中国城市地质发展历程与特点
——兼谈惠州城市地质发展前景

王慧军[1)],张晓波[2,3)],李海龙[3)],葛伟亚[4)],陈尚斌[1)]
1)中国矿业大学资源与地球科学学院,江苏徐州,221116;
2)中国地质大学(北京),北京,100083;3)中国地质科学院,北京,100037;
4)中国地质调查局南京地调中心,南京,210016

内容提要:城市地质研究的缺失或滞后是阻碍城市发展的瓶颈之一。本文根据CNKI数据库中城市地质相关论文产出特点,结合城市化发展历程,将我国城市地质研究进程分为"蹒跚起步"、"夯实基础"、"摸清家底"、"全面发展"和"精准研究"五个阶段。结合惠州市城市发展中存在的问题,认为未来城市地质的发展应基于多因素城市地质综合调查,通过多学科融合,围绕城市地质安全、城市地质灾害监测、城市地质资源环境承载力评价、国土资源开发适宜性评价、城市地下空间资源开发利用及城市三维地质建模进行深入研究,为城市发展规划提供地质依据。

关键词:城市地质;发展历程;文献分析;惠州;综述

中国城市化进程不断加快,城市人口迅速增加,城市规模不断扩大,人类活动对地质环境的影响与日俱增,城市选址安全底限、城市发展规模上限、城市发展可持续性等与城市有关的地质问题日益突出,直接影响和制约着城市的进一步高质量发展(郭培国等,2014;孙璐等,2014;程光华等,2018;卫万顺等,2018;赵志斌,2018;郑桂森,2018),随着城市化的发展,许多城市地质问题随之而来。全国313个地级以上城市均存在不同类型的城市地质问题或隐患;京津冀、长三角、珠三角等大型城市群中,有21个城市土地开发强度已经超过30%的国土开发国际警戒线,有14个城市处于20%~30%之间的过度开发状态,中西部部分城市也开始出现国土开发过度的现象(林良俊等,2017),新时期城市地质研究迫在眉睫。本文基于CNKI文献库城市地质相关论文,分析我国城市地质研究现状,梳理中国城市地质的研究历程,系统阐述城市地质的主要内容与特点,并以广东省惠州市城市地质发展为例,展望我国城市地质的发展前景,为我国城市地质研究提供参考依据。

1 城市地质文献特征

1.1 城市地质文献的分布

根据中国知网(China National Knowledge Infrastructure,CNKI)中国期刊全文数据库系统检索,自1979年该数据库收录有国内城市地质相关文献以来,至2018年共收录1139篇城市地质相关文献,其中1979年至1989年共收录63篇,年均仅约6篇;1990年至1999年共收录104篇,年均约10篇;2000年至2009年共收录385篇,年均38.5篇;2010年至2018年共收录587篇,年均约65篇(图1)。从论文发表数量上看,2002年是一个显著的时间节点,之前论文总量、年平均量均处于较低水平,之后总量和年平均量均迅速增长。

城市地质文献的激增与我国城市化进程有着密切联系。2000年10月中共中央在"十五"规划中建议:"随着农业生产力水平的提高和工业化进程的加快,中国推进城市化条件已渐成熟,要不失时机实施城镇化战略。"推进城市化的政策导向,促进了城市地质的研究及其成果的发表。2010~2018年我国正处于城镇化发展的中后期,以集群发展为主,"一

注:本文为惠州多要素城市地质调查项目(编号:DD20190287)和中央高校基本科研业务费专项(编号:2017CXNL03)的成果。
收稿日期:2019-04-16;改回日期:2019-06-13;责任编辑:章雨旭。Doi:10.16509/j.georeview.2019.05.012
作者简介:王慧军,男,1994年生,硕士研究生,主要从事城市地质学习和研究,Email:wanghuijun@cumt.edu.cn。通讯作者:张晓波,男,1982年生,高级工程师,主要从事城市地质与资源环境承载力评价研究与管理工作;Email:Zhangxiaobo@cags.ac.cn。通讯作者:陈尚斌,男,1983年生,副教授,博士生导师,主要从事非常规能源地质研究与教学工作;Email:shangbinchen@163.com。

网数带数十城市群、数百都市区、数千城市、数万小镇”的城市体系逐渐形成,快速的城市化进程与城镇化发展导致了多种类型的城市地质问题,基于此背景,一系列城市地质理论研究和实践验证性文献迅速增长,成为这一阶段城市地质文献数量激增的主要原因。但在 2010~2018 年阶段中存在一个文献谷值区,即 2011 年至 2013 年(图 1),论文发表数量由 62 篇降至 40 篇左右,降幅达 35%。这是由于 2011 年地勘单位事业改革逐步进行,受到宏观经济影响,矿业经济发展进入低谷,地质行业投入下降,国内地质行业市场遇冷,导致这一阶段地质行业成果产出较少,发文量也随之减少。

1.2 城市地质文献的主题

关键词是反映文献主题的核心。对文献关键词进行分类分析(图 2),其中地质灾害、城市地质、城市地质环境三类主题的总占比近 50%,地质灾害为主题的文献占比最高,达到 26.29%,表明地质灾害研究一直处于城市地质研究的重要地位。

2000 年以前有关“地质灾害”的文献年均发表数量仅 0.9 篇,2000~2010 年年均 8.6 篇,2010 年之后年均 14.5 篇,文章发表数量呈上升趋势,与城市地质文献总体数量特征趋势相同。以“城市地质”为主题的文献,2000 年以前年均文献发表数量为 1 篇,2000~2010 年年均 4.7 篇,2010~2018 年年均5.7 篇,与前述趋势相同。其他主题的文献趋势特征也与之相似,表明文献主题及关键词分布变化与城市化发展进程紧密相关。

1.3 文献反映的城市地质阶段性

城市地质文献存在显著的阶段性,2002 年以前为起步阶段,2002 年至 2010 年为快速发展阶段,2014 年后为信息化高速发展阶段。这三个时间段与我国城市化发展的初期、中期及中期加速阶段相对应,可见城市地质的发展始终与城市化发展相伴。

2002 年以前,大致分为两个阶段,1979~1989 年和 1990~2001 年。1979~1989 年,城市发展水平低,区域地质问题及水资源供应问题突出,此阶段主要开展区域地质调查和城市水源勘查。1990~2001 年城市发展速度加快,国土资源及城市地质灾害问题开始受到关注,此期间以国土资源调查及区域地质调查为主。2002 年以后,随着环境问题加剧,城市地质工作开始更多关注环境问题。2010 年后,超大城市和特大城市涌现,城市规模扩大,人口增多,城市化进程加快,城市化比例增高,此阶段开始构建地质三维模型及开展地下空间评价研究。

