

国土资源大调查
区域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	1
二、填补和更新了国家基础地质图件.....	2
1. 工作程度显著提高	2
2. 更新了一批区域性地质图	4
3. 初步建立国家区域地质数据更新体系	10
三、为地质找矿提供了有力支撑和引领	11
1. 新发现一批矿点和找矿线索	11
2. 基本查明重要成矿带成矿地质背景	15
3. 圈定一批重要找矿远景区	19
四、为国家重大建设提供了重要基础保障	22
1. 国家重大工程建设的先行	22
2. 城市可持续发展的保障	24
3. 国土规划的基础	27
五、国土认知水平显著提高.....	28
1. 青藏高原地质调查研究取得重大突破	28
2. 重要生物群调查研究取得重要进展	31
3. “金钉子”剖面调查研究居世界前列	35
4. 蛇绿岩带和高压变质带调查取得重要发现	37
5. 前寒武纪构造事件研究取得突破性进展	43
6. 中国东部中生代火山岩研究取得新认识	47
7. 第四纪调查与研究取得新进展	48
六、方法技术得到跨越式发展.....	51
1. 填图理论方法不断创新	51
2. 技术标准进一步完善	53
3. 数字填图技术居世界领先水平	53

一、概况

区域地质调查（简称区调）是一项查明国土基本地质情况，获取基础地质数据的超前性、公益性、基础性工作。为人类认识地球、利用地球资源、保护地球环境提供地学信息，为经济建设和社会可持续发展提供地质基础保障。

1999 年国家设立国土资源大调查专项，下设“一项计划，四项工程”。区域地质调查是“基础调查计划”中的一项重要内容，围绕填补和更新一批基础地质图件、建立国家基础地质数据采集与更新机制，解决资源、环境、重大工程建设和地球科学发展重大地质问题，为国民经济建设及社会发展提供基础地质数据为重要任务，重点开展了①青藏高原和大兴安岭空白区 1:25 万区调；②重要地区的 1:25 万区调修测；③重点成矿区带、重要经济区、重大地质问题区和重大工程建设区 1:5 万区调；④重要成矿带成矿地质背景研究与系列图件编制；⑤六大区基础地质成果集成、系列图件编制和数据库建设；⑥城市地质调查试点；⑦全国区域地质志修编；⑧全国地质遗迹调查试点等工作。

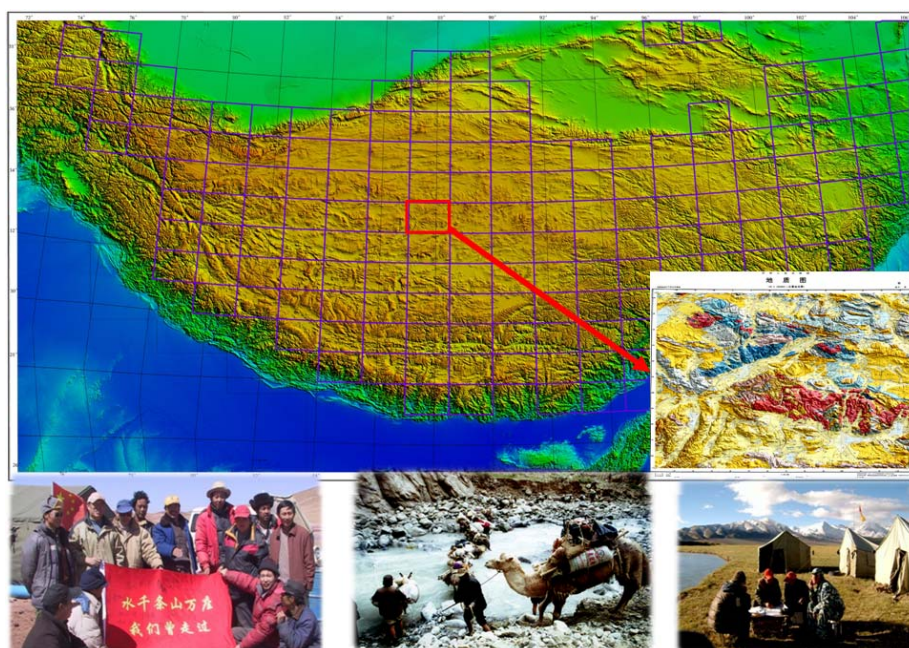
历时 12 年，累计投入 15 亿元，实现了我国陆域中比例尺区调全覆盖，成矿带大比例尺区调工作程度明显提高，更新了一批区域性基础地质图件，为地质找矿、国土规划和国家重大工程建设提供了有力的基础支撑，国土地质认知水平显著提高，初步建立了国家基础地质数据更新体系，区调的基础性与先行作用充分显现。

二、填补和更新了国家基础地质图件

大调查以来，共完成 1:25 万区调 494 万平方千米、1:5 万区调 30 万平方千米。提交了 1040 幅国际分幅区域地质图(其中 1:25 万区调 365 幅，1:5 万区调 675 幅)，获得了重要的国家基础地质数据和原创性发现，为国土规划、资源勘查、地质灾害调查与防治、重大工程建设提供了有力支撑。

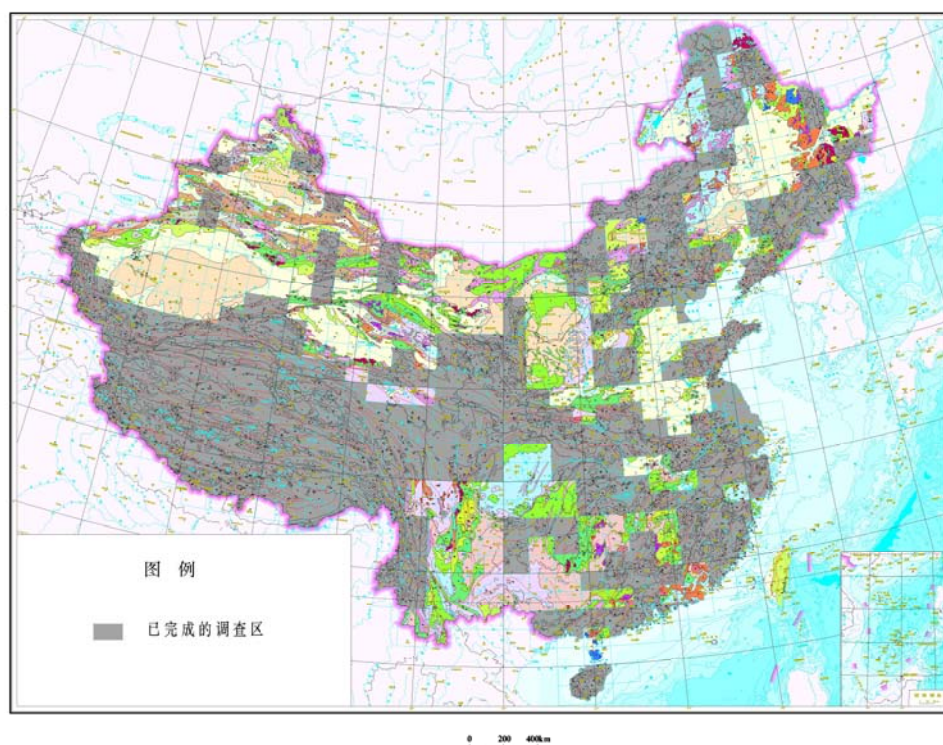
1. 工作程度显著提高

填补了青藏高原和大兴安岭中比例尺区调空白。从 1999 年到 2005 年，调集了 24 个来自全国省(自治区)地质调查院、研究所、大专院校等单位精干的区调队伍，每年近千人奋战在世界屋脊，徒步进行了大规模拉网式的区调，完成了青藏高原空白区 152 万平方公里(110 个幅)的 1:25 万区调工作，也宣告了我国陆域中比例尺区调的全面覆盖，在中国地质工作历史上树立了新的丰碑。



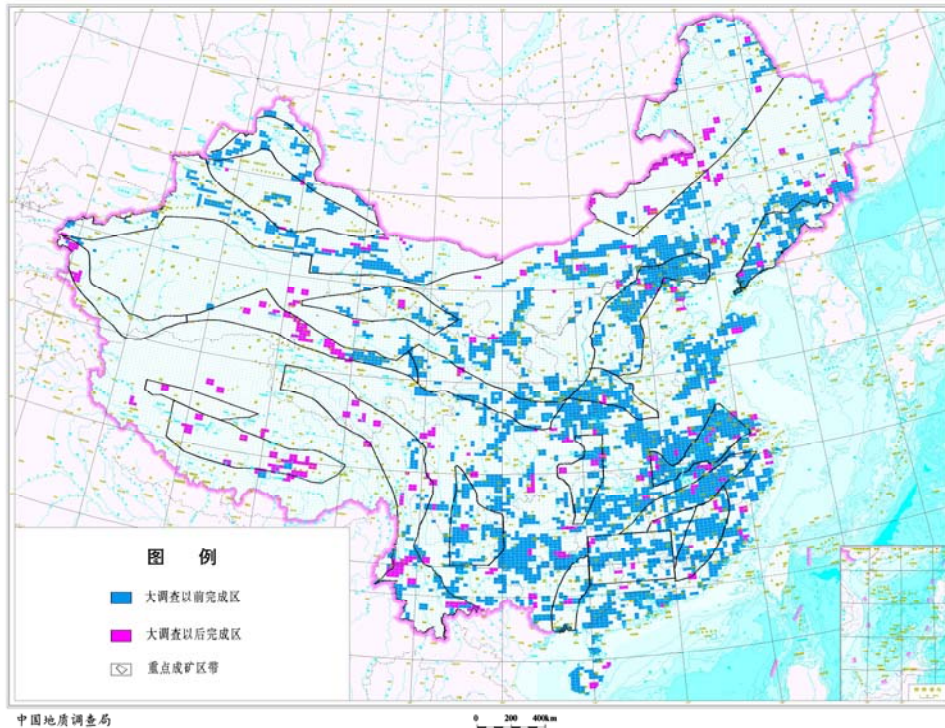
填补了青藏高原 1:25 万区域地质调查空白

更新了陆域国土一半面积的中比例尺地质图件。针对上世纪70年代前完成的1:20万区调，围绕重要成矿带、重大地质问题区开展了1:25万区调修测，完成面积333万平方千米(240个图幅)。1:25万区调(含实测和修测)共完成494万平方千米，占陆域国土面积的52%。



全国1:25万区域地质调查工作程度图

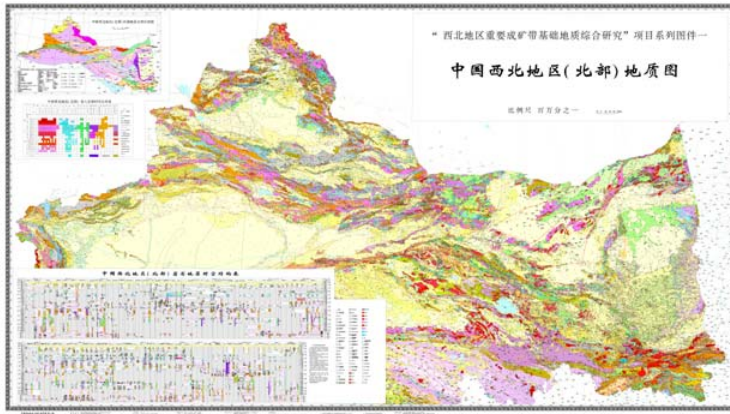
加强了重要成矿带1:5万区调。2006年以来，以重点成矿带为重点，兼顾重要经济区、重大工程建设区和重大地质问题区，开展了1:5万区调，完成面积30万平方千米，其中成矿带完成24万平方千米。全国累计完成213万平方千米，占全国陆域国土面积的22%。



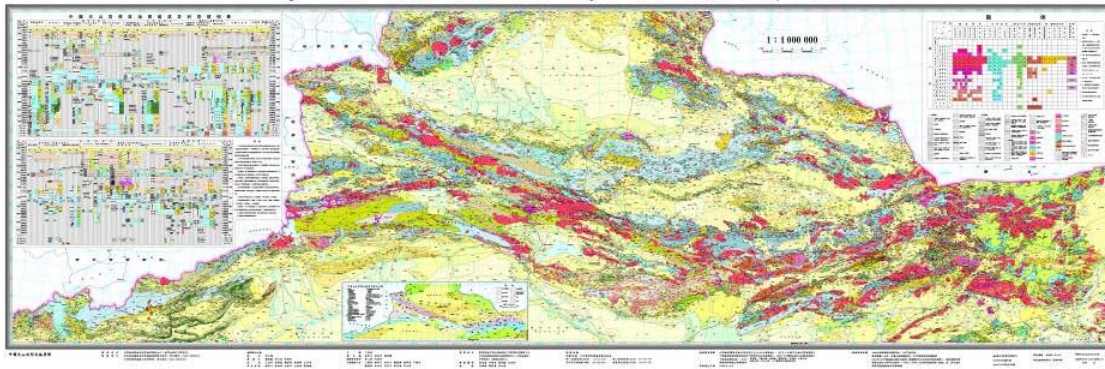
全国 1:5 万区域地质调查工作程度图

2. 更新了一批区域性地质图

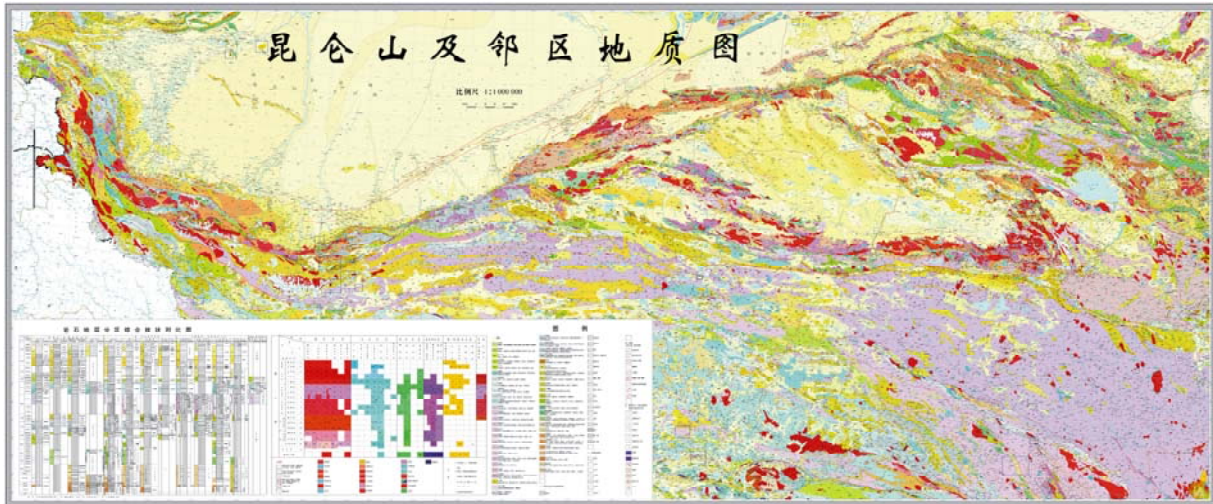
编制了六大区地质图。在区调基础上，组织开展了大区的基础地质调查成果集成和综合研究，编制了华北、东北、华东、中南、西南、西北六大区地质图，建立了区调成果数据库。编制出版了《中国西北部地质概论》、《昆仑山及邻区地质》、中国天山及邻区地质图及说明书，编制了昆仑及邻区地质图、东北地区地质图、东南沿海中生代火山岩地质图、中南地区地质构造图、中南地区岩浆岩地质图等图件，为区域经济社会发展和地质调查工作提供了基础图件。



