

北京市城市地质工作成果通报

(2021 年度)



北京市地质矿产勘查院
BEIJING INSTITUTE OF GEOLOGY

前言 | PREFACE

在北京市规划和自然资源委员会的正确领导下，在自然资源部、中国地质调查局、市各委办局的大力支持下，在国家实施“一带一路”和“京津冀协同发展”等重大战略部署的新形势下，首都地质工作紧密围绕“建设国际一流和谐宜居之都”，紧扣市委市政府中心工作和规划自然资源重点任务，以城市地质工作为核心，以保障城市地质安全为目标，以重大地质因素高精度调查评价为基础，以北京地质安全监测系统为依托，持续做好“七个服务”，即支撑服务国家、市委市政府重大战略部署和重点工作安排，支撑服务北京国土空间规划体系建设实施，支撑服务自然资源动态管理，支撑服务首都生态文明建设，支撑服务地质灾害风险管控，支撑服务地质工作区域协调发展，支撑服务城市地质工作行业引领与管理，积极融入市规划自然资源委工作体系。

2021年，主要开展了《北京市“十四五”时期地质调查规划》和《北京市矿产资源总体规划（2021-2025年）》编制工作；启动了《城市地下空间资源地质评估标准》《北京市突发地质灾害应急调查规范》《北京市突发地质灾害排查规范》《突发地质灾害监测站点运行规程》《地热动态监测规范》《北京城市地质条件适宜性评价技术指南》等技术标准的研究工作；实施了北京市矿产资源国情调查、大兴国际机场临空经济区清洁能源勘查评价、新航城地区地面沉降监控预警关键技术及应用示范、昌平南口示范区地表基质调查与评价研究、汛期突发地质灾害防治技术服务、新兴有机污染测试分析方法技术验证实验、门头沟区东胡林村地质文化村调查与建设示范、平原区活动断裂形变与地面沉降关系研究等地质项目；完成了北京市地质安全监测系统的运行工作，对突发地质灾害、地下水、地面沉降、

土地质量生态地球化学、矿山地质环境、地热资源、浅层地热能、重大线性工程地质安全、地下空间资源、活动断裂、地裂缝等地质要素开展监测工作，取得了大量地学数据。

为使政府、社会和公众便于获得地学资料，编制了《2021 年度城市地质工作成果通报》，主要包括地质资源调查与监测、地质灾害预防与治理、生态地质环境修复与保护、综合研究等方面内容。

目录 | CONTENTS

1 地质资源调查与监测.....	01
1.1 矿产资源	01
1.1.1 调查评价.....	01
1.1.2 基础研究	01
1.2 地下水资源	03
1.2.1 监测运行.....	03
1.2.2 基础研究	05
1.3 清洁能源	05
1.3.1 监测运行.....	05
1.3.2 调查评价.....	07
1.3.3 基础研究	09
1.4 地下空间资源	09
1.4.1 监测运行.....	09
1.4.2 基础研究	09
1.5 地质遗迹资源	10
2 地质灾害预防与治理.....	11
2.1 突发地质灾害	11
2.1.1 监测运行.....	11
2.1.2 站点建设.....	13

2.1.3 调查评价	13
2.1.4 基础研究	13
2.2 地面沉降	14
2.2.1 监测运行	14
2.2.2 调查评价	16
2.3 活动断裂	16
2.3.1 监测运行	16
2.3.2 基础研究	17
2.4 地裂缝	18
2.5 重大线性工程地质安全	19
2.5.1 监测运行	19
2.5.2 站点建设	19
3 生态地质环境修复与保护	21
3.1 地下水质量	21
3.2 土地质量	22
3.2.1 监测运行	22
3.2.2 调查评价	24
3.3 矿山地质环境	25
4 综合研究	28

1 地质资源调查与监测

1.1 矿产资源

北京矿产资源开采历史悠久，共发现各类矿产 127 种（含亚矿种），其中固体矿产 121 种，液体矿产 6 种。已查明矿产资源（列入北京市矿产资源储量表）的共 67 种固体矿产、294 个矿区，以及地热、矿泉水 2 种液体矿产。根据《北京城市总体规划（2016 年 -2035 年）》，将山区列为生态涵养区，2008 年以来一直实施关矿、限采政策。

1.1.1 调查评价

为全面掌握北京矿产资源本底现状，进一步夯实国家资源能源安全基础，完善矿产资源储量动态更新机制，本年度开展了北京市矿产资源国情调查工作。该项工作查明了北京市铁、金、铜、铬、铝 5 种紧缺战略性矿产（68 个矿区）的本底数据、空间分布和利用状态，并将调查数据录入国情调查数据库；构建了 22 个大中型矿区矿体三维模型；圈定 6 个区域开展铁、金矿种潜在矿产资源评价工作。

调查表明：5 种紧缺战略性矿产中，包括铁矿区 46 个，包括大型 2 个、中型 20 个、小型 24 个；金矿 14 个，包括中型 2 个、小型 12 个；铜矿 8 个，均小型；铬矿 2 个，均小型；铝土矿 1 个，小型（图 1）。

全市铁、金、铜矿山于 2020 年底前陆续闭坑或关闭，其中已利用矿区 23 个；政策性关闭 19 个；资源枯竭闭坑 2 个；铁矿关闭矿区 19 个，包括大型 2 个、中型 10 个、小型 7 个，紧缺战略性矿产资源储量详见表 1。

1.1.2 基础研究

本年度开展了北京市矿产资源总体规划（2016-2020 年）评估和北京市矿产资源总体规划（2021-2025 年）编制工作。通过全面调研工作，客观评估北京市矿产资源总体规划（2016-2020 年）的实施情况，总结规划实施以来取得成效、成功经验和存在问题，并以此为基础，科学编制北京

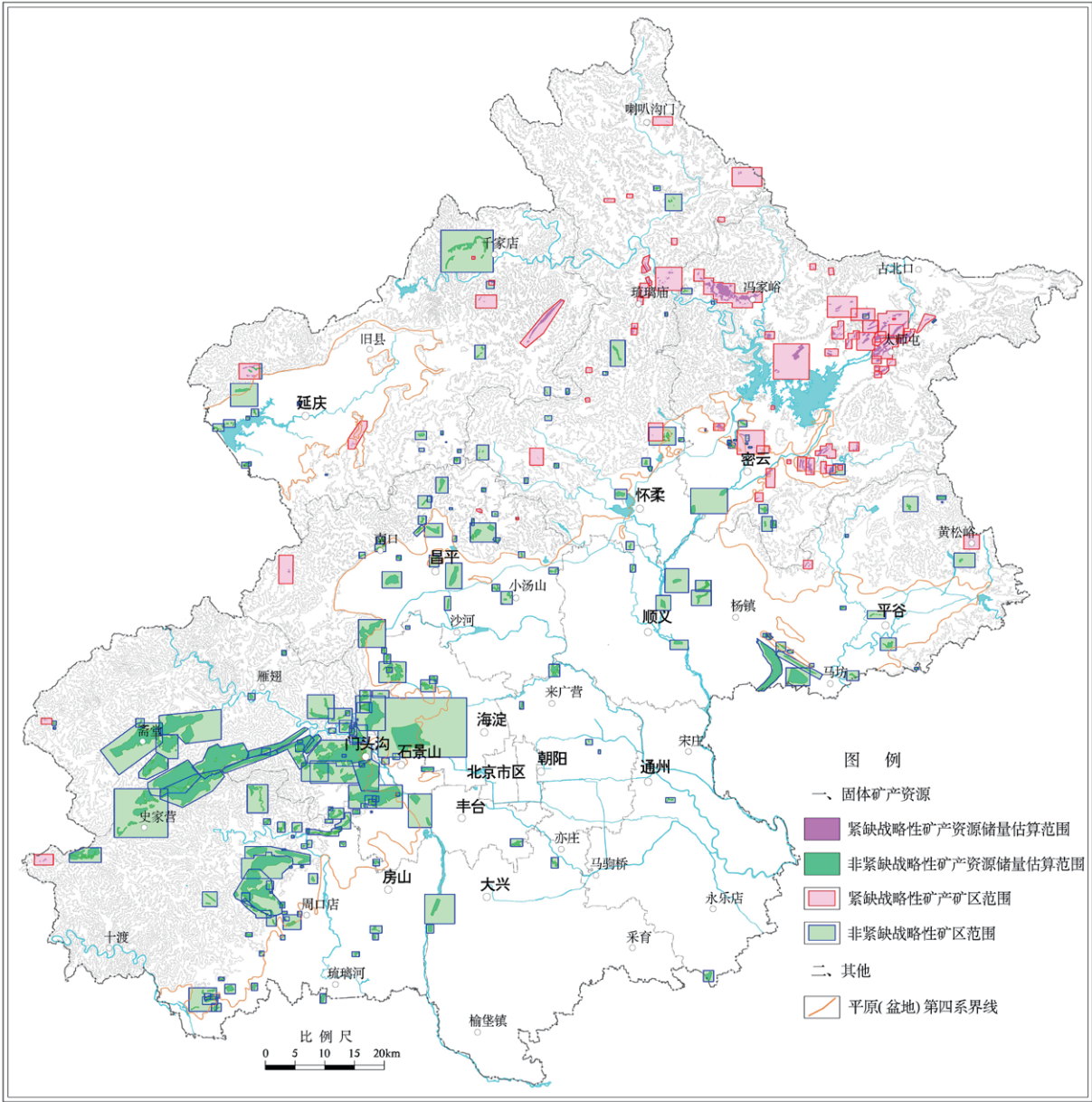


图 1 北京市固体矿产资源分布图

表 1 北京市紧缺战略性矿产资源储量明细表

序号	紧缺战略性矿产类型	累计查明资源量	保有资源量
1	铁矿	1.08×10^9 吨	9.46×10^8 吨
2	金矿	25.73 吨	6.36 吨
3	铜矿	7.72×10^4 吨	6.61×10^4 吨
4	铬矿	9.53×10^5 吨	7.68×10^5 吨
5	铝土矿	4.20×10^5 吨	4.20×10^5 吨

市矿产资源总体规划（2021-2025 年）。明确了首都矿产资源开发利用保护目标：立足首都矿产资源禀赋、开发利用与保护等基本特征，把生态文明作为重要标杆，从有序退出固体矿山和矿泉水企业、提升地热资源可持续利用水平、全面实现矿山生态修复等几方面入手，构建符合首都城市发展实际的绿色、和谐、高效、安全的首都矿业新格局。确立了首都矿产资源开发利用保护的三项任务，分别为基础地质调查、地热资源勘查开发利用和矿山生态修复。确定了重要矿种的勘查开发方向：促进深层地热资源供暖利用转型，加快推动浅层地热能资源有序开发，提高清洁能源应用比例。

