

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

五构造地质 地应力学 第22号

亚东—格尔木岩石圈地学断面综合研究

青藏高原地体构造的
古地磁研究

董学斌 杨慧心 杨立人 王志民 著

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

五 构造地质 地质力学 第 22 号

亚东—格尔木岩石圈地学断面综合研究

青藏高原地体构造的古地磁研究

董学斌 杨惠心 程立人 王忠民 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是国家自然科学基金重点资助、地矿部“七五”重点科技攻关项目“亚东—格尔木岩石圈地学断面综合研究”的成果之一。本书以实测的古地磁资料为基础,应用地体构造学观点讨论了青藏高原主要地体与欧亚大陆拼合增生的演化模式。全书共分五章,系统地介绍了古地磁学原理和方法技术、青藏高原的地质概况、采样点的地质特征、古地磁数据的特征及利用古地磁资料研究地体构造所取得的新成果。

本书可供从事青藏高原研究的地学工作者,从事古地磁研究的科技人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中华人民共和国地质矿产部地质专部(五):构造地质 地质力学 第22号:青藏高原地体构造的古地磁研究/董学斌等著. -北京:地质出版社,1998.5
ISBN 7-116-02526-X

I. 中… II. 董… III. ①地质学-研究报告-中国②青藏高原-古地磁学-研究 IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 00542 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:陈军中

责任校对:黄苏晔

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:6.25 图版:4 页 字数:16700

1998 年 5 月北京第一版·1998 年 5 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 精装定价:28.00 元

ISBN 7-116-02526-X

P·1870

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

横贯西藏高原的“亚东—格尔木岩石圈地学大断面综合研究”是我国参加“国际岩石圈计划”活动中的一个重要项目,是我国承担的全球地学大断面计划(GGT)内大断面中首先完成的一条。

“国际岩石圈计划”原是国际地学界在 80 年代之前进行过的“上地幔计划”和“地球动力学计划”的基础上,为使固体地球研究更向地球内部深入,并进一步探讨一些重大的地质学问题而拟定的。计划本身即标志着地球科学发展的前缘和它的多学科性与全球性。为此,在固体地球科学的两个国际联合会,即国际地质科学联合会(IUGS)与国际大地测量和地球物理学联合会(IUGG)的共同要求下,国际科学联合会理事会(ICSU)于 1980 年建立了国际岩石圈委员会负责组织进行这项计划。

岩石圈的研究涉及面广,计划的内容几乎包括了岩石圈研究的全部内容,并希望通过这项计划解决地质学中的一些重大问题。岩石圈委员会于 1985~1986 年间重新将其内部组织和任务加以调整。目前共有 6 个工作组和 7 个协调委员会。“全球地学大断面计划”是由其中的第七协调委员会负责执行的。

该项计划是参照“北美地质学陆-洋断面 10 年计划”的模式提出的。因为它包括了岩石圈计划的许多基本原则,所以被认为是最能体现国际岩石圈计划的精神的。它的目标是:综合有关的地质、地球物理、地球化学和大地测量的资料和数据,作出横切地球上具有关键性的地质和构造地区,如火山带、地堑、沉积盆地和容易遭受地震、火山等灾害的地段的岩石圈断面,以达到能够进行直接对比研究的要求。为此,对地学大断面的编制就需要有一个统一的规范性要求。目前已在全球范围内部署了 175 条这样的地学断面,希望在这些关键性地带的地学断面基本资料基础上,检查有关岩石圈性质和演化的各种假说,并且发现需要进一步用先进的手段深入进行下一步工作的地区或地段。

“亚东—格尔木岩石圈地学大断面综合研究”项目的完成,标志着我国地学研究已进入了一个新的阶段。特别是对于地质条件特殊、举世瞩目的青藏高原来说,由于这个具有重要意义的地区的系统地质-地球物理工作起步较晚,而如今在较短的时间内一跃而入世界固体地学研究的前缘,确实难能可贵。这个断面的初稿已于 1989 年在美国华盛顿第 28 届国际地质大会上展示时,即得到国际上知名专家的高度评价。以后又吸取了一些专家的意见加以充实和提高,国际岩石圈委员会已决定出版,作为国际交流的第一批成果。现在,项目的综合研究报告和其中 11 个课题和专题报告的出版,除了反映这条大断面本身的研究成果之外,也将无疑地促进我国岩石圈研究的加速前进。