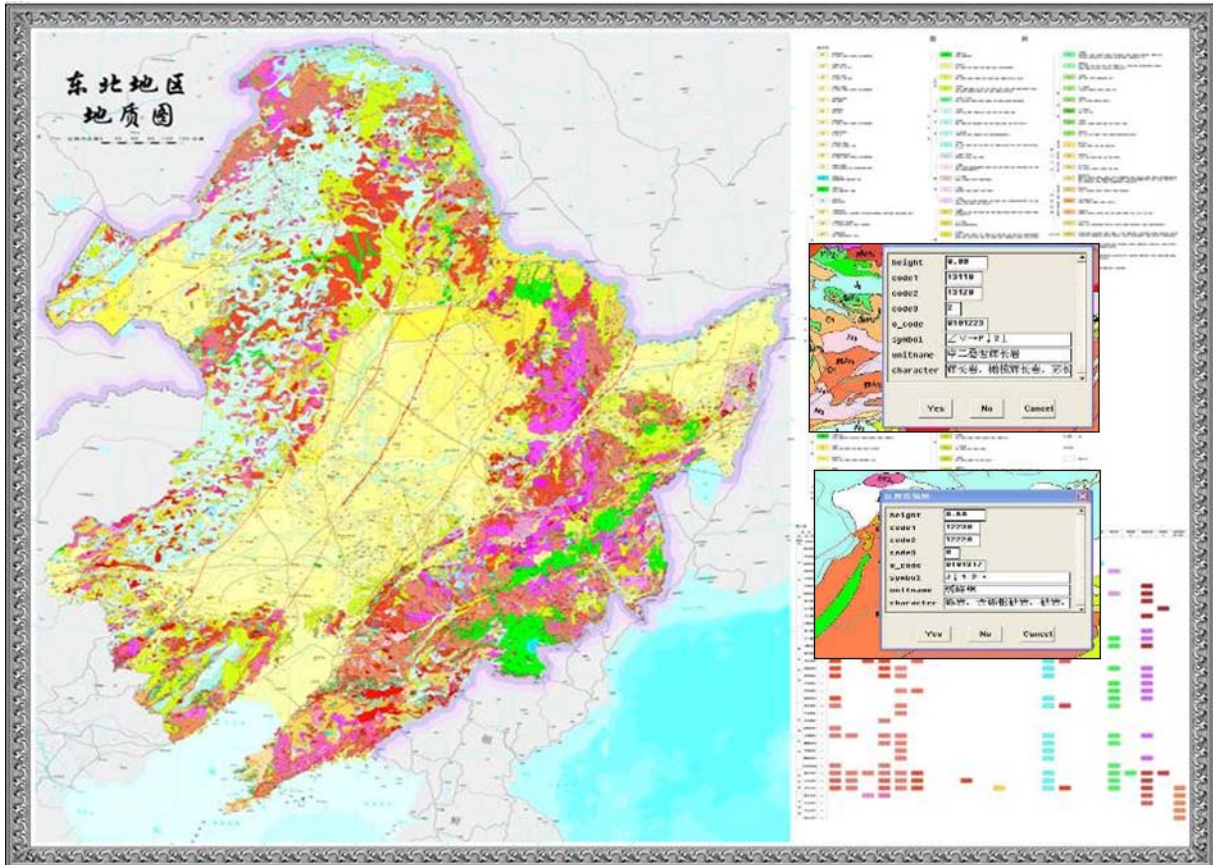
中国天山及邻区地质图



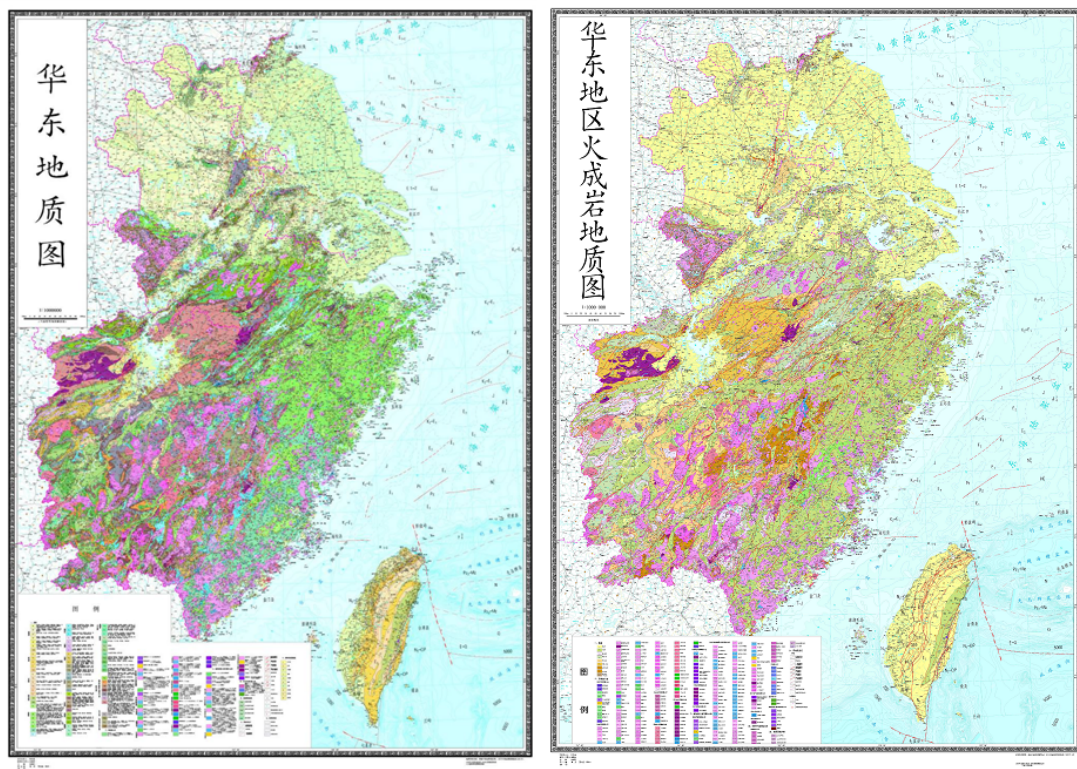
中国西北地区区域地质系列图件与专著



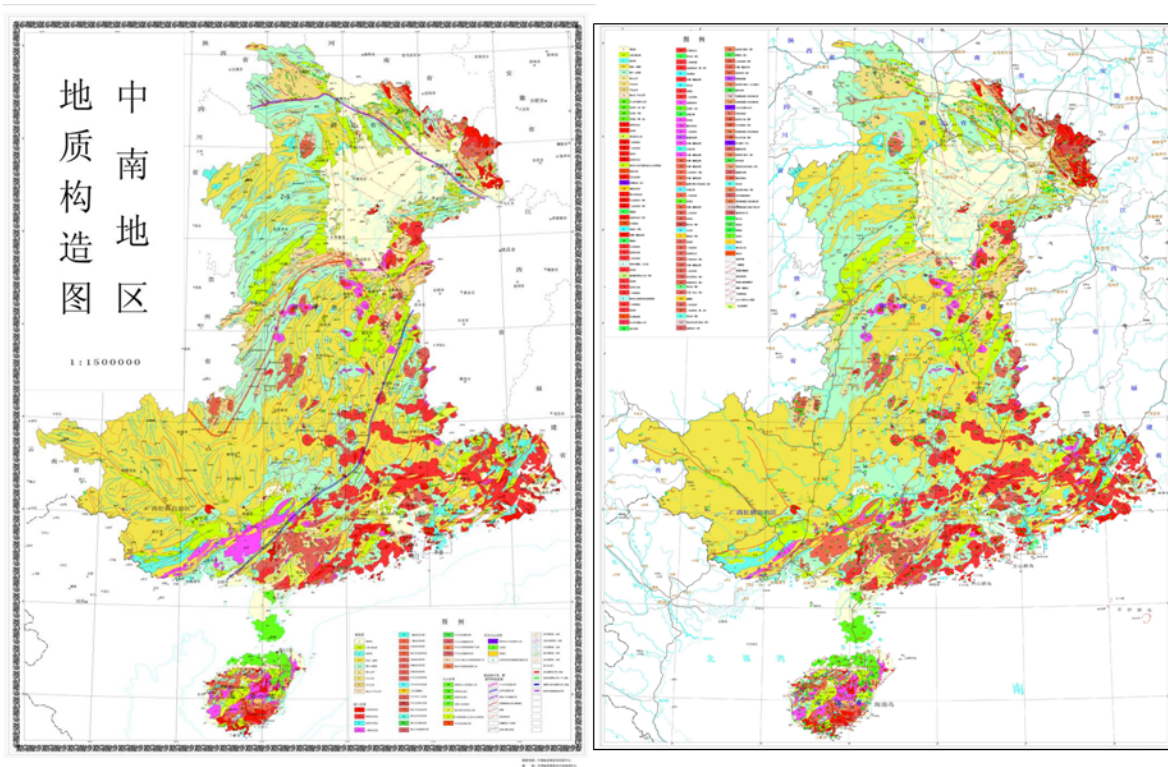
昆仑山及邻区地质图



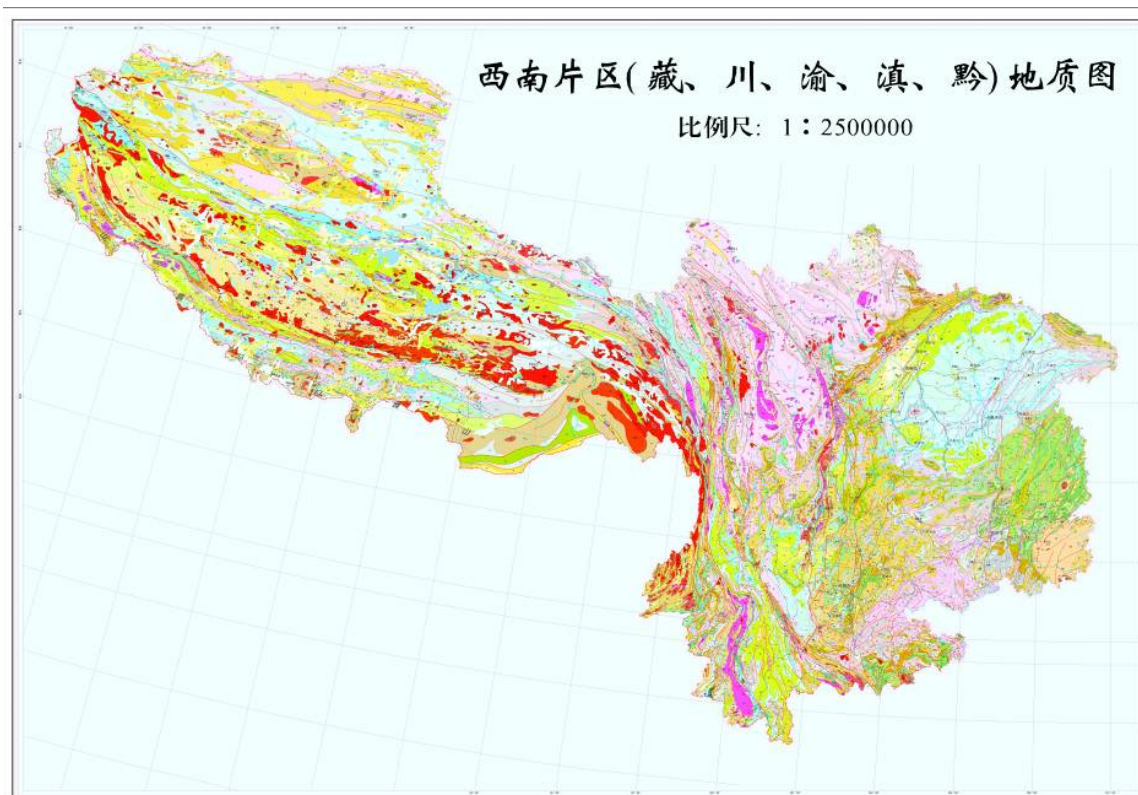
东北地区区域地质图



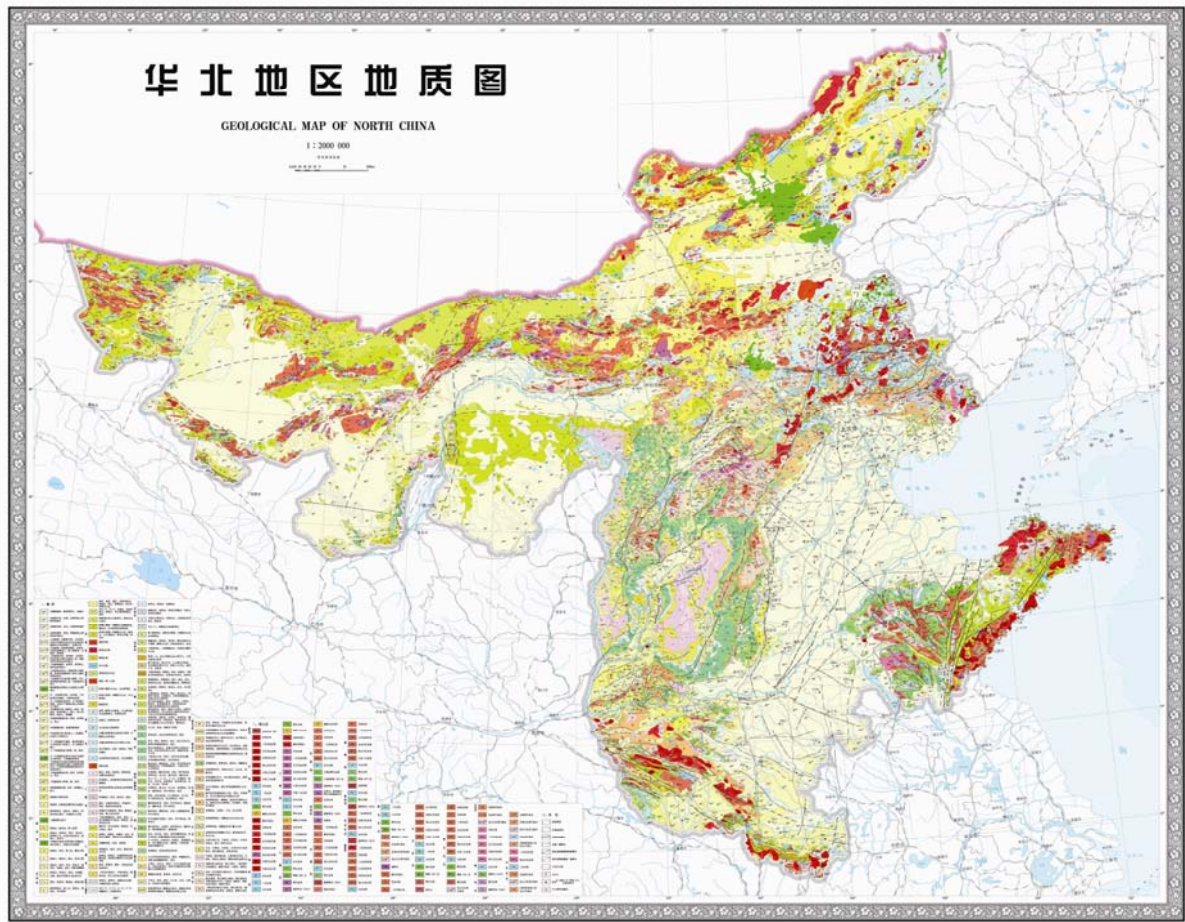
华东地区区域地质系列图件



中南地区地质构造图（左图）与中南地区岩浆岩地质图（右图）

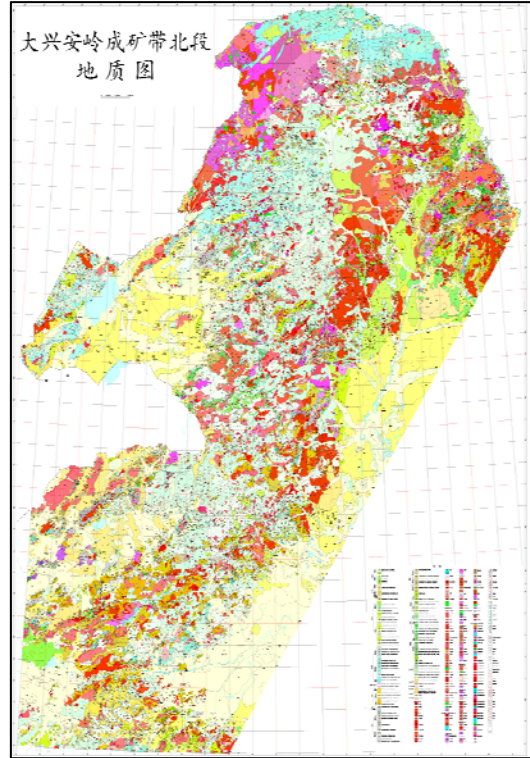
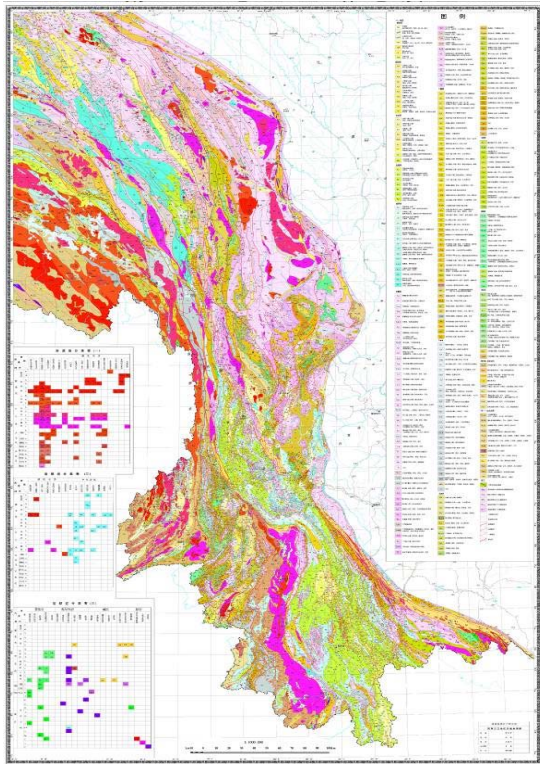


西南地区（藏川渝滇黔）地质图

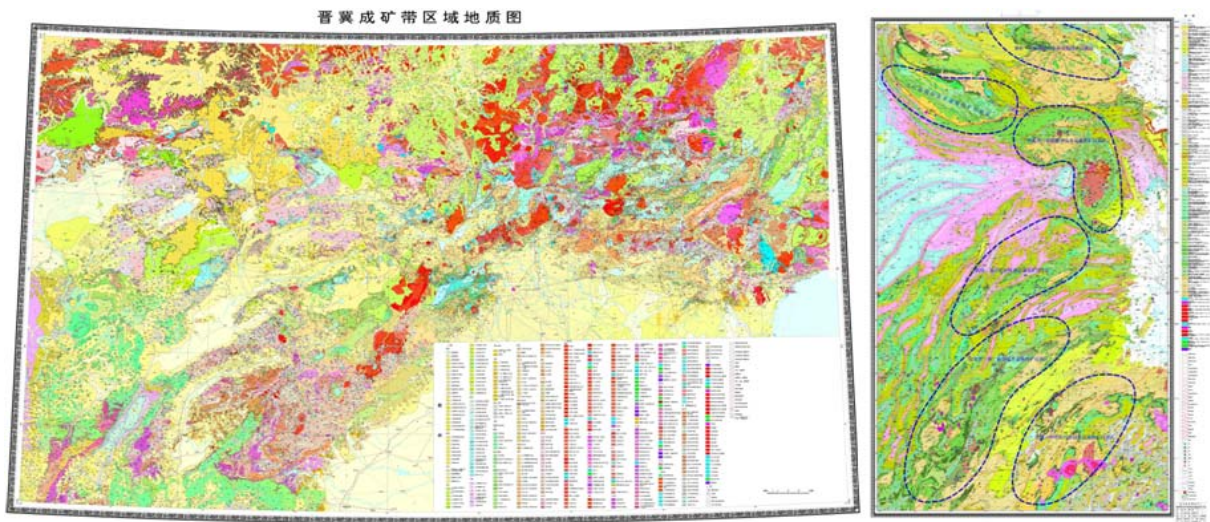


华北地区地质图

编制了成矿带系列地质图件。服务于地质找矿，开展了16个重要成矿带成矿地质背景综合研究，编制了东天山-北山、祁连、西南三江、大兴安岭、川滇黔、辽东-吉南、晋冀、武夷山、南岭、湘西鄂西等重要成矿带地质图，为地质矿产勘查评价提供了基础图件。



西南三江成矿带地质图（左图）与大兴安岭成矿带（北段）地质图（右图）

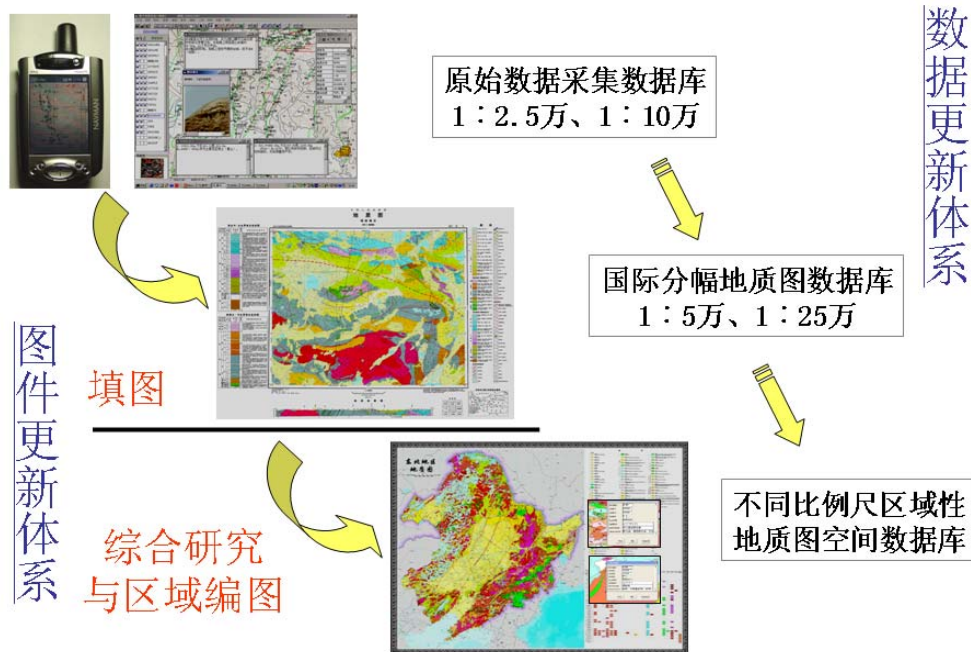


晋冀成矿带地质图（左图）与湘西鄂西成矿带地质图（右图）

3. 初步建立国家区域地质数据更新体系

通过野外数据采集，形成了国际分幅 1:2.5 万、1:10 万原始地质资料数据库，建立了 1:5 万、1:25 万区域地质图成果数据库和不同层次的区域性地质图空间数据库。构建了国家基础地质数据采集与更新体系。

通过区调填图和综合研究工作，建立了野外填图、不同层次综合编图和数据库建设的地质图文更新体系。



——新增1040幅地质图和数据库成果（1：25万365幅，1：5万675幅）

区域地质调查数据更新体系

三、为地质找矿提供了有力支撑和引领

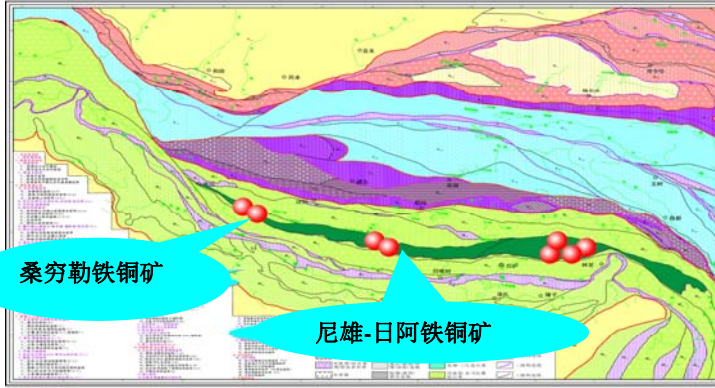
区调发现了一大批重要的矿点和矿化线索，圈定了一批重要的找矿远景区，解决了众多制约找矿突破的关键地质问题，查明了成矿带成矿地质背景，有力地支撑和引导了地质找矿工作。

1. 新发现一批矿点和找矿线索

通过填图新发现 1280 余处矿（化）点和矿化线索，有 80 余处转入后续矿产勘查。班公湖-怒江西段铁铜矿、冈底斯西段铁矿、西昆仑铁铜矿、东昆仑-阿尔金钒钛铁铜矿、二连-东乌旗铜铁矿、大兴安岭中段铜金矿、辽东-吉南金钼矿、南岭钨矿、福建宁德-闽清铅锌钼矿和大水坑萤石矿等有重要找矿发现。其中：尼雄特大型富磁铁矿，铁资源量达数亿吨。新疆新源林场金矿、新疆塔什库尔干铁矿、库木库里湖砂砾岩型铜矿、大九坝斑岩型铜矿、阿尔金长沙沟钒钛磁铁矿、黑龙江黑河三道弯金矿、湖南临湘西冲钨矿、湖南城步平滩钨矿、福建顺昌南舟萤石矿等具大中型以上规模。

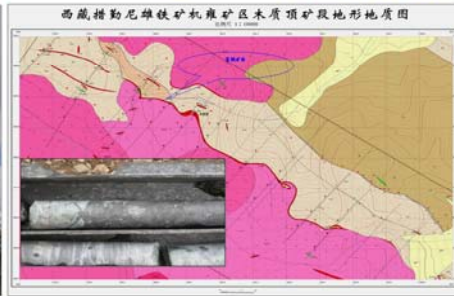
通过国家公益性区调工作，为矿产资源远景调查提供了靶区，带动了新疆、内蒙古、黑龙江、青海、湖南、云南等省（区）矿产调查评价工作，拉动了商业性地质找矿工作。

青藏高原及邻区构造单元划分图

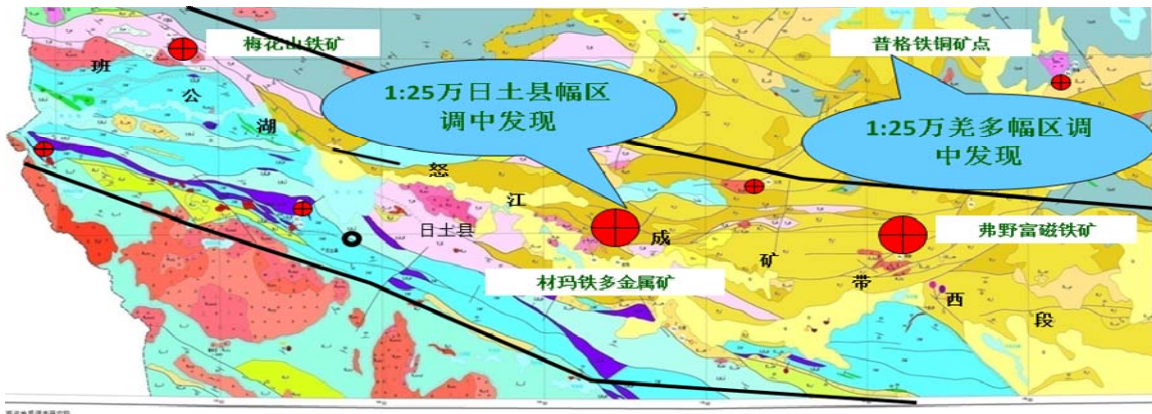


桑穷勒铁铜矿

尼雄-日阿铁铜矿



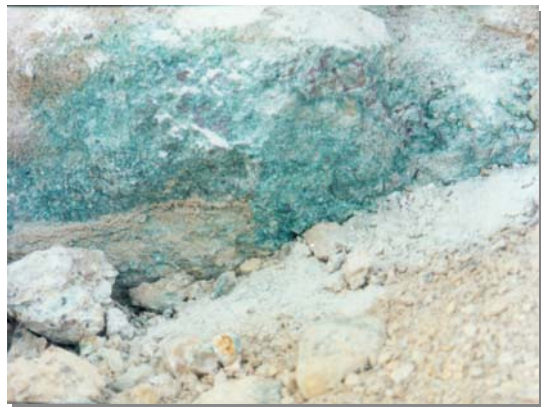
冈底斯发现巨型铁铜矿（带），具十亿吨规模，其中尼雄富磁铁矿远景资源量达 4 亿吨