1.2 地下水资源

水是生命之源，是城市重要战略性保障资源，北京是国际上为数不多的以地下水作为主要供水水源的超大型城市，南水北调进京后，地下水仍占水资源总量 60%、供水量 40%，而居民生活用水中地下水占比更高。

1.2.1 监测运行

20 世纪 50 年代，北京市就开展了地下水监测工作，历经几十年的发展，监测井数量及监测内容不断增加。目前建成覆盖全市域的北京市地下水监测网，包括监测井 1786 眼，其中区域地下水监测井 1306 眼、重点污染源监测井 480 眼，每年定期开展水位、水质监测工作。

（1）第四系孔隙水

本年度完成了监测网的运行工作，监测数据表明：平原区第四系地下水漏斗主要分布在顺义北小营 - 怀柔杨宋庄、顺义天竺 - 后沙峪和通州张家湾等区域。同 2020 年比，地下水漏斗面积除第四含水层组漏斗面积略有增加外，其他含水层组均减小，（表 2、图 2）

（2）岩溶水

监测数据表明：各岩溶水系统水位普遍呈上升趋势，水位升幅 2.20m ~ 29.47m。受降水影响，延庆岩溶水系统水位上升近 30m；受永定河、潮白河生态补水影响，西山岩溶水系统水位上升近 15m，千家店 - 九渡河岩溶水系统水位最大升幅 14.27m。

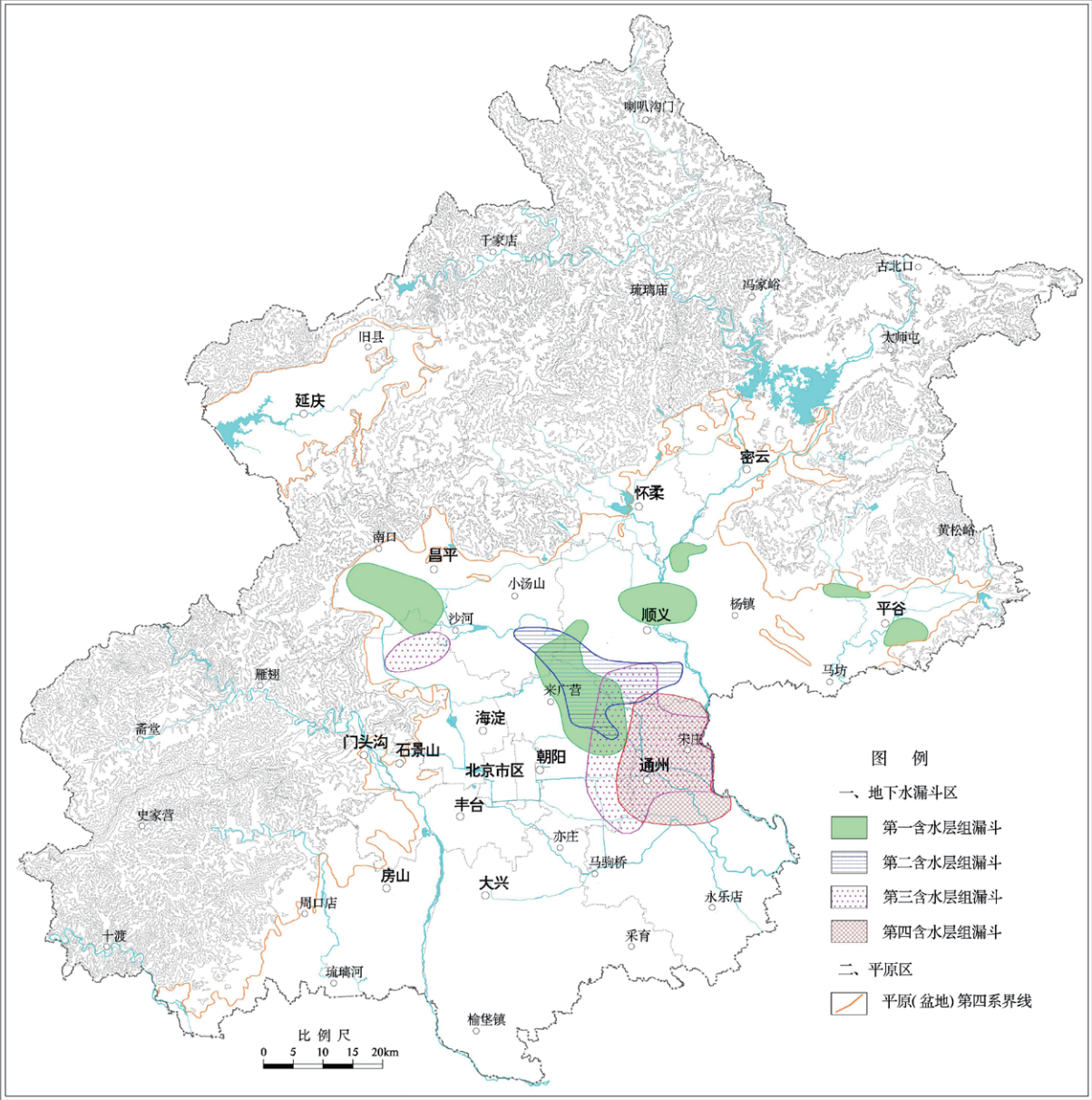


图 2 北京市平原区 2021 年第四系地下水漏斗分区图

表 2 北京市平原区 2021 年地下水漏斗区面积同比变幅表

平原区第四系分层			漏斗区面积 /km ²		
分层	深度 /m	监测面积 /km ²	2021 年	2020 年	变幅
第一含水层组	0 ~ 50	6528	433	504	-71
第二含水层组	50 ~ 100	4770	214	224	-10
第三含水层组	100 ~ 180	3995	442	460	-18
第四含水层组	180 ~ 300	3068	310	307	3

1.2.2 基础研究

本年度开展北京市地下水资源量评价工作。研究表明：2021 年北京市降水量为 864.49mm，平原区大气降水入渗补给量为 $15.77 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ；山区基岩水对平原地下水的侧向径流补给量为 $5.84 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ；平原区潜水蒸发总面积为 492.76km^2 ，蒸发量为 $0.39 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ；平原区四层地下水储存量盈余 $28.24 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。

1.3 清洁能源

地热资源是能够经济地被人类所利用的地球内部的地热能、地热流体及其有用组分。在北京地区可利用的地热资源主要包括通过热泵技术开采利用的浅层地热能和通过钻井开采利用的深层地热资源。

1.3.1 监测运行

(1) 浅层地热能

目前已初步建成北京市浅层地热能利用监测网，包括监测站点 90 处，其中地埋管地源热泵监测站点 58 处、地下水地源热泵监测站点 21 处、基准地温监测站点 11 处，该监测网于 2009 年起开始运行。

本年度完成了监测网的运行工作，监测成果表明：地埋管地源热泵项目在供暖季开始后，周边地温场温度开始降低，至次年 2 月份处于低值，一般在 6°C 左右，8 月中旬温度处于高值，一般在 35°C 左右，过渡季末地温场温度基本恢复至地层原始温度；地下水地源热泵项目回灌井温度在运行季受系统运行影响发生变化，供暖季低值在 10°C 左右，制冷季高值在 25°C 左右，抽水井温度变化不大，季节变化在 3°C 以内。

根据地温场监测数据成果，北京市平原区 150m 以浅地层平均温度在 $13.11^\circ\text{C} \sim 15.55^\circ\text{C}$ 之间。自上而下温度层划分为三层，分别为变温层、恒温层、增温层，其中变温带深度为 $0 \sim 20\text{m}$ ，恒温带深度 $20\text{m} \sim 40\text{m}$ ，增温带深度 $40\text{m} \sim 150\text{m}$ ，地层增温率为 $1.0^\circ\text{C} \sim 3.5^\circ\text{C}$ 。根据监测数据开展

平原区 120m 地温场分布规律研究，研究表明：在小汤山、东小口、金盏、马驹桥等区域温度较高，最高值小汤山地区为 21.4℃；在琉璃河、后沙峪地区温度较低，最低值琉璃河地区为 11.5℃（图 3）。研究发现，不同地温场环境及水文地质条件，对浅层地热能换热贡献率可相差数倍，因此开展高换热贡献率地区地质背景研究将成为未来工作的重点之一。

