

中国城市地质调查进展与展望

张茂省¹, 王化齐¹, 王尧², 董英¹, 孙萍萍¹

(1. 国土资源部黄土地质灾害重点实验室, 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

摘要:城市地质工作是城市规划建设的重要基础, 贯穿于城市运行管理的全过程。做好城市地质工作, 对推进中国新型城镇化建设和新时代生态文明建设具有非常重要的现实意义和战略意义。依据城市发展阶段将城市地质调查划分为城市起步阶段的专项调查阶段、城市扩容阶段的水工环调查阶段、城市快速发展阶段的综合地质调查阶段和城市提质阶段的多要素城市地质调查4个阶段。在简要回顾中国城市地质专项调查和水工环调查阶段工作的基础上, 对综合地质调查和多要素城市地质调查工作的思路、调查内容、取得的主要成果、工作特点以及研究进展等进行了概括和评述, 总结了当代城市地质调查与研究进展, 梳理了新时代城市地质工作面临的问题, 以人与自然和谐共处, 城乡融合, 宜居城市、文明城市、智慧城市建设为目标, 从理念更新、体制机制改革、理论与学科建设、技术方法创新、工作内容拓展、服务产品等角度, 对城市地质未来发展做出展望。

关键词:城市地质; 地下空间; 人地和谐; 智慧城市; 新时代

中图分类号: P66

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2018)04-0001-09

Progress and Prospect of Urban Geological Survey in China

ZHANG Maosheng¹, WANG Huaqi¹, WANG Yao², DONG Ying¹, SUN Pingping¹

(1. Key Laboratory for Geo-hazards in Loess Area, Ministry of Land and Resources, Xi'an Center of

China Geology Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Development Research Center of China

Geological Survey, Beijing 100037, China)

Abstract: Urban geological is an important basis of city planning and construction in the whole process of city management. It is of great practical and strategic significance to launch the urban geological survey for the promotion of new urbanization and new era ecology construction. In this paper, according to the stage of the city development, urban geological survey has been divided into the four stages: special geological survey in the initial stage of urbanization, hydro-engineering-environmental geological survey in the expansion stage of urbanization, integrated geological survey in the rapid development stage of urbanization, multi-factors urban geological survey in the quality improvement stage of urbanization. After reviewing the urban special geological survey and hydro-engineering-environmental geological survey in China, the main outcomes, characteristics, and the progress of integrated urban geological survey and multi-factors urban

收稿日期: 2018-06-11; 修回日期: 2018-06-29

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“黄土水敏性力学机制及其致滑机理研究”(41530640), 国土资源部地质调查项目“关中—天水经济区综合地质调查”(DD20160261)

作者简介: 张茂省(1962-), 陕西乾县人, 研究员, 主要从事水工环地质调查与研究工作。E-mail: xazms@126.com

geological survey have been summarized in this paper, the progress of the contemporary urban geological has been summed up, the existing problems of the new era urban geological survey have been sorted out, and the harmonious coexistence between human and nature, urban-rural integration, livable city, civilized city and smart city have been taken as the objects, and the prospective for the urban geological survey has been made from the aspects of updating the idea, system reform, theory and disciplinary construction, methodology innovation, the extension of work contents and service products.

Keywords: urban geological survey; underground space; harmony between human and land; smart city; new era

1 引言

人类刚刚进入文明时代是以小型群落为单元的,后来逐渐成为大型部落和原始村落,公元前 5000 年开始发展为小型城镇。18 世纪机械化的普及造成城市进程的加快,二战后发达国家城镇化快速发展,20 世纪 80 年代后发展中国家城市化进程加快(斯波特,2017)。

尽管中国汉、唐、元、明历代都城辉煌,无论是都城选址、还是建设都能顺应自然并或多或少地运用了地质学原理,但都不属于真正的城市地质工作。1912~1949 年中国的地质工作主要是针对基础地质和矿产地质展开(张久辰,2005),真正的城市地质工作始于新中国成立。

城市地质工作是城市规划建设的重要基础,贯穿于城市运行管理全过程。做好城市地质调查工作,对推进中国新型城镇化建设和新时代生态文明建设具有非常重要的战略意义。建国以来,中国城镇化政策经历了从重视工业建设忽视城镇化建设,到提出城镇化战略的转变(张茂省,2014)。大多数城市发展经历了或将经历起步阶段(1950~1978)、扩容阶段(1979~1999)、快速发展阶段(2000~2017)、提质(2018~)等 4 个阶段。由于各阶段城市发展对地质工作的需求不同以及国家宏观政策的影响,对应的城市地质工作也不尽相同。笔者依据城市发展阶段将城市地质调查划分为相应的专项调查阶段(1950~1978)、水工环调查阶段(1979~1999)、综合地质调查阶段(2000~2017)和多要素城市地质调查等 4 个阶段(2018~2025)。在简要回顾中国城市地质专项调查和水工环调查阶段工作的基础上,对综合地质调查和多要素城市地质调查工作的思

