国土资源大调查

城市地质调查进展与成果

中国地质调查局基础调查部

二〇一〇年七月

目　录

一、概况.....3
二、进展与成果.....5
（一）首次系统查明城市地下三维地质结构.....5
（二）为重大工程建设提供了有力支撑.....10
（三）为城市规划与国土资源管理提供科学依据.....15
（四）为城市安全运营保驾护航.....19
（五）首次系统开展了城市地下空间适宜性评价.....20
（六）系统开展城市垃圾污染和选址调查.....25
（七）提供了城市应急水源保障.....28
（八）实现了城市地质信息集群化管理.....30
（九）提出了城市可持续发展的对策与建议.....33
（十）建立了城市地质方法技术体系.....34

一、概况

《国土资源部“十五”计划纲要》中指出：“围绕国家重要经济区、大中城市发展的需要，主动扩大服务领域，有针对性地开展区域地质、环境地质、灾害地质、水文地质、城市地质、农业地质等专项调查”。

针对当前高速发展的城市中存在的和未来城市可持续发展的资源、安全、环境质量和容量等问题，选择我国东部环渤海、长江三角洲、珠江三角洲三大城市群中北京、天津、上海、南京、杭州和广州等代表性城市进行城市地质试点调查，系统查明试点城市的地质、资源和环境状况，综合评价城市发展的资源保障能力和环境承载力；建立城市综合地质信息管理与服务系统，为城市可持续发展规划、城市建设与管理提供基础数据；在试点基础上总结城市地质调查方法体系，制订城市地质调查技术要求。重点开展了①三维地质结构调查与地下空间利用的适宜性评价；②地质灾害调查与危害性评价；③水土地球化学背景调查与地球化学环境质量评价；④地质资源调查与评价；⑤三维可视化地学数据管理与服务系统建设；⑥研究与制定城市地质调查工作指南和技术标准。

历时 6 年，中央与地方共投入 22054 万元（其中中央投入 8093 万元，地方投入 13961 万元），系统查明了城市三维

地质结构、主要地质灾害、水土地球化学环境、地下水和地热等地质资源，综合评价了城市地质环境承载能力、土地利用和地下空间开发适宜性；建立了城市地质调查信息系统，实现了城市地质数据集群化管理，构建了面向政府的三维可视化决策平台，面向社会公众的信息服务平台，面向专业研究的基础平台。调查成果已及时应用于城市规划修编、场址选择和工程建设中，并发挥了重要的社会和经济效益。同时，开创了中央与地方合作开展基础性、公益性地质工作的新机制；树立了推广地质工作的战略新思维，并已将地质工作纳入到政府工作的主流程中。

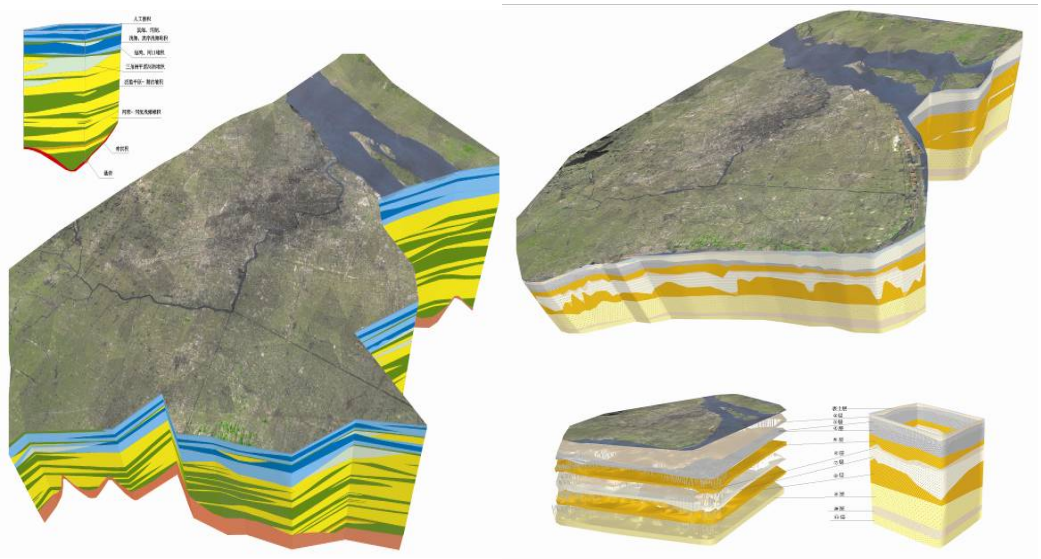
二、进展与成果

城市地质调查成果在经济社会发展中，特别是在城市规划、城市建设、城市安全、土地利用规划与资源管理、生态农业与城市环境保护等工作中发挥了基础作用。主要成果、进展与应用体现在以下方面。

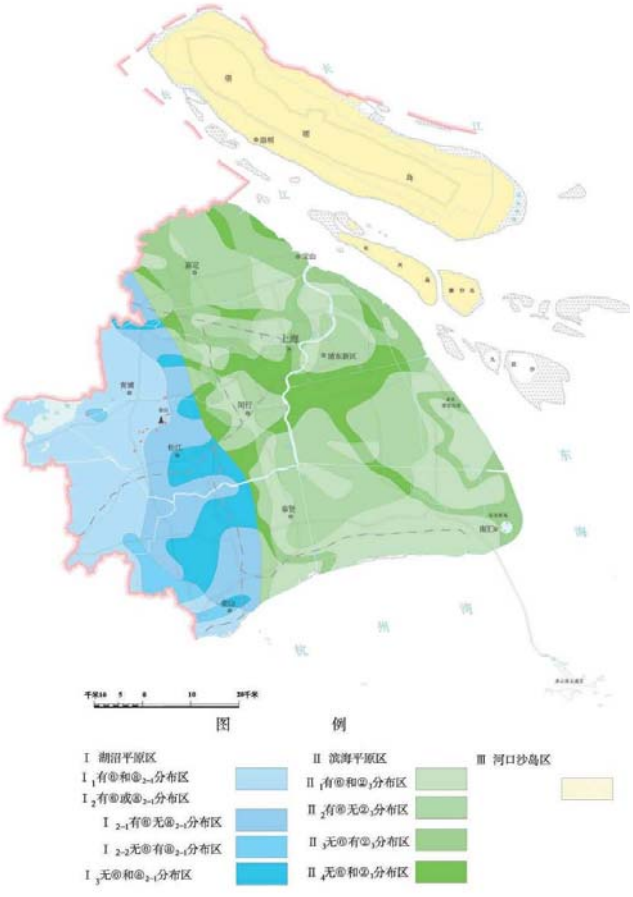
（一）首次系统查明城市地下三维地质结构

在充分收集已有各类钻孔资料的基础上，通过补充钻探、地球物理等方法，首次系统开展了城市地下三维地质调查，查明了城市地下基岩地质构造、基岩面变化和松散层地质结构特征，建立了城市松散层三维地质、工程与水文地质结构，为城市开展地下空间资源开发适宜性评价、土地利用适应性评价、城市承载力与环境容量评价等奠定了基础。

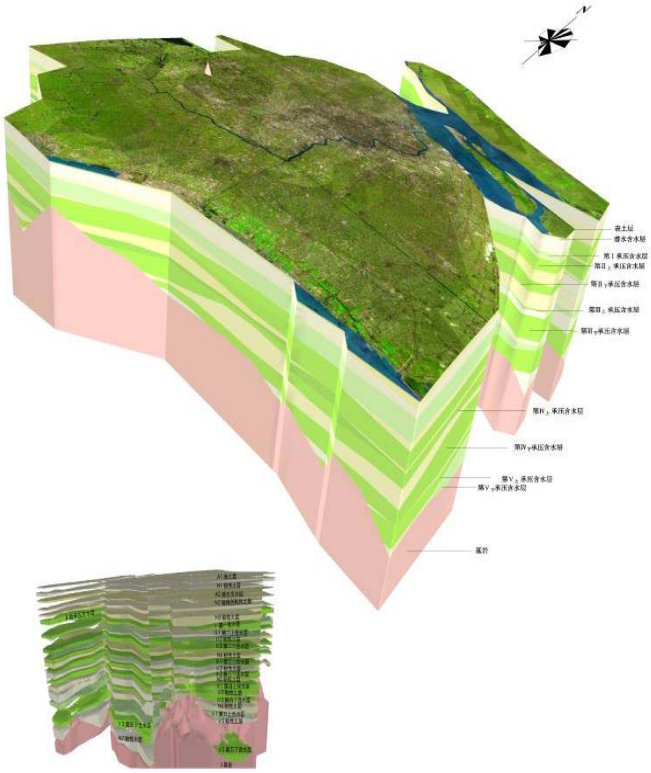
上海市利用 30 万个钻孔资料，建立了河口三角洲平原沉积区长江、太湖和杭州湾相互作用形成的第四纪三维地质、工程、水文地质结构。



上海市第四系地质结构和100M以浅工程地质结构模型图

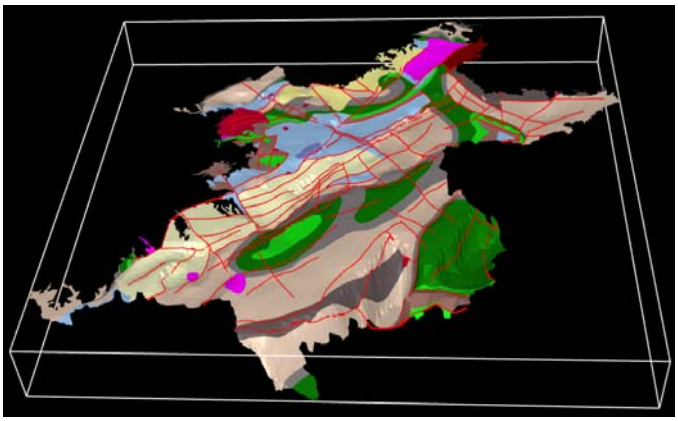


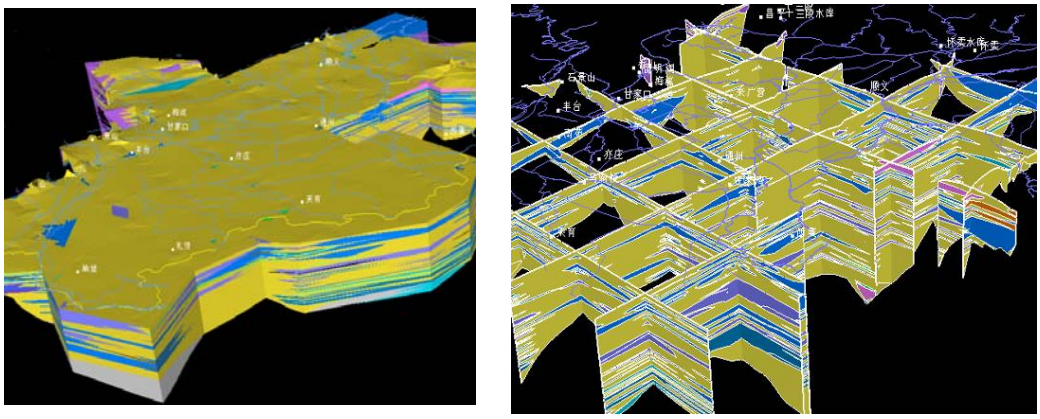
上海市工程地质结构分区图



上海市三维水文地质结构图

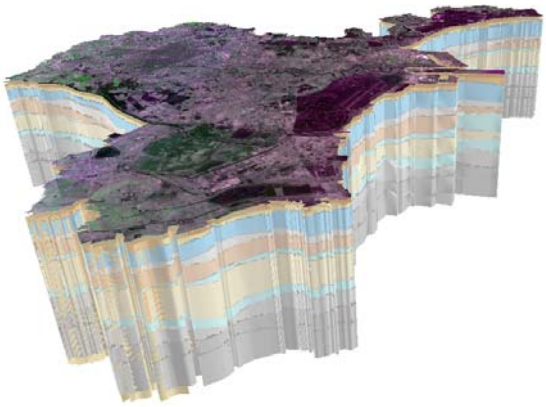
北京市首次在平原区建立了基岩三维地质结构；山前平原区不同水系冲洪积扇组成的第四系三维地质结构，工程地质结构和水文地质结构。



