

粤中—粤东地区区域重力成果

伍卓鹤¹, 何俊美²

(1. 广东省地质物探工程勘察院, 广东 广州 510800; 2. 广东省地质调查院, 广东 广州 510100)

摘要: 介绍“十五”以来广东省完成的粤中—粤东地区 1: 20 万区域重力调查工作所取得的成果。

关键词: 粤中—粤东地区; 区域重力调查; 划分构造单元; 侵入岩体

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2007)05-0435-05

“十五”以来, 广东省完成了总面积 62 025 km² 的粤中—粤东地区 1: 20 万区域重力调查, 共获得 10 784 个高精度重力测点数据, 布格重力异常总均方误差最大为 $\pm 0.384 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 最小为 $\pm 0.271 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 优于《区域重力规范》的要求。通过高精度 GPS 卫星定位技术的应用, 测地、重力测量工作精度得到显著提高。5 年来完成的区域重力调查工作基本上覆盖了广东省区重空白区, 为广东省基础地质研究、区域构造研究和综合找矿研究提供了十分重要的重力基础资料, 为区域基础地质调查数据“数字国土”工程建立了重力基础信息档案。

1 地质特征

粤中—粤东地区处于华南褶皱系的南部, 南临太平洋, 处于太平洋洋壳与陆壳交接转化地带, 该区经历了加里东、印支、燕山期、喜马拉雅期为主的构造活动, 区内地层齐全, 岩浆活动频繁, 构造运动活跃, 矿产相当丰富。

区内地层总体上呈北东向展布, 从南向北地层由新到老。区内北东向断裂带及北西向、东西向断裂带交接复合, 互相割切, 构成一幅网格状的构造图像。以北东向及东西向断裂带最为重要, 规模宏大, 最为醒目。横贯全区的北东向有恩平—新丰深断裂带、河源深断裂带、莲花山深断裂带、潮安—普宁深断裂带、汕头—惠来深断裂带、南粤深断裂带; 东西向有佛冈—丰良断裂带、肇庆—惠来断裂带; 北西向大断裂有河婆—惠来大断裂、饶平—大埔大断裂。

北东向深、大断裂由北西往南东平行排列, 呈等距展布。它们在发展历史上是一个长期、多次活动的复杂构造带, 其形成和发展时间持续较长, 多在加里东期已经开始, 大体定型于燕山期, 晚侏罗世活动

最为强烈, 晚近时期仍有活动, 对区内的岩浆侵入、沉积、变质、矿化均起很大的控制作用。

区内侵入岩以燕山期花岗岩分布最为广泛, 其次为闪长岩, 少量为基性及超基性岩。在空间展布上, 岩浆岩沿断裂带呈北东向及北西向展布, 明显受莲花山、紫金—五华、河源等深、大断裂带控制。由于地壳运动及断裂活动的多期性, 随之而来的岩浆侵入亦显示了多期活动的特点, 形成了多条复式岩体或岩带。

区内矿产丰富, 有大型矿床 5 处, 中型矿床 27 处。

2 重力数据处理

使用区域重力数据库信息系统(2.0 版)对粤中—粤东地区重力数据进行处理。首先进行正常场等各项改正, 在进行坐标转换、2 km × 2 km 网格化预处理后, 通过滤波绘制出布格重力异常图作为本区基础图件。为突出区域性的深部特征和分离出浅部异常, 通过试验认为向上延拓 5 km 布格重力异常与深部构造特征较为一致, 而下延 1 km 布格重力异常比较好地突出了局部场源特征。为采用不同数据处理从多角度研究区内主要断裂情况, 计算了 135° 一阶方向异数, 同时采用了梯级带滤波增强技术。该技术通过适当的数据处理, 使重力梯级带信息得到非线性增强, 从而能更准确地确定断裂等线性构造的位置。

