

雅鲁藏布江航磁异常带性质及其意义

姚正煦 周伏洪 薛典军 刘振军 张永军
(中国国土资源航空物探遥感中心 北京 100083)

摘要：航磁概查发现雅鲁藏布江航磁异常带东西相连长达 1 400 km ,它由北、南 2 条线性异常带构成 ,并认为它由沿雅鲁藏布江缝合带侵位的北、南 2 条蛇绿岩带引起 ,且以北带为主 ,即雅鲁藏布江缝合带是由 2 条蛇绿岩带组成 ,而不是过去地学界所认同的一条。航磁异常带实质上是雅鲁藏布江缝合带存在的客观反映 ,不仅为识别缝合带提供了比较典型的磁场模式 ,也为探讨新特提斯洋演化、可能存在 2 次开合过程 ,提供了新的依据。

关键词：雅鲁藏布江 航磁异常带 缝合带 蛇绿岩 新特提斯洋 演化

中图分类号：P631.2 文献标识码：A 文章编号：1000-8918(2001)04-0241-12

雅鲁藏布江缝合带是 1964 年由印度 A. Gansser 提出 ,一直为中外地学者所重视 ,尤其是 80 年代以来投入了大量野外调查和研究工作 ,获得了丰硕成果 ,对雅鲁藏布江缝合带的组成、位置、地质特征、演化发展等提出了许多新认识。

航空物探遥感中心继 1969~1972 年在西藏中部首次开展航磁之后 ,随着我国航空物探技术的进步 ,于 1998~1999 年在青藏高原中西部进行了 1:100 万航磁概查 ,填补了我国最大的一片航磁空白区 ,为贯彻执行中央“西部大开发”战略部署 ,提供了青藏高原迄今最完整的一份面积性基础地球物理资料。上述 2 次航磁结果表明 ,雅鲁藏布江航磁异常带是青藏高原范围内磁场强度最大、延伸最长的线性异常带 ,横亘在青藏高原南部 ,为雅鲁藏布江缝合带的研究提供了比较详尽的磁场信息。

1 航磁异常带特征

根据 1969~1972 年和 1998~1999 年 2 次航磁结果 ,由北、南 2 条异常带平行构成的规模巨大的雅鲁藏布江航磁异常带 ,自西向东 ,由北西向—北西西向—东西向展布 ,全长约达 1 400 km ,两带之间相距约 25~30 km(图 1)。其中北异常带(以下简称北带)西自扎西岗向东经冈仁波齐、日喀则 ,直抵朗县 ,长约 1 400 km ,异常宽度(正负极值之间距离)一般都在 10~15 km ,局部变化较大 ,如在切多—亚木间和日喀则附近异常宽度可增至 20~40 km ,也有少数地段异常宽度在 10 km 以内。倘能降低飞行高度 ,异常宽度还将减小 ,如罗布莎岩体在 1969~1972 年西藏中部航磁测量中 ,航高约在 2 000~3 000 m 之间 ,异常宽约 6 km ,2000 年在矿区上空 1 000 m 高度磁测时 ,异常宽度仅 2 km。南异常带(以下简称南带)由达机翁向东过达吉岭、昂仁 ,止于白朗 ,断续长约 1 120 km ,实际分布仅 510 km。异常宽度也较窄 ,约 10 km 左右。南北 2 带一起向西延往境外 ,北带是否向东延伸 ,尚无法判断 ,但南带不再东延已被 2000 年完成的“两江两河地区东段”的 1:20 万航磁再次证实 ,白朗向东已无异常出现。



图 1 雅鲁藏布江航磁异常带特征略图

1.1 雅鲁藏布江异常带原平面航磁特征

南带异常断续分布,基本上可分为西、中、东 3 段。西、中段由规模不大、强度较弱的异常组成,沿北西—北西西向断续分布。异常强度约在 $60 \sim 90$ nT 之间,最大值 220 nT,北侧伴生负值一般为 $-40 \sim -60$ nT。地表可见蛇绿岩型基性超基性岩小岩体出露,向北西延至国境都可见到同类小岩体分布。东段异常以强度高、规模大、连续性好为特点,是南带的主要组成部分,呈略向南凸的东西向延展,东延至仁布县光明附近尖灭消失,长达 300 km。异常强度一般在 $200 \sim 400$ nT,向东最大值可达 580 nT,伴生负值在 $-100 \sim -300$ nT 之间。除少数测线上出现负峰大于正峰外,都以正峰为主,呈北陡南缓的升高异常。本段异常与地表出露的多隆日、昂仁、柳区和大竹卡等已知蛇绿岩型基性超基性岩体吻合,正是该岩段的反映。同时这里也是蛇绿岩保存最好、地质上研究最详细的地段。

北带在王曲工布—如角范围内出现中断,分为东、西 2 部分。西段位于扎西岗—马攸木拉之间,由比较宽缓的升高异常组成,异常强度一般为 $200 \sim 300$ nT,负值在 $-100 \sim -200$ nT 之间。由西向东,异常轴向由 320° 转为 290° ,长约 370 km。异常形态比较规则,北陡南缓,背景上出现抖动现象,可能与地表分布的中酸性岩浆岩干扰有关。东段自如角向东,经日喀则至朗县,东西向连续延长达 800 km,谢通门以西沿多雄藏布,以东沿雅鲁藏布江分布,既是北带,也是雅鲁藏布江异常带中最主要的组成部分。本段异常不仅连贯性好,轴向稳定,而且形态规则,正负峰伴生,形成线性升高异常带。除谢通门—日喀则地段部分异常正负峰值相当(约为 $\pm(300 \sim 400)$ nT)外,多数异常以正峰为主出现,异常强度较大,正值一般在 $300 \sim 400$ nT,高者可达 600 nT,大竹卡向东,伴生负值明显降低,强度都在 -100 nT 以内。自曲水向东也可见蛇绿岩型基性超基性岩断续分布,其中规模较大者有泽当、罗布莎等已知岩体。

1.2 雅鲁藏布江异常带延拓结果

在原平面各项数据处理结果中,雅鲁藏布江异常带仍有突出反映,保持了线性异常带的形态和分布特征,突出于周围磁场中。在化极向上延拓结果中,北、南 2 带的差别被进一步显现出来。

在化极上延 10 km 航磁图上,南带的北西段异常已完全消失,中段和东段仅保留有库拉山、多隆日、昂仁、吉定和白朗等互不相连的局部磁力高,处于区域负磁场中,幅值约有 $30 \sim 50$ nT。当上延至 20 km 高度时,该异常带已不复存在,全部被区域负磁场所替代。

