

区域重磁圈定贵州基性—超基性隐伏岩体及地质意义

王 亮^{1,2}, 张嘉玮^{1,2}, 黄启霖³, 陈国勇⁴, 向坤鹏¹, 胡从亮¹

(1. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550081; 2. 贵州省地质物探开发应用工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550081; 3. 贵州省地矿局地球物理地球化学勘查院, 贵州 贵阳 550018; 4. 贵州省地质矿产勘查开发局, 贵州 贵阳 550004)

[摘 要] 贵州地表除峨眉山玄武岩外, 其他岩浆岩出露不多。为了解深部的基性—超基性岩体隐伏情况及分布形态, 本文结合地表该类岩体反映的地球物理场响应特征, 利用区域重磁资料综合研究。在镇远马坪(钾镁煌斑岩)、贞丰鲁容—阴河(钙碱性煌斑岩)、罗甸沟亭—望谟大观(辉绿岩)、晴隆—织金西北(玄武岩)等岩浆岩出露区, 与重磁场同位置相对应地区表现为重力高、磁力高分布特征, 且重磁异常强度表现为高低不一的幅值变化。为保证将最小的隐伏岩体圈定, 尽量消除区内岩浆岩受区域性剥蚀、风化的影响, 故利用重力值 $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 、磁力值 10 nT 为基准, 联合圈定了省内百余处基性—超基性岩体分布, 对寻找有关联的矿产指明了勘查方向。

[关键词] 重力; 航空磁测; 玄武岩; 煌斑岩; 基性—超基性岩; 岩体圈定; 贵州

[中图分类号] P542 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2020)-02-154-11

1 引言

贵州地表在西部归属峨眉山玄武岩大火成岩省东区, 玄武岩露头极其发育, 而中东部为沉积岩广布区及东南部变质岩剥蚀区, 岩浆岩活动较弱。贵州受到全球性滨太平洋和特提斯—喜马拉雅两个地球动力学系统的挟持和影响, 又位于全国性南北向的大兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带、青藏高原周边重力梯级带东南分支乌蒙山重力梯级带之间(孙文珂等, 2001), 经历了多次重大的地史事件, 如此特殊的地质构造地区和巨大的地质应力作用, 所发生的地质构造变形和所演变的地质现象, 形态是多样的、性质是复杂的, 1987版和2017版的贵州省1:50万区域地质图, 足以说明区域性、地区性地质变化事实的存在。贵州素称“沉积岩王国”, 地层全、类型多、岩性杂、厚度大、埋藏深, 是贵州沉积岩的一大分布特点, 厚重的地质沉

积体使得很多地质现象被屏蔽、阻隔及掩盖起来, 形成贵州独特的成矿地质背景。为挖掘贵州富有的隐藏于地下的各种地质信息, 几年来笔者作了大量的理论推测及潜心研究, 利用重力、航磁、地质等区域调查资料, 分析贵州及周边的综合地质情况和有关研究成果, 提取了深部断裂构造、基底层面的大小型隆拗构造和中酸性岩体(另文)。本文总结已取得经验, 新提取了区内的基性—超基性岩体(简称: 基性岩类), 再次填补了贵州隐伏岩浆岩地质信息的又一空白, 更好服务于贵州地质找矿及相关研究工作。

2 贵州地质概况及物探解译成果

2.1 地表岩石分布特征

贵州地质表征十分复杂, 地层出露自新元古界至第四系均有分布, 主要由沉积岩、浅变质沉积岩

[收稿日期] 2019-11-20 **[修回日期]** 2020-03-14

[基金项目] 贵州省地质矿产勘查开发局重大科研专项(黔西北地区铅锌找矿攻关)资助, 编号: 黔地矿纪要(2015)14号。贵州省科技计划项目: 贵州省地质调查院院士工作站(编号: 黔科合平台人才[2018]5626)、贵州省地质物探开发应用工程技术研究中心项目(编号: 黔科合[2016]平台人才5401)。

[作者简介] 王亮(1962—), 男, 研究员, 主要从事物探勘查和研究工作。Email: wangliang62@163.com

组成,火成岩不太发育,分布范围不大,但二叠纪玄武岩分布较广,构造活动经历了武陵、雪峰—加里东、海西—印支—燕山及喜马拉雅等阶段。图1a反映为北东向和北西向断裂构造的发育状况和地质构造单元分布格局。图1b反映了岩浆岩的时空分布面貌,表现为贵州境内岩浆岩很少,火山岩计有出露于东北部梵净山地区武陵构造—岩浆旋回梵净山时期($Pt_3^{1c}F$)细碧岩—角斑岩—石英角斑岩,出露于东南部从江地区的武陵构造—岩浆旋回四堡时期($Pt_3^{1c}S$)、雪峰—加里东构造—岩浆旋回下江时期($Pt_3^{1d}X$)基性火山岩,出露于西南部的海西—印支—燕山构造—岩浆旋回阳新世(P_2)偏碱性玄武岩和潜火山相辉绿岩以及出露于西北部的阳新世—乐平世(P_{2-3})大陆溢流玄武岩和潜火山相辉绿岩;侵入岩有出露于梵净山地区武陵构造—岩浆旋回梵净山时期($Pt_3^{1c}F$)基性岩类及酸性岩,从江地区的武陵构造—岩浆旋回四堡时期($Pt_3^{1c}S$)、雪峰—加里东构造—岩浆旋回下江时期($Pt_3^{1d}X$)基性岩类、酸性岩及志留纪(S)煌斑岩,以及出露于东南部和西南部的喜马拉雅构造—岩浆旋回古近纪(E)煌斑岩(贵州省地质调查院,2017)。

2.2 据重磁地资料解译的深部构造成果

根据贵州区域重力、航磁和矿区电法等资料,结合区域地质资料,遵循断裂、岩体等圈定原则,完成了如下的区域性地质成果推测。在图1c中推测的深部断裂,反映了贵州深部构造的基本格架,修正了以往不尽合理的断裂划分。在图1d中推测的深部中酸性岩体,反映了贵州基底之上的中酸性岩体具有方向性成群带的分布特色。在图1e中推测的浅部隆坳构造,反映了贵州基底之上的圈闭构造具有方向性成串珠状的分布特征。在图1f中推测的深部大型隆坳构造及小型隆坳构造,反映了贵州基底之下(含基底)的区域构造起伏态势及内部穿插的局部构造的分布特点(王亮等,2019;王亮等,2020a;王亮等,2020b)。

