

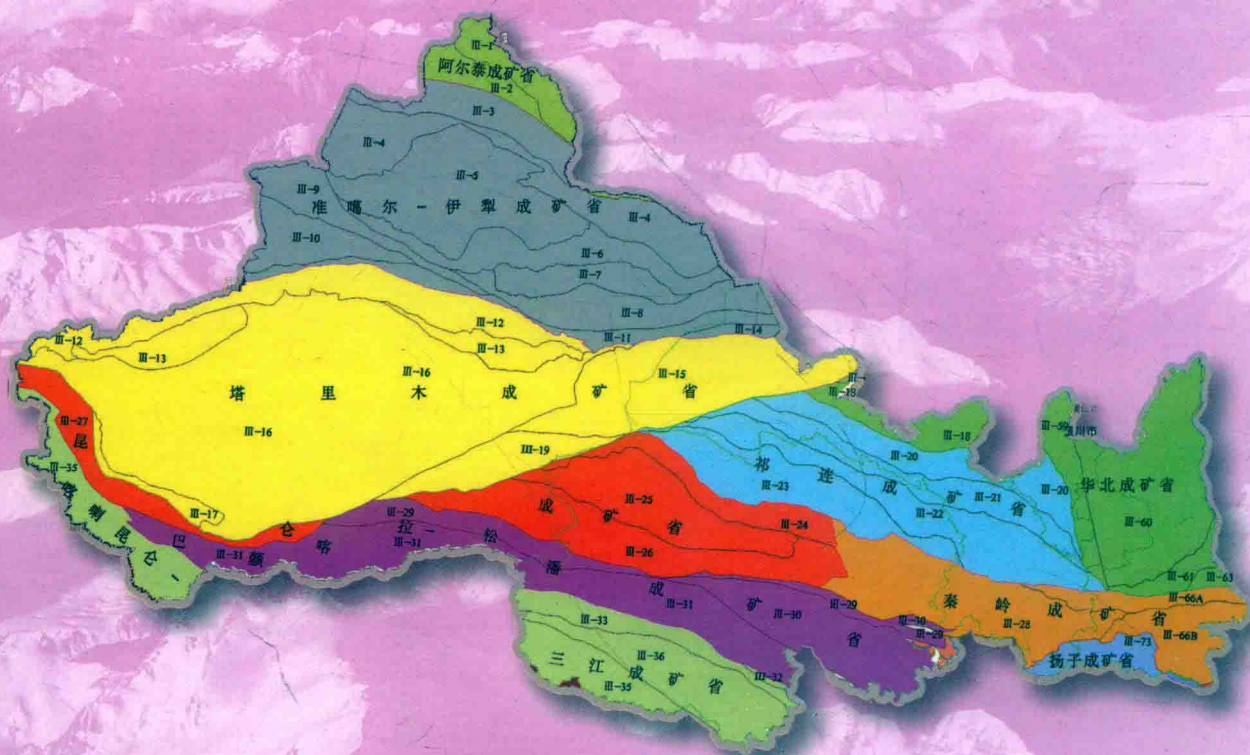


中国地质调查成果 CGS 2018-017
西北地区矿产资源潜力评价与综合 (1212010881632) 项目资助
西北地区矿产资源潜力评价系列丛书
丛书主编 李文渊 王永和

西北地区 重磁场特征及其应用研究

XIBEI DIQU ZHONGCICHANG TEZHENG JIQI YINGYONG YANJIU

冯治汉 刘宽厚 郭培虹 王艺霖 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 - 017

西北地区矿产资源潜力评价与综合(1212010881632)项目资助

西北地区矿产资源潜力评价系列丛书

丛书主编:李文渊 王永和

西北地区重磁场特征及其应用研究

XIBEI DIQU ZHONGCICHANG TEZHENG JIQI YINGYONG YANJIU

冯治汉 刘宽厚 郭培虹 王艺霖 等编著



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

图书在版编目(CIP)数据

西北地区重磁场特征及其应用研究/冯治汉等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2018.12
(西北地区矿产资源潜力评价系列丛书)
ISBN 978-7-5625-4416-6

- I. ①西…
II. ①冯…
III. ①成矿带-重磁场-研究-西北地区
IV. ①P612

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 270307 号

西北地区重磁场特征及其应用研究

冯治汉 刘宽厚 郭培虹 王艺霖 等编著

责任编辑:王 敏

选题策划:毕克成 刘桂涛

责任校对:彭 琳

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail: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:500 千字 插页:5 印张:15.25

版次:2018 年 12 月第 1 版

印次:2018 年 12 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

ISBN 978-7-5625-4416-6

定价:268.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《西北地区重磁场特征及其应用研究》

编委会

主 编:冯治汉 刘宽厚 郭培虹 王艺霖

编著人员:唐小平 张旭 耿涛 高鹏 刘生荣

杜辉 冀显坤 田中英 郭伟立 白运

王凯 于峰丹

前 言

西北地区矿产资源潜力评价重磁资料应用研究工作是“西北地区矿产资源潜力评价”项目的一个组成部分。在该项目前期(2006年10月—2011年12月)工作和陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆5个省(自治区)级项目(2007年1月—2011年12月)工作的基础上,以重磁资料为主,结合地质、航磁、深部地震、遥感等资料,通过汇总省(自治区)级成果及进一步综合研究,取得了如下主要成果:

(1)系统收集了西北地区1:100万、1:50万、1:25万、1:20万等区域重力调查数据资料,中国国土资源航空物探遥感中心、冶金等部门完成的1:100万、1:50万、1:20万、1:10万、1:5万、1:2.5万航磁数据资料和部分地磁资料,以及西北五省(自治区)重磁资料应用成果。编制了西北地区重力、航磁、地磁工作程度图;在此基础上,汇总和建立了西北地区重磁资料应用成果数据库,按照全国矿产资源潜力评价重磁资料应用技术要求,编制了西北地区重磁系列图件和推断解释成果图件,为西北地区矿产资源潜力评价提供了重、磁基础图件及解释推断地质构造信息。

(2)以Ⅱ级成矿带为基本单元,对西北地区岩石、地层密度和磁性资料进行了系统整理,并对各成矿带岩石、地层的密度、磁性特征进行了分析总结,为重磁解释提供了地质、地球物理依据。