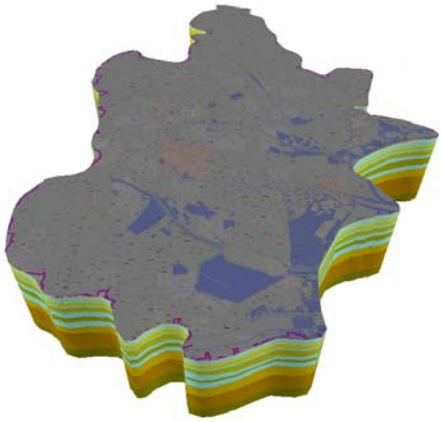


北京市平原区基岩和第四系三维地质结构

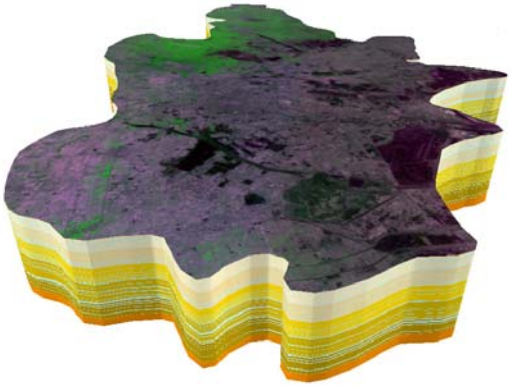
天津市建立了滨海平原区中心城区三维地质结构、工程地质结构和水文地质结构。



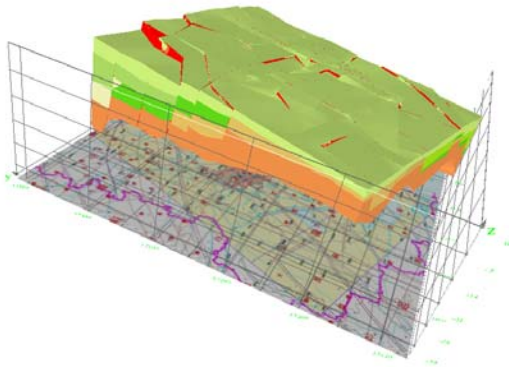
天津中心市三维工程地质地质结构



天津平原区三维松散层地质结构

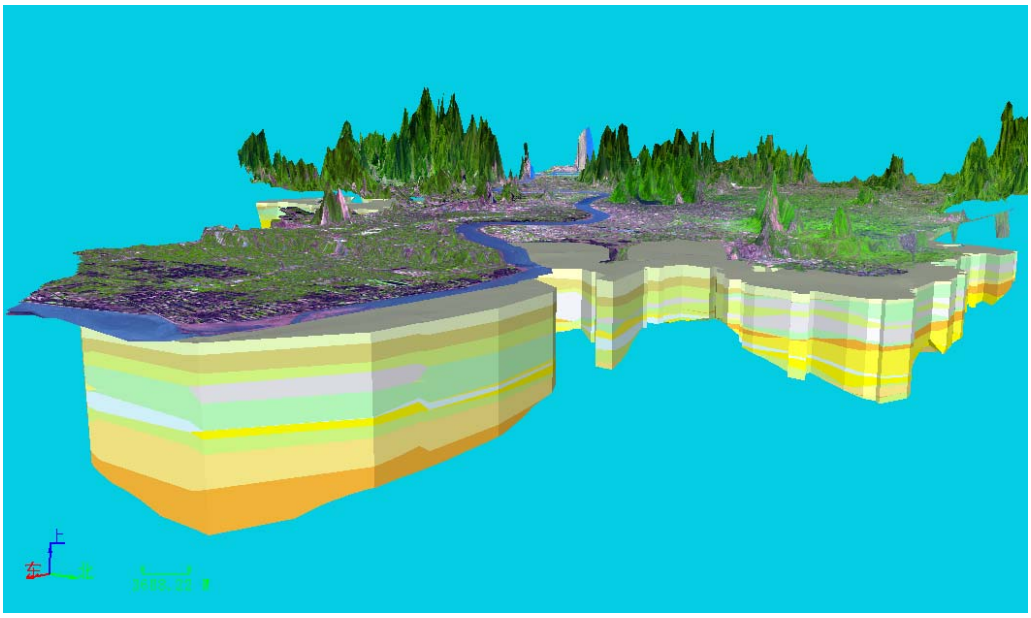


天津平原区水文地质三维地质结构

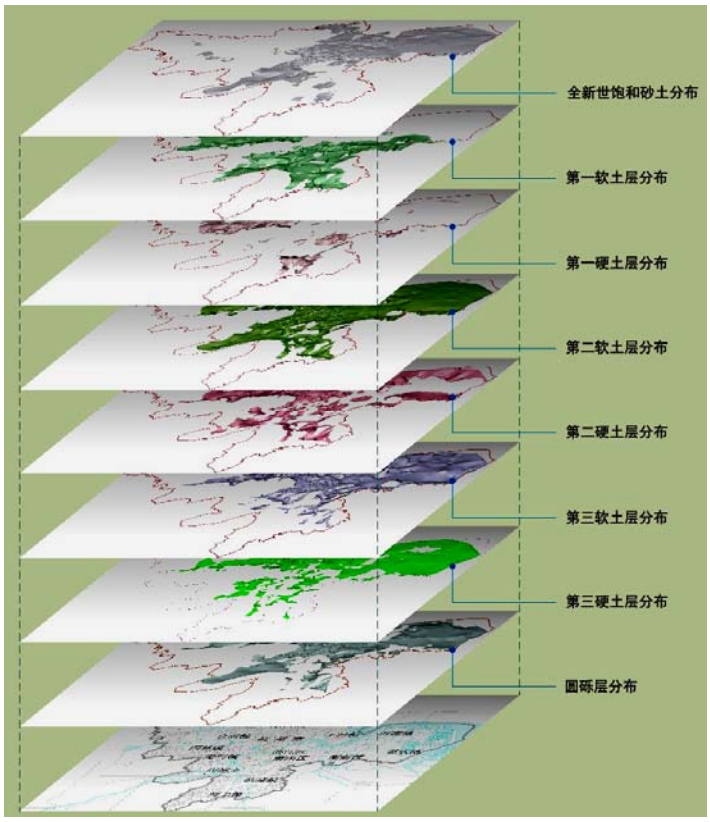


天津三维基岩地质结构模型

杭州市建立了由钱塘江、苕溪和浦阳江等古河道入海形成的滨海河谷第四纪三维地质结构、工程地质结构和水文地质结构。

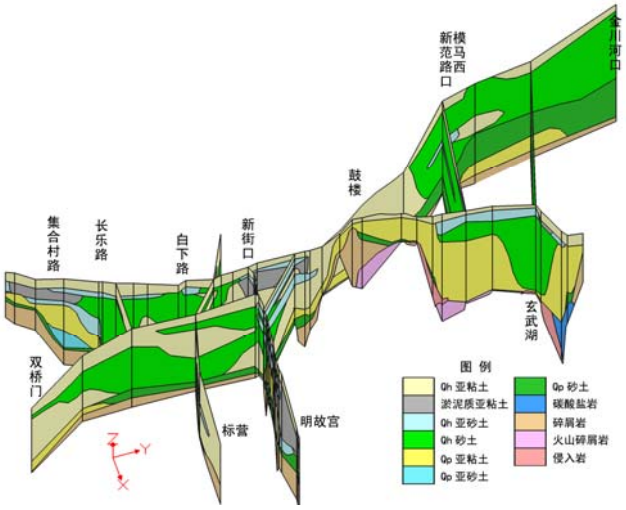


杭州市三维第四纪地质结构



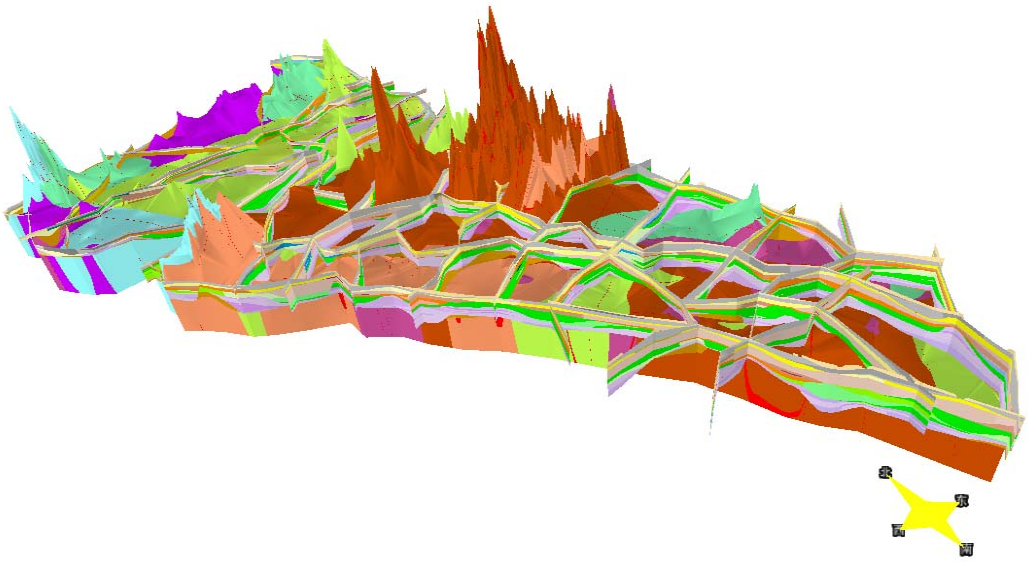
杭州市三维工程地质结构特征

南京市建立了由长江、秦淮河和滁河三大流域堆积形成的内陆河谷盆地三维地质、工程和水文地质结构。



南京市区长江分支河道孔隙含水层组三维结构

广州市内建立了由内陆河谷和三角洲平原海陆交互相组成的三维地质结构。



广州南沙片区第四纪松散沉积层三维地质结构

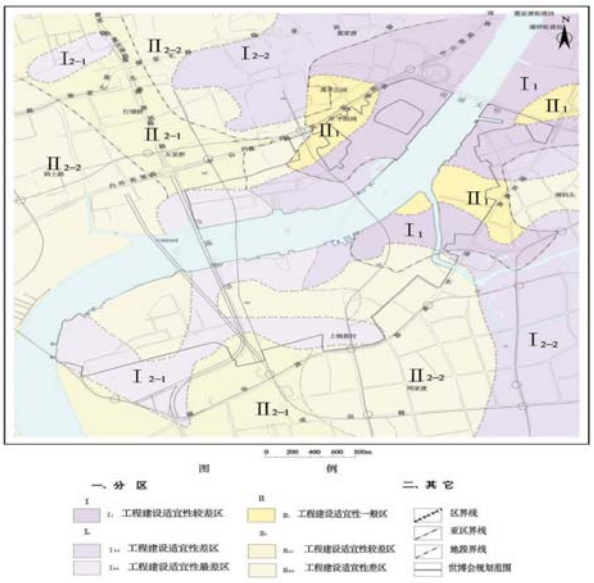
（二）为重大工程建设提供了有力支撑

主动服务城市重大工程建设，配合北京奥运场馆、上海世博会园区等重大工程建设开展专题调查，为工程建设区进

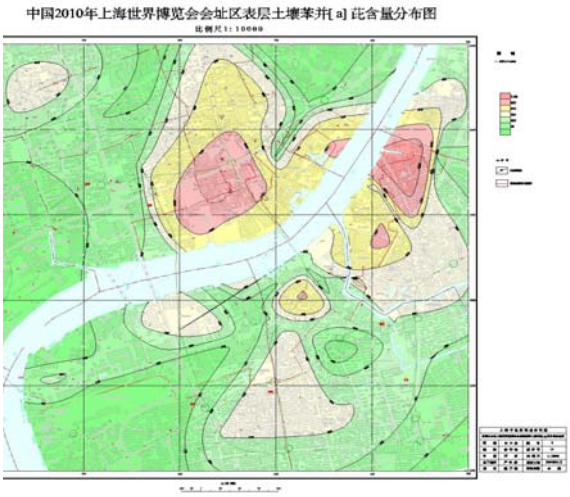
行“地质体检”，为重大工程顺利实施提供了基础保障。

1、为 2010 上海世博会正式注册提供了重要资料

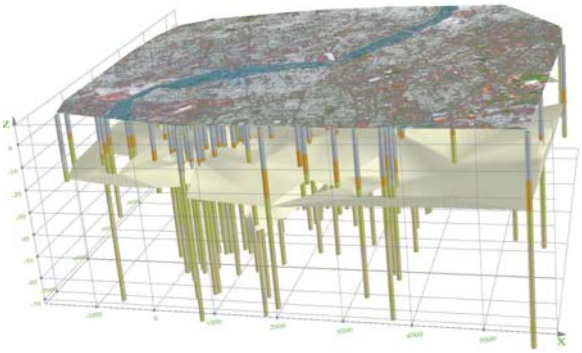