2 城市地质发展的时代背景

城市化水平(城镇化水平)由城镇人口占总人

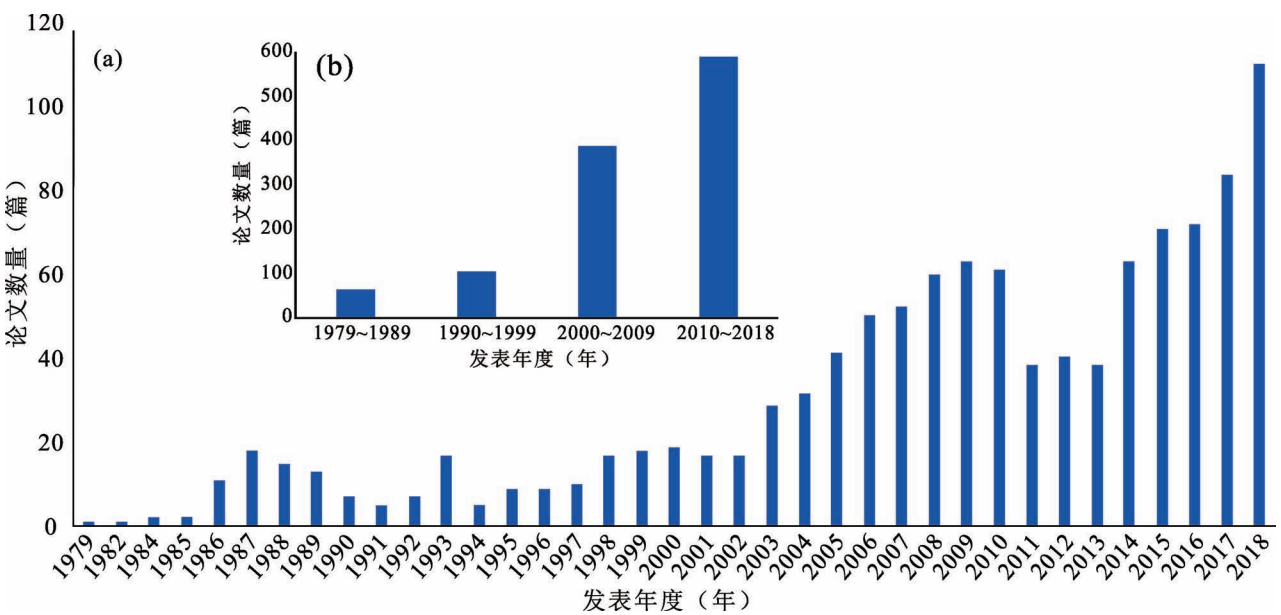


图 1 文献发表年度与文献数量关系图:(a)1979~2018 年城市地质相关文献发表数量;(b)按本文划分的阶段为区间,各时间段城市地质相关文献发表数量

Fig. 1 The relationship between the year of publication and the number of literatures: (a) The relationship between the number of publications on urban geology in each year from 1979 to 2018; (b) the relationship between the number of publications of relevant literatures on urban geology and the intervals according to the stage of this paper

口的比重表示,我国城市发展过程中,城市化水平的变化表现为本地区城镇常住人口占该地区常住总人口的比例即城市化率(城镇化率)的变化。建国后我国城市化发展大体可分为三个阶段,即 1949~1957 年的平稳发展阶段,1958~1978 年的时起时落阶段和 1978 年至今的不断上升阶段(周文, 2009)。

建国初三年恢复时期以后,我国进入了"一五计划"的大规模工业化建设和城市建设时期,借鉴和学习"苏联模式",采取"重点建设,稳步前进"的城市发展方针(李秉仁, 2008; 李浩, 2015; 周明长, 2004; 庄育勋等, 2010),城市化率由 10.6%增长至 15.4%,城市化水平借助工业化的推动稳步提升。

1958~1978 年城市发展时起时落。1958~1960 年,农村人口大量涌入城市,三年间城市化率由 15.4%增至 19.7%,进入困难时期后城市化率又降低至 17.98%。1961 年党中央提出"调整、巩固、充实、提高"的城市发展方针,城市化水平有所回升。"文革"时期城市规划基本停滞,并受"上山下乡"及"下放"影响,城市化率明显下降,城市化发展受到严重冲击(钟玲, 2004; 庄育勋等, 2003),城市化水平徘徊在 17%左右。

1978 年至今,我国城市化进入稳步增长阶段,工业化发展和一系列改革措施推动了城市化发展。1978~2000 年的 22 年间,城市化水平由 17.9%提高到 36.2%,年均增长 0.8 个百分点,是世界平均增长水平的 2 倍多;2001~2010 年,城市化率由 37.6%增长至 47.5%,年均增长 1.1%;2011~2018 年,城市化率由 51.3%增长至 59.6%,年均增长 1.2%。自 1978 年起,我国城市化水平不断提高,增速处于较高水平。除城市化率外,城市发展开始结构性调整,如将北京非首都功能向外转移、设立雄安新区以及京津冀一体化等一系列举措。

3　城市地质发展的阶段性及其特点

城市地质的发展历程大体可分为五个阶段,各阶段成果及标志性事件如表 1 所示。过去的 50 年间,城市地质工作获得了长足的发展,但各个时期都有其局限性,分析各时期的局限性,有助于今后城市地质的发展。

3.1　第一阶段(蹒跚起步):20 世纪 50~70 年代

中国与发达国家相比,城市地质工作起步较晚,但发展较快。20 世纪 50 年代至 70 年代,以基础地

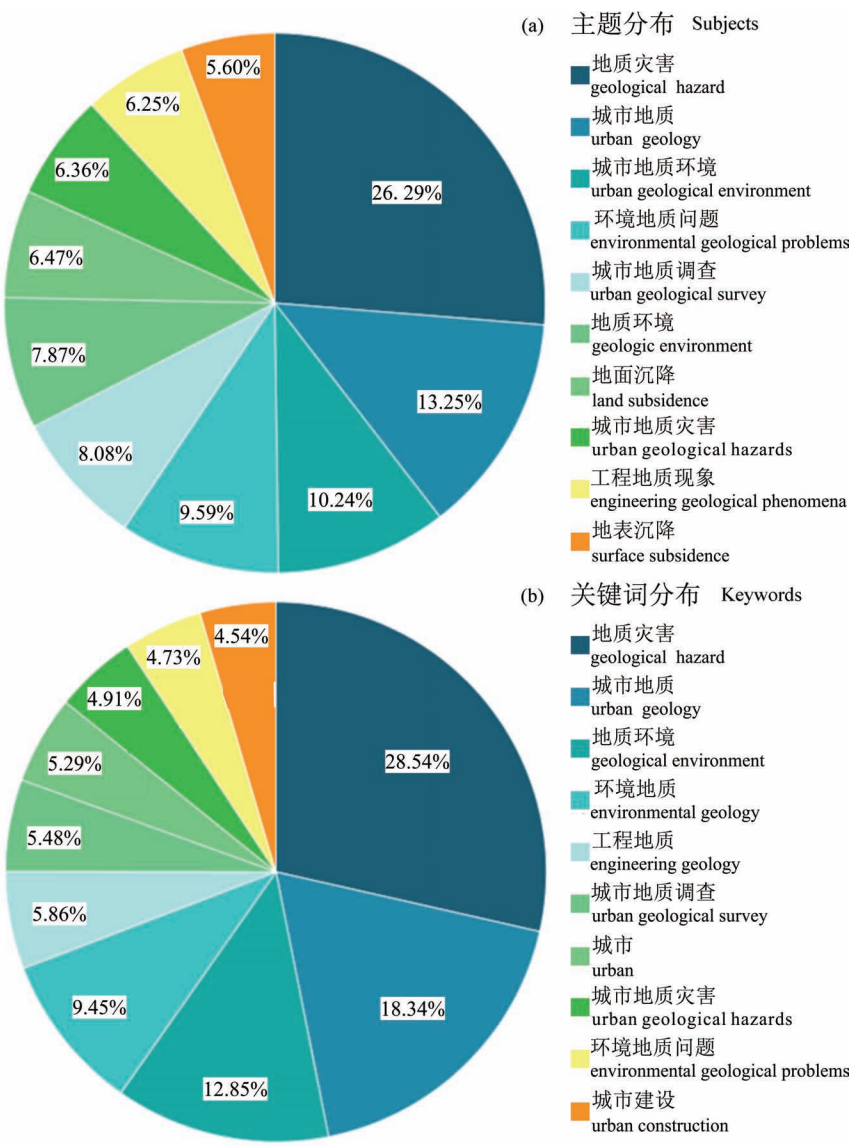


图 2 文献主题及关键词分布饼状图
(以文献主题及关键词出现频次排前十者之和为总体)