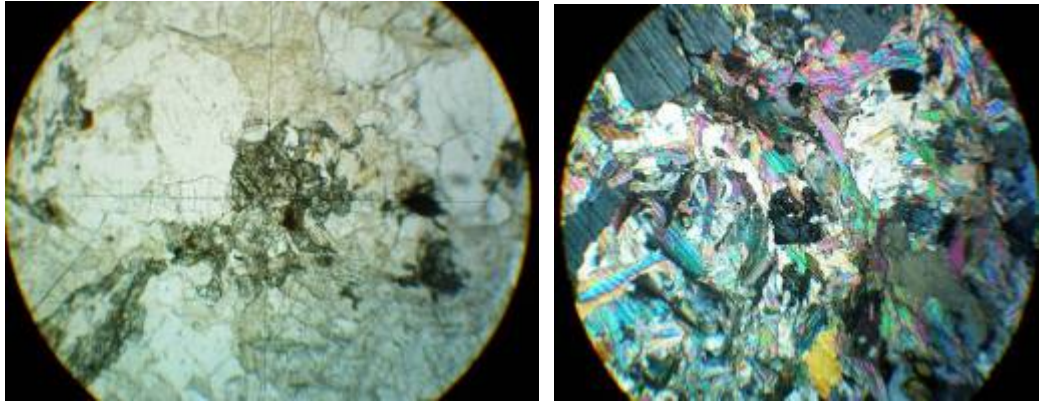
西藏班公湖-怒江成矿带西段 1:25 万区调发现铁铜矿



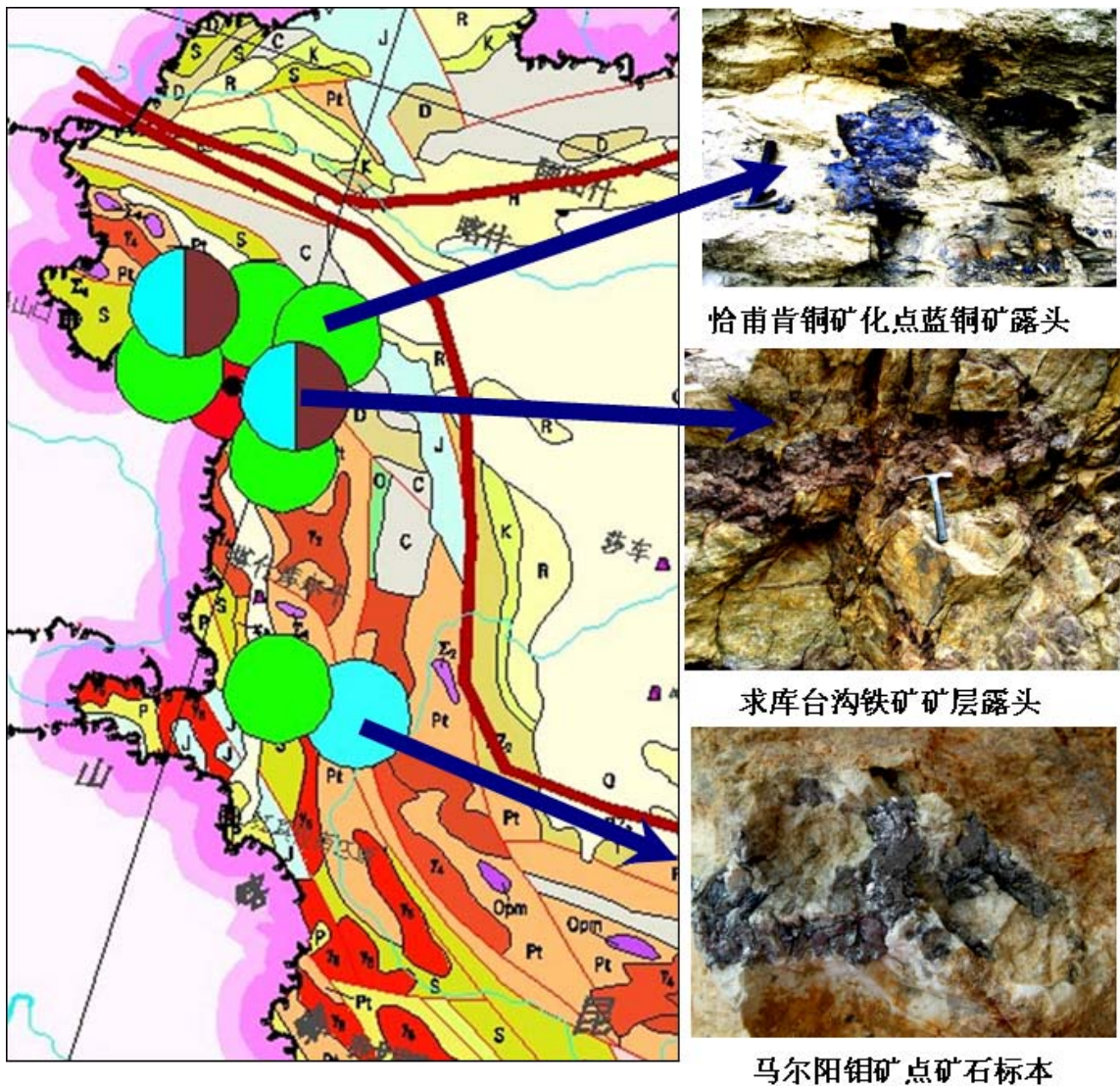
西藏弗野富铁矿露头照片



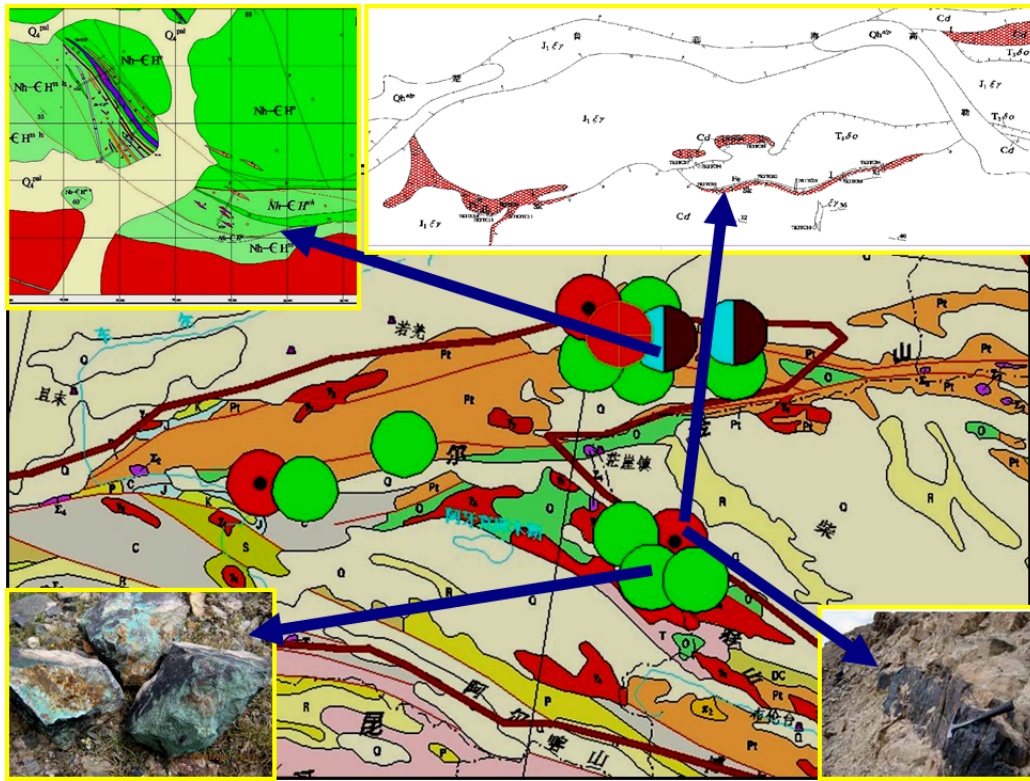
新疆库木库里砂砾岩型铜矿露头照片



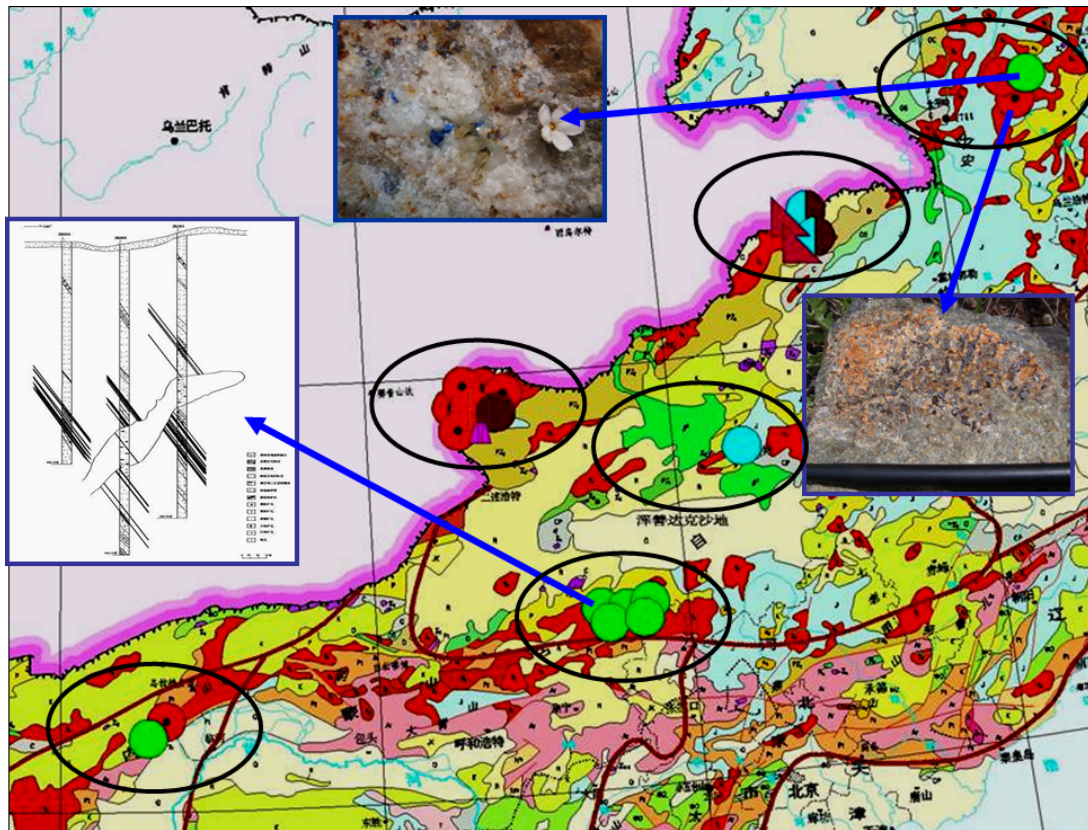
湖南新发现临湘西冲钨矿的白钨矿镜下特征



区调在西昆仑发现铁铜多金属矿点分布图



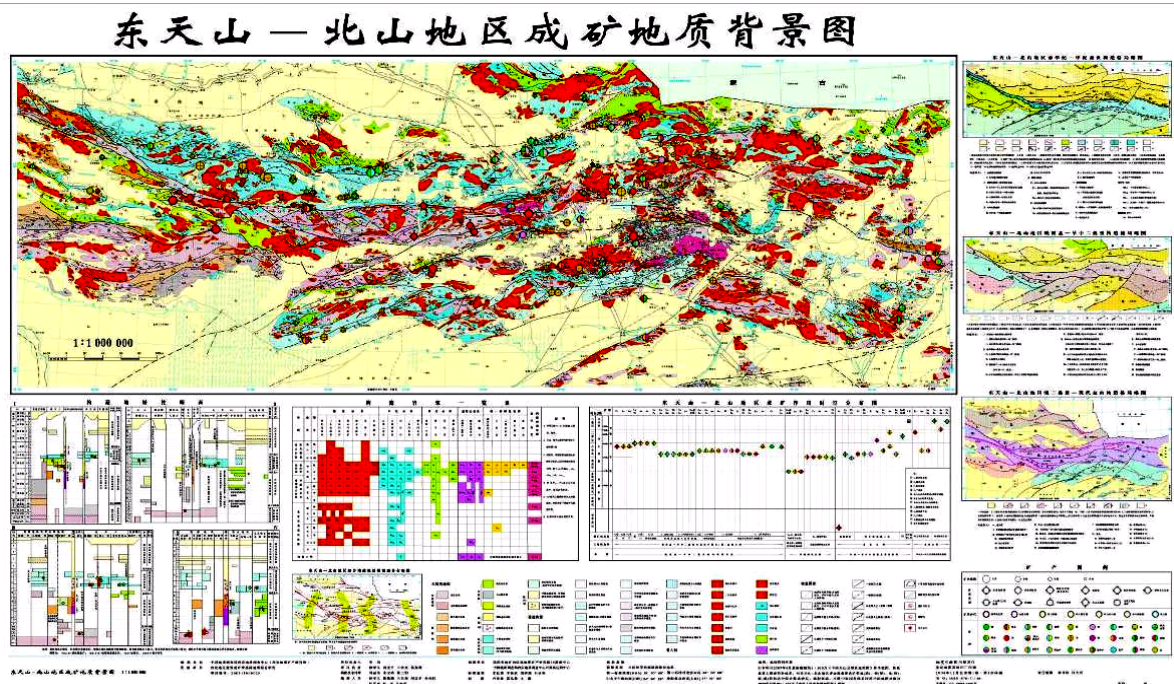
东昆仑-阿尔金发现钒钛铁铜金矿点分布图

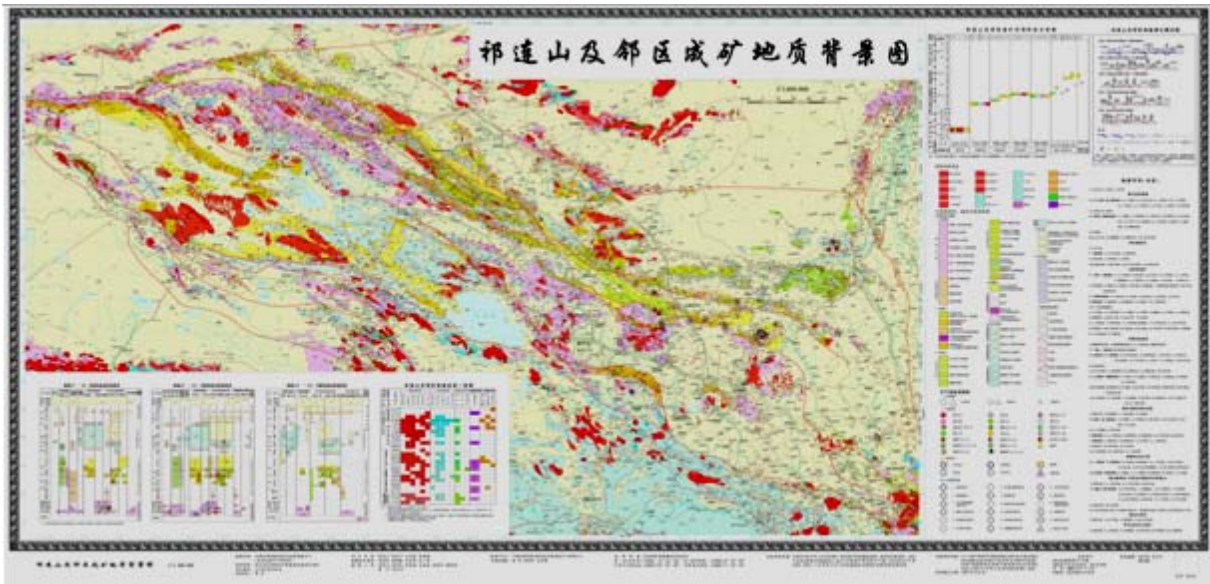


在大兴安岭成矿带的二连-东乌旗、西乌旗-霍林郭勒、根河-乌尔其汉、德尔布干等地发现了多处重要的铜、铁及多金属矿(化)点

2. 基本查明重要成矿带成矿地质背景

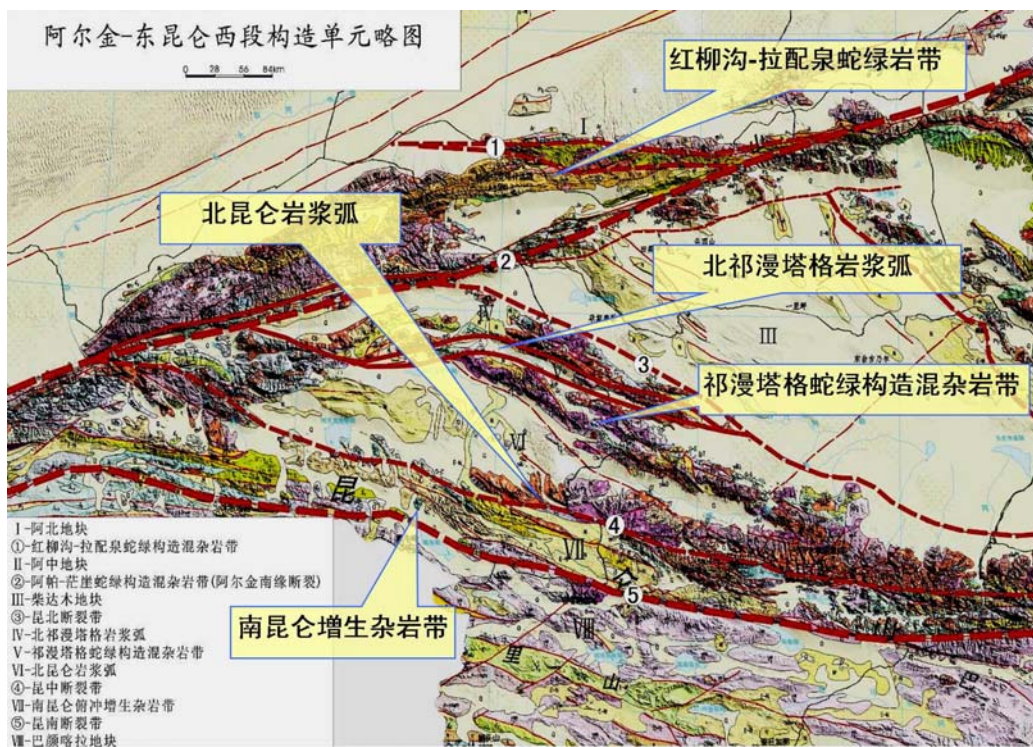
围绕解决制约找矿突破的关键地质问题，开展了重要成矿带的成矿地质背景综合研究。编制了东天山-北山、祁连山、西南三江、辽东-吉南、武夷山、晋冀等 8 个重要成矿带的成矿地质背景系列图件。在前寒武纪铁矿、冈底斯岩浆弧铁铜矿、天山古生代裂谷火山岩铜多金属矿以及华夏与古亚洲构造叠加转换的成矿作用等成矿地质背景研究方面取得了重要进展，为地质找矿指明了方向。





祁连山及邻区成矿地质背景图

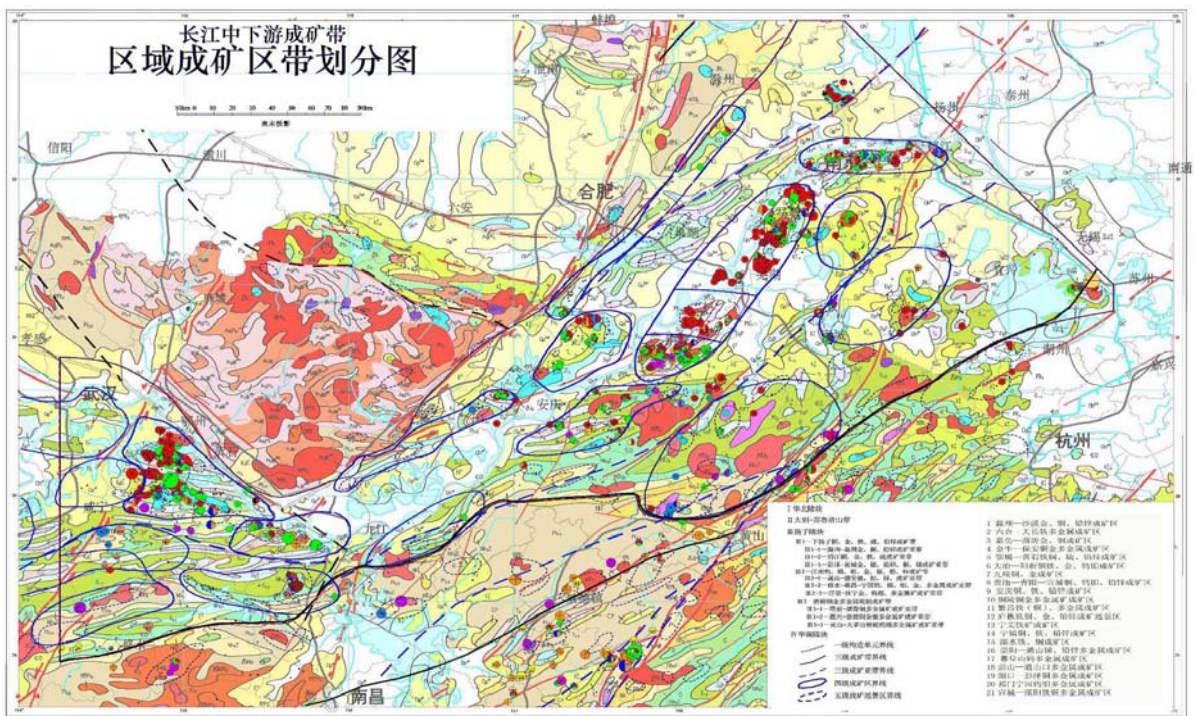
——在昆仑-阿尔金成矿带红柳沟-拉配泉蛇绿构造混杂岩带中划分出与铜、金矿化关系密切的南华纪裂谷型火山-碎屑岩建造。在阿南蛇绿构造混杂岩带中划分出大陆裂谷环境含钒钛磁铁矿基性-超基性层状岩体建造。



东昆仑-阿尔金成矿地质背景图

——查明在太古宙克拉通的基础上裂解形成的辽吉裂谷的形成演化对区域成矿的控制作用。划分出裂谷演化早期的含 Pb、Zn、Cu、Co、U、Fe、B 的陆源砂泥质碎屑 - 火山碎屑岩沉积建造、裂谷演化中期富含 Pb、Zn、Ag、Au 的开阔海盆碳酸盐岩沉积建造、裂谷晚期收缩时期富含 Au、Ag 的泥质陆源碎屑岩沉积建造。

——在长江中下游成矿带，通过对晚古生代含矿建造研究，在下扬子地区晚泥盆-中石炭世地层中划分出 12 层含铁质的岩性层，部分直接形成了铁矿层，揭示了铁矿的成矿地质背景，提出新的找矿远景区。

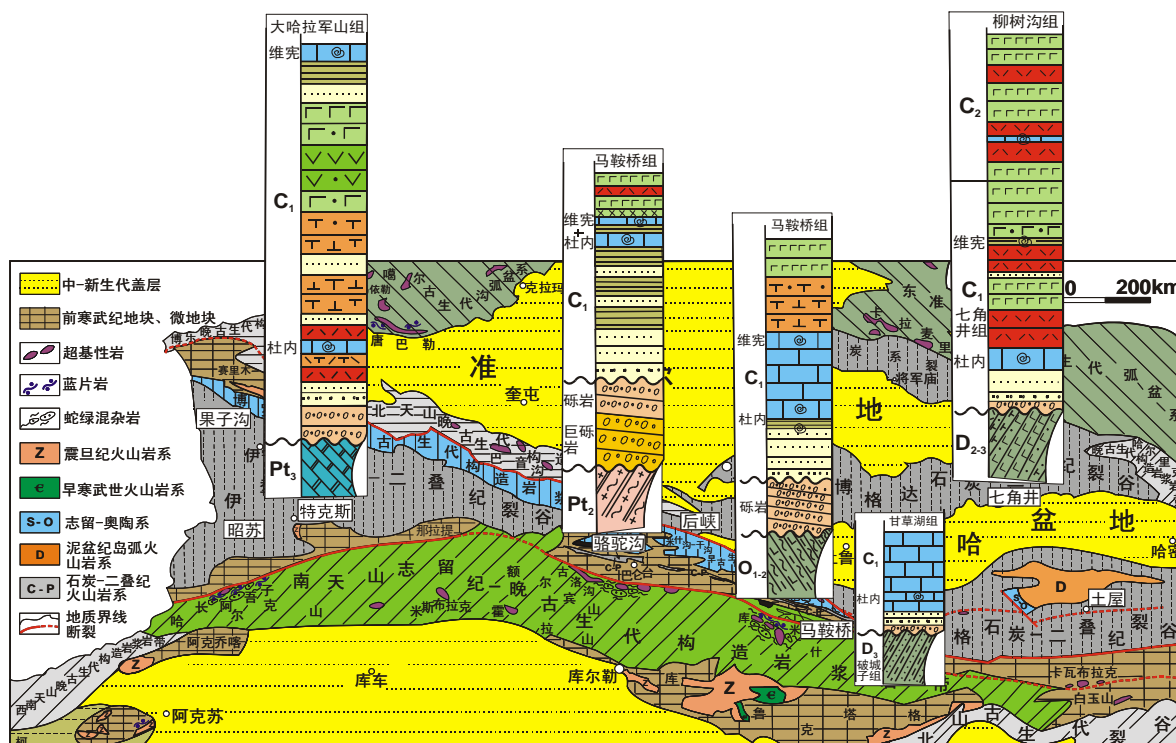


长江中下游成矿带地质矿产图

——在祁连成矿带建立了北祁连海相火山岩的沟-弧-盆体系，查明北祁连大陆裂谷和弧后盆地拉张最为强烈的地区为成矿

有利地段，提出古火山机构控矿的认识。北祁连山自元古宙以来经历了大陆裂谷、板块构造和陆内造山三种构造体制。北祁连山古海底块状硫化物矿床的形成与拉张构造环境有关，不同类型铜多金属矿床产出的位置和特征与古火山机构和古海底构造裂隙系统关系密切，对指导区域找矿提供理论依据。