在上延 5 km 和 10 km 航磁图中,北带可见少数异常(如桑日附近的异常)已衰减殆尽,也

有一些异常被归并到其他异常中,但北带的总体面貌变化不大,只是受多桑—王曲工布和申扎—谢通门北北东向负异常分隔而成西、中、东 3 段。

在上延 20 km 的航磁图上,异常带的三分更为明显,而且各段异常的差别增大,均有部分异常消失,或归并到更大规模的异常中,以致失去了该异常带的原有面貌。如西段异常已消失,中段仅在如角—谢通门之间保持了异常的连续分布,向西虽与麦拉异常构成一条异常带,但场源性质已不同,后者应是花岗岩的反映;东段异常连续性较好,其中以东、西端异常反映清楚,呈东西向延伸,中部则受北东向异常干扰,异常宽度加大,有向北东偏转趋势。

该异常带在上延 50 km 航磁图中,仅在如角—尼木间保留了强度约 20 nT 的东西向磁力高位位于区域负磁场中,其间因北北东向负异常规模扩大成带状而中断,北带的其他部分则都已衰减消失。

雅鲁藏布江异常带北、南异常带特征的上述变化可以明确两点:一是雅鲁藏布江异常带由北、南 2 条互相平行分布的异常带组成,异常形态特征基本相似,具有可比性;二是 2 带的规模、连贯性和场的空间变化特征有一定的差别,表明 2 带各自独立存在,彼此未见互相归并现象,而且,北带较比南带展布更长,延深更大,无疑是雅鲁藏布江异常带的主带。这应成为认识和研究该带性质的基础和出发点。

2 航磁异常带性质

雅鲁藏布江异常带南带中东段达吉岭至大竹卡和北带东段泽当至朗县一带地面工作较详细,都见到了蛇绿岩型基性超基性岩沿雅鲁藏布江缝合带呈东西向分布,与航磁异常对应,并经查证该岩类具有较强至强磁性,有时具有很强的剩余磁化强度,是本区磁性最强的岩石,通过拟合计算可以确定上述航磁异常即由地表出露的蛇绿岩型基性超基性岩(以下简称为蛇绿岩)引起。但自大竹卡以西的北带西段异常是第一次被航磁发现,同时地面工作薄弱,还未见到蛇绿岩分布,直到门士附近向北西断续有蛇绿岩小岩体出露,地表又有花岗杂岩体大面积分布,北带异常是否也是由蛇绿岩产生,目前尚存在较大分歧,还未被人们认识。因此,北带成为本次解释探讨的重点,对于确定雅鲁藏布江异常带的性质至关重要。从以往的地质调查中也

2.1 南带异常和北带东段异常均由地表出露的已知蛇绿岩引起

自朗县向西,在大竹卡转向西南,经白朗继续向西延,过吉定至达吉岭,地质上已发现了一系列蛇绿岩体,构成了雅鲁藏布江蛇绿岩带中连续性和保存最好的部分。在上述出露的已知岩带中,可分为北、南 2 部分,自朗县向西至大竹卡属北岩带,与雅鲁藏布江航磁异常带北带东段位置相对应,其中以罗布莎岩体和泽当岩体规模最大,东西向延伸,面积分别达 70 km²和 50 km²,并在曲松北罗布莎超基性岩体中发现了我国目前最大的豆荚型铬铁矿床和中型原生铂矿床。大竹卡以西应属于南岩带,与雅鲁藏布江航磁异常带南带位置相对应,自东向西依次有大竹卡岩体、柳区岩体、昂仁岩体和达吉岭岩体等,其中以柳区岩体规模最大,东西向长约 150 km,面积达 579 km²,但在南岩带中迄今尚未发现工业铬铁矿床。

上述已知蛇绿岩带与航磁异常带分布基本一致,其中部分岩体是在查证 1970 年航磁异常时发现的。因此,航磁异常无疑应由上述已知蛇绿岩体所引起。利用罗布莎岩体 165 线剖面的蛇绿岩体断面形状进行了模拟计算,获得的理论 ΔT 曲线与在该岩体上空实测的航磁 ΔT 曲线甚为接近(图 2),只是视磁化强度较大,约为 7.0 A/m,说明罗布莎岩体具强磁性,可与该岩体的实测磁化数据对比,如罗布莎铬矿区的致密块状铬矿石 $M_i = 0.165$ A/m, $M_r = 5.645$

A/m 斜辉橄榄岩 $M_i = 2.22$ A/m, $M_r = 20.24$ A/m 斜辉辉橄岩 $M_i = 0.28$ A/m, $M_r = 1.92$ A/m。香卡山铬矿区的致密块状铬矿石 $M_i = 0.29$ A/m, $M_r = 7.41$ A/m 纯橄榄岩 $M_i = 2.42$ A/m, $M_r = 0.92$ A/m 斜辉辉橄岩 $M_i = 3.32$ A/m, $M_r = 2.54$ A/m^①。虽则以 $M_r > M_i$ 居多,但从异常规则形态分析,感磁与剩磁方向比较接近,可能不存在反磁化的现象,说明雅鲁藏布江缝合带上出露的蛇绿岩是引起雅鲁藏布江异常带的主要场源。

2.2 北带西段与东段蛇绿岩异常的性质相同

1. 整个异常带除部分地段的异常正负峰值相近以外,均以正峰为主,按航磁特征角 $\epsilon = 90 + \alpha - 2i_0$ 定性估算,引起异常带的场源产状变化不大,一般倾向北,倾角较陡,有少数南倾。

2. 全带异常特征变化稳定,包括异常形态、轴向、幅值等,各段均可对比,只是局部地段异常宽度显著增大(图3)。由于北带东段和南带异常已确认为蛇绿岩引起,推断北带的西段异常也应是该岩类引起,

并且是在同一构造背景条件下侵位贯入,才能形成延展达数百至上千公里的岩带,只是隐伏于花岗岩及其他地层之下,即蛇绿岩带向西延伸由出露转入隐伏,尚未被地面工作发现。

3. 不同高度向上延拓结果中磁场的衰减特征说明北带比南带向下延深要大得多,其中以如角—尼木间场源下延深度最大,可能表明该段是全带的核心组成部分。这与青藏高原重力布格异常图上在拉孜—日喀则一带出现的東西向区域重力高是一致的。据青藏高原重力布格异常图,雅鲁藏布江缝合带位于喜马拉雅重力梯度带北侧,除了拉孜—日喀则一带的重力高外,缝合带的其余部分并未在重力图上反映出来。因此,有人推测拉孜—日喀则一带出现的東西向区域重力高由莫霍面上隆所致。但从上述航磁和重力结果同时出现高场以及磁场在不同高度有规律的衰减分析,显然它们应由高磁、高密度的同源物质产生,也即由侵位于缝合带的蛇绿岩才具备产生磁重高场的地球物理前提。同时洋壳是在陆陆碰撞条件下由下而上沿缝合带挤压向上侵位,因而具有较大的下延深度。