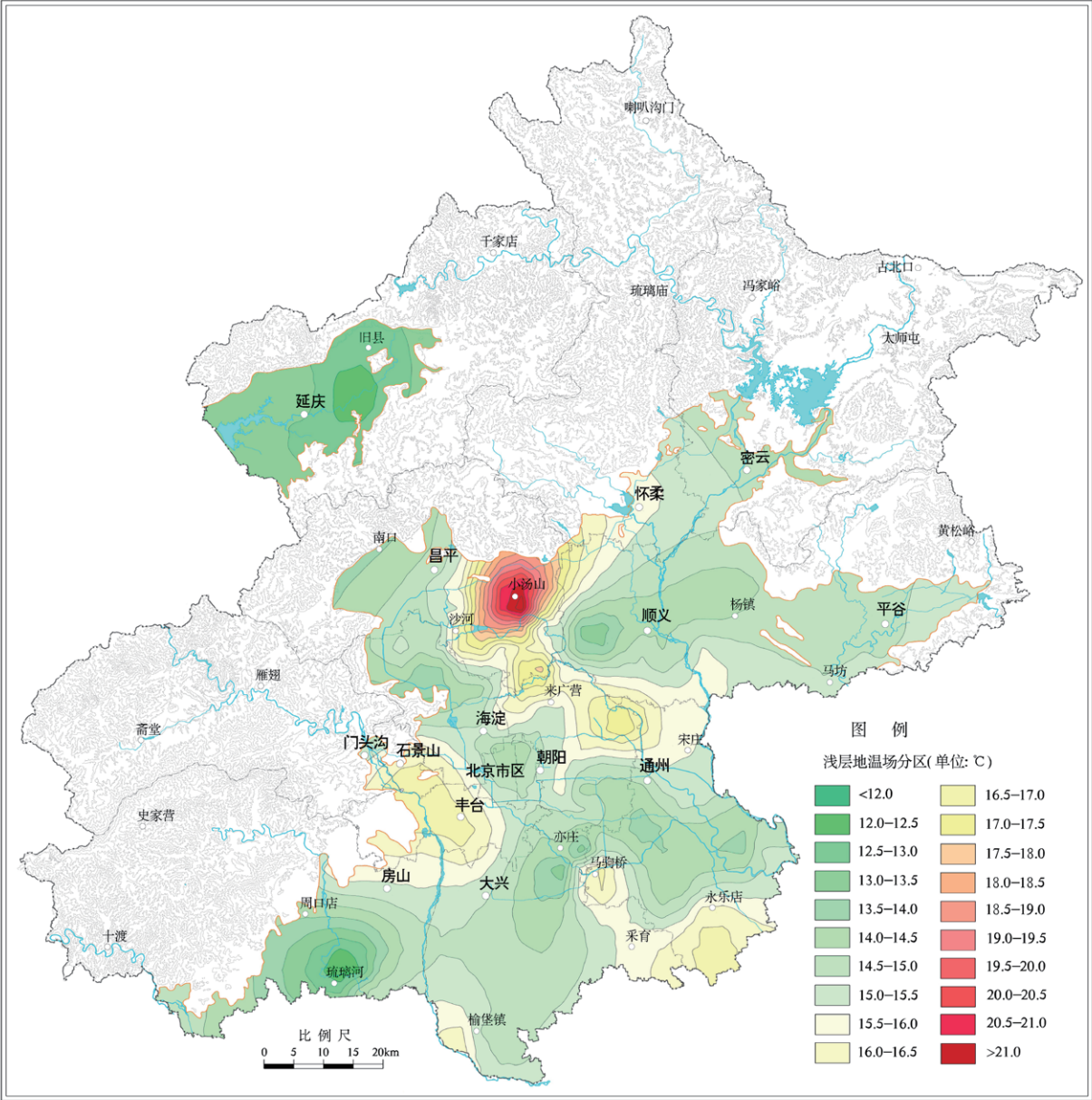


图 3 北京市平原区 120m 浅层地温场分区图

(2) 深层地热资源

基本建成北京市地热资源监测网，包括地热流体开采量监测点 240 个，地热流体压力动态监测点 116 个，地热流体化学监测点 60 个，地热流体温度监测点 150 个，地热流体回灌动态监测点 37 个，矿泉水开采量监测点 17 个，该监测网于 2012 年起开始运行。

本年度完成了监测网 2021 年下半年的运行工作，监测成果表明：北京市地热流体开采井 116 眼、回灌井 31 眼中，用于地热供暖井 29 眼，2021 年下半年地热井采灌量见表 3。同 2020 年相比，十个地热田 16 眼长期地热水位监测井中，除东南城区地热田 3 眼监测井的地热水位稍有下降外，其他所有监测井水位均呈上升趋势；地热流体的温度和水化学均无明显变化。

表 3 2021 年下半年地热井采灌量对比表

序号	地热开采 / 回灌	2021 年下半年	2020 年下半年	变幅
1	地热开采量 / 万 m ³	299.53	346.11	-46.58
2	回灌量 / 万 m ³	151.95	185.01	-33.06
3	净开采量 / 万 m ³	147.58	161.10	-13.52
4	地热供暖面积 / 万 m ²	135.0	151.1	-16.1

1.3.2 调查评价

本年度开展大兴国际机场临空经济区清洁能源勘查评价工作，为大兴国际机场合理开发利用深层地热资源和浅层地热能等清洁能源提供科学依据。完成了 10 眼浅层换热孔（孔深 150m）钻探工作，通过测井、测温、热物性测试、岩土热响应试验，基本查明工作区浅层地热能资源赋存条件,获取工作区 150m 以浅地温场分布特征（图 4）。通过多种地球物理探测，对大兴南部地区地质构造及地层分布获得新认识，掌握深层地热资源分布规律和赋存状态。实施完成了一眼闭式中深层换热孔，成井深度 1805.28m，井底温度 57℃，开展中深层换热孔深井循环取热试验，获取换热孔初始平



均温度和换热量。经计算，大兴国际机场临空经济区（东区）利用浅层地热能可实现冬季供暖面积 3228.78 万 m^2 ，夏季制冷面积 2074.47 万 m^2 ；采用中深层水热型地热供暖潜力为 12.90 万 m^2 ，若加用调峰负荷占供热总量 30% 计，则可供暖面积约 18.43 万 m^2 ；采用中深层循环取热方式，可实现供暖面积 467.30 万 m^2 。

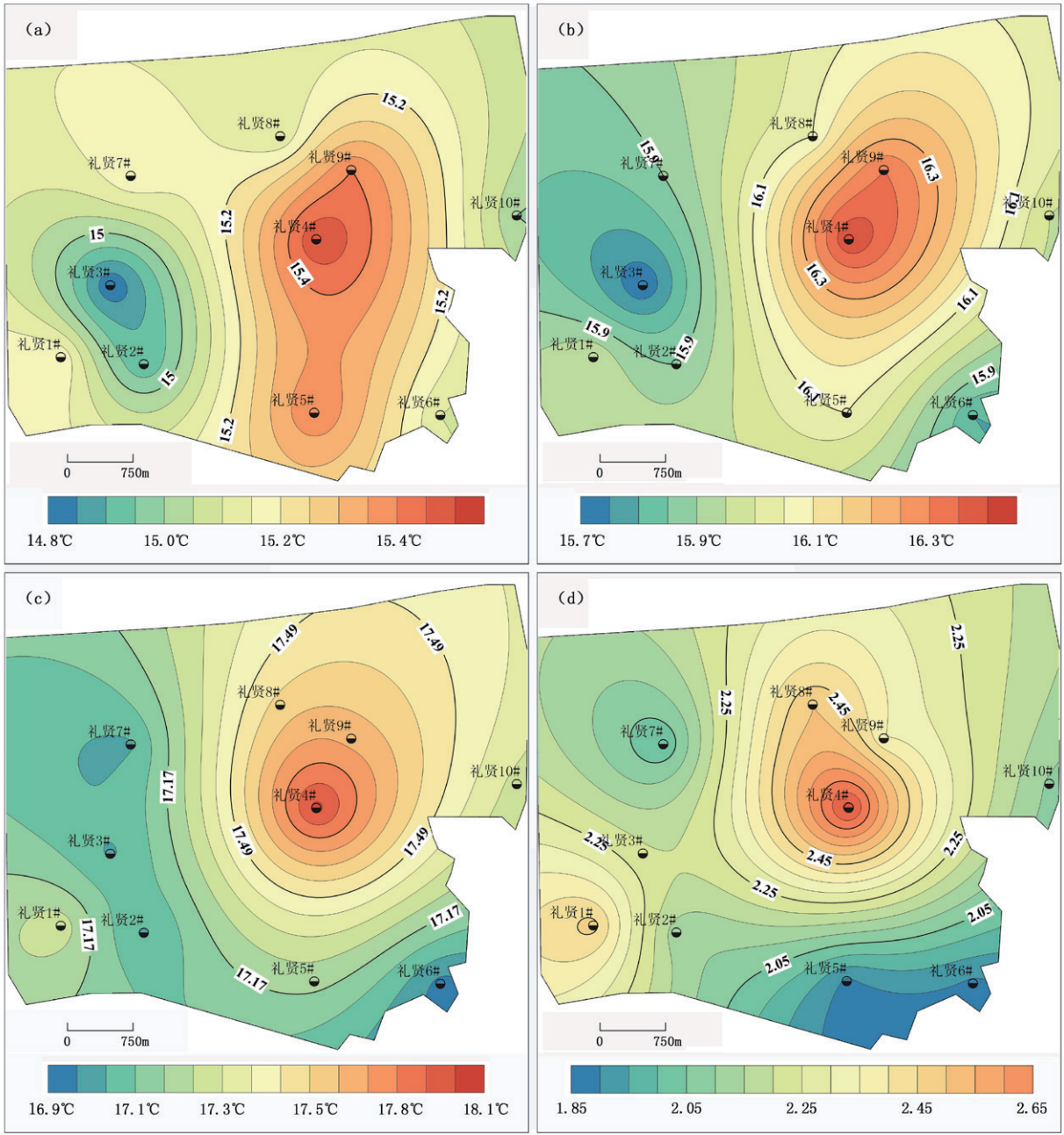


图 4 工作区浅层地温场分布特征图

(a) 工作区 50m 温度场等值线图 (b) 工作区 100m 温度场等值线图
(c) 工作区 150m 温度场等值线图 (d) 工作区增温带地温梯度图

1.3.3 基础研究

按照市规划自然资源委标准化工作要求，本年度开展《地热动态监测规范》编制工作。该标准对水热型地热资源和浅层地热能开发利用情况调研基础上，结合北京市地热资源监测网建设和运行经验，规范了地热动态监测站点建设、数据平台建设、监测系统运行管理等方面内容，并明确了监测资料整理和成果报告编制的基本要求，为规范和指导北京市地热资源监测工作提供支撑，同时为北京市地热资源开发利用监管提供依据。

1.4 地下空间资源

北京城市空间资源较为紧张，地下空间资源合理开发利用是城市健康稳定发展的必要前提，地上地下空间资源统筹开发已成为城市设计者的超前理念。与城市规划建设较为密切的是 120m 以浅的地下空间资源，主要包括基础物质因素（岩土体）和控制性地质因素（包括活动断裂、地面沉降、有害气体流体等）。

1.4.1 监测运行

目前正在开展北京市地下空间地质安全监测网的建设工作，已建成城市副中心行政办公区二号能源站、望京、王四营、立水桥和廖公庄 5 处地下空间监测站点，对土体应力、土体位移、地下水水位、土壤含水率、孔隙水压力开展监测工作，该监测网于 2018 年起开始运行。

本年度完成了监测网的运行工作，监测成果表明：土体应力、孔隙水压力、地下水水位变化趋势总体一致。土体应力与孔隙水压力随深度的增加而增加，不同岩性增幅不等。地层土体侧向压力变化与孔隙水压力变化趋势保持一致，数据相关性较高。

1.4.2 基础研究

按照市规划自然资源委标准化工作要求，本年度开展了《城市地下空间资源地质评估标准（DB11/T 1895-2021）》编制工作。该标准规定了地下

空间资源地质评估的指标体系、量化标准及综合评估方法，包括基础性地质条件与约束性地质条件；进一步细化地质适宜性等级，将适宜性划分为 8 个等级；明确了地质环境影响分析主要包括地下水流场受阻、隔水层破坏、地下水环境、地面沉降等方面内容。为与城市规划紧密结合，规范了在各规划阶段开展地下空间资源地质评估的精度要求（表 4）。

表 4 各规划阶段开展地下空间资源地质评估精度对比表

规划阶段		评估精度	
		平面精度	垂向精度
总体规划阶段	全市层面	1:50000	1:2000
	分区层面	1:25000	1:1000
详细规划阶段	分区层面	1:10000	1:500
	特定地区层面	1:5000	1:200

1.5 地质遗迹资源

地质遗迹是在地球漫长的演化过程中，由于地壳构造变动、岩浆活动、古地理环境演变、古生物进化等因素而保存在岩层中的化石、岩体、构造形迹、矿床、地貌景观，具有观赏、科学研究与科普教育价值。