值得注意的是这批报告,尤其是许多课题和专题报告的内容,不仅反映了工作成果,而且也包括了所运用的深部地球物理和技术方面的新成果。由于深部研究的特点,取得第一性数据的手段和方法,以及数据的处理和解释也需要不断地针对实际情况加以改进和提高。在这方面提供的材料和经验也具有重要意义的。

目前国际地学界关注的一个问题是:由于各分支学科快速发展,各自运用了许多新技术、新方法,而且不断吸取其它基础学科方面的新成就,致使各分支学科之间的了解增加了困难。一方面某学科的成就不易及时被相邻的分支学科了解和利用,另一方面又使某一学科内还未成熟的新成果被相邻学科当作已被公认的东西来使用。多学科之间的相互了解和协作是促进本来是一个整体的地球科学的健全而快速发展的必由之路。希望这批报告的出版能在增进我国地质学和地球物理学之间在探讨深部问题时的相互了解、相互促进方面起到积极的作用。

人类对自然界的认识是无止境的。对青藏高原的地球科学研究也决不是一次能够完成的。“亚东—格尔木岩石圈地学大断面综合研究”中提出的若干观点当然还有待于今后多方面的检验、充实和修正。由于实际情况的限制,地球化学资料还显得不足,这应是今后需要大力补充的一个方面。

中华人民共和国地质矿产部
科学技术高级咨询中心主任
中国科学院院士
国际地质科学联合会副主席
张炳熹

1991年7月

前言

一、地学断面古地磁研究工作的意义和任务

国际岩石圈研究计划是继 60 年代国际“上地幔”和 70 年代“国际地球动力学”计划之后,于 80 年代开展的一次新的国际合作研究项目。岩石圈计划是一项大型地学基础研究项目,是当前地球科学的前沿课题,已普遍为各国地学界所重视。1985 年 8 月国际岩石圈委员会(ICL)在日本东京召开的地震与地球内部物理联合会(IASPEI)上提出了全球地学断面研究。全球地学断面(Global Geoscience Transect)简称 GGT。同年美国康乃尔大学 M. Barazangi 教授,根据全球主要构造单元分布及剖面工作现状提出了全球 200 条地学断面研究计划。并选出由加拿大地质调查所 J. W. H. Monger 教授等编制的北美 B₂ 陆洋断面为 GGT 研究计划的样板剖面。1986 年 8 月由国际岩石圈委员组成了全球地学断面协调委员会,由 J. W. H. Monger 教授任委员会主席,由西德 Freic 大学, H. J. Götze 教授任副主席。1987 年 10 月协调委员会制定了全球地学断面统一使用的“编图指南”。GGT 研究的目的是在宽度为 100 km 的剖面走廊域里,进行地质、地球物理和地球化学的综合研究,从而揭示岩石圈的结构构造、物质组成、成因演化及动力学机制等,进而对现今的地壳状态及其形成演化得出新的更深层的认识。

GGT 计划提出以后,得到世界各国的积极响应。1986 年中国岩石圈委员会正式成立了中国地学断面协调委员会,并根据我国的地质构造特点和国情提出了 11 条穿越我国主要造山带和区域构造单元的 GGT 断面。亚东—格尔木地学断面是其中之一。

“亚东—格尔木地学断面”南起西藏的亚东(88°94'E, 27°50'N)北到青海省的格尔木(95°00'E, 36°40'N),全长 1387 km。这一断面基本上呈南北向穿越喜马拉雅山、念青唐古拉山和昆仑山等主要造山带。这些构造带形成于不同的历史时期,其中喜马拉雅山脉是世界上最新的造山带之一。青藏高原号称世界屋脊,其地壳结构也具有令人瞩目的特殊性。因此,开展这一断面的地质和地球物理综合研究无疑将深化对青藏高原岩石圈结构,地体形成和演化历史等的认识。同时对我国大地构造理论研究、大陆岩石圈的研究和陆内板块研究的深入发展具有积极意义。由于亚东—格尔木地学断面的特殊意义,该项目得到了国内外知名科学家和国家自然科学基金会的重视和关注。项目被列为地质矿产部“七·五”重点科技攻关项目(课题)和国家自然科学基金会的重点资助项目。项目名称为“亚东—格尔木岩石圈地学断面综合研究”。