3 区域重力场的分区及其构造单元划分

以上延 5 km 布格重力异常为依据, 对粤中—粤东地区进行重力场分区, 结合地质条件及重力场对区内地质构造单元进行划分。

粤中—粤东地区区域重力场的总趋势由东南向

北西逐渐降低,由内陆向沿海逐渐升高,布格重力异常值变化范围在 $(-58 \sim 4) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 间。从北往南区域重力异常具有不同的特点,以莲花山重力梯级带为界线,两侧具有明显的场值差异:北侧陆域区布格重力异常等值线以北东、东西、北西向展布为特征,布格重力值为负值,而且随着地势的增高,重力值逐渐降低,出现明显的重力低,最小值达 $-58 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,最大值为 $-22 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;南侧区域布格重力异常等值线以北东向梯级带展布为特征,布格重力值为正负值过渡区,而且随着向东南地势的降低,重力场值逐渐升高,最高值为 $4 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,最小值为 $-30 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。本区南北侧布格重力异常等值线具明显的不同特征与南北侧分属不同的大地构造单元密切相关,据此,将测区分为两大不同重力特征场区,对应于2个不同二级大地构造单元:Ⅱ₁对应于内陆区布格重力负异常区,为粤中隆起区;Ⅱ₂对应于沿海梯级带布格重力正负过渡带,为粤东斜坡区。

根据测区内不同布格重力异常特征,沿河源—平远北东向梯级带又可分为2个三级构造单元:Ⅲ₁粤北隆起区及Ⅲ₂粤中隆起区。根据各异常的展布、强度及其变化幅度、形态,又进行次一级重力场分区和划分构造单元,分为12个次一级重力场区,并对应于12个Ⅳ级构造单元区(图1)。

4 断裂构造的重力解释

在布格重力异常变化趋势的背景上,线性重力梯级带是确定地质断裂的最主要标志,结合布格重力水平一阶方向导数轴线、布格重力等值线异常形态及上、下延重力场线性特征确定断裂构造。

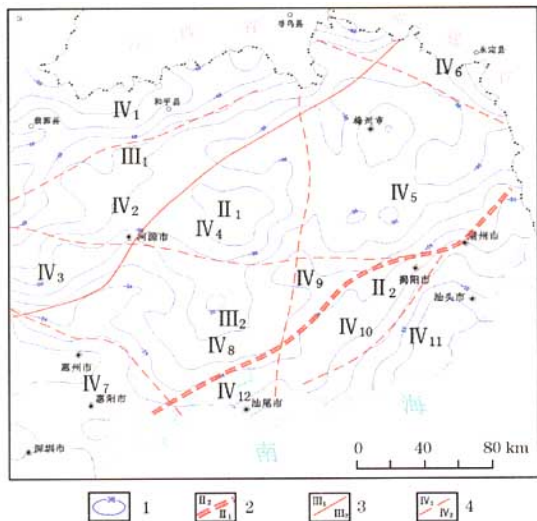
4.1 重力梯级带地质起因分析

重力场从深层证实了区内深、大断裂的存在,深层构造展布方向与地表构造线方向基本一致,本区深、大断裂带广泛发育,北东向最为强烈,东西向、北西向次之,北东向断裂带与北西及东西向断裂带交接复合,互相切割,构成了本区构造骨架。

以重力梯级带为特征的深大断裂基本上控制了各个构造阶段的隆起与拗陷、岩浆活动、变质作用及矿产的形成与展布。

深、大断裂控制了区内多期次岩体侵入,如北东向河源—龙川复式岩浆岩带、海丰—揭西—潮州复式岩浆岩带、陆丰—普宁复式岩浆岩带和东西向河源—紫金复式岩浆岩带(见图4)。

深、大断裂控制了地层的褶皱形态,沿断裂带发育一连串的陆内裂谷盆地;深、大断裂所经地段,形



1—布格重力异常等值线(10^{-5} m/s^2);2—二级构造单元界线;3—三级构造单元界线;4—四级构造单元界线;Ⅱ₁、Ⅲ₂—粤中隆起区(重力低值区);Ⅱ₂—粤东斜坡区(重力梯级带);Ⅲ₁—粤北隆起区(重力低值区);Ⅳ₁—连平和平过渡区(重力梯级带);Ⅳ₂—河源凸起区(重力低值区);Ⅳ₃—龙门凸起区(重力低值区);Ⅳ₄—紫金—兴宁凸起区(重力低值区);Ⅳ₅—梅县凸起区(重力低值区);Ⅳ₆—蕉岭凸起区(重力低值区);Ⅳ₇—惠阳凸起区(重力低值区);Ⅳ₈—惠东—海丰凸起区(重力低值区);Ⅳ₉—揭西过渡区(重力低值区);Ⅳ₁₀—陆丰—揭阳凹陷区(重力高值区);Ⅳ₁₁—汕头凹陷区(重力高值区);Ⅳ₁₂—汕尾凹陷区(重力高值区)