3 贵州隐伏基性—超基性岩体圈定依据

3.1 重磁异常分布特征

剩余重力异常可以揭示地层岩性密度的横向

变化,航磁异常透露出隐伏岩体的侵入活动。

利用区域重磁两种资料所反映地质信息,结合区域地质资料及地表出露岩体地球物理场响应特征,来综合圈定区内的隐伏岩体,是较为客观的科学的,具有针对性实物性,图2重磁异常的表现特征如下。

地表出露的基性岩类分布区块扣合在图2a、图2b上,发现不少地区重磁异常明显体现出有岩浆岩侵入的活动迹象。两图中重磁异常多呈方向性条带状的异常分布,其中零星分布有不同性质的局部异常。图2a重力异常呈北东向正负相间分布,中部及偏北部北东向及北北东向带状异常分布脉络非常清晰。在贵州地质上以东部变质岩、中部沉积岩、西部玄武岩为主要岩性分布,据图2b航磁分布特点反映的东西部正磁场背景、中部负(低)磁场背景特征与三地岩石的磁性特征分布相符合;但从图2b航磁异常活动分布规律来看,中部也应反映为正磁场强度不高的背景异常分布才合理可事实并非如此。在东西部岩浆岩活动相对中部活跃,在东西部两地区的正磁异常背景中,则穿插有多处局部的或大片的负磁异常,以往野外实地调查是这些地区普遍存在岩石风化剥蚀影响,以致正磁异常幅值被削弱其强度降低了,有的呈现低磁场局部地区或大面积的异常变化现象,掩盖了具正磁性岩浆岩的地球物理场响应,也不排除是具低磁性的岩浆岩引起,以致使得有的磁性岩体(岩层)的真实信息,如体量小磁性弱被退磁的地质体,一般是很难通过航空物探仪器测量发现的,若开展1:5万航磁或1:5万地磁测量此现状会有较大改观。

3.2 岩石物性特征

在黔东北和黔东南两地区分布的岩浆岩体,其中出露的火山岩有两类,一为产于北部铜仁梵净山地区中元古界回香坪组及肖家河组上部的细碧岩—石英角斑岩,二为产于南部从江县以南摩天岭北缘的新元古代青白口系甲路组的基性火山岩(梵净山区产出层位相当),细碧岩为似钠化的拉斑玄武岩,基性火山岩为似绿泥石片岩。而侵入岩也有两类,有分布南北两地的基性岩类、中部的偏碱性超基性岩脉,①基性岩类,主要见产于北部梵净山群和南部从江南加的四堡群中,以南部宰便、加榜出露的岩床状辉绿岩面积较大,约4 km²。

②偏碱性超基性岩脉、钾镁煌斑岩及钙碱性煌斑岩,主要出露于中部地区,是相对稳定地台环境的

幔源超基性杂岩,空间分布与区域性大断裂带有关。本区岩石物性情况见表1所示。

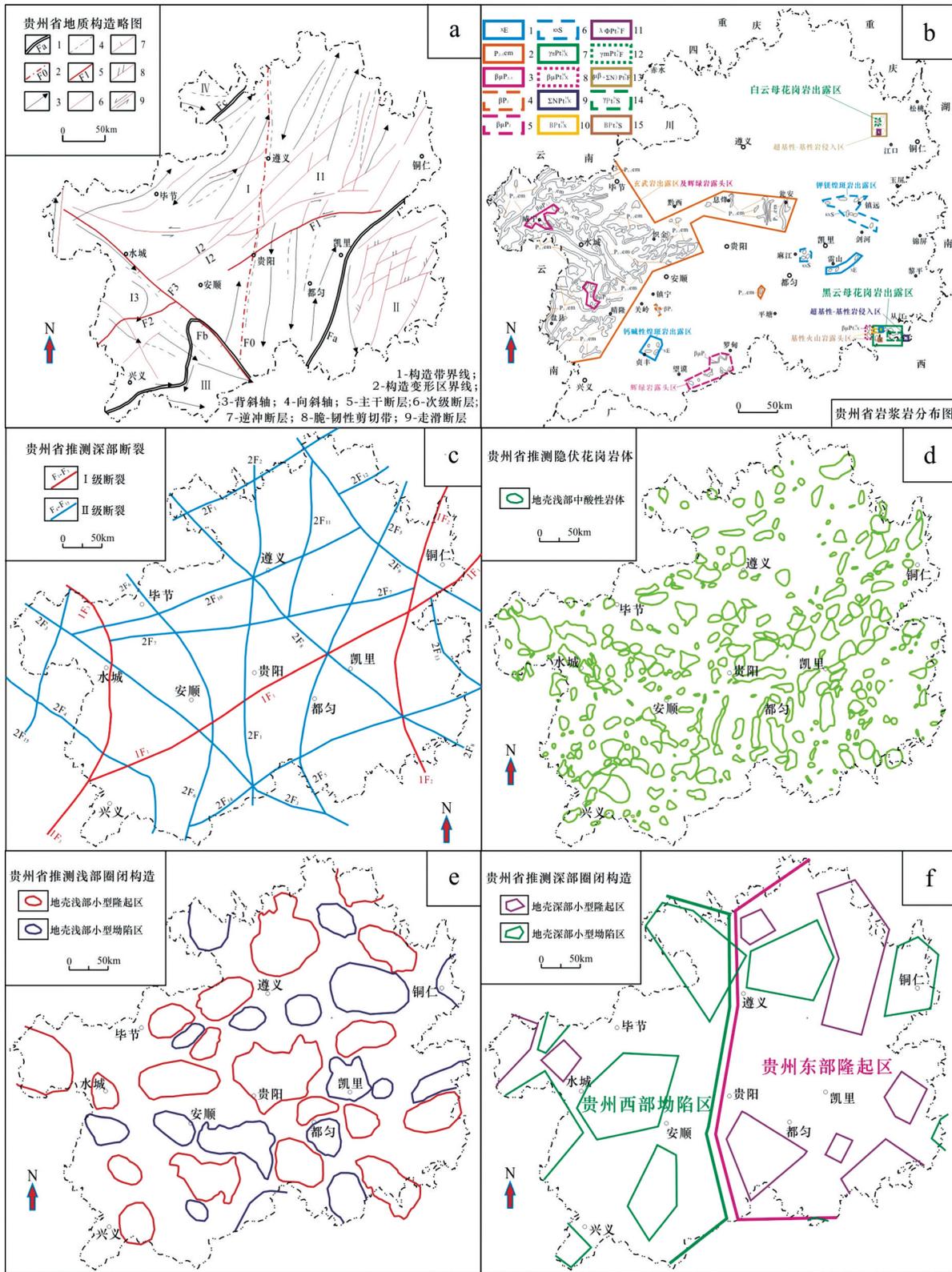


图1 贵州地表断裂(a)、岩体(b)与重磁推测的深部断裂(c)、岩体(d)、隆拗构造(e,f)系列图 (据王砚耕,1992;贵州省地质调查院,2017;王亮等,2019;王亮等,2020a;王亮等,2020b;王亮等,2020b)