针对上海世博会会址区展馆工程建设和地下空间开发存在的地质问题，开展了会址区场地稳定性评价、环境地球化学评价、地下空间开发适宜性评价，向国际世博管理机构提交了世博场区地质环境综合评价报告，为世博会成功注册提供了保障。

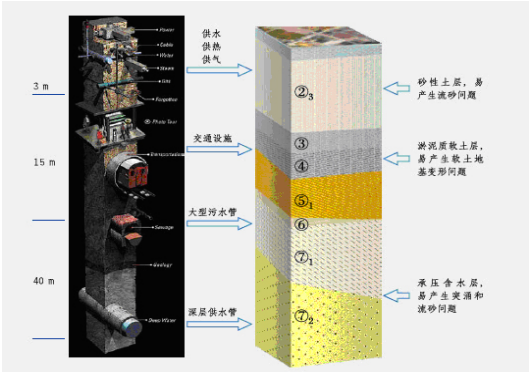


世博会址区基坑工程建设适宜分区

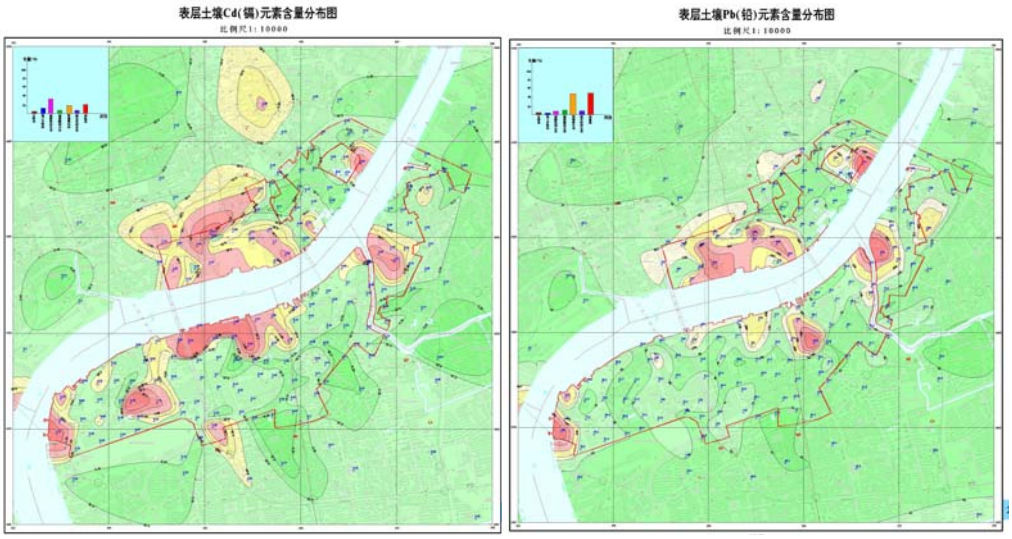


世博会址区表层苯并芘含量分布





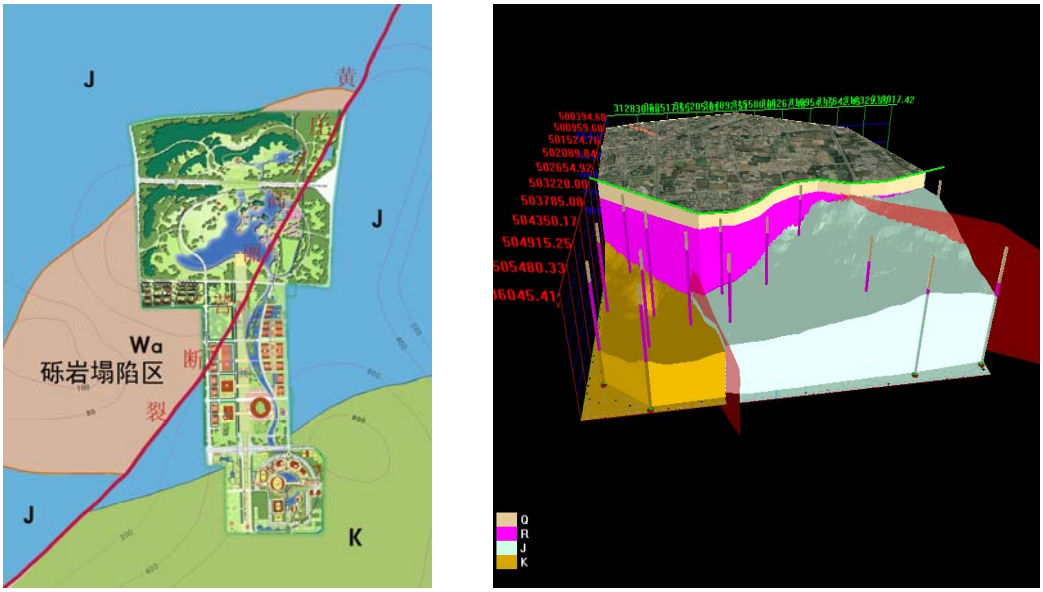
世博会会址区地下三维结构



世博会址区表层土壤镉、铅分布图

2、为北京市奥运场馆建设提供基础保障

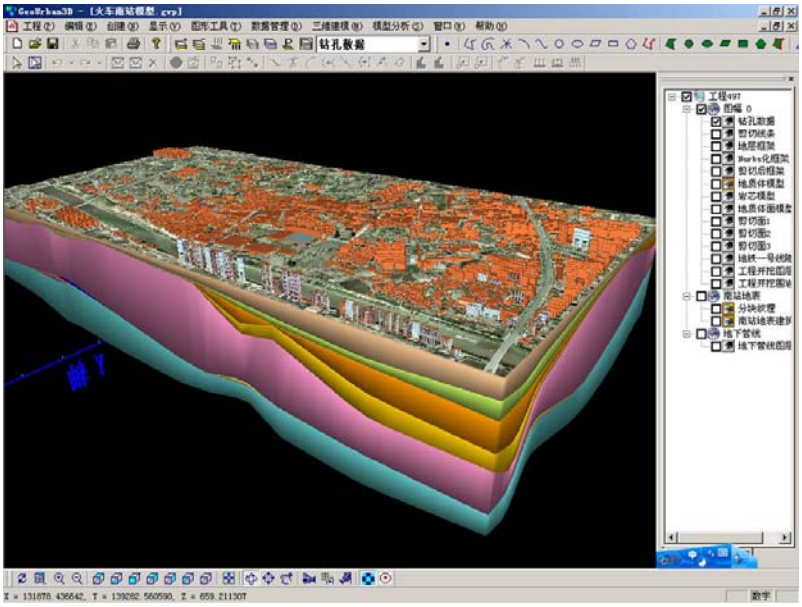
开展了北京奥运场馆三维结构专项调查，对隐伏于奥运公园下部的黄庄－高丽营活动断裂作了准确定位，对隐伏岩溶塌陷的危险性进行评价。根据该成果，对场馆区建筑布局进行了调整，避免了可能造成的损失和影响。奥组委对该项工作给予了高度评价。



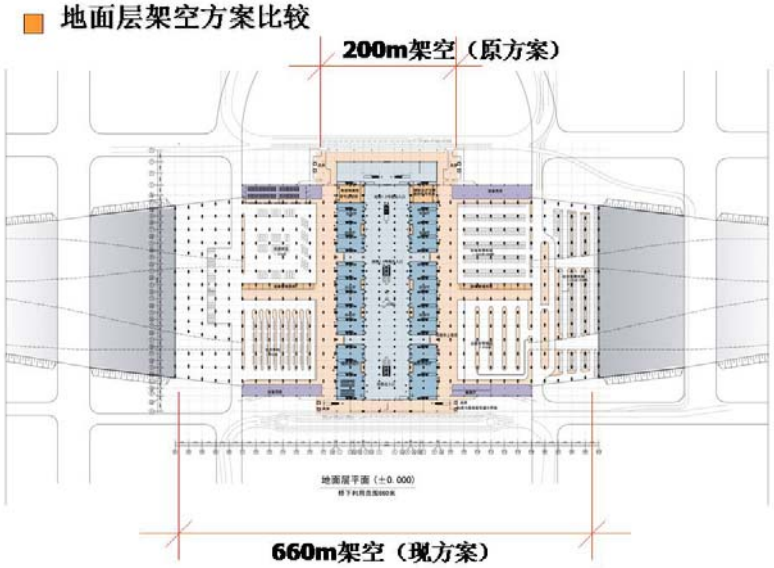
北京奥运场馆区隐伏岩溶塌陷区、活动断裂分布图

3、在南京市火车南站最终方案确定中起了关键作用

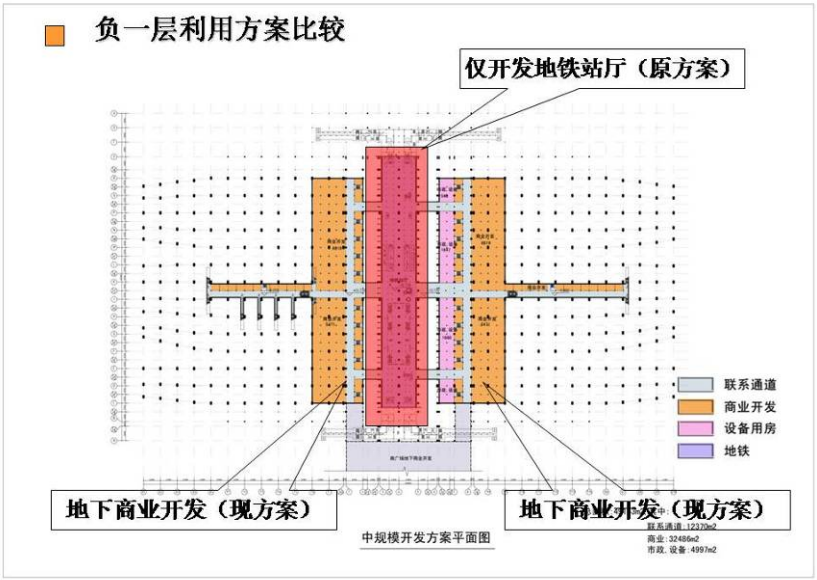
规划中的南京火车南站将成为华东地区最大的集高铁、专线、城际、地铁、轻轨为一体的综合交通枢纽。原规划方案主要采用高填土方案，未考虑地下空间资源利用。通过南站地区的三维地质结构调查和地下空间利用的综合评价，提出了地下空间利用的建设性意见，被铁道部采纳。方案调整增加了地面可利用空间约 17 公顷，新增地下可利用空间约 4 公顷，产生直接经济效益近 10 个亿。实现了铁路站、长途客运站、出租车停车场、公交车首末站和地铁站的零换乘，大大减少旅客换乘距离和便利，带来显著的社会效益。



