



中国地质调查成果CGS 2018-003  
长株潭城市群部、省合作项目成果集成

CHANGZHUTAN CHENGSHIQUN DIZHI HUANJING ZONGHE YANJIU

# 长株潭城市群 地质环境综合研究

盛玉环 徐定芳 等编著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



中国地质调查成果 CGS 2018-003  
长株潭城市群部、省合作项目成果集成

# 长株潭城市群地质环境综合研究

CHANGZHUTAN CHENGSHIQUN DIZHI HUANJING ZONGHE YANJIU

盛玉环 徐定芳 等编著

 **中国地质大学出版社**  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

## 内 容 提 要

本专著为中国地质调查局和湖南省地质矿产勘查开发局等单位在长株潭城市群部署的多项地质环境项目的综合研究成果,涵盖了长株潭城市群地质环境条件、地质资源优势、主要环境地质问题、专题评价、地质环境保护与城市规划建议及数据库建设等方面内容,部分成果具有创新性和突破性,又有较强的学术性和实用性。

本专著数据资料来源于调查、统计,不作为官方发布资料,仅为从事水工环地质专业的教学和科研人员提供学术参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

长株潭城市群地质环境综合研究/盛玉环,徐定芳等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2018.3

ISBN 978-7-5625-4252-0

I. ①长…

II. ①盛… ②徐…

III. ①城市群—地质环境—研究—湖南

IV. ①X141

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第042620号

审图号:湘S(2018)017号

长株潭城市群地质环境综合研究

盛玉环 徐定芳 等编著

责任编辑:胡珞兰 谢媛华

选题策划:毕克成 刘桂涛

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

Email:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://cugp.cug.edu.cn

开本:880毫米×1230毫米 1/16

字数:450千字 印张:14

版次:2018年3月第1版

印次:2018年3月第1次印刷

印刷:中煤地西安地图制印有限公司

印数:1—500册

ISBN 978-7-5625-4252-0

定价:280.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 《长株潭城市群地质环境综合研究》

## 编辑编委会

### 编纂指导委员会

主任：叶爱斌

副主任：黄建中 盛玉环

委员：肖光明 徐定芳 肖立权 皮建高 骆检兰

### 执行编辑委员会

主编：盛玉环 徐定芳

编写人员：范毅 何阳 刘声凯 龙西亭 童军 姚腾飞

朱丽芬 赵祈溶 黄超 刘一鸣 王灵珏 贺成斌

柏道远 周华 刘显丽

参编单位：湖南省地质调查院

湖南省地质矿产勘查开发局四〇二队

湖南省地质矿产勘查开发局四一六队

湖南省地球物理地球化学勘查院

# 序

长株潭城市群是长江经济带建设的重点发展地区，是湖南经济发展的核心增长极。2007年12月，长株潭城市群获批为全国资源节约型和环境友好型社会建设综合配套改革试验区。为促进试验区建设，国土资源部中国地质调查局和湖南省人民政府联合在长株潭城市群部署了地质环境调查与区划、长沙市等9幅环境地质调查、地热资源调查评价等一系列地质工作。这些工作均由湖南省地质矿产勘查开发局承担完成，获取形成了上百万组地质数据，上百份地质调查报告，上千张地质图件。这些工作成果，对国家实施长江经济带发展战略、湖南建设美丽富饶幸福新湖南目标、推动地质科学发展进步，尤其是对长株潭城市群“两型”社会建设，具有十分重要的理论和实践价值。

为了让上述工作成果能够快捷高效和高质量地服务政府决策、社会利用和学术交流，湖南省地质矿产勘查开发局集中组织了一批地质专家进行成果集成，开展长株潭城市群地质环境综合研究。综合研究以地球系统科学理论为指导，以“空间、资源、环境、灾害”多要素为主线，取得了一系列集成成果，主要体现在：

一是从地形地貌、区域地质、水文地质、工程地质特征着手，全面系统地总结了长株潭城市群地下空间地质结构特征，阐述了活动断裂、软土、流砂的发育特征及对工程建设的不良影响，评价了区域地壳稳定性和地下空间开发利用适宜性，提出了城市群发展和规划的地质学建议方案。

二是从地下水资源、矿泉水资源、地热资源、地质遗迹资源着手，全面系统地阐述了长株潭城市群优势地质资源特征、开发利用现状和潜力，重点研究了红层底部灰质砾岩岩溶地下水特征及集中供水意义，圈定了城市应急水源地，提出了加大矿泉水、地热和地质遗迹资源开发利用的建议方案。