Fig. 1 Series maps of Surface fracture of Guizhou (a), rock mass (b) and inferred deep fracture by gravity and magnetic method, rock mass (d), bending structure (e,f)

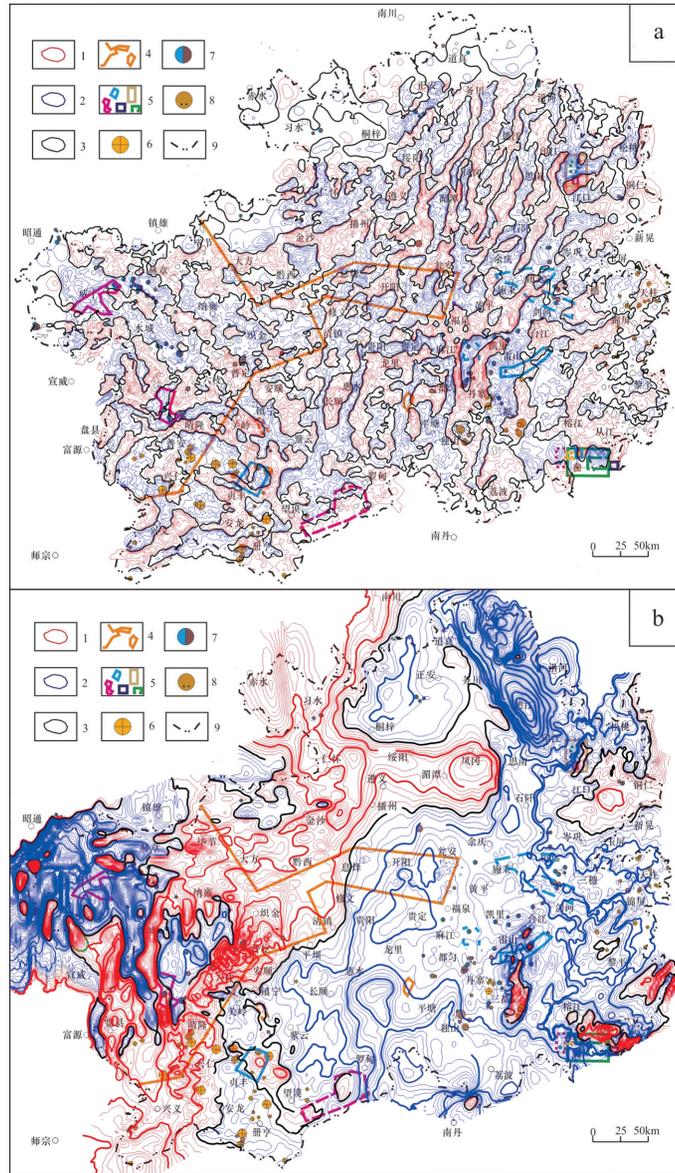


图2 贵州剩余重力异常(a)、航磁异常(b)与出露基性岩类区块扣合图

Fig. 2 Fastening map of residual gravity anomaly (a), aeromagnetic anomaly (b) and outcropped basic rockmass

1—重磁正值异常;2—重磁负值异常;3—重磁零值异常;4—玄武岩出露区;5—其他基性岩类出露区(含花岗岩);6—金矿;7—铅锌矿;8—锑矿;9—省界

表1 贵州东部地区岩石测定密度、磁性参数特征统计

Table 1 Statistics of determined rock density and magnetic parameter characteristics in east Guizhou

岩石名称	密度 (10^3 kg/m^3)	磁化率 ($10^{-6} 4\pi \text{ SI}$)	产地
细碧岩(基性)	2.80 ~ 3.20	40	贵州梵净山
钾镁煌斑岩	2.76	35 ~ 126	贵州镇远马坪
钾镁煌斑岩	2.83	50	贵州镇远以南
云煌岩	2.78	40	贵州镇远以南
云斜煌斑岩	2.74		贵州镇远以南
煌斑岩	2.92	107	广西、桂北
细碧岩及基性火山岩	2.73	1.27	广西、桂北
辉绿岩	2.90	6	广西、桂北、贵州
橄榄岩	2.91	28	广西、桂北

表1 岩石物性统计表明,贵州东部不同基性岩类总体表现为较高密度、较低磁性特征,磁场弱化现象较西部还严重,这是岩石受风化剥蚀作用相对剧烈,致原始的正磁场背景,被后生的负磁场逐渐取代。

在图2 梵净山一带的基性岩露头区,对应航磁化极异常平面图,磁异常展布值表现为(2~36) nT,而地面磁测异常强度极值为100 nT;镇远马坪一带的钾镁煌斑岩出露区,对应航磁化极异常平面

图,磁异常示意值表现为(2~8) nT,则地面磁测强度高达110 nT。两地岩体上表现的剩余重力正异常,场值一般为 $(1\sim4)\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 变化(王亮等,2012)。

在黔西北和黔西南两地区分布的岩浆岩体,主要有基性岩类,为二叠纪峨眉山玄武岩、辉绿岩及煌斑岩,理论上它们应表现为高密度、正磁性的物理性质。按岩浆岩分类,本区出露岩体不全,主要有超基性岩、基性岩两大类,其岩石表现的物理性质见表2。

表2 贵州西部地区岩石测定密度、磁性参数特征统计

Table 2 Statistics of determined rock density and magnetic parameter characteristics in west Guizhou

岩石名称	密度(10^3kg/m^3)	磁化率($10^{-6} 4\pi \text{SI}$)	剩磁(10^{-3}A/m)	产地
玄武岩(基性、高钛)	2.98、2.92	3 000、3 839~47 600	2 863、800~46 200	黔西南、黔西北
辉绿岩(基性)	3.01、2.82	2 000、706~2 700	133、520~8 020	黔西南、黔西北
辉石岩(超基性)	2.88		1 823	黔西南
橄榄岩(超基性)	2.88	6 000	2 525	黔西南
凝灰岩	2.52	0、1 282	0、400	黔西南、黔西北
钙质基性沉积凝灰岩		221~2 073	73~529	黔西北