火车南站模型



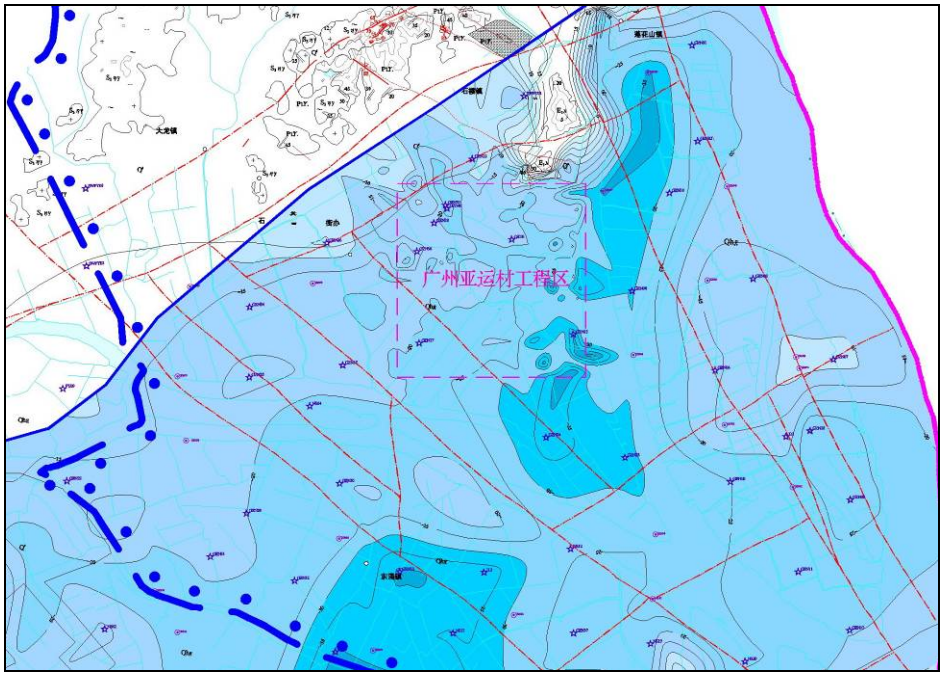
南京火车南站地面层架空方案比较



南京火车南站负一层利用方案比较

4、在广州市亚运场馆建设中发挥了重要作用。

对广州新城亚运场馆建设工程区地质情况进行了评价，提交了《广州新城亚运场馆拟建场地地质报告》，这一成果已被直接用于广州亚运场馆的规划与建设中。



广州市亚运村工程断裂构造图

（三）为城市规划与国土资源管理提供科学依据

城市地质调查成果在城市规划、土地利用规划、城镇建设规划及土地资源管理中发挥了重要作用。

1、为城镇规划提供重要支撑

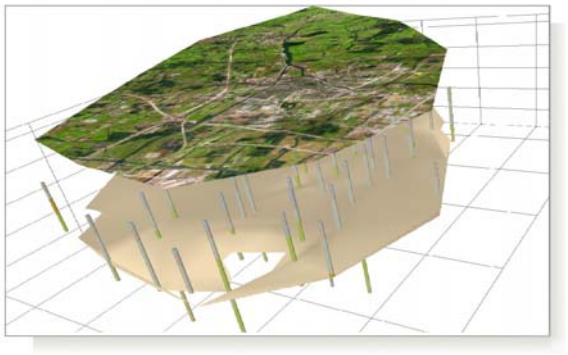
结合城市总体规划要求，对重点新城规划区进行了1:2.5万和1:1万专项地质调查，重点是以工程地质和与工程建设相关的水文地质为主，并结合规划特点，进行了天然地基、建筑桩基工程建设适宜性评价，为规划和建设提供了基础地质依据。成果已广泛应用于上海临港新城、嘉定新城、青浦新城、崇明陈家镇，北京顺义、亦庄新城，南京浦口新城和广州南沙等新城规划区中。



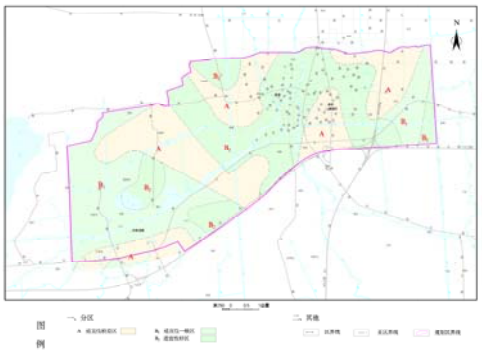
上海临港新城规划区采用天然地基工程建设适宜性分区图



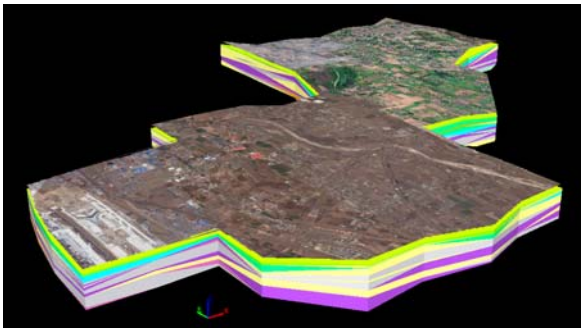
上海临港新城规划区场地液化程度分区图



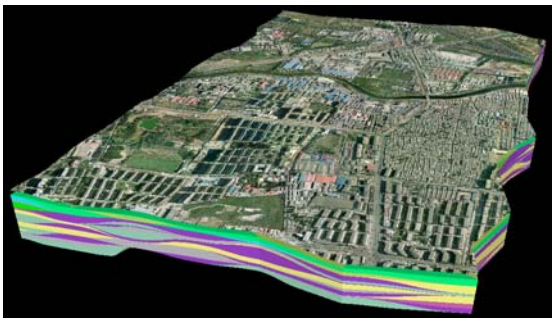
上海青浦新城第第二硬土层三维结构



上海青浦新城天然地基适宜性分区



北京顺义地区三维地质结构

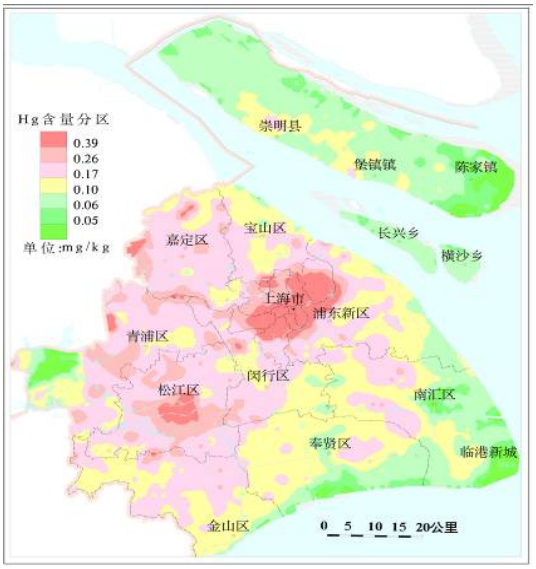


北京亦庄开发区三维地质结构

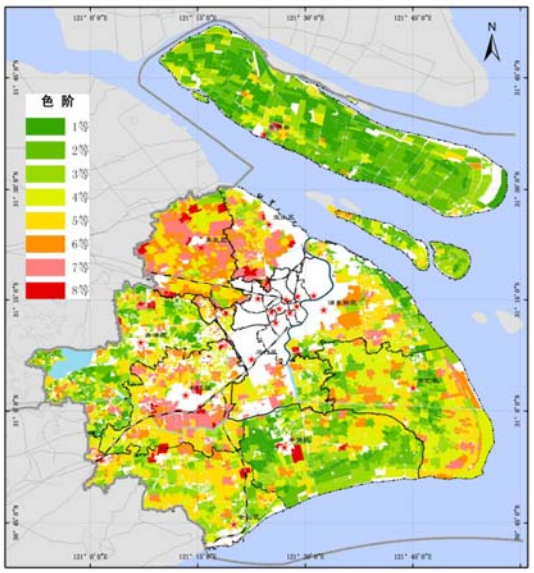
2、服务于土地利用规划

通过系统水土地球化学调查，为土地质量评估、农用地分等定级和土地利用规划及土地资源管理提供了重要基础资料。

（1）上海环境地球化学调查评价成果已应用于基本农田保护、农业规划和生态住宅建设等领域。将土壤环境地球化学指标引入到农用地分等定级和基本农田划定等工作中，并建立了基本农田质量动态监测网。



上海市表层土壤汞地球化学图

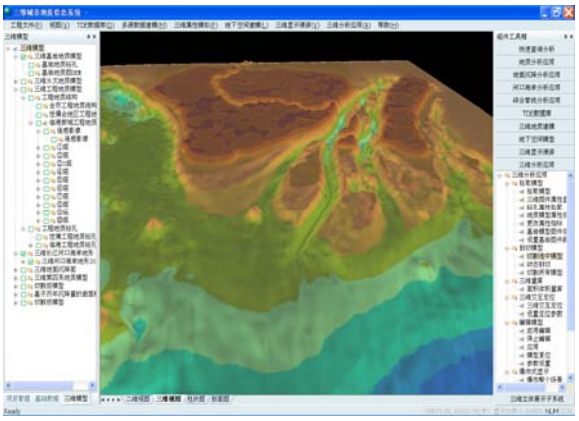


上海土地质量分级图

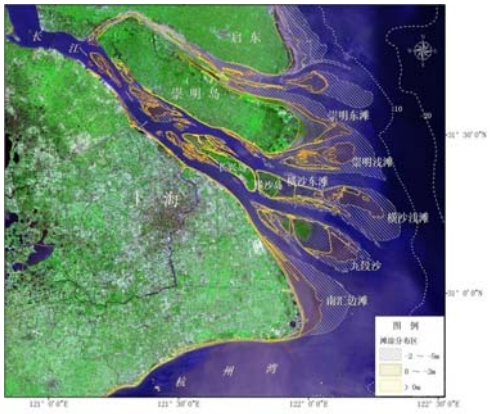
（2）以上海面临的主要环境地质问题为切入点，对《上海市 1999－2020 城市总体规划》的合理性进行了后评估。并从土壤环境容量角度审视，反映四种土地类型规划中存在两个主要问题：① 规划于城市中心区边缘的蔬菜基地对人体健康存在潜在危害风险，建议调整此地的规划；② 规划于宝山区东南部、市中心区黄浦江沿岸局部地段的居住用地，建议进行裸露区土壤的置换；零星绿地应限制人类活动