本年度开展了北京市门头沟区东胡林村地质文化村调查与建设示范工作。该项工作基本查明东胡林村地区地质遗迹类型、特征、分布范围和保护利用现状等。经调查，研究区地质遗迹 18 处，其中包括基础地质类 8 处、地貌景观类 9 处、地质灾害类 1 处，内容包括古人类化石遗址、岩石剖面、断层剖面、褶皱变形、河流阶地、黄土台地、峡谷地貌等；调查人文遗迹 7 处，包括大北渠引水工程、抗日名将卫立煌鏖山战役临时指挥所、元代军事遗址鞑子寨、低温热水自流井等。

2 地质灾害预防与治理

北京市地质条件较为复杂，在山区发育崩塌、滑坡、泥石流、采空塌陷等突发地质灾害，威胁人民生命财产安全；在平原区发育活动断裂、地面沉降、地裂缝等渐变性地质灾害，破坏城市生态环境及威胁建筑物安全。地质灾害预防与治理工作是确保首都城市地质安全，增强城市空间韧性的重要一环。

2.1 突发地质灾害

北京山区多属中低山为主，山区主要发育崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等突发地质灾害，给当地人民的生命财产、交通水利、旅游设施和植被景观等造成了一定的损失。

2.1.1 监测运行

目前已建成北京市突发地质灾害监测预警系统一期工程，实现了密云、房山和门头沟 3 个区 130 处（包括 119 条泥石流沟、6 处崩塌、4 处采空塌陷、1 处滑坡）突发地质灾害隐患点监控，安装专业监测仪器 413 台（套），该监测网于 2016 年起开始运行，本年度完成了监测网的运行工作（图 5）。

（1）泥石流

本年度有 23 条泥石流沟存在物源或威胁对象的变化；在汛期山区含水率总体保持高位，其中西山土壤表层含水率最高达 36% ~ 37%，北山最高达 28% ~ 30%；根据泥石流预警模型实现单沟预警 17 次，其中蓝色 11 次，黄色 4 次、橙色 2 次。

（2）滑坡

戒台寺滑坡处于稳定状态，未发生形变。

（3）崩塌

各崩塌隐患点均处于稳定状态，未发生形变。

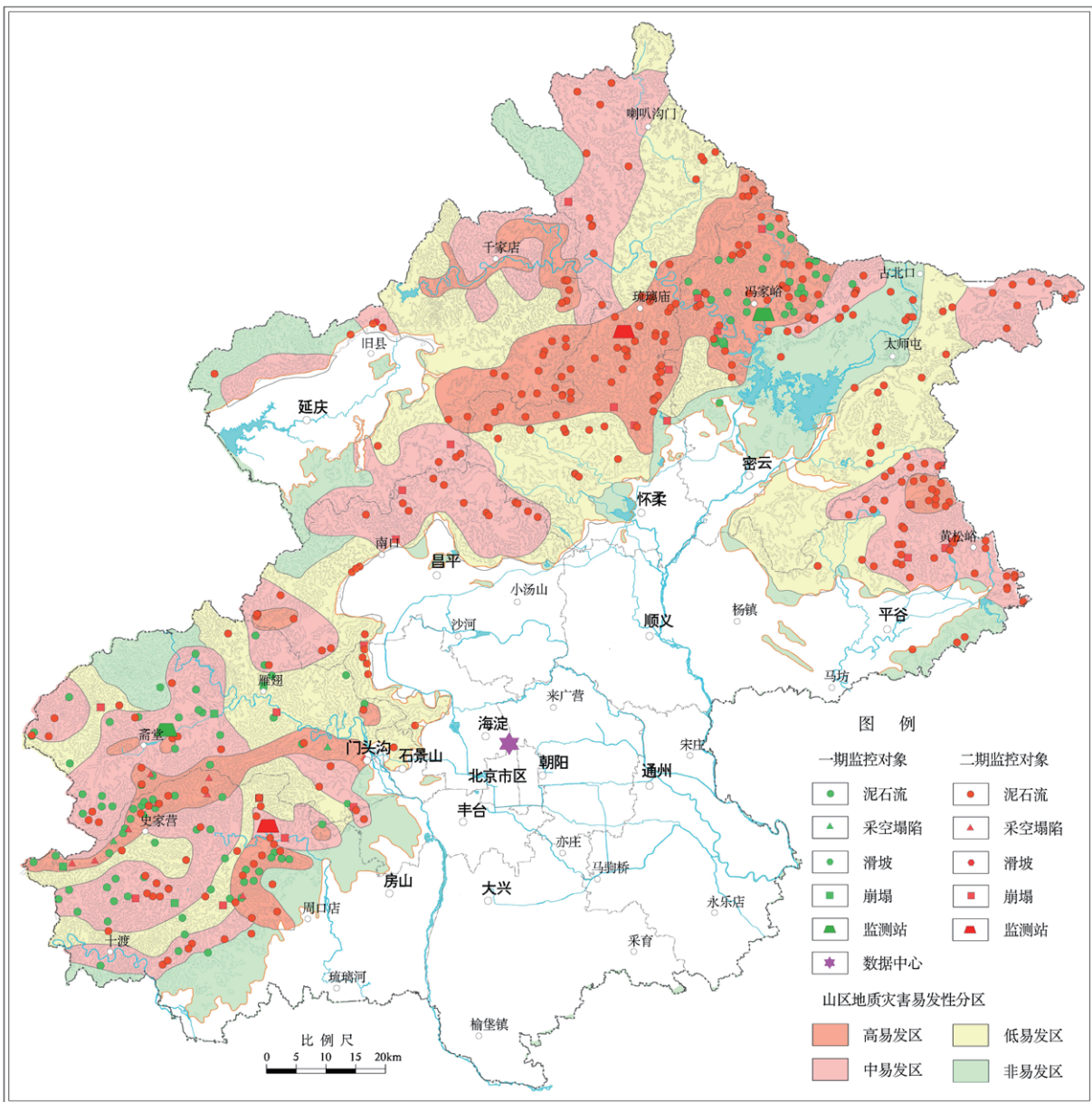


图5 北京市突发地质灾害监测网分布图

(4) 采空塌陷

各采空塌陷隐患点均处于稳定状态，经 InSAR 遥感监测及实地调查，房山区史家营村采空塌陷区存在 2 处形变，形变面积 0.70km^2 ，威胁区内林草地和百瑞谷景区；房山区白草畔景区采空塌陷区存在 9 处小范围形变区域，形变面积 0.024km^2 ，威胁区内林草地和道路。

(5) 冬奥会延庆赛区地质灾害隐患点

在汛期利用边坡雷达对 3 条填方区雪道开展实时监测，并对重点区域开展三维激光扫描雨后监测，全年共安排 217 人次赴赛区现场开展调查、排查工作；安排 113 人次进行赛区的监测预警信息值守工作；累计向市政府报送监测信息 110 期，提交季度监测简报 5 期、现状核查报告 1 期、排查简报 5 期。为市规划自然资源委、冬奥组委、市重大办、市应急局提供地灾防治技术支撑。

2.1.2 站点建设

目前正在开展北京市突发地质灾害监测预警系统（二期）工程，“突发一期”“突发二期”两期工程共对山区 477 处突发地质灾害隐患点安装了专业化监测仪器 1887 台（套），建设了 4 处监测站，搭建了突发地质灾害监测预警信息系统，实现山区典型突发地质灾害专业监测全覆盖。该监测预警系统的动态监测数据、技术方法、信息平台，在汛期地质灾害气象风险预警、应急指挥、应急调查等方面发挥了基础支撑作用。

2.1.3 调查评价

本年度开展汛期突发地质灾害防治技术服务工作。在汛前针对 103 处险情等级大型、特大型地质灾害隐患点开展核查工作，完成房山区、门头沟区等 7 个区 60 处拟新增地质灾害隐患点核查工作。在汛期开展应急值守 1140 人次，发布地质灾害气象风险预警 111 次，其中市级预警 12 次，区级预警 99 次。在汛后针对 547 处重要地质灾害隐患点开展汛后核查工作。

2.1.4 基础研究

按照市规划自然资源委标准化工作要求，本年度开展了突发地质灾害技术标准的编制工作。为规范和指导北京地区崩塌、滑坡、泥石流和地面塌陷等突发地质灾害应急调查工作，提高地质灾害应急调查工作质量和效

率，统一应急调查工作流程、工作内容、技术方法和评估标准，本年度编制《北京市突发地质灾害应急调查规范》。为掌握地质灾害隐患的动态变化信息，及时采取有效的防治措施，保障受威胁人民群众的生命财产安全，规范和指导突发地质灾害排查工作的开展，本年度编制《北京市突发地质灾害排查规范》。为规范和指导突发地质灾害监测站点运行工作基本流程、运行维护要求、网络设备运行维护要求和运行成果编制内容等工作，本年度编制《突发地质灾害监测站点运行规程》。

2.2 地面沉降

地面沉降是北京主要地质灾害之一，在平原区主要分为南北两大集中沉降区域、七个沉降中心，沉降中心分别位于昌平八仙庄、海淀西小营、朝阳金盏、朝阳三间房、朝阳黑庄户、通州城区、大兴榆堡-礼贤。

2.2.1 监测运行

通过地面沉降一期和二期工程，基本建成北京市地面沉降监测网，包括地面沉降站 7 座、GNSS 监测点 109 个、GNSS 连续监测点 3 个、水准点 493 个、地面沉降专门地下水动态监测井 406 组，该监测网于 2004 年起开始运行。

本年度完成了监测网的运行工作，监测成果表明：本年度平原区地面沉降总体呈减缓趋势，平原区北部的顺义、昌平和怀柔等地区出现较大面积的地表回弹区，最大回弹量达到 32.20mm，位于顺义牛栏山潮白河河道附近。区域平均地面沉降速率为 8.73mm/a，2020 年速率为 10.85mm/a，同比减小 2.12mm/a。平原区几个主要沉降中心除海淀西小营沉降速率同比增加外，其余各沉降中心速率同比均减小。地面沉降速率大于 30mm/a 区域面积为 146km²，2020 年面积为 303km²，同比减小 157km²；地面沉降速率大于 50mm/a 区域面积为 16km²，2020 年面积为 45km²，同比减小 29km²；金盏地区沉降速率为 74.90mm/a，仍为全市最大沉降点（图 6）。1955 年～2021

年累计沉降量继续增加，其中朝阳金盏地区累计沉降量为 2287mm，为全市最大沉降点；南部礼贤小马坊地区累计沉降量达 1597mm。将地面沉降速率结合累计地面沉降量编制地面沉降发育程度分区图。