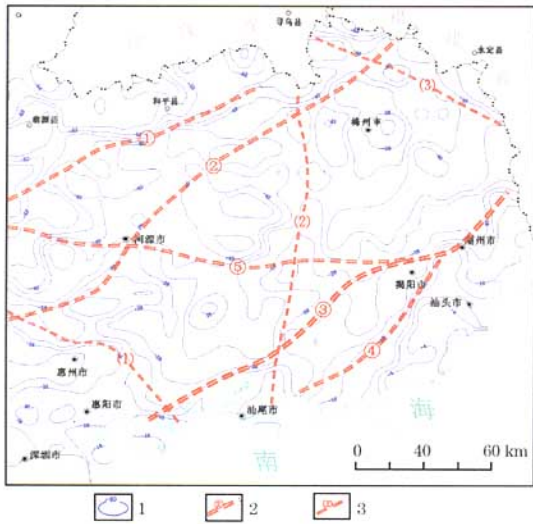
图1 粤中—粤东地区上延5 km 布格重力异常及深层构造分区略图

成了高山、深谷、温泉,还有多条地震带,如新丰江地震带、陆丰—普宁地震带。

4.2 主要断裂的解释

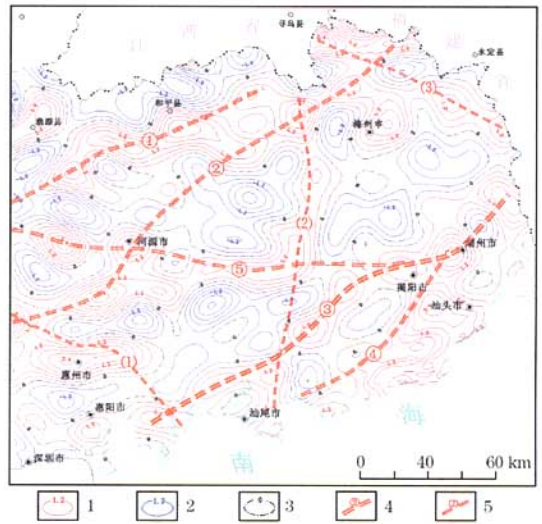
粤中—粤东区内存在着北东向、北西、东西向规模较大、延伸长的重力梯级带,这些梯级带与区内盖层构造展布方向相同,是区内重要断裂带的反映,亦是不同地质构造单元的界线。根据重力场显示的解釋主要断裂的标志,对区内主要重力梯级带进行地质解释。

海丰—揭西—潮州一线重力梯级带由粤中向粤东南沿海一带展布,规模较大,长约500 km,宽达8~20 km,重力场变化梯度大,梯度为 $2.4 \times 10^{-5} (\text{m/s}^2)/\text{km}$;走向北东 $30^\circ \sim 50^\circ$,呈“S”型延展,东部进入福建省内;135°一阶水平导数正异常轴线成串珠状排列(图3),重力场上延5 km及下延1 km梯级带都明显存在(见图1、4),是线性增强密集带(见图2),说明该断裂的存在。该梯级带是本区规模最大的梯级带,是不同重力特征场分界线。推断该带为一断裂引起,主要依据如下。