2.3 北带西段已见到蛇绿岩断续出露

在北带异常的曲水大桥一带,刘国惠等(1990)发现包括鸭拉岩体、林岗—卡热岩体、大竹卡岩体和它甫岩体等,呈东西向狭长条带状沿雅鲁藏布江断续分布在曲水、尼木、大竹卡及其以西地区,长约 80 km,岩石组合为二辉辉长岩—二长闪长岩—石英二长闪长岩,同位素年龄值为 99~82 Ma,形成于早白垩世末至晚白垩世初期的燕山晚期,认为是冈底斯岩带中段最早

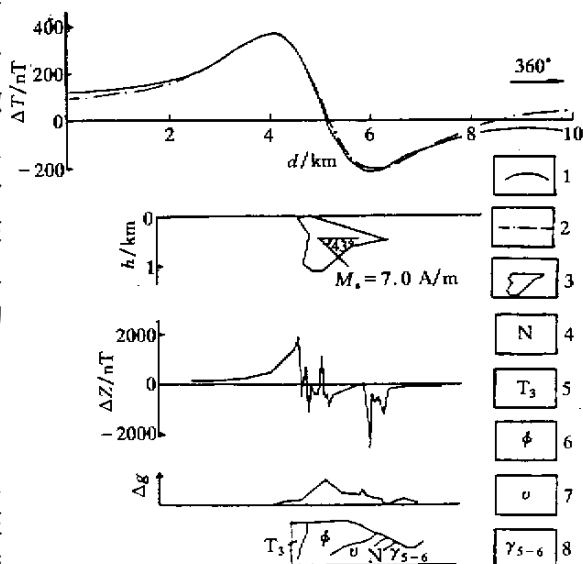


图2 罗布莎岩体物探地质综合剖面

(地面资料据西藏地质局二大队,1978)

1—实测航磁 ΔT 曲线 2—拟合曲线 3—磁性体模型 4—上第三系 5—上三叠系 6—二辉橄榄岩和辉长岩 7—斜辉辉橄岩和纯橄榄岩 8—燕山—喜山期花岗岩

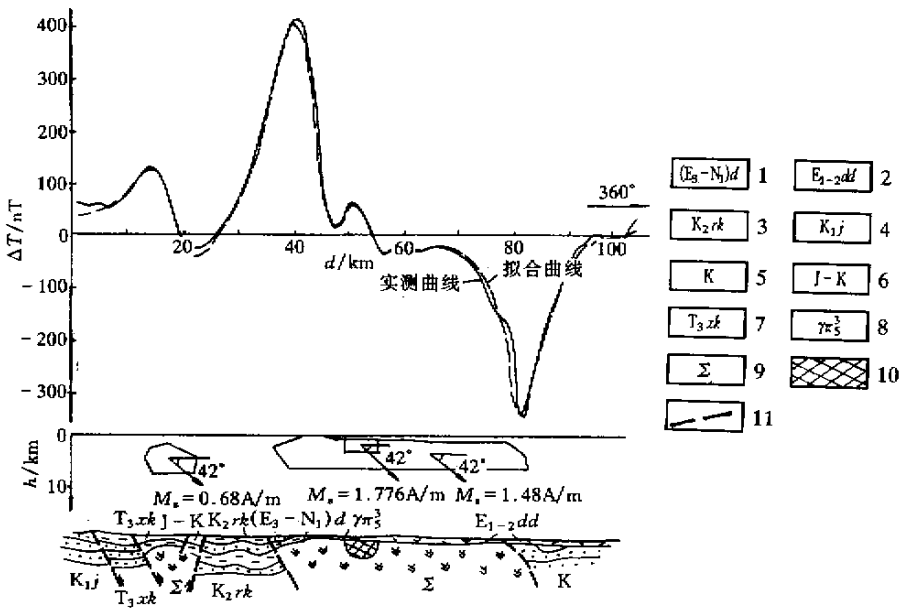


图 3 雅鲁藏布江异常带 2022 线 C-298 异常拟合解释剖面

1—第三系大竹卡组砂页岩、砾岩夹凝灰岩、火山岩 2—下第三系达多群中酸性火山岩 3—上白垩统日喀则群砂页岩、泥岩、砾岩夹灰岩 4—下白垩统甲不拉组硅质页岩夹灰岩、砂岩 5—白垩系灰岩、砂岩、砾岩、英安岩 6—侏罗—白垩系砂页岩夹灰岩、放射虫硅质岩 7—上三叠统修康群砂页岩、千枚岩 8—燕山期花岗斑岩 9—推测超基性岩 10—推测强磁性体 11—断裂

阶段的深成岩,其中以鸭拉二辉辉长岩体最为典型,被后期石英二长闪长岩穿插,是最老的基性岩石。据我们在曲水大桥采到的闪长岩标本,经中国地质大学(北京)室内鉴定为辉长岩,其磁化率达 $8\,970 \times 10^{-5} \text{SI}$,是雅鲁藏布江一带磁性测量中磁性最强的岩石。雅鲁藏布江北带该段异常恰位于该辉长岩体上,两者分布比较吻合,初步推断异常即由上述辉长岩引起。航磁异常连贯性表明,该段异常是雅鲁藏布江北带异常的一部分,因此认为辉长岩与其周围的花岗岩是不同的。辉长岩与冈底斯主侵入相(石英闪长岩、花岗闪长岩和石英二长岩)和花岗岩的 Rb-Sr 含量也有差别,后者均位于 Rb-Sr 的一条线上,而辉长岩则较大偏离这条线(刘国惠等, 1990)。在张浩勇等(1996)的“罗布莎铬铁矿床研究”中,曲水一带的东西向辉长岩体与昂仁—大竹卡一带的蛇绿岩一起被划归为超镁铁岩体。