路、调查内容、取得的主要成果、工作特点以及研究进展等进行了概括和评述,总结了当代城市地质调查进展和研究进展,梳理了新时代城市地质工作面临的问题,以人与自然和谐共处、城乡融合、宜居城市、文明城市、智慧城市建设为目标,从理念更新、体制机制改革、理论与学科建设、技术方法创新、工作内容拓展、服务产品等角度,对城市地质未来发展做出展望。

2 城市地质调查发展阶段

2.1 专项调查阶段(1950~1978)

1950~1978 年是中国经济建设全面开展时期,城市建设处于起步阶段,城市地质工作是以解决制约城市发展的水资源为主,兼顾地基稳定性、地质灾害及环境地质问题开展零星的专项调查工作。1952 年,第一次全国城市建设座谈会讨论了“城市建设管理机构的建立健全”、“城市规划的开展”等议题,对北方部分缺水城市(北京、西安、包头等)开展了以寻找地下水资源为目的的水资源地质勘查(张秀芳,2004)、重点工程的工程地质勘查以及环境地质和地质灾害调查。20 世纪 50 年代是区域水文地质开创时期,基本完成中国区域水文地质普查之后,逐渐转入重点经济发展区的水文地质工作,开展了重要城市地下水资源与环境水文地质评价。

在城市地质研究方面,尽管尚未形成城市地质学,但前苏联地质、水文地质、工程地质等理论与技术方法不断输入中国,为解决城市发展遇到的地质问题提供了理论与技术支撑,对中国城市地质科学的发展产生了深远的影响。

在城市地质队伍建设方面,20 世纪 50 年代地质部成立以后,各省先后建立了水文地质、工程地质

专业队伍、有关的研究机构以及地质院校等,为开展城市地质相关工作储备了必要的技术人才与专业化队伍。

2.2 水工环调查阶段(1979~1999)

1979~1999年,国家把工作重心重新转移到经济建设上来,城市建设进入扩容阶段,现在的许多特大城市、大城市都是在这个时期奠定了坚实的基础。城市扩容阶段城市规划对地质工作提出了新的要求,不再是单一的水资源问题,或工程地质问题,也非零星的专项调查所能解决,以城市为中心的水工环地质调查全面展开,掀起了中国城市地质调查的高潮。完成了60多个城市供水水文地质勘查,以14个沿海城市为重点开展了水文地质工程地质综合勘查。这一阶段开展的水文地质、工程地质、环境地质调查比较全面系统,从以解决资源问题为主到资源与环境问题并重,并解决了重点城市典型环境地质问题,上海、天津、西安、苏州等城市的地面沉降研究取得重要进展,部分城市还开展了区域地壳(或工程地质)稳定性评价工作,服务城市意识逐渐增强。不足之处:一是调查范围偏小,勘查深度不足;二是进入20世纪90年代,国家层面的城市地质工作处于低迷时期,岩土工程得到快速发展并在城市建设中发挥了重要的作用。

工业化的兴起、兴盛和经济逐渐繁荣带动城市建设进入扩容阶段。城市扩容对城市地质学科发展提出了要求,这一时期,众多学者注重基础研究,在工程地质、岩土工程、水文地质、环境地质、矿山地质环境等方面发表了一系列的专著。虽然还没有形成城市地质学,但这个时期可以被认为是中国城市地质学的早期发展阶段或是萌芽时期。

在城市地质队伍建设方面,20世纪80年代随着水文地质普查的结束,各省水文地质、工程地质专业队伍大都投入到服务于城市的水工环地质调查工作,有关的研究机构以及地质院校等也参与了相关的调查和研究工作,但尚未形成专门的研究体系。20世纪90年代随着国家地质勘查经费投入的锐减,城市地质工作者相当一部分转为岩土工程者。

2.3 综合地质调查阶段(2000~2017)

2000~2017年是中国经济发展和城市建设最快的时期,城市建设进入快速发展阶段,各级城市在这个时期都得到大规模发展。城市在快速发展过程

中暴露出一系列并非岩土工程所关注和所能解决的重大地质问题,20世纪80年代完成的较为系统的水工环地质调查成果,无论是从城市范围、勘查深度,还是关注的问题及其对地质问题的认识上,都不能满足城市快速发展阶段城市规划、建设、运行、管理对地质工作的需求,服务城市发展的多学科、多门类联合的综合地质调查应运而生。