三是从地下水环境、土壤环境、矿山环境着手，全面系统地梳理了长株潭城市群地质环境问题，科学分析评价了产生这些地质问题的原因及对生态环境的影响，提出了污染防治、生态保护、发展绿色矿业的对策建议，为长株潭地区生态文明建设提供了详实信息和地质学支撑。

四是从崩塌、滑坡、泥石流、地面变形着手，全面系统地查明了长株潭城市群地质灾害现状、特点及灾情、险情，重点阐明了岩溶塌陷分布规律、发育特征、影响因素和形成机理，提出了加快建成地质灾害防治体系的对策建议，为地质防灾减灾救灾提供了详实资料和科学依据。

五是从调查手段、评价方法、数据库建设、服务信息平台打造着手，探索建立了一套比较完善的城市地质调查技术方法体系，为大规模高质量开展城市地质调查工作提供了方法技术示范。尤其是电子政务、综合监管和交换共享服务三大信息平台建成，可为城市规划建设运行管理提供全过程地质服务。

实施区域协调发展战略，构建大中小城市和小城镇协调发展的城镇格局，城市地质调查工作任务越来越繁重。向地球深部进军，为现代化国家建设提供能源资源保障，服务生态文明建设、美丽中国建设，

地质工作责任越来越重大。湖南省地质矿产勘查开发局将以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，紧紧围绕国家实施长江经济带发展战略、湖南实施“创新引领、开发崛起”战略和建设富饶美丽幸福新湖南目标、实现人民群众美好生活向往对地质工作的三大需求，大力推进城市地质调查工作，着力实现地质工作成果、对象、领域、内容、方式、主体六大突破，朝着加快建成集调查研究、信息集成、成果转化、支撑服务国土资源规划管理四大功能的现代新型地质工作机构迈进，为实现“两个百年”目标做出湖南地勘人应有的贡献。

在《长株潭城市群地质环境综合研究》出版之际，谨向决策部署推动长株潭城市群地质调查工作的各级领导、各位专家表示衷心的感谢！谨向奋斗奉献在长株潭城市群地质调查研究一线的广大地质工作者表示衷心的祝贺，希望你们继续拿出自己的智慧和勇气，谱写出更加灿烂辉煌的新时代地质事业篇章！

湖南省地质矿产勘查开发局  
党组书记、局长



2018年2月

# 目 录

绪 言.....	1
一、研究基础.....	1
二、社会经济发展规划.....	4
三、主要成果.....	7
<b>第一章 城市群地质环境条件.....</b>	<b>11</b>
第一节 地形地貌.....	11
一、地形地势.....	11
二、地貌类型及特征.....	11
第二节 区域地质概况.....	18
一、地层.....	18
二、构造.....	19
三、岩浆岩.....	19
第三节 水文地质条件.....	24
一、地下水类型及含水岩组富水性.....	24
二、水文地质分区特征.....	25
第四节 工程地质条件.....	32
一、岩土体类型及特征.....	32
二、区域地壳稳定性.....	36
三、核心区主要工程地质问题.....	37
<b>第二章 城市群地质资源优势.....</b>	<b>44</b>
第一节 地下水资源.....	44
一、评价分区与原则.....	44

二、计算方法与参数来源.....	44
三、计算结果及分析.....	45
四、地下水水质.....	46
五、地下水资源开发利用现状.....	48
六、地下水资源开发利用潜力.....	48
第二节 矿泉水与地下热水资源.....	49
一、矿泉水资源.....	49
二、地下热水资源.....	54
第三节 浅层地温能资源.....	66
一、总体特征.....	66
二、适宜性分区评价.....	67
三、资源量.....	70
四、开发利用.....	78
第四节 地质遗迹景观资源.....	79
一、资源分布及特征.....	79
二、开发利用现状.....	83
<b>第三章 城市群主要环境地质问题.....</b>	<b>84</b>
第一节 水土污染.....	84
一、地下水污染.....	84
二、土壤污染.....	88
第二节 地质灾害.....	90
一、崩塌、滑坡、泥石流、采空地面变形.....	90
二、岩溶塌陷.....	94
第三节 矿山地质环境问题.....	104
一、矿山地质灾害.....	104
二、占用破坏土地资源.....	105
三、影响破坏地下水系统.....	105
四、水土环境污染.....	105
<b>第四章 专题评价.....</b>	<b>107</b>
第一节 城镇应急（后备）地下水源地勘查评价.....	107