(3)以西北地区重、磁异常基本特征为依据,结合已有地质构造成果资料,将西北地区划分为10个一级异常区;在所划分出的一级异常区中,进一步划分出了若干特征较明显的次级异常区(带),对各区带重磁场进行了地质解释,并分析了西北地区区域构造格架特征。

(4)通过西北地区重磁图件编制和推断解释,共推断断裂构造230条,其中:一级断裂31条、二级断裂106条、三级断裂93条。在西北五省(自治区)推断断裂汇总的基础上,综合研究新推断或调整断裂70余条,总结了西北断裂构造特征,认为断裂构造主要以北西—北西西—近东西向为主,一级断裂构造与大地构造分区界线吻合程度较高,二级断裂构造构成了次级构造单元的界线。

(5)利用西北地区最新布格重力异常数据,以地学断面为约束,采用异常提取和回归分析法对西北地区莫霍面的深度进行了计算与研究,从计算结果来看,西北地区地壳最厚处位于青海南部唐古拉山一带,最大厚度约为75km,地壳最薄处位于陕西东部潼关一带,厚度最小约为39km,差值为36km。在西昆仑、阿尔金、祁连山一带地壳厚度变化最大,差值约15km。

(6)依据相关技术要求,按照重力异常的划分、识别和解释推断方法,共圈定局部重力异常1676个,其中:重力高899个、重力低777个。通过对局部重力异常特征及物性和地质资料的综合分析研究,可将西北地区局部重力异常定性分为酸性侵入岩类重力低异常、中性—基性—超基性岩类重力高异常、沉积盆地类重力低异常、火山岩类地层重力高异常、前中生界类重力高异常和变质岩类重力异常等。

(7)在对西北地区局部重、磁异常解释的基础上,圈定中生代沉积盆地或局部沉积凹陷共计639个,并对已知大型沉积盆地的重磁场特征进行了分析研究;在西北地区共推断各类岩浆岩体557个,其中:中酸性侵入岩252个、中基性侵入岩110个、基性侵入岩73个、超基性侵入岩34个、火山岩88个,并选择有代表性的异常进行了定量解释;以各省编制的1:50万航磁图为基础,参考大比例尺磁异常、重力异常及地质等资料,在西北地区推断变质岩146处。它们主要分布在新疆阿尔泰、昆仑、东天山—北山、秦岭及鄂尔多斯盆地,大多为前寒武古老结晶变质基底。

(8)对西北地区典型矿床重磁场特征进行了汇总研究,西北五省(自治区)共选择典型矿床409个,涉及了铁、铝、铜、铅、锌、金、钾盐、磷、钨、锡、锑、稀土、锰、镍、铬、钼、银、硼、硫、锂、萤石、镁、重晶石23个矿种,其中:陕西省75个、甘肃省35个、宁夏回族自治区10个、青海省48个、新疆维吾尔自治区241个。

根据各典型矿床在重磁场上的反映,选择了铁、铜、铅锌、金、钨锡、铋、锰、镍、铬、银、钼等 13 个矿种 41 个典型矿床进行重点研究,其中:铁 5 个、铜 5 个、铅锌 6 个、金 3 个、钨锡 2 个、铋 2 个、锰 3 个、镍 6 个、铬 3 个、银 2 个、钼 4 个。

(9)对西北五省(自治区)23 个矿种的 635 个预测工作区重磁成果进行了汇总,包括铁 61 个、铝 5 个、铜 95 个、锌 48 个、铅 49 个、金 81 个、钾盐 11 个、磷 19 个、钨 22 个、铋 14 个、稀土 9 个、锰 21 个、镍 20 个、锡 12 个、铬 12 个、钼 23 个、银 46 个、硼 8 个、锂 10 个、硫 37 个、萤石 11 个、菱镁 6 个、重晶石 15 个。编制了西北地区各矿种预测工作区分布图,并优选了不同矿种的 60 个预测工作区,对其重磁场特征进行了分析研究。

(10)按照全国潜力评价项目组成矿区(带)划分方案,编制了西北地区涉及的 42 个Ⅲ级成矿带的重磁基础图件和地质推断成果图件,对所有Ⅲ级成矿带的重磁场特征、地质推断成果和矿产分布规律进行了分析研究。

(11)对西北地区磁异常数据库进行了汇总,全区共确定磁异常 8 749 处,其中:航磁异常 7 224 处、地面磁异常 1 525 处。结合区域勘查进展、异常特征、异常所处的地质环境、按磁异常分类原则,共划分甲类异常 447 处(占 5.1%)、乙类异常 1 976 处(占 22.59%)、丙类异常 1 934 处(占 22.11%)、丁类异常 4 392 处(占 50.2%)。全区共推断磁性矿床 406 个,圈定矿体 948 个。编制了西北地区航磁异常分布图、地面磁异常分布图及推断磁性矿床分布图。

(12)西北地区铁矿预测工作区共有 61 个,其中航磁异常明显或有地面磁异常资料的预测工作区有 41 个,对西北地区 41 个铁矿预测工作区按磁法体积法和定量类比法进行了铁矿资源量预测,以预测工作区为单位统计了资源量,在西北地区共预测铁资源量 $117.81 \times 10^8 \text{ t}$ 。

(13)对西北地区重要矿床的重磁应用效果作了论述,对西北地区重磁资料应用中发现的地质问题进行了探讨;对西北地区物探在矿产资源潜力评价中的效果进行了评价。

本书是在《西北地区矿产资源潜力评价重磁资料应用研究》成果报告的基础上删减编著而成的,保留了区域物性资料特征、区域重磁场解释、成矿带重磁场特征、重大地质问题探讨等内容,对西北地区重磁场的基本特征进行研究和描述,以便同行和感兴趣的同事参考。其中地质问题探讨部分很粗浅,有些只是从地球物理的角度提出问题或发现异常特征,以待进一步研究。

在本书编著过程中,陕西地矿局第二综合物探大队刘晓兰高级工程师和李跃秋高级工程师完成了大量的工作,陕西省张省举、张开盾、高怀雄、高勇浩、张琳、张倩、姚珊、常延荣,甘肃省李绪善、蒋文、李百祥、谢志峰、王洋、缪淑君、华天月、周贤君、王欢,宁夏回族自治区尹秉喜、杨勇、李慧勤、杨文明、王飞,新疆维吾尔自治区庄道泽、李凤林、李延清、程东兴、段新力、兰险、徐敏山、王卫江,青海省寇玉才、薛广仁、王臣、代德勇、张占雄完成了部分工作。中国地质调查局全国矿产资源潜力评价重磁资料应用组的专家给予了极大的关注和帮助,同时也得到了全国矿产资源潜力评价西北地区地质背景组、成矿预测组的专家和同仁的大力协助,在此表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,编写时间紧迫,难免存在不足之处。敬请各位同行批评指正!

