

应用地球物理资料研究中国深部地壳构造及矿产分布

刘元龙 郑建昌 焦灵秀

(中国科学院地球物理研究所,北京,100101)

摘要 利用重力、磁力异常及地质资料讨论了中国古板块划分。用二维和三维方法及各沉积盆地新生代厚度资料计算其重力效应,并从1:100万布格重力异常中消除其影响,得出深部重力异常。用作者提出的反演三维密度界面的质面系数法,华南地区还用变密度的三维质面系数法反演重力资料得出中国地壳构造图。研究了石油及某些金属矿与地壳构造的关系,得出地幔上隆区与大沉积盆地相对应,为油气田远景区;地幔陡坡带、大重力梯级带、各古板块或块体交界地带,特别是地幔陡坡带、重力梯级带受到不同方向深断裂干扰而发生扭曲地区,对某些金属矿成矿条件尤为有利。指出中国中部地区,即西安—宝鸡—天水—陇西至若尔盖—平武—汉中—安康—西安一带及其所围地区为金、铁、铜、铅锌等金属矿产远景区。

关键词 地球物理资料 古板块划分 三维反演 深部地壳构造 矿产分布

中图分类号 P631.1, P631.2

0 引言

国内目前大范围地壳构造资料,一般未消除新生代低密度层的影响,有的采用统计方法,有的采用二维 $\sin x/x$ 法^[1]。如果区域重力场及构造分布不满足二维条件时,用二维方法计算会产生很大误差。另外,目前国内外利用深部地壳构造进行矿产远景区预测的文章太少^{[2]、[3]}。前苏联在这方面取得了较好的结果^[4]。我国经过近30年地质及地球物理勘探工作,地面易找的矿产大多已被找到,需要开展深部找矿工作。利用深部地球物理研究地壳构造及其与矿产分布关系,指出成矿远景区,对开展深部找矿是极其有利的。

1 资料及计算方法

本文采用国家测绘局给出的1:100万布格重力异常资料,收集了各沉积盆地新生代地层密度及厚度资料。该层的密度为 $2.0\sim 2.4\text{ g/cm}^3$,随其厚度的增加略呈指数增加,比其下伏的地层(古生代或中生代地层)或岩石(侵入岩或变质岩)密度低 $0.3\sim 0.7\text{ g/cm}^3$ 。因此层分布范围较大,即使用 $1^\circ\times 1^\circ$ 平均重力资料也很难消除其影响。所以,我们根据其密度资料及其厚度分布特征,分别用二维或三维方法,计算其重力效应,并从1:100万布格重力资料中消除其影响。另外,浅部构造分布范围及起伏幅度与深部莫霍面起伏幅度及范围相比属“高频”,所以用消除高频保留低频的点距为 $20\sim 40\text{ km}$ 的五点或九点滑动平

第一作者简介 刘元龙 男 59岁 研究员 地球物理学专业 已发表“用压缩质面法反演重力资料以估算地壳构造”等论文

收稿日期 1992-12-24

均法消除其影响^[5],得出反映深部构造的深部重力异常。东北及渤海周围,重力场及地质构造分布为NE方向,满足二度条件,采用作者提出的二维压缩质面法计算地壳构造^[5]。其它地区采用三维密度界面的质面系数法^[6]计算地壳厚度 H_1 。

华南地区地震测深及爆破资料^{[7]、[8]}可知标准厚度 $D=31\text{ km}$ 及 H_1 ,由上述方法可得 σ_i 及壳幔密度差 $\Delta\rho_i$ 。经统计得出该区深部重力异常与壳幔密度差 $\Delta\rho$ 的关系曲线(图1)。用上述方法及图1重力值取密度差 $\Delta\rho_i$ 进行反演,其结果与地震测深结果更符合(图2)^①。一般先用 $2l/D=1.0$ 的a系数反演近似厚度,华南地区平均厚度为33 km,再用 $2l/D=0.9$ 的a系数进行调整反演,调整

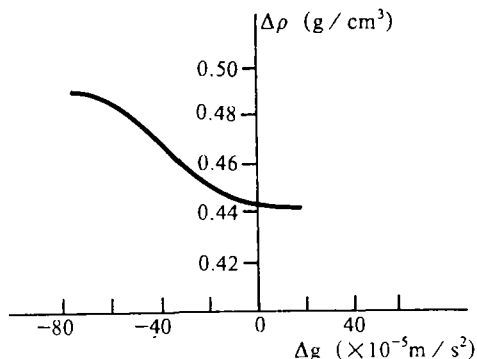


图1 华南深部重力异常与壳幔密度差的统计关系曲线

Fig. 1 The relation curve of deep gravity anomaly and density contrast between crust and mantle in South China