古地磁研究工作以其研究地体相对运动的特有优势,使其在地学断面研究中占有重要的地位。在协调委员会的“编图指南”中明确规定,为了了解地体运动和构造演化特征必须进行古地磁研究工作,并且规范了在 GGT 研究中古地磁成果的反映方法。古地磁研究被列为亚东—格尔木 GGT 研究项目的重要子课题。古地磁专题的题目是“亚东—格尔木地学断面走廊域主要地体的古地磁学研究”,本书即为古地磁专题的成果报告。

青藏地区前人进行过不同程度的古地磁研究工作,特别是 70 年代以来,取得了为数可

观的古地磁数据。本专题的研究工作任务就是在前人工作的基础上,以亚东—格尔木断面走廊域为主,补充采集 2000 块左右古地磁样品,根据新一轮系统的古地磁研究的新成果结合前人资料,揭示青藏高原主要地体的运动特征和演化历史。

二、青藏高原地区前人古地磁研究概况

青藏高原由于其独特的地壳结构和形成演化历史,一直为地学界所瞩目。建国以前青藏高原的地学研究近于空白,建国以后青藏高原的地质研究工作得到了政府和地学有关部门的重视和支持,相继开展了大量地质、地球物理工作,取得了重要进展。由于板块学说的崛起以及地体概念的引入,促进了青藏高原的地学研究不断的向纵深发展。作为板块和地体演化学说赖以支持的古地磁研究工作也受到了普遍重视。古地磁的研究为揭示青藏高原陆内板块构造格架,研究青藏高原的隆升机制,建立青藏高原的形成演化模式等提供了为数可观的古地磁资料。

国外对青藏高原有关古地磁研究工作以 70 年代以来的 Athavale, 1973; Bhimasahkaram, V. L. S., 1975, Momar, P., 1975; Klootwijk, C. J., 1979, 1981; Soseel, H. C., 1979 等人的工作为代表。这些工作大多是在青藏高原的外围邻区印度、巴基斯坦、伊朗和阿富汗等地开展的,有些则是根据深海钻探的岩心进行工作的。这些工作普遍论述了印度板块与欧亚板块的碰撞、俯冲、挤压的演化过程,研究了板块的拼合时代和缝合线的空间位置,揭示了雅鲁藏布江缝合带在青藏高原演化中的重要意义。这些研究工作提供了青藏高原边部及邻区的许多古地磁数据,对研究青藏高原无疑是很有价值的。这些研究工作的很多样品是采自喜马拉雅中央冲断裂以南或者是印度一侧更远的地区,碰撞带的西藏一侧参考数据较少。因此这些古地磁资料与我国青藏古地磁资料对比研究,对于青藏高原的研究乃至整个亚洲大陆构造演化研究是十分有益的。国内外学者已进行了这方面的研究工作。1980 年 Bingham, D. K. 和 Klootwijk, C. T. 等人根据古地磁资料提出了印度板块以喜马拉雅中央冲断裂(MCT)和主边界断层(MBT)向青藏高原俯冲的证据,并在后续工作的基础上提出了俯冲隆升的双地壳模式。