1999年中国地质调查局成立后,城市地质工作逐渐被重视,城市地质调查项目的数量和经费逐渐增大,调查的内容越来越广泛并趋于综合,服务城市 and 解决问题的意识愈来愈强。主要开展了4个方面的工作:①2004~2012年,开展了全国306个地级以上城市地质环境资源摸底调查,初步查明了城市环境地质问题及地质资源状况。②2004~2009年,完成了上海、北京、天津、广州、南京、杭州6个城市三维地质调查试点。③自2009年,采用部、省、市的多方合作模式,完成了福州、厦门、苏州、合肥、石家庄、秦皇岛、济南等28个城市地质调查工作。④2010年以来,以城市群为单元,相继开展了京津冀、长三角、珠三角、海峡西岸、北部湾、长江中游、关中平原、中原、成渝等重点城市群综合地质调查工作。2016年中国地质调查局设立了重要经济区和城市群综合地质调查计划,下设京津冀一体化协同发展区地质保障工程、长江经济带地质环境综合调查工程、海岸带综合地质调查工程、泛珠三角地区地质环境综合地质调查工程和丝绸之路境内段综合地质调查工程,部署了44个综合地质调查二级项目,是当代综合地质调查的代表。

2017年是城市地质工作承上启下、实现重大转折的一年,城市地质工作从此进入新时代辉煌时期。城市地质工作第一次被写进国务院工作报告,国土资源部出台了《关于加强城市地质工作的指导意见》,召开了全国城市地质工作会议,发布了《城市地质调查总体方案》(2017~2025),部署了雄安新区、西安、成都等城市的空间、资源、环境、灾害等多要素城市地质调查示范,提出了未完成城市地质调查不批准城市规划的要求。同时,打破专业界限,创新成果表达内容和方式,编制了北京城市副中心、雄安新区、京津冀、粤港澳大湾区等一系列国土资源与环境地质图集、对策建议报告,服务成效尤为明显。地球深部探测重大科技项目将城市地下空间精细探测与安全利用技术作为第一项任务。

2.4 多要素城市地质调查阶段(2018~2025)

2018~2025年是中国经济发展和城市建设的提质阶段,对应的城市地质工作主体为多要素城市地质调查阶段,同时完成全国地级以上城市1:5万基础性综合地质调查。

多要素城市地质调查就是以空间、资源、环境、灾害等要素为调查内容,以城市群、大中城市及小城镇多层次需求和问题为导向,服务规划、建设和运行、管理全过程的新型城市地质调查。《城市地质调查总体方案(2017~2025)》提出该阶段的目标任务是:要聚焦城市规划、建设、运行、管理的重大问题,大力推进“空间、资源、环境、灾害”多要素城市地质调查,开展城市发展过程中的重大科技问题攻关,搭建三维城市地质模型,构建地质资源环境监测预警体系,建立城市地质信息服务与决策支持系统。到2025年,着重推进140个中等以上城市多要素地质调查,倾力打造25~30个城市地质调查示范,创建多要素城市地质调查工作体系和技术标准体系(中国地质调查局,2017)。

多要素城市地质调查采取中央引导,地方和城市人民政府主导,多方联动,协同推进的工作模式。自然资源部代表中央主要负责制定推进城市地质工作的相关政策措施,统筹部署全国城市地质工作。中国地质调查局按照全国城市地质工作部署,主要开展城市行政辖区1:25万和规划建设区1:5万综合地质调查评价、重点城市多要素城市地质调查示范、编制城市地质调查技术规程规范及全国城市地质调查工作技术指导。各省自然资源厅及省政府相关部门主要负责组织开展辖区内公益性综合地质调查评价、制定省级地质资料汇交管理办法、统筹推进辖区内城市地质工作。各城市人民政府主要负责建立城市地质工作协调机制、推进城市地质资料汇交及共享与服务、制定城市地质成果服务政府管理的相关制度、建立城市地质三维结构模型、建立资源环境监测预警网络、建立城市地质可视化信息服务决策支持平台。相关建设单位主要开展商业性城市地质调查工作、汇交相关地质资料、承担相应监测防治责任。

城市总体规划、详细规划、建设、管理的不同阶段对空间、资源、环境和灾害等多要素城市地质调查的需求不同,对应的调查内容和精度要求也随之不同(中国地质调查局水环部,2017)。

2.4.1 总体规划阶段

面向空间:一是开展城市行政辖区1:25万自然资源综合地质调查,初步掌握区域自然资源状况、地质环境条件和资源环境问题,评价国土空间适宜性,划定三条“红线”,提出国土空间规划优化建议;二是开展城市规划区1:5万综合地质调查,基本查明土地利用类型和三维地质结构条件。面向资源:一是在有供水前景的地区圈定水源地范围并设定保护区,地下水允许开采量应满足C级精度;二是在地热富集区,圈定地热田范围,地热水可采资源量评价精度达到控制级;三是进行地热能开发利用适宜性分区,评价浅层地热能资源量;四是在建筑石材等矿产资源分布区,开展矿产资源储量评价。面向环境:开展城市规划建设区1:5万水土质量调查,分区评价土壤质量等级、地下水质量等级、湿地功能等级、地质遗迹等级。面向灾害:开展面向城市土地利用规划的1:5万地质灾害易发程度区划。