Fig. 2 Literature topics and key words distribution pie chart (Taking the sum of the top ten in the frequency of the occurrence of literature topics and keywords as a whole)

表 1 城市地质发展各阶段标志事件、成就

Table 1 Symbolic events and achievements in different stages of urban geological development

发展阶段	时间	标志性事件	主要成就
第一阶段	1979 年以前	a. 20 世纪五十年代,在北京、西安、包头、石家庄等城市开展了供水水源地勘查、地下水开采和动态监测工作; b. 1956 年实施《上海市深井管理办法》; c. 六、七十年代,开展了多种比例尺的区域性水文地质、工程地质、环境地质调查、地面沉降评价等工作; d. 1964 年召开全国性地面沉降学术讨论会; e.1965 年中国地质学会第一届全国水文地质工程地质学术会议	a. 查明了地下水的形成条件、分布规律,掌握了地下水的补给、径流、排泄条件和水文地球化学特征,并对地下水资源进行了评价; b. 建立了全国重点城市、重点地区的地下水动态监测站
第二阶段	1979~1989 年	a. 1983 年,北京市政府、地矿部、城乡建设环境保护部联合开展了北京地区航空遥感方法调查,拉开了我国大规模城市地质工作的序幕; b. 1986 年,地质矿产部与城乡建设环境保护部共同组织召开了“全国城市地质工作会议”; c. 编制了《城市地区 1∶5 万区域地质调查的理论和方法》; d.1987 年,成立了中国地质学会环境地质专业委员会并召开学术交流大会	a. 完成了长江黄河流域、17 个国土综合开发重点地区、21 个沿海开放城市、80 多个严重缺水城市以及京津沪等 75 个主要城市的调查工作; b. 出版了《中国 2000 年城市地下水资源及环境地质问题预测报告》; c. 完成了 130 多个城市的 1∶5 万区域地质调查工作
第三阶段	1990~1999 年	a. 1996 年发布了《上海市地面沉降监测设施管理办法》以保护地面沉降监测设施; b. 利用“3S”技术进行城市地质工作成为新一轮国土资源调查的主流工作模式; c. 1990 和 1998 年分别在上海和天津召开了全国性地面沉降学术讨论会议; d. 1999 年,将城市地质调查作为国土资源大调查的一项主要任务; e. 九十年代末,开展了“西北地下水计划”	a. 基于“3S”技术建立了 GIS 平台上的地质信息空间数据库和信息系统,调查省会级城市的环境地质问题,划分环境地质类型,并建立了与地质信息配套的 GIS 数据库和各类图件; b. 在西部干旱地区开展的找水工作,极大地缓解了当地的人畜用水紧缺问题,取得了明显的社会效益
第四阶段	2000~2009 年	a. 2002 年,“东部城市集中区立体填图试点工作研讨会”在南京召开; b. 2004~2012 年,开展了全国主要城市环境地质调查; c. 2004~2009 年,进行了三维城市地质调查; d. 自 2005 年起,在西南山区、湘鄂桂山区、西北黄土地区等地质灾害频发地区,开展了 1∶5 万地质灾害详查,覆盖 151 个县级城市; e. 在华北平原、汾渭盆地、长江三角洲等地区开展了大量地面沉降监测工作; f. 在各类重大工程区和城市群进行了区域地壳稳定性评价及活动断裂调查; g. 在全国范围内对土地质量和地下水污染情况进行了调查	a. 完成了 6 个城市的三维地质调查试点工作; b. 建立了三维可视化城市地质信息管理决策平台和城市地质信息服务系统; c. 初步查明了我国城市地质环境状况; d. 查明了徐州、广州、长沙、武汉等易发生岩溶塌陷的城市岩溶塌陷现状和成因; e. 建立了地面沉降监测网络
第五阶段	2010 年至今	a. 2010~2015 年,开展了京津冀、长三角、珠三角等重点城市群综合地质调查工作; b. 2014 年,国务院印发《国家新型城镇化规划(2014~2020 年)》; c. 2016 年,住房城乡建设部编制了《城市地下空间开发利用“十三五”规划》; c. 2017 年,国土资源部发布《关于加强城市地质工作的指导意见》; d. 2017 年,国土资源部又发布了《城市地质调查规范》、《地下水监测网运行维护规范》及《区域地下水质监测网设计规范》三项行业标准; e. 2017 年,中国地质调查局在全国城市地质调查工作会议上正式发布了《城市地质调查总体方案(2017~2025)》	a. 建立了各城市第四纪地层的三维地质结构、工程地质结构与水文地质结构,开展了区域地壳稳定性评价、建筑场地适宜性评价,科学评价了地下空间开发利用的适宜性程度,系统提出了地下空间开发利用过程中可能遇到或诱发的地质问题的防治对策和措施,建立了城市地质调查的技术规范和技术方法体系; b. 明确了未来城镇化的发展道路、主要目标和战略任务

质调查为主,侧重于工程地质及水文地质调查。50 年代,在华北地区进行了水文地质条件的初步研究(陈梦熊, 1957; 方鸿慈, 1957);对黄河部分区段堤坝进行了工程地质评价(冯景兰, 1951);在北京、西安、包头、石家庄等城市开展了侧重于水文地质的供水水源地勘查、地下水开采和动态监测工作(陈静等, 2009; 冯小铭等, 2003; 侯惠菲等, 2004; 罗国煜等, 2004; 唐辉明, 2006)。60~70 年代,开展了

多种比例尺的区域性水文地质、工程地质、环境地质、地面沉降工作。1965 年 3 月,中国地质学会在北京召开了第一届全国水文地质工程地质学术会议,划分了区域水文地质、编图及水化学组(第一届全国水文地质工程地质学术会议秘书处, 1965)。上海市自 60 年代开始开展地面沉降勘查,70 年代初,地面沉降机理和防治方面取得了突破性进展;全国重点城市、重点地区的地下水动态监测站开始建立(冯小铭等, 2003)。这一时期既是国内城市发展的起步阶段也是城市地质工作的起步阶段。

我国城市地质概念引入较晚,城市规划建设之初未进行相关调查,导致在城市扩张阶段引发一系列问题。城市发展之初主要由工业化发展推动,因此这一阶段城市地质的主要功能是服务于工业化基础设施建设的工程地质、水文地质等基础地质调查。

3.2　第二阶段(夯实基础):20 世纪 80 年代

20 世纪 80 年代,在配合城市发展要求的基础上,城市地质重点研究了城市水资源供给、地质资源利用及环境地质问题,产出了一系列基础理论成果和图件,为之后的城市地质发展奠定了坚实基础。