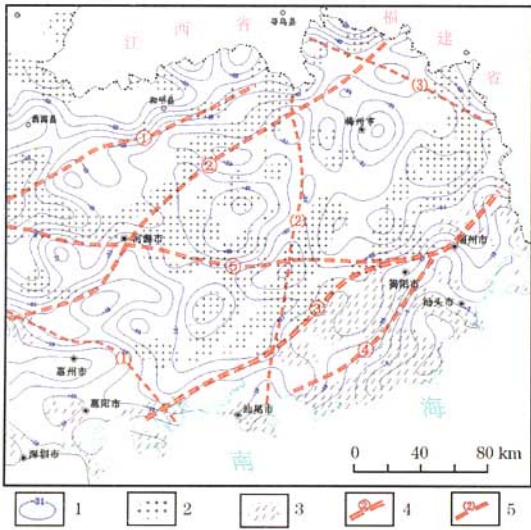
1—布格重力异常等值线(10^{-5} m/s^2); 2—推断深断裂及编号;
3—推断大断裂及编号

图2 粤中—粤东地区布格重力异常(线性增强)及推断主要断裂



1—正等值线; 2—负等值线; 3—零等值线; 4—推断深断裂及编号;
5—推断大断裂及编号

图3 粤中—粤东地区布格重力异常水平方向一阶导数(135°)及推断主要断裂



1—布格重力异常等值线(10^{-5} m/s^2); 2—重熔型花岗岩; 3—同熔型花岗岩; 4—推断深断裂及编号; 5—推断大断裂及编号

图4 粤中—粤东地区布格重力异常下延1km及岩浆岩分布

(1)布格重力异常变化较大的地方为断裂通过的位置,走向东北,突出表现华南褶皱系以北东向延伸为特征的性质。沿布格重力梯级带一线,由于受欧亚大陆板块和太平洋板块的南北向对撞挤压,往往发生北西向扭曲,如在惠来、揭阳、潮州、汕头、三饶等处梯级带发生剧烈“S”型拐扭,扭曲部位是北东向和北西向断裂的交汇处,北西向鸭池壮断裂、榕江断裂、韩江断裂等,也是不同时代、不同成因类型

的岩浆岩的岩浆通道和凝固的场所,在三饶、潮州、揭阳、惠来、汕头等都有大片不同期次花岗岩侵入。

(2)在揭阳一带布格重力梯级带又分叉向西南面普宁和惠来延伸。布格重力梯级带分成2条,大致等距并行排列,与地质上划分的北东向钱东—汕头构造带和三饶—潮安—揭阳构造带对应。这是因为大洋板块和大陆板块不断相互作用,形成一系列一定间距北东向断裂带,即新华夏构造。华南褶皱系在时间发展上,从早古生代、晚古生代、中生代不断推移,构造中心由粤西向粤东不断迁移,构造带在垂直分带上的产状还具有“犁式”的结构模式。

(3)该带沿三饶—潮安—揭阳一线,有14个向斜构造,13条压扭性断裂,如军埠复向斜、马鞍山向斜、尖岩顶向斜、大南山向斜等;15条伴生的配套断裂及燕山期各期次岩浆侵入,其中以北东潮州—普宁断裂为主要断裂,其余为次级断裂。在普宁一带由莲花山背斜及7条北东向压扭性断裂、10条北西向张扭性配套断裂组成。燕山晚期各期次的花岗岩侵入分布其中,以断裂构造、动力变质带及复式岩体为特点。

(4)重力梯级带沿线,温泉成群成带出现,据不完全统计达22处。如普宁一带温泉有7处,还有惠来鹅地矿泉、潮安东山湖温泉、潮阳新甲山温泉等等。温泉分布受断裂构造的多级控制,从较大范围看,温泉沿北东向断裂带分布,从局部地段来看,温泉沿北西向断裂成线状排列。温泉与晚近时期构造

运动有密切的关系。

(5) 该重力梯级带以“S”型展布于潮汕平原。潮汕一带是本省多发地震区,地震活动是该深断裂带重要标志之一。据潮州府志、各县志及近年来汕头地震观测站资料记载,沿海地区惠来、揭阳、潮州、潮阳、汕头、澄海等地自 1067 年以来地震时有发生,据不完全统计,有感地震 280 次以上,五级以上的地震达 11 次以上。从地震资料分析,位于重力梯级带“S”型扭曲部位是历史地震活动频度较高、强度较大的区段,这些部位是北东向与北西向断裂的交汇部位。由于该断裂为一深大断裂,它自晚近期以来一直在活动,新构造运动时期以来,地下能量聚积到一定程度就沿着地壳块体脆弱地段释放,频繁造成地震,在重力梯级带拐弯处,也就是在 2 组断裂交叉部位往往成为地震集中的地方。断裂编号为③,地质上命名为莲花山深断裂;向南分支一条编号为④,地质上命名为潮安—普宁断裂。