2.4.2 详细规划阶段

面向空间:主要开展1:1万综合地质调查,查明各建筑区块土地利用条件、地质条件和地下空间利用条件。面向资源:主要开展各建筑区块浅层地热能评价,统筹考虑地下空间开发利用,提出地热能开发利用方案。面向环境:主要开展建筑区块1:1万水土质量调查评价,确定污染场地风险。面向灾害:主要开展建筑区块1:1万地质灾害调查,评价地质灾害隐患点稳定性和风险。

2.4.3 建设阶段

面向空间:一是提供拟出让地块的地表与地下空间利用状况、地质背景条件、建设控制指标等;二是按照有关工程勘察规范,建设单位在工程建设区内组织开展土地测量和工程勘察;三是竣工验收时,提交建设项目的工程勘察资料、工程设计及建设相关资料。面向资源:一是提供拟出让地块的地下水、地热水、浅层地热能、矿产资源状况与开发利用要求;二是按照有关技术规范,建设单位根据资源开发和保护的需求,开展地下水水源地、地热资源、矿产资源的勘查评价;三是竣工验收时,提交地下水、地热水、浅层地热能、矿产资源工程勘察资料、开发利用方案等相关资料。面向环境:一是提供拟出让地块的土壤、地下水、地质遗迹开发利用与保护要求;二是按照有关技术规范,建设单位开展建设项目的生态地质环境影响评价;三是竣工验收时,提交工程

设施对土壤、地下水、地质遗迹的保护措施和监测承诺书。面向灾害:一是提供拟出让地块的地质灾害分布情况和地质灾害防治要求;二是按照有关技术规范,建设单位开展建设项目的地质灾害风险评估;三是竣工验收时,提交地质灾害勘察、设计、施工和监理等资料,及地质灾害监测承诺书。

2.4.4 管理阶段

面向空间:要通过监测,实时掌握城市“三区四线”的控制情况,有效控制地下空间开发秩序。面向资源:一是通过监测,掌握地下水资源均衡状况、地热水开采情况和回灌效果、矿产资源开采情况;二是根据极端干旱气候发生概率,制定地下水应急供水方案。面向环境:一是监测土壤质量、地下水质量、地质遗迹状况的变化;二是开展土壤和地下水突发污染事件风险点评估,制定应急调查和处置方案。面向灾害:一是通过群专结合、空天地一体化的监测预警网络建设,掌握地质灾害的实时变化;二是提供编制城市规划区及相邻影响区地质灾害应急预案,建立地质灾害应急响应平台。

3 当代城市地质进展

3.1 当代城市地质调查进展

(1)在理念上从被动型转变为主动服务型。城市地质工作由解决城市发展现实地质问题的被动型城市地质工作模式,逐渐转变成为保障城市可持续发展和城市生态系统动态平衡而开展的前瞻性、基础性、综合性主动服务型城市地质工作模式(卫万顺,2008;郑桂森等,2016)。上海构建了地质工作服务城市规划管理的常态化机制,实现了地质调查成果服务融入政府管理主流程。

(2)在工作机制上从地矿独揽型转变为多方联动型。基本形成了中央引导、地方主导、多部门联合的城市地质调查模式并取得明显成效。雄安新区形成了中央公益先行、地方政府跟进、市场主体参与城市地质实施模式。中国地质调查局西安中心与西安市规划局、建委、国土局签订城市地质调查四方合作协议,联合陕西地质调查院和西安市勘察测绘院,共同编制《大西安城市地质调查与地下空间应用实施方案》,打破了多年来的技术壁垒和行业壁垒,实现了大西安地区地质调查工作的统筹部署、资料与成果共享,打通了地质调查成果广泛应用和服务于城

市规划、建设、运行和管理的通道(张茂省,2016)。

(3)在调查内容上从单一要素调查向多要素综合性调查转变。由资源向空间、资源、环境、灾害等多要素转变,由粗放型向精准型转变,由注重资源环境数量向注重数量、质量、生态综合评价转变,由地下水监测与动态评价向资源环境承载能力监测和综合评价转变。

(4)把科技创新提到了空前的高度。智慧城市、文明城市、宜居城市建设离不开科技创新,解决城市地下空间精细化探测、评价与安全利用、资源环境承载能力评价等关键科技问题需要科技创新。

(5)从业人员数量和所涉及的专业大幅增多。城市地质已成为地质行业转型发展的重要方向,从业人数大幅增多,新时期城市发展对地质工作提出了更新更高的要求,所涉及的专业领域明显增加。

