中国城市地质工作发展历程及展望

李云峰[1,2)]，葛伟亚[1,2)]，张庆[1,2)]，陆远志[1,2)]，侯莉莉[1)]，华健[1,2)]
1) 中国地质调查局南京地质调查中心，南京，210016；
2) 自然资源部城市地下空间资源探测评价工程技术创新中心，南京，210016

关键词：城市地质；地质资源；城市化；地质安全风险；地下空间

随着城市化进程的发展，我国城市扩张呈现出普遍性、显著性、持续性、周期性和波动性（Liu Fang et al., 2021）。“十五”期间东部、超大城市的扩张，到“十一五”“十二五”期间全国大中小城市的普遍扩张，再到“十三五”期间各类城市的城市扩张呈现减速趋势，如图 1 所示各城市逐渐从外延式扩张转化为内涵式增长（尹上岗等，2022）。我国以城市为服务对象的地质工作也随着城市化进程的不同阶段呈现出不同的特点。

1　中国城市地质工作发展历程

1.1　基础地质工作阶段

2003 年之前，我国城市化处于起步阶段，大规模的城市建设并未展开，该阶段主要开展了一些以服务城市建设为目标的水文地质、工程地质等基础性地质普查工作。我国以城市为服务对象的地质工作始于 20 世纪 50 年代（冯小铭等，2003），50-70 年代具有基础性特点，完成了 1∶20 万区域地质、水文地质等普查工作；20 世纪 80~90 年代具有单一性特点，根据城市发展需求开展了区域地壳稳定性评价、地下水污染、地面沉降等环境地质调查工作。50~90 年代主要是以点状工程地质调查和区域地质条件调查为主；2000 年陆续开展了主要城市环境地质调查、典型城市三维地质调查及城市群地质环境综合调查等工作。

1.2　城市地质结构调查阶段

2003 年陆续启动北京、上海、天津、广州、南京、杭州等 6 个城市试点，开展了以三维地质模型构建为主的城市地质调查。这一阶段我国东部一些大城市迎来了一个快速城市化的阶段，城市的快速扩张对地质结构和地质条件等资料提出更高的需求，其中这六座试点城市最为典型，大规模的规划建设需要的大量综合性的、基础性的地质结构资料，因此该阶段的城市地质工作重点也侧重于查清城市地质结构等基础地质条件（龚士良等，2008；陈华文等，2010；程光华等，2013、2014）。

1.3　地质资料信息化集群化利用阶段

2008 年以来，我国逐步进入快速城市化阶段，最直接的表现就是城市建设用地量的快速增长。同时，这种城市化快速扩张是从东部地区逐渐蔓延道中西部地区。我国中小城市的普遍扩张，对地质资源、地质环境造成了一定的压力，更合理配置特色土壤、地下水、优质矿产等地质资源成为这一时期的主要需求，同时生态环境问题也逐渐成为城市规划建设的依据。这一期间，中央与地方合作开展了福州、厦门、苏州、丹阳等城市地质调查，进一步从资源、环境等方面拓展了调查内容，基本实现了综合性地质资料的信息化集群化，逐渐形成了地质资源利用和地质环境保护等多方面综合支撑城市规划建设的总体思路（林良俊等，2017；葛伟亚等，2019）。

1.4　多要素城市地质调查阶段

2017 年是城市地质工作具有里程碑意义的一年，城市地质工作首次被写进国务院政府工作报告，原国土资源部出台了《关于加强城市地质工作的指导意见》，同年 11 月召开了全国城市地质工作会议，提出聚焦城市规划、建设、运行管理的重大问题，大力推进“空间、资源、环境、灾害”多

注：本文为中国地质调查局项目（编号：DD20221732、DD20230116）的成果。
收稿日期：2023-12-10；改回日期：2023-12-25；责任编辑：李明。DOI：10.16509/j.georeview. 2024. s1. 180
作者简介：李云峰，男，1985 年生，高级工程师，水文地质专业；Email：liyf@mail.cgs.gov.cn。通讯作者：葛伟亚，男，1976 年生，教授级高级工程师，地质工程专业；Email:geweiya025@163.com。

