

Application of Quaternary Geology in the Construction of Sponge City—Taking Changde City as an Example

Yurui Cheng, Yifan Feng, Baofa Peng, Qian Li, Xu Lin*

College of Resources Environment and Tourism, Hunan University of Arts and Science, Changde Hunan
Email: *hanwuji-life@163.com

Received: Apr. 19th, 2019; accepted: May 3rd, 2019; published: May 10th, 2019

Abstract

With the acceleration of urbanization, the water problem in China's urbanization construction is becoming increasingly prominent, and the concept of "sponge city" emerges as the times require. In the process of site selection and construction, it's important to evaluate the geological structure, engineering geology, topography and Quaternary strata of the city. Under the background of implementing the project of sponge city in Jiangbei area of Changde City, in order to achieve the goal that the construction of sponge City radiates the whole urban area and then drives the construction of sponge city in county-level cities of Changde City, this paper, based on the description of the geological structure characteristics of Changde City, stands on the perspective of Quaternary geology, further improves the Quaternary Geological Environment Safety Assessment in Changde Area from the aspects of seismic safety and stability of strata. It will provide new reference for the overall sponge city planning and construction in Changde City in the future.

Keywords

Changde, Sponge City, Quaternary Geology

论第四纪地质学在海绵城市建设中的应用——以常德市为例

程钰瑞, 冯一帆, 彭保发, 李 芊, 林 旭*

湖南文理学院资源环境与旅游学院, 湖南 常德
Email: *hanwuji-life@163.com

*通讯作者。

收稿日期：2019年4月19日；录用日期：2019年5月3日；发布日期：2019年5月10日

摘要

随着城市化进程的不断加快，当今我国的城市化建设中水问题日益突出，“海绵城市”的理念应运而生。而在具体选址与建设过程中，无不需要对城市所在的地质构造、工程地质、地形地貌和第四纪地层状况进行前期的安全评价。在常德市江北城区实施开展“海绵城市”项目的背景下，为了达到海绵城市建设辐射整个城区进而带动常德市所属县级市的海绵城市建设的目标，本文在阐述常德市地质构造特征的基础上，站在第四纪地质学的角度，从地震安全性和地层稳定性两方面，进一步完善常德地区第四纪地质环境安全评价，为未来常德市整体的海绵城市规划建设提供新的借鉴性资料。

关键词

常德，海绵城市，第四纪地质学

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

第四纪一词(Quaternary)是1829年法国地质学家 Desnysers 所创立，是指 2.58 Ma 以来地球发展的最新阶段[1]。在第四纪地质时期，除了发生和出现过多次的寒-暖气候变化和大规模冰川活动以外，就是广泛堆积陆相沉积物，同时人类及其物质文明逐渐形成发展。人类社会正是在第四纪陆相沉积物上不断发展的，所以第四纪沉积物是人类社会赖以生存的基础之一：城市最初形成于河流中下游的冲积平原上；农业根植于各种松散第四纪沉积物表层发育的土壤；地表与地下的工业设施都以第四纪沉积物为基础；大量的地下水赋存于第四纪沉积物中，因而无论是过去、还是现在和将来，第四纪沉积物都是人类生产、生活的主要场所。尤其是城市，随着现在世界各国的城市化进程不断加快，越来越多的人从农村进入城市，加大了对城市环境承载力的压迫，这对当下城市化发展提出了更高的要求。这其中水资源问题尤为引人关注，这是因为当今中国的城市化建设中水问题非常突出，水资源短缺，供需矛盾加剧；水系不完整，河流自然特征丧失；水体污染，水环境严重破坏[2]。多表现为北方城市多面临水资源短缺和因过度开采地下水而导致的地下水位下降的问题，而南方城市则出现城市洪水、内涝问题，同时这些城市还共同面临着水质污染的问题，以及在快速的城市化建设中导致原有的水生物栖息地消失等问题。因而为了解决上述这些城市化问题，“海绵城市”的理念孕育而生。

形象的说来，“海绵城市”的理念是想借助于海绵的功能，在城市缺水的情况下，将“海绵体”里的水提取出来，缓解城市用水的压力；而在城市遭受洪水内涝的威胁时，发挥“海绵体”吸水的能力，短时间内排解城市的多余水体，从而对地表径流在城市部分的利用更加科学和高效。显然，这里的“海绵体”是涉及到各类以景观为载体的水生态基础设施建设[3]。海绵城市建设的本质是通过人工改变地表性质，控制雨水径流，使其地表径流尽可能达到未开发前自然状态，即恢复水生生态基础设施建设，也就是恢复“海绵体”。从而实现修复水生态、涵养水资源、改善水环境、提高水安全、复兴水文化的五位一体的目标[4]。在具体选址与建设过程中，无不需要对城市所在的地质构造、工程地质、地形地貌和第四纪地层状