3.2 当代城市地质研究进展

(1)城市地质专业已经成为地学领域的热门方向。2005年,中国城市地质学会城市地质研究会编著发表了《中国城市地质》。2006年,北京市地质矿产勘查开发局创办了《城市地质》期刊。中国地质调查局相继发表了中国城市地质调查丛书(程光华,2013)。这一阶段,城市地质系列的专著、期刊逐渐丰富,城市地质学科的理论技术方法的研究成果也日益丰富。

(2)初步形成了城市地质调查技术方法体系。城市地质工作经过几十年的发展,基本形成了城市地质调查行业标准,形成了以构建一模(三维地质结构模型)、一网(地质环境监测预警网)、一平台(城市地质信息服务平台)为主体的技术方法体系。

(3)地面沉降监测预警取得重要进展。分层标监测、InSAR、GPS、光纤监测、水准测量等空天地协同监测手段得到广泛应用,基本形成了地面沉降调查、监测、评价和防治技术方法体系。

(4)建立了浅层地温能地质学理论。自2006年以来,先后出版发行了《中国浅层地温能资源》(卫万顺等,2010)、《浅层地温能资源评价》(卫万顺等,2010)、《北京浅层地温能资源》(北京市地质矿产勘查开发局等,2008)三部专著和20余篇论文,创立了浅层地温能地质学理论。

(5)地下空间探测评价理论初现。李晓昭等开展了城市地质环境及地下空间的协同发展利用研究(LI Huanqing, 2013),评价了苏州等城市地下空间

的适宜性(LI Xiaozhao, 2012, 2016)。张茂省等提出了基于负面清单的城市地下空间资源潜力评价原理与方法,从限制因素、约束因素和影响因素的空间分布、现状、发展趋势、危害方面对西安市地下空间资源潜力进行评价并提出对策建议。倪化勇等梳理了影响成都市地下空间综合利用的资源环境要素,提出了横向分区、竖向分层的开发利用建议,编制了服务地下空间利用的城市地质图集(倪化勇等, 2017)。

(6)大数据共享及云技术应用条件基本具备。上海市通过资源环境信息采集与共享机制,建立了上海城市资源环境综合信息系统,实现了地上地籍、地下地籍、地质图“三位一体”管理,并将其接入了上海市的共享服务平台,实现了多部门地质资料的统一整理和共享(陈华文, 2010)。中国地质调查局发布了国家地质大数据共享服务平台“地质云”,提供地质信息一站式云端共享服务,城市地质也是其中的一部分(中国地质调查局, 2017)。

3.3 存在的主要问题

近几十年来,中国城市地质工作取得了丰富的成果,但与新时代城市发展对地质工作的要求相比,还存在理念落实不够、体制机制不够完善、尚未形成独立的学科、工作内容不完全适合、精细化探测及三维建模技术不成熟等问题。

(1)先进理念落实不够。五大发展理念以及以人民为中心、人地和谐共生、主动超前服务城市发展等理念在城市地质工作体现不够。

(2)体制机制不够完善。除上海等极少数城市外,规划、建设、国土等部门分设,尚未建立与新时代城市地质工作相适应的城市地质工作体制,导致城市地质调查与城市规划结合不紧密;缺乏城市地质工作的规范性文件,尚未将城市地质工作纳入城市管理主流程,城市地质工作经费没有纳入城市财政预算;城市地质工作缺乏统筹部署,缺乏城市地质信息资料汇交共享机制和持续动态更新机制。

(3)尚未形成独立的学科。目前仍停留在运用基础地质、水文地质、工程地质、岩土工程、环境地质、地球化学及地球信息科学等理论技术方法来解决城市发展中的地质问题,尚未形成独立的地学与城市学交叉的城市地质综合性学科,没有建立完整的城市地质理论与技术方法体系。

(4)工作内容不完全适合。由于未形成地学与

城市学交叉的城市地质学,导致城市地质工作侧重地质思维,不能精准服务于城市规划、建设、运行、管理的各个流程,使得城市地质调查与城市发展需求不一致,调查评价结果实用性较差。

(5)精细化探测技术不成熟。常规的地球物理勘探方法,在城市多场干扰环境下,难以精细化精准地探测地质结构和地下空间。

(6)三维建模技术不成熟。各行业及行业内部都在各自为政,低层次重复开发,尚未研发出行业公认的、可在全国推广应用的、功能强大的城市三维地质建模技术和平台。

4 未来展望

当前全球性的城镇化具有两种不同的发展趋势,一种是随着交通和信息网络的不断扩大和便捷,让城市居民不必仅仅生活在城市的核心区,而是向城市周边进行扩展,带来人口的迁移和产业的疏散;另一种趋势则是随着经济全球化程度的不断加深,大城市拥有更多的发展机会,从而出现城市聚集的现象,表现为更多的人和良好的资源都聚集大城市,使大城市,甚至超大城市数量进一步增多(郑永年, 2017)。

