)。

(1) 研究区呈北东向复式向斜、次级背斜和向斜互相间隔排列,从而可溶岩分布呈北东向带状展布特征。受可溶岩平面分布的规律性控制,岩溶迹线也呈北东向展布。如研究区中部平原区,岩溶具明显的北东向展布特征。褶皱构造的轴部是应力集中部位,结构面发育,受褶皱构造控制,岩溶多沿褶皱轴部发育;研究区内主要表现在北东向明城隐伏复式向斜轴部附近。

(2) 岩溶发育与断裂构造成正相关关系,断裂越发育,岩溶发育程度越高;如区内东南部高明纪念中学-荷城城区一线,为岩溶发育区,正好北东向桂田断裂组展布方向基本重叠;东北部富湾镇一带,沿北西向西江断裂带展布方向,正好为岩溶发育区域。

(3) 在可溶岩与其它岩性相接触的地层界面是地下水渗流通道,沿接触界面可溶岩岩溶相对发育。研究区北部明城镇陈村、中南部荷城镇三洲一带,在可溶岩与非可溶岩接触界面上,岩溶发育程度较高。



- 1: 第四系; 2: 白垩系-三叠系; 3: 石炭系-泥盆系; 4: 寒武系; 5: 南华系;
6: 整合地质界线; 7: 角度不整合地质界线; 8: 实测断层; 9: 推测断裂; 10: 隐伏断层;
11: 背斜; 12: 向斜; 13: 隐伏向斜; 14: 揭露溶洞钻孔; 15: 同时揭露土洞和溶洞钻孔; 16: 揭露土洞钻孔

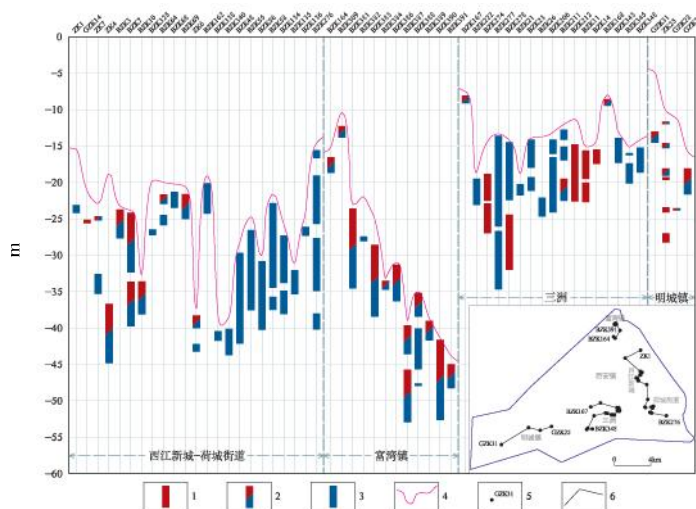
图 1 研究区内钻孔揭露溶洞平面分布图

Fig.1 The plane distribution of karst cave in the study area

3.2 岩溶垂向分带特征

在垂向上, 岩溶发育程度受地层岩性、构造、地下水水位、运移和地壳的差异性升降运动影响。经对钻孔揭露的可溶岩岩溶发育情况统计分析, 发现岩溶分布垂直分带性明显。区内岩溶发育深度自北向南、自东向西逐渐变浅, 如东北部富湾镇一带, 发育深度一般在-30~-50 m; 东南部西江新城-荷城街道一带, 发育深度一般在-25~-40 m; 中部三洲及西部明城镇一带, 发育深度一般在-

15~-25 m (图 2)。根据区内钻孔资料分析, 岩溶发育深度与第四系厚度变化呈正相关性, 即岩溶的发育深度与基岩面的埋藏深度密切相关, 而与可溶岩所处的海拔标高无直接关系, 说明溶蚀在第四纪以前就基本完成, 而且发育深度基本一致, 基底的差异升降, 导致了目前的垂直分带性。研究区内岩溶发育地带岩溶主要发育于基岩面以下 0~8 m 处(图 3), 从上而下逐渐减弱。



- 1: 空溶洞; 2: 半充填溶洞; 3: 全充填溶洞; 4: 基岩面曲线; 5: 揭露溶洞钻孔及编号; 6: 剖面位置

图 2 研究区溶洞垂向埋深及充填情况分布示意图

Fig.2 Diagrammatic sketch of vertical buried depth and filling distribution in the study area