此阶段开展了地下水资源、城市环境地质、地下水污染、地面沉降等工作,同时开展了大量的区域调查及基础地质调查,为城市规划建设提供了重要的地质背景资料,保障了经济发展的有序进行。1983 年,北京地区开展了航空遥感调查,拉开了我国大规模城市地质工作的序幕。1985 年天津地矿局将 Robert F. Legget 编著的《Cities and Geology》译成中文,扩大了城市地质工作的影响(罗国煜等, 2004;王学德, 2006)。1986 年 7 月地质矿产部与城乡建设环境保护部组织召开了“全国城市地质工作会议”,出版了《中国 2000 年城市地下水资源及环境地质问题预测报告》,并编制了《城市地区 1/5 万区域地质调查的理论和方法》(高亚峰和高亚伟, 2007; 唐辉明, 2006)。1987 年,成立了中国地质学会环境地质专业委员会,并在北京召开了学术交流大会(王芸生, 1987)。至“七五”计划末,共完成 130 多个城市的 1∶5 万区域地质调查工作(李烈荣等, 2012; 孙培善, 2004)。

该时期城市地质工作以水文地质、工程地质和环境地质为主要工作内容,侧重于水文地质及环境地质,并成立了中国地质学会环境地质专业委员会(王芸生,1987),反映出当时对城市地质调查工作的需求、目标及内容的认识还较为局限。一些学者对此进行了详细的阐述,如孙培善(2004)的专著《城市地质工作概论》、郑铣鑫(1989)的《城市地质工作研究现状及趋势》、周平根(1998)的《环境地质工程:环境地质学与工程的结合》、侯惠菲等(2004)所作《城市地质调查内容及其发展》、王孔忠(2003)的《城市地质工作的需求与目标》等。

3.3　第三阶段(摸清家底):20 世纪 90 年代

20 世纪 90 年代,开展了以城市为中心的水工环综合调查,并在全国范围内进行重大地质灾害整治行动,结合“西部大开发”实施了“西北地下水计划”等重大项目,基本完成了全国范围内以地质灾害调查为主的 1∶50 万环境地质调查评价(殷跃平, 2002)。随着可持续发展理论的影响和计算机技术的广泛使用,基于“3S”技术建立了 GIS 平台上的地质信息空间数据库和信息系统,利用“3S”技术开展城市地质工作也成了新一轮国土资源调查的主流工作模式(陈华文, 2004; 杜子图等, 2005; 冯小铭等, 2003; 郝爱兵等, 2017a; 何中发, 2010; 李友枝等, 2003; 罗跃初和郝爱兵, 2011; 孙培善, 2004)。长江三角洲、北京地区、环渤海经济区以水土污染、地下水可持续利用、地面沉降、废弃物处置为主要工作内容,开展了地下水资源和环境地质调查评价工作。长三角城市群、天津、西安等城市在地面沉降研究方面也取得了不同程度的进展。1964、1980、1988、1990 和 1998 年分别在上海和天津召开了五届全国性地面沉降学术讨论会议,推动了地面沉降理论研究的发展(杜子图等, 2010; 翟刚毅等, 2010)。1999 年,将城市地质调查作为国土资源大调查的一项主要任务,中国地质调查局先后在北京、上海、杭州等地开展了城市地质调查试点(郝爱兵等, 2017b; 李万伦, 2005)。1990 至 1999 年的十年间,结合“3S”技术对国土资源、地下水、环境地质开展了进一步的调查工作,为城市管理者的决策提供了更为精准详实的参考数据。

本阶段城市地质工作的技术手段有了显著提升,但因缺乏系统的工作体系、明确的调查标准以及战略性规划,城市地质工作局限于借助 3S 技术手段进行相对传统的国土资源调查评价、环境地质调查和环境地质类型划分等工作。本阶段城市化的发展落后于工业化的发展,工业化带来的效益未能促进城市化发展,故而城市化速度远低于相同时期的工业化国家。

3.4　第四阶段(全面发展):21 世纪初的 10 年

进入 21 世纪,根据可持续发展的要求以及对城市地质调查认识的加深,进一步明确了城市地质工

作的目标、思路和工作方法。第一轮城市地质调查工作以北京、天津、上海、南京、杭州和广州为试点，对城市地质工作体系进行摸索，编制了《中国城市地质调查工作技术指南》(程光华和翟刚毅，2013)及《中国城市地质调查报告》系列丛书，为城市地质调查工作提供了参考。2001 年 9 月，首届岩溶地区可持续发展国际学术会议暨 IGCP448—世界岩溶生态系统对比国际工作组会议在北京召开(陈从喜，2001)。2002 年 10 月，“东部城市集中区立体填图试点工作研讨会”在南京召开，分析了城市经济区地质工作中存在的问题与需求，明确了城市地质调查的主要内容和方法，标志着我国新一轮城市地质调查工作即将拉开序幕，城市地质工作正式进入试点阶段。2004~2009 年，进行了三维城市地质调查。2004~2012 年，开展了全国主要城市环境地质调查。自 2005 年起，在全国范围内开展了地质灾害、沉降监测、区域稳定性、土地质量、地下水污染等一系列地质调查工作，初步查明了我国城市地质环境状况。“十一五”期间实现了中国陆域中比例尺地质调查全覆盖(翟刚毅，2004)。

21 世纪初的 10 年间，我国开始了新一轮的城市地质调查工作，开展了三维城市地质调查，系统构建了城市地下三维结构，建立了三维可视化城市地质信息管理决策平台和城市地质信息服务系统。通过本阶段的工作，加强了城市规划的地学数据库信息化建设，深化了“3S”技术在城市规划设计中的应用，提升了城市地质灾害防治规划水平。但城市地质环境的变化是多因素共同作用的结果，仅进行单因素的地质调查满足不了城市地质调查评价的要求，因此多因素城市地质调查势在必行。

3.5 第五阶段(精准研究)：2010 年至今

2010 年至今，城市地质工作将工作范围由各大城市扩展至中小城市，并更为重视技术突破。随着城市化的发展和新型城镇化概念的提出，城市地质工作开始由单一因素向多因素综合调查转变。2010 年开展了京津冀、长三角、珠三角等重点城市群综合地质调查工作(郝爱兵等，2017c)，至 2012 年 5 月底，全国六个城市地质调查试点项目已基本完成，数字城市地质雏形初现(李烈荣等，2012)，城市地质工作逐步进入城市群地质调查试点阶段和城市地质调查扩大试点阶段。2014 年，国务院印发《国家新型城镇化规划(2014-2020 年)》，2016 年住房城乡建设部编制了《城市地下空间开发利用“十三五”规划》，2017 年，国土资源部发布《关于加强城市地质工作的指导意见》、《城市地质调查规范》、《地下水监测网运行维护规范》及《区域地下水质监测网设计规范》三项行业标准，为中型及中型以上城市地质调查、城市群和城镇地质调查提供了执行标准。2017 年 11 月，中国地质调查局正式发布了《城市地质调查总体方案(2017~2025)》，并提出到 2025 年实现全国地级以上城市地质工作全覆盖的目标，明确了未来 9 年的总体思路、目标任务、工作部署。目前全国正在重点清查 330 个地级以上城市、三大城市群的环境问题(郭萌和张雪，2018)。