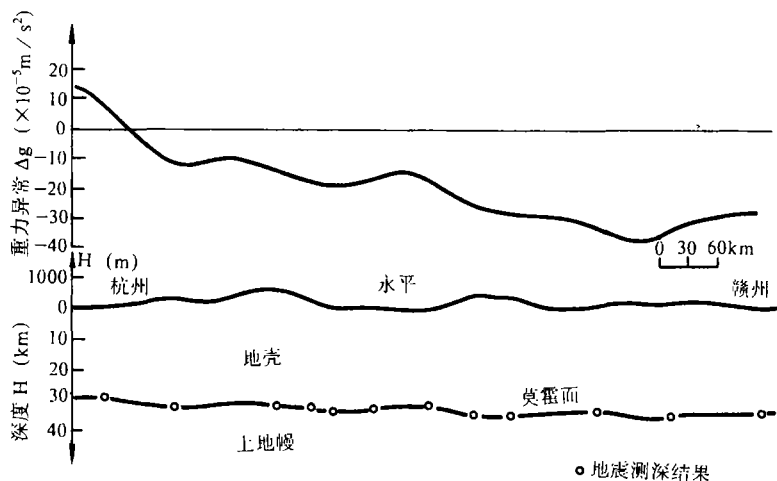


图2 杭州—赣州剖面重力反演结果与地震测深结果对比图

Fig. 2 The map showing contrast the gravity inversion with seismic sounding at Hangzhou—Ganzhou profile

二次得到华南地壳厚度。西北地区平均地壳厚度为40余 km,所以,调整时用 $2l/D=1.1$ 的a系数,调整二次后得到西北地区地壳厚度。用同样方法并参考有关地震资料^[7],可得出西南、华北、华东及南海大陆架地壳厚度值,再参考徐德琼(1984)东海资料^[10]及刘祖惠(1983)南海资料^[1]编绘出中国地壳构造图(图3)。

① 郑建昌,刘元龙. 华南地壳构造及其与矿产分布的研究. 全国重力与固体潮会议论文,1986

2 中国深部地壳构造及重力场特征

根据殷秀华等^[11]及刘元龙等^[12]编绘的中国 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 平均布格重力异常图和图 3 表明,我国布格重力异常从台湾东部的 2000~3000 g. u.^① 向西逐渐衰减, 龙门山一带为 -1500 g. u., 青藏高原最低, 为 -5000~-5600 g. u.。而地壳厚度则从台湾东的海沟一带几 km 向西逐渐加厚, 龙门山一带为 45~50 km, 青藏高原最厚, 约为 60~72 km。大致从贺兰山—龙门山—康定—云南河口有近于 SN 向重力梯级带, 也是地幔顶部急剧变化的陡坡带(以下简称幔坡带)。此区近代地震较活跃, 为 SN 向的地震活动带。银川—天水有近于 SN 向深断裂(陈国达等, 1977)^[13], 天水—康定为 NE—SW 向深断裂, 康定—云南河口为 SN 向深大断裂带^{[14][15]}。

刘元龙等(1985)用大兴安岭实际资料说明地幔陡坡带一般是重力异常梯级带, 其形态象断层产生的重力异常, 因而它显示地下有深大断裂。南北构造带(简称 L—K 带)情况也说明此种情况。所以, 可根据图 3 及有关地质构造资料^[13~17]对中国深部构造进行划分, 得出图 4。图 4 中的 L—K 幔坡带及重力梯级带可将中国大陆划分为两部分: 该带以东为中国东部构造域, 构造线方向以 NE 或 NNE 为主; 该带以西为中国西部构造域, 构造线方向以 NW 或 NWW 为主。

2.1 中国东部地壳构造及重力场特征

图 3 及图 4 表明, 中国东部有三个大的近 NE 向的重力梯级带、幔坡带: 即台湾—琉球幔坡带及重力梯级带(简称 T—R 带, 图 4); 浙闽重力梯级带(Z—M 带); 兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带及幔坡带(X—T—W 带)。中国东部也有三个近于 EW 或 NWW 向幔坡带或重力梯级带: 即阴山—燕山重力异常带(Y—Y 带); 秦岭—大别山幔坡带(Q—D 带); 南岭重力梯级带(N 带)。Q—D 幔坡带, Y—Y 重力带表明该带存在深大断裂。陈国达^[13]、张文佑^[14]、黄汲清^[16]等编制的图上还标出了深断裂, 有的还有基性、超基性岩体的断续分布, 所以有可能属古板块边界。因而图 4 中 Y—Y 带以北为蒙古黑古板块, Q—D 带与 Y—Y 带之间划为华北古板块, 而 Q—D 带以南则为华南古板块^[15]。T—R 带属太平洋板块与欧亚板块交界地带, 此重力梯级带宽约 100 余 km, 布格异常为 +1 000 ~ +3750 g. u., 最大梯度值为 17 g. u. /km。此带东南属太平洋中的菲律宾板块, 属大洋型地壳。台湾南至东沙群岛—中沙群岛也是重力梯度带和幔坡带, 为 T—R 带的西南支。该带以南属南海板块。T—R 带以北为中国东海至南海的大陆架幔隆区或重力平缓区。

上述 Y—Y 带, Q—D 带, N 带与几个 NE 向重力梯级带、幔坡带可将中国东部进一步划分为次一级的构造单元(图 4)。

2.2 中国西部地壳构造及重力场特征

中国西部布格重力异常从阿尔泰山至青藏高原波浪式地降低, 青藏高原最低, 近于 -5600 g. u., 地壳厚度则为波浪式地增加, 青藏高原最厚约 70~74 km。