到 2050 年,全世界城市人口总数将相当于一个世纪前的全世界人口,整个世界将成为一个城市化的世界。届时中国城市数量将到 800 个,中小城市发展最为迅速,很多农村将转型为城市,或者成了附近城市的一部分,大量人口进入城市生活。在城市规模不断扩大和大城市数量不断增多的过程中(KOHLSTEDT, Kurt, 2015),若不处理好人地和谐共生问题,就会出现过渡城市化问题,或城市病,并面临城市环境风险和自然灾害(斯波特, 2017)。面向 2050 年的城市地质工作充满了前所未有的机遇和挑战,创新驱动是解决未来城市地质面临的各类问题的唯一途径。

(1)从哲学(SHANE Epting, 2016)和中华理性思维的角度创新思考城市可持续发展与地质生态安全问题(JOSEPH E. Bunnell, 2004; SAMIRA Tabasi, 2012; S. T. A. Pickett, 2011),树立创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念,以及以人民为中心、人地和谐共生、城乡融合、主动超前服务等新理念,并落实到城市地质工作的方方面面和各个环节,

促进绿色、文明、宜居、智慧城市建设(NIKOLAI Bobylev, 2009)。

(2)创新与城市发展要求相适应的城市地质管理体制和工作机制。改革和捋顺城市地质管理体制,出台相关规范性文件,将城市地质工作纳入城市规划建设管理的主流程,实现城市地质工作的统筹部署和经费保障。聚焦城市规划、建设、运行、管理过程中的重大地质问题,构建中央引导、地方主导的多方联动机制(MARKER Brian, 2015),分类推进城市地质调查评价工作。在“数字地球”、“智慧城市”、移动互联网乃至人工智能的日益发展背景下,构建城市地质信息资料汇交共享机制和持续动态更新机制,提升城市地质工作服务新时代城镇化建设的能力和水平。

(3)创建城市地质学科和城市地质专业队伍。构建地质学与城市学交叉的独立的城市地质二级学科,形成完整的城市地质理论与技术方法体系。在大学设立城市地质专业,培养城市地质专业人才。在国家和地方相关机构分别设立城市地质调查和研究部门,建立城市地质专业队伍,创建城市地质科技创新平台。

(4)拓展城市地质调查评价内容,全方位精准支撑服务国土空间规划。指导理论从地球科学转变为地球系统科学;工作区范围从城市规划建设区拓展到整个城市群,甚至其所在的自然单元;服务对象从服务城市规划建设转变为服务城乡融合,城乡一体化的国土空间规划建设,涵盖了服务小城镇建设和乡村振兴战略,构建以城市群为主体、大中小城市和小城镇协调发展的城镇格局(张孝德, 2014);调查内容从综合地质调查转变为地下与地上空间协调利用条件调查、多门类自然资源综合调查、生态环境问题调查及地质灾害调查;评价内容从综合地质评价转变为自然资源及其开发利用程度、地质环境安全条件、国土空间适宜性、资源环境承载力能力评价,更加注重资源环境问题的快速识别与资源环境承载能力的智能评价,及时调整和优化国土空间规划,推动资源协同利用和城市绿色发展。

(5)创新城市干扰环境下精细化探测技术,破解大城市面临的环境风险和自然灾害。创新地球物理、钻探、遥感、监测等精细化探测技术方法,在城市多场干扰环境下,精准获取地质结构和地下缺陷信息,支撑服务城市地下空间开发和安全利用。密切

关注新构造运动活跃、地震发育的城市群和大中城市,加强地质环境综合监测和预警研究,加强区域工程地质或地壳稳定性研究,规避在发生突发地质灾害时造成的巨大人员伤亡和财产损失。

(6)打造全球通用的三维建模技术,支撑引领智慧城市建设。各国都在研发三维地质建模技术,但目前尚无国际公认的城市三维地质建模技术和平台。全球化需要领头羊和领导者,未来的美国和西方国家城镇化业已完成,在城市地质方面不再扮演领导者,中国有动力,也有能力作为领导者研发全球通用的三维地质建模技术,为世界提供全球公共品(郑永年, 2017),支撑引领未来国际智慧城市建设。

5 结论

(1)中国城镇化治理政策经历了从重视工业建设忽视城镇化建设,到明确提出城镇化战略的转变。与城市发展阶段相对应的城市地质可划分为4个阶段:起步阶段的专项调查阶段(1950~1978)、扩容阶段的水工环调查阶段(1979~1999)、快速发展阶段的综合地质调查阶段(2000~2017)、提质阶段的多要素城市地质调查阶段(2018~2025)。

(2)多要素城市地质调查就是以空间、资源、环境、灾害等要素为调查内容,以城市群、大中城市及小城镇多层次需求和问题为导向,服务规划、建设和运行、管理全过程的新型城市地质调查。