——提出天山石炭-二叠纪大火成岩省新认识，为在东天山寻找与火山岩浆作用有关的矿产提供了新思路。认为天山造山带自早石炭世进入造山后陆内裂谷拉伸阶段，发生大规模岩浆事件，形成了囊括了境内外天山造山带以及天山以北的准噶尔地区和天山以南塔里木板块的北缘的“天山（中亚）大火成岩省”，揭示天山及其邻区（中亚地区）晚古生代初期的洋陆转化过程和石炭纪-早二叠世的大火成岩省活动，对中亚地区大-特大型矿床的形成具有重要意义。



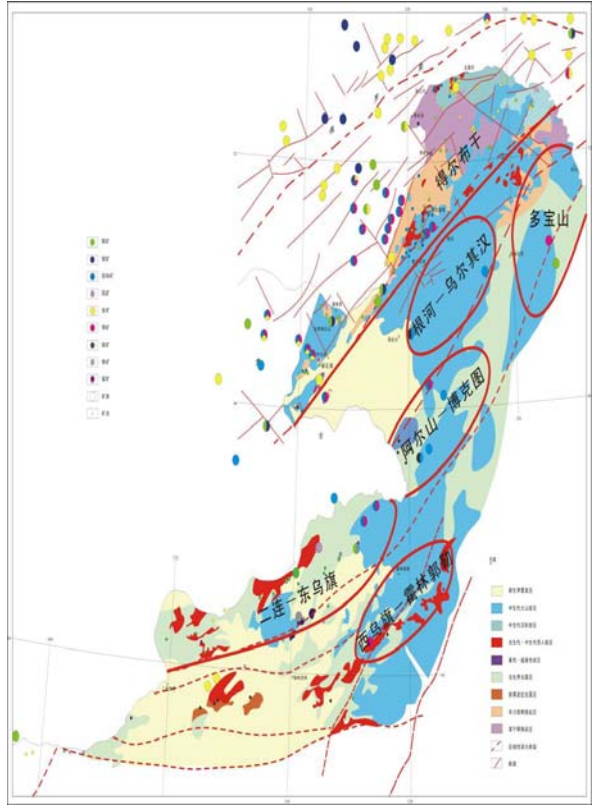
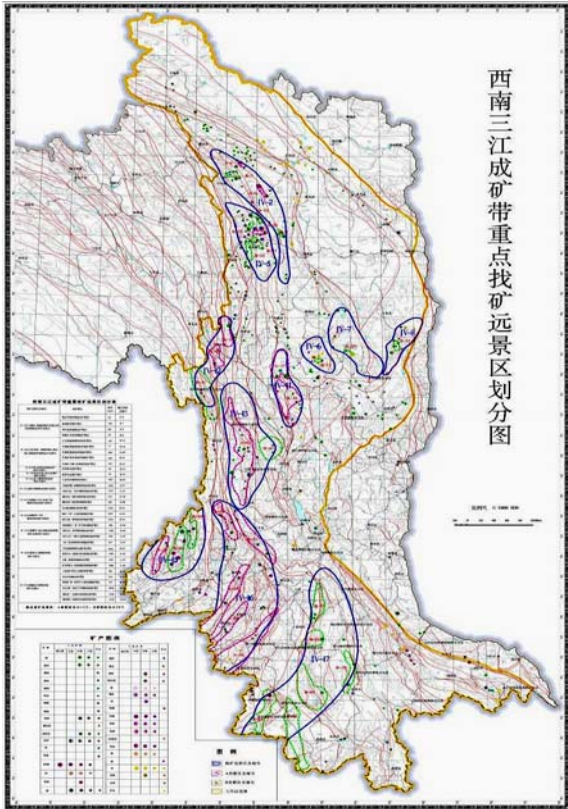
天山及邻区石炭-二叠纪裂谷火山岩与成矿关系图
(圈定了重要含矿层位和含矿建造)

3. 圈定一批重要找矿远景区

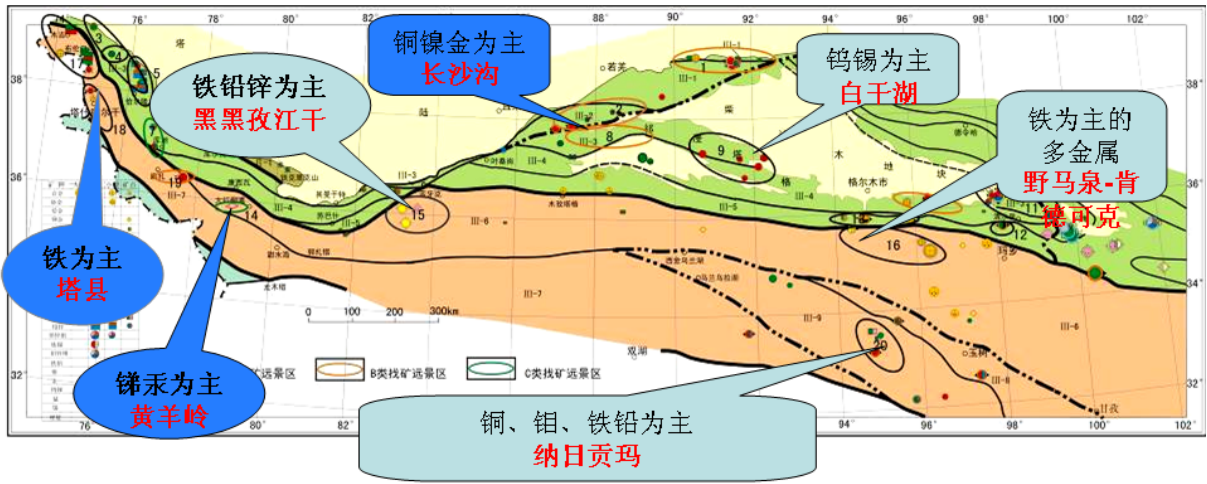
通过区调，在昆仑-阿尔金成矿带圈定了塔什库尔干铁铜矿远景区（含9个亚区）、长沙沟铜镍金找矿远景区，重新厘定了黄羊岭锑汞矿、野马泉-肯德可克铁钴矿等找矿远景区。在班公湖-怒江西段圈定了4个铁铜矿远景区。在冈底斯西段圈定了7个铁矿远景区。在西南三江圈定了12个远景区。在大兴安岭成矿带圈定了得尔布干西南段银铅锌铜钼及金成矿远景区、根河-乌尔其汉铜钼矿找矿远景区、多宝山铜金钼多金属矿远景区、阿尔山-博克图铁铜多金属远景区和西乌旗-霍林郭勒铜多金属找矿远景区。在南岭成矿带圈定了骑田岭、都庞岭-九疑山、花山-连阳、乐昌-翁源、崇余犹-三南等钨锡铅锌找矿远景区。在湘西鄂西成矿带圈定了神龙架-黄陵、鹤峰-龙山、张家界-铜仁、沅陵-怀化等铅锌锰多金属找矿远景区。



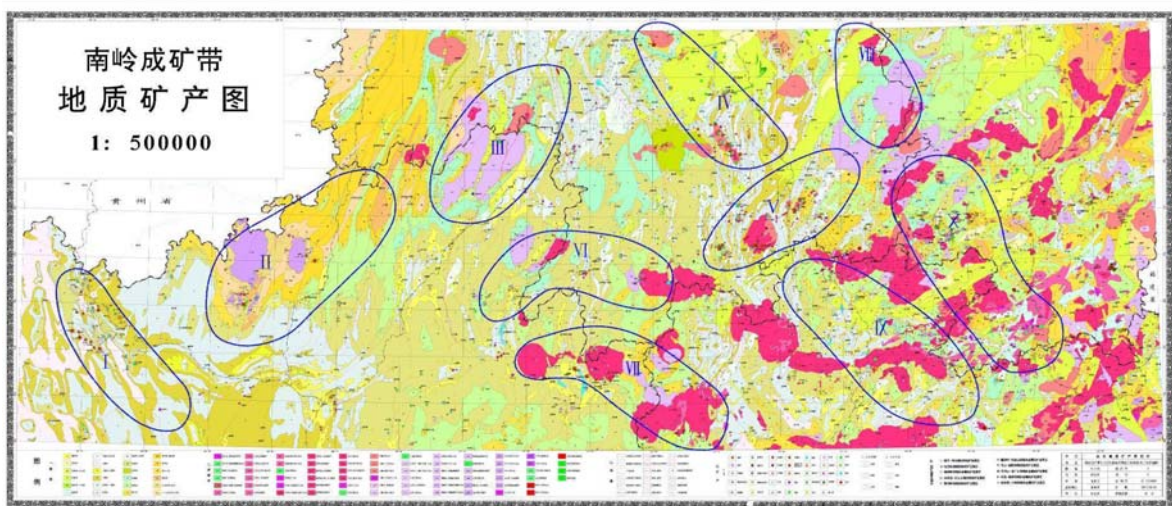
班公湖-怒江成矿带与冈底斯成矿带圈定的铁铜矿远景区分布图



西南三江和大兴安岭成矿带找矿远景区划

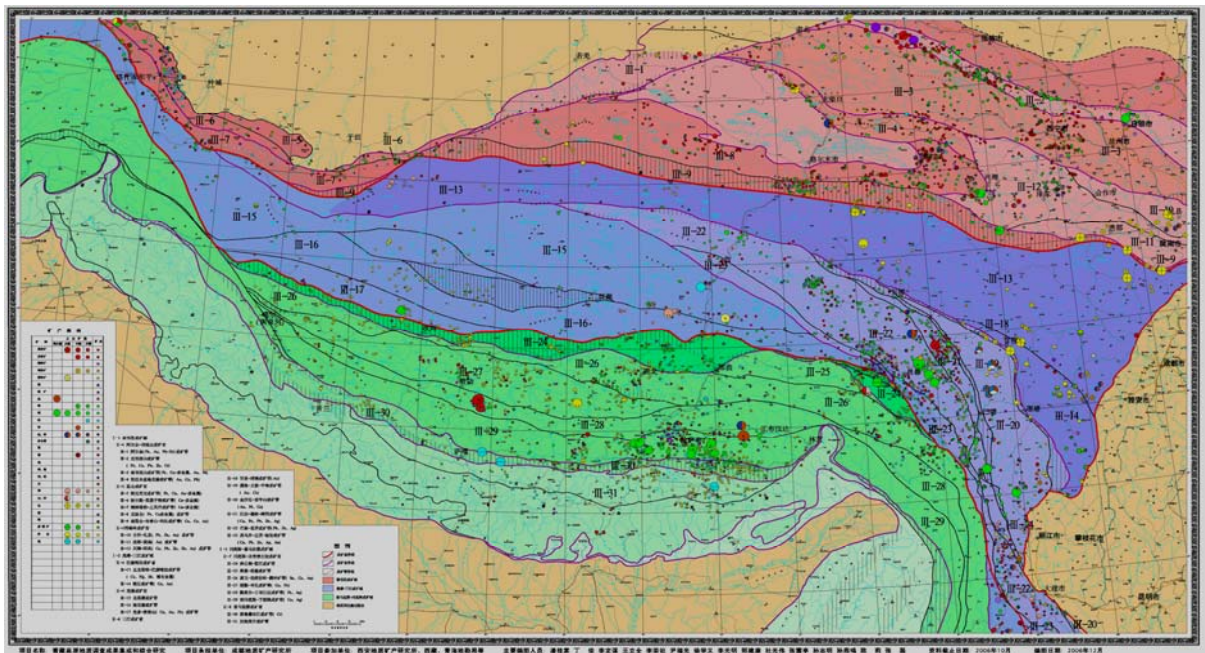


昆仑-阿尔金成矿带圈定了找矿远景区



南岭成矿带地质矿产图（圈定了9个找矿远景区）

编制了青藏高原 1:150 万金属、非金属矿产图、成矿带划分图。划分出 3 个 I 级成矿域、8 个 II 级成矿省和 30 个 III 级成矿带。

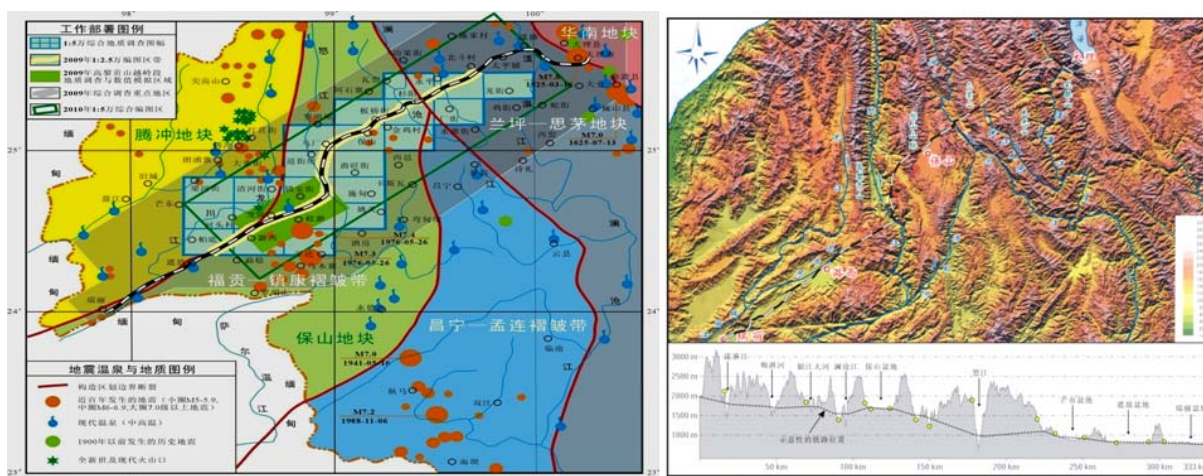


青藏高原成矿带划分与矿点分布图

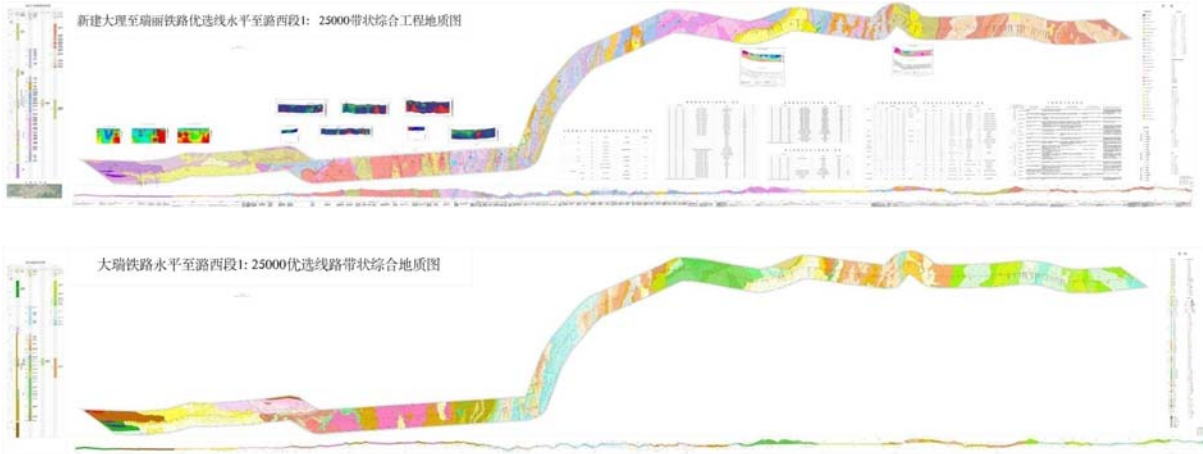
四、为国家重大建设提供了重要基础保障

1. 国家重大工程建设的先行

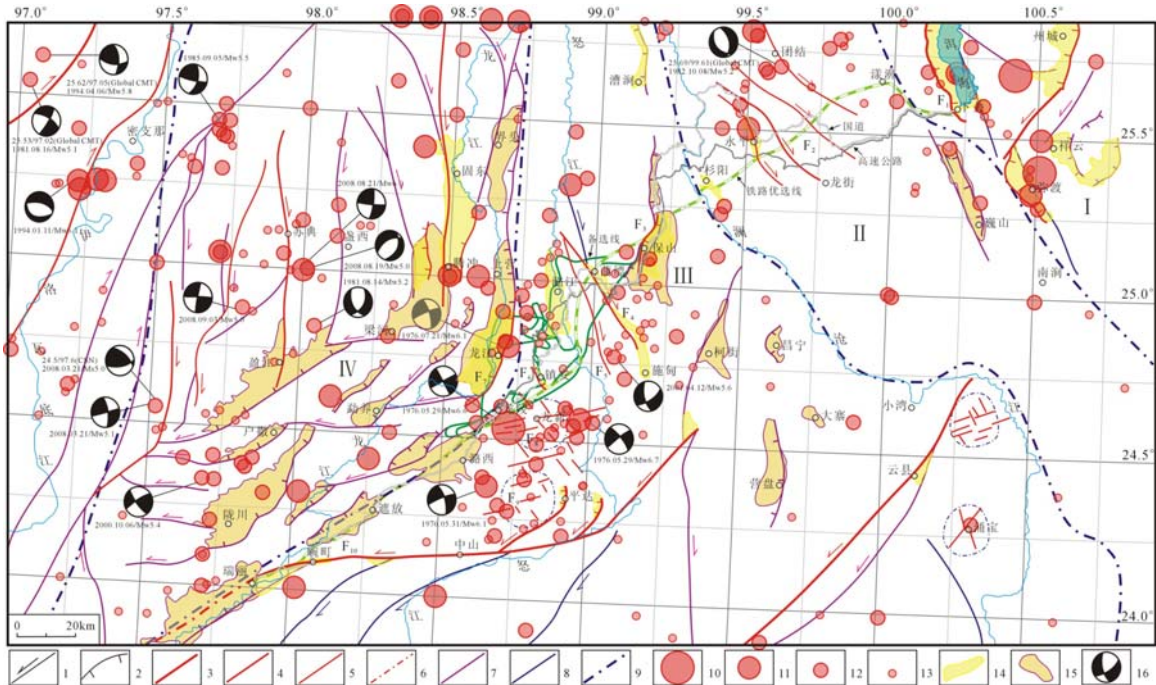
紧密结合经济社会发展需求，主动服务国家重大工程建设，配合大理-瑞丽铁路、南水北调西线工程、三峡水利枢纽、青藏铁路及辽宁江石底核电站等重大工程建设开展了区调工作。填绘了大瑞铁路沿线 1:2.5 万工程地质图和南水北调西线断裂构造图和环境地质条件与环境质量评价图，查明工程建设区的地质灾害和环境地质背景，为重大工程建设提供可靠的地质数据和科学依据。