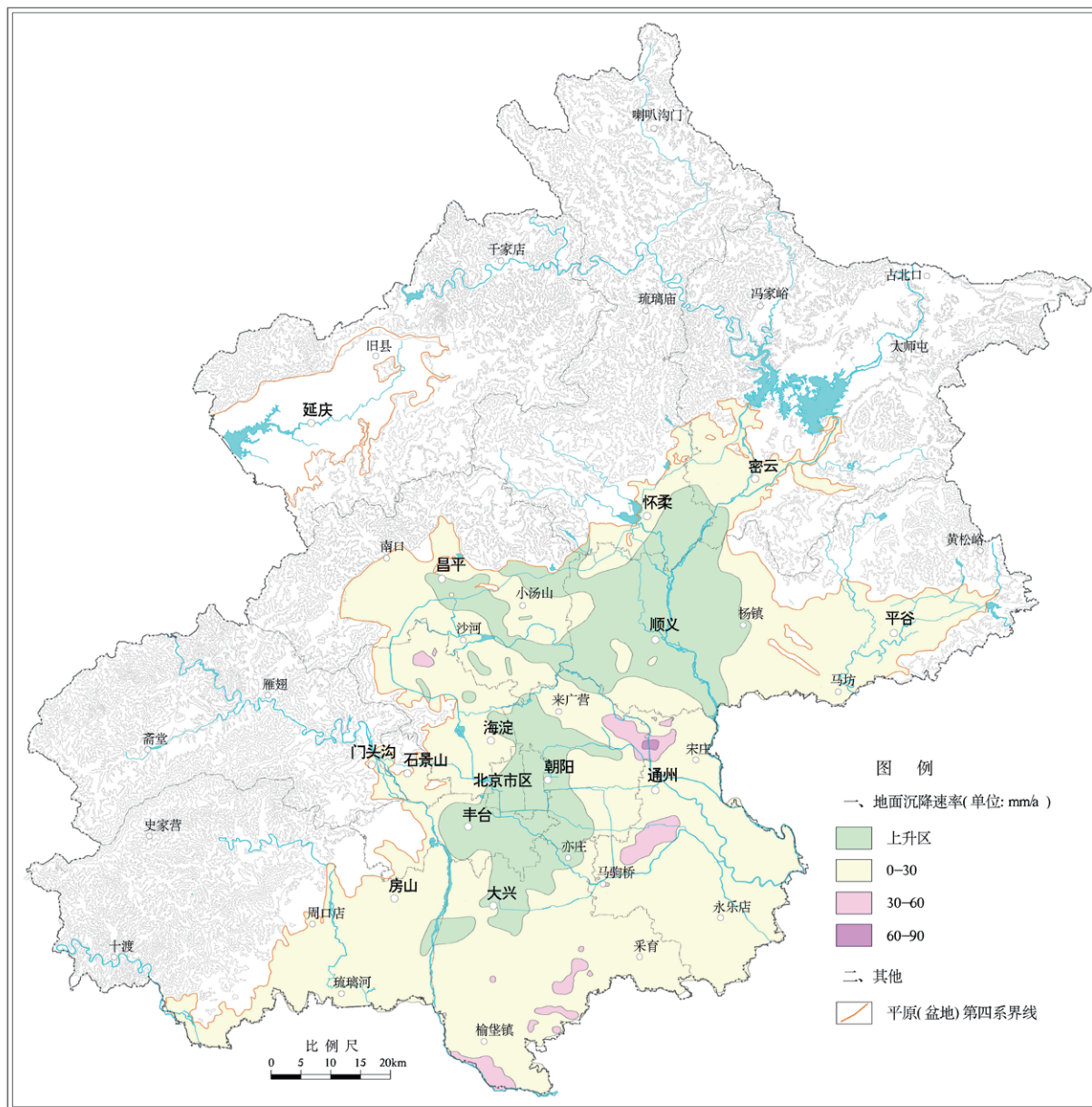


图 6 北京市平原区 2021 年地面沉降量分区图

2.2.2 调查评价

为落实市政府《北京市地面沉降防控工作方案》（京规自发[2018]号）中“强化重点区域地面沉降监测预警”工作，本年度开展了北京新航城地区地面沉降监控预警关键技术及应用示范工作。研究表明：新航城地区地面沉降成因受人为因素影响较大，影响占比在 95.2% ~ 97.6%，以地下水过量开采为主要诱发因素；自然因素影响占比仅为 2.4% ~ 4.8%。在地面沉降成因机理研究基础上，构建了地面沉降预警指标体系，包括分区、分层、分级三个部分。基于钻孔数据，构建了新航城地区三维地质结构模型和变系数三维地面沉降模型，推演了 4 种不同条件下 2019 年 ~ 2030 年地面沉降演化趋势，揭示了新航城东部地面沉降发育区土层水平、垂直的变形空间分布规律。

2.3 活动断裂

北京地区断裂构造较为发育，根据现有调查，北京市平原区共发育隐伏断裂 88 条。在平原区隐伏断裂中，与城市规划建设密切相关的是全新世活动断裂。现有调查平原区发育全新世活动断裂 9 条，为黄庄 - 高丽营断裂北七家 - 西田各庄段、张喜庄断裂、顺义断裂、夏垫断裂、南苑 - 通县断裂通州段、姚辛庄断裂、南口 - 孙河断裂、张家湾断裂、延矾盆地北缘断裂（图 7）。

2.3.1 监测运行

目前正在开展北京市平原区活动断裂监测网建设工作，已建设水准测线 4 条、基岩标 4 座、光纤测线 1 条、地球化学气体测线 2 条。该监测网于 2017 年起开始运行，本年度完成了监测网的运行工作。监测成果表明：黄庄 - 高丽营断裂未来科技城段目前处于活动状态，近年来平均活动速率为 13.40mm/a。

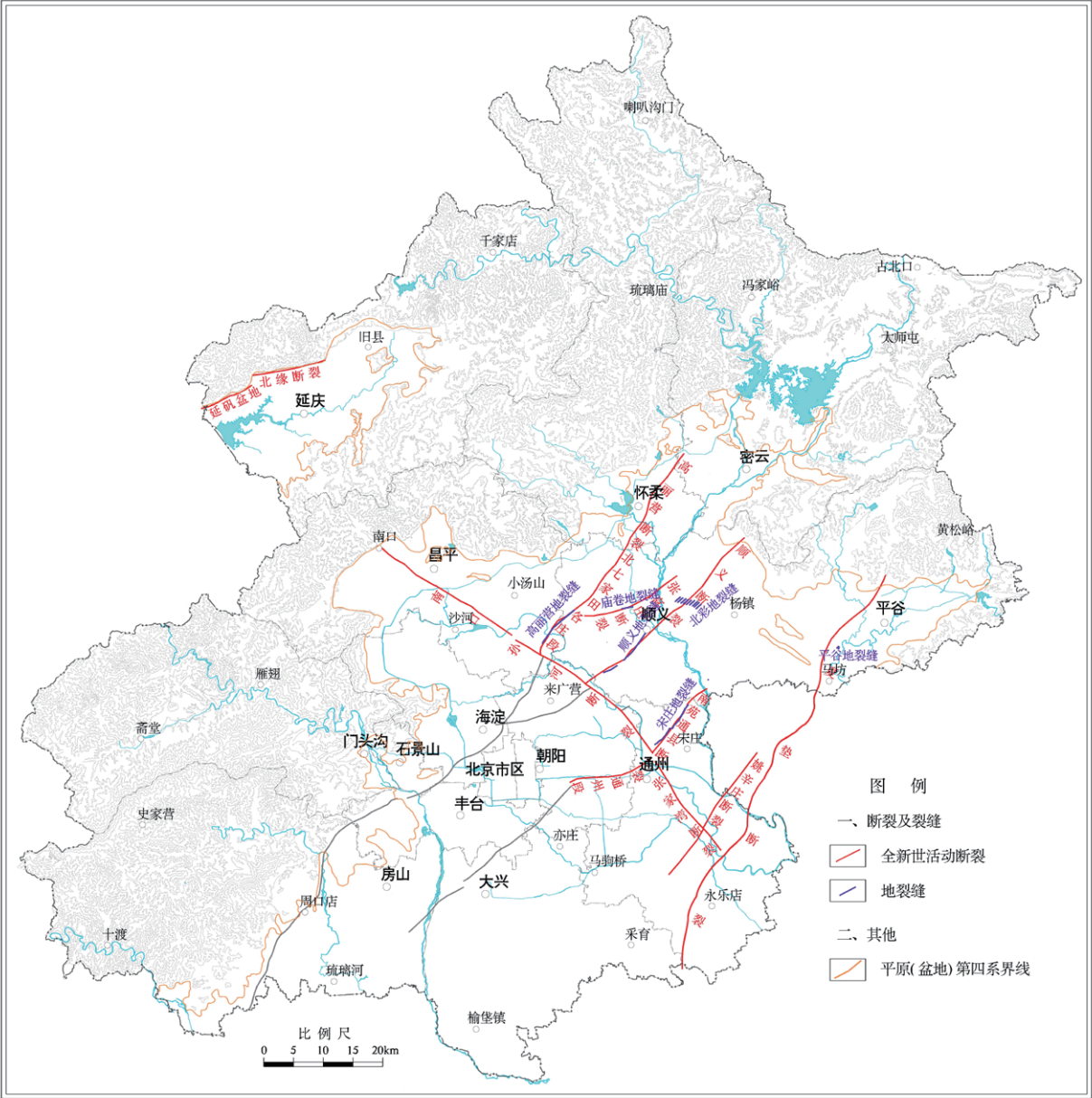


图 7 北京市平原区全新世活动断裂及地裂缝分布图

2.3.2 基础研究

本年度开展了北京市平原区活动断裂形变与地面沉降关系研究工作。研究表明：八仙庄地面沉降区主要位于黄庄 - 高丽营断裂下盘（上升盘），其在断裂带处表现为坡向北西向沉降斜坡；断裂发育处存在多组北西高南东低的地貌陡坎和地裂缝带，形成沉降背景下相对独立断裂变形（影响带）区域（图 8）。