编著者
2018 年 4 月

目 录

第一章 研究基础	(1)
第一节 工作程度	(1)
第二节 精度评述	(4)
第二章 区域岩(矿)石物性特征	(5)
第一节 岩(矿)石密度特征	(5)
第二节 岩(矿)石磁性特征	(11)
第三章 区域重磁场解释	(45)
第一节 重磁场总体特征	(45)
第二节 重磁推断断裂构造	(61)
第三节 沉积盆地推断解释	(78)
第四节 重磁推断岩浆岩	(98)
第四章 III级成矿区带重磁场特征及磁异常解释	(123)
第一节 III级成矿区带重磁异常特征	(123)
第二节 局部磁异常分布特征	(169)
第三节 磁性矿产资源潜力分析	(190)
第五章 重磁资料应用效果与几个地质问题探讨	(207)
第一节 重要矿床重磁应用效果	(207)
第二节 几个地质问题探讨	(217)
主要参考文献	(234)

第一章 研究基础

西北地区行政区划包括陕西省、甘肃省、宁夏回族自治区、青海省、新疆维吾尔自治区。东与山西省、河南省相邻,东南与湖北省接壤,东北与内蒙古自治区相依,南以昆仑山南麓、唐古拉山、西秦岭南缘及大巴山为界,分别与西藏自治区、四川省、重庆市为邻。西北地区的西侧以及北侧为国界,分别与巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯和蒙古国毗邻,总面积约 $310.85 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占我国陆域面积的 $1/3$ 。

第一节 工作程度

一、重力工作程度

西北地区重力测量工作开始于 1940 年初,由勘探地球物理学的前辈翁文波先生首先在玉门油田使用了重力勘探。中华人民共和国成立以来,在西北地区开展了以石油普查、地震预测和地球形状测量为目的的区域重力测量及以铬铁矿等矿产为主的大比例尺矿区重力勘探,先后由原石油部、地质部、国家地震局、国家测绘局和总参测绘局等部门进行了不同比例尺、不同精度的工作。从 1978 年开始,由孙文珂先生等地球物理学家倡导,在全国开展系统正规的区域重力调查工作,主要工作由原地矿系统地球物理勘探单位实施(图 1-1)。

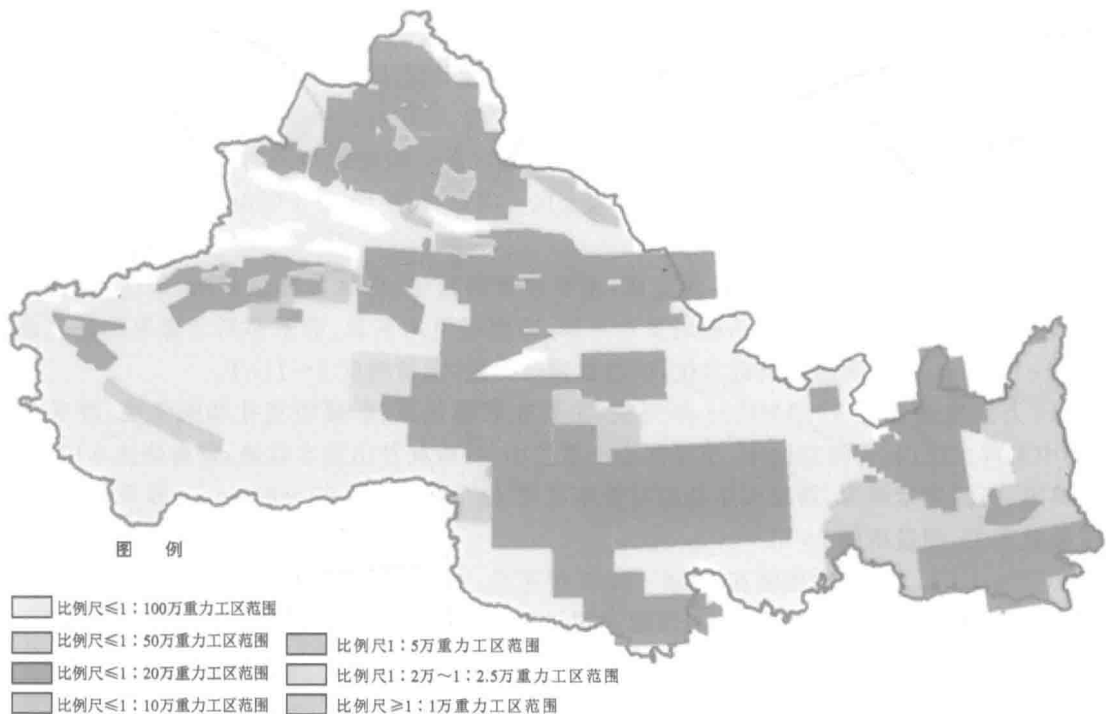


图 1-1 西北地区重力工作程度示意图

1. 1:50万~1:100万区域重力调查

西北地区1:50万~1:100万区域重力调查开始于1978年,其中陕西省1983—1990年完成了1:50万区域重力调查和重力老资料改算工作;20世纪90年代中期,甘肃省东部完成1:50万,西部完成1:100万区域重力调查;青海北部于20世纪90年代中期完成1:100万区域重力调查,青海南部于1999年开始新一轮地质大调查,到2006年全部完成1:100万区域重力调查;新疆东天山及北疆地区1:100万比例尺的区域重力调查完成于20世纪90年代中期,西昆仑地区1:100万比例尺区域重力调查组于1999年开始新一轮地质大调查,到2006年全部完成。塔里木、准噶尔、柴达木等大型盆地1:100万区域重力数据由原石油部提供的重力数据改算;宁夏除早期石油重力工作外,未开展1:50万~1:100万区域重力调查工作。