其余重力梯级带地质解释见表 1,具体位置见图 2、图 3、图 4。

表 1 重力场推断解释主要断裂一览

编号	重力特征	断裂带名称	方向
①	线性梯级带;一阶水平导数 135° 正异常轴线;上延 5km 及下延 1km 梯级带;线性增强密集带	新丰—和平断裂 (恩平—新丰断裂)	北东
②	线性梯级带;一阶水平导数 135° 正异常轴线;上延 5km 及下延 1km 梯级带;线性增强密集带	河源—龙川断裂 (河源断裂)	北东
⑤	线性梯级带;上延 5km 及下延 1km 梯级带;线性增强密集带	河源—紫金断裂 (佛岗—丰良深断裂)	东西
(1)	线性梯级带;一阶水平导数 135° 正异常轴线;线性增强密集带	博罗—惠东断裂 新推断	北西
(2)	线性梯级带;一阶水平导数 135° 正异常轴线;上延 5km 及下延 1km 梯级带;线性增强密集带	陆丰—兴宁断裂 新推断	南北
(3)	线性梯级带;一阶水平导数 135° 正异常轴线;上延 5km 及下延 1km 梯级带;线性增强密集带	蕉岭—大埔断裂 与地质上命名相同	北西

注:括号内为地质上命名。

通过对区内规模较大的重力梯级带的解释,推断出 5 条深断裂和 1 条大断裂,与原地质上确定的断裂位置基本重合,说明原断裂的存在。另外还新推断了博罗—惠东和陆丰—兴宁 2 条断裂。

5 布格重力异常与侵入岩体关系

利用布格重力异常向下延拓 1 km,使得延拓面接近场源,突出局部异常,对浅部地质体进行识别。

区内多期次酸性侵入岩体明显位于重力低,根据局部异常的规模、形态、特征,结合地质等信息,可以圈定区内花岗岩体分布(图 4)。花岗岩呈带状分

布,以北东向和东西向较为醒目,均受区域构造控制。

(1) 内陆北东向岩带。河源岩带:主要分布于新丰、河源、龙门、兴宁一带,构造的主体侵入为燕山早期的黑云母花岗岩类,受控于河源深断裂。莲花山岩带:主要分布于惠东—海丰、揭西—大埔一带,构造的主体侵入为燕山早期的黑云母花岗岩类,受控于莲花山深断裂。

(2) 东南沿海花岗岩。东南沿海广布花岗岩,与布格重力梯级带及剩余布格重力正异常相对应,与内陆花岗岩对应于局部负异常有明显差异,沿北东向梯级带展布,并受北东莲花山、潮安—普宁断裂区域断裂控制。

东南沿海花岗岩对应于东南沿海布格重力异常梯级带,内陆花岗岩基本上是对应于局部重力低或布格重力异常等值线扭曲部位。重力场特征上两者明显处于不同地质背景,在早古生代以来,由于地壳差异沉降,东南沿海山地褶皱隆起伴随着区内物质不断外运,上地幔隆起,地壳变薄。由于大洋板块和大陆板块不断相互作用,大洋板块向大陆板块俯冲,导致岩石圈受热,高温的地幔物质沿着北东向潮州—普宁深断裂不断上涌与地壳下部岩石混熔形成岩浆,故该区花岗岩具有高铁低钾,密度值大特点。如在汕头、南澳地区花岗岩密度为 2.60 g/cm^3 ,珠江口外岛屿花岗岩密度值在 $(2.66 \sim 2.76) \text{ g/cm}^3$,比内陆地区花岗岩密度(2.55 g/cm^3)高,据此,以东南沿海重力梯级带为界圈定重熔花岗岩和同熔花岗岩范围,内陆地区花岗岩为重熔型。