青藏高原周围有巨大近于环形的重力梯级带或幔坡带; 从昆仑山—阿尔金山—祁连

① g. u. = 10^{-6} m/s²

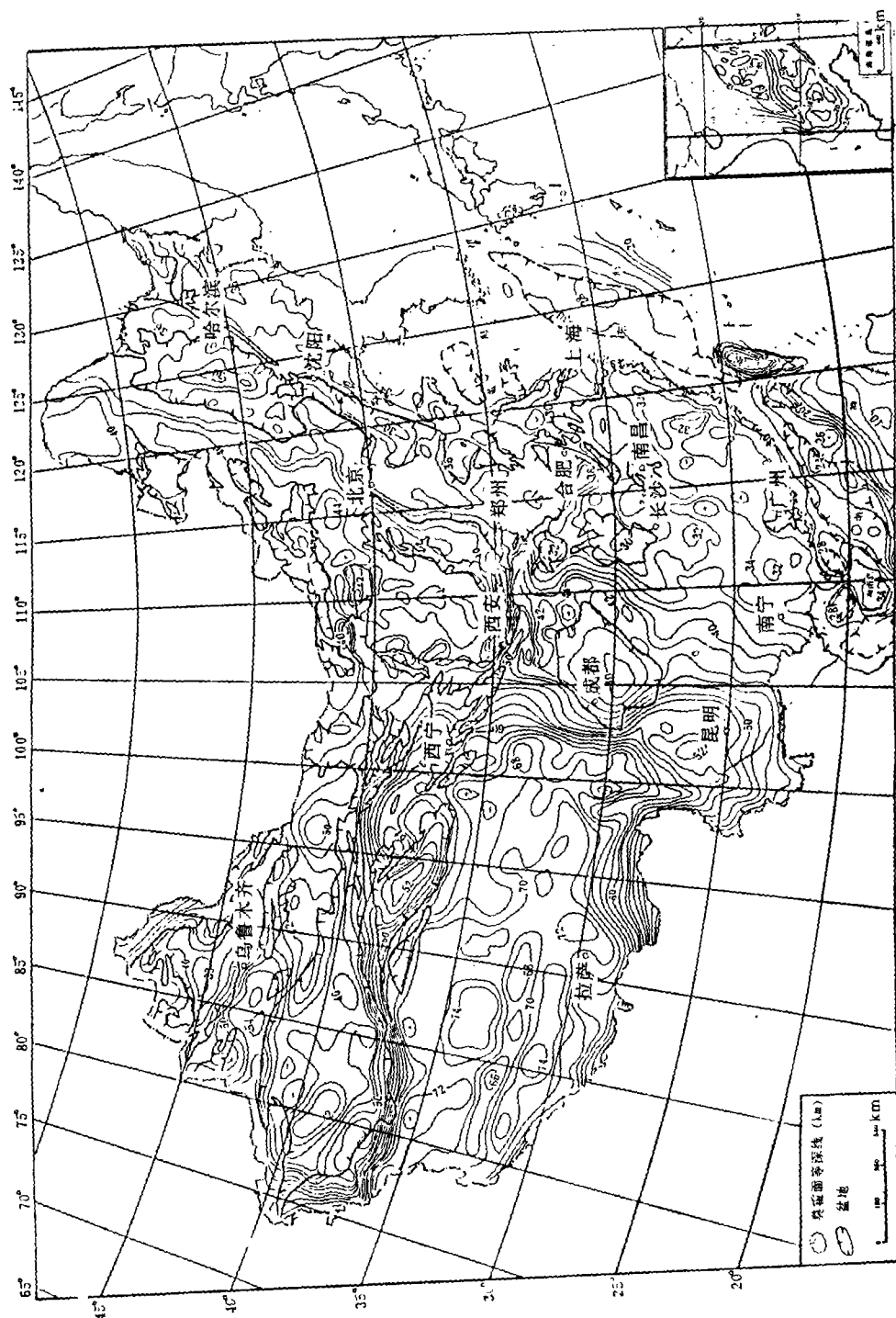


图3 中国地壳厚度图及盆地分布图

Fig. 3 The crustal thickness map and basin distributing graph in China

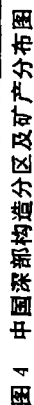


Fig. 4 The deep structural framework and mineral resources map of China

1-重力梯级带及坡带: T-R-台湾-琉球带, Z-M-浙闽带, X-T-W-兴安岭-太行山-武陵山带, L-K-兰州-康定-丽江带, K-Q-昆仑山-秦岭带, A-Q-阿尔金山-祁连山带, A-阿尔泰带, T-天山北带, T₃-天山南带, H-喜马拉雅山带, Y-Y-阴山-燕山带, Q-D-秦岭-大别山带, N-南岭带, D-K-东川-康定带, L-B-L-辽宁东-渤海-鲁中-带, C-长白山带, 2-断裂带, 3-俯冲带, 4-缝合带, 5-油气田, 6-铜矿, 7-金矿, 8-煤矿, 9-铅锌矿, 10-钨矿, 11-铁矿, 12-铬铁矿, 13-钨锡矿, 14-石棉, 15-古板块边界, I-蒙古黑古板块, I₁-长白山山间盆地, I₂-扬子山间盆地, I₃-鲁中坳陷, I₄-华北古板块, I₅-鲁中坳陷, I₆-鲁中坳陷, I₇-鲁中坳陷, I₈-鲁中坳陷, I₉-鲁中坳陷, I₁₀-鲁中坳陷, I₁₁-鲁中坳陷, I₁₂-鲁中坳陷, I₁₃-鲁中坳陷, I₁₄-鲁中坳陷, I₁₅-鲁中坳陷, I₁₆-鲁中坳陷, I₁₇-鲁中坳陷, I₁₈-鲁中坳陷, I₁₉-鲁中坳陷, I₂₀-鲁中坳陷, I₂₁-鲁中坳陷, I₂₂-鲁中坳陷, I₂₃-鲁中坳陷, I₂₄-鲁中坳陷, I₂₅-鲁中坳陷, I₂₆-鲁中坳陷, I₂₇-鲁中坳陷, I₂₈-鲁中坳陷, I₂₉-鲁中坳陷, I₃₀-鲁中坳陷, I₃₁-鲁中坳陷, I₃₂-鲁中坳陷, I₃₃-鲁中坳陷, I₃₄-鲁中坳陷, I₃₅-鲁中坳陷, I₃₆-鲁中坳陷, I₃₇-鲁中坳陷, I₃₈-鲁中坳陷, I₃₉-鲁中坳陷, I₄₀-鲁中坳陷, I₄₁-鲁中坳陷, I₄₂-鲁中坳陷, I₄₃-鲁中坳陷, I₄₄-鲁中坳陷, I₄₅-鲁中坳陷, I₄₆-鲁中坳陷