一、城镇应急（后备）地下水源地分布.....	107
二、城镇应急（后备）地下水资源量与水质.....	107
三、城镇应急（后备）供水方案建议.....	114
第二节 城市垃圾处理场适宜性评价.....	119
一、评价因子的确定.....	119
二、数学模型和评价标准.....	120
三、城市现有垃圾处理场适宜性评价.....	120
第三节 地下空间开发利用地质环境适宜性评价.....	121
一、评价原则.....	123
二、评价方法.....	123
三、评价结果.....	128
第四节 地质灾害调查评价.....	132
一、崩滑流地质灾害易发性、危险性评价.....	132
二、岩溶塌陷易发性、危险性评价.....	154
第五节 土地质量评价.....	162
一、评价方法.....	162
二、土地地球化学质量.....	163
<b>第五章 城市群地质环境保护与城市规划建议.....</b>	<b>167</b>
第一节 地质资源开发利用建议.....	167
一、地下水资源开发利用建议.....	167
二、矿泉水资源开发利用建议.....	167
三、地下热水资源开发利用建议.....	168
四、浅层地温能资源开发利用建议.....	171
五、地质遗迹资源保护和开发利用建议.....	171
第二节 地质环境保护建议.....	174
一、地下水保护建议.....	174
二、地质灾害防治对策建议.....	175
三、矿山地质环境保护建议.....	179
四、土地开发利用及保护建议.....	185
第三节 城市规划建设应注意的环境地质问题.....	186
一、长株潭城市群核心区总体布局规划建议.....	186
二、地铁规划建设建议.....	199

三、垃圾填埋场选址建议.....	203
<b>第六章 数据库建设.....</b>	<b>206</b>
第一节 数据库建设概况.....	206
一、基本情况.....	206
二、目标任务.....	206
三、提交成果.....	206
第二节 工作方法及流程.....	207
一、数据库编制依据与标准.....	207
二、工作方法.....	207
三、建库流程.....	207
四、属性采集.....	208
第三节 数据库主要内容.....	208
一、属性数据库.....	208
二、空间数据库.....	210
三、元数据.....	210
四、成果图件.....	210
<b>结 语.....</b>	<b>212</b>
<b>主要参考文献.....</b>	<b>213</b>

# 绪 言

## 一、研究基础

长江经济带覆盖上海、江苏、湖南、重庆、云南等 11 省（直辖市），面积  $205 \times 10^4 \text{km}^2$ ，人口和生产总值均超过全国总量的 40%，为我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一，具有独特优势和巨大发展潜力。2014 年 9 月，国务院《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》的出台，标志着长江经济带正式上升为国家重大战略。2016 年 9 月，《长江经济带发展规划纲要》的印发确立了长江经济带“一轴、两翼、三极、多点”的发展新格局，其中“三极”指的是长江三角洲、长江中游和成渝 3 个城市群，长株潭城市群是长江中游城市群重要的组成部分。

长株潭城市群是以长沙、株洲、湘潭（以下简称长株潭）三市为依托，辐射周边岳阳、常德、益阳、衡阳、娄底五市的区域，总面积  $9.68 \times 10^4 \text{km}^2$ 。长株潭城市群主体区包括长沙、株洲、湘潭三市，面积  $2.8 \times 10^4 \text{km}^2$ （图 0-1）。2007 年，长株潭城市群被确定为国家资源节约型环境友好型（简称“两型”）社会建设综合配套改革试验区，这是国家实施“中部崛起”战略的重大举措，也是长株潭城市群进入国家重大战略布局，实现又好又快发展的新机遇。2016 年，长株潭三市总人口达 1 444.9 万人，占湖南全省的 21.3%。2016 年实现 GDP 13 681.9 亿元，占湖南全省的 43.8%，人均 GDP 9.44 万元。城镇化水平为 70%。区内集中了湖南全省 3/4 的研发人员和 80% 的科技成果。区内有京广、沪昆、醴茶、石长铁路，武广、沪昆高速铁路，京港澳 G4、沪昆 G60、长张 G5513、长韶娄 S50、泉南 G72、岳临 S61、长株 S21、长潭西 S41、平汝 S11 等国家（省内）高速，以及 G106、G107、G319、G320 四条国道和 101、102、103、207、208、209、211、309、311、313、315、320、321 等多条省道贯通的交通网络（图 0-2）。