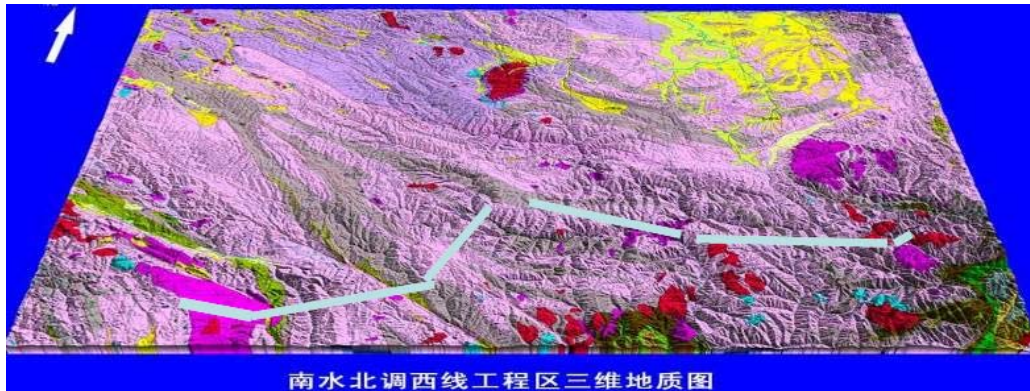
大瑞铁路沿线部署 22 幅 1:5 万区调图幅



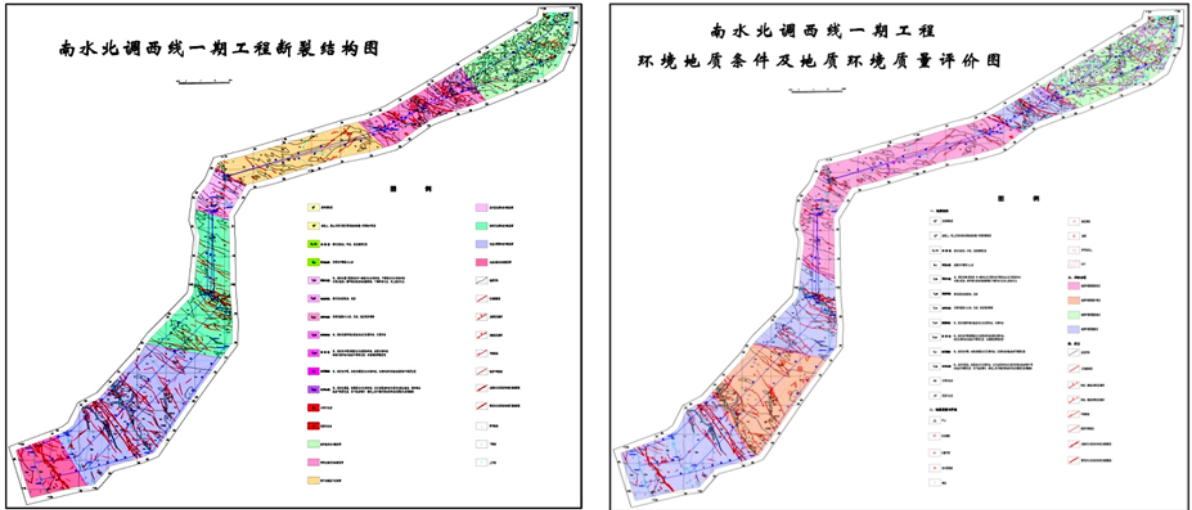
大瑞铁路沿线 1:2.5 万带状地质图与工程地质图



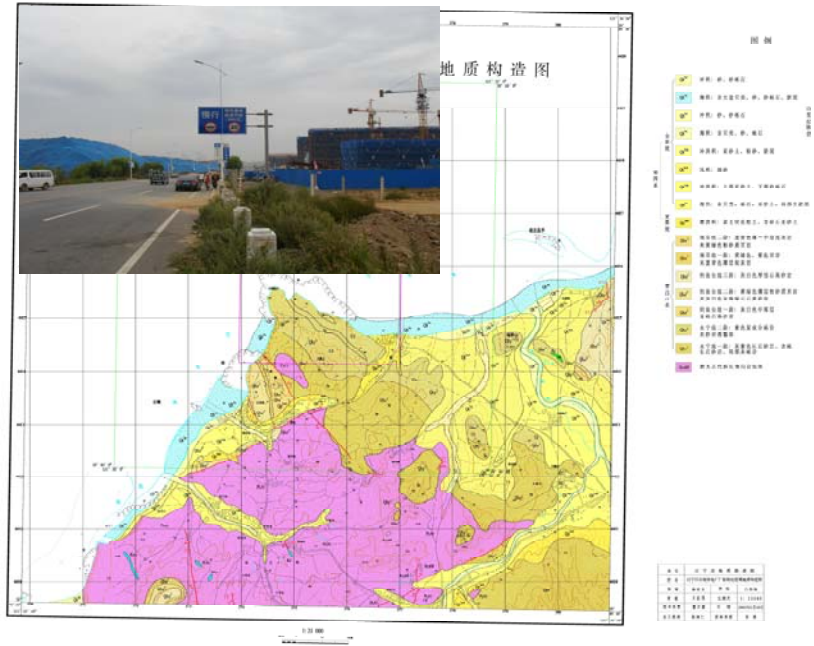
大瑞铁路沿线活动断裂分布图



南水北调西线工程区地貌图



南水北调西线一期工程地质图与工程环境地质条件及地质环境质量评价图



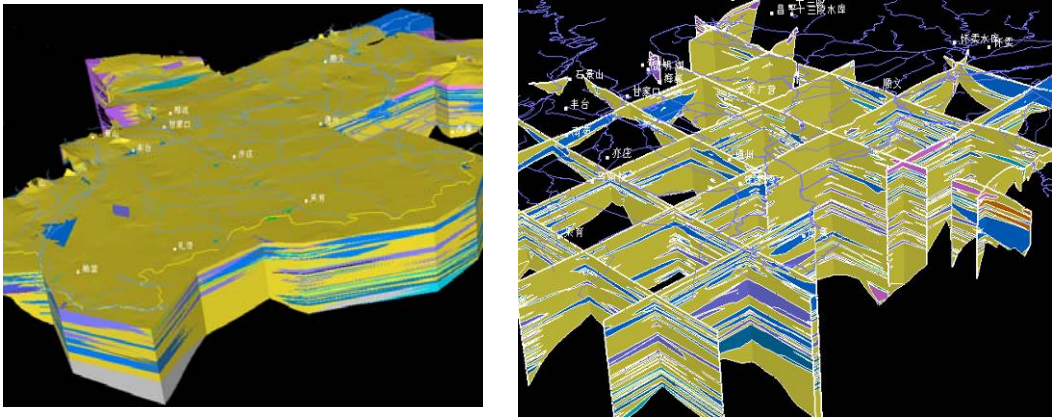
建设中的辽宁“五点一线”重大工程江石底核电站及其选址地质构造图

2. 城市可持续发展的保障

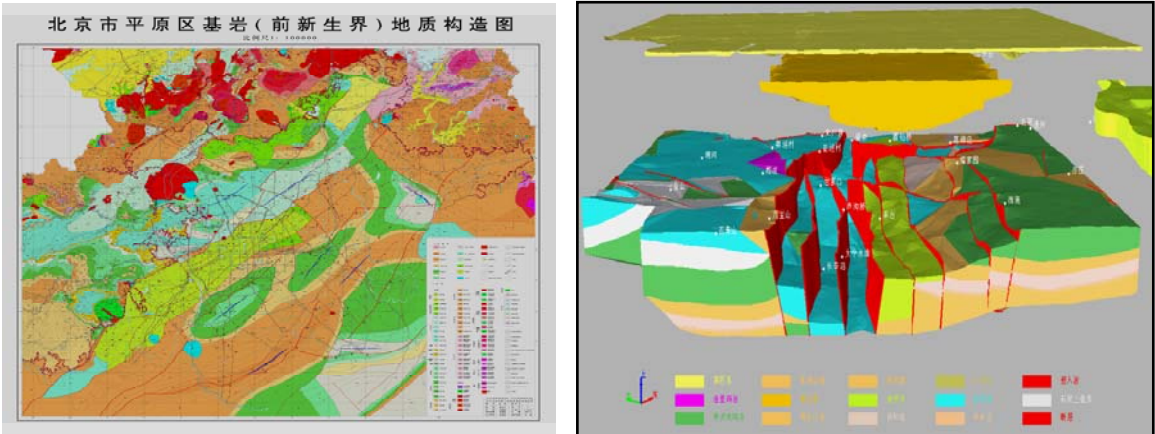
完成了北京、上海、杭州、广州、天津、南京六个城市地质调查试点。系统查明了城市的地下三维地质结构，工程地质条件、

地质灾害等基本特征，获得了地球物理、地球化学、地面沉降、地下水开采等数据，建立了城市三维可视化的地学信息管理与应用系统，实现了各城市多源、海量、异构地学数据的集群化管理，成果应用于城市规划、地下空间利用、地质灾害监测与防治、地铁等生命线监测等方面，特别是为北京奥运会、上海世博会、南京火车南站等重大工程规划与建设提供了重要支撑。

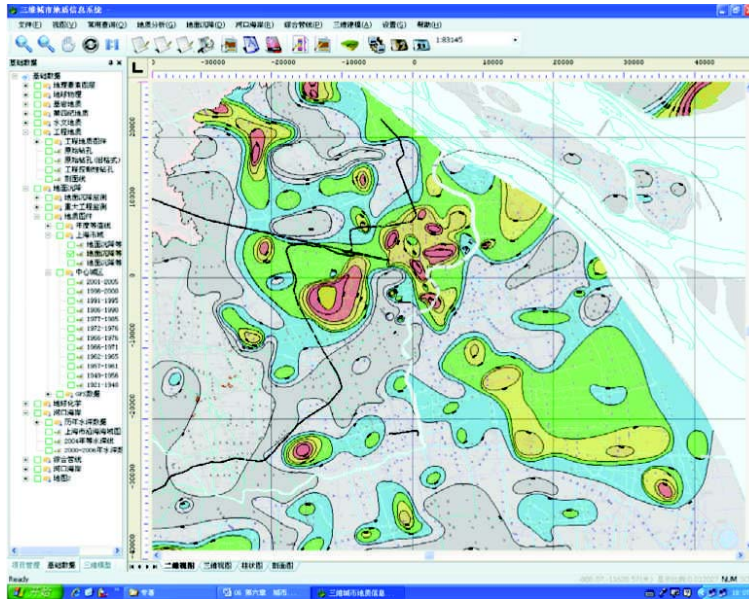
试点工作带动了重庆、哈尔滨、合肥、苏州、厦门、佛山等城市自筹资金开展城市地质调查，开创了城市地质调查新局面。



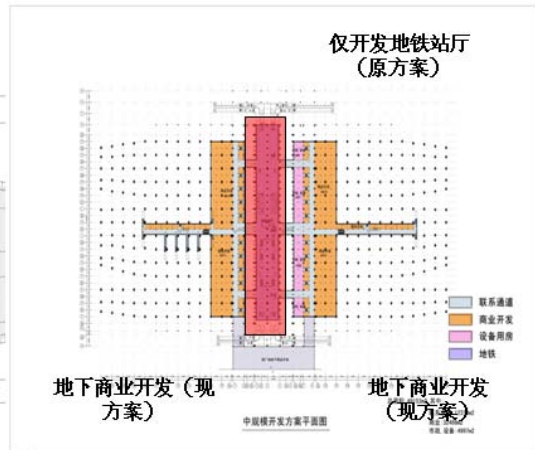
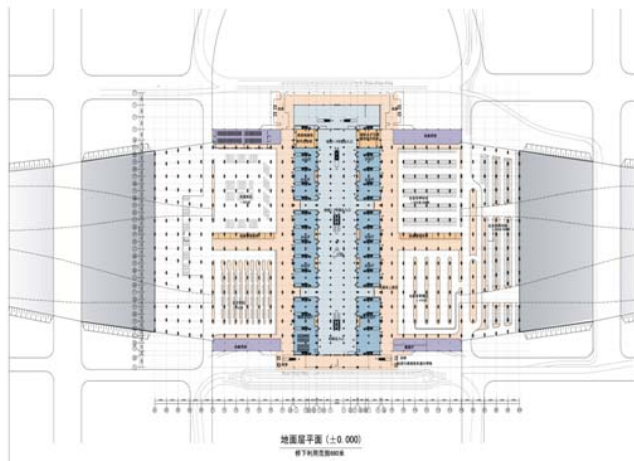
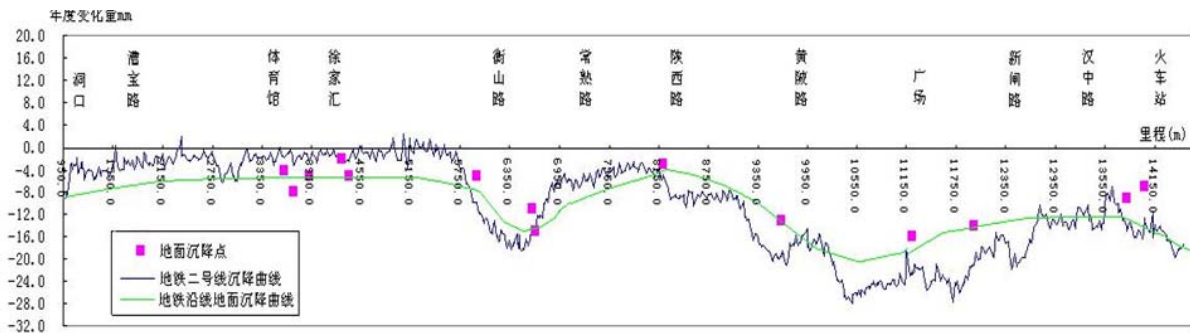
北京市平原区第四系三维地质结构示意图



北京市基岩三维地质模型图



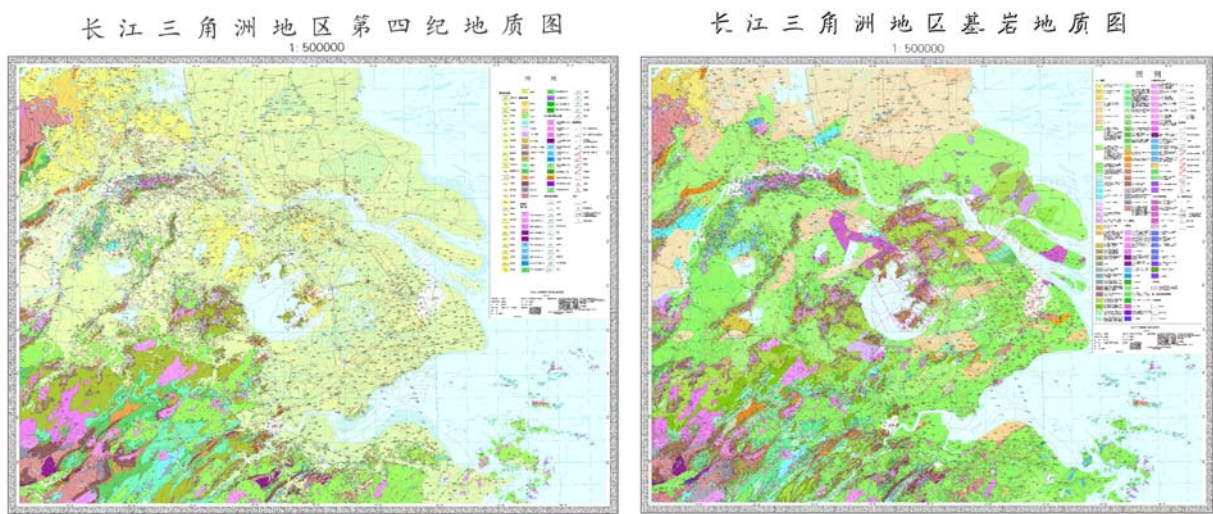
上海市地面沉降等值线图（1996-2001年）



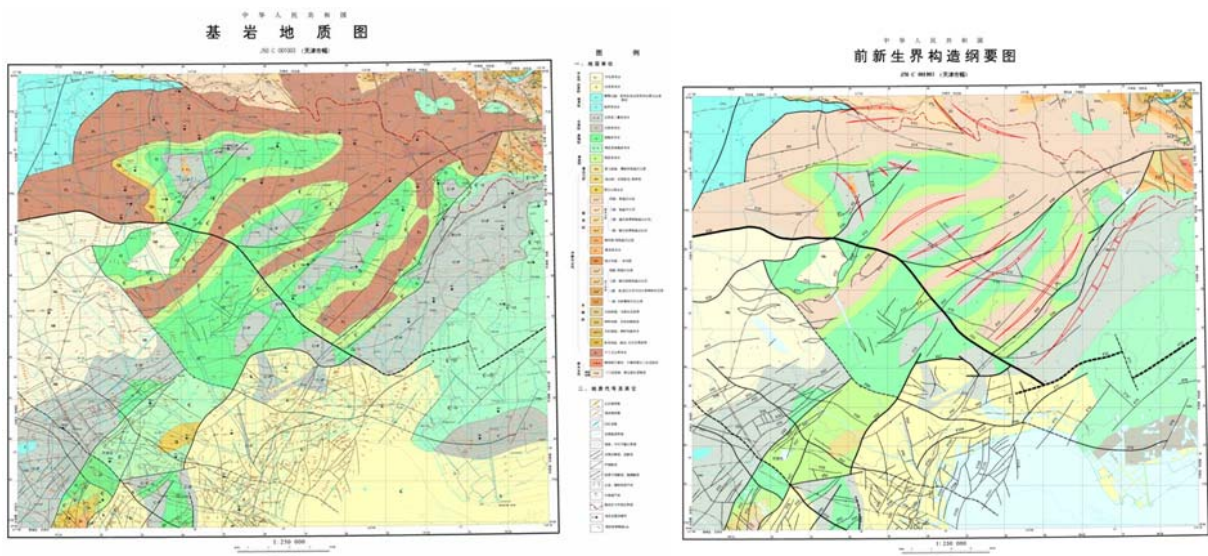
城市地质调查成果应用：上图为上海地铁生命线工程沉降监测，下图为南京火车南站建设调整方案

3. 国土规划的基础

围绕重要经济区国土主体功能区划，开展了经济区区域地质调查和综合研究。编制完成了长江三角洲第四纪地质图、基岩地质图。建立了环渤海第四纪三维地质结构，编制了环渤海经济区基岩地质图、活动断裂构造图。



长江三角洲地区地质图系



编制的环渤海经济区基岩地质图和活动断裂等基础图件服务国土规划

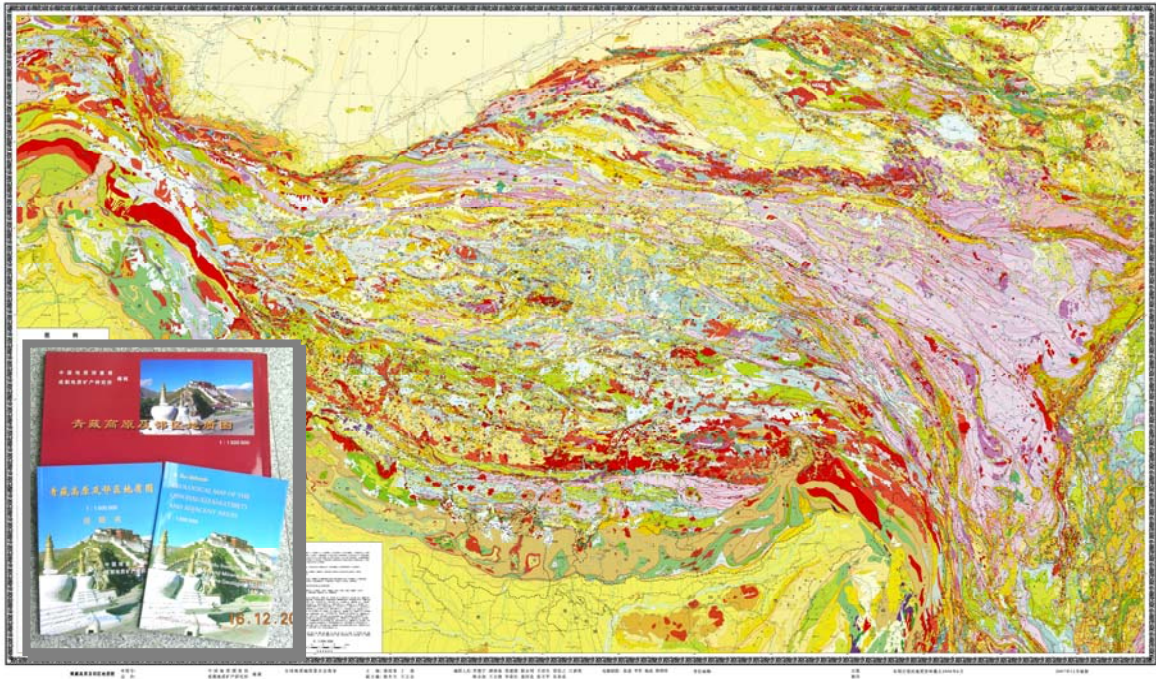
五、国土认知水平显著提高

1. 青藏高原地质调查研究取得重大突破

青藏高原 1:25 万区调，发现数万件古生物化石，为区域地层划分对比，探讨南北大陆演化提供了重要基础资料。新发现和确认了一大批重要的岩浆岩，获得了大量的岩石年代学数据，查明了岩浆岩带的分布和时空演化规律，建立了青藏高原构造—岩浆事件序列。发现和厘定了龙木错、松多等十余条构造蛇绿混杂岩带和高压超高压变质带，以及重要的地质事件界面，为青藏高原构造格架建立提供了重要的资料。系统开展了青藏高原高原隆升和环境变化调查与研究，获得了新生代以来青藏高原隆升及植被、气候、湖泊等环境变化的重要数据。

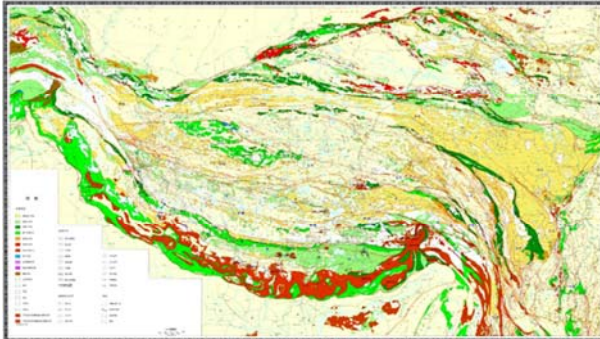
在青藏高原空白区 1:25 万区调大量新成果的基础上，开展了青藏高原基础地质成果集成和综合研究，重新厘定了青藏高原地层、构造格架和岩浆演化序列，编制了青藏高原地质图、大地构造图、前寒武纪地质图、构造—岩相古地理系列图、构造—岩浆岩地质图、新生代地质图、第四纪地质与地貌图、矿产图、旅游资源图、区域重力系列图、区域航磁系列图和区域化探系列图件。建立了青藏高原多碰撞、多期叠加的多岛弧盆演化模式，总结了高原隆升的大陆动力学机制，提出了中国自主的地质构造理论。