程光华、庄育勋等在《地球科学大辞典》提出了“城市地质学”的概念，城市地质调查已发展成为一门学科。基于智能互联的地质灾害监测预警技术的创新和应用，大大提升了我国地质灾害的监测预警水平，结合“地质云 1.0”地质大数据共享服务平台，为城市地质的发展提供更为便利高效的平台，城市地质在此阶段的特征是通过利用新兴技术，进行城市地质灾害安全监测预警，为城市地质安全保驾护航。

我国城市地质工作已基本完成了行业标准的制定、体系的构建、服务平台的搭建，并已开展多因素城市地质调查试点，但地下空间利用、土壤及地下水污染监测、修复及治理、滩涂资源管理、城市废弃物处理及再利用、人为地质作用对城市地质环境的影响等研究还处于较低水平。而德国、美国、英国、意大利等国家早在 20 世纪 80 年代末就相继出版了不同比例尺的地下水脆弱性图，英国在 20 世纪 90 年代初便启动了“LOCUS”项目(吕敦玉等，2015)。可见，我国城市地质工作水平仍处于较低水平，在许多方面与发达国家仍具有较大差距。

4 以惠州为例展望城市地质研究

惠州市是本阶段多因素城市地质调查的试点，位于广东省中南部，下辖惠城区、惠阳区、博罗县、惠东县及龙门县，赋存有丰富的地热资源(闫晓雪，2019)，并设有仲恺高新技术产业开发区和大亚湾经济技术开发区两个国家级开发区(陈珍珍，2018)，惠州的城市发展历程(表 2)与国内大部分城市相似，结合城市发展阶段与城市地质研究内容，发现惠州城市化发展中存在的问题可以归纳为以下五类：

(1)周边海域生态环境恶化：自 1986 年开始在大亚湾附近建设核电站起，周边人口及企业迅速增多，对大亚湾海域的生态环境产生了诸多影响。王

友绍等(2004)研究表明,20 年间大亚湾海域整体由贫营养状态发展至中营养状态,部分海域出现富营养化趋势,对生物多样性、生态景观、旅游资源等产生了严重破坏。

(2)土地资源利用程度低:惠州市土地产出效率较低,人均地区生产总值、单位建设用地非农产业增加值均处于较低水平,同时还存在工业园区发展模式落后等问题。高效利用土地资源对于新型城镇化的发展具有重要意义(郝爱兵等, 2018),就城市地质角度而言,合理开发利用地下空间资源对于解决城市发展中的问题大有帮助。

(3)区域资源配置差异大:在工业产业发展前期,惠州市未抓住发展机遇,因东西部差距大,导致目前工业产业特征为东部大型集团企业集中,西部村镇企业发展欠佳,人才分布不均衡(李玲, 2017),使快速发展期的城镇企业、中小企业人才稀缺,发展势头被迫减缓。同时,惠州市资源整体呈现出局部过于富集的特征,资源配置不均衡是导致惠州城市化水平差异较大的主要原因,也是全国各大中小城市城市化发展水平参差不齐的症结所在。

(4)城市废弃物处理问题突出:随着城市化进程的推进惠州市城市废弃物问题也越发突出。惠州市辖区范围内,存在海水重金属超标(曹玲珑等, 2014; 彭勃等, 2015)、滨海自然湿地减少、海洋湿地功能减弱等问题,严重影响惠州旅游地质资源的开发。许多发达国家在循环经济微观运行和管理模式的研究中,探索出了四种循环经济模式:杜邦模式、卡伦堡模式、DSD 模式和社会循环经济模式(张钡等, 2009),其中日本遵循的是社会循环经济模式。日本在城市化进程中也曾面临过严重的城市废弃物处理问题,但最终成功的实现了废弃物的精细分类及循环利用,其处理机制值得我国在城市化进程中学习。

(5)城市地质灾害隐患多:惠州市主要地质灾害种类有:矿山采空区地面塌陷、崩塌、滑坡、泥石流、地下水污染、岩溶地面塌陷、地面沉降、水土流失、河湖淤积等(刘泽宇, 2006)。城市化进程中,地质灾害的预防和监测工作在城市规划初期应进行详尽的评估,虽早期未足够重视,但发展至今应将其置于首要地位,同时在新城区的发展建设中也应将地质环境安全问题作为城市地质最先考虑的问题。

城市地质最大的特点是综合性,城市地质未来的发展方向应是朝着全方位、广范围、多因素的方向发展。同时城市地质的发展与城市的发展密不可分,而城市的发展与国家政策的导向息息相关,所以城市地质的发展方向应紧跟政策方向。当下全国正在开展新型城镇化工作,地质工作手段也向定量分析发展,因此,精细化的定量分析研究城市地质问题是必然趋势。

根据文献分析,并依据中国城市发展和城市地质发展脉络,结合惠州城市发展、城市地质发展国家政策,预测未来城市地质工作将加深三维地质基础调查研究,加强多因素城市地质综合调查,提高地质灾害监测预警水平,扩大城市地下空间调查范围,合理利用城市地质资源。综合地下空间利用程度较低、地下空间开发利用方式单一、地下空间调查匮乏

表 2 惠州城市发展标志性事件与全国城市发展阶段对比表

Table 2 Comparison of the significant events of urban development in Huizhou and the stages of urban development in China

时间	标志性事件	全国城市发展阶段
1988 年	国务院批准撤销惠阳地区建制,分设惠州、东莞、汕尾和河源四个地级市	1978~2000 年,城市化水平由 17.92%增长至 36.22%,年均增长 0.83%,这一时期城市化发展处于高速发展阶段
1990 年	惠州港深水码头定向爆破成功,标志着惠州港的开发建设正式拉开序幕	
1992 年	国务院批准成立“惠州市仲恺国家高新技术产业开发区”	
1994 年	惠阳撤县设市(县级)	
2002 年	国务院批准惠阳撤市设区,惠州市面积扩大 5 倍多,成为广东二类沿海大城市	2001~2009 年我国城市化经历了小城镇规模扩张时期、城镇群发展时期等阶段,总体而言全国城市化处于平稳发展阶段
2007 年	惠州市 GDP 突破 1000 亿元大关,标志着惠州进入全国一类重点城市行列	
2014 年	广东省政府批准印发实施《惠州环大亚湾新区发展总体规划(2013~2030 年)》	2014 年 12 月,国家新型城市化综合试点名单公布,我国城市化进程步入新型城镇化发展阶段

等一系列问题,改变思路,从平面发展转变为立体发展,解决发展空间不足问题。鉴于地质环境复杂多样,地质灾害类型众多,其中地震、地面沉降、地裂缝、地面塌陷等地质灾害对于地下空间利用影响十分严重,地质灾害监测预警必将先行。

5 结论及展望

对我国城市地质相关文献进行分析,总结城市地质研究现状,结合中国城市发展的阶段性,探讨城市地质的研究历程,以惠州城市地质研究为例展望城市地质发展,得出如下结论:

(1)城市地质年均发文数量在 1979 年至 2018 年总体呈上升趋势;地质灾害、城市地质环境及城市地质三个方向是城市地质类文献的主要文献主题,其中地质灾害出现频率最高,占比为 26.29%。城市地质类文献数量的快速增加与国家大力推进城镇化有关,地质灾害主题既与国家对安全问题的重视有关,也与近年来地质灾害频发有关。