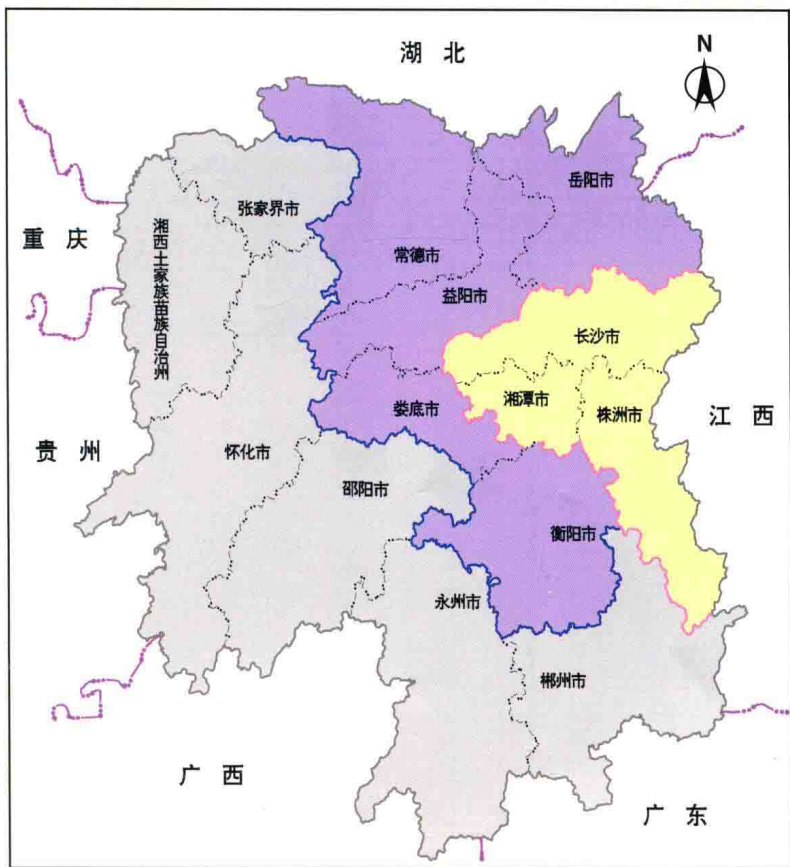
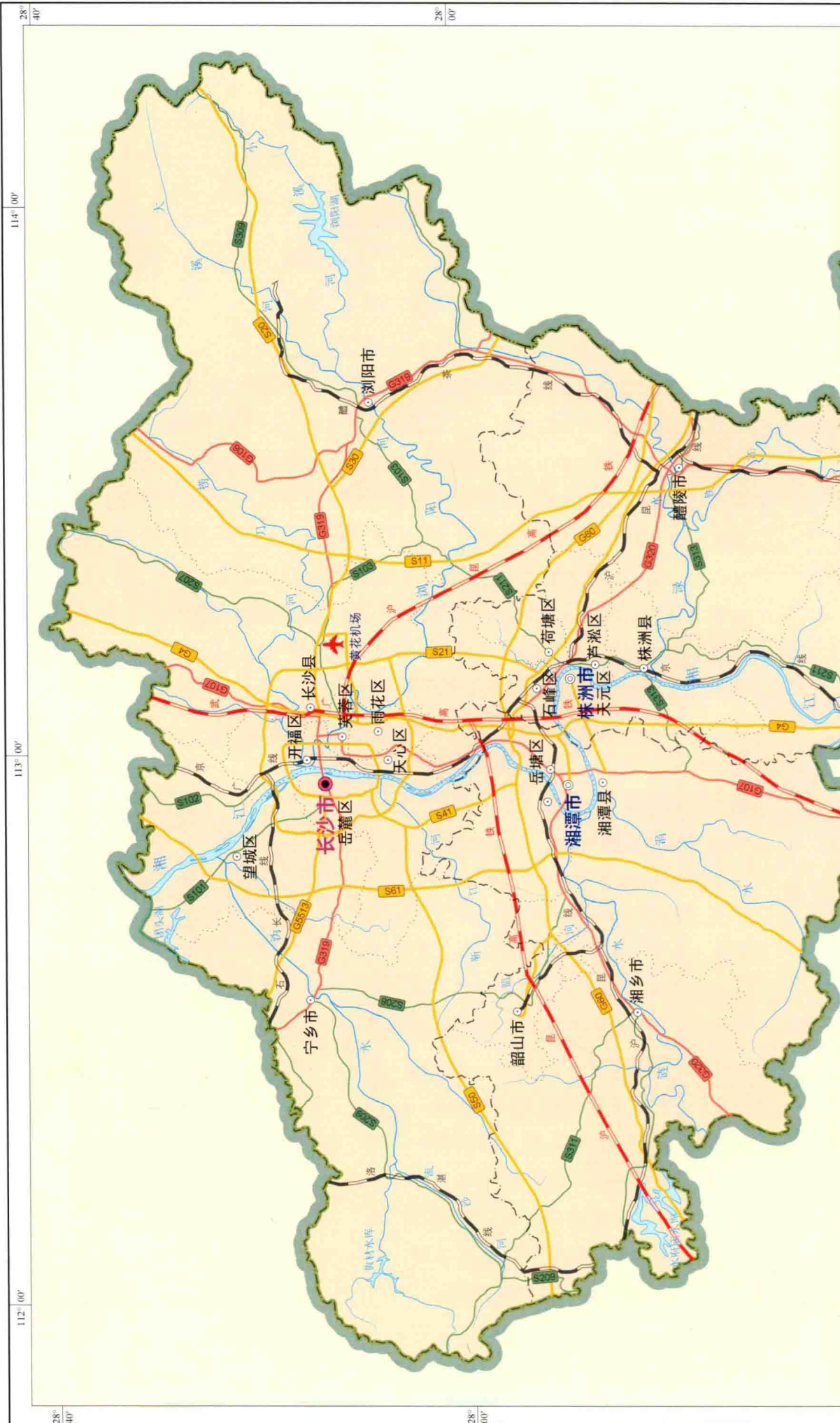