(3)当代城市地质工作具有5个特点:在理念上从被动型转变为主动服务型,在工作机制上从地矿独揽型转变为多方联动型,在调查内容上从单一要素调查向多要素综合性调查转变,把科技创新提到了空前的高度,从业人员数量和所涉及的专业大幅增多。

(4)当代城市地质研究5个主要进展:城市地质专业已经成为地学领域的热门方向,初步形成了城市地质调查技术方法体系,地面沉降监测预警取得重要进展,建立了浅层地温能地质学理论,地下空间探测评价理论初现。

(5)创新驱动是解决未来城市地质面临的各类问题的唯一途径。树立五大发展理念,以及以人民为中心、人地和谐共生、城乡融合、主动超前服务等新理念,促进绿色、文明、宜居、智慧城市建设。创建地质学与城市学交叉的城市地质学科,形成完整的

城市地质理论与技术方法体系,建立城市地质专业队伍。拓展城市地质调查评价内容,全方位精准支撑国土空间规划。创新城市干扰环境下精细化探测技术,精准获取地质结构和地下缺陷信息,密切关注新构造运动活跃、地震发育的城市群和大中城市,加强地质环境综合监测和预警研究,破解大城市面临的环境风险和自然灾害,规避在发生突发地质灾害时造成的巨大人员伤亡和财产损失。打造全球通用的三维建模技术,为世界提供全球公共品,支撑引领未来国际智慧城市建设。

参考文献(References):

斯波特. 极简未来史——人类的趋势、未来与终极命运[M]. 北京:中国友谊出版公司,2017.

张九辰. 地质学与民国社会:1916—1950 [M]. 济南:山东教育出版社,2005.

ZHANG Jiuchen. Geology and society: a story in Chinese national geological survey[M]. Jinan: Shandong Education Press, 2005.

张茂省,董英,刘洁. 论新型城镇化中的城市地质工作[J]. 兰州大学学报,2014,50(5):581-587.

ZHANG Maosheng, DONG Ying, LIU Jie. Discussion of urban geological work in new urbanization[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2014, 50(5):581-587.

张秀芳,李善峰. 国内外城市环境地质工作进展[J]. 中国地质灾害与防治学报,2004,14(4):96-100.

ZHANG Xiufang, LI Shanfeng. Review on urban environmental geologic work in China and abroad[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2004,14(4):96-100.

卫万顺. 城市地质工作应走理念发展型之路[J]. 城市地质,2008,3(4):1-6.

WEI Wanshun. The urban geological work should take the road of conceptual development[J]. Urban Geology, 2008,3(4):1-6.

郑桂森,卫万顺,于春林,等. 城市地质工作与城市发展关系研究[J]. 城市地质,2016,11(4):1-6.

ZHENG Guisen, WEI Wanshun, YU Chunlin, et al. Research on the relationship between urban geological work and urban development [J]. Urban Geology, 2016,11(4):1-6.

张茂省. 大西安城市地质调查与地下空间应用实施方案[R]. 西安:中国地质调查局西安地质调查中心,2016.

程光华. 中国城市地质调查丛书[M]. 北京:科学出版社,2013.

CHENG Guanghua. China urban geological survey series [M]. Beijing: Science Press, 2013.

陈华文. 上海城市地质工作服务经济社会发展机制与模式探索[J]. 上海地质,2010,31(3):9-15.

CHEN Huawen. Mechanism and pattern of Shanghai urban geology in serving economic and social development[J]. Shanghai Geology, 2010, 31(3):9-15.

郑永年. 未来三十年——新变局下的风险与机遇[M]. 北京:中信出版集团,2017.

卫万顺,李宁波,冉伟彦,等. 中国浅层地温能资源[M]. 北京:中国大地出版社,2010.

WEI Wanshun, LI Ningbo, RAN Weiyan, et al. Shallow geothermal energy resources in China [M]. Beijing: China Land Press, 2010.

卫万顺,郑桂森,冉伟彦,等. 浅层地温能资源评价[M]. 北京:中国大地出版社,2010.

WEI Wanshun, ZHENG Guisen, RAN Weiyan, et al. Assessment of shallow geothermal energy resources[M]. Beijing: China Land Press, 2010.

北京市地质矿产勘查开发局,北京市地质勘察技术院. 北京浅层地温能资源[M]. 北京:中国大地出版社,2008.

倪化勇. 成都市城市地下空间资源地质调查总体方案[R]. 成都:中国地质调查局成都地质调查中心,2017.

张孝德. 生态文明立国论——唤醒中国走向生态文明的主体意识[M]. 石家庄:河北人民出版社,2014.

中国地质调查局. 城市地质调查总体方案(2017—2025年)[R]. 北京:中国地质调查局,2017.

LI Huanqing, LI Xiaozhao, Parriaux Aurèle, et al. An integrated planning concept for the emerging underground urbanism: Deep City Method Part 2 case study for resource supply and project valuation[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2013, 38:569-580.