(2)城市发展可以分为平稳发展阶段、时起时落阶段和不断上升阶段等三个阶段。城市地质发展可以分为“蹒跚起步”、“夯实基础”、“摸清家底”、“全面发展”和“精准研究”等五个阶段。“蹒跚起步”阶段与城市化的平稳发展阶段及时起时落阶段整体趋势相同,但略有滞后;“夯实基础”阶段至“全面发展”阶段与城市化发展的不断上升阶段相对应;城市地质发展至“全面发展”阶段后期与城市化发展相比基本已无迟滞;城市地质发展至“精准研究”阶段时,国家对城市地质工作的重视程度达到了前所未有的水平。

(3)我国城市地质工作将朝着多因素三维地质方向发展。加强多因素城市地质综合调查,不断提高地质灾害监测预警水平,始终坚持地质灾害监测预警先行,扩大城市地下空间调查范围,合理利用城市地质资源势在必行。将改善地下空间利用程度较低、地下空间开发利用方式单一、地下空间调查匮乏等一系列问题,通过多学科融合解决,逐步建立城市资源环境承载能力理论体系,同时围绕城市地质安全、城市地质灾害监测、城市地质资源环境承载能力确定、城市国土开发适宜性评价、城市地下空间开发利用及三维城市地质建模等问题进行深入研究。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

曹玲珑, 王建华, 黄楚光, 倪志鑫, 金钢雄, 瓦西拉里, 陈慧娴. 2014. 大亚湾表层沉积物重金属元素形态特征、控制因素及风险评价分析. 吉林大学学报(地球科学版), 44(6):1988~1999.

陈从喜. 2001. 首届岩溶地区可持续发展国际学术会议暨 IGCP448—世界岩溶生态系统对比国际工作组会议在北京召开. 地质论评, 47(6):583.

程光华, 翟刚毅. 2013. 中国城市地质调查工作指南. 北京: 科学出版社:1~323.

程光华, 杨洋, 赵牧华, 苏晶文, 李云峰. 2018. 新时代城市地质工作战略思考. 地质论评, 64(6):1438~1446.

陈静, 熊小强, 郑伟锋. 2009. 城市工程地质研究现状与问题分析. 建筑技术开发, 36(11):31~32,38.

陈华文. 2004. 城市地质环境的经济学分析. 上海:复旦大学出版社:1~215.

陈梦熊. 1957. 中国水文地质区的初步研究. 地质论评, 17(4):430~436.

陈珍珍. 2018. 惠州市地质灾害分布特征及防治对策. 西部探矿工程, 30(1):1~3.

第一届全国水文地质工程地质学术会议秘书处. 1965. 中国地质学会第一届全国水文地质工程地质学术会议. 地质论评, 23(3):242~243.

杜子图, 翟刚毅, 张家强, 颜廷杰, 蔺志永. 2005. 对我国基础地质调查面临形势和任务的思考. 中国地质矿产经济学会青年分会 2005 年学术年会, 成都.

杜子图, 翟刚毅, 程光华, 胡健民. 2010. 当代城市地质调查现状与发展趋势. 城市地质国际学术研讨会, 上海.

方鸿慈. 1957. 华北的水文地质条件. 地质论评, 17(3):359~368.

冯景兰.1951. 黄河陕孟段坝基工程地质(提要). 地质论评,16(1):47~48.

冯小铭, 郭坤一, 王爱华, 刘红樱, 王敬东, 龚建师. 2003. 城市地质工作的初步探讨. 地质通报, 22(8):571~579.

高亚峰, 高亚伟. 2007. 我国城市地质调查研究现状及发展方向. 城市地质, 2(2):1~8.

郭萌, 张雪. 2018. 城市地质工作体系研究. 城市地质, 13(2):13~17.

郭培国, 戴志强, 聂道忠, 李海龙. 2014. 城市地质的研究内容和发展现状. 资源环境与工程, 28(3):304~307.

郝爱兵, 林良俊, 李亚民. 2017a. 大力推进多要素城市地质调查精准服务城市规划建设运行管理全过程. 水文地质工程地质, 44(4):3.

郝爱兵, 林良俊, 陈斌. 2017b. 陆海统筹推进海岸带地质调查. 水文地质工程地质, 44(3):插 1.

郝爱兵, 石菊柱, 乐琪浪, 王涛. 2017c. 坚持示范引领定位从地质灾害调查走向灾害地质调查. 水文地质工程地质, 44(6):插 1.

郝爱兵, 吴爱民, 马震, 柳富田, 夏雨波, 谢海澜, 林良俊, 王涛, 白耀楠, 张竞, 孟庆华. 2018. 雄安新区地上地下工程建设适宜性一体化评价. 地球学报, 39(5):513~522.

何中发. 2010. 城市地质研究现状及发展趋势. 上海地质, 31(3):16~22, 48.

侯惠菲, 高亚峰, 王栓庄, 过焰. 2004. 城市地质调查内容及其发展. 北京地质, 16(3):24~29.

李秉仁. 2008. 我国城市发展方针政策对城市化的影响和作用. 城市发展研究, 15(2):26~32, 37.

李长安, 张玉芬, 庞设典, 官善友. 2019. 以地貌单元为依据的工程地质分区研究——以武汉市都市发展区城市地质研究为例. 地质论评, 65(3):645~652.

李烈荣, 王秉忱, 郑桂森. 2012. 我国城市地质工作主要进展与未来发展. 城市地质, 7(3):1~11.