表2 岩石物性统计表明,贵州西部不同基性岩类总体表现为较高密度、中等磁性特征,都具有不同强度的磁性,基性岩具中等-强磁性,超基性岩为中等磁性,侵入岩的内外接触矿化蚀变带具弱-中等磁性,岩石密度亦有明显的差异(黔桂滇编图组,1995;贵州省地质调查院,2017)。

在图2 贞丰东北鲁容-阴河一带出露的钙碱性煌斑岩分布区,重磁异常对位好、岩体集中出露,磁异常为正异常出现,重力异常为负异常表现,这可能是岩体个体较小,因体量密度小不足以引起正常的重力高异常;本处的偏碱性基性岩类岩脉或岩墙露头,视为深部隐伏岩体的直接显示,经同位素年龄测定为77~130 Ma,属燕山期产物(刘显凡等,1999)。岩体侵位于三叠系地层,构成若干规模很小的岩体群(带),其磁场强度显示较弱,露头区重力异常响应不强 $(2\sim4)\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 、磁场强度(2~36) nT变化较大(王亮等,2015)。

在图2 罗甸西南沟亭-望漠大观一带出露的辉绿岩分布区,岩体呈北东向分布。岩体出露区表现为重力场值幅度不大 $(2\sim2.5)\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 、磁场值(0~10) nT变化小。

在图2 晴隆-织金西北一带出露的玄武岩分布区,岩体呈北东向兼北西向规模化集群式分布。岩石出露区表现为重力场值上扬 $(2\sim5)\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 、磁场值(5~80) nT变化大。

3.3 隐伏岩体圈定原则

在物性上,图2 标示区内出露的基性岩类正常情况下,应表现为高密度、弱磁性特点,岩石出露区重磁异常响应重力值变化不大、磁场值变化较大。厚度较大的岩体可以出现重力高,基性岩磁场表现特殊,晴隆-织金西北的二叠纪玄武岩磁场为正负跃变,磁性极不均匀,由于构造变动可以形成很强的磁场,也可以表现为负磁场,而其他地区的磁场变化较弱,有的地段岩体厚度不大正体量密度低形成不了重力高异常,这些特征可为区内岩体的合理圈定和物性研究提供了重要依据。

据上述贵州基性岩类分布情况,不同岩浆岩露头上表现的重磁异常物性响应特征及异常幅值强度变化高低不一等特点,为合理圈定区内岩体,充分利用现有尺度资料,原则上尽可能将最小的隐伏岩体异常提取出来,这才符合地质发展变化及岩石分布规律,则全区隐伏岩体圈定值须使用合适取值,这是因为贵州沉积岩覆盖广泛,岩石类型和沉积厚度差别大,区域性风化剥蚀现象极严重,导致各地地球物理场性质及强度差异大,就航磁异常观测值影响最大,表现为岩石原始磁性被弱化,故采用等值线数值为重力 $2\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 、磁力10 nT的幅值强度作为异常划定背景值,可对当地隐伏岩体能够最大化圈定。

4 圈定的贵州基性—超基性岩体

不同地区出现的不同种类的基性岩类,是不同地史时期地下幔源物质随深大断裂或次级断裂运移在地壳上部空间浅表的合适部位,经不同时期的原位集结、结构调整、组分加减、成分改造、岩浆分异、热源作用形成的岩浆岩产物之一。

根据区内基性岩类表现的高密度、弱磁性(正磁性)特征,又据重力、航磁两图异常相套合情况,利用重磁异常两者最低圈定值,对相呼应的重磁正异常呈现规律性的闭合区域及变异地区进行划线,确定圈定异常的画圆最小范围,对航磁异常尤其要注意磁性岩层的干扰排除,如贵州中西部三叠系夜

郎组及飞仙关组的钙质基性沉积凝灰岩的中等磁性影响(庞文山等,1978)、贵州东部青白口系下江群番禺组、乌叶组、清水江组具铁质性的磁性地层作用(康俊成等,1965),同时还须注意到高密度背斜地层引起重力高值异常的参与作用排查。

4.1 岩体异常分布规律

由于岩体的成因、时代不同以及围岩、构造、岩浆活动、物质组分的差异,导致不同的重磁异常分布特征表现出极大的差别变化(图2)。根据地质成因及重磁场特征两者的不同表现,所推测的基性岩类(图3)在区域分布上、岩体性质上、岩体体积上、岩体形态上等方面会有所区别和不同特征表现。