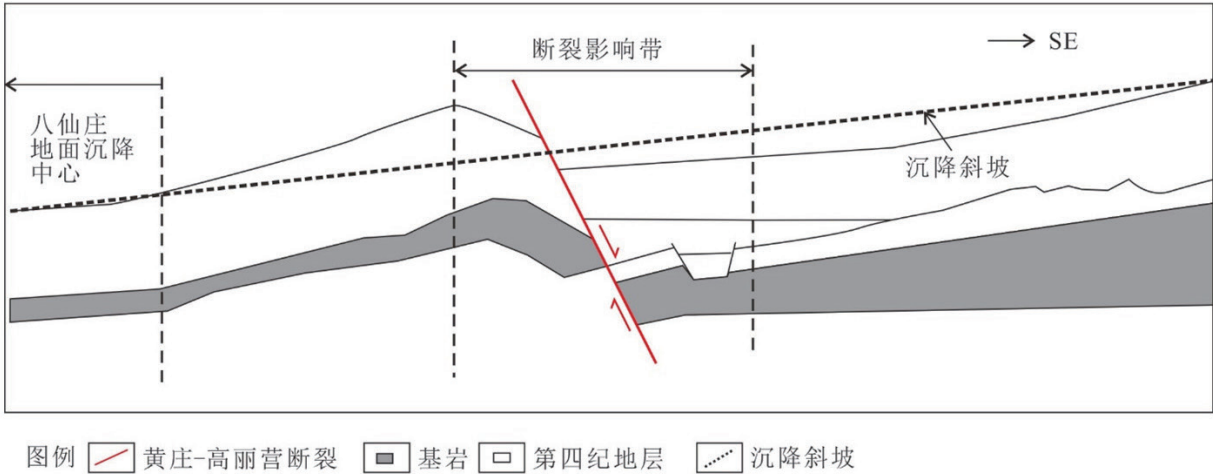


图 8 北京市黄庄高丽营断裂周边地面沉降分布剖面图

2.4 地裂缝

北京市平原区地裂缝主要分布在顺义区、通州区、昌平区、平谷区等区域，其中顺义区最为严重，主要发育顺义地裂缝、高丽营地裂缝、庙卷地裂缝、北彩地裂缝。其中高丽营地裂缝沿线穿过未来科技城，宋庄地裂缝影响城市副中心北部、顺义地裂缝穿过首都国际机场等重要区域，成为最受关注的地裂缝（表 5）。

表 5 北京市平原区主要地裂缝调查情况表

名称	发现时间	走向	长度	控制活动断裂
顺义地裂缝	1976 年唐山大地震后	北东向	30km	顺义断裂
高丽营地裂缝	上世纪 90 年代	北东向	6km	黄庄 - 高丽营断裂
庙卷地裂缝	2009 年	北东向	4km	张喜庄断裂
宋庄地裂缝	2016 年	北东向	8.7km	南苑 - 通县断裂

目前正在开展北京市地裂缝监测网建设工作，已建成地裂缝监测站 2 座，其中高丽营地裂缝监测站包括水准点 13 个、GNSS 监测点 5 个、专门地下水动态监测井 4 眼；宋庄地裂缝监测站包括水准点 64 个、自动化遥测系统 1 套、GNSS 连续监测点 2 个、分布式光纤 900m、专门地下水动态监测井 4 眼。该监测网于 2009 年起开始运行，本年度完成了监测网的

运行工作。监测成果表明：高丽营地裂缝处于活动状态，年均活动速率为12.95mm/a。

2.5 重大线性工程地质安全

北京山区发育崩塌、滑坡、泥石流、不稳定斜坡等突发地质灾害，易造成道路损坏、损毁、堵塞；平原区发育活动断裂、地面沉降、地裂缝等渐变性地质灾害，会造成地面高程的不均匀升降，严重威胁了重大线性工程的运营安全，极大提高了运行和维护成本。

2.5.1 监测运行

目前正在开展北京市重大线性工程地质安全监测网建设工作，已建监测站点29座，其中山区突发地质灾害易发段建设监测站点28座和活动断裂监测站点1座。在山区突发地质灾害中，包括泥石流对线性工程影响监测站点9座、崩塌监测站点4座、滑坡监测站点5座、不稳定斜坡监测站点10座。实时监控地质灾害隐患点的位移、变形、雨量、地下水位等要素，实现自动化和智能化远程监测。

本年度开展监测网的运行工作，累计接收、存储、处理监测数据315.2万余条，其中2处监测站达到预警Ⅳ级（注意级），3处监测站达到预警Ⅲ级（警示级），1处监测站预警由Ⅱ级（警戒级）提升至Ⅰ级（警报级）。京昆线（G108）佛子庄站发布预警7次，提前成功预警3次，有效较低人员伤亡及财产损失风险，引发了广泛的社会关注和反响，《中国矿业报》《中国自然资源报》《北京日报》等中央、市属主流媒体纷纷进行了跟踪报道，引发了广泛的社会关注和反响。

2.5.2 站点建设

本年度在平原区渐变性地质灾害易发段建设监测站点7处，其中监控地面沉降对线性工程影响监测站点5座、地裂缝监测站点2座。共布设一级地面水准点127个、工程结构水准点112个、分层标5组、水平竖向位

移监测点 20 个、地下水位监测井 14 组、SAA 监测点 2 处埋设 108m。并建设完成 7 处监测站地质模型，实现监测区域地质条件及环境条件三维可视化展示（图 9）。

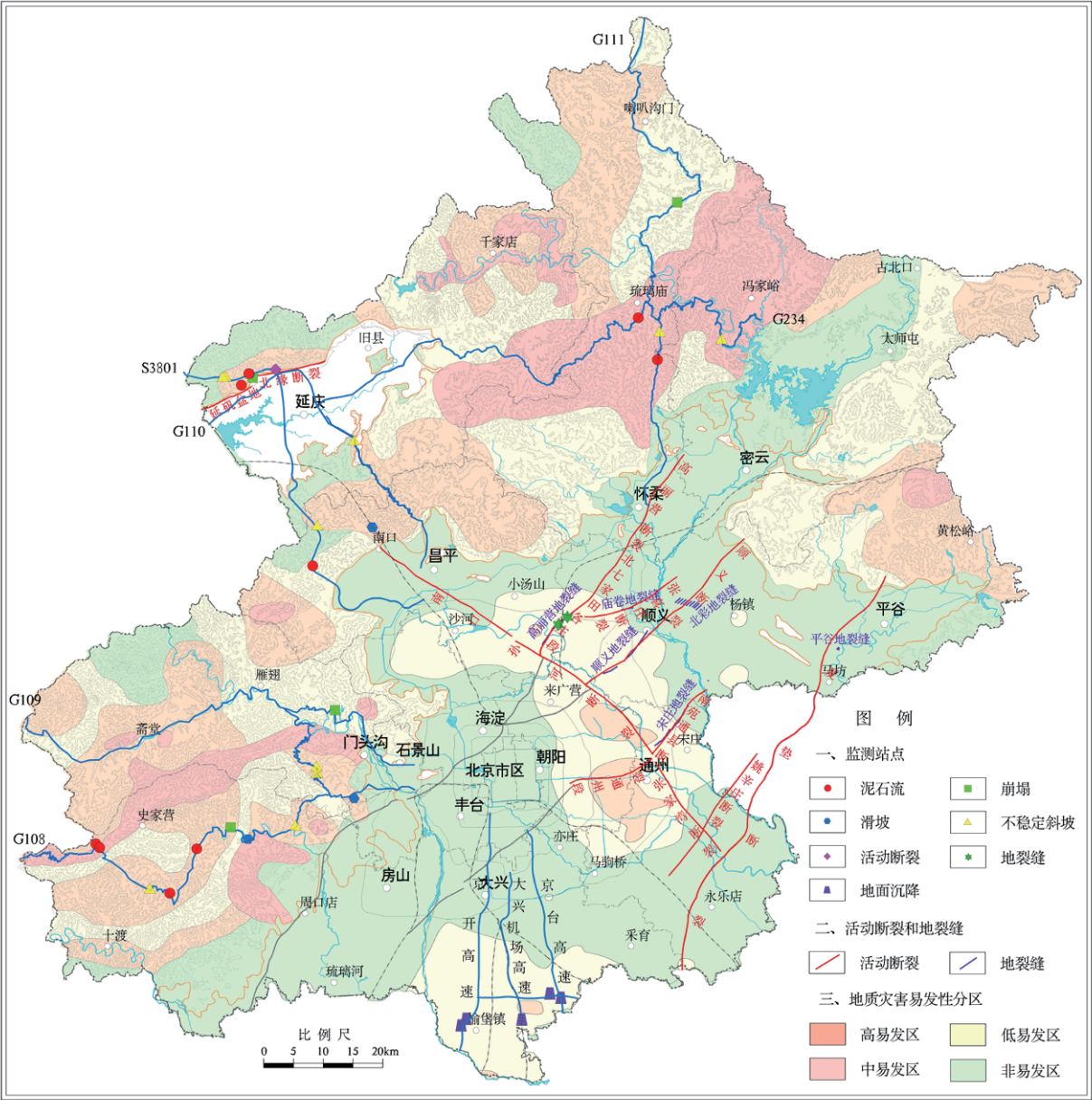


图 9 北京市重大线性工程地质安全监测网分布图

3 生态地质环境修复与保护

北京作为典型超大城市，密集的人口经济活动对生态环境造成的现实扰动和潜在压力较大，局部水土环境污染、生态系统退化和潜在风险突出等问题重叠交织。生态地质学是生态学和地质学的渗透与融合，在生物与地质因子之间建立沟通的桥梁，突出两者的协同效应。生态地质工作专注于研究表层基岩、风化壳、包气带等地质环境背景，以及水土环境质量、生态地质环境问题等要素，重点开展地质环境与生物界生存、演化之间的相互影响研究工作。

3.1 地下水质量

随着北京城市规模不断扩大和人口增长，污水排放量不断增加，虽然近年来水环境治理成效显著，但受历史上非正规垃圾填埋场、污水河、污灌区等点线面污染因素影响，浅层地下水质量受到严重威胁，造成“水质型”缺水。地下水污染具有复杂性、隐蔽性和难以恢复等特点，一旦地下水遭受污染，其恢复自净过程漫长，且处理难度大、治理费用高，地下水质量调查监测工作是摸清环境本底、划清污染区域、推演发展趋势的一项基础性工作。

2019年建成的北京市地下水监测网，包括监测井1786眼，其中区域地下水监测井1306眼、重点污染源监测井480眼，每年定期开展水位、水质监测工作。本年度完成了监测网的运行工作，地下水水质监测成果如下。

（1）第四系孔隙水

平原区第四系第三含水层组、第四含水层组（生活饮用水源）地下水水质状况总体良好，而第一含水层组、第二含水层组遭受了不同程度的污染（表6、图10）。同2020年对比，第一二含水层组的Ⅳ类和Ⅴ类区面积略有减小。