, I₄₇-鲁中坳陷, I₄₈-鲁中坳陷, I₄₉-鲁中坳陷, I₅₀-鲁中坳陷, I₅₁-鲁中坳陷, I₅₂-鲁中坳陷, I₅₃-鲁中坳陷, I₅₄-鲁中坳陷, I₅₅-鲁中坳陷, I₅₆-鲁中坳陷, I₅₇-鲁中坳陷, I₅₈-鲁中坳陷, I₅₉-鲁中坳陷, I₆₀-鲁中坳陷, I₆₁-鲁中坳陷, I₆₂-鲁中坳陷, I₆₃-鲁中坳陷, I₆₄-鲁中坳陷, I₆₅-鲁中坳陷, I₆₆-鲁中坳陷, I₆₇-鲁中坳陷, I₆₈-鲁中坳陷, I₆₉-鲁中坳陷, I₇₀-鲁中坳陷, I₇₁-鲁中坳陷, I₇₂-鲁中坳陷, I₇₃-鲁中坳陷, I₇₄-鲁中坳陷, I₇₅-鲁中坳陷, I₇₆-鲁中坳陷, I₇₇-鲁中坳陷, I₇₈-鲁中坳陷, I₇₉-鲁中坳陷, I₈₀-鲁中坳陷, I₈₁-鲁中坳陷, I₈₂-鲁中坳陷, I₈₃-鲁中坳陷, I₈₄-鲁中坳陷, I₈₅-鲁中坳陷, I₈₆-鲁中坳陷, I₈₇-鲁中坳陷, I₈₈-鲁中坳陷, I₈₉-鲁中坳陷, I₉₀-鲁中坳陷, I₉₁-鲁中坳陷, I₉₂-鲁中坳陷, I₉₃-鲁中坳陷, I₉₄-鲁中坳陷, I₉₅-鲁中坳陷, I₉₆-鲁中坳陷, I₉₇-鲁中坳陷, I₉₈-鲁中坳陷, I₉₉-鲁中坳陷, I₁₀₀-鲁中坳陷, I₁₀₁-鲁中坳陷, I₁₀₂-鲁中坳陷, I₁₀₃-鲁中坳陷, I₁₀₄-鲁中坳陷, I₁₀₅-鲁中坳陷, I₁₀₆-鲁中坳陷, I₁₀₇-鲁中坳陷, I₁₀₈-鲁中坳陷, I₁₀₉-鲁中坳陷, I₁₁₀-鲁中坳陷, I₁₁₁-鲁中坳陷, I₁₁₂-鲁中坳陷, I₁₁₃-鲁中坳陷, I₁₁₄-鲁中坳陷, I₁₁₅-鲁中坳陷, I₁₁₆-鲁中坳陷, I₁₁₇-鲁中坳陷, I₁₁₈-鲁中坳陷, I₁₁₉-鲁中坳陷, I₁₂₀-鲁中坳陷, I₁₂₁-鲁中坳陷, I₁₂₂-鲁中坳陷, I₁₂₃-鲁中坳陷, I₁₂₄-鲁中坳陷, I₁₂₅-鲁中坳陷, I₁₂₆-鲁中坳陷, I₁₂₇-鲁中坳陷, I₁₂₈-鲁中坳陷, I₁₂₉-鲁中坳陷, I₁₃₀-鲁中坳陷, I₁₃₁-鲁中坳陷, I₁₃₂-鲁中坳陷, I₁₃₃-鲁中坳陷, I₁₃₄-鲁中坳陷, I₁₃₅-鲁中坳陷, I₁₃₆-鲁中坳陷, I₁₃₇-鲁中坳陷, I₁₃₈-鲁中坳陷, I₁₃₉-鲁中坳陷, I₁₄₀-鲁中坳陷, I₁₄₁-鲁中坳陷, I₁₄₂-鲁中坳陷, I₁₄₃-鲁中坳陷, I₁₄₄-鲁中坳陷, I₁₄₅-鲁中坳陷, I₁₄₆-鲁中坳陷, I₁₄₇-鲁中坳陷, I₁₄₈-鲁中坳陷, I₁₄₉-鲁中坳