图 0-1 长株潭城市群区位示意图

（据《长株潭城市群区域规划（2008—2020）》2014 年调整版修改）



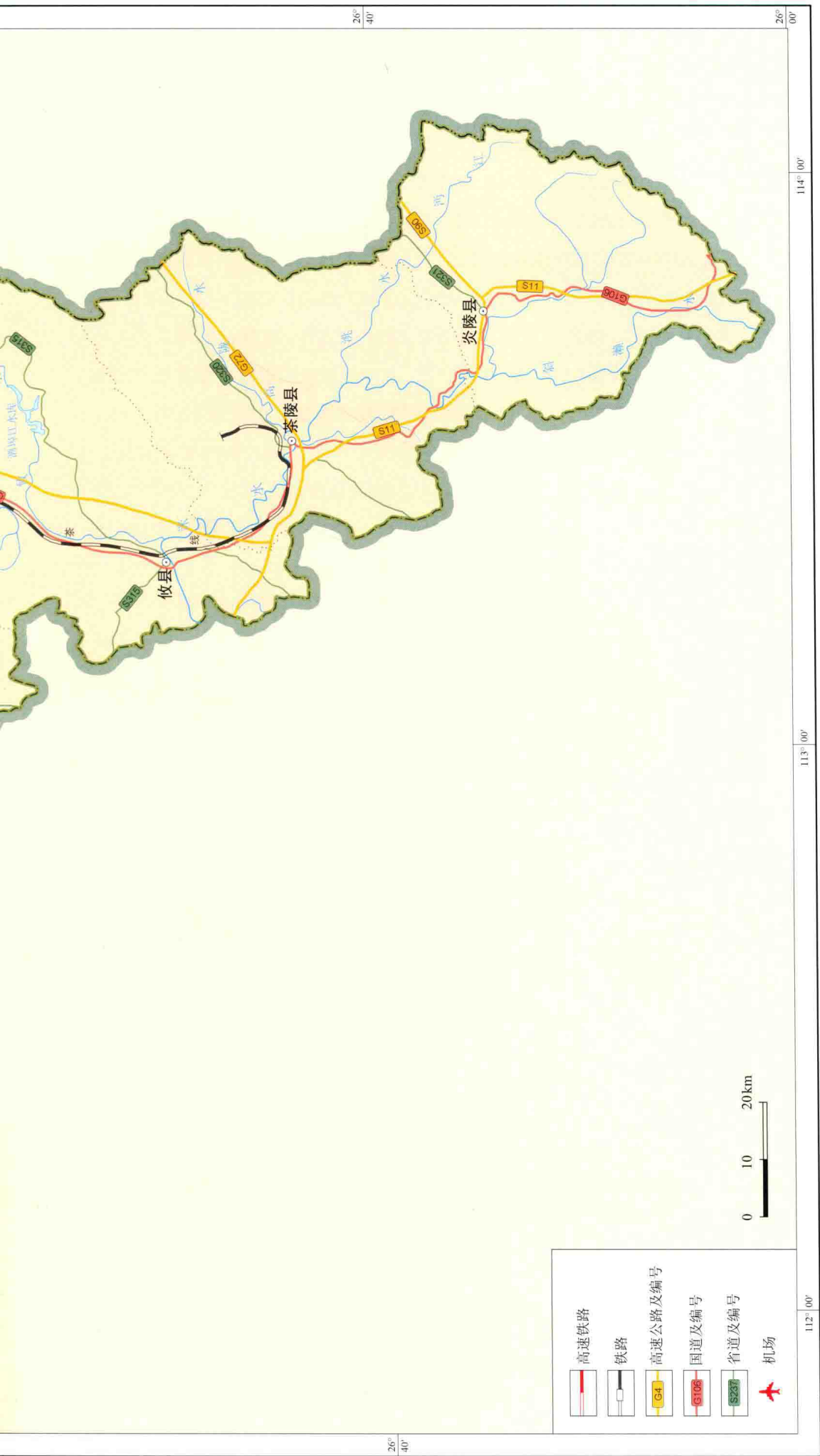


图 0-2 长株潭城市群交通图

为更好地服务于国家重大战略，促进长株潭城市群“两型”社会建设，2008年国土资源部与湖南省政府签订了合作协议。中国地质调查局及时跟进，根据部省合作协议，在长沙、株洲、湘潭三市域内部署了“长株潭城市群地质环境调查与区划”（2009—2015年），“湖南1：5万铜官幅（H49E022020）、长沙幅（H49E023020）、大托铺幅（H49E024020）、湘潭幅（G49E001020）、下摄司幅（G49E002020）、青山铺幅（H49E022021）、株洲县幅（G49E002021）、镇头市幅（H49E024022）、普迹幅（G49E001022）环境地质调查”（2014—2015年），“湖南省地热资源调查与区划”（2013—2015年），“长沙市浅层地温能调查评价”（2011—2013年），“湖南省主要城市浅层地温能调查评价”（2013—2015年）等工作项目。

湖南省内也投入大量资金在长沙、株洲、湘潭三市域内相继开展了“长沙、株洲、湘潭三市矿山环境地质调查与评价”（2007—2009年）、长沙县等15个县（市、区）“1：5万地质灾害详细调查”（2012—2015年）、“株洲市地下水资源调查评价”（2013—2014年）、“湖南省矿泉水资源及其开发利用调查评价