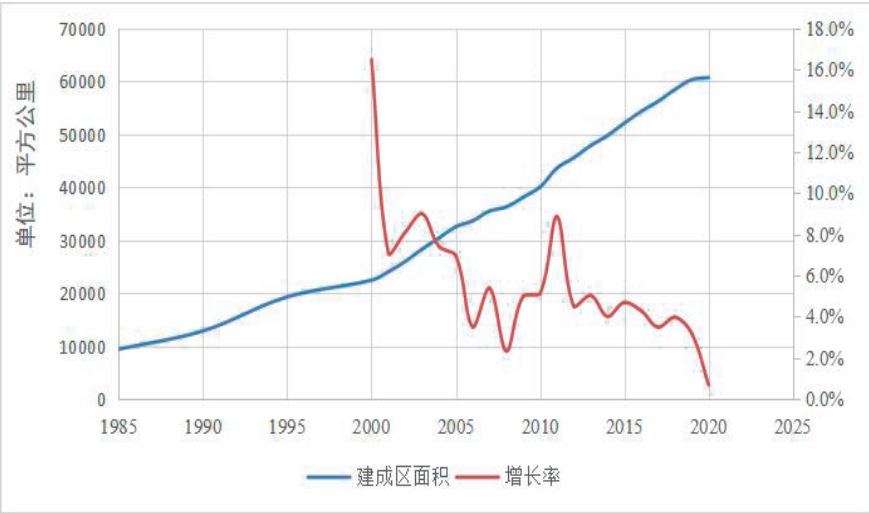

图 1　我国城市扩张曲线（据《中国统计年鉴 2000-2021》）

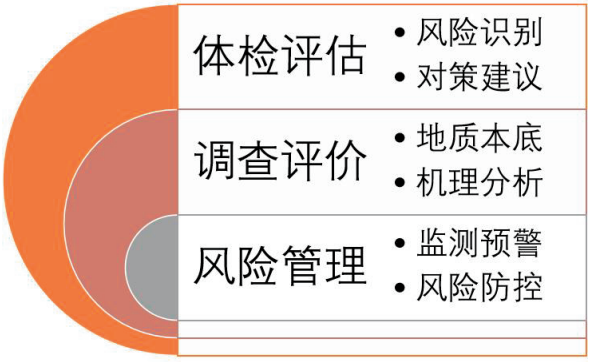

图 2　城市地质安全风险防控三级工作体系

要素的城市地质调查（郝爱兵等，2017）。2018 年以来，中国地质调查局与相关省、市政府合作，启动雄安新区、成都、西安、杭州、南昌、安庆、延安等 21 个城市多要素城市地质调查示范，城市地质调查进入了多要素综合调查、全过程支撑服务、多层级协调推进的城市地质升级版（郝爱兵等，2017；林良俊等，2017）。这一阶段全国各地区城市经过了迅速扩张后（图 1），从城市地下空间、资源配置、环境保护和灾害防控等方面逐渐显现出一些不平衡，“城市病”成为这一时期的主题词（葛伟亚等，2021），为促进城市地质资源高效利用和韧性发展，多要素城市地质调查应运而生。

1.5　城市地质安全调查阶段

2020 年以来，我国城市外延式扩张逐渐停止，城市边界已经基本成型，很多城市为提高城市居民生活质量，地铁、地下商场等地下空间开发强度逐渐加大。同时因工程施工扰动带来的城市地质安全事件更多的见诸报端，其中在全国范围内具有较大影响力的有“1·13 西宁路面塌陷事故”“12·4 广州地陷事故”“12·1 广州地铁地面塌陷事故”“8·28 杭州路面塌陷事故”等。中国地质调查局开展了北京、重庆、杭州、武汉、西安、沈阳、深圳、郑州等 8 个特大城市地质安全风险调查评价。这一阶段聚焦典型城市地质安全风险防控，逐步建立了体检评估、调查评价和风险管理三级工作体系（图 2），形成案例库建设、地质风险评价、地质风险监测等工作方法，构建活动断裂、地面塌陷、地面沉降等城市地质问题风险评价模型，建立了城市地下空间资源调查监测评价技术体系。

2　城市地质工作展望

2.1　城市地质工作理念转变

围绕人与城市环境和谐共生需求，更加注重数量、质量、生态全面调查和资源、资产、资本一体化评价。按照高质量发展要求，城市地质工作将更加强化科技创新。解决城市地下空间安全利用“卡脖子”的关键技术问题，研发城市地质资源环境多源数据一体化监测和多层级响应的预警技术，攻关地质资源开发—地面沉降—地面塌陷的链式地质安全问题机制机理关键科学问题，按照城市发展的方式和规律，应用先进的调查、探测、监测和信息技术，实现城市地质工作服务城市的动态化、精细化、绿色化和信息化。