LI Xiaozhao, LI Congcong, Parriaux Aurèle, et al. Multiple resources and their sustainable development in Urban Underground Space[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2016,55:59-66.

LI Xiaozhao, WU Wenbo, CAO Liang, et al. Evaluation of Geo-environmental Suitability for the Development of Underground Space in Suzhou[R]. Proceedings of the ACUSS 2012 conference. Published by Research Publishing. Singapore, 2012, 332-340.

NIKOLAI Bobylev. Mainstreaming sustainable development into a city's Master plan: A case of Urban Underground Space use[J]. Land Use Policy, 2009,26:1128-1137.

KOHLSTEDT, Kurt. Invisible Bicycles: Tokyo's High - Tech Underground Bike Parking, Weburbanist [EB/OL]. <http://weburbanist.com/2015/03/26/invisible-bicyclestokyos-high-tech-underground-bike-parking/>> (accessed 11.07.15).

MARKERBrian. Communication of Geological Information in Planning of Urban Areas[J]. Engineering Geology for Society and Territory, 2015, Volume 5, DOI: 10.1007/978-3-319-09048-1-64.

SHANE Epting. An Applied Mereology of the City: Unifying Science and Philosophy for Urban Planning[J]. Sci Eng Ethics, 2016, 22: 1361-1374 DOI 10.1007/s11948-015-9696-3.

JOSEPH E. Bunnell. Medical Geology: Emerging Discipline on the Ecosystem-Human Health Interface[J]. Eco-Health, 2004, 1: 15-18, DOI: 10.1007/s10393-004-0068-8.

SAMIRA Tabasi, AREZOO Abedi. A medical geology study of an arsenic-contaminated area in Kouhsorkh, NE Iran[J]. Environ Geochem Health, 2012, 34:171-179 DOI 10.1007/s10653-011-9424-0.

S. T. A. Pickett, M. L. Cadenasso, J. M. Grove, et al. Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress[J]. Journal of Environmental anagement, 2011, 92: 331-362.

喀拉通克基性-超基性岩同生铜镍矿床

成矿区带:北准噶尔成矿带(Ⅲ-3)。

建造构造:早二叠世侵入于下石炭统海相火山沉积岩地层中的基性岩体,区内共发现基性杂岩体含矿岩体 13 个,岩石主要为闪长岩-辉长苏长岩-橄榄苏长岩组合,岩石 m/f 值为 0.5~2.1。Y1 局部有含长橄榄岩(钱壮志等,2009),Y2 局部有橄榄辉石岩和辉石橄榄岩(秦克章等,2014)。Y1 黑云母苏长岩锆石 U-Pb 年龄为(287±5) Ma(韩宝福等,2004);Y9 辉长岩锆石 U-Pb 年龄为(287±4) Ma(焦建刚等,2014)。

成矿时代:早二叠世。Y1 矿石 Re-Os 等时线年龄为(282±4.8)Ma, Y2 矿石 Re-Os 等时线年龄为(290.2±6.9)Ma,(张作衡等,2005)。

成矿组分:Ni,Cu,(Co,Au,Ag,Pt,Pd,Se,Te,S)。

矿床(点)实例:(新)富蕴县喀拉通克 Y1、Y2、Y3、Y6、Y7、Y8、Y9 铜镍矿床。

简要特征:基性程度高的岩体含矿性好,在同一岩体内部,基性程度高的岩相含矿性好。含矿性 Y1 达大型,Y2 和 Y3 达中型,Y6、Y7、Y8、Y9 为小型。浸染状矿体主要局限于岩体内部,不同类型浸染状矿体之间以及与岩体间均为渐变过渡关系;块状矿体呈贯入接触分布于浸染状矿体、岩体以及围岩地层中,并与岩体或浸染状矿体之间有明显的地质和地球化学界面,反映了深部熔离矿浆后期贯入的特征。矿石金属矿物主要为磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿,次有黄铁矿、紫硫镍矿、针镍矿、辉钴矿-辉砷镍矿等;非金属矿物主要为斜长石、辉石、橄榄石、角闪石、富铁金云母及蚀变形成的阳起石、绿泥石、蛇纹石等。Y1 矿床平均品位 Cu 为 1.22%,Ni 为 0.80%;Y2 矿床平均品位 Cu 为 1.10%,Ni 为 0.60%;Y3 矿床平均品位 Cu 为 0.95%,Ni 为 0.51%。

成因认识:早二叠世,在深部地幔热柱上涌和上部准噶尔地块覆盖保温的耦合条件下,地幔岩部分熔融的镁铁质岩浆侵入地壳,沿准噶尔北侧薄弱地带上侵,经中间岩浆房分异,多次上侵成矿。

(中国地质调查局西安地质调查中心 杨合群)