到目前为止,西北地区除西昆仑、西天山及阿尔泰山北部高山深切割山区留有部分空白区外,1:50万~1:100万区域重力调查基本达到全覆盖。

2. 1:20万~1:25万区域重力调查

西北地区系统的1:20万区域重力调查工作始于1978年,除宁夏回族自治区1980—1989年完成全覆盖外,其他各省(自治区)1:20万区域重力调查工作主要分布在秦岭、祁连山中段、东天山、新疆甘肃北山、新疆北部、青海东昆仑、阿尔金及三江北段等地区。截至2012年,西北五省(自治区)共完成1:20万~1:25万区域重力调查总面积 $133.46 \times 10^4 \text{ km}^2$ (不包含原石油部等部门完成的工作),占西北地区总面积的42.9%。

3. 大比例尺重力测量工作

截至2009年,西北地区1:5万~1:2.5万和更大比例尺重力勘查主要为矿区重力普查、油气勘探等服务,除石油重力勘探外,以金属矿普查为目标的1:5万重力测量仅在新疆东天山土屋—延东地区完成 1000 km^2 ,矿区重力测量工作一般面积较小,或者仅为剖面工作。

二、航磁工作程度

西北地区航磁工作始于1961年,主要由国土资源航空物探遥感中心完成,冶金部航空物探大队在少量铁矿带进行了小面积测量。区域航磁工作比例尺为1:100万、1:50万、1:20万、1:10万、1:5万、1:2.5万,截至2010年西北地区完成的各种比例尺航磁工作见图1-2。

1:50万~1:100万航空磁测包括新疆罗布泊阿拉善、青藏高原中西部、天山地区、准噶尔盆地、塔里木盆地、吐鲁番哈密、青海中南部及西南部、祁连山地区等。航磁飞行的时间大都集中在20世纪80年代中期以前,基本覆盖了距国界30km以内的全区。飞行高度100~4000m,一般采用光泵磁力仪,以目视领航为主,测量精度2~15nT。

1:20万航空磁测在1966—2005年完成,主要在青海西宁、内蒙古鄂尔多斯、柴达木东部边缘、甘肃甘南、青海南部、陕甘宁交界区、新疆塔里木西部、新疆塔里木东北、鄂尔多斯北部等地区完成。飞行高度300~1200m,一般采用光泵磁力仪,以目视领航为主,测量精度2~11nT。

1:10万航空磁测在1960—1998年完成,主要在新疆托里、新疆塔克扎勒阿尔曼、准噶尔盆地周缘、秦岭中东部大巴山、青海柴达木、宁夏同心—贺兰山、甘肃龙首山潮水盆地、青海柴达木中部、秦岭西段武都略阳、新疆伊犁新源、新疆库尔勒尉犁等地区完成。飞行高度60~800m,一般采用光泵磁力仪,以目视领航为主,测量精度5nT。

1:5万~1:2.5万航空磁测在1966—2000年完成,主要分布在新疆东天山、准噶尔西缘等重要成矿带。飞行高度50~500m,一般采用光泵磁力仪,以目视领航为主,测量精度2~12nT。

三、地磁工作程度

据不完全统计,截至2008年,西北地区完成地面磁法409个工作区,总面积约 $30.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,最小

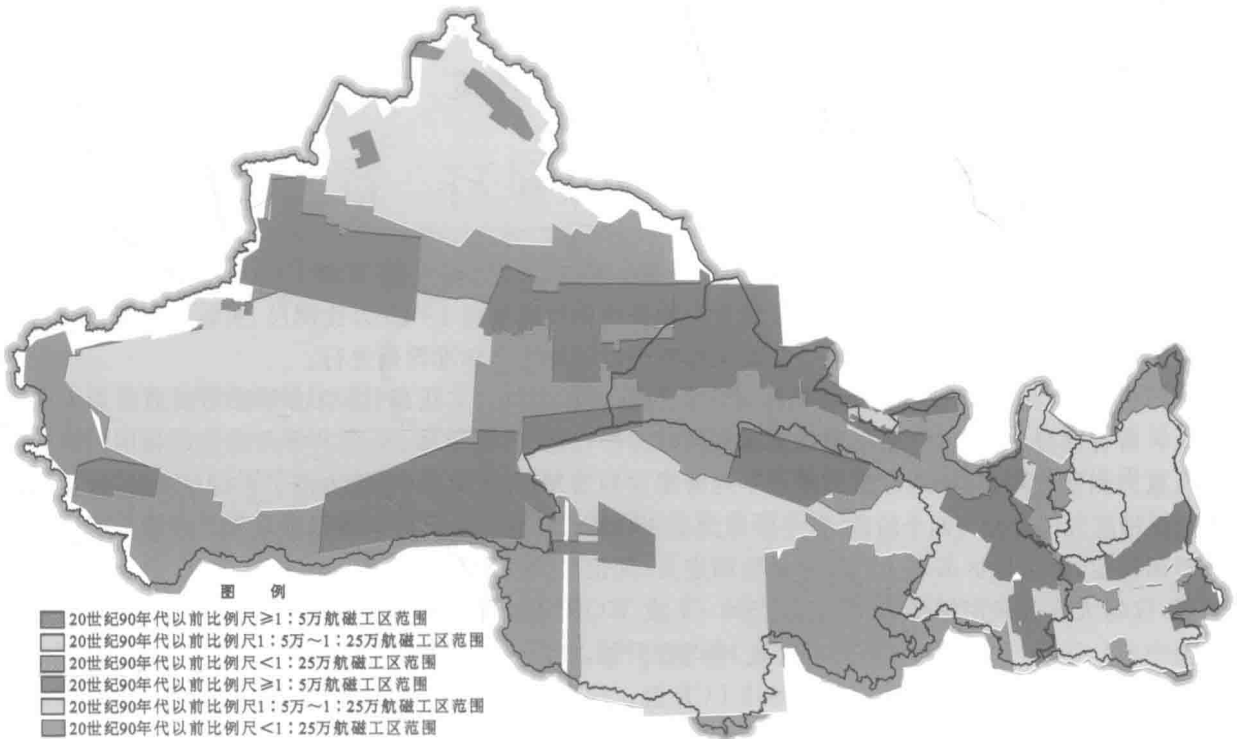


图 1-2 西北地区航磁工作程度示意图

航磁数据来源:原中国国土资源部航空物探遥感中心。

工作区面积 0.01km^2 , 最大工区面积 $33\,400\text{km}^2$ 。工作比例尺除 20 世纪 50 年代新疆在准噶尔盆地北部为石油勘探完成 $1:20$ 万地磁测量 4 个区、面积 $4.41 \times 10^4\text{km}^2$ 外,其余大部分为 $1:2\,000 \sim 1:1$ 万,磁测总精度 $2 \sim 15\text{nT}$ (图 1-3)。