况进行前期的安全评价。常德市在 2015 年成功入围全国首批海绵城市建设试点城市，但截止到目前仅在江北城区实施开展项目的推进。江北地区海绵城市的建设包括沅江以北的洞庭大道以南，长庚路以东的老城区部分，国道 G207 城区常德大道、柳叶路西段以南，桃花源路、芙蓉北路以东的新城区部分以及位于新城区东北面的常德大道以南，桃花源路以东的拟建区部分[5] (图 1)。

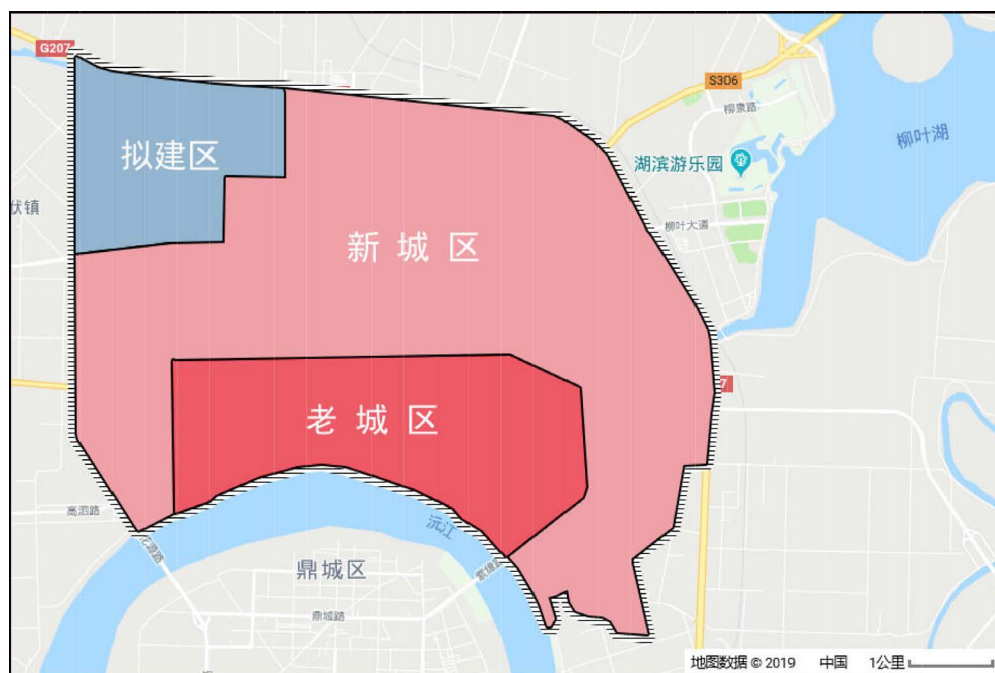


Figure 1. Urban development planning map of Jiangbei District of Changde City

图 1. 常德市江北城区城市发展规划图

在此背景下，如果要完成江北城区的海绵城市建设辐射整个城区，进而带动常德市所属县级市的海绵城市建设目标，尚缺乏系统的城市第四纪地质环境安全评价，这势必会阻碍常德市整体海绵城市建设的进度。因此，加强区域内第四纪地质环境安全评价，有助于更全面的认识城市所在区域内盆地和河流-湖泊的演化规律，预测其发展趋势，进而为海绵城市建设工程选址提供参考资料。因而，我们首次系统搜集研究材料对常德市第四纪地质环境进行安全评价，对未来常德市整体的海绵城市建设工作提供借鉴性资料。

2. 地理概况

常德，古称“武陵”，是湖南省中心城市之一，环洞庭湖生态经济圈核心城市之一，位于湖南省西北部，地处长江中游南岸，洞庭湖平原区的西部，介于 E110°28'10"~112°17'22"、N28°24'31"~30°7'53"之间，东西长 177 km，南北跨度 191 km，面积 18,189.8 km² (图 2)。东南部与益阳相接，西南部与怀化市毗邻，往西连通张家界，向北对接湖北省荆州市[6]。常德市现辖两区：武陵区、鼎城区，六县：安乡县、汉寿县、桃源县、临澧县、石门县、澧县，以及代管一县级市津市市。