”（2013—2014年）、“宁乡县灰汤地下热水人工回灌试验及回灌井勘探建井”（2010—2011年）、“宁乡县灰汤地下热水人工回灌条件下资源潜力评价”（2013—2014年）以及炎陵县平乐、长沙市麻林桥、攸县柏市镇等11项地下热水资源勘查工作。

## 二、社会经济发展规划

### （一）发展战略目标

战略定位：全国“两型”社会建设的示范区，中部崛起的重要增长极，全省新型城镇化、新型工业化和新农村建设的引领区，具有国际品质的现代化生态型城市群。

发展目标：到2020年，“两型”社会建设综合配套改革主要任务基本完成，资源节约、环境友好的体制机制基本形成，新型工业化、新型城镇化和城市群一体化发展模式基本建立，创新能力和开放水平在中西部位居前列，经济社会发展与人口、资源、环境协调发展的格局基本形成，在全省率先向基本现代化迈进。长株潭三市的人均GDP达到14万元，城镇化水平达到75%以上；带动长株潭城市群（3+5）的人均GDP达到9万元，城镇化水平达到65%。

### （二）发展规划

#### 1. 城镇体系结构规划

形成“一核（长株潭城市群核心区）三带（岳阳-长株潭-衡阳、长株潭-益阳-常德、长株潭-娄底城镇产业聚合发展带）一环（长株潭城市群城镇功能联系环）五楔（洞庭湖生态区、雪峰山生态区、罗霄山生态区、湘东生态区、湘西农业生态区五大区域生态绿楔）”的空间构架，长沙为长株潭城市群中心（一级）城市，人口超过500万人；株洲、湘潭为长株潭城市群副中心（二级）城市，人口100万~300万人。