的强度和频次。

3、基本查明上海市后备土地资源状况。上海土地后备资源主要分布在长江口三岛（包括崇明岛北沿、崇明东滩－浅滩、横沙东滩－浅滩、长兴岛边滩等）、江中（主要包括扁担沙、瑞丰沙、九段沙、江亚南沙等沙洲），长江口南岸（宝山边滩、浦东新区和南汇边滩，杭州湾北岸边滩）地区。

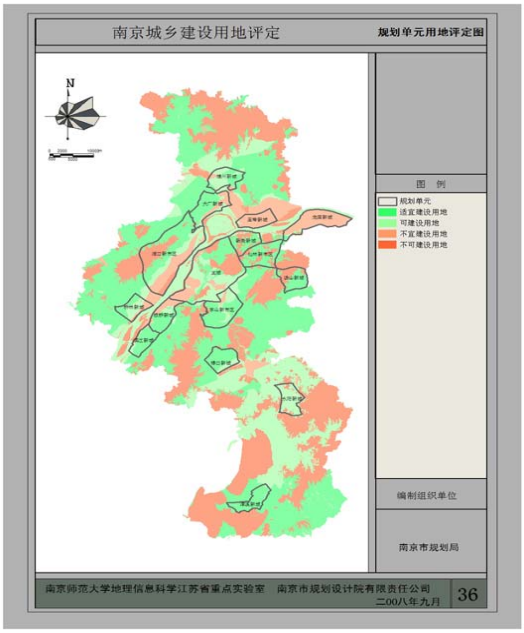


上海河口海岸演化模型



上海市主要滩涂分布图

4、开展了服务于南京城市总体规划的城乡建设用地适宜性评定，为新一轮南京城市总体规划修编的空间布局优化以及建设用地安排提供基本依据。利用评定结果与土地利用现状、土地利用规划进行比较分析，



南京市城乡用地评定

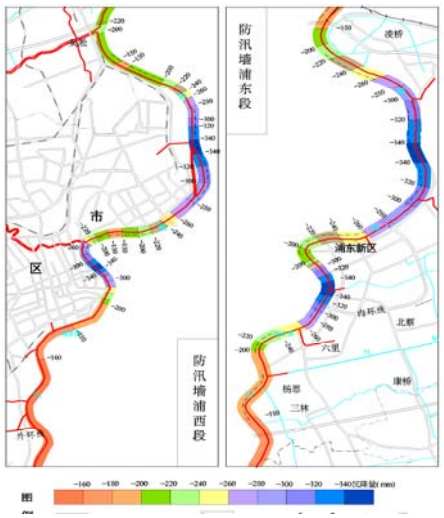
指出了土地利用现状和土地利用规划在建设项目选址和用地功能布局方面存在的问题，并提出了布局优化的意见和建议。

（四）为城市安全运营保驾护航

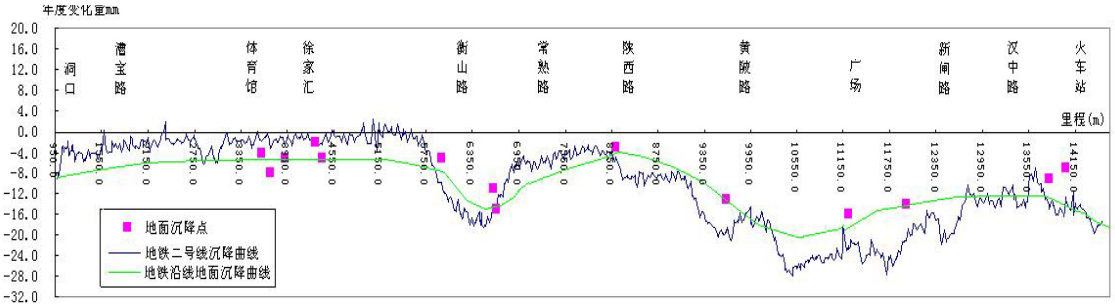
通过系统的地面沉降、地面塌陷等地质灾害的调查与评价为城市安全服务，降低城市安全风险。

1、地面沉降研究成果运用于城市生命线工程安全中

上海在区域性地面沉降调查和监测的基础上，建立了地面沉降监测网络体系，同时对防汛墙、地铁、高架道路等重要生命线工程开展了重点监测工作。在 2006 年 10 月 1 日开始执行的《上海市地面沉降防治管理办法》中，明确要求根据地面沉降监测数据控制地下水开采。



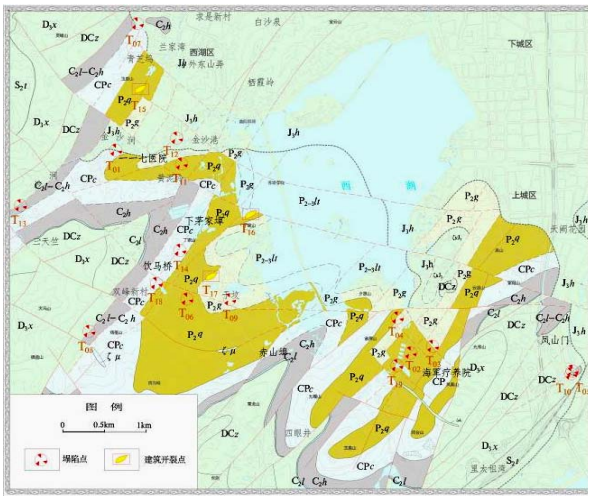
上海地面沉降对防汛墙沉降监测



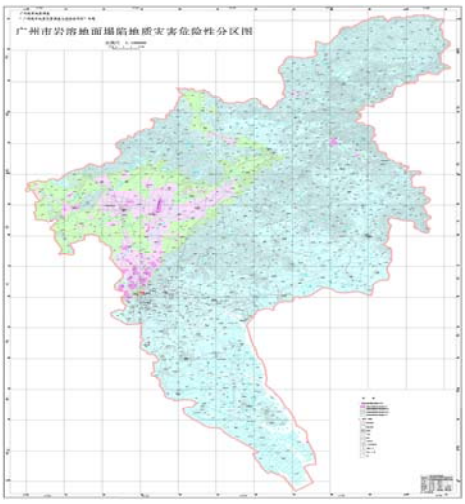
上海地铁二号线地面沉降监测曲线图

2、岩溶调查结果为城市防灾减灾规划提供了基础。

广州依据岩溶调查结果，修编了城市城市防灾减灾规划。杭州通过调查已划分出为 15 个岩溶发育带图 ，查明了地表和隐伏于第四纪地层之下的可溶岩的分布和特征、岩溶发育程度，进行了易发性分区与危险性评价，其成果已应用于编制地质灾害防治区划与制定防治措施。



杭州西湖地区岩溶塌陷分布



广州市岩溶地面塌陷危险性分区

3、环境地球化学调查评价结果为环境治理提供依据。

杭州市半山工业区水体—土壤—大气—生物系统的环境污染程度及其周边粮食作物与蔬菜大面积氟和重金属元素含量超标情况的调查评价结果，为市政府开展半山工业区环境治理提供了重要的基础数据与科学依据。

（五）首次系统开展了城市地下空间适宜性评价

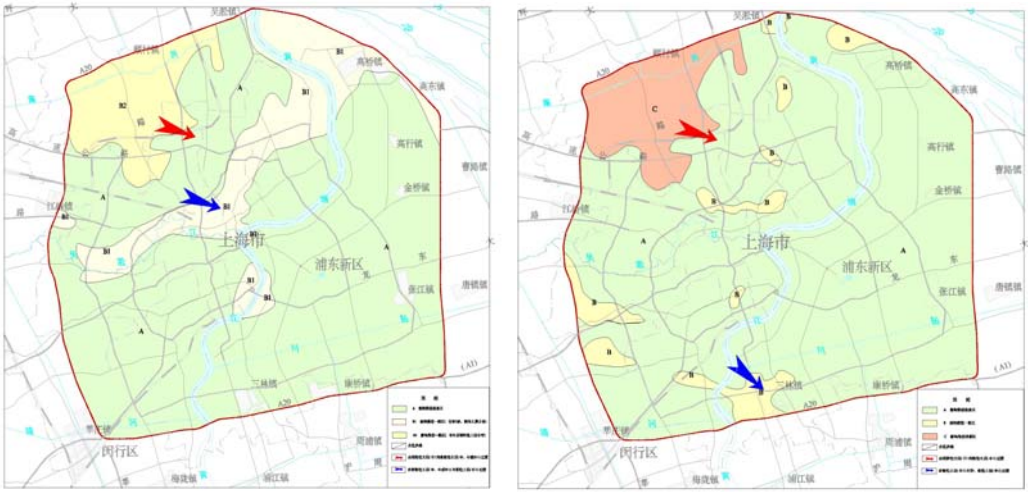
在三维地质结构调查基础上，结合地质灾害和不良地质

体的危害性评价，系统开展了城市地下空间开发适宜性评价。为城市向深部空间发展提供了重要基础资料。

围绕上海地下空间开发中所面临的典型地质问题和影响地下空间开发的水、土特性及其衍生的地质问题对地下空间规划、开发的不利影响进行系统的分析了和评价。根据影响地下空间开发的地质结构特征及可能产生的地质问题，分别针对基坑开挖和盾构掘进两种施工工艺进行了适宜性分区评价。