李玲. 2017. 惠州市新型城镇化存在问题及发展对策. 建筑技术开发, 44(20):1~2.
李浩. 2015. "一五"时期的城市规划是照搬"苏联模式"吗? ——以八大重点城市规划编制为讨论中心. 城市发展研究, 22(9):1-5.
李友枝, 庄育勋, 蔡纲, 刘士毅, 张振芳. 2003. 城市地质--国家地质工作的新领域. 地质通报, 22(8):589~596.
李万伦. 2005. 城市地质学综述. 国土资源科技管理, 22(6):59~63.
罗国煜, 李晓昭, 阎长虹. 2004. 我国城市地质研究的历史演化与发展前景的认识. 工程地质学报, 12(1):1~5.
罗跃初, 郝爱兵. 2011. "十一五"期间环境地质工作进展综述--环境地质专业委员会. "十一五"地质科技和地质找矿学术交流会, 北京.
吕敦玉, 余楚, 侯宏冰, 刘长礼, 张云. 2015. 国外城市地质工作进展与趋势及其对我国的启示. 现代地质, 29(2):466~473.
林良俊, 李亚民, 葛伟亚, 胡秋韵, 李晓昭, 李云, 孟晖, 张礼中, 杨建锋. 2017. 中国城市地质调查总体构想与关键理论技术. 中国地质, 44(6):1086~1101.
刘泽宇. 2006. 惠州市地质灾害种类及诱发因素和防治对策探讨. 西部探矿工程, 18(S1):510~511.
彭勃, 彭加喜, 孙凯峰. 2015 大亚湾及邻近海域重金属污染的研究进展. 生态科学, 34(3):170~180.
孙璐, 邢丽霞, 郑跃军, 陈有鑑, 袁富强. 2014. 典型国家城市化进程中的地质环境问题及对策研究. 资源与产业, 16(6):129~135.
孙培善. 2004. 城市地质工作概论. 北京:地质出版社: 1~199.
唐辉明. 2006. 地质环境与城市发展研究综述. 工程地质学报, 14(6):728~733.
卫万顺, 郑桂森, 于春林, 徐吉祥. 2018. 未来 10~15 年我国城市地质工作战略构想. 城市地质, 13(1):1~8.
王孔忠. 2003. 城市地质工作的需求与目标. 地质通报, 22(8):597~600.
王学德. 2006. 城市地质研究发展概况. 城市地质, 1(2):1~3.
王友绍, 王肇鼎, 黄良民. 2004. 近 20 年来大亚湾生态环境的变化及其发展趋势. 热带海洋学报, 23(5):85~95.
王芸生. 1987. 中国地质学会环境地质专业委员会成立暨学术交流大会在京召开. 地质论评, 33(4):393~394.
闫晓雪, 甘浩男, 岳高凡. 2019. 广东惠州——从化典型地热田水文地球化学特征及成因分析. 地质论评, 65(3):743-754.
殷跃平. 2002. 关于水工环地质调查工作的思考. 国土资源科技管理, 19(2):1~4.
张钡, 李慧明, 王斌. 2009. 基于循环经济理念的城市废弃物信息化管理研究. 城市发展研究, 16(2):123~126.
赵志斌. 2018. 城市地质环境及环境地质调查分析. 中国石油和化工标准与质量, 38(17):144~145.
翟刚毅, 程光华, 胡健民. 2010. 中国城市地质调查内容与方法. 城市地质国际学术研讨会, 上海.
翟刚毅. 2004. 历史重任在肩 成果功勋卓著(序). 地质通报, 23(1):1~4.
郑桂森. 2018. 城市地质学理论研究. 国土资源科技管理, 13(2):1~12.
郑铣鑫. 1989. 城市地质工作研究现状及趋势. 工程勘察, (3):14~17.
钟玲. 2004. 四川城市化道路探析. 导师:赵兴兰. 成都:四川师范大学硕士学位论文:1~64.
周明长. 2004. "一五"重工业优先发展战略与工业城市的发展. 四川大学学报(哲学社会科学版), (S1):123~126.
周平根. 1998. 环境地质工程:环境地质学与工程的结合. 地质论评, 44(3):281~288.
周文. 2009. 我国城市化发展回顾及思考. 经济问题探索, (11):21~27.
庄育勋, 杜子图, 李友枝. 2003. 支撑城市可持续发展的地质调查工作. 地质通报, 22(8):563~570.
庄育勋, 程光华, 翟刚毅. 2010. 保障城市可持续发展的中国城市地质工作. 城市地质国际学术研讨会, 上海.
Cao Linglong, Wang Jianhua, Huang Chuguang, Ni Zhixing, Jin Gangxiong, Wa Xilali, Chen Huixian. 2014&. Chemical form, control factor and risk assessment of trace heavy metals in superficial sediment of Daya Bay. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 44(6):1988~1999.
Chen Congxi. 2001#. The first international conference on sustainable development of Karst areas and IGCP448 - International working group meeting on contrast of world Karst ecosystems were held in Beijing. Geological Review, 47(6):583.
Cheng Guanghua, Zhai Gangyi. 2013#. Guidelines for Urban Geological Survey in China. Beijing: Science Press:1~323
Cheng Guanghua, Yang Yang, Zhao Muhua, Su Jingwen, Li Yunfeng. 2018&. Strategic thinking of urban geological work in the New Era. Geological Review, 64(6):1438~1446.
Chen Jing,Xiong Xiaoqiang, Zhen Weifeng. 2009#. Research status and problem analysis of urban engineering geology. Building Technique Development,36(11):31~32,38.
Chen Huawen. 2004 #. Economic Analysis of Urban Geological Environment. Shanghai: Fudan University Press:1~215.
Chen Mengxiong. 1957#. A preliminary research on the hydrogeological region of China. Geological Review, 17(4):430~436.
Chen Zhenzhen. 2018 #. Distribution characteristics and prevention countermeasures of geological hazards in Huizhou. West - China Exploration Engineering,30(1):1~3.
Du Zitu, Zhai Gangyi, Zhang Jiaqiang, Yan Yanjie, Li Zhiyong. 2005#. Reflection on the situation and task of basic geological survey in China. China Geology and Minerals Economics Association Youth Branch 2005 Annual Conference, Chengdu.
Du Zitu, Zhai Gangyi, Cheng Guanghua, Hu Jianmin. 2010&. The status and development trend of contemporary urban geological survey. International Symposium on Urban Geology, Shanghai.
Fang Hongci. 1957 #. Hydrogeological conditions in North China. Geological Review, 17(3):359~368.
Feng Xiaoming, Guo Kunyi, Wang Aihua, Liu Hongying, Wang jingdong, Gong Jianshi. 2003&. Comparative study of urban geological work. Geological Bulletin of China, 22(8):571~579.
Feng Jinglan. 1951#. The dam foundation engineering geology of the Shaanzhou—Mengjin section, Yellow River. Geological Review, 16(1):47~48.
Gao Yafeng, Gao Yawei. 2007&. The present situation of urban geological survey in China and its development trend. Urban Geology, 2(2):1~8.
Guo Meng, Zhang Xue. 2018&. Research on urban geological work system. Urban Geology, 13(2):13~17.
Guo Peiguo, Dai Zhiqiang, Nie Daozhong, Li Hailong. 2014&. The research content and development status of urban geology. Resources Environment & Engineering, 28(3):304~307.
Hao Aibing, Lin Liangjun, Li Yamin. 2017a #. Vigorously promote the multi-factor city geological survey, precise service, urban planning, construction, operation and management. Hydrogeology and Engineering Geology, 44(4):3.
HaoAibing, Lin Liangjun, Chen Bin. 2017b #. Promoting geological survey of coastal zone by land and sea as a whole plan. Hydrogeology

and Engineering Geology, 44(3):insert 1.

HaoAibing, Shi Juzhu, Yue Qilang, Wang Tao. 2017c #. Persisting in demonstration leading positioning from geological disaster survey to geological disaster survey. Hydrogeology and Engineering Geology, 44(6):insert 1.

He Zhongfa. 2010&. Preliminary discussion on research and development of urban geology. Shanghai Geology, 31(3):16~22,48.

Hou Huifei, Gao Yafeng, Wang Shuanzhuang, Guo Yan. 2004&. The substrance and process of urban geology survey. Beijing Geology, 16(3):24~29.

Li Bingren. 2008&. Urban development policies of China and the influence to Chinese urbanization. Urban Development Studies, 15(2):26~32,37.

Li Chang'an, Zhang Yufen, Pang Shedian, Guan Shanyou. 2019&. Study on engineering geological zoning: based on geomorphologic units——A case study of the Wuhan metropolitan development area. Geological Review, 65(3):645~652.

Li Lierong, Wang Bingchen, Zheng Guisen. 2012&. The major progress and future development of China urban geology. Urban Geology, 7(3):1~11.

Li Ling. 2017&. Existing problems and development countermeasures of New Urbanization in Huizhou. Building Information, 44(20):1~2.

Li Hao. 2015&. Is the work of urban planning during the first "Five-year Plan" period in China copy from the "Soviet Model"?: A case study of the eight key cities' planning. Urban Development Studies, 22(9):1~5.

Li Youzhi, Zhuang Yuxun, Cai Gang, Liu Shiyi, Zhang Zhenfang. 2003&. Urban geological work—A new area of national geological work. Geological Bulletin of China, 22(8):589~596.