#### 2. 产业布局

形成以长株潭为核心，以长株潭-娄底城镇产业聚合发展带为骨架、多点分布的重要开发园区为载

体的产业梯度布局的发展格局。长株潭三市为核心区，重点发展先进制造业、电子信息、生产性服务业等高新技术产业。长株潭-娄底城镇产业聚合发展带，重点提升沿线地区的机械制造、能源原材料工业，依托区位优势加快发展现代物流业，打造西向经济通道。

### 3. 交通建设规划

公路规划高速公路形成“六纵七横两环七支”网络布局，六纵为张家界—安化—武冈、二广 G55、南县—益阳—娄底—祁东、岳临 S61、京港澳 G4、平汝 S11，七横为杭瑞 G56、长张 G5513、安化—益阳—平江、怀化—娄底—长沙—浏阳、沪昆 G60、武冈—永州—常宁—耒阳—茶陵、泉南 G72，两环为长沙外环、长株潭大外环，七支为娄底—新化、衡东—双峰、衡阳—邵阳、石门—津市—安乡、慈利—宜昌、湘潭—韶山、衡阳—衡山。规划国道、省道为“八射二十九纵二十九横”，构建“九纵九横九联”长株潭城市群快速道路网络。

铁路规划建设渝厦客运专线、蒙华铁路（湖北荆州—湖南岳阳—江西吉安段）、西长快速铁路（陕西西安—湖北宜昌—湖南常德—湖南长沙），实施湘桂铁路扩能、石长增建二线、洛湛铁路增建二线等工程（图 0-3）。

城际轨道交通规划形成“一心（长株潭核心区，由长沙—株洲、长沙—湘潭线路组成“人”字形骨架）六射（依托核心区城际线网向外辐射岳阳、浏阳、益阳—常德、醴陵、衡阳、娄底 6 个方向）一半环（平江—汨罗—湘阴—宁乡—韶山—湘乡—衡山—攸县—茶陵）”网络布局。

地铁仅在长沙市区内规划，至 2020 年将建设轨道交通线路 7 条，总长 200 ~ 260km。

跨湘江通道，长沙市中心城区规划了冯蔡路、学士路特大桥及湘雅路、劳动路隧道，预留白泉大桥、人民路隧道。

### 4. 供水规划

长沙市主城区目前有一、二、三、四、五、八共 6 座水厂，此外还有长沙县的星沙水厂、梨梨水厂、廖家祠堂水厂、黄花水厂。至 2020 年，将在暮云新建七水厂（日供水量  $30 \times 10^4 \text{m}^3$ ，水源地为湘江），在开福区筹建六水厂（日供水量  $50 \times 10^4 \text{m}^3$ ，水源地为浏阳的达浒水库），扩建星沙水厂、廖家祠堂水厂和黄花水厂的供水规模。此外，还将加强第二水源地浏阳株树桥水库的保护与引水工程建设。

株洲市区目前有一、二、三、四共 4 座水厂，供水能力  $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。规划一水厂、三水厂降低产能（由现有  $10 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 、 $50 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  降为  $5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 、 $35 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ），二水厂维持现有  $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  规模，四水厂由  $10 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  扩容至  $20 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，在云龙示范区新建云龙水厂（日供水量  $10 \times 10^4 \text{m}^3$ ，水源地为醴陵官庄水库），5 座水厂总供水能力为  $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。加强第二水源地醴陵官庄水库、茶陵洮水水库的保护与引水工程建设。

到 2020 年，湘潭市共需设置规模大于  $5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  的水厂有 12 座，其中湘潭市区 4 座、九华新城和昭山组团 1 座、湘潭县城 2 座、湘乡城区 2 座、韶山市区 1 座、楠湖新城 1 座、花石镇 1 座。加强第二水源地湘乡水府庙水库的保护与引水工程建设。

### 5. 生态保护建设规划

核心区生态建设工程规划包括长株潭绿心创新功能建设和生态“客厅”建设工程，生态林业圈建设和生物多样性保护工程，株洲—江四港等城市生态走廊工程，清水塘、竹埠港地区环境综合整治工程，湿地公园和森林公园（长沙团头湖、千龙湖、金洲湖、松雅湖、株洲湖里、酒埠江 6 个湿地公园；长沙



图 0-3 长株潭城市群交通规划图

(据《长株潭城市群区域规划(2008—2020)》2014年调整版修改)