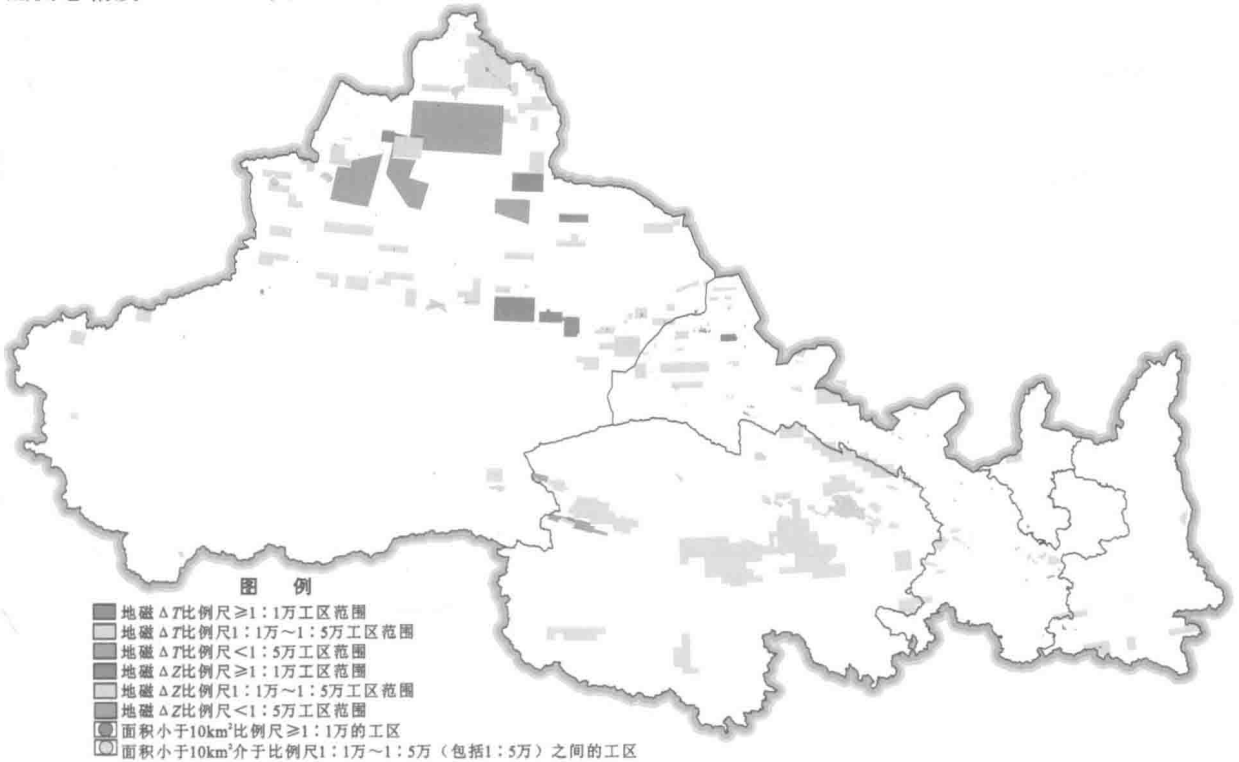


图 1-3 西北地区地面磁测工作程度示意图

第二节 精度评述

一、重力资料精度

西北地区系统重力调查工作,比例尺有1:100万、1:50万、1:20万和1:5万。2009年以来,为了和国际分幅标准接轨,将1:20万区域重力调查比例尺调整为1:25万比例尺,实际工作网度和精度仍采用1:20万区域重力调查要求,只是工作范围以1:25万标准图幅进行。

其中,1:100万区域重力调查在新疆天山山脉、阿尔泰山、艾比湖、昆仑山等深切割地区和无法通行地区留有部分空白区,在使用这些地区资料时应予以注意;塔里木、柴达木等大型盆地利用石油部门路线重力测量资料,其余地区重力测点平均密度大约为每135km²一个重力点。1:100万区域重力调查数据精度大体可分为两个阶段:第一阶段为1998年以前,这一阶段由于测点位置和高程均采用1:5万地形图确定,部分地区采用1:10万地形图定点,其定位及高程精度受地形图精度限制,定位精度相对较低,仪器大部分采用国产ZSM-IV、ZSM-V或WORDEN等中精度重力仪,布格重力异常总精度最弱值为 $\pm 1.293 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;第二阶段从1999年开始,测点定位采用单频和双频GPS,重力仪除部分仍应用中精度重力仪外,不少单位开始使用LCR型、CG-5型高精度重力仪,这一阶段布格重力异常总精度好于 $\pm 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

1:50万区域重力调查工作主要分布在陕西省境内和甘肃省东部,重力测点平均密度为每19.8km²一个重力点,布格异常总精度优于 $\pm 0.98 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

1:20万和1:25万区域重力调查工作主要分布在各重要成矿带,测点密度约为每6km²一个重力点;第一阶段为1998年以前,这一阶段由于测点位置采用1:2.5万航空照片确定,高程采用气压计高方法获取,定位精度相对较低,仪器大部分采用国产ZSM-IV、ZSM-V或WORDEN等中精度重力仪,布格重力异常总精度优于 $\pm 0.66 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ (实际可能更低);第二阶段从1999年开始,测点定位采用单频和双频GPS进行,重力仪除部分仍应用中精度重力仪外,不少单位开始使用LCR型、CG-5型高精度重力仪,这一阶段布格重力异常总精度好于 $\pm 0.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