Li Wanlun. 2005&. A review of urban geology. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 22(6):59~63.

Luo Guoyu, Li Xiaozhao, Yan Changhong. 2004&. Development & prospect of the urban geology in China. Journal of Engineering Geology, 12(1):1~5.

Luo Yuechu, Hao Aibing. 2011 #. A summary of the progress of environmental geology work during the " eleventh five - year" -- Environmental Geology Professional Committee. The "eleventh five-year" geological science and technology and geological prospecting academic exchange meeting, Beijing.

Lü Dunyu, Yu Chu, Hou Hongbing, Liu Changli, Zhang Yun. 2015&. Development and trends of foreign urban geological work and its enlightenment to China. Geoscience, 29(2):466~473.

Lin Liangjun, Li Yamin, Ge Weiya, Hu Qiuyun, Li Xiaozhao, Li Yun, Meng Hui, Zhang Lizhong, Yang Jianfeng. 2017&. General ideas for urban geological survey in China and key theory and techniques. Geology in China, 44(6): 1086~1101.

Liu Zeyu. 2006 #. Discussion on the types, inducing factors and prevention countermeasures of geological disasters in Huizhou. West-china Exploration Engineering,18(S1):510~511.

Peng Bo, Peng Jiaxi, Sun Kaifeng. 2015&. A review on heavy metals contamination in Daya Bay and adjacent waters. Ecological Science, 34(3): 170~180.

Secretariat of the first national academic conference on hydrogeology and engineering geology. 1965#. The first national academic conference on hydrogeology and engineering geology of the Chinese geological society. Geological Review, 23(3):242~243.

Sun Lu, Xing Lixia, Zheng Yuejun, Chen Youjian, Yuan Fuqiang. 2014&. Geo - environmental issues and approaches during urbanization in typical countries. Resources & Industries, 16(6): 129~135.

Sun Peishan. 2004#. Introduction to Urban Geological Work. Beijing: Geological Publishing House:1~199.

Tang Huiming. 2006&. A review on the study of geological environment and city development. Journal of engineering geology, 14(6):728~733.

Wei Wanshun, Zheng Guisen, Yu Chunlin, Xu Jixiang. 2018&. Strategic conception on China urban geological work in the next ten to fifteen years. Urban Geology, 13(1):1~8.

Wang Kongzhong. 2003&. Demands and targets of urban geological work. Geological Bulletin of China, 22(8):597~600.

Wang Xuede. 2006#. Research and development of urban geology. Urban Geology, 1(2):1~3.

Wang Youshao, Wang Zhaoding, Huang Liangmin. 2004&. Environment changes and trends in Daya Bay in recent 20 years. Journal of Tropical Oceanography, 23(5):85~95.

Wang Yunsheng. 1987 #. Establishment of environmental geology professional committee of China geological society and academic exchange conference held in Beijing. Geological Review, 33(4): 393~394.

Yan Xiaoxue, Gan Haonan, Yue Gaofan. 2019&. Hydrogeochemical characteristics and genesis of typical geothermal fileds from Huangshadong to Conghua in Guangdong. Geological Review, 65(3):743~754.

Yin Yueping. 2002&. Reflections on geological survey of hydrological engineering environment. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 19(2):1~4.

Zhang Bei, Li Huiming, Wang Bin. 2009&. Research on urban waste information management based on the concept of recycling economy. Urban Development Studies, 16(2):123~126.

Zhao Zhibin. 2018 #. Analysis of urban geological environment and environmental geological survey. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 38(17):144~145.

Zhai Gangyi, Cheng Guanghua, Hu Jianmin. 2010&. Contents and methods of China's urban geological investigation. International Symposium on Urban Geology, Shanghai.

Zhai Gangyi. 2004 #. Historic responsibility shoulders outstanding achievements (Preface). Geological Bulletin of China, 23(1):1~4.

ZhengGuisen, Wei Wanshun, Liu Zongming, Wang Jiming, Yu Chunlin, Xu Jixiang, Li Xiaolong. 2018&. Study on theory of urban geology. Urban Geology, 13(2):1~12.

Zheng Xianxin. 1989 #. Research status and trend of urban geology. Geotechnical Investigation & Surveying, (3):14~17.

Zhong Ling. 2004&. Researching on the way of urbanization in Sichuan. Tutor: Zhao Xinglan. Chengdu: Sichuan Normal University Master's Thesis:1~64.

ZhouMingchang. 2004#. "First Five-Year Plan" Heavy industry priority development strategy and industrial city development. Journal of Sichuan University (Social Science Edition), (S1):123~126.

Zhou Pinggen. Environmental Geological Engineering (EGE)—the combination of environmental geology with engineering. Geological Review, 44(3):281~288.

Zhou Wen. 2009 #. Review and consideration on the development of urbanization in China. Inquiry into Economic Issues, (11):21~27.

Zhuang Yuxun, Du Zitu, Li Youzhi. 2003#. Geological survey to support urban sustainable development. Geological Bulletin of China, 22(8):563~570.

ZhuangYuxun, Cheng Guanghua, Zhai Gangyi. 2010&. China's urban geological work - protection of urban sustainable development. International Symposium on Urban Geology, Shanghai.

The development course and characteristics of urban geology in China
——Discussion on the prospect of urban geological development in Huizhou, Guangdong

WANG Huijun[1)], ZHANG Xiaobo[2,3)], LI Hailong[3)], GE Weiya[4)], CHEN Shangbin[1)]

1) *College of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu*, 221116;

2) *China University of Geosciences (Beijing), Beijing*, 100083;

3) *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037;

4) *Nanjing Geological Survey Center, China Geological Survey, Nanjing*, 210016

Abstract: The lack or lag of urban geology research is one of the bottlenecks hindering urban development. Based on the characteristics of the output of papers related to urban geology in CNKI database and the development of urbanization in China, we find that the development of China's urban geological research can be divided into five stages: "staggering start" "solid foundation" "pilot investigation" "comprehensive development and precise research". Then through the analysis of the existing problems in the urban development of Huizhou City, it is believed that the future development of urban geology should be combined with the comprehensive investigation of multi-factor urban geology. This paper manage to establish a conducted criterion for the geological basis of urban planning, according to the safety of urban geology, the monitoring of urban geological disasters, the evaluation of environmental bearing capacity of urban geological resources, the suitability evaluation of land development, the development and utilization of urban underground space resources and the three-dimensional geological modeling of cities ,which are built in depth study.

Keywords: urban geology; development history; literature analysis; Huizhou; review

Acknowledgement: This article was supported by Huizhou Multi-factor Urban Geological Survey Project (No.DD20190287) in 2018 and the Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 2017CXNL03)

First author: WANG Huijun, male, born in 1994, master student, mainly engaged in urban geology study and research work. Email: wanghuijun@cumt.edu.cn

Corresponding author: ZHANG Xiaobo, male, born in 1982, senior engineer, mainly engaged in urban geology and resources and environmental carrying capacity evaluation research and management work, Email: Zhangxiaobo@cags.ac.cn

Corresponding author: CHEN Shangbin, male, born in 1983, associate professor, doctoral supervisor, mainly engaged in unconventional energy geology research and teaching, Email:shangbinchen@163.com

Manuscript received on: 2019-04-16;Accepted on: 2019-06-13; Edited by: ZHANG Yuxu

Doi: 10.16509/j.georeview.2019.05.012