曲水一带的侵入岩体目前有 3 种归属:闪长岩(西藏区域地质志, 1993)、辉长岩(刘国惠等, 1990)、超镁铁岩(张浩勇等, 1996)。前两者均将该岩体归入岩浆弧花岗岩类,仅后者划为蛇绿岩类,可见对该岩体的认识分歧较大,但有一点是肯定的,即该岩体的岩性不同于一般的花岗岩类,较偏向于基性。就航磁反映而言,曲水岩体产生的航磁异常与罗布莎、泽当等岩体异常一样都是北带的一部分,并且与其北侧的花岗岩磁场明显不同,界线清晰,因此提出将曲水岩体从岩浆弧花岗岩中划分出来,归入蛇绿岩中将更合理些,可能属于蛇绿岩剖面上部的堆晶基性岩。由于该地段出露较好,又是雅鲁藏布江北部蛇绿岩带由东部出露向西部隐伏的衔接部位,建议对该地段北带异常和侵入岩做深入查证研究,这对探讨雅鲁藏布江北带异常的性质具有重要意义。

值得注意的是,在日喀则以西的恰布林西约 30 km 处,雅鲁藏布江北侧也有辉长辉绿岩(或称辉长岩)出露,范围不大,北东东向长近 5 km,宽约 1 km(王希斌等, 1987;西藏区域地质

志,1993),既与曲水辉长岩同处在雅鲁藏布江缝合带的北侧边界断裂上,也与曲水岩体一起位于雅鲁藏布江异常带北带上,可能反映出它们之间存在某种成因联系。此外在门士附近、靠近北异常带南侧也有小型蛇绿岩体出露,这些地质调查成果都有利于揭开北带异常的性质,进一步支持蛇绿岩产生北带异常的解释。

2.4 在桑桑附近的 TM 遥感影像分析显示有蛇绿岩存在的线索

据最近获得的 TM 遥感影像图对比分析,在桑桑—昂仁之间,发现 4 处长轴近于东西向的深灰色调异常沿雅鲁藏布江断续分布,夹在北部大片灰白色调、短粗影纹与南部东西向棕灰色调、细影纹之间,十分突出,显然与南北两侧大范围出露地表的岩石不同,无论从色调、影纹等特征上都有较大反差,且位于线性断裂构造上。深灰色调异常与南部出露地表的多隆日蛇绿岩体产生的暗色调异常可以对比,影纹也甚为相似,只是在色调深浅上略有差别,推测也应是蛇绿岩体的反映,也有认为色调较浅,应属辉长岩类,根据其所处的构造背景推测它不同于花岗杂岩体中的基性岩,而是蛇绿岩剖面上部的堆晶岩。可见遥感影像比较清晰地显示了雅鲁藏布江航磁异常带北带存在蛇绿岩分布的踪迹,由于隐伏于雅鲁藏布江河床堆积物或其他地质体之下,以致迄今未能发现。如能根据航磁和遥感资料加强地面查证,将会有新的发现。

2.5 北带与地表出露的花岗岩带无关

在雅鲁藏布江缝合带之北,亦即航磁异常带北带上出现了一条与之平行分布的规模巨大的燕山期—喜马拉雅早期花岗岩带,自东向西分别为桑日—林芝、谢通门—曲水、麦拉—布姆松绒和扎西岗—冈仁波齐等中酸性侵入岩体,皆属复式巨型岩基,每个杂岩体的面积都在数千甚至上万平方公里。该航磁异常北带是否由上述花岗岩大岩基引起,成为人们关注的焦点。有人认为北异常带即由上述花岗岩类引起,理由有二,一是花岗岩与北带异常分布范围一致,二是花岗岩具有较强磁性,其中含有较多基性成分或基性岩。通过已有资料的对比分析,以及野外查证,认为北带异常应由侵位于雅鲁藏布江缝合带中的蛇绿岩引起,而非其他地质体产生,依据如下。

1. 北带与花岗岩带在空间分布上不具有对应关系。雅鲁藏布江异常带北带虽有局部中断现象,总体上保持了较好的连贯性,全带异常特征基本保持一致。花岗岩带则不然,在马攸木拉—龙布段有较大缺失,与异常带的中断并不对应,而且岩带宽度变化大,出露宽度在西段约为 10~20 km,东段则可达 30~50 km,两者分布范围相差甚大。如罗布莎岩体宽度仅 1.7 km,与航磁异常极值之间距离(2 km)十分接近(见图 2),但桑日—林芝花岗岩体宽度可达 40 km,远远超出了北带异常范围,与其北部的宽缓变化磁场相对应。谢通门—曲水岩体分布面积甚大,但岩体主体与航磁异常也无空间对应关系,仅见亚木以西出露的长条状花岗斑岩与东西向异常位置接近,向东,北带异常在亚木明显中断,出现降低场,而花岗斑岩和花岗闪长岩却继续东延,与异常的对应关系不复存在,表明地表出露的谢通门—曲水杂岩体不是产生东西向北带异常的主要场源,当另有其他磁性体存在。

2. 北带与地表花岗岩磁场特征显著不同,且花岗岩杂岩体磁性变化大,主体岩石磁性较弱,无法产生规则线性升高异常。北带异常特征已如前述,花岗岩带异常特征则不同,不仅异常连贯性差,宽窄不等,而且异常强度变化大,轴向也不稳定,显示两者有较大差别,它们之间不存在因果关系。同时据地质调查,上述大岩基均是多期次侵入的复式杂岩体,岩石类型复杂,各岩体岩性变化大。如扎西岗—冈仁波齐花岗岩体,由含石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母花岗岩、白岗岩、细粒花岗岩等构成岩体的主体。在巴尔沟剖面中黑云母花岗岩和白岗岩占岩体的 90% 以上,宽达 17 km,闪长岩和石英闪长岩仅在岩体南侧边缘出露,宽约 1 km。在札记