陷, I₁₅₀-鲁中坳陷, I₁₅₁-鲁中坳陷, I₁₅₂-鲁中坳陷, I₁₅₃-鲁中坳陷, I₁₅₄-鲁中坳陷, I₁₅₅-鲁中坳陷, I₁₅₆-鲁中坳陷, I₁₅₇-鲁中坳陷, I₁₅₈-鲁中坳陷, I₁₅₉-鲁中坳陷, I₁₆₀-鲁中坳陷, I₁₆₁-鲁中坳陷, I₁₆₂-鲁中坳陷, I₁₆₃-鲁中坳陷, I₁₆₄-鲁中坳陷, I₁₆₅-鲁中坳陷, I₁₆₆-鲁中坳陷, I₁₆₇-鲁中坳陷, I₁₆₈-鲁中坳陷, I₁₆₉-鲁中坳陷, I₁₇₀-鲁中坳陷, I₁₇₁-鲁中坳陷, I₁₇₂-鲁中坳陷, I₁₇₃-鲁中坳陷, I₁₇₄-鲁中坳陷, I₁₇₅-鲁中坳陷, I₁₇₆-鲁中坳陷, I₁₇₇-鲁中坳陷, I₁₇₈-鲁中坳陷, I₁₇₉-鲁中坳陷, I₁₈₀-鲁中坳陷, I₁₈₁-鲁中坳陷, I₁₈₂-鲁中坳陷, I₁₈₃-鲁中坳陷, I₁₈₄-鲁中坳陷, I₁₈₅-鲁中坳陷, I₁₈₆-鲁中坳陷, I₁₈₇-鲁中坳陷, I₁₈₈-鲁中坳陷, I₁₈₉-鲁中坳陷, I₁₉₀-鲁中坳陷, I₁₉₁-鲁中坳陷, I₁₉₂-鲁中坳陷, I₁₉₃-鲁中坳陷, I₁₉₄-鲁中坳陷, I₁₉₅-鲁中坳陷, I₁₉₆-鲁中坳陷, I₁₉₇-鲁中坳陷, I₁₉₈-鲁中坳陷, I₁₉₉-鲁中坳陷, I₂₀₀-鲁中坳陷, I₂₀₁-鲁中坳陷, I₂₀₂-鲁中坳陷, I₂₀₃-鲁中坳陷, I₂₀₄-鲁中坳陷, I₂₀₅-鲁中坳陷, I₂₀₆-鲁中坳陷, I₂₀₇-鲁中坳陷, I₂₀₈-鲁中坳陷, I₂₀₉-鲁中坳陷, I₂₁₀-鲁中坳陷, I₂₁₁-鲁中坳陷, I₂₁₂-鲁中坳陷, I₂₁₃-鲁中坳陷, I₂₁₄-鲁中坳陷, I₂₁₅-鲁中坳陷, I₂₁₆-鲁中坳陷, I₂₁₇-鲁中坳陷, I₂₁₈-鲁中坳陷, I₂₁₉-鲁中坳陷, I₂₂₀-鲁中坳陷, I₂₂₁-鲁中坳陷, I₂₂₂-鲁中坳陷, I₂₂₃-鲁中坳陷, I₂₂₄-鲁中坳陷, I₂₂₅-鲁中坳陷, I₂₂₆-鲁中坳陷, I₂₂₇-鲁中坳陷, I₂₂₈-鲁中坳陷, I₂₂₉-鲁中坳陷, I₂₃₀-鲁中坳陷, I₂₃₁-鲁中坳陷, I₂₃₂-鲁中坳陷, I₂₃₃-鲁中坳陷, I₂₃₄-鲁中坳陷, I₂₃₅-鲁中坳陷, I₂₃₆-鲁中坳陷, I₂₃₇-鲁中坳陷, I₂₃₈-鲁中坳陷, I₂₃₉-鲁中坳陷, I₂₄₀-鲁中坳陷, I₂₄₁-鲁中坳陷, I₂₄₂-鲁中坳陷, I₂₄₃-鲁中坳陷, I₂₄₄-鲁中坳陷, I₂₄₅-鲁中坳陷, I₂₄₆-鲁中坳陷, I₂₄₇-鲁中