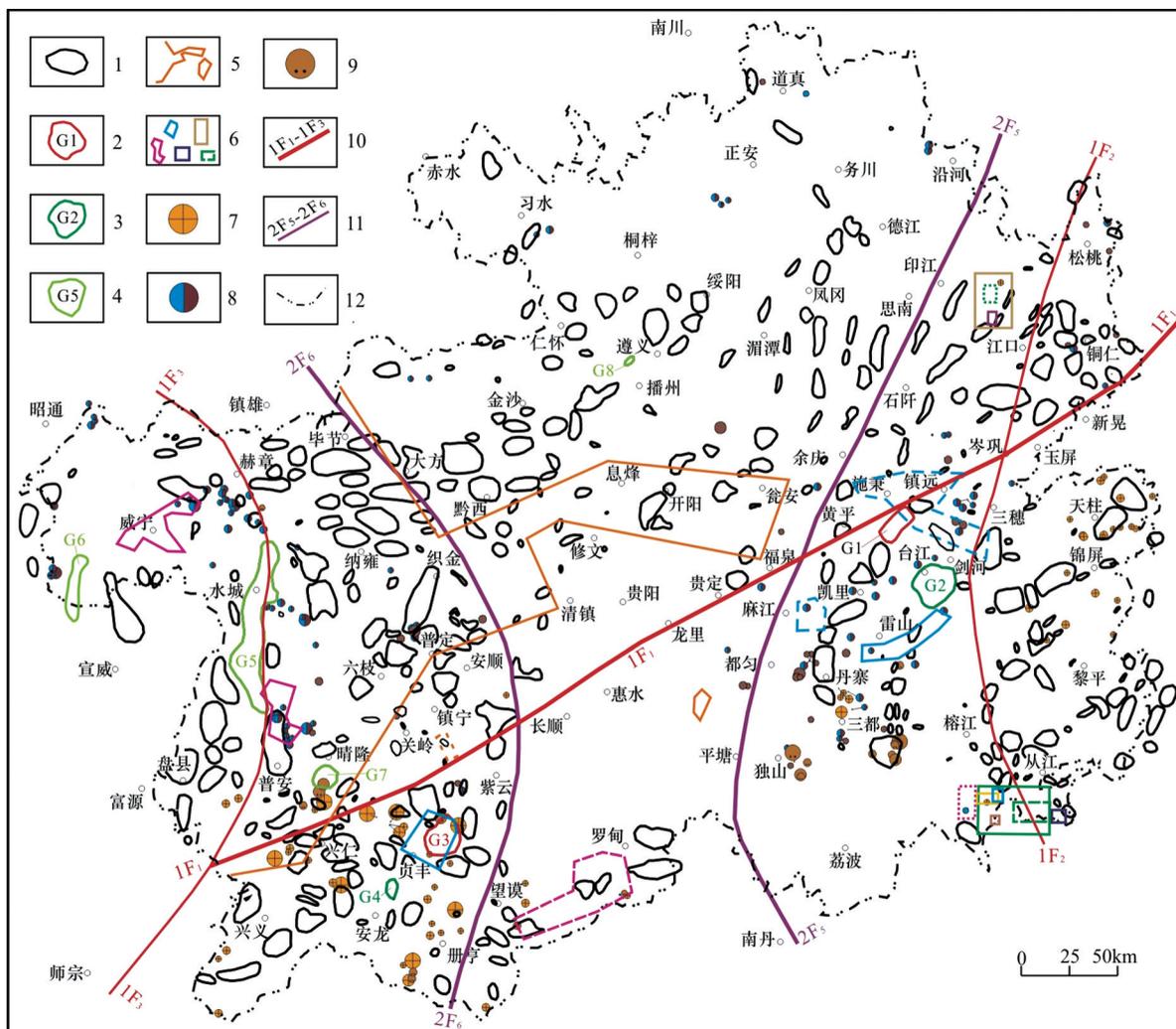


图3 据已知岩体重磁异常响应特征圈定的贵州基性岩类分布图

Fig. 3 Determined basic rock distribution of Guizhou for the known rock mass gravity and magnetic anomaly response characteristics
 1—推测的基性岩类;2—地表有基性岩类出露发现有矿床;3—地表没有基性岩类出露;4—推测的基性岩类区发现有矿床或矿异常;
 5—玄武岩出露区;6—其他基性岩类出露区(含花岗岩);7—金矿;8—铅锌矿;9—锑矿;10—推测深部 I 级断裂;11—推测深部 II 级断裂;
 12—省界

推测的基性岩类在区域上分布规律明显。主要沿贵州西部、东部、中部偏北出现,分布密度表现为东西部密集、中偏北延至大方-遵义-德江-沿河一线密集而在此线之北为零星分布、中部偏南零星出现。推测的大多数岩体个体较小,其活动区域及分布范围不大。

推测的基性岩类受制于三大断裂(1F₁、2F₅、2F₆)分布影响。主要分布于中部地区北东向1F₁断裂的北侧(南侧稀少)、东部地区南北向2F₅断裂的东侧、西部地区南北向2F₆断裂的西侧,沿断裂走向规模化集中分布特征较显著。由于深部断裂控制作用,在西部玄武岩密集区、东部变质岩(沉积岩、岩浆岩)叠合区的下方密集大面积出现,在中部沉积岩厚积区北面下方较密集分布、南面下方零散出现。

推测的基性岩类与出露的基性岩类具有同框图像分布。图3深部的与图1b地表的岩浆岩分布格局有相似之处,但东部图1b的地表岩浆岩分布极少。

推测的基性岩类与推测的中酸性岩体的区域分布格局截然不同,可两类岩体均为岩浆热源。与图1d比较,发现中酸性岩体的隐伏分布,以区域性北东向兼北西向规模化成群带的密集分布为主要,岩体主脉异常沿深部北东向花岗岩基异常区的地表投影面集群式分布,分布密度和分布范围较基性岩类主要活动产出及分布空间却要大得多,推测的岩体个体也较大、分布地区也较多。两种岩体在区内的区域侵入方向及活动路线是不同的,可能也反映了成岩时期和地质作用是不同期次的,间接说明了推测的基性岩类形成于推测的中酸性岩体上部,在两种岩浆岩居所的下部很大空间上应还有更大的岩浆岩基异常存在。

另外,图3推测的基性岩类,以北东向条带状出现地区、团块状密集分布地区,深部则对应着大型古老变质基底岩块,其与花岗岩基两者均能提供成矿所需要的物源和热源条件,具备深部岩浆大型活动平台。推测的岩体在具体性质区分、体积大小、三维形态等方面,肯定会有不同表现,只不过不是本文研究范畴。

所推测的岩体分布具有方向性突出,成群体分区分带出现特征明显,受深部断裂控制影响大。

4.2 对重力异常反演拟合

区域重磁异常的变化特征是各种地质因素的

反映,故利用区域重磁资料,不但可以推断深部构造、地壳结构、深大断裂和隐伏或半隐伏岩体,而且还可以根据局部重磁异常了解矿化蚀变的分布规律和范围,推断异常源的形态、产状、深度和规模的大小等。

本文选择4个重力异常进行定性定量解释。基于贵州西部地表为大面积玄武岩出露地区,重磁异常较完整扣合并对应出现,异常曲线响应特征体现出真实的重力高、磁力高互相对应,极利于正确的地质解释,故在区内不选择重力异常进行拟合计算和人机解释。选取在玄武岩规模出露地区之外的中东部地区的4处重磁异常完成地质模拟解释,只因这里玄武岩出露稀少,其他基性岩类出露也少,岩体个体小,引起的重磁异常幅值低,还出现少量重磁异常性质反常情况,不利于地质解释;为提高成果解释的可靠程度,选择2处地表有已知岩体出露的重力异常,来旁证周边的2处未知重力异常,选定目标位于图3东面的贵州镇远马坪G1、南面的贞丰良田G3等2处基性岩类出露区作为首选,即是将其与图2a同位置相对应的重力异常作为解剖岩体异常的已知实例,并对位于图3相距不远处的台江G2、安龙笃山G4及与之相对应的图2a同位置上的另2处重力异常进行地质拟合解释,其地质解释成果如图4。

图4a的岩体异常,分布于图3镇远马坪G1区,产有金刚石原生矿,地表及剥土和老硐工程均可见到钾镁煌斑岩,因岩体体积小且受风化剥蚀影响,其密度测定值较低为 $2.76 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ (正常的密度据表1应大于 $2.90 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)、磁性极弱(场区呈负值曲线),重力异常呈北东向带状分布,用二度体反演模拟,异常体上顶埋深1.8 km、下底埋深5.2 km、剩余密度为 $0.21 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。图4b的岩体异常,分布于图3台江G2区,地表没有见到有岩体出露,但在异常区南部边缘有云斜煌斑岩出露,重力异常曲线呈正圆形密集分布(航磁图呈负值曲线),用三度体反演模拟,异常体上顶埋深4.0 km、下底埋深12.5 km、剩余密度为 $0.22 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。图4c的岩体异常,分布于图3贞丰良田G3区,产有多处大型、超大型金矿,异常南侧边缘地表已见到有钙碱性煌斑岩及三叠系地层出露,对应航磁正异常,重力异常为北西向面状分布,用三度体反演模拟,计算的上顶埋深8.7 km、