青藏高原及邻区地质图

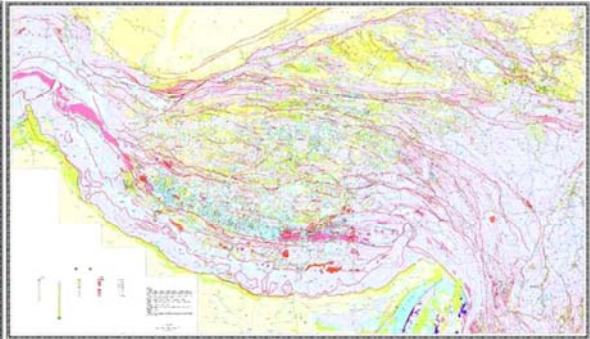


青藏高原及邻区地质图

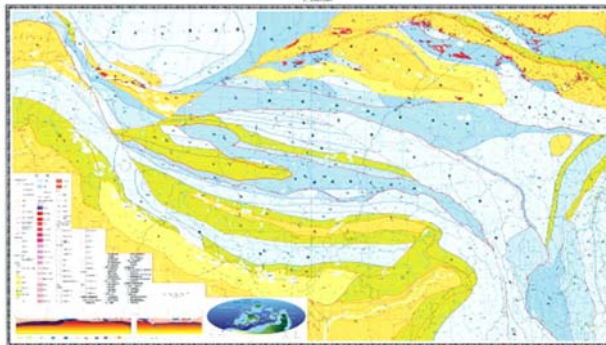
青藏高原1:150万变质地质图



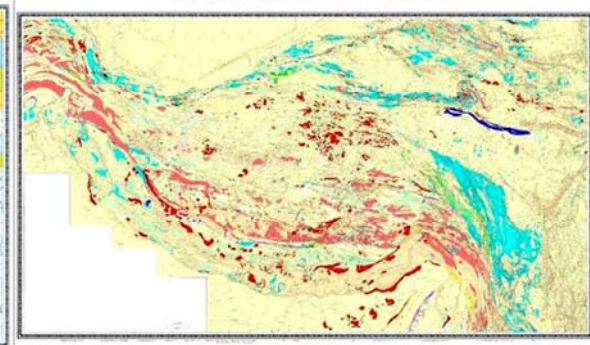
青藏高原1:150万新生代地质图



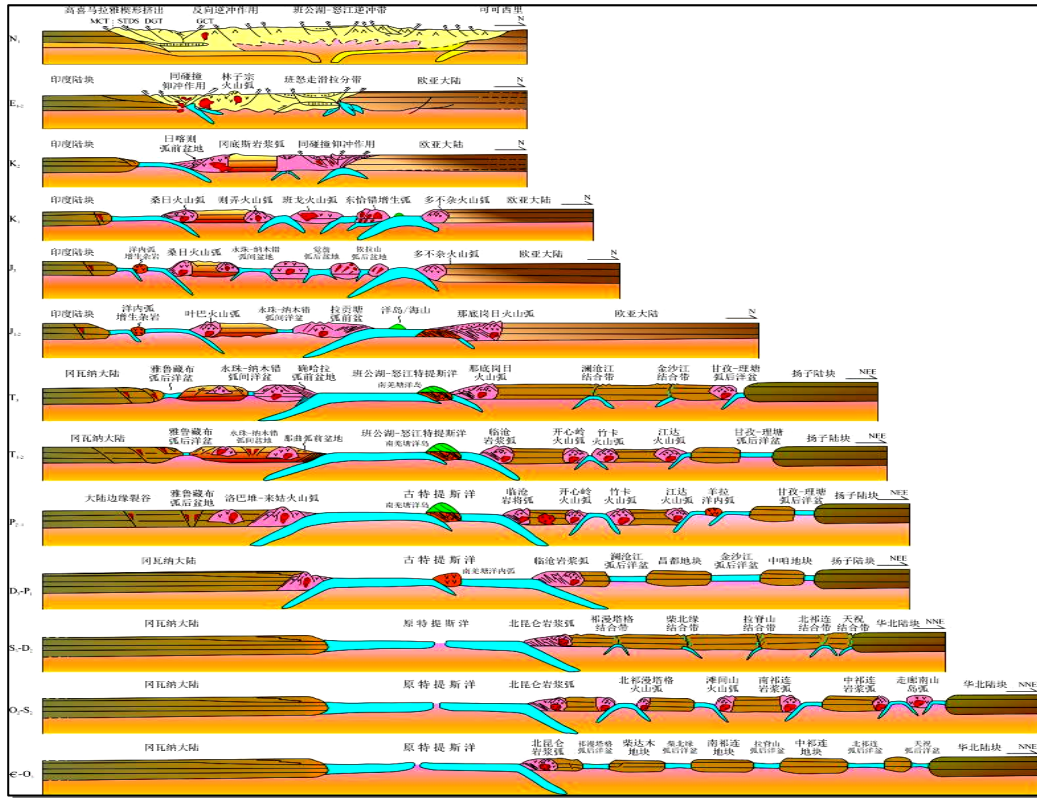
青藏高原及邻区志留纪构造-岩相古地理图



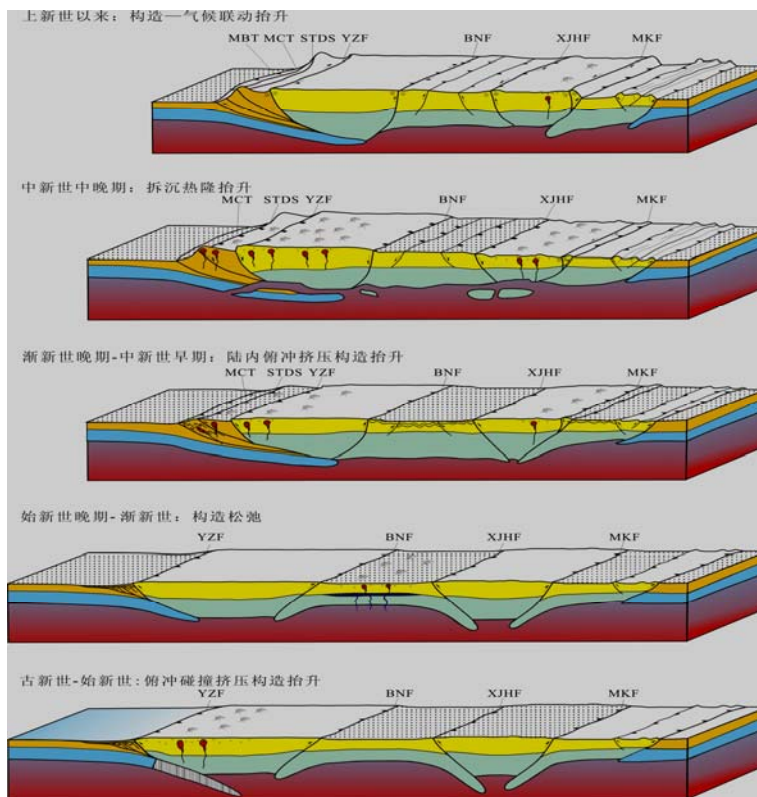
青藏高原1:150万构造-岩浆岩图



青藏高原系列地质图件



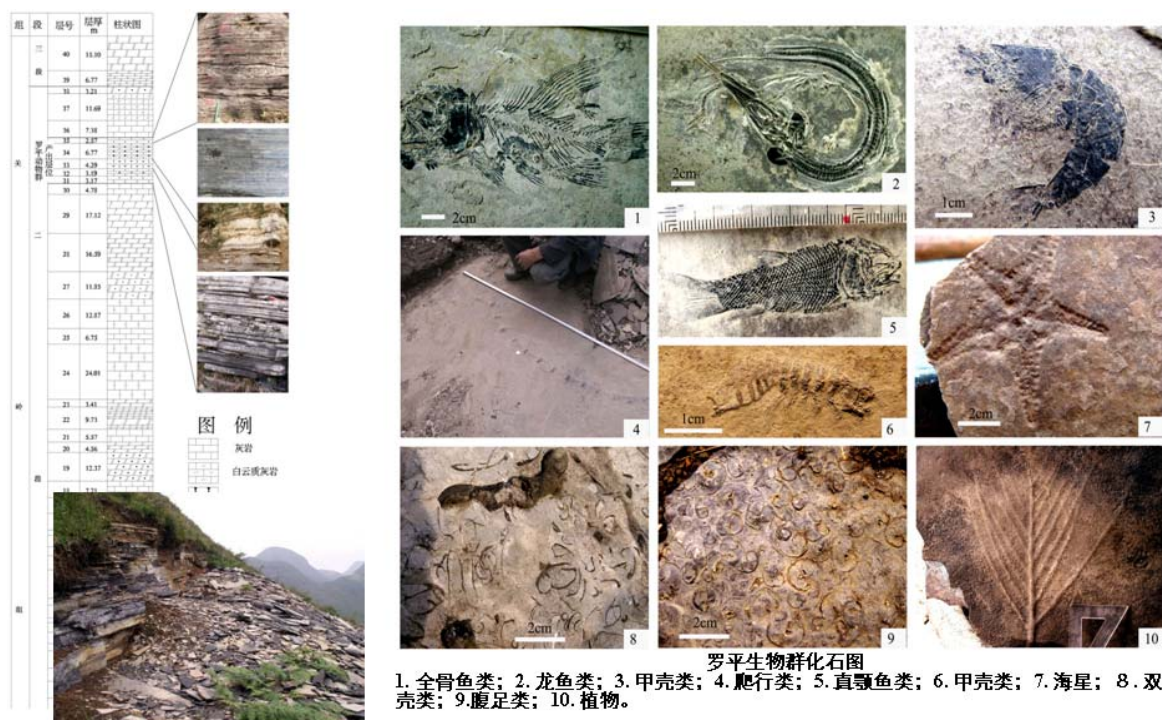
青藏高原多岛弧盆碰撞造山演化图



青藏高原新生代碰撞隆升模式图

2. 重要生物群调查研究取得重要进展

罗平生物群发现。在云南罗平地区安尼期关岭组二段地层中发现了以海生鱼类为主的脊椎动物化石群落，伴有甲壳、双壳、腹足、软体动物以及植物化石等，生物门类多样，化石保存完整。为鱼龙演化研究和鱼类化石的生物分类提供了新资料。



云南罗平动物化石群及其产出地层柱状图

精确定位了热河生物群珍稀化石的产出层位。在含珍稀化石的义县组中首次发现了陆相湖泊枕状熔岩夹层，获得激光微区 Ar-Ar 等时线年龄分别为 126.1 百万年、127.4 百万年，证实含珍稀化石的沉积层是在 125 百万年~127 百万年之间，查清了中华龙鸟和孔子鸟的上下层位和时代关系，为鸟类的恐龙起源学说和演化提供了关键的新证据。

紫阳笔石生物群调查取得新进展。陕西紫阳中志留统底界层型剖面研究取得重要进展。找到了一条弓笔石保存完好、化石丰富的文洛克统底界连续剖面，在 10 米厚的精细剖面测量获 45 层古生物化石，其中笔石 35 层，包括有 *C. insectus* 和 *C. centrifugus* 带化石，丰富了紫阳文洛克统笔石，对研究文洛克统底界层型剖面提供了有利的支撑。



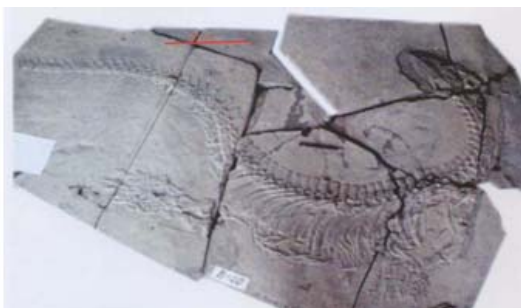
Cyrtograptus murchisoni



Cyrtograptus sakmaricus

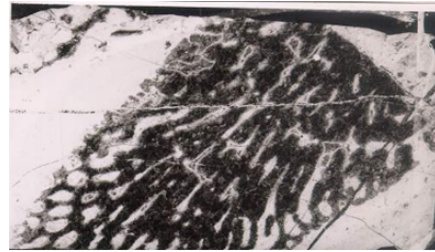
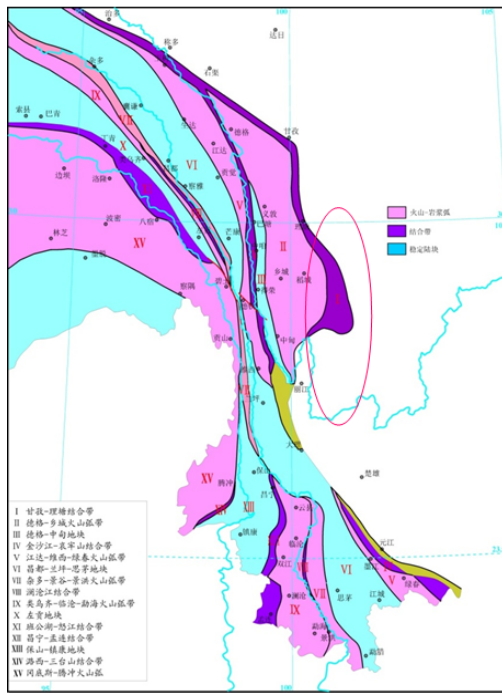
紫阳笔石生物群化石

1:25 万（安龙幅）区调划定了“关岭动物群”组合特点和产出层位。在法郎组瓦窑段发现大量保存完好精美的海百合和海生爬行动物化石，以多门类脊椎动物、无脊椎动物共同繁盛为特色的珍稀生物群，其化石保存之完美，类型之多样为世界罕见。

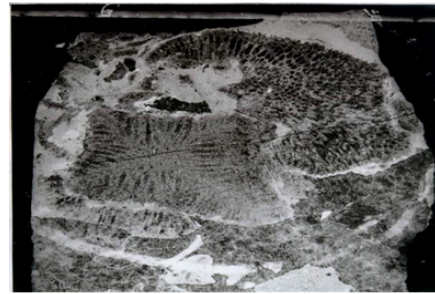


关岭动物群产出层位与黄氏中华龙化石

在甘孜-理塘结合带首次发现了海相侏罗纪化石。打破了对青藏高原东缘在印支期末就结束了海相沉积的传统认识，对松潘-甘孜造山带的形成演化有了全新的诠释。在西藏江达邓科青稞、四川石渠起坞乡杂朶热、四川省木里县瓦厂地区等处采获海相侏罗纪化石：*Pachythecopora cf. pachythea* Deng, *Thecosmilia cf. shuanghuensis* Liao, *Cladocoropsis cf. hybridina* Dong, *Axosmilia cf. sinensis* Liao et Li, *Chaetetopsis* sp, *Eugyra* sp 等为代表的侏罗纪古生物组合化石，证实了川西高原广泛分布有海相侏罗系。



似枝瞳螳 (*Cladocoropsis* sp.)

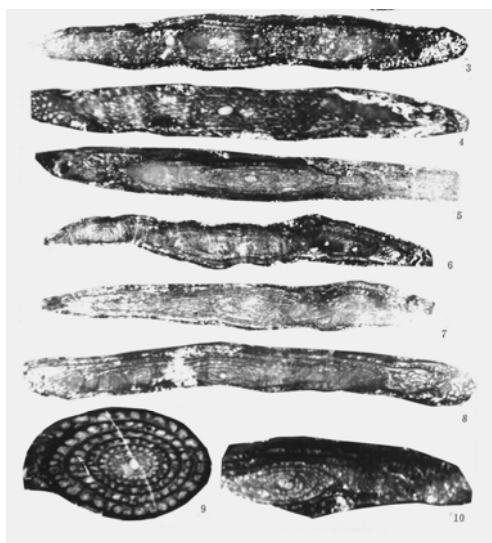


棘刺珊瑚 (*Acanthochaetetes* sp.)

甘孜-理塘结合带发现侏罗纪海相化石

东昆仑发现二叠纪冷水动物群。1:25 万鲸鱼湖区调在阿尔喀山牛心湖西首次发现了单通道冷水动物群化石 - 木孜塔格单通道蜓 (*Monodiexodina muztagataensis* Sun (sp. nov.))。冷水型单通道动物群在东昆仑地区的首次发现，改变了过去认为的冈瓦

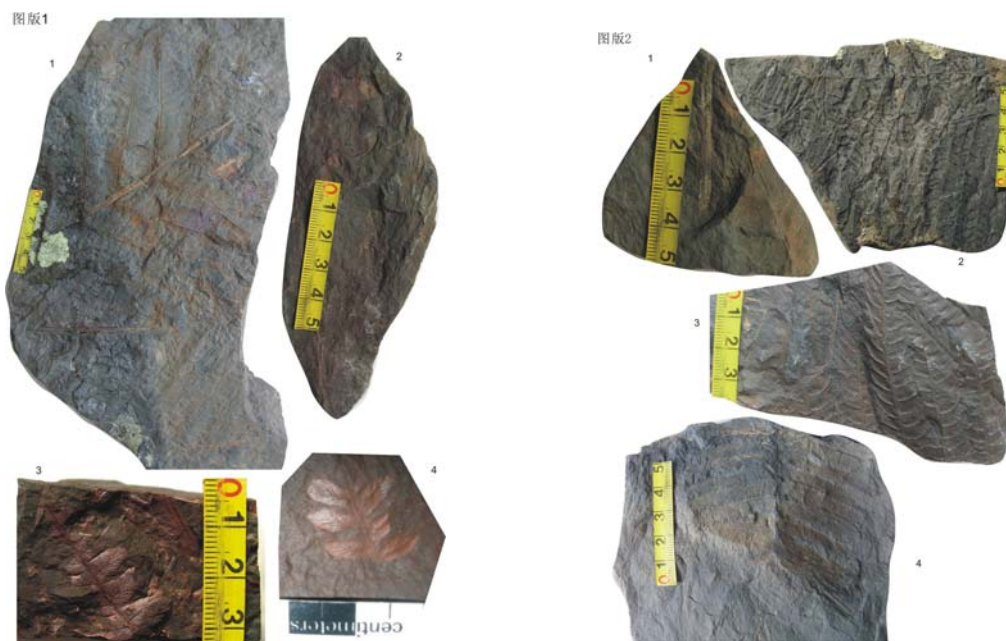
纳冷水型动物群不越过若拉岗日 - 金沙江缝合带传统认识, 对研究冈瓦纳古陆边缘的冈瓦纳 - 特提斯区的北界有重要价值。



东昆仑二叠纪冷水动物群—阿尔喀山木孜塔格单通道蜓

内蒙古东乌旗发现华夏植物群化石组合。内蒙古 1:5 万敖包特陶勒盖、拉名海尔罕等幅区调在贺根山蛇绿构造混杂岩带以北原中泥盆统塔尔巴格特组上部和下部发现丰富的早-中二叠世华夏植物群化石组合。二叠统地层所产的植物化石鉴定出 7 属 11 种, 分别为: *Cladophlebis* sp. 1 (枝脉蕨未定种)、*Cladophlebis* sp. 2 (枝脉蕨未定种)、*Pterophyllum daihoense* Kawasaki (大宝羽叶)、*Calamites suckowii* Brongniart (苏柯维芦木)、*Sphenopteris* sp. (楔羊齿未定种)、*Cladophlebis nystroemii* Halle (多叉枝脉蕨)、*Cladophlebis ozakii* Yabe et Oishi (少叉枝脉蕨)、*Emplectopteris triangularis* Halle (三角织羊齿)、*Lepidophylloides* sp. (鳞叶未定种)、*Mariopteris hallei* (Stockmans et Mathieu) (赫勒玛利羊齿)、*Cladophlebis manchuaica* (Kawasaki) Gu et Zhi (东北枝脉蕨)。这些植物化石

的总体面貌显示了早-中二叠世华夏植物群的特征。早-中二叠世华夏植物群的发现，揭示西伯利亚板块在早-中二叠世之前可能已经与华北板块拼合，或者华北板块与西伯利亚板块拼合带应在贺根山蛇绿岩带以北，对兴蒙造山带和古亚洲洋演化的研究提供了重要的古生物学依据。



早-中二叠世华夏植物群化石组合

3. “金钉子”剖面调查研究居世界前列

为“金钉子”建立奠定了重要基础。我国已获得的 8 颗“金钉子”，区调工作为“金钉子”剖面建立在地层研究方面奠定了重要基础。在层型界线研究方面，长兴、宜昌等“金钉子”剖面获得世界地层学委员会和国际地科联的批准，1:50000 长兴县、煤山幅区调围绕二叠三叠系界线层型研究，进行了 1:10000 高精度填图，建立了牙型石序列，为我国第一个金钉子剖面的最终确立奠定了基础。区调填图中奥陶系层型剖面研究对黄花场“金钉子”

的建立奠定基础。通过三斗坪、火烧坪、贺家坪、都镇湾等幅 1:5 万区调，对测区内中下奥陶统地层及界线进行了详细的生物地层、岩石地层、层序地层和化学地层研究，表明同样的岩石类型、生物组合序列、层序序列及碳同位素异常在黄花场以北陈家河、王家湾等地得到验证。在后层型研究中，于黄花场“金钉子”剖面南津关组上部发现世界上最古老的海胆化石，这对研究棘皮动物的起源和演化具有重要的意义。

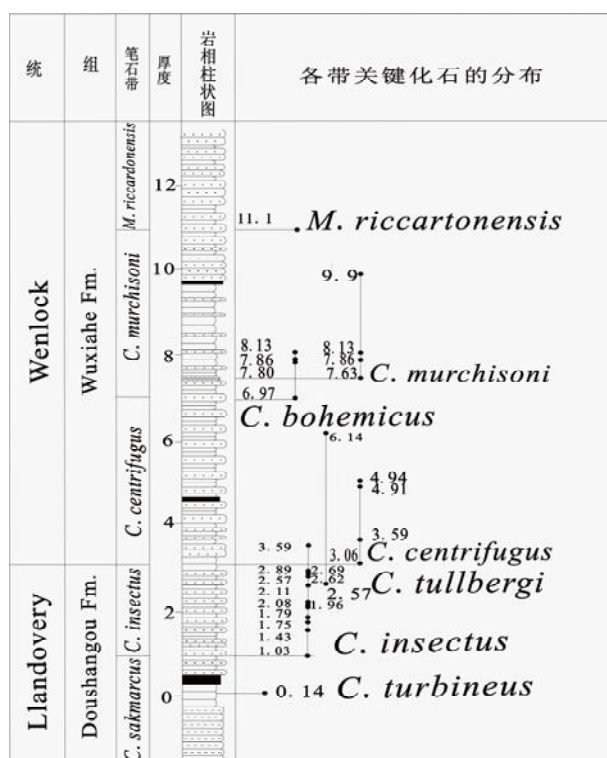


浙江长兴二叠—三叠系“金钉子”剖面



宜昌黄花场奥陶系“金钉子”剖面及其南津关组发现最古老的海胆化石

紫阳志留系剖面有望成为下一个金钉子。紫阳芭蕉口任河东岸剖面地层连续，笔石带清楚，是国内外最好的文洛克统底界层型剖面之一。填图过程中加强对剖面上多个弓笔石带底界研究，对剖面上几丁虫和牙形石等其他化石采集研究，有望通过进一步工作使该界线能够成为“金钉子”



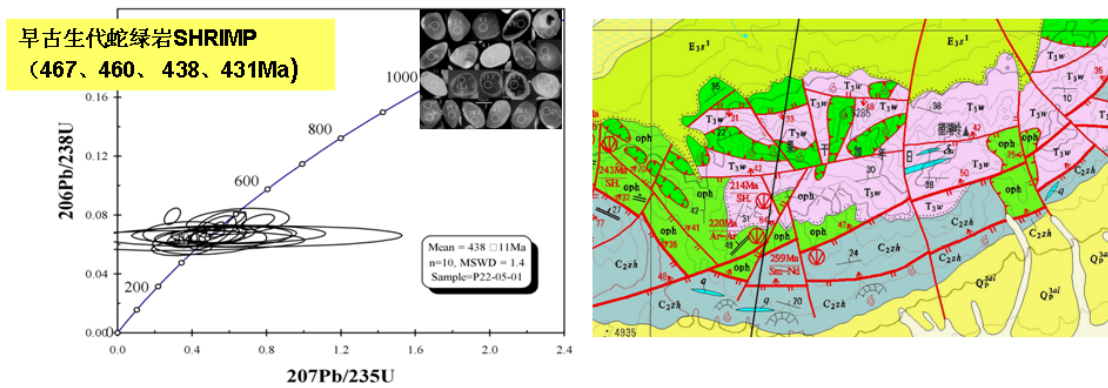
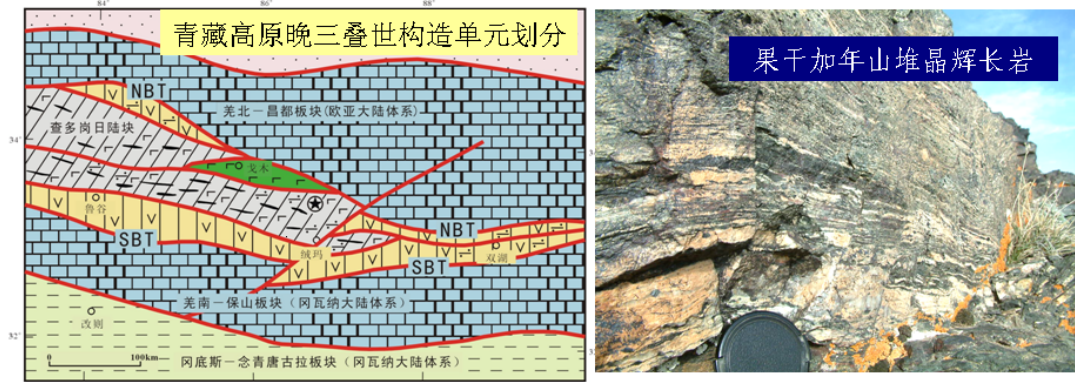
陕西紫阳 Llandovery-Wenlock 界线层型剖面柱状图及笔石生物分带

贵州发现完整的南华系层型剖面。1:5 万大寨幅区调,围绕“南华纪地层详细划分与研究”重大基础地质问题,发现了一条出露完整、顶底与内部地层界线清晰、划分标志明显、露头连续的南华系剖面,南华系剖面层型研究取得重要进展,为中国南华系研究提供了一个新的基地。

4. 蛇绿岩带和高压变质带调查取得重要发现

龙木错 - 双湖缝合带中早古生代蛇绿岩的发现。羌塘中部果干加年山和桃形湖地区发现完整的蛇绿岩组合,由变质橄榄岩、堆晶辉长岩、辉长岩岩墙群、玄武岩、硅质岩等组成。在果干加年山堆晶辉长岩中获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 $438 \pm 11\text{Ma}$ 、