国内对青藏高原较系统的古地磁工作是在 70 年代后期开始的。中国科学院地球物理所于 1975~1979 年进行了西藏的古地磁采样工作。1977 年朱湘元等首批发发表了林周地区红层的天然剩磁资料,文章指出林周的天然剩磁所反映磁极位置与同时代欧亚板块磁极位置相近,而与印度板块的磁极位置较远,论证了欧亚和印度两板块的缝合线应在林周之南和隶属于印度板块的盐岭以北的雅鲁藏布江一带。1981 年朱志文、朱湘元等人又公布了西藏的经过退磁试验的 8 个古地磁数据,并再一次论证了欧亚板块与印度板块的交接线应为雅鲁藏布江河谷一带。对比雅鲁藏布江以南采点现今纬度与古纬度相差 50° 左右,即印度板块自白垩纪以后的北向漂移,平均年速度不超过 5.5 cm。继此之后,1982 年朱志文著文揭示了西藏地壳相对于欧亚稳定地块的相对旋转运动特点。指出西藏在印度板块向北挤压和缩短的过程中,受边缘“凹模”的限制和东部四川地块的阻力发生了右旋的旋转运动。朱志文、腾吉文等 1984 年在以前工作的基础上补充了新数据,发表了中法喜马拉雅考察成果的古地磁资料,提出相当于现今划分的江孜、拉萨和羌塘等三个地体古生代时均属冈瓦纳大陆的一部分,三叠纪时开始分裂,于三叠晚期开始相继北移,早白垩世羌塘地体与欧亚板块碰撞,拉萨地体于晚白垩世与羌塘碰撞,江孜地体则于始新世—渐新世与拉萨地体碰撞,形成了两大陆块碰撞,构成了现今的地理位置。提出了一个较系统的印度与欧亚大陆碰撞的演化模式。

西藏地区古地磁工作相对集中的第二阶段是为期3年(1980~1982)的中法合作喜马拉雅地质考察期间。古地磁学者在西藏全区采集了大量古地磁样品。周姚秀、J·L·韦斯特法尔等,经过样品测试和分析先后在国外《Earth and Planetary Science letters》、《Journal of Geophysical Research》、《Nature》、《中法喜马拉雅考察成果》(1980)、《喜马拉雅地质》(1981—Ⅱ)及《地球物理学报》等出版物上发表多篇文章,中法考察资料的进一步研究工作还在进行中。1984年M·韦斯特法尔、周姚秀等人的文章讨论了拉萨地体中晚白垩世位于北纬20°左右,即在印度和欧亚之间的某一位置上,这时印度还在南半球,白垩纪向北靠拢的运动主要发生在拉萨地体的南面。拉萨地体的顺时针旋转可能是在印度向北运动时旋转压力的作用下产生的。同年周姚秀等的文章中提出了拉萨地体的相对运动,文章还论述了中晚白垩世时拉萨地体处于古欧亚大陆和印度大陆之间,相对靠近欧亚大陆一侧的位置上。提出印度大陆与拉萨地体碰撞发生在渐新世,而拉萨地体和欧亚大陆闭合时间约为古新世,这一闭合界线可能在班公湖怒江一线,构成了拉萨地块的北部边界。

邢历生等人研究拉孜上白垩统的古地磁结果表明,根据古地磁数据应属于印度板块,对比拉萨资料再次证实了雅鲁藏布江断裂带确为欧亚和印度板块的界线。1985年陈显尧等发表了西藏申扎和聂拉木的古生代地层的古地磁数据,考虑到二者采样点的纬度差发现,二地同属于冈瓦纳大陆,二地体迅速北移发生在石炭纪以后。中法合作的古地磁研究成果集中反映于《西藏古地磁与大地电磁研究》(1990)一书。中法队的古地磁数据均系采用系统逐步退磁试验和普遍进行了构造检验,保证了数据的质量。为青藏高原提供一批可靠数据。这批古地磁成果多集中于藏南或雅鲁藏布江两侧。

青藏高原古地磁的另一次较系统的工作是中英1985年青藏高原科学考察。古地磁采样工作是沿着青海的格尔木至西藏拉萨的公路沿线进行的。共有采样点46个。野外考察工作已有报道文章,林金录和D·R·瓦兹1986年发表了昆仑、羌塘和拉萨三个地体的9组数据。对比了印度、印度支那、华南、华北和欧洲的古地磁磁极位置,研究了青藏主要地体的晚古生代地理位置。将拉萨地体视为印度板块的一部分,而昆仑和羌塘与华南、华北相近应为界于印度板块以北,安加拉古陆以南称为华夏古陆。1987年林金录又进一步讨论了拉萨地体上白垩系塔那组古地磁特点,并且计算了地壳迁移量和旋转量,分析缩短因素,讨论了青藏高原的隆升机制。中英科考的古地磁成果系统地反映于《青藏高原地质演化》(科学出版社,1992)一书中。