二、磁力资料精度

本次研究主要使用了3类资料,即全国统一调平的 $0.02^\circ \times 0.02^\circ$ 航磁网格数据、1:2.5万~1:100万航磁测线数据和各地勘单位完成的不同比例尺的地面磁测数据。其中 $0.02^\circ \times 0.02^\circ$ 航磁网格调平数据主要用来编制省级和西北地区区域航磁基础图件并进行区域构造、岩体等综合解释;预测工作区综合解释主要使用1:2.5万~1:10万航磁测线数据,部分地段使用了1:50万~1:100万航磁测线数据;典型矿床综合解释及找矿模型建立主要使用了地面磁测资料,部分地段使用了1:2.5万~1:5万航磁测线数据。

编制的磁测图件除利用原始数据完成的剖面平面图外,主要编制等值线平面图,一般采用最小曲率网格化方法,网格距一般为磁测线距的1/4~1/2。

第二章 区域岩(矿)石物性特征

物性资料是研究解释物探异常的主要依据之一,岩石及地层的物性特征研究是地球物理场分析、解释的前提。研究区多年来积累了丰富的物性资料,但绝大部分是不同单位、不同年代采集测定的局部资料,由于西北地区范围广阔,地质构造单元多样,研究程度总体较低且差异较大,区域性的物性研究资料较为有限。本次将收集到的物性测定及研究资料进行了重新整理和评价。

第一节 岩(矿)石密度特征

按全国项目组统一划分的成矿带对西北地区主要地层和部分侵入岩的密度进行了统计,统计结果见表 2-1。

一、西北地区地层(岩体)密度特征分析

西北地区地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.78\text{g}/\text{cm}^3$,新生界(Q+N+E)平均密度为 $2.31\text{g}/\text{cm}^3$,中生界(K+J+T)平均密度为 $2.55\text{g}/\text{cm}^3$,上古生界(P+C+D)平均密度为 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$,下古生界(S+O+Є)平均密度为 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$,前震旦系(Z+Pt+Ar)平均密度为 $2.74\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度有较明显的差异,如第四系与新生界密度差为 $0.53\text{g}/\text{cm}^3$,新生界与中生界密度差为 $0.24\text{g}/\text{cm}^3$,中生界与上古生界密度差为 $0.11\text{g}/\text{cm}^3$,上古生界与下古生界密度差为 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$,下古生界与前震旦系密度差为 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

侵入岩具有从酸性到基性密度增大的特征,酸性侵入岩密度为 $2.57\sim 2.62\text{g}/\text{cm}^3$,中酸性侵入岩密度为 $2.65\sim 2.75\text{g}/\text{cm}^3$,中性侵入岩密度为 $2.67\sim 2.79\text{g}/\text{cm}^3$,基性侵入岩密度为 $2.76\sim 2.90\text{g}/\text{cm}^3$,超基性岩密度为 $2.61\sim 2.97\text{g}/\text{cm}^3$ 。

表 2-1 西北地区地层(岩体)密度对比表

地层(岩体)				1 阿勒泰		2 准噶尔		3 东天山		4 塔里木		5 华北地台	
界	系	统	代号	平均值(g/cm^3)		平均值(g/cm^3)		平均值(g/cm^3)		平均值(g/cm^3)		平均值(g/cm^3)	
新生界	第四系		Q	1.90	1.90	1.78	1.78	1.79	1.79	2.58	2.58	1.50	1.50
	新近系		N	2.15	2.13	2.30	2.31	2.07	1.94	2.25	2.30	2.44	2.20
	古近系		E	2.11		2.32				2.35			

续表 2-1

地层(岩体)				1 阿勒泰			2 准噶尔			3 东天山			4 塔里木			5 华北地台			
界	系	统	代号	平均值(g/cm ³)			平均值(g/cm ³)			平均值(g/cm ³)			平均值(g/cm ³)			平均值(g/cm ³)			
中生界	白垩系		K				2.31	2.31					2.44		2.20	2.20			
	侏罗系		J	2.53	2.53	2.53	2.43	2.43	2.37	2.62		2.62		2.56	2.52	2.40	2.40	2.35	
	三叠系		T				2.37	2.37					2.55		2.50	2.50			
上古生界	二叠系	上	P ₂																
		下	P ₁	2.70	2.70	2.70	2.72	2.72	2.72		2.64		2.64	2.64		2.50	2.50	2.50	
	石炭系	上	C ₃	2.76		2.71			2.66		2.66	2.66			2.69			2.50	
		中	C ₂	2.69	2.72		2.60		2.66	2.67				2.69					
		下	C ₁	2.72															
	泥盆系	上	D ₃	2.71							2.67								
		中	D ₂	2.73	2.72		2.65				2.71	2.69		2.69					
		下	D ₁	2.73							2.71								
	下古生界	志留系	上	S ₃	2.72														
中			S ₂	2.74	2.73		2.68	2.68			2.68			2.70					
下			S ₁	2.72		2.73			2.72			2.68			2.72				
奥陶系		上	O ₃	2.75			2.72												
		中	O ₂	2.71	2.73		2.76	2.74						2.74			2.70		
		下	O ₁																2.70
寒武系		Є		2.72						2.70	2.70	2.70	2.66	2.66	2.66	2.70	2.70		
元古宇	震旦系		Z		2.74					2.69		2.71			2.70				
	陶湾群		Pt ₂ Tw							2.72			2.70	2.70					
太古宇	野马南山岩群		Ar-Pt ₁ Ym.		2.71														
侵入岩	酸性岩				2.62			2.61			2.62								
	中酸性岩				2.67			2.69			2.68								
	中性岩				2.76			2.79			2.78								
	基性岩				2.90			2.85			2.86								
	超基性岩				2.97			2.70			2.93								