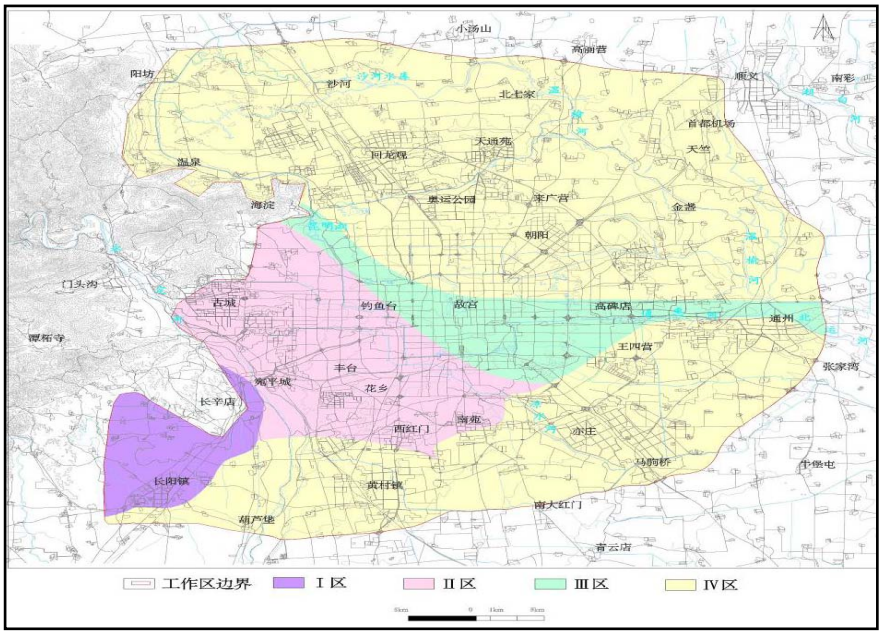


上海中心城区 20 米基坑软土变形、30 米基坑考虑流砂问题题适宜性分区



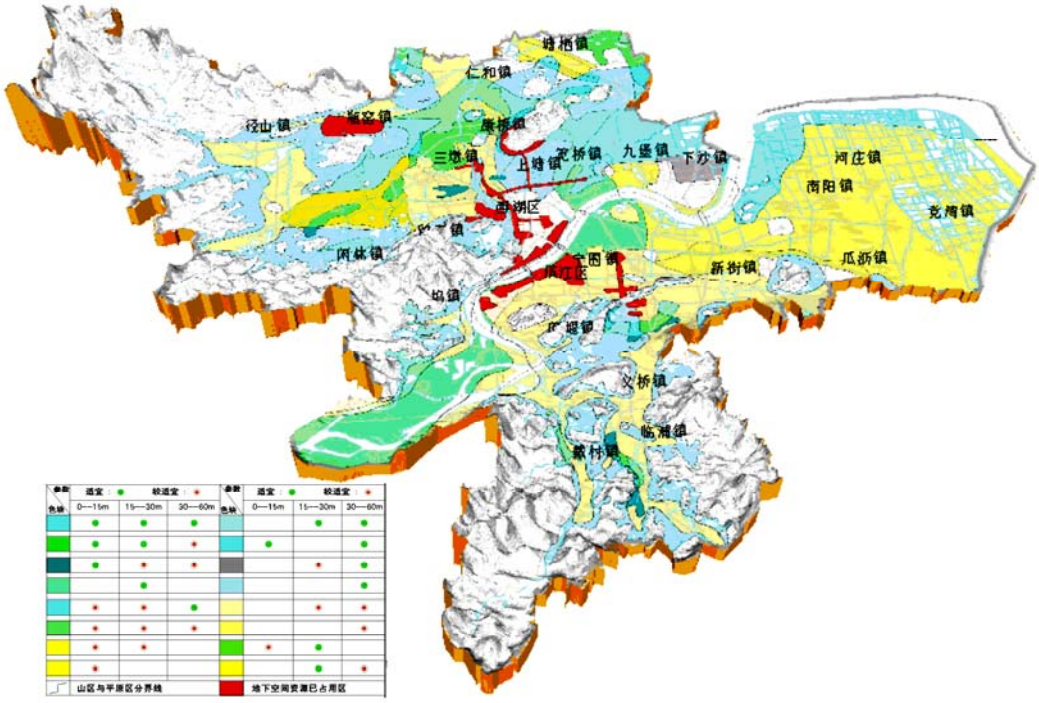
上海中心城区 20-25 米、10-20 米隧道盾构考虑掘进面土层变化情况推进适宜性分区

结合《北京城市总体规划(2004—2020 年)》进行六环以内地下空间的开发利用适宜性评价。在分析区域稳定性、岩土体稳定性、地下水、不良地质作用等影响北京地下空间开发利用的工程地质问题的基础上,把平原区六环以内地下空间工程地质环境适宜性分为四个区。



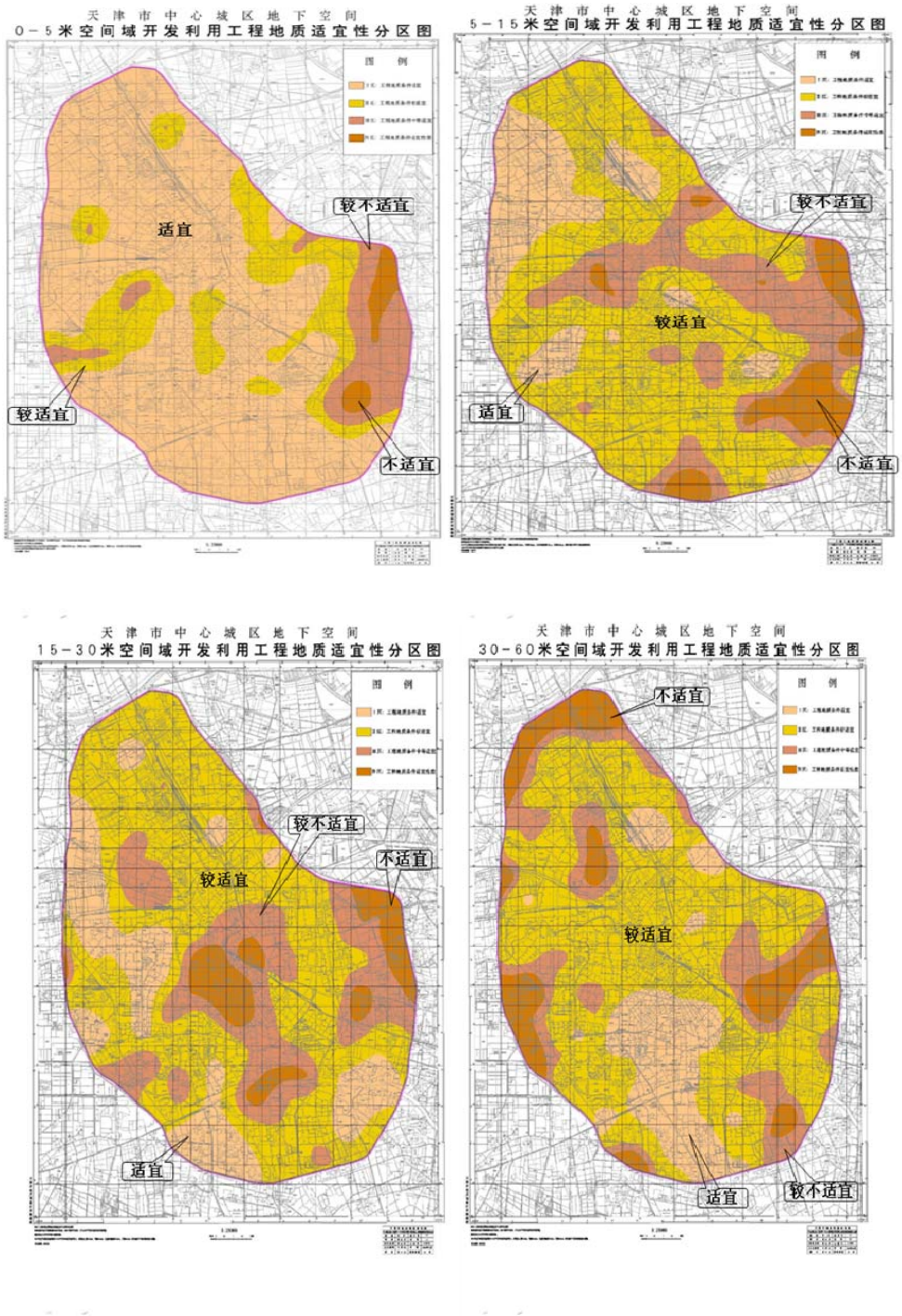
平原区六环以内地下空间适宜性分区图

杭州市以《城市规划工程地质勘察》规范为标准，对地下空间开发的场地进行适宜性分类，将地下空间开发利用划分为适宜区、较适宜区、较差区和不适宜区 4 个区。



杭州平原区地下空间开发利用适宜性综合分区（0-60m）

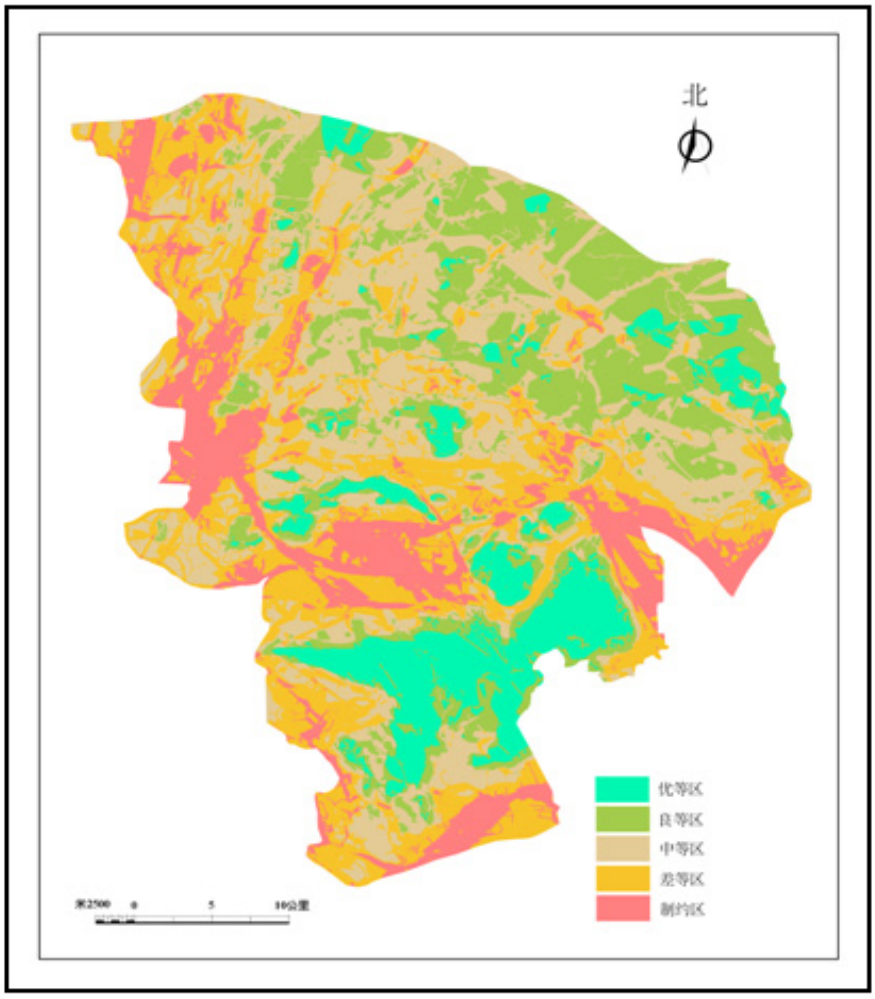
在基本查明天津市中心城区工程建设层的水文地质、工程地质、环境地质等条件的基础上，分析了区域性活动断裂、软土、液化土层对地下空间开发利用的影响。首次对中心城区 60m 以浅的四个地下空间域进行开发利用工程地质适宜性评价和综合评价。对地下空间开发利用可能出现地质问题进行了综合分析，提出了防治对策及建议。成果已应用于《天津市地下空间综合利用规划》修订中。



天津市中心城区地下空间开发利用工程地质适宜性分区图

根据广州市地下空间资源的开发利用现状及趋势，按照浅层（0～15 米）、中层（15～30 米）、深层（大于 30 米）三个空间域，对广州市中心城区（老八区）—番禺区开展了地下空间资源质量分区评价。将中心城区—番禺区地下空间