山—兰州—康定—丽江—喜马拉雅山为一环形重力梯级带及幔坡带,重力值为 $-2000 \sim -400$ g.u.,变化近 2000 g.u.,地壳厚度为 $48 \sim 66$ km,其宽度近 200 km。从有关地质构造资料^[13~16]得知,该区有深大断裂带,有基性超基性侵入岩体断续分布,再由巨大重力梯级带及幔坡带,说明这些大断裂可能断到上地幔,故此巨大环形梯级带、幔坡带及其以内属青藏古板块(V)^[15]。青藏古板块以北属塔里木古板块(VI)^[15]。

准噶尔板块(图4IV)从北向南可分为:阿尔泰幔坡带及重力梯级带(A带)位于新疆北部与前苏蒙交界地带,我国境内重力异常为 $-1200 \sim -2250$ g.u.呈NW向延伸到哈萨克斯坦,地壳厚度为 $46 \sim 54$ km;准噶尔幔隆区(IV₁区)位于准噶尔盆地,重力变化平稳,为 $-1000 \sim -1200$ g.u.,地壳厚度为 $42 \sim 38$ km,与周围相比属于幔隆区,著名的克拉玛依油田就在其中;天山重力梯级带及幔凹区(IV₂、IV₃区)重力异常为 $-1500 \sim -2500$ g.u.,莫霍面深度为 $48 \sim 54$ km。此重力梯级带及幔坡带与天山山前深断裂带^[13~16]相对应,有火成岩侵入,产Cu、Ni、Fe等矿产。塔里木幔隆区(VI₃区)重力变化小,为 $-1200 \sim -1750$ g.u.,地幔深度为 $40 \sim 46$ km,与其周围相比属幔隆区,该区有几km~10余km的古生代—新生代沉积,可能为一良好生油盆底,作者(1982)已指出该盆地有油气远景区^[7]。近几年已逐渐打出工业油气流井,其前景是可观的。

2.3 深部构造与古板块划分的讨论

两大板块接触地带一般有大规模的断到岩石圈的深大断裂,其两边的沉积演化历史及岩性也不同,因而其岩石密度、磁性等也会有差异,板块接触带往往有断续分布的蛇绿岩带,其密度及磁性会有增大。所以,板块或古板块接触带往往有大规模的重力梯级带、莫霍界面陡变带、条带状磁异常带及蛇绿岩带四带同时存在可作为划分古板块的标志之一^[18]。例如:(1)祁连山—秦岭—大别山北缘有大的重力梯级带及莫霍面陡变带,再结合此地区有磁异常带,有断续分布的蛇绿岩带(鲍佩声等,1986),李春昱(1980)定为祁连山—秦岭早古生代板块俯冲带,这里也是强地震带。所以,此带为古板块边界,其北部为华北古板块,其南为华南古板块。(2)阴山—燕山—图门一带,有重力梯级带,莫霍面具有EW向展布的构造带,有近EW向分布的磁异常带,有EW向断续分布的蛇绿岩带,据此李春昱教授划出了阴山—图门晚古生代板块俯冲带。因而此带属于一古板块边界,其北为蒙古黑古板块,其南属华北古板块。(3)天山—北山地带有大重力梯级带及莫霍面陡变带分布,再结合地质上有天山—北山蛇绿岩带(鲍佩声等,1986)及磁异常带,李春昱(1980)划出天山晚古生代板块俯冲带,也是近代强地震带。所以,此带为一古板块边界,其北属准噶尔古板块,其南属塔里木古板块。(4)沿阿尔金山—祁连山—龙门山—康定—渡口西带为大规模的重力梯级带及莫霍面陡变带,同时也是强地震活动带,地质上有阿尔金山蛇绿岩带、祁连山蛇绿岩带(鲍佩声等,1986),又有龙门山混杂带、理塘混杂带分布(汤耀庆,1986),因而,此带属古板块边界。其西属青藏古板块,其东属华南古板块。(5)近代大陆板块碰撞带的特征:地处印度板块与欧亚板块碰撞带的喜马拉雅地区,地壳不是最厚,仅 50 km,正处于向北加厚的斜坡带上,且有近 120×10^{-5} m/s²的正均衡异常(刘元龙,1977),有NNW向的正空间异常及喜马拉雅地震带,这些说明该地区地壳还处于不平衡状态。这是印度板块继续向北与欧亚板块挤压碰撞的结果,使该地区为世界最高山脉,同时产生地壳断裂和地震活动。沿雅鲁藏布江—察隅地带也是重力梯级带及莫霍面陡变带,又是近代地

震带,有蛇绿岩带分布(鲍佩声等,1986),又有雅鲁藏布江混杂带(汤耀庆,1986),李春昱划出雅鲁藏布江—印度河新生代板块缝合线,其北属欧亚板块中的青藏古板块,其南属印度板块。(6)琉球—台湾—菲律宾西是近代大洋板块与大陆板块接触带特征:大洋板块在海沟处向大陆板块俯冲,形成地壳不平衡及大的由负到正的均衡重力异常和空间异常。也有大的布格异常梯级带及地壳界面陡变带,又是环太平洋地震带的西部边界,此区属新生代菲律宾板块与欧亚板块中的华南古板块的东南边界。