南剖面中,黑云母花岗岩占岩体的 87%,闪长岩出现在岩体北侧边缘,宽不足 1 km。可见该岩体主体为黑云母花岗岩和白岗岩,只是在岩体边部出现闪长岩。麦拉—布姆松绒花岗岩体主要由斑状黑云角闪二长花岗岩组成,局部可过渡为石英二长闪长岩、石英二长岩、白岗岩、花岗岩和花岗闪长岩等。在麦拉花岗岩体剖面图中,岩体主体由黑云母花岗岩、白岗岩、二长花岗岩和花岗岩组成,似斑状花岗闪长岩仅见于岩体南侧边缘,宽小于 1 km。谢通门—曲水花岗岩体属于燕山晚期、主要是喜山早期侵入的杂岩体,其中东、西段由燕山晚期残存的石英二长闪长岩、石英闪长岩和闪长岩组成,见于充堆—扎西岗一带,喜山早期侵入体构成该杂岩体的主体,以石英二长岩为主,面积可达数千平方公里。概括上述各岩体岩性特点,有一点是共同的,即岩体的主体或中心相主要由酸性的石英二长岩、花岗岩组成,边缘相多为偏中性的花岗闪长岩和闪长岩分布,比较两者范围相差较大,后者(偏中性岩)分布范围要小得多^①。由于实测的岩石磁性资料较少,结合周边资料(花岗岩类由无至中等磁性,磁化率为 $0 \sim n \times 10^3 \times 10^{-5}$ SI)进行分析认为在各花岗杂岩体中,石英二长岩和花岗岩磁性较弱,一般产生较大范围的低缓磁场,其中的花岗闪长岩和闪长岩磁性较强,但在总体上,它们的磁性要低于蛇绿岩(指蛇绿岩中的基性超基性岩,其磁化率都在 $n \times 10^3 \times 10^{-5}$ SI 或更强,且有较强至强剩磁),一般产生不规则变化磁场,即使产生明显的局部异常,然而与连续性好、形态规则的北带线性异常带也有较大差别。再如扎西岗—冈仁波齐岩体北西段的扎西岗部分,面积约 800 km²,位于雅鲁藏布江异常北带南西侧的负磁场中,也说明了雅鲁藏布江北异常带的出现与其平行分布的花岗岩带关系不大。选择冈仁波齐峰以东约 30 km 的 1520 测线航磁异常进行拟合计算,反演获得的磁性参数如下:雅鲁藏布江异常带北带上的 C-265 异常,其磁性体上顶面埋深约 2~3 km,视磁化强度为 1.5 A/m,呈向北倾的板状体,雅鲁藏布江异常带以北的 C-264 异常,磁性

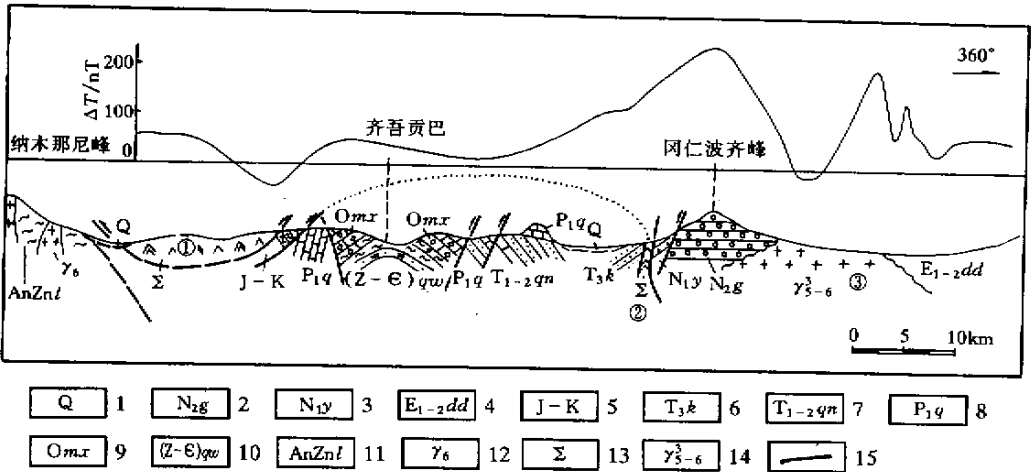


图 4 雅鲁藏布江异常带 1490 线综合剖面(据西藏噶大克幅区调报告,1987)

1—第四系 2—上新统冈仁波齐组砾岩 3—中新统野马沟组砂砾岩 4—下第三系达多群中酸性火山岩 5—侏罗—白垩系砂岩、砾岩、硅质岩及火山岩 6—上三叠统修康群砂岩、板岩、硅质岩和火山熔岩 7—下—中三叠统穷果群灰岩 8—下二叠统曲嘎组灰岩、板岩、石英岩 9—奥陶系慕霞群灰岩、砂岩、板岩 10—震旦—寒武系 11—前震旦系聂拉木群片岩 12—喜山期花岗岩 13—超基性岩 14—燕山期—喜山期花岗岩 ①—拉昂错超基性岩体 ②—冈仁波齐峰南麓超基性岩体 ③—冈仁波齐峰花岗岩体

① 西藏区调队,区域地质调查报告(1:100万)噶大克幅,1987;日喀则幅、亚东幅,1983.

体出露地表,视磁化强度为 1.1 A/m ,为一向北陡倾的板状体,两者的磁性相差较大,但与纳木那尼峰—齐吾贡巴—冈仁波齐峰地质剖面(相当 1490 测线)情况比较吻合(图 4)。南部异常(C-265)处在冈仁波齐峰一带,该主峰由上第三系砾岩平缓覆盖构成,厚度可达数公里,与磁性体埋深基本相当,在异常南缘又见到了蛇绿岩小岩体出露,与雅鲁藏布江异常展布方向保持一致,由此推测该异常即为具较强磁性的隐伏蛇绿岩引起;北部异常(C-264)位于出露的冈仁波齐花岗岩体范围内,规模较小,可能是该岩基中局部偏中性的边缘相花岗岩闪长岩或闪长岩引起,符合该岩体的岩性变化特征。

3. 地面查证结果支持北带异常并非由地表出露的花岗岩和火山岩引起。为了了解和查证雅鲁藏布江异常带北带异常性质,我单位和西藏地质二队专门沿该异常带北带 1991 线联合进行了地面磁场、磁化率测量和地质观察,由于观测剖面长度不足,空地磁场形态特征对比有一定困难,初步判断地检剖面位置相当于航磁 1991 线雅鲁藏布江异常带北带异常正负峰之间梯度变化最大部位。根据野外查证结果虽无法明确异常性质,但有助于对雅鲁藏布江异常带的深入分析和认识。在地面检查剖面中(图 5)北段地表出露火山岩,可能相当于地质图上的第三系达多群,测得的磁化率变化不大,多数约在 $1\,000 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 左右,与出现的抖动异常吻合,可以认为北段抖动异常即由地表的火山岩产生。其中 6 号测点标本经中国地质大学(北京)李家振先生鉴定为石英粗面质晶屑凝灰岩。对应剖面南段为宽约 4 km 的稳定正磁场(即北带异常,相当于 C-298 异常),强度约 200 nT ,对应位置出露的花岗岩和白垩系日喀则群地层磁性很弱,野外实测它们的磁化率仅在 $100 \sim 200 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 之间,谢通门周围一带花岗岩磁化率强者也只在 $400 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 以内。即使按 $\Delta T = 2\pi M$ 估算,不足以产生 $200 \sim 300 \text{ nT}$ 的宽缓正磁场。在上述