续表 2-1

地层(岩体)				6 阿尔金-祁连		7 昆仑造山带		8 秦岭大别山			9 巴颜喀拉-松潘		10 喀喇昆仑三江		11 上扬子		西北地区			
界	系	统	代号	平均值 (g/cm ³)		平均值 (g/cm ³)		平均值 (g/cm ³)			平均值 (g/cm ³)		平均值 (g/cm ³)		平均值 (g/cm ³)		平均值 (g/cm ³)			
新生界	第四系		Q	1.55		1.34	1.34				1.85								1.78	
	新近系		N		1.97															
	古近系		E	2.38		2.50	2.50		2.35	2.35	2.51	2.18							2.31	
中生界	白垩系		K	2.56						2.61		2.63				2.63				
	侏罗系		J	2.53	2.56	2.61	2.63		2.62	2.62		2.65	2.55			2.64			2.55	
	三叠系		T	2.58		2.65			2.64		2.67				2.64					
上古生界	二叠系	上	P ₂																	
		下	P ₁	2.63			2.67				2.68					2.70				
	石炭系	上	C ₃							2.74										
		中	C ₂	2.65			2.70		2.70	2.67	2.73						2.65			
		下	C ₁		2.64					2.77			2.70				2.67			2.66
	泥盆系	上	D ₃							2.72										
		中	D ₂	2.63			2.72			2.72	2.73	2.70								
		下	D ₁							2.75				2.69						
	下古生界	志留系	上	S ₃																
中			S ₂	2.69						2.71	2.68									
下			S ₁		2.70				2.78	2.67							2.64			
奥陶系		上	O ₃							2.71	2.71									
		中	O ₂	2.71			2.78			2.71							2.65			
		下	O ₁							2.74	2.74									
寒武系		Є	2.69	2.69		2.77	2.77	2.74	2.74	2.74					2.67	2.67		2.71		
元古宇	震旦系		Z	2.71	2.73				2.69	2.69	2.69					2.70				
	青白口系		Qb						2.75	2.75										
	蓟县系		Jx	2.74							2.73									
	碧口群		Pt ₂₋₃					2.81	2.72	2.72			2.75							
	陶湾群		Pt ₂ Tw						2.58	2.58	2.58								2.74	
	宽坪群		Pt ₂₋₃ K						2.73											
	秦岭群		Pt ₂ Q						2.73	2.73	2.73									
	麻窝子组		Pt ₂ m													2.81				
太古宇	野马南山岩群		Ar-Pt ₁ Ym	2.80																
	敦煌群		Ar-Pt ₁ Dh	2.75	2.78														2.78	
侵入岩	酸性岩			2.65				2.60			2.60	2.62				2.57			2.57~2.62	
	中酸性岩			2.75				2.67			2.65	2.70				2.66			2.65~2.75	
	中性岩			2.71				2.72			2.67	2.75				2.75			2.67~2.79	
	基性岩			2.80				2.90			2.76	2.80				2.81			2.76~2.90	
	超基性岩			2.66~2.93				2.70			2.66	2.70				2.93			2.66~2.97	

二、各成矿带地层、岩体密度特征

1. 阿尔泰成矿带

地层平均密度由新到老呈增加的趋势(图 2-1)。第四系(Q)平均密度为 $1.90\text{g}/\text{cm}^3$, 新生界(Q+N+E)平均密度为 $2.13\text{g}/\text{cm}^3$, 中生界(K+J+T)平均密度为 $2.53\text{g}/\text{cm}^3$, 上古生界(P+C+D)平均密度为 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$, 下古生界(S+O+Є)平均密度为 $2.73\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度有较明显的差异,如第四系与新生界密度差为 $0.23\text{g}/\text{cm}^3$, 新生界与中生界密度差为 $0.40\text{g}/\text{cm}^3$, 中生界与上古生界密度差为 0.18 , 上古生界与下古生界密度差为 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 。

侵入岩具有从酸性到基性密度增大的特征,酸性侵入岩密度为 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$, 中酸性侵入岩密度为 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$, 中性侵入岩密度为 $2.76\text{g}/\text{cm}^3$, 基性侵入岩密度为 $2.90\text{g}/\text{cm}^3$, 超基性侵入岩密度为 $2.97\text{g}/\text{cm}^3$, 密度差异明显。

2. 准噶尔成矿带

地层平均密度符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.78\text{g}/\text{cm}^3$; 新生界(N+E)平均密度为 $2.31\text{g}/\text{cm}^3$; 中生界(K+J+T)平均密度为 $2.37\text{g}/\text{cm}^3$; 上古生界(P+C+D)密度为 $2.60\sim 2.72\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$; 下古生界(S+O+Є)密度为 $2.68\sim 2.74\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.72\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度有较明显的差异,如第四系与新生界密度差 $0.53\text{g}/\text{cm}^3$, 新生界与中生界密度差 $0.06\text{g}/\text{cm}^3$, 中生界与上古生界密度差 $0.59\text{g}/\text{cm}^3$, 上古生界与下古生界密度差 $0.06\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.61\text{g}/\text{cm}^3$, 中酸性侵入岩密度为 $2.69\text{g}/\text{cm}^3$, 中性侵入岩密度为 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$, 基性侵入岩密度为 $2.85\text{g}/\text{cm}^3$, 超基性侵入岩密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3. 新疆东天山-甘肃北山成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.79\text{g}/\text{cm}^3$; 新生界(N+E)平均密度为 $2.07\text{g}/\text{cm}^3$; 中生界(K+J+T)平均密度为 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$; 上古生界(P+C+D)密度为 $2.64\sim 2.71\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$; 下古生界(S+O+Є)密度为 $2.68\sim 2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.69\text{g}/\text{cm}^3$; 前震旦系(Z+Pt+Ar)平均密度为 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,第四系与新生界密度差 $0.26\text{g}/\text{cm}^3$, 新生界与中生界密度差 $0.55\text{g}/\text{cm}^3$, 中生界与上古生界密度差 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$, 上古生界与下古生界密度差 $0.04\text{g}/\text{cm}^3$, 下古生界与前震旦系密度差 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$, 中酸性侵入岩密度为 $2.68\text{g}/\text{cm}^3$, 中性侵入岩密度为 $2.78\text{g}/\text{cm}^3$, 基性侵入岩密度为 $2.86\text{g}/\text{cm}^3$, 超基性侵入岩密度为 $2.93\text{g}/\text{cm}^3$ 。

4. 塔里木成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)含砾岩密度为 $2.58\text{g}/\text{cm}^3$; 新生界(N+E)平均密度为 $2.44\text{g}/\text{cm}^3$; 中生界(K+J+T)平均密度为 $2.52\text{g}/\text{cm}^3$; 上古生界(P+C+D)密度为 $2.64\sim 2.69\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$; 下古生界(S+O+Є)密度为 $2.70\sim 2.74\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.72\text{g}/\text{cm}^3$; 前震旦系(Z+Pt+Ar)平均密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,仅新生界与中生界密度差 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$, 中生界与上古生界密度差 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$, 上古生界与下古生界密度差 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。