3 深部地壳构造与某些矿产分布的关系

3.1 中新世油田与深部构造的关系

刘元龙等(1982)曾指出中新世油气田与地幔隆起有关^[2],图4更加说明此点。大港、辽南、胜利、任丘、东濮、南阳、江汉、珠江口外等新生代裂谷型油田及大庆油田,四川油气田,克拉玛依油气田都位于相对地幔隆起区及中新世沉积较厚地区。美国加州的圣华金(San Joaquin)盆地从白垩纪至新生代沉积厚度达1万余m,在其第三纪地层中有大量石油,是美国著名油田区之一。G. P. Wollard(1967)由折射地震资料得出此盆地的地壳厚度仅20余km,而其东部的地壳厚度达40余km,西部为30余km。所以,此含油气盆地也是一相对的上地幔隆起区^[2]。前苏联里海盆地新生代沉积厚度达12000m,它也是世界著名大型油气田之一。Belyavsky等(1973)给出该区地壳厚度仅20~30km,与其周围相比也属上地幔隆起区^[2]。以上国内外著名油气田资料说明:中新世含油气盆地与其周围相比具有较厚的中新世沉积,地幔属相对隆起区^[2]。其中有些盆地,例如东海盆地、华北盆地等,其东南侧的日本海沟、琉球海沟附近受到太平洋板块向NW俯冲,但在日本海、东海一带则受地幔上涌引起的张应力的作用,形成张性的新生代沉积盆地,有的沉积厚度达几km~十几km。有些岩层是易于生油的,在合适的温度、压力、化学和构造条件下,可以形成油气田。东海大陆架及南海大陆架中的沉积盆地,具有生、储油构造条件,是油气田的远景区。因此,我们可以根据如下几点来预测油气远景区^[2]:(1)大的地幔隆起区;(2)大且厚的中新世沉积盆地;(3)合适的温度、压力、化学及构造条件。

3.2 莫霍界面陡坡带(幔坡带)与金属矿产分布的关系

大兴安岭莫霍界面陡变带(X—T—W带,图4)含有热液型及硫化物型金属矿产,例如金、银、铜、铅、锌、铁等。阿尔泰山带(A带,图4)有著名的金矿带,也有铜、镍、铅、锌等矿产;阿尔金山—祁连山带(A—Q带,图4)含有金、铜、镍及铁等矿产;东川—康定带(D—K带)含铜、锡、铅、锌、金、石棉等矿产;南岭带(N带)含有世界闻名的钨、锡、铅、锌、铋等矿产。这些成矿带都与莫霍界面陡变带有关,也与大重力梯度带有关。因为这些带都是深大断裂带,可能断到上地幔。成矿岩浆可以通过这些深部大断裂侵入到上地壳,在合适的条件下形成金属矿,特别在布格重力异常等值线及莫霍面等深线受到不同方向的深大断裂交汇的影响而发生扭曲的地带,对金属矿成矿尤为有利^[2]。例如,NE向的X—T—W带与EW向的Y—Y带交汇地区的赤峰一带,对找金属矿特别有利;X—T—W带与EW向的Q—D带交汇地区(图4),如河南与陕西省交界地带,也有金、铅、锌、铬等矿产;从西安—宝鸡—天水—陇西一带到安康—汉中—平武直至若尔盖地区是东西向昆仑—秦岭构造带(K—Q带)与近于NNE或SN向的L—K带的交汇部位,其形态受不同方向深

大断裂的影响而扭曲,所以该地区是寻找金属矿产的远景区。

3.3 板块和古板块边界与矿产分布的关系

板块边界有两种:一是太平洋板块向欧亚板块下插俯冲,该碰撞带火成岩活动强烈,在合适的温度、压力、围岩及构造环境下可形成各类金属和非金属矿床,此区为布格重力异常大梯度带,莫霍面剧变带;另一种是大陆板块与大陆板块碰撞挤压带。如印度板块向北与欧亚板块碰撞形成喜马拉雅地带,该区也为重力梯级带,莫霍面陡坡带,但两个板块的缝合线在雅鲁藏布江一带。那里有蛇绿岩套超基性岩分布,因而可产生铬、铁等矿床。另外,华北亚板块与华南亚板块交界带有基性,超基性岩体侵入,也有中性、酸性岩体侵入,因而可形成有关的铬、镍、铜、铅锌、金、铁等矿床。所以,各古板块或古亚板块边界也是重力梯级带,莫霍面梯级带,深大断裂带,它们为铬、镍及多金属矿产的有利地区。此外,随着古板块深部地质构造背景的迁移和改变,也可形成不同矿产的叠加和改造,形成复式矿床,有关矿产的有利地带也随之迁移。

3.4 古裂谷带与矿产的关系

我国川西、滇北一带为有名的裂谷带,这里布格重力异常为负背景上的相对重力高,莫霍面为较深背景上的相对隆起。这里在古裂谷中期产生一系列大断裂,基性超基性岩体侵入形成攀枝花钒钛磁铁矿、石棉矿、镍矿。在峨眉山玄武岩侵入期又形成铜矿,其它酸性侵入期又形成金、铜、铅锌等矿床,所以,这里又是各时期矿产叠加的复式矿床。因而研究和寻找古裂谷深部地壳构造及其重力场特征对寻找古裂谷大型矿床是有意义的。