正磁场背景上出现的点状跳动异常幅值可高达 $2\,400 \text{ nT}$,与当地出露的岩石范围十分吻合,而且实测的磁化率平均为 $13\,225 \times 10^{-5} \text{ SI}$,最大值可达 $50\,000 \times 10^{-5} \text{ SI}$,属强磁性,可见点状异常即由地表所见的岩石引起。经室内鉴定 92.5 测点标本为花岗斑岩,岩石具斑状结构,由 60% 钾长石(其中钾长石斑晶约占 10%),30% 石英以及铁质和粘土组成。铁质有原生和次生 2 种成因,部分沿裂隙充填,分布不匀,似可称之为磁铁矿化花岗斑岩。据野外观察该岩比较坚硬,难风化,突立于山脊上,十分醒目,并沿走向(山脊)断续分布,与周围岩性有较大差别。可能是穿插在花岗岩中的超浅成斑岩(枝)脉,或局部矿化所致,总之规模不大。1991 线航磁拟合计算表明剖面上地表出露的岩体和地层不足以产生 C-298 异常,异常源磁性比地表出露

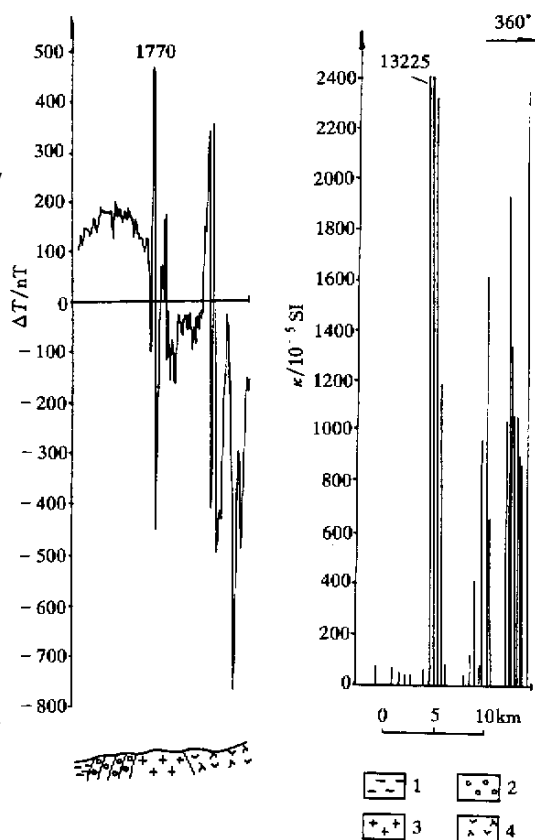


图 5 雅鲁藏布江北带 C-298 异常地检综合剖面
1—第四纪坡积物 2—砾岩 3—花岗岩 4—安山玢岩

的花岗岩要强得多,视磁化强度达到 1.4 A/m ,火山岩和磁铁矿化花岗斑岩磁性虽强,但其分布范围十分局限,只能产生局部变化异常,与宽缓的规则异常无法相比。概括本次地检工作,说明雅鲁藏布江异常带北带异常并非由地面所见的火山岩和花岗岩引起,尽管局部可见强磁性岩石,但其产生的异常无论是异常形态抑或范围,均不能与北异常带相比较,从而可以进一步说明在花岗岩、火山岩之下应另有隐伏的强磁性体存在,其埋深约在 $2 \sim 3 \text{ km}$,向下延深可达 10 km 。

上述讨论表明,出露地表的巨大花岗岩带虽与雅鲁藏布江异常带平行展布,都位于雅鲁藏布江缝合带上,但两者之间没有必然联系,花岗岩带不具备产生该异常带的地球物理前提,即异常北带并非由该花岗岩带产生。

2.6 岩石学研究推测雅鲁藏布江应有古蛇绿岩存在

王成善等(1999)对日喀则弧前盆地与雅鲁藏布江缝合带的研究认为,弧前盆地的主体沉积为日喀则群,而在底部早白垩统恰布林组中夹有大量基性超基性岩砾石,从形成时代上、岩石化学、稀土元素分配型式上都不同于现今见到的雅鲁藏布江蛇绿岩。结合砾石碎屑搬运距离和地球化学分析,指出它们不可能来自南侧已出露的雅鲁藏布江蛇绿岩和北侧更远的班公湖—怒江带蛇绿岩,并且进一步推测,这些蛇绿岩碎屑的来源可能是位于恰布林组北侧现今未被发现的雅鲁藏布江古蛇绿岩带,可能属于晚侏罗世至早白垩世特提斯洋早期俯冲作用的产物。这与航磁推测雅鲁藏布江北侧发育隐伏蛇绿岩带是吻合的,两者分别从岩石学和地球物理资料两方面提出了相似的推论,在现今已知蛇绿岩带之北存在有另一条蛇绿岩带。对恰布林组岩石学研究只能指出蚀源区古蛇绿岩带的存在及方位,航磁则能比较确切地指出这条新发现的蛇绿岩带的具体位置,不同的是航磁将大竹卡至朗县已知的蛇绿岩也归入了北岩带,成为该带的出露部分。

2.7 已知蛇绿岩带东西段之间的差别对应着雅鲁藏布江北南异常双带的存在

王希斌等(1987)对雅鲁藏布江蛇绿岩带地表出露的各个蛇绿岩体进行了详细研究,指出该岩带东西段之间在蛇绿岩岩石组合类型、地幔岩熔融残余类型、蛇绿岩形变等方面存在着较大差别(表1)。如从航磁出发,这种差别与其说是同一条蛇绿岩带上东西方向上发生的变化,不如说是反映了北、南2条蛇绿岩带的存在,可能更为合理些,即地质上通常所称的雅鲁藏布江蛇绿岩带西段(地表所见到的桑桑—大竹段)与东段(泽当—罗布莎段)。据航磁结果分析,并不处在同一条蛇绿岩带上,而是分别位于雅鲁藏布江异常带的南北双带上,相当于航磁推测的南岩带的中东段和北岩带的东段,进一步印证了北、南2条蛇绿岩带的存在,它们共同构成了雅鲁藏布江缝合带。