（2）岩溶水

监测数据表明：岩溶水水质总体较好，超标率为20.34%，超标指标

为铁、总硬度、氨氮、pH 和锰，超标区主要分布在门头沟、房山、昌平、怀柔和平谷等区域。

表 6 北京市平原区 2021 年地下水质量综合质量评价统计表

平原区第四系分层			超标情况				主要超标指标	分布范围
分层	深度 /m	监测面积 /km ²	水质综合评价	超标面积 /km ²	超标总面积 /km ²	占监控面积 /%		
第一含水层组	0-50	6528	IV 类	3687	3820	56.48	总硬度、铁、锰、硝酸盐氮	中心城区、大兴、通州、房山、顺义、昌平、平谷、密云
			V 类	133		2.04		
第二含水层组	50-100	4770	IV 类	1082	1107	22.68	总硬度、铁、锰、硝酸盐氮	东西城区、丰台、朝阳、通州、大兴、顺义、昌平、延庆部分
			V 类	25		0.52		
第三含水层组	100-180	3995	IV 类	74	74	1.85	铁、锰、氟化物	通州、顺义、昌平局部

3.2 土地质量

3.2.1 监测运行

为掌握北京土地质量生态地球化学的演化规律，目前已建成北京市土地质量生态地球化学监测网，包括监测点 2712 个，其中区域监测点 2220 个、重点地区监测点 492 个。样品采集频率为区域监测点三年一周期（2019 年大清河永定河流域、2020 年北运河流域、2021 年潮白河和蓟运河流域），重点地区监测点一年一周期，该监测网于 2015 年起开始运行。

本年度完成了潮白河和蓟运河流域监测网的运行工作，利用 2019 年～2021 年的监测数据开展北京市土壤环境质量综合评价工作，我市土壤重金属环境质量整体较好，97.3% 的区域监测点土壤重金属元素含量都低于风险筛选值，属于一级质量区和二级质量区；有 26 个点超过了农用地风险筛选值，1 个点超过了建设用地风险筛选值，属于三级质量区；3 个点超过了农用地风险管制值，属于四级质量区。

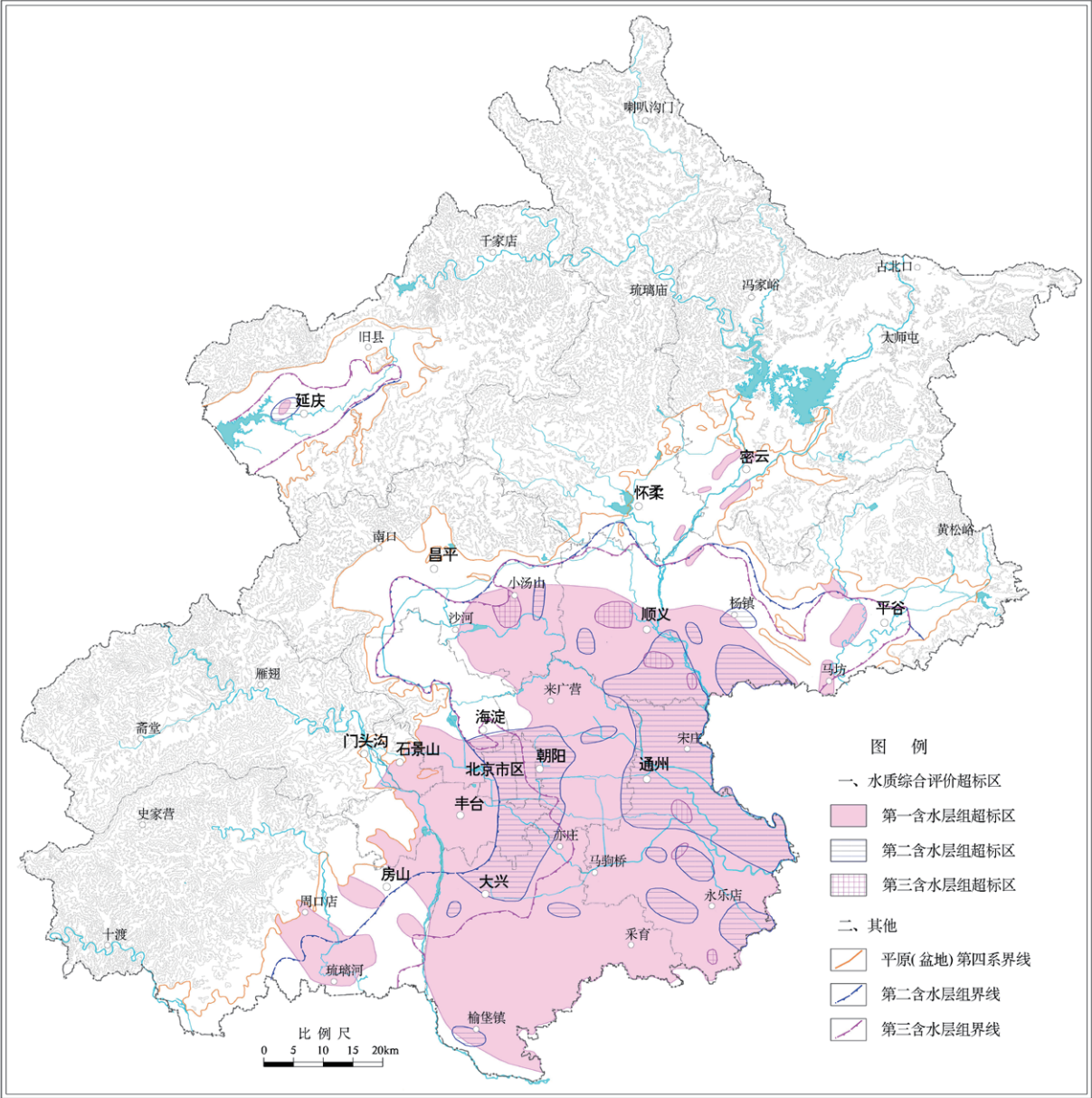


图 10 北京市平原区 2021 年第四系地下水水质综合评价分区图

利用 2019 年～2021 年的监测数据开展北京市土地质量综合评价工作，土地质量综合等级三等及以上占比 96.8%，其中三等土地占比 53.2%，二等土地占比 38.1%，一等土地占比 5.5%；另四等土地占比 3.0%，仅有 3 个监测点的等级为五等，主要是土壤重金属元素含量超过了风险管制值。从空间分布情况看，平原区以三等土地为主，在顺义、平谷、房山、通州、延庆等地区分布一等、二等土地；山区以二等、三等土地为主，并零星分布四等、五等土地（图 11）。

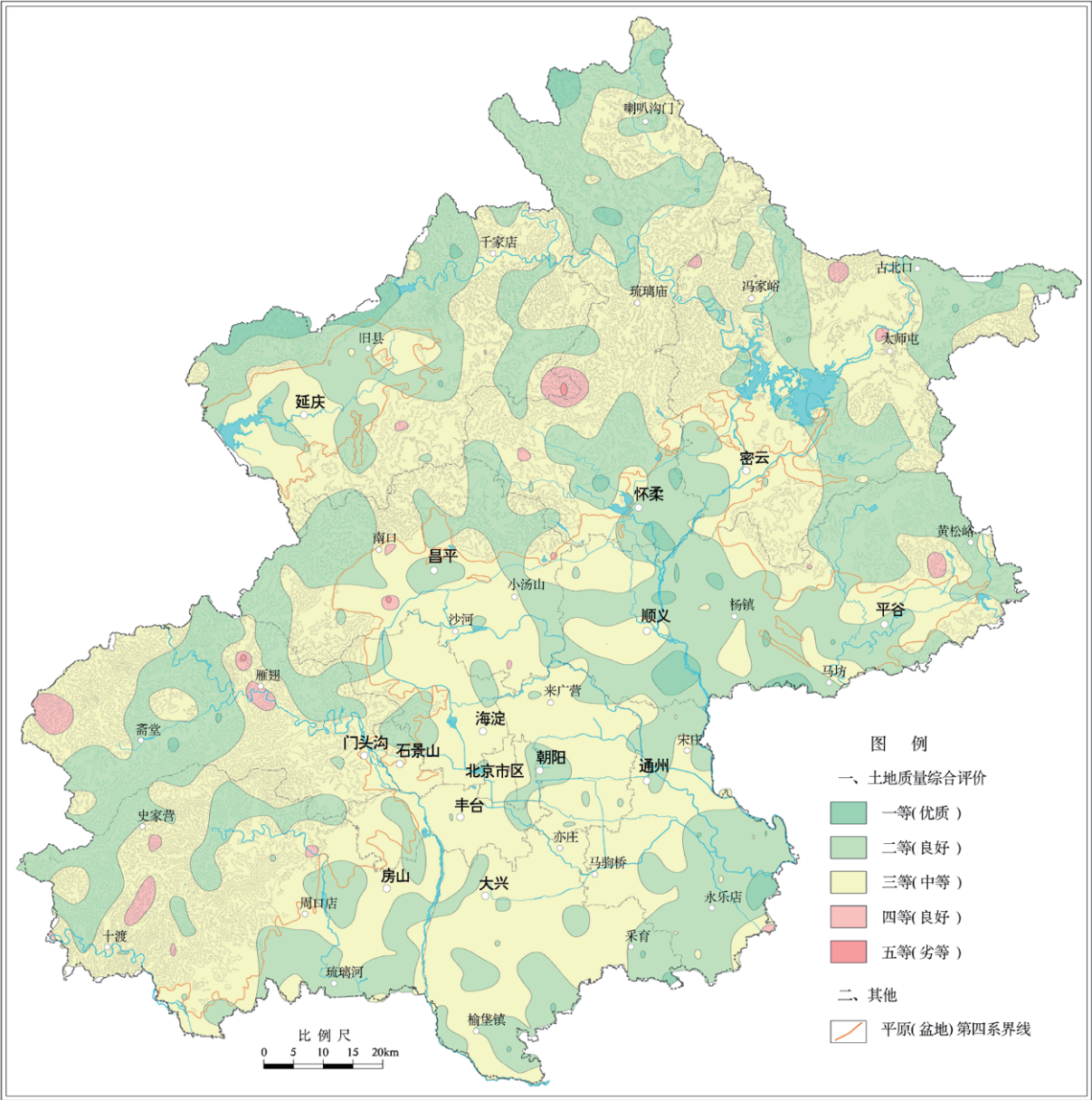


图 11 北京市 2019 年~2021 年土地质量地球化学综合评价图

3.2.2 调查评价

为贯查清北京市自然资源家底和变化情况，构建自然资源调查监测体系，本年度开展了北京市昌平南口示范区地表基质调查与评价研究工作。该项工作研究出两套不同地表基质高级分类方案，构建了地表基质调查评价体系；查清了示范区地表基质层、地表覆盖层特征，并开展地表基质层土-岩-水之间的关系、成土母岩和土壤中地球化学元素的分布规律研究，