常德市的地势由西向东倾斜，地貌类型以中山、中低山或低山-侵蚀剥蚀丘陵，岗地-流水堆积平原和湖积平原为主。常德市属于中亚热带湿润季风气候向北亚热带湿润季风气候过渡的地带[7]，雨量丰沛，年降水量 1200~1900 mm，但是多集中在 4~8 月，分布不均匀，暴雨天数多，容易发生洪涝灾害。全市河流密布，发育有沅江、澧水等大型河流，同时有西洞庭湖、珊瑚湖、目平湖和柳叶湖等主要湖泊。

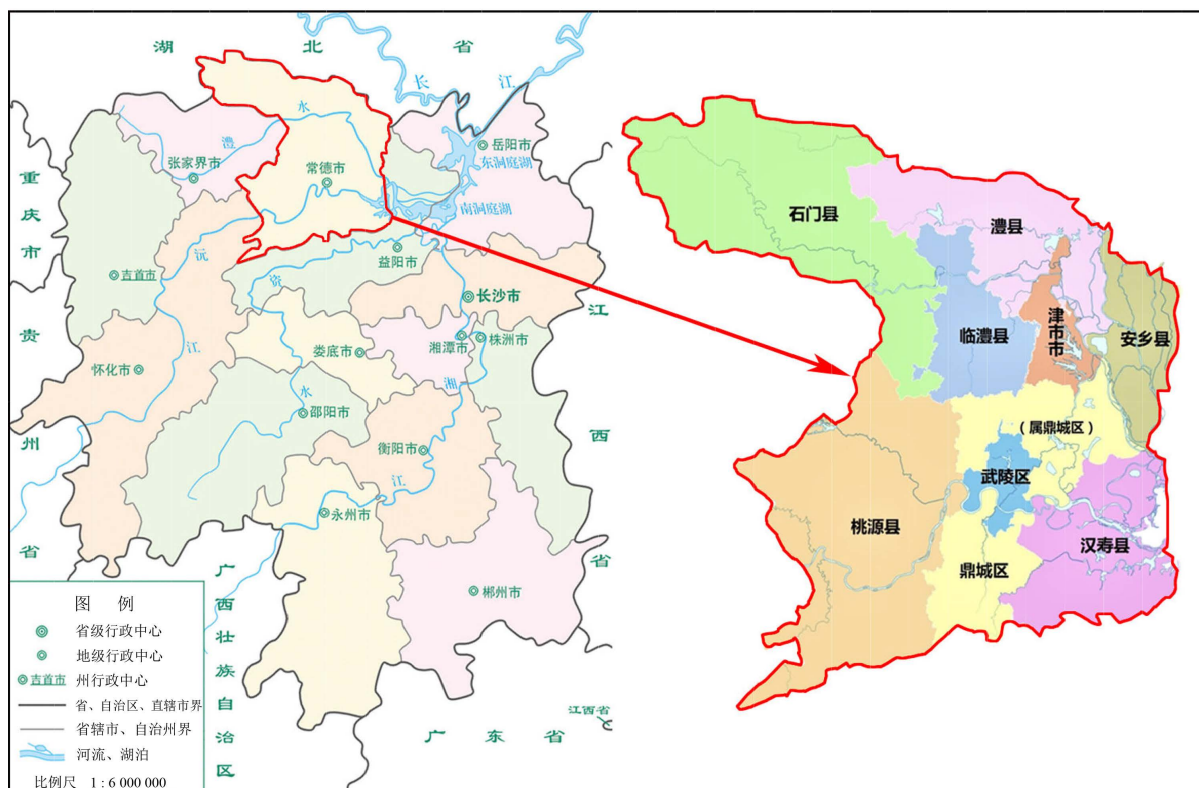


Figure 2. Geographical location and administrative division map of Changde city (according to the standard map of Hunan province)

图 2. 常德市地理位置与行政区划图(据湖南省标准地图改)

3. 常德市第四纪地质环境安全评价

第四纪地质环境是一个由岩体、地层、地下水三个主要部分组成的具有一定空间概念的客观实体,组成成分之间、系统内部与系统外部的大气圈、水圈、生物圈之间不断进行着物质和能量的传递和转换[8]。另一方面,正如上文所述的,海绵城市建设正是从水循环的各个方面出发,结合“渗、滞、蓄、净、用、排”六个关键字进行城市水安全的系统治理。