4 结 论

(1)通过理论计算和实际应用表明,作者提出的反演三维密度界面的质面系数法比日本坪井提出的三维 $\sin x/x$ 法精确,边缘损失少并节省计算时间,是一较适用的三维重力反演方法。

(2)大规模的重力梯级带、莫霍界面陡变带、磁异常带及断续分布的蛇绿岩带同时存在的特征可作为划分板块或古板块标志之一。

(3)地壳构造与矿产关系研究表明:①地幔隆起区及较厚的中新世沉积与油气田盆地密切相关;②大的重力梯级带及幔坡带说明该区地下有深大断裂,为金属矿岩浆上涌的通道,是寻找金属矿的远景地区;③各古板块交界地带、古俯冲带、古缝合带、古裂谷带等,对金属矿成矿有利,特别是不同方向的大幔坡带,重力梯级带交汇地带显示深部有大断裂的交汇区,对金属矿成矿尤为有利,因而赤峰地区,河南、陕西交界地区,西安—天水—陇西至若尔盖—平武—汉中—安康直至西安一带及其所围地区为金属矿的远景区。

参 考 文 献

- 1 刘祖惠等. 南海海域布格重力异常图及莫霍界面等深图. 热带海洋, 1983, 22: 167~174
- 2 刘元龙等. 中新世油田与地壳构造关系的研究, 大地构造与成矿学, 1982, 6(2): 131~139
- 3 刘元龙等. 内蒙东部的地壳构造及其与矿产分布的关系. 大地构造与成矿学, 1985, 9(2): 113~120
- 4 Пуриц В. В. Геология и Геофизика. 1976, (9): 8~14
- 5 刘元龙等. 用压缩质面法反演重力资料以估算地壳构造. 地球物理学报, 1977, 20(1): 59~69
- 6 刘元龙等. 利用重力资料反演三维密度界面的质面系数法. 地球物理学报, 1987, 30(2): 186~196

- 7 滕吉文等. 中国地壳与上地幔的地球物理探测. 地球物理学报, 1979, 22(4): 346~353
- 8 陈步云等. 地壳形变与地震. 1985, 5(4): 383~391
- 9 国家地震局《深部物探成果》编写组. 中国地壳上地幔地球物理探测成果. 北京: 地震出版社, 1986
- 10 徐德琼等. 东海莫霍面及其地质意义. 滕吉文主编, 中国地球物理学会第一次全国地壳上地幔学术讨论会论文集, 1984: 224~232
- 11 殷秀华等. 中国 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 平均布格重力异常图. 马杏垣主编. 中国岩石圈动力学纲要. 北京: 地质出版社, 1987: 15~24
- 12 Liu Yuanlong et al. A study of deep crustal structure of China and distribution of mineral deposits. Chinese Academy of Sciences. Developments in Geosciences, Science press, 1989: 41~49
- 13 陈国达等. 中国大地构造图. 北京: 地图出版社, 1977
- 14 张文佑主编. 中国及邻区海陆大地构造图. 北京: 科学出版社, 1985
- 15 马杏垣主编. 中国及邻近海域岩石圈动力学图, (1: 400 万). 北京: 地质出版社, 1987
- 16 黄汲清, 任纪舜等. 中国大地构造及其演化. 北京: 科学出版社, 1980
- 17 郭令智等. 西太平洋中生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化. 地质学报, 1983, 57(1): 11~21
- 18 刘元龙等. 重磁异常在深部地质构造及古板块划分研究中的应用. 长春地质学院学报, 国际前寒武纪矿床、构造及地球物理学术讨论会论文摘要集, 1991
- 19 鲍佩声等. 蛇绿岩及其研究方法. 板块构造基本问题. 北京: 地震出版社, 1986: 62~69
- 20 李春昱. 中国板块构造轮廓. 中国地质科学院院报, 1980, 2(1): 11~12
- 21 汤耀庆. 混杂体, 板块构造基本问题. 北京: 地震出版社, 1986: 90~105

A STUDY OF DEEP CRUSTAL STRUCTURE OF CHINA AND DISTRIBUTION OF MINERAL DEPOSITS BY USE OF THE GEOPHYSICAL DATA

Liu Yuanlong Zheng Jianchang Jiao Lingxiu

(Institute of Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100101)

Abstract The gravitational effects of low density of Cenozoic basin have been corrected from the 1 : 1 000 000 Bouguer anomaly map. The deep gravity anomalies are obtained. The crustal structure map have shown in fig. 3 by using the 3D mass plane coefficient method. The paleo plate boundary division of China are discussed. The relationships between the crustal structure, paleo plate or plate, paleorift and the mineral deposits are discussed. The mantle uplift is associated with oil (or gas) fields basin. The mantle slope zone, plate or paleo plate boundary, paleorift are favorable for metal deposits. Point out that the areas of Xi'an — Baoji — Tianshui — Longxi — Roergai — Hanzhong — Ankang — Xi'an are the prospective regions for Au, Cu, Pb, Zn, Fe, et al. metallic deposits.

Key words geophysical data, paleo plate division, 3 - D inversion, deep crustal structure, distribution of mineral deposits