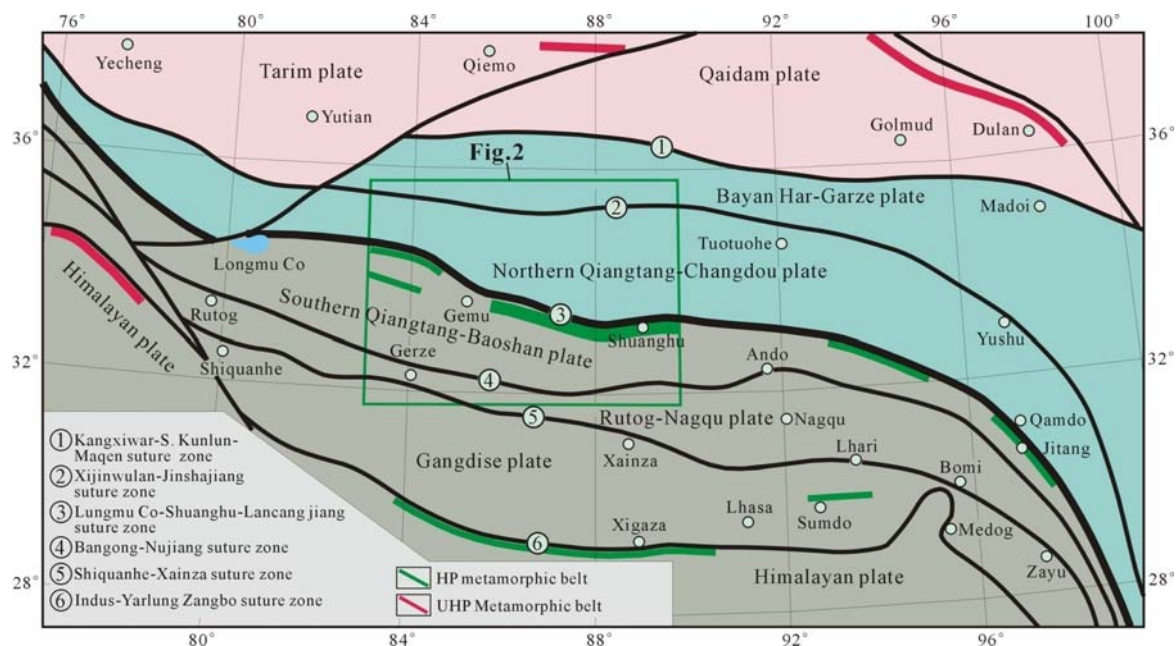
432 ± 7Ma、461 ± 7Ma，在桃形湖堆晶辉长岩获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 467 ± 4Ma、460 ± 8Ma。证明羌塘中部古特提斯洋盆可能形成于早古生代。



羌塘盆地中央隆起带识别出两期不同时代的蛇绿岩

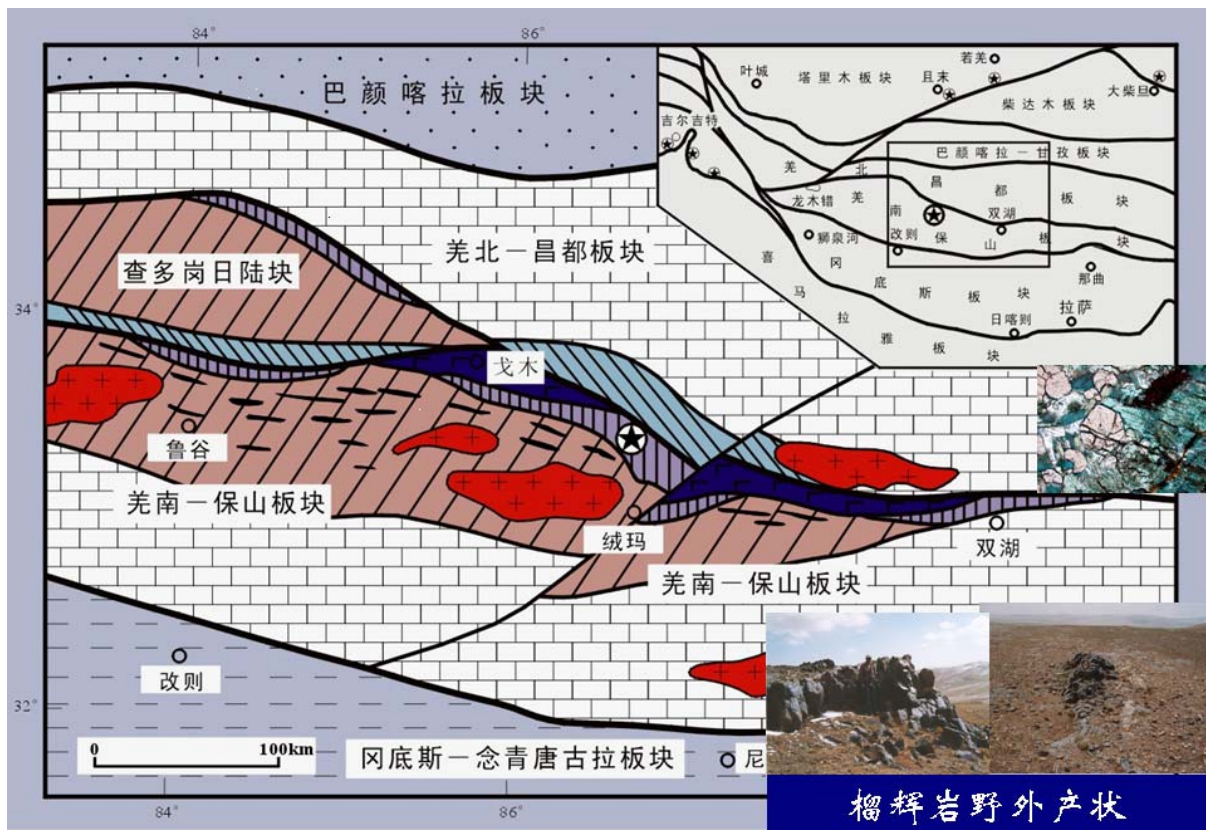
龙木错 - 双湖缝合带中晚古生代蛇绿岩的发现。羌塘中部红脊山、角木日、雪水河、玛依岗日南坡和北坡、角木日，纳若、恰格勒拉和双湖以东的才多茶卡等地陆续发现二叠纪蛇绿岩。主要岩石类型有辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、辉长辉绿岩、橄榄辉长辉绿岩、块状玄武岩、枕状玄武岩和放射虫硅质岩，经对蛇绿岩基性岩墙群和玄武岩锆石的 SHRIMP U-Pb 定年研究，时代为 270Ma - 280Ma，为早二叠世，地球化学分析蛇绿岩为 SSZ 型，显示古特

提斯洋演化可能从早古生代一直延续到三叠纪。



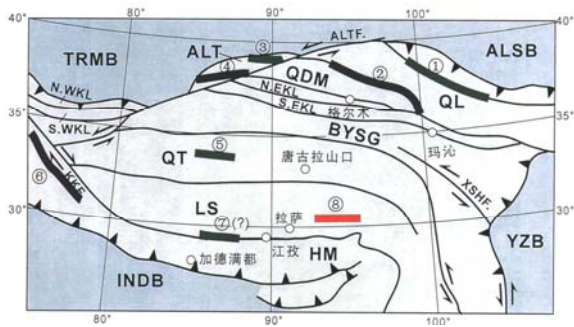
青藏高原高压变质带

羌塘高压变质带的发现。蓝片岩带西起红脊山，向东经蓝岭、角木查尕日、纳若、恰格勒拉，到双湖以东的才多茶卡，断续分布长约 500km。获得了榴辉岩变质峰期年龄为 243Ma，折返年龄 220Ma 左右。估算蓝片岩的变质温度为 410 - 460℃，变质压力为 0.67 - 0.75Gpa。榴辉岩相变质作用温度不超过 500℃，压力为 1.56 - 2.35 GPa。羌塘高压变质岩年代学研究确定，龙木错 - 双湖板块缝合带最终碰撞闭合发生在晚三叠世早期，羌塘高压变质带是冈瓦纳与欧亚大陆汇聚事件的重要记录。

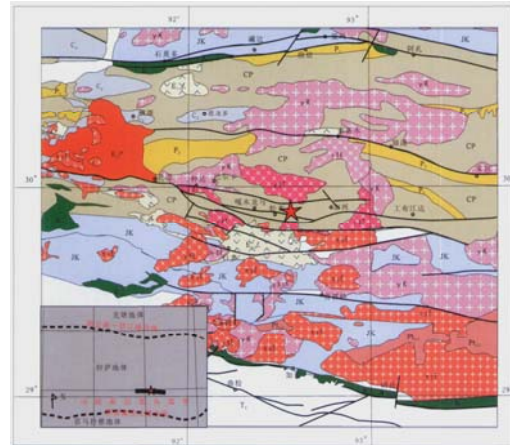


羌塘榴辉岩产出大地构造位置

新发现松多超高压变质带。榴辉岩带产于青藏高原拉萨地体中东部，位于拉萨北东方向，宽度约 500 - 600 米，东西向延伸约 10 千米。榴辉岩为常见的金红石榴辉岩、石英榴辉岩和多硅白云母榴辉岩。利用 Grt-Omp-Phe 和 Grt-Omp 矿物组合对变质温-压估算，获得变质压力和温度分别为 2.58-2.67 GPa 和 680 - 780℃，Sm-Nd 等时线年龄为 $305.5 \pm 50\text{Ma}$ ，锆石 SHRIMP U-Pb 定年获得松多榴辉岩的变质年龄为 $261 \text{ Ma} \pm 5.3 \text{ Ma}$ ，可能形成于早石炭-晚二叠世，表明拉萨地体的榴辉岩带可能是中国境内又一条高压、超高压变质岩带。



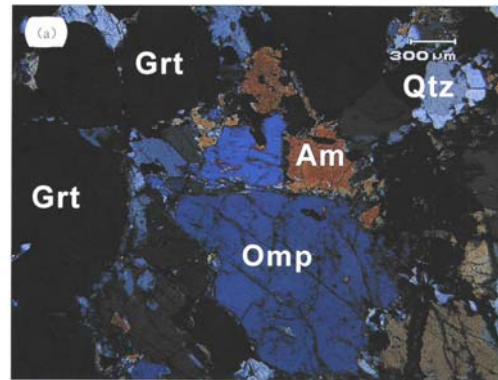
松多榴辉岩产出大地构造图



松多榴辉岩产出周边地质图

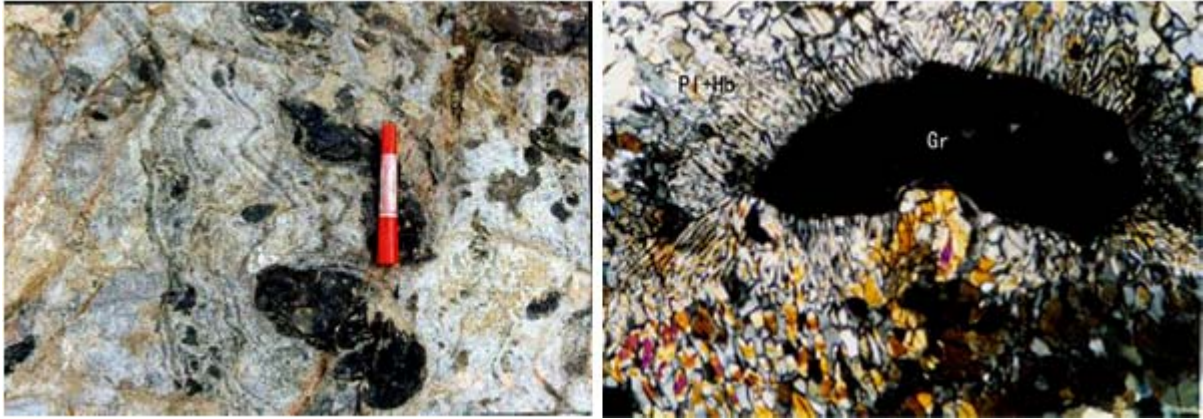


松多榴辉岩野外露头



松多榴辉岩显微镜下矿物特征

在阿尔金岩群中新发现高压、超高压榴辉岩。1:25 万苏吾什杰幅区调新发现的高压、超高压岩石断续分布于巴什瓦克石棉矿一带，东西延长 50 千米，包括石榴二辉橄榄岩、蚀变石榴辉长岩、榴辉岩，石榴二辉橄榄岩峰期变质矿物组合为石榴石+橄榄石+斜方辉石+单斜辉石+菱镁矿，压力 3.8-5.1Gpa，温度 880-970℃，岩片俯冲和折返时期在新元古末至早古生代早期，与区域上且末县江格萨依沟-玉石沟高压、超高压岩带处于同一个构造带，可能是超大陆形成板块汇聚阶段的产物。



高压—超高压变质岩露头宏观特征（左图）与榴辉岩中石榴子石周边发育的冠状体结构（右图）

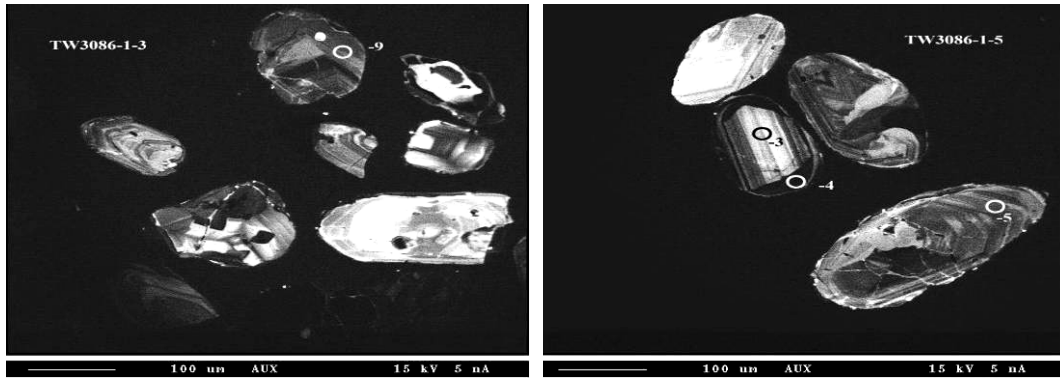
发现了海南昌江-琼海蛇绿混杂岩带。沿昌江-琼海深大断裂带发现了蛇绿混杂岩带，在变质基性岩中获得 Sm-Nd 等时线年龄 $333 \pm 12\text{Ma}$ ，揭示可能是古特提斯的东延伸部分，断裂带南北两侧分属印支和华夏地块。



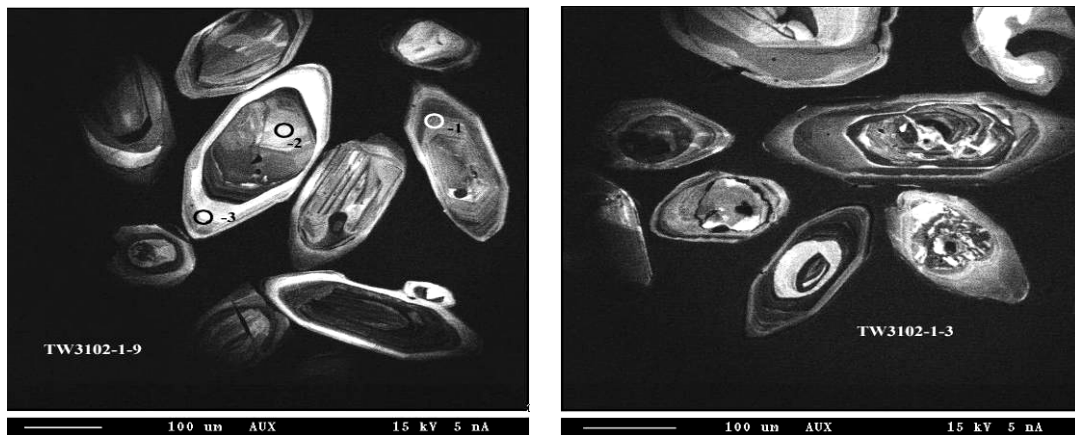
新发现昌江-琼海蛇绿混杂岩带

5. 前寒武纪构造事件研究取得突破性进展

获得了一批高精度的变质岩同位素年龄数据。获得叠布斯格岩群锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 2750 Ma 和 2690 Ma，应归入新太古代而非中太古代；双子山岩群变基性火山岩全岩 Sm-Nd 等时线年龄分别为 (2696 ± 185) Ma 和 (2753 ± 110) Ma，形成时代归属新太古代；吕梁岩群获得了 2051 Ma 和 2099 Ma、 2360 ± 95 Ma、 2351 ± 56 Ma 年龄，形成于古元古代；在秦岭造山带、祁连造山带发现了一些太古—元古的古老结晶基底和蛇绿混杂岩，获得了一批重要的同位素年龄数据，证实了华北板块西南缘和塔里木地块东南缘有大于 36 亿年的古老陆核存在，将北秦岭、祁连的地质构造演化历史向前追溯到古-始太古代；测得原归入中元古代的双桥山群和溪口群的锆石年龄集中于 820 - 840Ma 之间，原归为古元古代的庐山星子杂岩中的斜长角闪岩锆石 SHRIMP 法年龄为 796Ma，均属新元古代，证实华南晋宁运动与全球性格林威尔造山作用及超大陆的形成不属于同一构造事件；在原云开群变质岩系中分别获得得锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄 1894.4 ± 17.36 Ma 和 1846.8 ± 58.58 Ma，并识别出了古老的不整合事件，将云开群重新厘定为下伏天堂山岩群和上覆云开岩群。在天堂山花岗质片麻岩中获得锆石年龄 2701.9 ± 13.23 Ma，是云开地区及至华夏古陆获得的最古老年龄，直接证明了云开地区曾存在新太古代—早元古代的古老结晶基底。



云开岩群斜长角闪岩锆石阴极发光图像

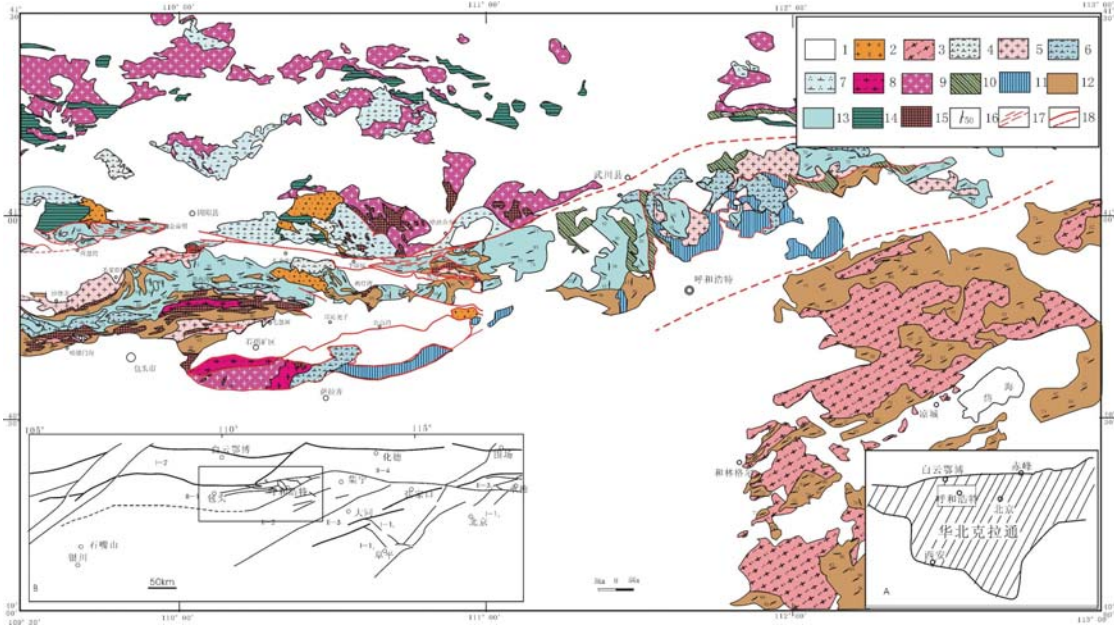


天堂山复式岩体中花岗质片麻岩锆石阴极发光图像

华北地块识别出 3 条前寒武纪构造-岩浆岩带。华北地块北缘首次厘定出建平 - 承德 - 赤城古元古代构造 - 岩浆岩带，筛分出古元古代 1840 - 1880Ma 弧岩浆岩带。在大青山地区筛分出古元古代造山带。在中条山-吕梁山地区识别出古元古代的岩浆弧或造山带。获得了太古代五台运动变质作用的年龄为 2450-2466Ma，证实华北地块北缘存在相当于五台运动的造山事件。

华北前寒武纪变质基底研究程度提高。将原代表新太古代和中太古代之间的铁堡不整合重新修正为古元古代溥沱群与下伏新太古代阜平岩群之间的不整合。结合同位素测年资料，建立了华北典型地区前寒武纪变质地层格架；从太行山太古代阜平岩群中

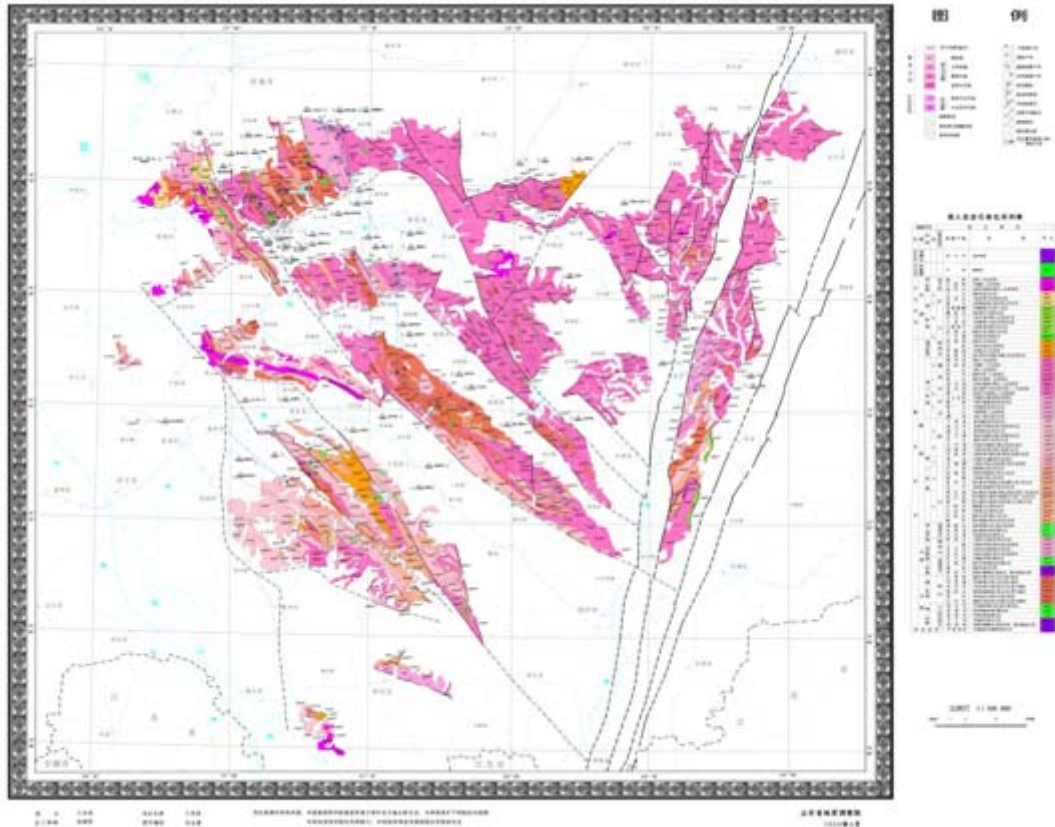
解体出古元古代湾子岩群，将华北地块南缘太古代太华岩群上亚群重新厘定为古元古代，深化了华北地区前寒武纪变质基底研究程度。