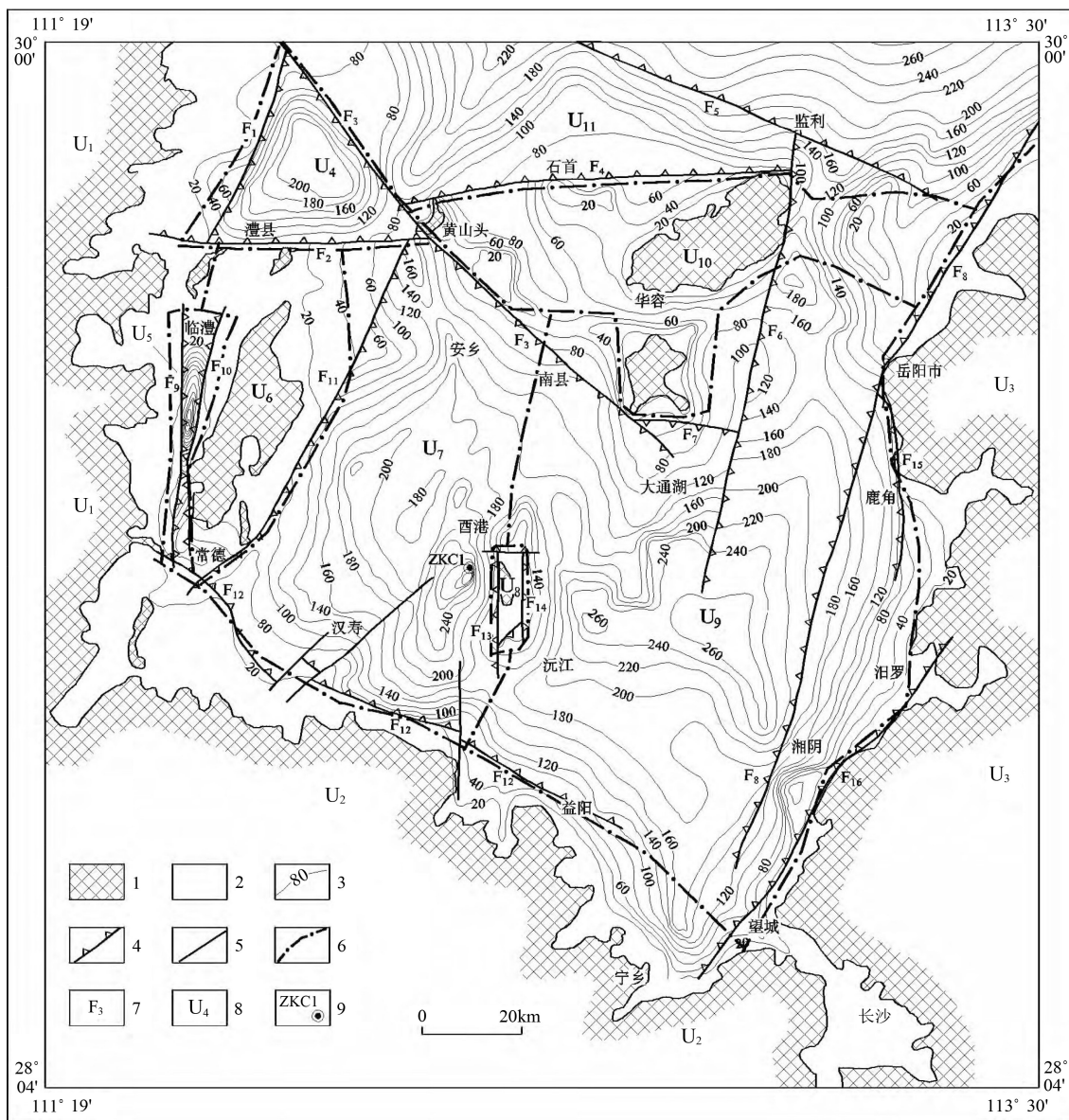
进而,本次第四纪地质环境安全评价从这些组成要素出发,针对海绵城市六位一体的治理措施及手段,主要考虑“海绵体”承载体的物性、包气带岩层岩性(即雨水入“渗”能力、地表“滞”留能力及雨水“净”化能力)、含水层储存空间(即储“蓄”雨水能力)以及区域地壳第四纪发生地震的可能性、地层的稳定性、地面下陷(即海绵城市建设诱发环境地质问题的可能性)等地质问题[9]。