尽管蛇绿岩的岩石组合复杂,其中的基性超基性岩的磁性变化较大,但就该类岩石磁性整体而言,依然是本区内侵入岩类中最强者,这已为区内已知的蛇绿岩,包括雅鲁藏布江缝合带中蛇绿岩,产生的北带东段异常所证实。西藏地矿局前总工程师曹佑功教授听取本项目成果汇报时指出,70年代地面查证航磁异常,寻找超基性岩效果显著^①。同时,拟合计算结果表明,惟有雅鲁藏布江缝合带上的蛇绿岩具有产生雅鲁藏布江异常带的地质地球物理条件,基性超基性岩与蛇绿岩套其他成员一起沿雅鲁藏布江缝合带侵位,形成规模巨大的蛇绿岩带,由此引起的航磁异常带,无论从成因上和空间分布上也必然与缝合带发生密切联系,如方向、范围和连贯性等两者都较为一致,沿缝合带上冲侵位的以基性超基性岩为主的蛇绿岩是航磁异常带

表 1 雅鲁藏布江蛇绿岩带南、北带特征对比

蛇绿岩分布范围	大竹、吉定、桑桑段	罗布莎—泽当段
蛇绿岩岩石组合类型	剖面层序发育完全,由地幔橄榄岩、堆积杂岩、席状岩床群和枕状熔岩组成。	仅由地幔橄榄岩和堆积杂岩两部分组成。当泽剖面由地幔橄榄岩及一套以安山岩为主的钙碱性火山岩系列组成,该火山岩可能属于冈底斯钙碱性火山弧的一部分;向东也未见完整的剖面出露。
地幔岩熔融残余类型	属低熔残余类型,上部由基本不含单斜辉石(或极少)的斜辉辉橄岩或斜辉橄榄岩组成,很少含纯橄岩;下部由含单斜辉石的斜辉橄榄岩和二辉橄榄岩组成。	属高熔残余类型,熔融分带现象清楚;以纯橄岩发育为特征,约占地幔橄榄岩的 10%~20%;上亚带为纯橄榄岩—斜辉辉橄岩杂岩带,即主要产铬铁矿带;下亚带为含单辉的斜辉橄榄岩—二辉橄榄岩带。
蛇绿岩形变	变形不强烈,仅显示某种脆性的破碎。	侵位时发生强烈变形和褶皱,岩体沿走向及倾向都显示一系列褶皱和倒转现象。
堆晶杂岩形成环境	堆晶杂岩是在封闭系统的岩浆房中分离结晶形成,发生了较充分的分离结晶作用,可见浅色岩类如钠长花岗岩和石英闪长岩。	开放系统多旋回岩浆活动的产物,未见大洋型花岗岩
铬尖晶石矿物学特征	以高铝低铬为主要特征,二价氧化物以镁高铁低为特征。	铬高铝低为特征,二价氧化物以铁高镁低为特征。
SiO ₂ —FeO/MgO 相关图位置	堆晶杂岩的成分点都位于该相关图的上部。	偏于该相关图的下部。
含矿性	局部见铬矿化	在地幔橄榄岩上部发现国内最大的铬矿床及中型铂矿床。并见堆积型铬矿。
蛇绿岩形成环境	不排除形成于边缘盆地的可能性,且可能是一个扩张的边缘盆地。	推测可能为岛弧型蛇绿岩

注 摘编自王希斌等.喜马拉雅岩石圈构造演辑化.西藏蛇绿岩,1987。

产生的物质基础。综上所述,航磁表明有 2 条蛇绿岩带存在,其中本次测区内的北岩带西段(可能是早期侵位的蛇绿岩带)被后期的花岗岩和其他地层所掩覆,地表虽无踪迹可寻,但易于被航磁发现和追踪。

上述北带航磁异常的连续性和完整性特征十分清楚地揭示了引起该带的场源性质,大竹卡以西的北带西段同样也应由蛇绿岩引起,是其东段向西的延伸部分,只不过主要隐伏于地下,地表不易发现,即蛇绿岩带向西分布由出露转入隐伏。航磁特征表明,无论出露于地表的东段蛇绿岩,还是隐伏于地下的西段蛇绿岩,它们共同组成了雅鲁藏布江蛇绿岩带的北带,亦即雅鲁藏布江缝合带是由北、南 2 带且以北带为主的蛇绿岩带构成。

关于雅鲁藏布江异常带北带性质,由于工作不多,分歧较大在所难免。袁学诚等(1988)和杨华等(1991)研究青藏高原东部航磁时,就提出了雅鲁藏布江异常带(东段)北、南 2 条异常带由沿雅鲁藏布江缝合带分布的超基性岩引起的意见。只不过当时仅有该带东段的航磁异常图,因为范围有限,对其重要性没有得到应有的重视。总之,就目前掌握的资料和解释水平,无论从区域构造、缝合带空间展布,航磁异常和遥感影像特征,磁性数据分析以及拟合计算结果,都认为雅鲁藏布江异常带(包括北、南 2 带)均由蛇绿岩产生,都是欧亚板块与印度板块碰撞产物,因而线性航磁异常带实质上从一个侧面反映了雅鲁藏布江缝合带的存在,并成为鉴别古缝合带的地球物理标志之一。

顺便指出在雅鲁藏布江异常带之南达巴、姜叶马和休古嘎布一带,航磁还发现了与雅鲁藏布江缝合带异常特征不同的另一条异常带,异常与出露地表的各蛇绿岩体一一对应,主要有东波、拉昂错、桑木张和休古嘎布等岩体,称达巴—休古嘎布岩带,全长 350 km。就航磁反映的异常特征认为与雅鲁藏布江缝合带航磁异常带有较大差别,不应属于雅鲁藏布江缝合带。

4 缝合带演化探讨

利用 2 次航磁结果,并参考其他资料对雅鲁藏布江异常带进行了较详细的分析,首次明确提出了雅鲁藏布江航磁异常带由蛇绿岩型基性超基性岩引起,雅鲁藏布江缝合带由北、南 2 条以基性、超基性岩为主的蛇绿岩带构成的认识。其中,北带为主带,是现今国内航磁首先发现推测为规模最大的蛇绿岩带,包括 1970 年航磁发现的该带东段,西段隐伏于地下,南带东段岩体规模大,出露好,向西岩体小而零星。北、南 2 带共同构成雅鲁藏布江缝合带,并向北西延伸,与印度河缝合带相连。北南 2 条蛇绿岩带的平行出现,以及分布规模上的差别所揭示的构造信息,应是探讨新特提斯洋演化的客观依据之一。结合前人成果,与青藏高原其他缝合带比较,新特提斯洋在洋壳消减、闭合过程中,形成了远比其他缝合带规模大得多的蛇绿岩带,同时,由于形成时代较晚,后期受到的构造变动相对要少,破坏程度轻,缝合带得以较完整地保留,成为我国迄今规模最大、连贯最好的雅鲁藏布江蛇绿岩带。雅鲁藏布江缝合带以航磁异常带为标志的北、南 2 条蛇绿岩带的形成,是否经历了 2 次洋壳扩张和闭合,先后发生早、晚 2 期蛇绿岩侵位,以及北、南 2 带之间在分布上和含矿性的差别都值得引起注意,建议进一步研究。