下底埋深 15 km、剩余密度为 $0.33 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。图 4d 的岩体异常,分布于图 3 安龙笃山 G4 区,地表没有见到有岩体出露,G4 重力正异常,可能为 G3 重力正异常的分枝异常,对应的重力正异常呈北西向带状分布,用二度体反演模拟,顶埋深 7 km、

底埋深 9 km、剩余密度为 $0.33 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,岩体形态可能为多个岩株或小岩体组成。可见,通过拟合重力异常,其中地质体所产生的剩余重力密度在 $0.21 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 以上,体现为正密度的物理性质,是基性岩类正常的物性反映。

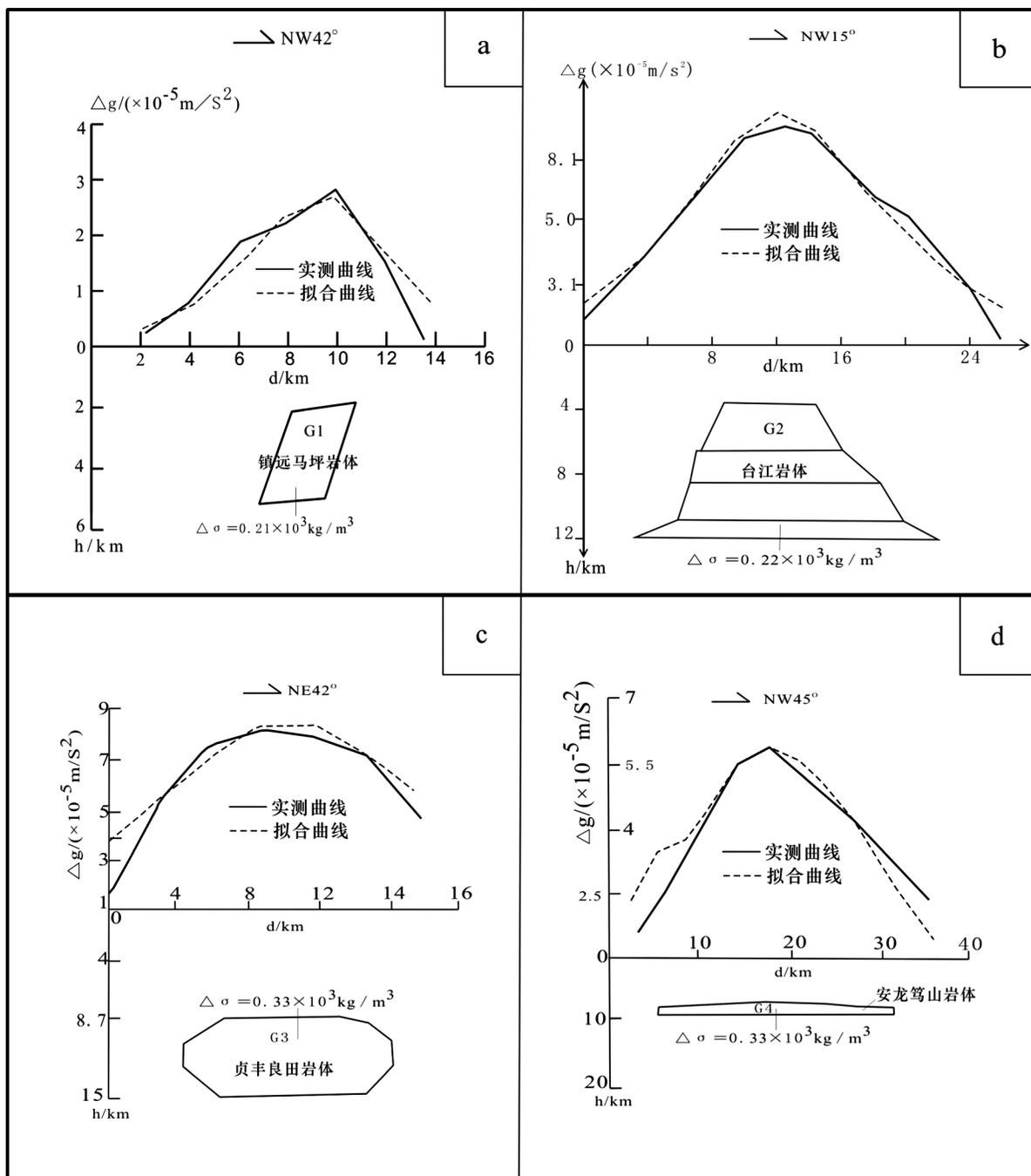


图 4 贵州不同地区基性岩类重力正异常反演拟合成果
(据范祥发等,1996;杨明应,1989;王亮等,2012;王亮等,2015)

Fig. 4 Positive gravity anomalies inversion fitting results of basic rock in different area of Guizhou

5 与重要矿产分布意义

由于不同时期基性岩类的侵入,对表层不同地区地层的改造和相关矿产的重新活化都起到重要作用。

尤其是通过深大断裂这条通道为地幔基性岩类物质的添加提供了地质前提,促使下地壳的物质成分成熟度降低,在深部源源不断对陆壳提供重要物质来源和热量能源,这种深熔作用更有利于使地壳物质由下而上发生组分分异,并且产生与基性岩类岩浆作用有关的多金属矿床(孙文珂等,2001)。在贵州通过对重磁异常的地质解译,提取了深部一级断裂3条、二级断裂15条等(王亮等,2019),又提取了基底上部地表的隆起构造18处、拗陷构造17处(图1e)和位于基底深部(含基底)的1处大型隆起、1处大型拗陷、8处小型隆起、10处小型拗陷(图1f),为地壳浅部组成结构薄弱部位基性岩类或中酸性岩浆岩形成提供了有利运移通道和孵化孕育空间,以及本文推测的百余处基性岩类(图3)和推测的逾百处中酸性岩浆岩体(图1d),可为区内与岩浆作用相关矿产的形成,提供了至关重要的物质基础和热源支持。同时,重磁资料揭示在贵州深部古老的变质基底和花岗岩基发育,各类岩浆热源的驱动,可以促使地层中的成矿物质活化、转移,参与岩浆热液叠加成矿。