3.1. 常德市第四纪地震安全性评价

常德市位于华南地震区,江汉地震带洞庭盆地的西缘。常德市地处三个不同大地构造单元的接壤地带,其地质构造复杂,活动断裂纵横交错,中部有太阳山断裂带自常德经临澧县至津市、澧县一带,北部有津市-石门澧水断裂,东部有汉寿-安乡-南县断裂,南部有常德-长沙断裂带以及陬市-桃花源断裂,西有漆河-陈家湾断裂等,具有孕育中强地震的地质构造条件,是湖南省重点监视防御区之一[10](图3)。

从常德市市区断裂带的分布特征和地震发生的地点来看,城区北面的太阳山一带北北东向断裂带,属新华夏系构造活动带,是区域内主要诱发地震的断裂。历史上有文献记载的最强烈地震发生在1631年(崇祯4年),震中在太阳山一带,烈度为8度,常德市区一带为7度[12]。震区主要活动构造——太阳山

断裂带的活动时代在第四纪、中更新世早期、中更新世和晚更新世中期等，断裂构造主要裸露在老地层之中，涉及最新的地层为中更新统，形迹主要隐伏在第四系之下，很难看到活动断裂形迹[13]。自1960年以来，常德市共发生地震27次，均小于4级，基本上无破坏性。目前在常德市分布的北北东向的渐水桥-杨家巷断层(F14)，北东向的赵家桥-杨武挡断层(F15)，郭家铺-斗姆湖断层(F16)，蜡烛铺-茅湾断层(F17)，北北西向的岗市-落路口断层(F12)，栗木桥-梅家挡断层(F13)，这些断层均为第四纪时期的活动断裂[14]。



1—四纪基岩出露区(包括华容隆起和太阳山隆起内的残坡积覆盖区); 2—四纪沉积区; 3—系等厚线及厚度值/m; 4—四纪早期控盆或控凹正断裂, 齿向下降盘; 5—四纪一般断裂; 6—四纪构造单元界线; 7—裂编号; 8—造单元编号; 9—护村 ZKCl 孔位置断裂名称: F₁—兴厂断裂; F₂—县断裂; F₃—县—黄山头断裂; F₄—首断裂; F₅—安-监利断裂; F₆—桥断裂; F₇—滋口断裂; F₈—湖湘阴断裂; F₉—公庙断裂; F₁₀—水断裂; F₁₁—家店断裂; F₁₂—德-益阳断裂; F₁₃—山隆起西断裂; F₁₄—山隆起东断裂; F₁₅—家湾断裂; F₁₆—城-石头铺断裂。构造单元名称: U₁—武陵隆起; U₂—雪峰隆起; U₃—幕阜山隆起; U₄—澧县凹陷; U₅—临澧凹陷; U₆—太阳山隆起; U₇—安乡凹陷; U₈—赤山隆起; U₉—沅江凹陷; U₁₀—华容隆起; U₁₁—江汉盆地。

Figure 3. Tectonic framework of the Dongting basin and its adjacent areas and isopach map of Quaternary deposits [11]
图3. 洞庭盆地与林区第四纪构造格局及第四系等厚图[11]

常德市水网密布,江、河、湖并存,沅江、穿紫河、柳叶湖三水穿城。江河、湖泊、湿地、水塘、水沟、沼泽等本应为海绵城市储蓄雨水的生态敏感区,随着城市化的快速发展,城市开发建设对局部水体的填埋,已被破坏或占用,自然水体系统循环不畅,难以满足海绵城市水循环的需要,这就促使调蓄池、生态滤池、地下蓄水池等人工生态湿地的应运而生,成为低影响开发设施之一,例如:常德市船码头泵站改造。而当进行人工湿地等“滞”“蓄”工程的改造或规划建设时,应充分考虑这些断层的分布位置,尽可能避免受其后期再活动的影响及诱发环境地质问题的可能;与此同时,合理利用地面下陷地区进行整治,使其成为吸纳径流,去污纳垢的人工湿地也可成为地质条件在海绵城市建设中的一大应用。