6 重力场找矿信息的分析

本区矿产资源丰富,矿种多,有大顶大型铁矿和锯板坑大型钨矿床、大吉山大型钨矿床、嵩山大型银矿、澄海县莲花山大型钨矿等 5 处,中型矿床有 27 处。它们在空间分布上成群出现,有的成区集中或成带分布,其富集规律受构造岩浆岩控制。构造活动控制了各侵入期岩体活动空间,使含矿热液沿导矿构造上升,在容矿构造中富集成矿。

通过重力场与矿产空间分布规律的对比分析,矿床富集区大多位于重力低部位,或集中在重力低边缘上。重力低及其边缘是花岗岩侵入及花岗岩与围岩的内外接触带,是断裂构造控矿、成矿的有利地段。本区内有 3 条成矿区带与重力场特征密切相关。

(1) 在新丰—和平一线有多处圈闭布格重力低,沿新丰—和平梯级带沿线出现多处突变和扭拐,

这些部位是花岗岩沿北东向断裂侵入的表现,形成具北东向构造岩浆岩带,沿带分布的钨锡铅锌铁多金属矿构成了一条北东向成矿带,如连平县锯板坑大型钨矿床、新丰大顶大型铁矿。

(2)沿莲花山一线布格重力异常梯级带呈“S”型延展,沿线出现一系列重力低和不同方向的扭拐,这些地方与花岗岩沿断裂侵入位置对应,形成具北东向构造岩浆岩带。沿莲花山断裂带控制的北东向构造岩浆岩带分布的钨锡铅锌多金属矿构成本区北东向成矿带,如揭阳县新亨锡多金属矿、揭阳车田锡多金属矿、潮安厚婆岭铅锌多金属矿区等。它们在

空间分布上成群出现,有的成区集中,或成带分布,其富集规律受构造岩浆岩控制。

(3)沿蕉岭—大埔一线有多处局部重力低,这些重力低是花岗岩沿线侵入的位置。由蕉岭—大埔断裂带控制的北西向构造岩浆岩带为铁锰多金属成矿带,如平远尖山含锡铁矿床、蕉岭钨锡成矿区带。

参考文献:

- [1] 杨超群,贺同兴,翁世吉,等. 广东省区域地质志[J]. 北京:地质出版社,1988.

ACHIEVEMENTS OF REGIONAL GRAVITY SURVEY IN CENTRAL AND EASTERN GUANGDONG PROVINCE

WU Zhuo-he¹, HE Jun-mei²

(1. Guangdong Academy of Geological and Geophysical Engineering Exploration, Guangzhou 510800, China; 2. Guangdong Geological Survey, Guangzhou 510100, China)

Abstract: This paper describes the achievements made in 1: 200,000 regional gravity survey in central and eastern Guangdong area since the implementation of the Tenth Five-Year-Plan.

Key words: central and eastern Guangdong area; regional gravity survey; tectonic unit division; intrusive body

作者简介: 伍卓鹤(1969 -),男,高级工程师。毕业于长春地质学院,长期从事物探技术应用和研究,现任职于广东省地质物探工程勘察院。

上接 413 页

the spreading locations of such deep faults as East Kunlun Middle and East Kunlun North. According to twelve faults inferred recently from gravity data, this paper also holds that the Jian Mountain-Halihade Mountain fault is the boundary fault of two first grade tectonic units. Using the quantitative computational method of fitting Bouguer Gravity Anomalies profile, the authors obtained the formation parameters of some deep faults in eastern East Kunlun Mountains.

Key words: eastern part of East Kunlun Mountains; deep fault; gravity anomaly; deduction and interpretation; quantitative calculation

作者简介: 孙王勇(1963 -),男,物探高级工程师。1985年毕业于成都理工学院,现任青海省地质调查院副院长,青海地矿局学科带头人,长期在青藏高原从事物探化探工作,2000年首次将GPS航迹监控方法应用于区域化探中,得到中国地质调查局的肯定,并于2001年开始在全国区域化探中推广应用。