基性岩类成矿专属性最强,有关矿产主要有岩浆型Cr-Pt矿床、Cu-Ni硫化物矿床、V-Ti磁铁矿床及产于金伯利岩中的金刚石矿床(赵鹏大等,2005)。在贵州不同类型组合矿床中,成型的或伴生的并不多见、矿点也较少,但成矿信息却存在,因各地有不同元素组合的地球化学异常,如贵州西部的Pt、Pd高背景区,成为川滇黔桂Pt、Pd地球化学省的一部分(成杭新等,2000;王登红,2003),黔西北威宁黑石-哲觉还有一面积为469 km²的Cu、Co、Ni、Ag、Cr、B、As、Ba元素组合异常区(刘应忠,2005)。黔北遵义黄家湾等地产有Ni-Mo矿床,黔东南镇远马坪1965年找到与钾镁煌斑岩相关的我国第一个金刚石原生矿床,黔南晴隆沙子2007年首次发现峨眉山玄武岩风化残坡积土壤中的锐钛矿床(张敏等,2013)等。

贵州西部水系沉积物Pt、Pd背景值分别为

2.46×10^{-9} 、 1.6×10^{-9} ,岩石Pt、Pd背景值分别为 1.04×10^{-9} 、 0.76×10^{-9} ,成为一富含Pt、Pd的地球化学巨省,其形成的直接原因可能与上二叠系中峨眉山玄武岩及龙潭-长兴-大隆组的陆源碎屑岩中Pt、Pd高含量有关,地壳的原始化学组成物质Pt、Pd分布的不均一性是形成贵州西部Pt、Pd地球化学巨省的内在动因,这种不均一性可导致在贵州西部形成大型Pt、Pd矿床,区内形成了威宁-水城-纳雍-织金和发耳-盘县两大地球化学省,其中水城南面的鸡场Pt、Pd异常位于图3的G5,范围约100 km²、异常峰值 23.45×10^{-9} 、Pd异常峰值 16.84×10^{-9} ,可望找到大型、特大型Pt、Pd矿床(赵传冬,2000;谌敏等,2013);威宁黑石-哲觉的Cu-Ni组合异常覆于G6区,通过铜镍矿床地球化学模式建立可实现此类矿产在西部的找矿突破(刘应忠,2005);遵义黄家湾Ni-Mo-PGE矿床位于G8边缘附近,赋存在寒武系底部,属于黑色页岩型镍铂族元素矿床(毛景文等,2001);镇远马坪金刚石矿床产于G1区,伴生指示矿物含铬镁铝榴石,赋存于钾镁煌斑岩母岩中(时称金伯利岩);晴隆沙子锐钛矿床发现于G7中,是峨眉山玄武岩强烈喷发初期于茅口灰岩顶部喀斯特洼地低温、低压、弱碱性水体中火山碎屑化学沉积形成,在经第四系风化淋滤分解成土,进一步富化形成的残坡积型矿床(张敏等,2013),位于该岩体异常区的晴隆大厂曾是我国锑矿重要产地之一。

区内出现的基性岩类,表现的重磁场变化特征复杂,若随着岩石基性成分增加,岩体将引起明显的重磁异常。在大片火成岩分布的贵州西部,由于岩石的磁性不均匀,密度又与浅部的小岩体、岩株、岩脉没有明显的差别,故与矿关系密切的小岩体所引起的磁异常、重力异常均难以识别。但在图3推测的基性岩类分布有其共同之特点,就是它们都受区域性断裂构造控制及影响,多数出现在不同地区次级断裂的交叉部位及不远处,而图3推测的岩体与本文所述几种矿产或矿床组合(包括金、铅、锌、锑)也存在位置上相对应的关系,如G5~G8几种矿产或矿床组合和G1(金刚石)、G3(金矿)矿产分布就位于推测的基性岩类岩体上、岩体边界内外侧、距岩体边界不远处及附近。由此看来,这几种矿产或矿床组合与推测的基性岩类存在位置上相对应的分布关系,地质成因上是否也存在因果关系有待更深入的研究再确证。

一般基性岩类的密度高、磁性强,可引起明显局部重磁高异常,贵州除高钛玄武岩外,其余不同性质岩石的密度、磁性均有不同程度偏低,这是省内岩浆岩被长期风化剥蚀影响的结果。在贵州由于特殊的地质构造条件,其所述矿产的成因产出,与基性岩类或中酸性岩体有直接证据和关系密切的扎实成果并不多见,有的成果研究只停留于矿产成因推测阶段和不多测试项目成分的实验数据研判成因阶段,也还未找到真正意义上的与基性岩类或中酸性岩体有关的具有重要说服力和研究程度高的矿床实例证明,以往论文或成果观点,如玄武岩型铜矿、辉绿岩型金矿、岩浆热液型铅锌矿等,有的是基于地表产地所见岩体提出成因类型,但总的来说成矿可能与岩浆岩活动等有关。黔西南是盛产数个世界著名的超大型金矿床重要成矿区,贵州地矿局105队建立了贞丰水银洞特大型金矿成矿模型,提出了金矿产出与隐伏花岗岩有成因关系,是一个很好的成功尝试,黔西北赫章猪拱塘超大型铅锌矿床地质成因模式研究正酣。

要弄清某种内生矿产形成的地质起因和规律认识,要明白岩体和矿床的形成不仅都受断裂构造的控制,而且岩性和岩相也对矿床的形成有一定的影响,并要通过区域性的深部地质构造和成矿背景信息研究,再开展大尺度的地质、物探(重力、地磁、电法等)、化探等综合方法查证,外加地质工程及钻探工程验证,以解剖其中产生的地质异常原因和推测的物探异常实际效果真伪。

6 结论

本文利用重力、航磁、地质等区域调查资料,综合解译研究了贵州深部基性岩类分布,并据局部重力异常分布形态,采用不同形体的地质模型(二度体、三度体),进行了地质异常拟合解释,所提取系列结果真实反映了区内基性岩类的分布规律、原始性质、展布形态。对于所推测的基性岩类区域分布(图3),同推测的中酸性岩体区域分布格局是不相同的(图1d),其与地表现今岩浆岩分布有着相似特点,受南北向兼东北向断裂控制,在西部大量密集分布、中部至北部较稀分布、中部至南部零星分布,三地与图1b地表岩体分布规律基本一致,东部则不同只因是沿变质基底出露区大量密集分布,较图1b的地表岩体分布明显增