3.2. 常德市第四纪地层的稳定性评价

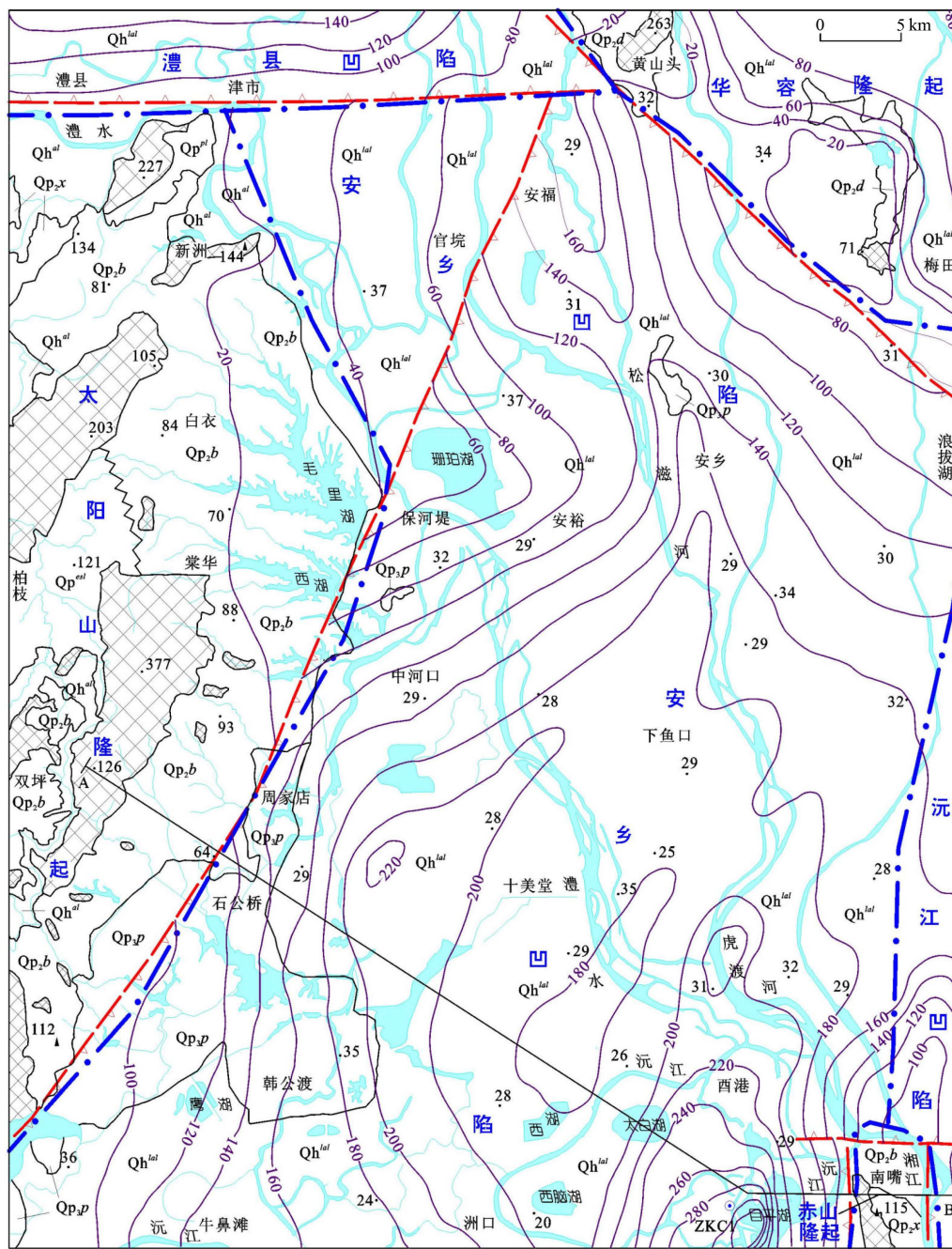
常德市位于洞庭湖平原西部的安乡凹陷南部。安乡凹陷内部第四纪沉积厚度变化较大,除了北部安乡异地厚度相对较大外,总体上北部厚度小,南部常德一带厚度大(图4)。