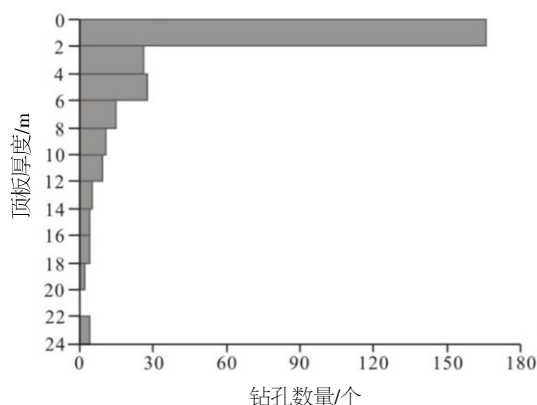


图3 岩溶与顶板厚度统计图

Fig.3 Statistics of karst and roof thickness

3 岩溶发育规律

3.1 岩溶发育与古河道的关系

古河床第四系一般较厚,含水量丰富,水流活动性强,地下水经常流动,对灰岩溶蚀后的溶液不易饱和,或者饱和了很快又变得不饱和,因而能够保持较高的溶蚀力^[1]。

研究区内具有4个第四系沉积中心,分别位于区内东北部富湾一带、中部平原地带高明河沿线、东部西江新城一带、西部明城镇一带。据沉积中心特点,结合钻孔揭露特征(以河流相沉积为特征)及现状地形地貌特征,认为这4个第四系沉积中心可能为古河道。其中富湾及西江新城一带,可能为古河道与西江的交汇口,而明城一带及高明河沿线可能为古高明河流域。

区内岩溶发育地带与古河道的分布具有较明显的关联性,古河道分布区域其岩溶发育程度均较高。

3.2 岩溶发育与地层岩性的关系

一般来说,石灰岩比白云岩易溶蚀,白云岩比硅质灰岩易溶蚀,硅质灰岩又比泥灰岩易溶蚀。质纯、含杂质少、厚层状灰岩对岩溶发育比较有利。从岩石的结构看,孔隙大而多的灰岩较有利于岩溶的发育。纯灰岩的刚性强,节理虽然稀疏,但裂隙开阔,长而深,透水性好,岩溶较发育;泥质灰岩刚性弱,节理虽密集,但裂隙紧闭,而且泥质灰岩经溶蚀后残留的粘土阻塞裂隙,透水性差,不利于岩溶的发育^[2]。

研究区内早石炭世石磴子组(C_{1s})岩性以中-厚层状泥晶灰岩、微晶灰岩为主。岩石质纯、含杂质少,多以中-厚层状为主,这些岩石特征对于岩

溶形成有利,区内共185个钻孔揭露溶洞,其中有175个钻孔属该组岩溶,占94.6%。晚泥盆世天子岭组(D_{3t})主要岩性为微晶灰岩、泥质灰岩、泥灰岩和粉砂岩泥岩,该组岩层一般呈薄-中层状,可溶岩中多含有泥质,岩石中节理多呈紧闭状,且多残留有粘土,透水性差,岩溶发育率较低,该组区内未见有钻孔揭露溶洞。富湾镇一带早侏罗世金鸡组(J_{1j})主要岩性为砾状灰岩、灰岩质砾岩,岩石呈厚-巨厚层状,砾石成分以灰岩为主,钙质胶结,其成因上属内碎屑碳酸盐岩,具有一定的可溶性。但由于其受北西向西江断裂带影响,该地岩溶较发育,且多以覆盖型岩溶为主,在富湾一带有10个钻孔揭露溶洞,占区内揭露溶洞钻孔总数5.4%。历史上已发生多起岩溶地面塌陷地质灾害。

3.3 岩溶发育与构造的关系

地质构造条件不但控制了区内可溶岩的空间分布和埋藏条件,而且控制了岩溶发育的强弱、方向和深度。

断裂带和褶皱轴附近岩溶均比较发育。研究区内以北东向和北西向为主导的构造格式,主要构造带有:北东向的桂田断裂组、长坑滑脱断裂带、明城隐伏复式向斜和北西向的西江断裂带。在断裂沿线及褶皱轴附近区域都曾发生岩溶地面塌陷地质灾害,如桂田断裂组沿线3处,西江断裂带沿线17处。

根据研究区内构造分布特征,再结合褶皱、断裂沿线钻孔揭露情况,可知桂田断裂组、西江断裂带及明城隐伏复式向斜共同作用或影响研究区的岩溶发育,导致在构造发育地带相对应的岩溶发育程度强,尤其是在不同构造的交汇位置岩溶更为发育。如位于西江新城一带明城隐伏复式向斜与西江断裂交汇处及荷村城区一带桂田断裂组与西江断裂带交汇处,均为强岩溶发育地带。