浅层、中层和深层三个空间域各自划分为地下空间开发利用适宜性优区、良区、中等区、差区、很差区等五个质量区。

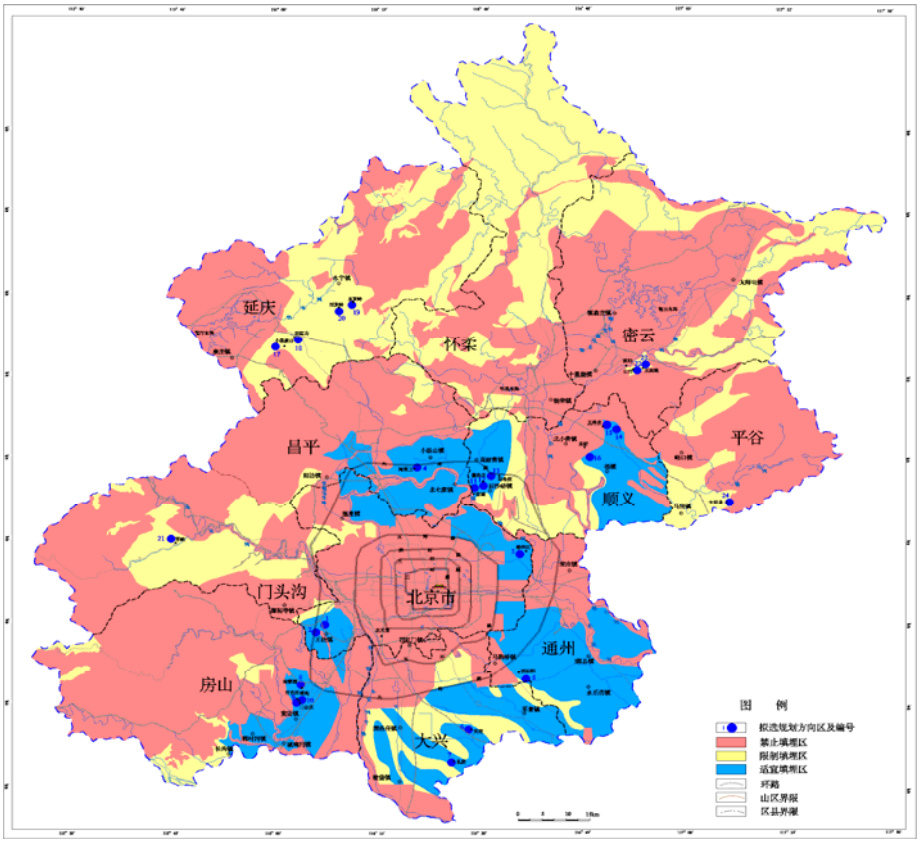


广州中心城区—番禺区浅层地下空间资源质量综合评价图

（六）系统开展城市垃圾污染和选址调查

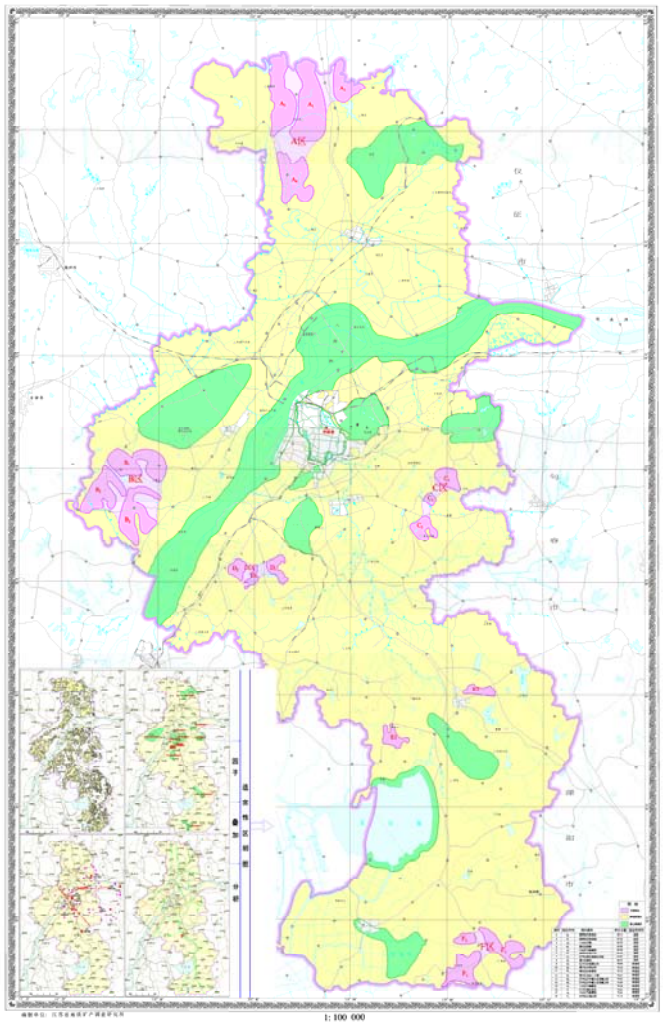
垃圾不合理堆放和填埋造成地下水和土壤污染等环境地质问题已严重制约了城市的可持续发展，北京、南京、杭州和广州等城市开展了城市垃圾现状与选址调查评价。调查成果对制定城市发展规划具有重要实际意义，也是城市进行规划设计的重要基础资料。

北京市依据相关法律、法规，结合北京城市总体规划，在野外调查的基础上，根据环境水文地质条件，采用层次分析法开展城市生活垃圾选址场地适宜性分区评价，划分出禁止填埋区、限制填埋区和适宜填埋区三类。



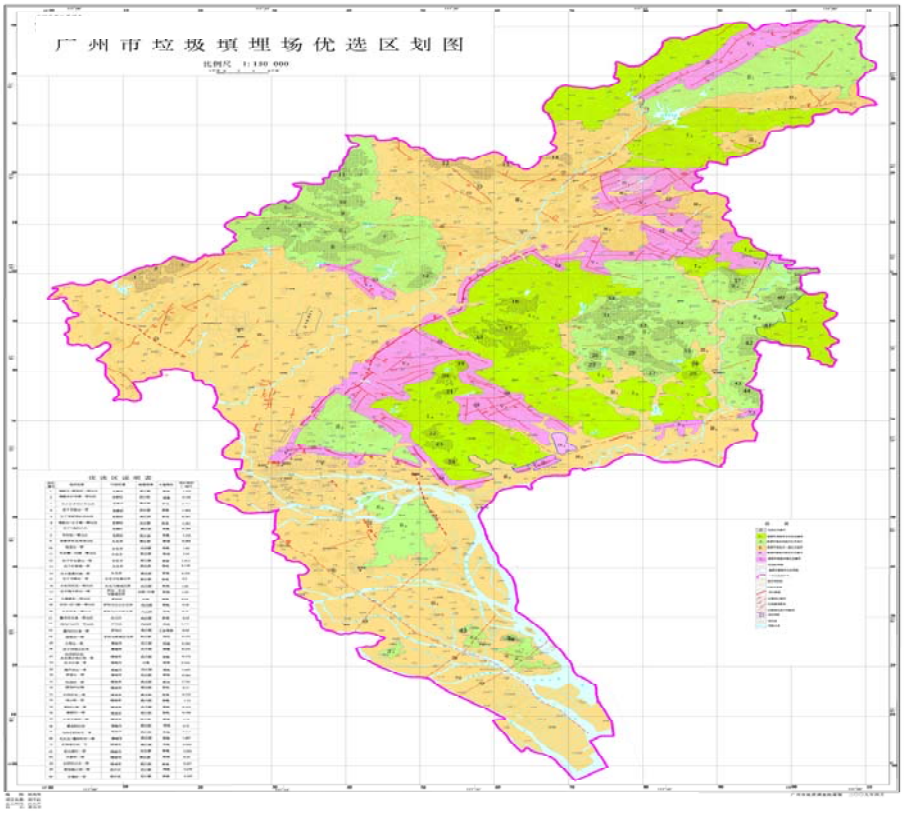
北京平原区垃圾场地适宜性地质区划图

在南京市规划方向区域内划分出 8 处适宜填埋区和 10 处较适宜填埋区，并向南京市有关部门作了推荐。



南京市垃圾填埋场规划分区

广州市在查明垃圾处理场与堆放场(点)分布的基础上，开展了广州市垃圾处置场选址的优选区划。以地形地貌、断裂构造、岩土体特征、水文地质为主导因素，兼顾地下水水化学类型等因素，将广州市划分为地质环境良好区、地质环境较好区、地质环境一般区、地质环境较差区、地质环境差区等 5 类地质环境区和 36 个亚区。在此基础上结合广州城市建设布局，推荐作垃圾填埋场址选用的适宜点 1 个、基本适宜点 5 个。