前人根据冈底斯山北、南 2 带发生的双重火山喷发和深成侵入作用,认为南部新特提斯洋壳和北部班公湖—怒江边缘海洋壳朝冈底斯陆壳相向俯冲,南部新特提斯洋北缘先后在晚侏罗世—早白垩世和晚白垩世—始新世出现了 2 次俯冲高潮,这 2 次俯冲作用在岛弧上形成了狮泉河—措勤和阿依松日居—冈底斯大岩基带,其间新特提斯洋北缘俯冲带可能发生一次向南的迁移(西藏区域地质志,1993)。新特提斯洋的向南迁移,可能也意味着蛇绿岩的 2 次侵位和 2 条蛇绿岩带的形成。航磁表明有北、南 2 条蛇绿岩带存在,究竟是新特提斯洋发生 2 次开合碰撞的结果,或是俯冲带发生向南迁移造成,有待深入探讨,但为研究新特提斯洋的演化提供了新的依据。

雅鲁藏布江缝合带向西延伸可与印度河缝合带相连,统称为印度河—雅鲁藏布江缝合带。雅鲁藏布江缝合带与印度河缝合带具有相似特点,并可类比:①印度河缝合带上也发育有 2 条相互平行的北、南蛇绿岩带,即印度河蛇绿岩和什约克蛇绿岩,不同的是这里的北、南 2 条蛇绿岩带皆有出露而被认可;②蛇绿岩成分相似;③北带什约克蛇绿岩形成时代要早于南带印度河蛇绿岩,代表了拉达克地区特提斯洋在白垩纪之前的早期俯冲作用(王成善等,1999)。什约克蛇绿岩如可与雅鲁藏布江北部蛇绿岩带对比的话,则同样说明雅鲁藏布江地区的特提斯洋也有过早期俯冲作用。

目前对雅鲁藏布江带北、南 2 条蛇绿岩带的形成,提出了俯冲迁移和 2 次成洋、碰撞等假说。从青藏高原地壳由北而南渐次增生趋势和北、南 2 条蛇绿岩带在空间分布上的差别等,结合印度河缝合带演化特点,后者的可能性要更大些。

5 几点认识

航磁在反映地表和浅部磁源体时具有较高的分辨力,发现雅鲁藏布江异常带由北、南 2 条线性升高异常带,且以北带为主组成。通过分析研究,认为在雅鲁藏布江一带出现的上述 2 条异常带均由蛇绿岩型基性超基性岩产生,反映了北、南 2 条蛇绿岩带的存在,共同组成雅鲁藏布江缝合带,从而提出了雅鲁藏布江缝合带演化的一种新模式,它可能是由印度板块向欧亚板块 2 次俯冲和碰撞形成的。同时也为鉴别古缝合带提供了一种比较典型的磁场图像。尤其是第一次较详细地探讨了北带异常的性质,进而指出了它的重要意义,不仅是国内规模最大的雅

鲁藏布江蛇绿岩型基性超基性岩带的主要组成部分,可能也是找铬矿最有远景的岩带。

近年来,地调局在雅鲁藏布江一带陆续部署了新一轮 1:25 万填图,今年又专门设立了研究项目,对雅鲁藏布江异常双带性质进行地面查证和研究,相信必将有新的发现,促进对雅鲁藏布江缝合带的深入认识。

地震等方法在深部探测中具有独特作用,因此,今后在雅鲁藏布江缝合带的研究中,建议线面结合,深浅互补,实现多方法联合解释,可以克服单一方法和地面观察的局限性,这对于全面认识雅鲁藏布江缝合带的地质地球物理特征、深入探讨新特提斯洋的构造演化、高原隆升和拓展寻找铬矿前景具有重要意义。

参考文献:

- [1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志. 地质专报, 区域地质第 31 号[C]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 肖序常, 李廷栋, 李光岑, 等. 喜马拉雅岩石圈构造演化总论. 地质专报, 构造地质、地质力学, 第 7 号[C]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [3] 王希斌, 鲍佩声, 邓万明, 等. 西藏蛇绿岩. 地质专报, 岩石、矿物、地球化学, 第 8 号[C]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [4] 刘国惠, 金成伟, 王富宝, 等. 西藏变质岩及火成岩. 地质专报, 岩石、矿物、地球化学, 第 11 号[C]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [5] 张浩勇, 巴顿珠, 郭铁鹰, 等. 罗布莎铬铁矿床研究[M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 1996.
- [6] 王成善, 刘志飞, 李祥辉, 等. 西藏日喀则弧前盆地与雅鲁藏布江缝合带[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [7] 周伏洪, 姚正熙, 薛典军, 等. 航磁概查对青藏高原一些地质问题的新认识[J]. 物探与化探, 2001, 25(2).

THE PROPERTY OF THE YARLUNG ZANGBO RIVER AEROMAGNETIC ANOMALY ZONE AND ITS SIGNIFICANCE

YAO Zheng-xu, ZHOU Fu-hong, XUE Dian-jun, LIU Zhen-jun, ZHANG Yong-jun
(China Aerogeophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Aeromagnetic reconnaissance has revealed that the EW-trending Yarlung Zangbo River aeromagnetic anomaly zone, 1400 km in length, is composed of two linear anomaly zones respectively in the north and in the south. It is also considered that it results from two ophiolite belts emplaced along the Yarlung Zangbo River suture zone, with the northern belt playing the dominant role. This is to say that the Yarlung Zangbo River suture zone is comprised of two ophiolite belts instead of one belt as considered by previous geologists. The aeromagnetic anomaly zone is in essence the objective reflection of the existence of the Yarlung Zangbo River suture zone. It not only provides relatively typical magnetic field model for the recognition of the suture zone, but also supplies new grounds to the probable existence of two opening-closing processes in the evolution of the Neo-Tethys Ocean.

Key words: Yarlung Zangbo River; aeromagnetic anomaly zone; suture zone; ophiolite; evolution of the Neo-Tethys Ocean.

作者简介: 姚正熙(1939—)男,江苏苏州人,1957年毕业于西安地质学校,现服务于中国国土资源航空物探遥感中心,教授级高级工程师,一直从事航空物探生产、研究和技术管理工作,曾发表论文 10 余篇。