5. 华北地台成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.50\text{g}/\text{cm}^3$; 新生界(N+E)平均密度为 $2.20\text{g}/\text{cm}^3$; 中生界(K+J+T)平均密度为 $2.30\text{g}/\text{cm}^3$; 上古生界(P+C+D)平均密度为 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$; 下古生界(S+O+Є)密度为 $2.50\sim 2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 平均值 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$; 前震旦系

地层时代	1 阿尔泰			2 准噶尔			3 东天山			4 塔里木			5 华北地台			6 阿尔金-祁连			7 昆仑造山带			8 秦岭大别山			9 巴颜喀拉-松潘			10 喀喇昆仑三江			11 上扬子			西北片区		
	g/cm ³	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0	g/cm ³	1.5	2.0	2.5	3.0		
Q	1.90				1.78				1.79					1.55					1.34																	
N																																				
E	2.13				2.31				2.07					2.19					1.50																	
K														2.35					2.63																	
J	2.53				2.43				2.62					2.53					2.63																	
T					2.37				2.58					2.58					2.58																	
P ₁					2.72				2.64					2.63					2.67																	
P ₂					2.80				2.64					2.63					2.67																	
C ₁					2.71				2.67					2.65					2.70																	
C ₂					2.73				2.69					2.65					2.70																	
C ₃					2.65				2.69					2.65					2.70																	
D ₁					2.65				2.69					2.65					2.70																	
D ₂					2.65				2.69					2.65					2.70																	
D ₃					2.65				2.69					2.65					2.70																	
S ₁					2.68				2.68					2.69					2.72																	
S ₂					2.68				2.68					2.69					2.72																	
S ₃					2.73				2.68					2.69					2.72																	
O ₁					2.74				2.70					2.71					2.78																	
O ₂					2.74				2.70					2.71					2.78																	
O ₃					2.74				2.70					2.71					2.78																	
Є					2.74				2.70					2.71					2.78																	
Z					2.70				2.70					2.69					2.77																	
Qb					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Jx					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₃ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₄ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₅ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₆ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₇ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₈ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₉ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₀ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₁ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₂ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₃ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₄ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₅ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₆ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₇ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₈ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₁₉ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₀ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₁ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₂ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₃ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₄ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₅ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₆ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₇ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₈ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₂₉ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₃₀ /w					2.71				2.70					2.71					2.77																	
Pl ₃₁ /w					2.71																															

(Z+Pt+Ar)平均密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,仅第四系与新生界密度差 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$,中新生界与古生界密度差渐变达 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$,志留系与奥陶系密度差 $0.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6. 阿尔金-祁连成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.55\text{g}/\text{cm}^3$;新生界(N+E)平均密度为 $2.38\text{g}/\text{cm}^3$;中生界(K+J+T)密度为 $2.53\sim 2.58\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.56\text{g}/\text{cm}^3$;上古生界(P+C+D)平均密度为 $2.64\text{g}/\text{cm}^3$;下古生界(S+O+Є)密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$;前震旦系(Z+Pt+Ar)密度为 $2.71\sim 2.78\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.75\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,仅第四系与新生界密度差 $0.83\text{g}/\text{cm}^3$,新生界与中生界密度差 $0.18\text{g}/\text{cm}^3$,中生界与上古生界密度差 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$,上古生界与下古生界密度差 $0.06\text{g}/\text{cm}^3$,下古生界与前震旦系密度差 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$,中酸性侵入岩密度为 $2.75\text{g}/\text{cm}^3$,中性侵入岩密度为 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$,基性侵入岩密度为 $2.80\text{g}/\text{cm}^3$,超基性侵入岩密度为 $2.66\sim 2.93\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7. 昆仑成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律,相对高于西北地区平均值。第四系(Q)平均密度为 $1.34\text{g}/\text{cm}^3$;新生界(N+E)平均密度为 $2.50\text{g}/\text{cm}^3$;中生界(K+J+T)平均密度为 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$;上古生界(P+C+D)密度为 $2.67\sim 2.72\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$;下古生界(S+O+Є)密度为 $2.72\sim 2.78\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.75\text{g}/\text{cm}^3$;前震旦系(Z+Pt+Ar)平均密度为 $2.81\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,仅第四系与新生界密度差 $0.76\text{g}/\text{cm}^3$,新生界与中生界密度差 $0.13\text{g}/\text{cm}^3$,中生界与上古生界密度差 $0.07\text{g}/\text{cm}^3$,上古生界与下古生界密度差 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$,下古生界与前震旦系密度差 $0.06\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$,中酸性侵入岩密度为 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$,中性侵入岩密度为 $2.72\text{g}/\text{cm}^3$,基性侵入岩密度为 $2.90\text{g}/\text{cm}^3$,超基性侵入岩密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

8. 秦岭大别山成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。新生界(N+E)平均密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$;中生界(K+J+T)密度为 $2.61\sim 2.64\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$;上古生界(P+C+D)密度为 $2.68\sim 2.73\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$;下古生界(S+O+Є)密度为 $2.68\sim 2.74\text{g}/\text{cm}^3$,平均值 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$;前震旦系(Z+Pt+Ar)密度为 $2.58\sim 2.73\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,新生界与中生界密度差 $0.28\text{g}/\text{cm}^3$,中生界与上古生界密度差 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$,中酸性侵入岩密度为 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$,中性侵入岩密度为 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$,基性侵入岩密度为 $2.76\text{g}/\text{cm}^3$,超基性侵入岩密度为 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$ 。

9. 巴颜喀拉-松潘成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。第四系(Q)平均密度为 $1.85\text{g}/\text{cm}^3$;新生界(N+E)平均密度为 $2.51\text{g}/\text{cm}^3$;中生界(K+J+T)平均密度为 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$;上古生界(P+C+D)平均密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

各地层单元密度差异不明显,仅第四系与新生界密度差 $0.66\text{g}/\text{cm}^3$,新生界与中生界密度差 $0.14\text{g}/\text{cm}^3$,中生界与上古生界密度差 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。

酸性侵入岩密度为 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$,中酸性侵入岩密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$,中性侵入岩密度为 $2.75\text{g}/\text{cm}^3$,基性侵入岩密度为 $2.80\text{g}/\text{cm}^3$,超基性侵入岩密度为 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

10. 喀喇昆仑三江成矿带

地层平均密度总体符合地层由新到老密度呈增加趋势的基本规律。中生界(K+J+T)平均密度为