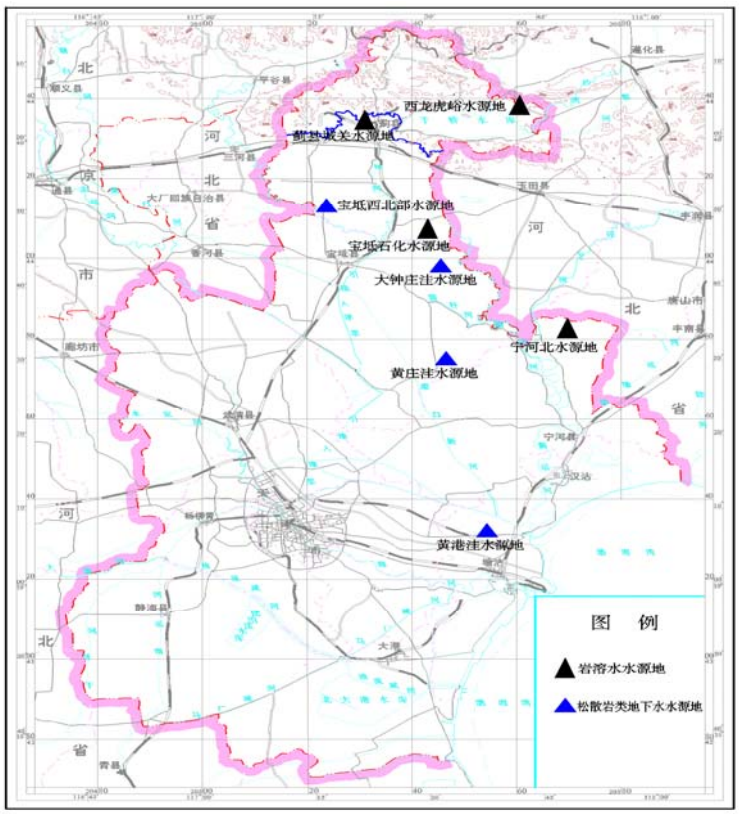


广州市垃圾填埋场优选区划图

（七）提供了城市应急水源保障

地下水资源、地下水环境调查等方面成果对提高城市供水保证程度、实现地下水的可持续利用具有重要意义，也为城市进行应急水源地建设、水资源发展规划提供了重要保障。

天津市在前人资料和三维水文地质结构的基础上，通过分析评价，确定了 8 个应急水源地。



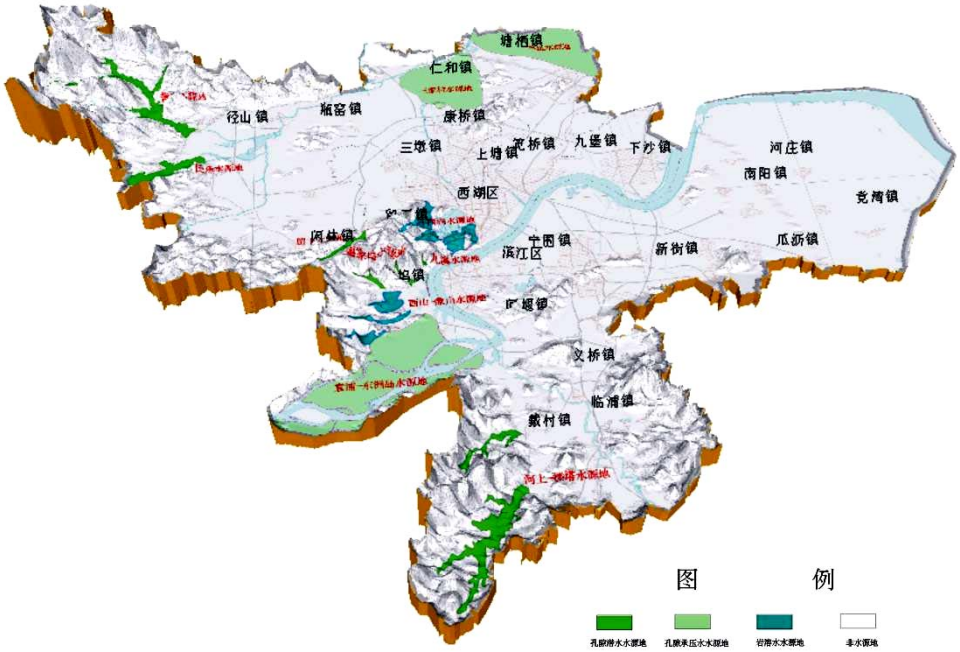
天津市城市应急供水水源地分布图

上海市基本确定建设 14 个地下水应急水源地。



上海市地下水应急水源地规划分布图

杭州市确定了 13 个应急水源地。



杭州市地下水应急水源地分布图

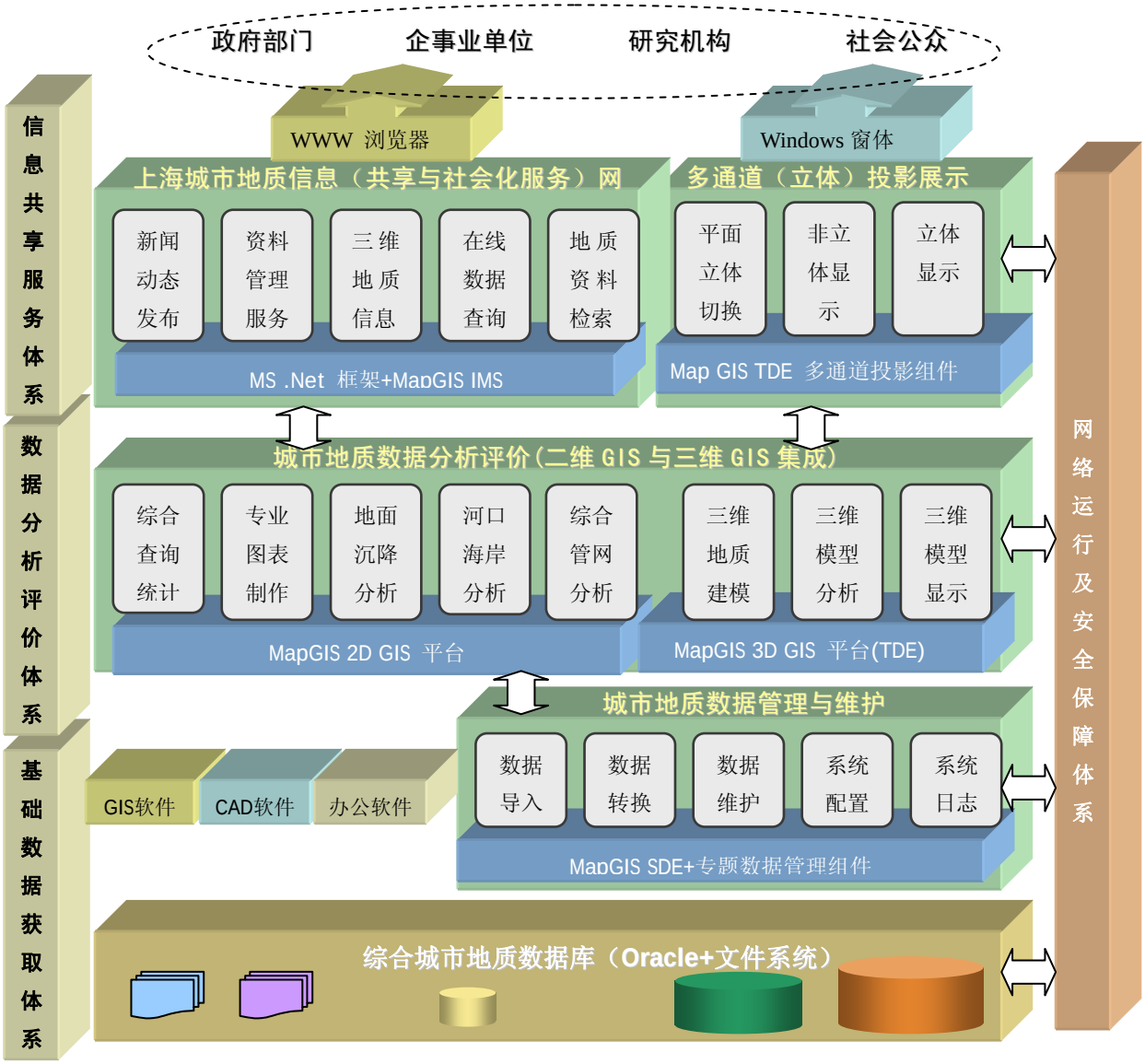
广州开展了江村和帽峰山地区应急水源地调查与评价，基本查明了地下水埋藏条件、含水系统特征，评价了资源的可利用性和资源潜力。

（八）实现了城市地质信息集群化管理

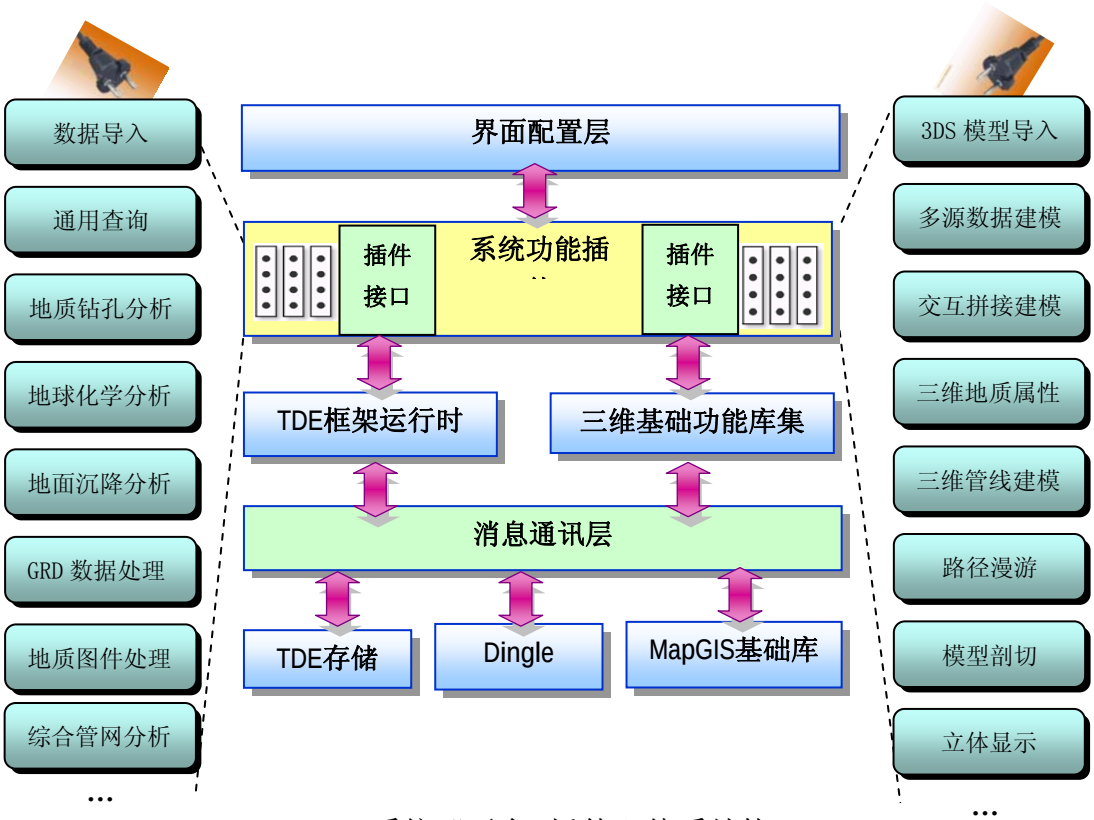
系统集成了城市历史以来形成的各类地质资料，构建了全球首创的三维可视化城市地质信息管理与服务系统，实现了城市地质信息集群化管理。构建了面向专业研究的城市地质基础科学研究平台，面向政府部门的城市地质信息决策平台和面向公众的城市地质信息服务发布平台。

上海城市地质数据中心按统一规范，汇集了上海 50 年的

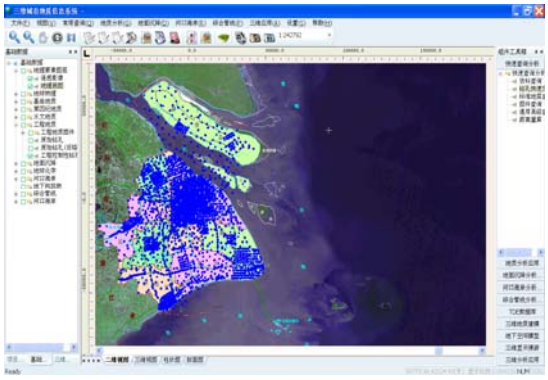
地质成果，利用了 30 万个各类地质钻孔，1266 万条地质环境(地面沉降、地下水、河口海岸)监测数据。建立了三维可视化管理平台，极大地促进城市地质空间、地下构筑物空间综合一体化和三维定量化的研究与管理，有利于合理、有效地进行各种预测与评价，减少实际应用中的盲目性，降低风险，对生产及环境分析发挥指导和决策作用，具有重大的经济与社会效益。



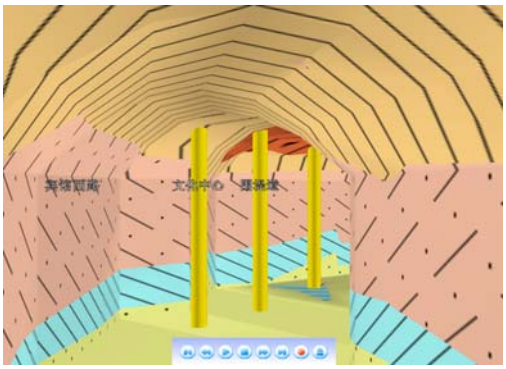
系统软件体系结构



C/S 系统“平台+插件”体系结构



上海城市地质调查信息管理系统



地铁隧道在地层中穿越模拟



上海城市地质信息网

（九）提出了城市可持续发展的对策与建议

1、北京市提出了保护地下水环境，保障城乡居民饮水安全建议；提出了活动断裂灾害预防对策、地面沉降防治对策、地裂缝灾害预防对策和砂土液化防治对策；提出了水资环境保护对策、土壤环境保护对策、城市垃圾污染防治对策。

2、上海市提出了地面沉降对城市安全影响的宏观对策措施；边坡失稳、地基变形、砂土液化、岸带冲淤和浅层天然气等地质灾害防治对策与建议；地下空间规划开发地质环境问题防治对策与建议；水土污染防治、治理与生活垃圾场选址对策与建议。

3、杭州市对影响城市规划建设的工程地质问题提出了对策与建议；提出了城市主要功能区地质环境保护的对策建

议；提出了土地资源优化利用、水资源保护与利用、地下空间资源利用和地质遗迹资源保护开发建议。

4、天津市提出了地下水资源开发利用和保护对策、南水北调实施后地下水开采调整方案;提出了土地利用规划建议、地热资源可持续开发利用对策和地面沉降防治措施。

（十）建立了城市地质方法技术体系

通过试点调查建立了立体地质调查、综合研究与评价、数据库与信息系统建设、成果表达与应用等技术方法体系；编制了《城市地质调查工作指南》、《城市地质调查遥感方法指南》、《城市地质调查环境地球化学调查与评价》、《城市地质调查物探方法指南》、《城市地质调查钻探工作细则》、《城市地质数据库与信息系统建设指南》，为我国全面开展城市地质调查奠定了基础、提供了示范。