多。推测的中酸性岩体区域分布,为北东向兼北西向多地区成群带密集展布为特色。

本文现有精度资料所提取成果,可为深入研究区域成矿地质背景和成矿规律,提供了基性岩类的隐伏地质信息,并指明了寻找有关联的矿产找矿方向。同时,了解到贵州东西部隐伏有大量此类岩体(东部地表极少),应是两大重力梯级带地质作用的产物,说明地表地质活动现象,不能全面表现深部地质活动。

本文利用区域重磁资料推测的基性岩类,既有区域找矿指示意义,又有深入研究不同岩浆-成矿作用与演化时序的参考意义,可为贵州西部乃至全省寻找所述不同类型矿产或与之相关的其他矿产突破提供了重要信息,进而说明矿产形成与基性岩类(或中酸性岩体)分布可能有一定关系,并具有地球深部岩浆热液循环过程的指示意义。G1~G8异常区不同找矿信息的披露,拓宽了与该岩类有关联的找矿思路和范围,也显示出区内丰富的地质找矿前景及资源潜力,对上扬子陆块贵州复杂构造背景下的成矿作用研究和地质找矿突破具有重要价值。

[参考文献]

- 成杭新,郑占元,赵传冬. 2000. 初论盘江流域铂、钨地球化学巨省[J]. 长春科技大学学报, 30(3): 226-229.
- 湛敏,何明友. 2013. 黔西北铂钨找矿前景及找矿方向[J]. 矿物学报, 33(S2): 749-750.
- 范祥发,王亮,朱大友,向辉,龙超林. 1996. 贵州1:20万息烽、贵阳、瓮安、都匀、镇远、剑河幅区域重力调查报告[R]. 贵州省地质调查院. 2017. 中国区域地质志·贵州志[M]. 北京:地质出版社, 753-847.
- 康俊成,郝春荣,杨世山. 1965. 湘黔桂地区航空磁测结果报告[R].
- 刘显凡,苏文超,朱赖民. 1999. 滇黔桂地区微细浸染型金矿深源流体成矿机理探讨[J]. 地质与勘探, 35(1): 14-19.
- 刘应忠. 2008. 铜镍矿床地球化学模式应用[J]. 贵州地质, 25(3): 208-211.
- 毛景文,张光第,杜安道,王义天,曾明果. 2001. 遵义黄家湾镍钼铂族元素矿床地质:地球化学和Re-Os同位素年龄测定—兼论华南寒武系底部黑色页岩多金属成矿作用[J]. 地质学报, 75(2): 234-243.
- 庞文山,侯连池,黄道旭,陈宝兴,徐昆,李鸿竹. 1978. 黔西南地区航空物探结果报告[R].
- 黔桂滇重点片综合解释组(简称:黔桂滇编图组). 1995. 华南地区1:100万物探化探遥感成果编图—黔桂滇重点片综合解释成果报告[R].
- 孙文珂,黄崇轲,丁鹏飞,吴海成,李炳华,王宝禄,李文昌,金宜

- 声,涂成林,杨亚斌. 2001. 应用物探资料研究重点成矿区带的区域构造和成矿构造文集[M]. 北京:地质出版社,1-137.
- 王砚耕. 1992. 贵州区域构造矿田构造学术讨论论文集-贵州构造基本格架及其特征[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1-11.
- 王亮,胡从亮,张嘉玮,陈国勇. 2019. 贵州深部四级断裂构造特征及与重要矿产的关系[J]. 地质力学学报, 25(1):36-51.
- 王亮,张嘉玮,陈国勇,胡从亮,向坤鹏,屈念念. 2020a. 贵州中酸性隐伏岩体圈定与找矿意义[J]. 地质与勘探,56(2):387-402.
- 王亮,张嘉玮,向坤鹏,黄启霖,胡从亮,陈国勇. 2020b. 贵州深部构造单元界线及基底构造变形特征探讨[J]. 贵州地质,2020(待刊).
- 王亮,陶平. 2012. 应用1:20万区域重磁资料推断贵州东部地区隐伏岩体[J]. 物探化探计算技术,34(4):449-454.
- 王亮,龙超林,刘义. 2015. 黔西南隐伏岩体圈定与金矿物源探讨[J]. 现代地质,29(3):168-180.
- 王登红. 2003. 贵州寻找铂族元素矿床的思考[J]. 贵州地质,20(3):127-131.
- 杨明应. 1989. 贵州省西南部1:20万重力测量报告[R].
- 赵鹏大,池顺都,李志德,曹新志. 2005. 矿产勘查理论与方法[M]. 武汉:中国地质大学出版社,90-90.
- 张敏,聂爱国. 贵州晴隆沙子大型锐钛矿床地质特征[C]//贵州省地质学会. 贵州省地质学会青年工作委员会首届学术年会论文集. 2013:50-55.
- 赵传冬. 2000. 贵州西部铂、钨背景值及对找寻铂、钨矿的启示[J]. 贵金属地质,9(4):220-222.

Basic-ultrabasic Hidden Rock Delineation of Guizhou by Regional Gravity Aeromagnetic Survey Data and Its Geological Significance

WANG Liang^{1,2}, ZHANG Jia-wei^{1,2}, HUANG Qi-lin³, CHEN Guo-yong³,
XIANG Kun-peng¹, HU Cong-liang¹

(1. Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China; 2. Guizhou Engineering Research Center for Geologic-Geophysical exploration development and application, Guiyang 550081, Guizhou, China; 3. Institute of Geophysics and Geochemistry, Guiyang 550018, Guizhou, China; 4. Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] In Guizhou province, Emeibasalt mainly outcrop on the surface. In order to study the condition and distribution of basic-ultrabasic rock mass hidden condition, the regional gravity aeromagnetic survey data are used for the comprehensible research with the geophysical response characteristics of this kind of rock on the surface. In Zhenyuan Mapping (Kappa-magnesium porphyry), Zhenfeng Lurong-Yinhe (calcalkaline alum porphyry), Luodiangu Pavilion-Wangmo Daguan (diabase), Qinglong-Zhijin Northwest (Basalt and other magmatic rock outcrops, basalts and most other basic-ultrabasic rock outcrops seen on the surface are manifested as geophysical fields with high gravity, high magnetic force, and different anomalous amplitudes. In order to ensure that the smallest concealed rock mass is delineated, and the influence of regional erosion and weathering on magmatic rocks in the area is minimized, the gravity of $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ and the magnetic force of 10 nT are used as the benchmark to jointly define the basicity of the province -The distribution of ultrabasic rocks indicates the direction of exploration for finding related minerals.

[Key Words] Gravity; Aeromagnetic Survey; Basalt; Porphyry; Basic - ultrabasic Rock; Rock delineation; Guizhou