天际岭、青羊湖、大围山、凤凰山、黑麋峰、湘潭东台山、株洲云阳、神农谷、攸州 9 个国家级森林公园)建设,浏阳河百里花木示范走廊,酒埠江国家地质公园,金霞山公园,虎形山、凤形山生态休闲主题公园,仰天湖生态公园建设。

### 三、主要成果

本次成果总结以中国地质调查局部署的“长株潭城市群地质环境调查与区划”和“湖南 1:5 万铜官幅(H49E022020)、长沙幅(H49E023020)、大托铺幅(H49E024020)、湘潭幅(G49E001020)、下摄司幅(G49E002020)、青山铺幅(H49E022021)、株洲县幅(G49E002021)、镇头市幅(H49E024022)、普迹幅(G49E001022)环境地质调查”两个项目成果为基础,系统综合了中国地质调查局及湖南省有关单位自 2009 年以来在长沙、株洲、湘潭三市域内部署的多个项目成果资料。主要成果如下。

第一,基本查明了长株潭城市群的地质环境条件。

长株潭城市群地处长江中游、湖南省中北部,平原、丘陵、低山、中低山地貌皆有,主要为丘陵。地下水类型包括松散岩类孔隙水、红层裂隙孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水及基岩裂隙水四大类,其中基岩裂隙水分布最广。分散在宁乡花明楼、浏阳古港、湘乡壶天、韶山银田、湘潭中路铺、株洲泉水窟等地的碳酸盐岩类裂隙溶洞水及零星分布在湘潭市区、醴攸盆地酒埠江、长沙县春华镇、宁乡市白马镇等地的灰质砾岩裂隙溶洞水,面积虽不大,但富水性中等至丰富,对城镇供水意义重大。基岩裂隙水富水性贫乏至中等,仅适合分散供水。区内工程地质岩组较复杂,岩浆岩、浅变质岩、碎屑岩、碳酸盐岩及第四系松散土体均有分布,以浅变质岩岩组为主。

第二,首次开展了长株潭三城市规划区浅层地温能调查评价、灰汤温泉区回灌试验和回灌井勘探建设,并对长株潭城市群全区地下水、矿泉水、地下热水、地质遗迹景观等地质资源进行了系统调查评价,提出了开发利用规划建议。

长株潭城市群地下水资源较丰富,多年平均补给量为  $42.653 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ,可开采量为  $19.125 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ,已开采量为  $0.527 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ,仅占可开采量的 2.76%,开发利用潜力大。建议优化水资源供给结构,适当增加地下水开采量,并在开采过程中加强保护,避免地下水资源遭受破坏或引发环境地质问题。

区内矿泉水共有 130 处,类型较全,水质优良,水量较丰富,可开采量为  $22\,873.94 \text{m}^3/\text{d}$ ,已开采量为  $2\,138.5 \text{m}^3/\text{d}$ ,仅占可开采量的 9.35%,开发利用潜力大。15 处具有近期开发利用的价值,105 处可供远期开发利用。

区内地下热水共 25 处 41 点,水温  $25 \sim 91^\circ\text{C}$ ,除 1 处为中温外,其余均为低温地热资源。估算评价资源总量为  $59\,285 \text{m}^3/\text{d}$ ,已开采量为  $3\,124 \text{m}^3/\text{d}$ ,仅占可开采量的 5.27%,开发利用潜力大。宁乡灰汤、长沙市区、长沙县麻林桥 3 处热水有着良好的开发利用前景,尤其在灰汤温泉区进行了回灌试验和回灌井勘探建井,扩大可开采量  $2\,000 \text{m}^3/\text{d}$ ,保证了灰汤地下热水资源持续利用,极大地促进了宁乡市经济发展。

长株潭三城市规划区浅层地温能资源总换热功率为  $5\,599.5 \times 10^4 \text{kW}$ ,夏季、冬季分别为  $3\,641.3 \times 10^4 \text{kW}$ 、 $1\,958.2 \times 10^4 \text{kW}$ ;总资源潜力为  $11\,808.7 \times 10^4 \text{m}^2/\text{km}^2$ ,地下水、地埋管地源热泵系统资源潜力分别为  $6\,305.2 \times 10^4 \text{m}^2/\text{km}^2$ 、 $5\,503.5 \times 10^4 \text{m}^2/\text{km}^2$ ;浅层地温能每年可利用资源量相当于  $1\,686.08 \times 10^4 \text{t}$  标准煤。三市大部分区域都适宜发展地埋管地源热泵系统,仅长沙、株洲市区少部分区域可以适度发展地下水地源