2.2　城市地质工作任务更新

当前城市扩张速度放缓，为保持一定速度高质量的发展，城市发展面临拓展城市发展空间、优化利用地质资源和安全防控地质灾害等问题。因此，未来城市地质工作既要注重城市地质基础工作，又要关注当前城市发展面临的空间不足、环境污染、交通拥堵、城市安全等突出问题，同时还要重推动地下空间资源利用的产业化发展。因此，应积极推动水土热等优质特色地质资源开发利用，促进城市绿色发展，全面面加强地质灾害调查监测预警，促

进城市安全发展，落实国家大数据战略，加快建设城市地质大数据共享平台，促进城市智慧发展。

2.3 城市地质工作方法创新

构建新时代城市地质数据驱动信息新平台，推进基础地质、地下空间资源信息与基础地理、遥感、土地、地质矿产、地质环境等信息资源整合和共享，夯实土地“底盘”作用。利用好社会经济、自然地理和基础地质大数据，加强对地下温度场、渗流场、应力场和化学场等地下资源环境状态和设施安全的感知监测，把市场主体的积极性调动起来。运用人工智能算法，形成基于数据驱动的规律认识，科学加工处理数据，更深层次认识人与城市地质环境相互作用机理，为城市建设提供科学合理的地质产品服务和解决方案。

3 结论

（1）近 30 年随着城市化进程的发展，我国城市扩张呈现出普遍性、显著性、持续性、周期性，以城市为服务对象的地质工作也逐渐从地质资源开发转向地质安全防控。

（2）我国以城市为服务对象的地质工作主要经历了五个阶段：①2003 年之前以服务城市建设为目标的基础地质工作阶段；②2003~2008 年期间以服务大城市规划建设为主的城市地质结构调查阶段；③2008~2017 年以服务中小城市规划建设为主的地质资料信息化集群化利用阶段；④2017~2021 年，以服务城市资源高效利用和韧性发展的多要素城市地质调查阶段；⑤2021 年以来，以服务城市地质安全风险防控和地下空间安全利用为目标的城市地质工作。

（3）未来城市地质工作理念、工作任务和工作方法发生改变，将以人与城市环境和谐共生为总体需求，聚焦城市地质安全风险防控，综合地质数据实现城市地下透明，应用现代传感技术感知城市地下地质环境，服务城市韧性发展。

参 考 文 献 / References

陈华文. 2010. 上海城市地质工作服务经济社会发展机制与模式探索. 上海地质, (3): 9~15.

程光华, 翟刚毅, 庄育勋. 2013. 城市地质与城市可持续发展. 北京: 科学出版社.

程光华, 翟刚毅, 庄育勋. 2014. 中国城市地质调查成果与应用:北京, 上海, 天津, 杭州, 南京, 广州试点调查. 北京: 科学出版社.

程光华, 苏晶文, 李采, 杨洋, 赵牧华, 王睿. 2019. 城市地下空间探测与安全利用战略构想. 华东地质, 40(3): 226～233.

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.

葛伟亚, 常晓军, 贾军元, 雷廷, 邢怀学, 周洁, 余成, 田福金, 李亮. 2019. 新型小城镇地质环境综合调查服务——以江苏丹阳 2016 年数据集为例. 中国地质, 46(S02): 25.

葛伟亚, 王睿, 张庆, 邢怀学, 周洁. 2021. 城市地下空间资源综合利用评价工作构想. 地质通报, 40(10): 8.

龚士良. 2008. 上海城市地质工作深化服务领域及机制. 城市地质, 3(2): 4.

郝爱兵, 林良俊, 李亚民. 2017. 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): 1.

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): 16.

尹上岗, 杨山, 吴小影. 2022. 长三角地区城市人口—面积异速增长时空格局及演变规律. 长江流域资源与环境, 31(1): 12.

Liu Fang, Zhang Zengxiang, Zhao Xiaoli, Liu Bin, Wang Xiao, Yi Ling. 2021. Urban Expansion of China from the 1970s to 2020 Based on Remote Sensing Technology. Chinese Geographical Science, 31(5): 17.

LI Yunfeng, GE Weiya, ZHANG Qing, LU Yuanzhi, HOU Lili, HUA Jian: Development process and prospect of urban geological work in China

Keywords: urban geology; geological resources; urbanization; geological safety risks; underground