3.4 岩溶发育与地下水的关系

碳酸盐岩在纯水中溶解度很低,水中溶有CO₂时,其溶解度才显著增大。方解石在纯水中溶解度仅为11.5 mg/L,当水中含有1 mg/L的游离CO₂时,其溶解度急剧增至50~60 mg/L。研究区水化学类型主要为HCO₃-Ca和HCO₃-Ca·Mg型,HCO₃-含量为63.6 mg/L;游离CO₂含量0~8.8 mg/L^[3]。这是由于大气降水和河水不断补给以及径流条件好的结果。据本次工作所取31个水质分析样分析结果可

知,地下水游离 CO_2 在明城隐伏向斜展布方向区域较为富集,与岩溶发育程度具有正相关性。

在地下水补给区岩溶发育往往相对较弱,自补给区至径流区和排泄区,岩溶发育则逐渐增强。研究区内根据钻探揭露溶洞与已发岩溶地面塌陷分布特征以及研究区地下水补迳排条件,可知研究区内岩溶发育与地下水强径流带一致。研究区内富湾一带、中部明城隐伏复式向斜轴部及东南部荷城城区一带均为地下水强径流带或排泄区,其岩溶发育程度均较高。

此外,在第四系松散岩类孔隙水与下部碳酸盐岩类裂隙溶洞水联系密切地段,由于上下层地下水的连通性好,地下水的活动性增强,岩溶也相对更加发育。如在富湾一带,据钻孔揭露,与可溶岩上层第四系土层以砂类土为主,其透水性及富水性均较好,有利于第四系松散岩类孔隙水与下部碳酸盐岩类裂隙溶洞水的连通,岩溶发育条件较好,所以该片区岩溶发育程度较高。

3.5 岩溶发育与工程地质条件的关系

研究区内岩溶发育地带第四系底部土层以残积成因的粉质粘土以及中、粗砂为主。残积粉质粘土具有一定的粘性,但其中多含有粉细砂或碎石块,且裂隙较为发育,具一定的透水性;而中、粗砂层的透水性及富水性均较好。这些条件有利于地表水和第四系地下水垂直下渗,汇集于岩溶发育带,集中补给岩溶裂隙溶洞水。地下水向基岩垂直下渗补给,为岩溶的发育提供了充足的地下水补给水资源和良好的水动力循环条件。

5 结语

(1) 区内岩溶平面上分布受地形地貌、构造、岩层层面、岩性界线等控制;垂向上受地层岩性、构造、地下水水位、运移和地壳的差异性升降运动影响。

(2) 岩溶发育地带与古河道的分布具有较明显的关联性,古河道分布区域其岩溶发育程度均较高,如区内富湾及西江新城一带为古河道与西江的交汇口,同时,也是区内岩溶发育程度较高的地段。

(3) 地层岩性控制岩溶发育程度,灰岩岩石越纯,碳酸钙含量越高,岩溶越发育。如区内岩溶主要发育于层厚较厚、岩质较纯的石礞子组泥晶灰岩、微晶灰岩之中,而对于含有泥质或碎屑

成分较多的天子岭组、金鸡组灰岩,岩溶发育程度不高。

(4) 区内构造是控制岩溶发育的重要因素之一,在构造发育区域,岩溶相对较发育。在区内桂田断裂组、长坑滑脱断裂带、明城隐伏复式向斜及西江断裂带为主要岩溶发育地段。

(5) 地下水中游离 CO_2 及 HCO_3^- 的含量为岩溶发育的控制因素之一,其含量越高,地下水的溶解力就越强,岩溶发育程度越高。区内地下水的补给区,岩溶发育相对较弱,迳流区及排泄区,岩溶发育强度增加。

(6) 第四系土层底部岩性与岩溶发育具相关性,如果底部岩性为透水性及富水性较好的砂类土,其有利于第四系松散岩类孔隙水向下部基岩裂隙渗透,可以提供充足的补给水和良好的水动力循环条件,有利于岩溶发育。

致谢: 本文初稿完成后由本单位黄继春高级工程师进行审查,并给出了宝贵的修改意见,在此表示感谢!另外,感谢广东省城镇典型岩溶地面塌陷防治研究项目组全体成员,他们为本文的完成提供了重要的帮助。

参考文献:

- [1] 方国祥,郑建生. 广花盆地岩溶发育基本特征[J]. 热带地理, 1991, 11 (2): 144-151.
- [2] 郑小战,郭宇,戴建玲,等. 广州市典型岩溶塌陷区岩溶发育及影响因素[J]. 热带地理, 2014, 34 (6): 794-803.
- [3] 李铎. 淄河断裂岩溶发育规律探讨[J]. 河北地质学院学报, 1995, 18 (2): 123-128.