探索了地表基质层与地表覆盖层之间的相关性；选取坡度、土层厚度、土壤 pH 值、有机质含量和环境容量 5 个评价指标开展农用地适宜性评价工作，评价表明：示范区山区条件基本不适宜进行耕作，仅部分地区可作为储备耕作用地；选取海拔、坡向、土层厚度及母质风化程度 4 个指标开展山区立地类型评价，评价表明：在低山下带可新增侧柏、栓皮栎、山桃、山杏等树种与现有树种进行混种；低山上带和中山带可保留种植现状。

水土污染物研究工作是城市生态文明建设的一项重要工作，伴随着首都经济社会的快速发展，对城市土壤、水体污染作用不断加剧，新兴污染物研究工作是环境科学研究的前沿领域。本年度开展了新兴有机污染测试分析方法技术验证试验工作。该项工作选择多溴联苯醚类化合物、四环素类抗生素、激素类、拮抗剂类、兴奋剂、抗菌剂等测试指标，在温榆河、通惠河、凉水河、潮白河、北运河等区域开展新兴有机污染物的技术验证实验工作。获得各种基质背景中新兴有机污染物的测试经验，验证测试方法的测量范围、精密度、正确度；对各类污染物浓度特征进行关联分析，编制土壤中四环素类抗生素监测技术规范。

3.3 矿山地质环境

北京市矿产资源开采历史悠久，煤矿主要分布于京西门头沟和房山区；铁矿主要分布于密云区；有色金属矿产主要集中分布于密云区、延庆区及怀柔区；化工、冶金及建筑用各类石灰岩、白云岩等矿产主要分布于山区与平原交界的西部与北部山区地带。在矿产资源的开采、洗选、运输过程中，会释放大量的有害元素，随着废气、废水的排放及固体废弃物的堆放造成周边环境污染。为加强矿山地质环境保护，全面掌握矿山地质环境动态变化情况和的发展趋势，目前已建成北京市矿山地质环境监测网，在潮河流域、白河流域、永定河流域、洵河流域和大石河流域内建立地下水监测井 102 个、地表水监测点 508 个、浅层土监测点 1606 个、深层土监测点 960 个、定位监测桩 1109 个、地表形变监测点 61 个、微震监测点 3 个，该监测网于 2016 年起开始运行。

本年度完成了监测网的运行工作，监测成果表明：通过遥感解译与现场核查，未治理废弃矿山图斑数量占比较 2020 年减少 20%；13 个矿山集中开采区的植被恢复较好，植被多样性逐年提升，万庄金矿和西驼古金矿植被种类达到十几种，植被覆盖度总体等级为丰富，植被覆盖度均在 82% 以上，最高达到 97.94%；矿山集中开采区内 69.27% 土壤点位的养分总体等级为中等偏上。

(1) 矿山土壤环境

通过对土壤环境监测结果进行综合评价，划分出强风险区域 10 个，弱风险区域 37 个（表 7、图 12）。

表 7 北京市矿山土壤环境强风险区污染特征统计表

序号	强风险区名称	土壤超标元素	地表水污染物
1	潮河陈家峪金矿强风险区	汞	总磷
2	孔城峪万庄金矿强风险区	铅、砷、镉	氨氮、总磷
3	万庄金矿强风险区	铅、砷、镉	氨氮、总磷
4	下庄锰银矿强风险区	砷、铅	氨氮、总磷
5	潮河西驼古金矿强风险区	汞	总磷
6	白河杨树底下金矿强风险区	镉	/
7	千家店铜矿强风险区	砷、铅、镉	/
8	黑水湾金矿强风险区	砷、汞、铅、镉	/
9	潮河西驼古西强风险区	汞	总磷
10	大石河杨林水强风险区	铅、镉	氨氮、总磷

(2) 地表水质量

地表水样品中水质优等级占比 75.77%，良好等级占比 14.21%，轻度污染等级占比 3.37%，中度污染等级占比 2.76%，重度污染等级占比 3.89%。水质超标点在各个区域均有分布，主要分布在沟河流域工作区内错河上游，潮白河流域工作区潮河小漕 - 南台段，超标指标为氨氮及总磷。

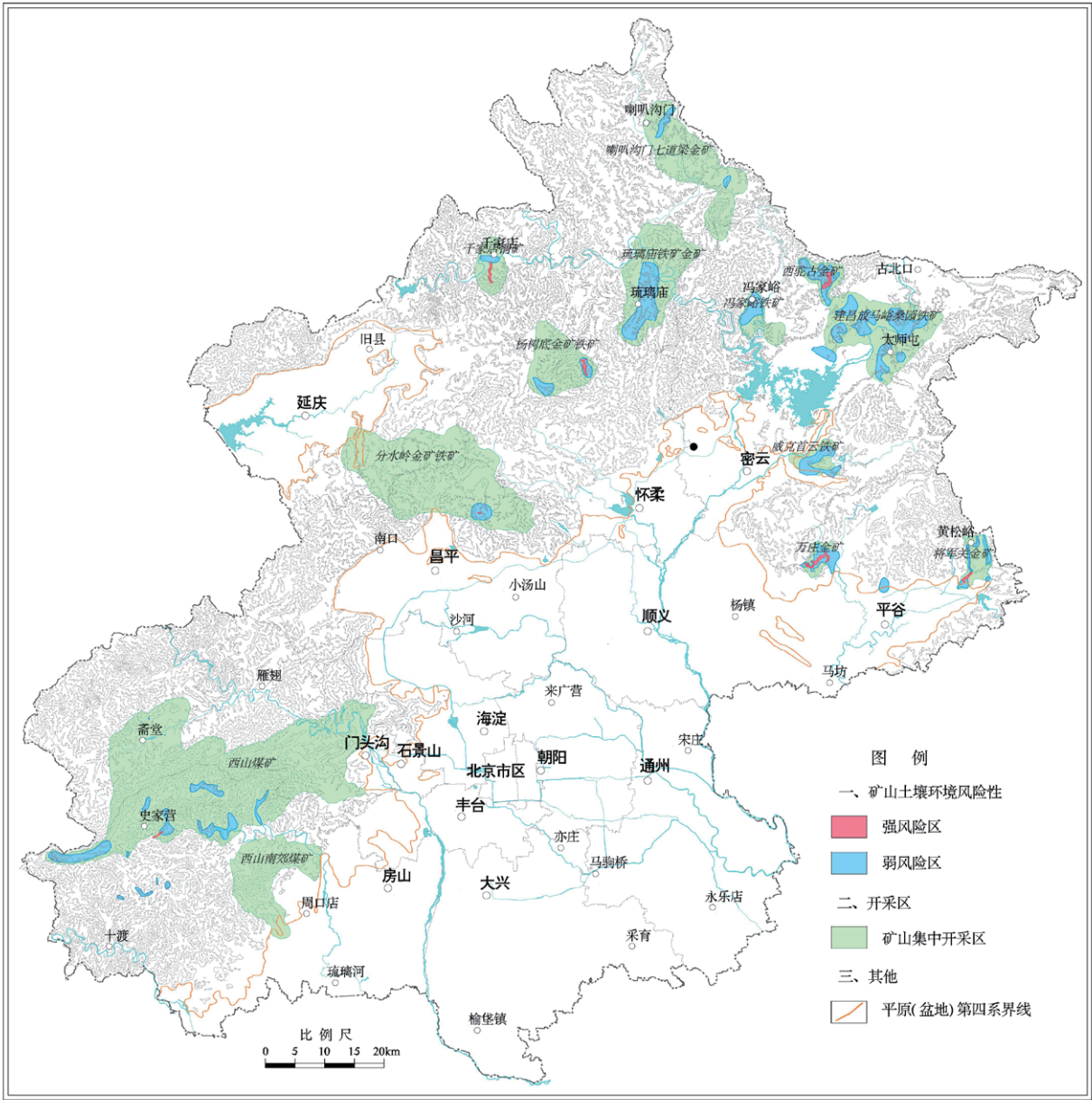


图 12 北京市 2021 年矿山土壤环境风险性分区图

(3) 地下水质量

地下水样品中Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类等级占比 74.74%，各流域内均有Ⅳ类、Ⅴ类等级存在，主要超标指标为硫酸盐、硝酸盐、氨氮。

(4) 采空塌陷

对房山区史家营乡采空塌陷区进行了微震和地表形变监测，监测成果表明：在 019 县道的西岳台村段道路形成 2 处裂缝，监测区年内最大沉降量为 -40.59mm，最大位移量为 81mm。

4 综合研究

按照市规划自然资源委要求，本年开展了北京市“十四五”时期地质调查规划的编制工作。该项工作系统梳理了十三五时期地质调查工作成果和存在主要问题，针对十四五时期地质调查工作面临的新形势、新需求，提出了 6 项重点任务，34 项重点工作。规划重点突出 5 个特色，即以首都发展为统领，突出首都城市地质工作特色；推进地质资源调查和监测网建设，提高地质资源管理水平；加强地质灾害精细调查，建设完善北京地质环境监测网，进一步提升城市防灾减灾能力；提升地质工作信息化水平，助力北京智慧城市建设；加强地学科普建设，推动地质成果社会化服务。该规划为十四五时期地质工作科学开展奠定了基础，目前规划草案已经面向社会公示，听取公众意见。

为支撑城市重点规划建设区控制性详细规划编制，构建了适用于详细规划精度的综合地质调查方法体系，本年度开展了北京城市地质条件适宜性评价技术指南编制工作。在全面收集整理已颁布的国家、地方、行业技术标准基础上，建立了地质资源和地质环境 17 项地质要素、61 项评价指标体系（包括新增指标 22 项、修订指标 31 项、引用指标 8 项），并将指标分级统一设定为四级评价（表 8）。建立了 1:10000 及 1:2000 精度地质调查工作方法体系，并对地面调查、遥感解译等 8 类调查方法按照调查类别分别设定了量化的工作布置方案。规定了工作目的、工作范围、工作内容、工作流程、设计书编写、成果报告编制等方面的基本要求，先期用于北京地区开展地质条件适宜性评价工作，并根据工作实践逐年补充完善。

表 8 北京城市地质条件适宜性评价体系表

序号	调查区分类	调查区范围	工作精度	评价要素
1	重点调查区	重点规划建设区	1:2000	活动断裂、地裂缝、岩溶塌陷、崩塌、滑坡、泥石流、采空塌陷、土壤污染（8 项）
2	一般调查区	重点调查区四面外延 2km 区域（可地质条件适当调整）	1:10000	地形地貌、水文地质、工程地质、活动断裂、地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、砂土液化、崩塌、滑坡、泥石流、采空塌陷、地下水污染、土壤污染、地下水资源、地热水资源、浅层地热能资源（17 项）

北京市地质矿产勘查院

BEIJING INSTITUTE OF GEOLOGY

地 址：北京市海淀区西四环北路 123 号

电 话：51560123

传 真：51560122

网 址：www.bjsdky.net