内蒙大青山地区前寒武纪变质基底构造单元划分略图

鲁西前寒武纪地层年代学研究取得重大进展。地层年代学研究及早前寒武纪侵入岩研究成果为我国前寒武纪地层年表的编制提供了重要依据。确定了泰山岩群的形成时代为 2800 - 2750Ma，属新太古代早期。确定了荆山群和粉子山群的形成时代为古元古代晚期；鲁西地区早前寒武纪结晶基底锆石 SHRIMP 测年结果显示，新太古代发生三期岩浆侵入活动，每期岩浆侵入活动开始都有地幔岩浆侵入。早期构造岩浆活动主要形成 2.74 ~ 2.7Ga 的英云闪长质片麻岩、条带状英云闪长质片麻岩，中期构造岩浆活动主要形成 2.65 ~ 2.6Ga 的 TTG 质花岗岩，晚期构造岩浆活动从地幔岩

浆侵入到地壳深熔大规模的钾质花岗岩形成 2.55~2.5Ga 的中基性~中酸性侵入岩,导致大规模陆壳的形成。古元古代早期和中元古代早期,有少量岩浆沿太古代刚性陆壳裂解形成的张性裂隙侵入。



鲁西地区早前寒武纪地质略图

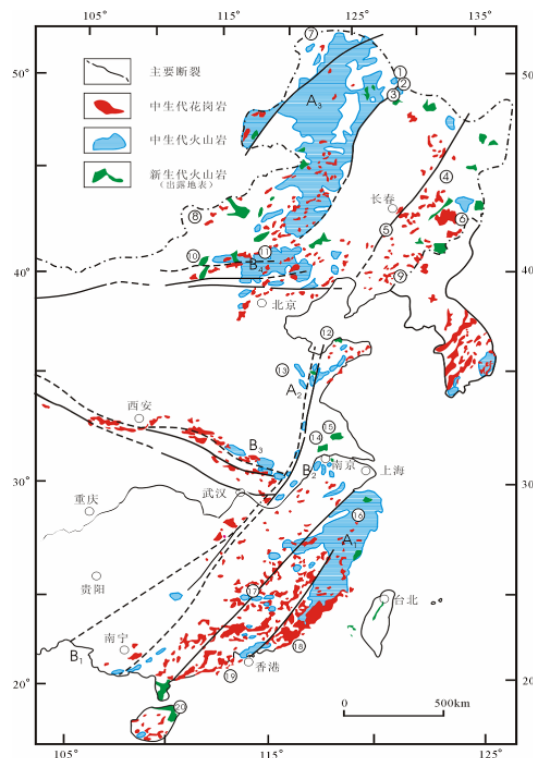
扬子陆块前寒武纪基底研究获得新进展。东川群黑山组凝灰岩获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $1503 \pm 17\text{Ma}$; 昆阳群黑山组富良棚段火山岩中获得三组年龄, 分别是 1800Ma 代表了基底年龄、 1032Ma 为成岩年龄、 850Ma 为变质年龄; 会理群凝灰中获得 SHRIMP U-Pb 锆石年龄, 通安组三段为 1270 ± 95 、 $861 \pm 34\text{Ma}$, 通安组五段为 $1082 \pm 13\text{Ma}$, 天宝山组火山熔岩为 $1036 \pm 12\text{Ma}$ 。为扬子陆

块基底前寒武纪地层时空格架的建立提供了重要依据。

6. 中国东部中生代火山岩研究取得新认识

修订了中国东部中新世火山岩年代格架。通过大量高精度锆石测年数据及新的生物地层学资料等，一致表明区域上原归为晚侏罗世的大面积火山岩时代为早白垩世早期（均 $<145\text{Ma} \sim 115\text{Ma}$ ）。

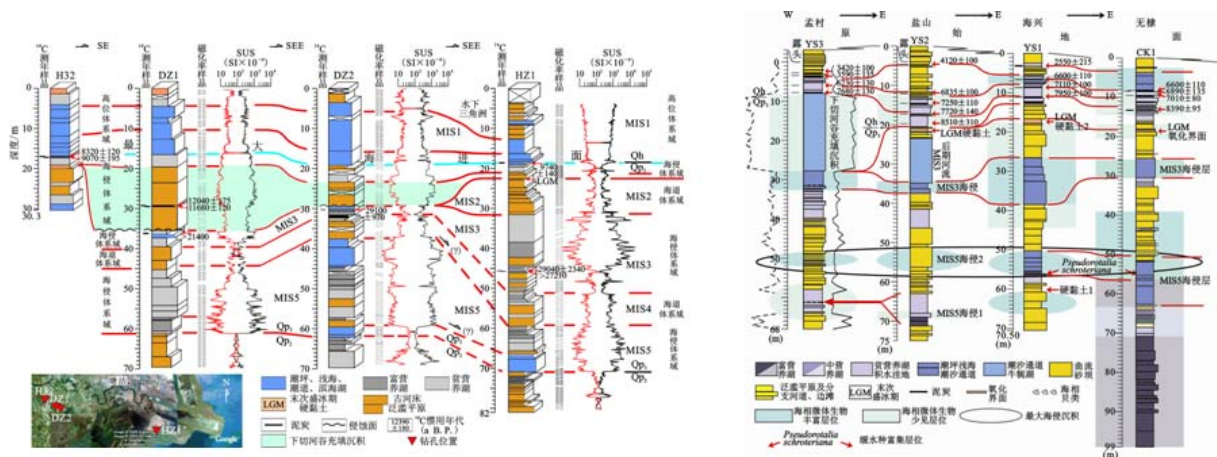
将中国东南部中生代火山活动划分为五个旋回。分别对应于五个大地构造演化阶段，印支运动与燕山运动的造山过程有相似的岩石学记录。提出中生代构造体制大转折发生于中侏罗世初（ 170Ma ），结束于晚侏罗世（ $150 \sim 143\text{Ma}$ ），说明整个中国东部具有统一的构造体制转折时限。



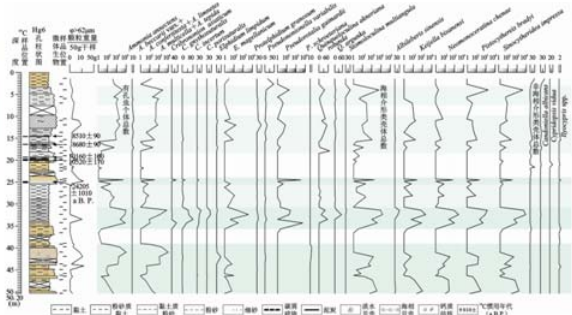
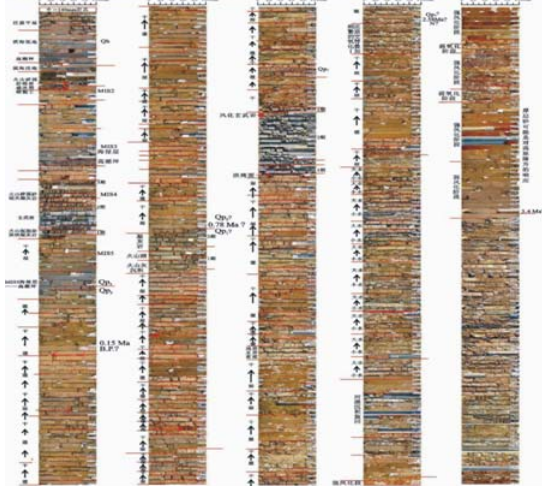
中国东部中生代火山岩分布图

7. 第四纪调查与研究取得新进展

环渤海第四纪研究取得新进展。系统厘定了第四系及新近系的岩石地层单位，统一了环渤海地区第四纪地层层序，建立了环渤海地区第四纪地层层序；查明了晚更新世以来海岸带及滨海低平原的地层结构，以区域性事件层（海相层、洪泛层、晚更新世顶部硬粘土层、泥炭层等）为主要标志，结合 ^{14}C 精确测年，对区域地层结构进行了划分对比，建立了环渤海地区第四纪区域地层层序，为地下空间开发利用、重大工程建设、水文地质结构研究等提供了基础资料；对时间跨度小、沉积环境频繁变化的全新世、进行了高分辨沉积学、微体生物学、年代学研究，查明了全新世以来地层结构和古河道、古湖泊的分布和海岸线、潮间带的位置和变化，从河流进积与海洋作用的海陆交互关系，恢复了环渤海全新世地质环境演变过程。

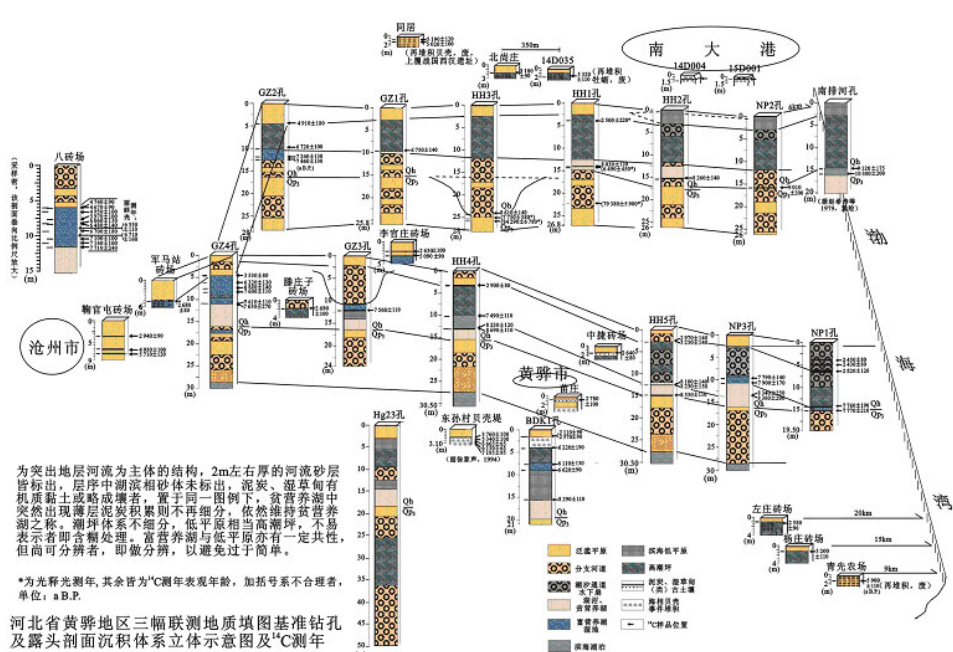


环渤海地区第四纪地层层序图



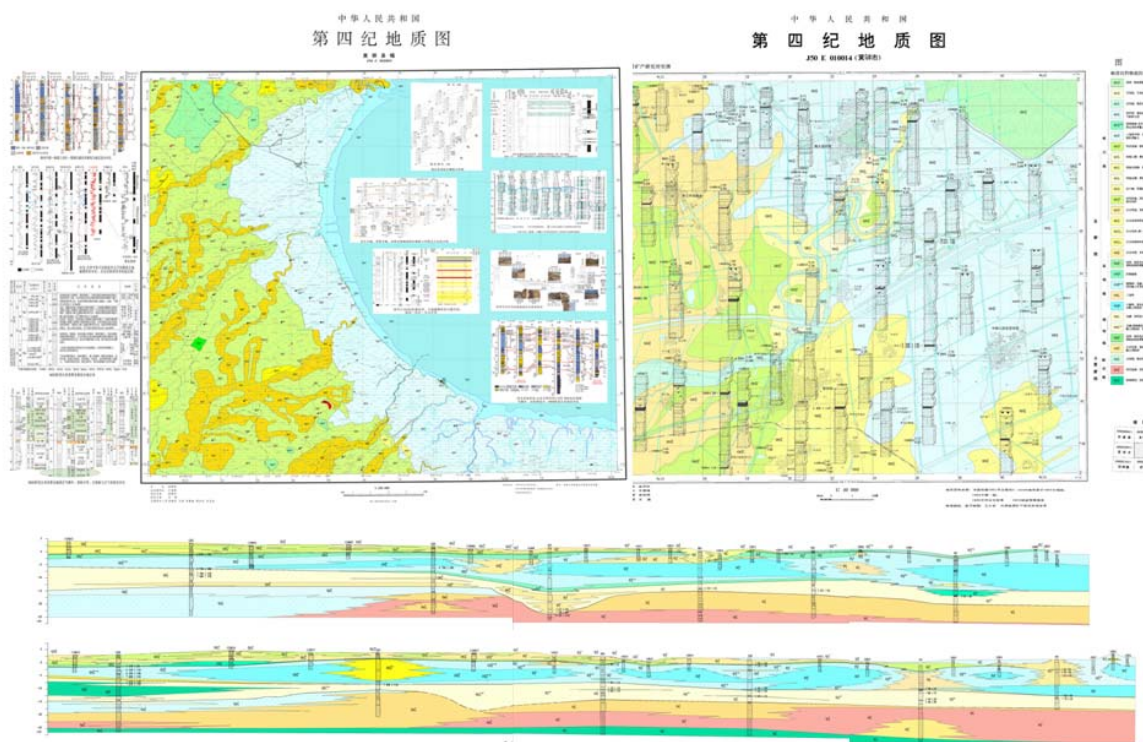
深度 (m)	样品位置	样品描述	陆相沉积类	陆相沉积类	陆相沉积类	深度 (m)	区域环境
0						0	现代平原
3.45	3.45m	3.45m 处发现土质层 (uncolored) 一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 二十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 三十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 四十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 五十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 六十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 七十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 八十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十一期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十二期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十三期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十四期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十五期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十六期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十七期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十八期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 九十九期, 4.25m 处发现土质层 (uncolored) 一百期.	现代平原				
4.910	4.910±100					4.910	现代平原
6.720	6.720±100					6.720	现代平原
10.000	10.000±100					10.000	现代平原
12.750	12.750±100					12.750	现代平原
15.450	15.450±100					15.450	现代平原
18.450	18.450±100					18.450	现代平原
21.950	21.950±100					21.950	现代平原
24.950	24.950±100					24.950	现代平原
28.000	28.000±100					28.000	现代平原
31.000	31.000±100					31.000	现代平原
34.000	34.000±100					34.000	现代平原
37.000	37.000±100					37.000	现代平原
40.000	40.000±100					40.000	现代平原
43.000	43.000±100					43.000	现代平原
46.000	46.000±100					46.000	现代平原
49.000	49.000±100					49.000	现代平原
52.000	52.000±100					52.000	现代平原
55.000	55.000±100					55.000	现代平原
58.000	58.000±100					58.000	现代平原
61.000	61.000±100					61.000	现代平原
64.000	64.000±100					64.000	现代平原
67.000	67.000±100					67.000	现代平原
70.000	70.000±100					70.000	现代平原
73.000	73.000±100					73.000	现代平原
76.000	76.000±100					76.000	现代平原
79.000	79.000±100					79.000	现代平原
82.000	82.000±100					82.000	现代平原
85.000	85.000±100					85.000	现代平原
88.000	88.000±100					88.000	现代平原
91.000	91.000±100					91.000	现代平原
94.000	94.000±100					94.000	现代平原
97.000	97.000±100					97.000	现代平原
100.000	100.000±100					100.000	现代平原

环渤海地区第四纪地层结构

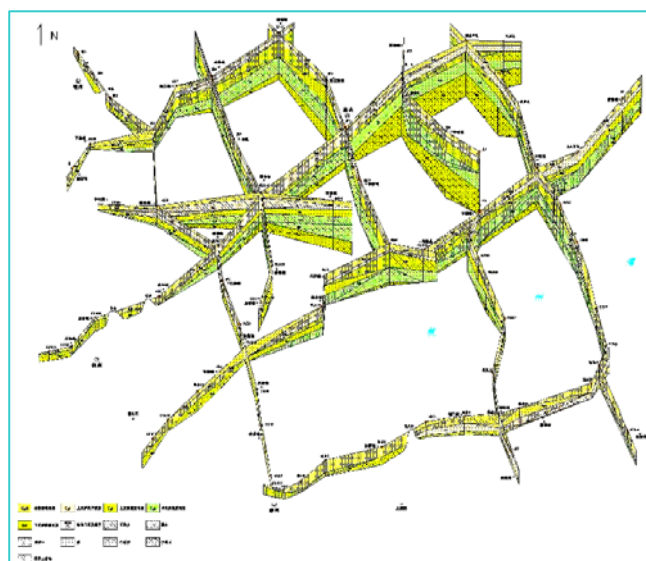


环渤海地区第四纪地层结构

第四纪填图取得突破。在传统的第四纪浅表地质图上，填绘了第四纪三维地层结构，表示了较多的非正式岩石地层单位，丰富了图面内容，创新了第四纪填图图面表达方式，为拓展应用奠定了基础。



第四纪地质图

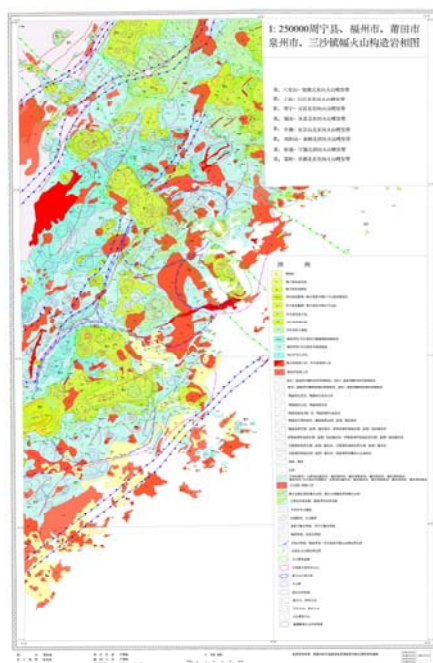


杭嘉湖地区第四系三维立体剖面图

六、方法技术得到跨越式发展

1. 填图理论方法不断创新

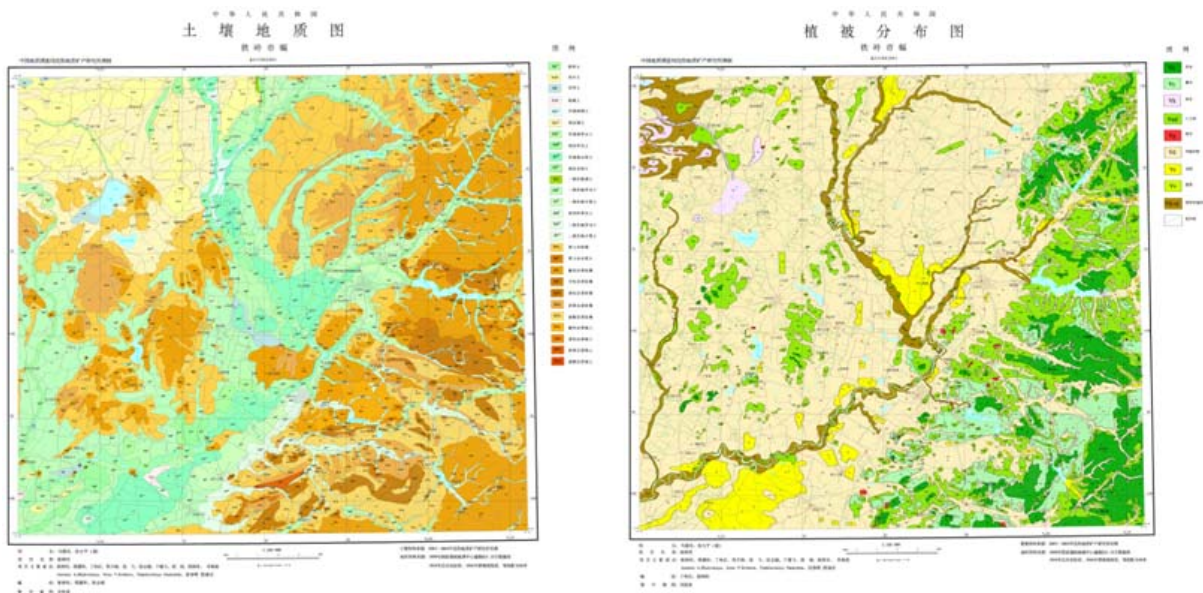
陆相火山岩区填图方法进一步完善。对火山岩区填图探索和总结出三位一体“火山构造—岩性岩相—火山地层”填图方法。以火山构造为重点，调查火山构造空间组合与相互关系及其与区域构造的关系，按火山构造单元研究火山地层，建立火山岩区的地层层序和时空格架。采用航磁、重力、地震等地球物理学方法研究火山基底构造及其对火山的控制作用，建立火山构造模式和火山活动与演化规律。将火山岩区的“火山地层—岩相（岩性）”双重填图方法进一步法推进到“火山构造—火山地层—岩相（岩性）”三位一体填图方法。



福建福州—泉州地区火山构造岩相图

发展了第四纪厚覆盖区填图理论和方法。将高分辨率层序地层学的理论与方法入第四纪填图，应用“基准面旋回”理论，采用岩石地层、气候地层、年代地层、磁性地层等多重地层划分和对比方法，建立第四纪厚覆盖区地层格架。利用标准孔，通过古土壤、古暴露面及其所对比的剥蚀面和沉积界面的识别研究，解决了标准孔与一般钻孔的气候旋回等时对比问题，并对气候旋回内的地层进一步对比，编制剖面图和准瞬时岩相古地理图。

探索区域生态地质调查方法。应用第四纪地质学与土壤学理论，根据第四系成因类型与地貌特点以及与母岩之间的相互关系，从地学角度建立土壤地质填图单位。调查“岩石-土壤-植物”系统中元素生态地球化学特征，查明土壤、水文以及植物的区域生态状况，编制土壤类型分布图。在土壤类型调查的基础上，通过开展土壤地球化学与水文地质环境调查，对区域环境地质背景进行综合评价，拓展了地质调查的社会服务领域。



铁岭市幅土壤地质图与植被分布图

2. 技术标准进一步完善

为进一步规范区域地质调查，针对当前区调工作特点和需求，编制和修订了1:250000区域地质调查技术要求(DZ/T0246-2006)、数字填图技术要求，城市地质调查工作指南与系列标准、区域地质调查总则(1:50 000)(DZ/T 0001-91)、基岩区1:50 000区域地质调查规范、第四纪区域地质调查技术要求，进一步明确了区调技术要求和工作程序等，为区调工作提供了技术保障。

3. 数字填图技术居世界领先水平

研发了区域地质调查野外数据采集系统，实现地质填图从野外数据采集到图件编绘和地质图数据库建设的全流程数字化，广泛应用于当前区调工作，提升了区调工作的信息化和现代化水平。