早更新世早期阶段,安乡凹陷发育一套杂色粘土、含粉砂粘土沉积,总体上属于河流与湖泊沉积。早更新世晚期主要为一套细-粗砂层、含砾沙层,夹粉砂质粘土,沉积环境为河流-湖泊和天然堤外侧洼地湖泊环境。中更新世凹陷内开始出现以河流沉积为主,湖泊沉积为辅的砂砾石层和粉砂粘土为主的沉积环境。晚更新世凹陷主要以砂砾石层、砂层和粘土、含粉砂质粘土沉积为主。全新统为粉砂质粘土、含粉砂质粘土[15]。常德-安乡盆地总体沉降物以灰白、灰绿、黄绿、灰黄、灰紫、降红色黏土为主,夹滨湖和冲湖积沙、砂砾、砾石[16]。结合现今地貌景观,确定沉积环境为泛滥平原中的河漫滩和湖泊沉积。

常德市市区的武陵区广泛分布杂色填土,主要由建筑垃圾、生活垃圾组成,有较多的砖瓦渣、煤灰,少量的砂卵石组成,一般下部含淤泥或淤泥质土,工程性质差。在德山一带零星分布,厚度在1~2 m,部分3~4 m,少有压实。在武陵区的西南门一带以及城区内河两侧,临江公园等地,分布有1~2 m不等的淤泥及淤泥质土,含水饱和到过饱和,土质很软,呈软-流塑状。德山一带广泛分布有杂色亚粘土,一般厚4~6 m,其土质固结紧,粘性好,含少量锰铁结核;同时区域内的二级河流阶地中还分布厚0.5~1 m的高岭土,该土层膨胀现象明显,浸泡后易变软。砖红色、紫红色、棕红色和黄褐色的粘土和亚粘土主要分布在德山等地的河流阶地中,厚度不稳定。在武陵区粉砂-细砂普遍分布,成分以石英为主,次为长石、云母等,下部以细砂为主,夹粉砂透镜体,砂层中一般含水饱和,一般厚1~2 m,在德山一带零星出露。圆砾-卵石层一般泥砂充填,部分地段夹砂层透镜,砾石大小混杂,2~4 cm者居多,在武陵区广泛分布,厚度在30~40 m,局部可能更厚。除此之外,城区第四纪堆积物之下,均为第三系剪家溪组紫红色、砖红色、灰绿色泥质粉砂岩、砂岩、砂砾岩等。

海绵城市建设各项措施的实施成效都与地质条件相关,从降水(大气水)形成地表产流(地表水),通过包气带入渗(土壤水)储蓄于含水层(地下水),再排泄于地表水的四水转化都是在与地质介质相互作用下进行的[17]。其中在“六位一体”海绵城市建设措施中,“渗、滞、蓄、净”四方面与地质条件的响应更为明显。

一方面,“渗”是指雨水的下渗能力。影响降雨入渗量的因素除降雨强度与降雨历时外,主要体现在包气带岩性、厚度和地下水位等地质条件,砂性土包气带透水性好,利于雨水入渗进入地下水;粘性土包气带透水性差,不利用雨水入渗进入地下水。包气带厚度小于潜水蒸发极限深度条件下,随着包气带增厚,降水入渗速率和补给量减小;包气带厚度大于潜水蒸发极限深度条件下,随着包气带增厚,降水入渗速率趋于稳定[18]。由上文沉积分布可知,常德市市区不同区域包气带岩性、厚度的不同导致了各区域雨水下渗能力大小不一,此外,城市化的不断发展导致地表下垫面不断硬化,降水难以入渗,多形成地表径流流入汇水区。



1——前第四纪基岩；2——控盆控凹正断裂，齿向表示下降盘；3——地质体界线；4——相变界线；5——第四纪构造单元分界；6——第四纪沉积等厚线及厚度值；7——单线河/双线河；8——湖泊和水库水面；9——高程点与高程值/山峰与高程；10——第四纪地质剖面位置；11——两护村孔位置及编号；Qp^{sl}——更新世残坡积；Qp^{pl}——更新世洪积。

Figure 4. Quaternary geological-geomorphologic sketch of Anxiang Sag and its periphery [15]
图 4. 安乡凹陷及周边第四纪地质地貌[15]

这就引出了另一方面的问题——雨水初期形成的地表径流中往往汇集了降水对城市地标冲刷形成的面源污染物[19]，如何“净”化这些水污染自然成为海绵城市的一大研究课题。硬质驳岸堵塞渗水通道，

阻隔了河水与土壤的水循环,也影响了河水的自净能力,常德市穿紫河流域海绵建设工程通过植被缓冲带、植草沟、下沉式绿地、屋顶绿化等手段,对面源污染进行一定处理,利用土壤滞留污染物、生物吸收污染物等净化手段,取得较大成效。但,其中土壤渗虑净化效果则与包气带岩性相关:单一粘性土的包气带,雨水虽不易入渗,但能吸附雨水中的污染物,土壤中的微生物也能降解雨水的有机污染物,而单一砂性土的包气带,不能吸附和降解雨水中的污染物,易使雨水中的污染物进入地下含水层,没有起到净化的作用[17]。

因此,由于常德市市区原来的沙洲、河漫滩、水塘、水沟、沼泽等分布较多,经过后来的改造,大部分都埋藏于地下,加上岩性变化复杂。不同的特定地质环境,出现了比较复杂的工程地质条件,海绵城市建设适宜性也截然不同,应通过地质条件不断考察,判定并圈定适宜建设区、控制建设区、不宜建设区等,进一步规划海绵城市的建设。

4. 结语

1) 海绵城市建设中“渗、滞、蓄、净”四方面与地质条件的响应较为明显,应根据地质条件的不同,采取不同手段,因地制宜地改造或开展海绵城市项目建设。

2) 复杂地质构造和大量断裂带是常德市海绵城市建设中必须充分考虑的重要因素,在建设前分析其诱发环境地质问题的可能。

3) 常德市特定的地质环境,出现了比较复杂的工程地质条件,海绵城市建设适宜性也截然不同,应通过地质条件不断考察,判定并圈定适宜建设区、控制建设区、不宜建设区等,对海绵城市的建设做进一步规划[17]。

基金项目

国家自然科学基金(41702178)与湖南省自然科学面上基金(2019JJ40198)共同资助。

参考文献

- [1] William R. Farrand, 何皎. 第四纪、更新世、全新世地层术语的来历[J]. 第四纪研究, 1991, 11(2): 178-189.
- [2] 李菊梅. 城市化进程中的水问题思考[J]. 河南水利与南水北调, 2010(3): 24-26.
- [3] 俞孔坚, 李迪华, 袁弘, 等. “海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划, 2015, 39(6): 26-36.
- [4] 章林伟. 海绵城市建设是中国城镇化转型发展的助推器[J]. 江苏建设, 2016(2): 57-60.
- [5] 张旖倍. 常德市海绵城市绿地系统建设初探[J]. 城市地理, 2016(20): 24-25.
- [6] 张旖倍. 基于 LID 的常德市“海绵城市”城市绿地改造设计研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2016: 50-51.
- [7] 盛雅静. 常德市公园绿地植物配置研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015: 14-16.
- [8] 汪留洋, 傅荣华, 吴亚子. “地质环境”与“地质环境评价”[J]. 甘肃水利水电技术, 2013, 49(1): 50-53.
- [9] 安守林, 黄敬军, 张丽, 等. 海绵城市建设下城市地质调查工作方向与支撑作用——以徐州市为例[J]. 城市地质, 2015(4): 6-10.
- [10] 高健. 常德市城镇建设用地优化研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2010: 13-15.
- [11] 柏道远, 马铁球, 王先辉, 等. 1:25 万常德市幅区域地质调查主要进展及成果[J]. 中国地质调查, 2014, 1(2): 1-6.
- [12] 董瑞树, 周庆, 陈晓利, 等. 1631 年湖南省常德地震的再考证[J]. 地震地质, 2009, 31(1): 162-173.
- [13] 肖和平, 陈学良. 1631 年常德地震与太阳山断裂带活动性分析[J]. 国际地震动态, 2008(11): 49.
- [14] 罗国平. 常德市城区工程地质特征[J]. 湖南地质, 1992(1): 61-66.
- [15] 柏道远, 李长安, 马铁球, 等. 第四纪洞庭盆地安乡凹陷及西缘构造 - 沉积特征与环境演化[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(2): 120-129.

-
- [16] 陈渡平, 李长安, 柏道远, 等. 洞庭盆地第四纪地层格架初拟[J]. 地质科技情报, 2014, 33(1): 67-73.
- [17] 黄敬军, 武鑫, 姜素, 等. 海绵城市建设的地质影响及适宜性评价——以徐州为例[J]. 地质论评, 2018, 64(6): 160-168.
- [18] 张光辉, 费宇红, 申建梅, 等. 降水补给地下水过程中包气带变化对入渗的影响[J]. 水利学报, 2007, 38(5): 611-617.
- [19] 韩冰, 王效科, 欧阳志云. 城市面源污染特征的分析[J]. 水资源保护, 2005, 1(2): 1-4.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ojs@hanspub.org