1987年叶祥华等人采集了青海高原西部古地磁样品填补了青藏古地磁采样点平面分布的空白,对获得的数据分析认为羌塘、冈底斯和喜马拉雅地体晚古生代是冈瓦纳古陆的一部分,其北侧存在着古特提斯大洋,可可西里—金沙江断裂可能是古特提斯消亡场所。但文章没有给出样品数,样品多为定向手标本,未全部进行逐步退磁试验将会影响数据可靠性。

1984年杨惠心等人在南迦巴瓦峰地区综合科学考察中取得了雅鲁藏布江大拐弯地区米林—墨脱间前寒武纪地层的古地磁数据。此外,在青藏高原的沉积盆地还进行过一些磁性地层学研究工作。

通过对前人工作成果的回顾我们不难看出,青藏已经积累了一定数量的古地磁数据。利用这些资料与欧亚板块、华北、华板块、印度板块进行对比,可初步勾绘出中国大陆的古地理的格局。周姚秀将西藏地块演化总结为拉萨地体约于三叠纪—侏罗纪从冈瓦纳大陆分离出来,晚侏罗世到达赤道附近,到白垩纪越过赤道与欧亚板块碰撞。而江孜地体连同印度大

陆在白垩纪才从冈瓦纳分离出来,老第三纪越过赤道,老第三纪末与欧亚大陆碰撞。中国大陆就此形成。翟永建在分析了华北地块与华南地块拼合和固结以及塔里木的相对关系,并对青藏与塔里木间同步北向迁移作了分析,提出塔里木与青藏整体北移的特征,成因机制进行了讨论。朱志文也对中国大陆主要地块(包括青藏)的古地理位置重建及离合过程提出了模式。

综合前述资料不难看出根据不同来源的古地磁资料,在某些基本地质问题认识是近于一致的。前人古地磁成果表明青藏高原可以划分为若干各具独立运动和演化特征的地体;江孜和拉萨地体在古生代都处于南纬,它们可能与冈瓦纳大陆相近或者就是该大陆裂解出来的一部分;这些主要地体在北向运动的过程中与欧亚大陆拼接,印度板块最后与欧亚大陆拼接,形成了极具典型性的举世瞩目的雅鲁藏布江缝合带。青藏高原多个地体组成的统一地块上应该存在一个古特提斯洋的消亡带,它代表印度板块与欧亚板块的界线,对这一界线位置的认识还不完全统一。

前人资料充分说明青藏高原古地磁研究效果是肯定的,在青藏高原地学研究中发挥了重要作用。但前人的结果还存在着许多不一致性,诸如各地体从冈瓦纳大陆解体出来的时代,各地体不同时代的古地理纬度,各地体北移的具体时代、运移速率、它们与欧亚板块拼合的时间,印度板块和欧亚板块的界线究竟在哪里等等,这样的一些问题又众说不一。甚至同一时代、同一地体,不同人的古地磁结果也有差异。因此,面对这种情况有人对西藏的古地磁结果持否定态度,认为青藏高原现有古地磁数据即零散又矛盾,不能说明任何问题。产生这种现象的原因我们认为除了青藏高原古地磁标本数量不足、分布不均匀外,主要应是数据质量问题,包括取样定向的精度、取样点地层时代、测试精度、变质作用和构造变动对观测结果的影响等方面的因素。这是本次及今后的研究工作中急待解决的问题。

三、古地磁专题工作简况

古地磁专题研究的起止时间为1987~1990年。1987年3月于北京组建了古地磁专题组,专题负责单位为长春地质学院。参加单位有中国地质大学(北京)、地矿部航测遥感中心物探所。专题聘请谭承泽教授担任顾问。专题的野外工作设计于1987年6月在长春评审通过,并开始付诸施实。专题组于同年7月至10月赴青藏进行古地磁采样,前后共采集岩心标本2241块,手标本48块。野外工作成果于1988年2月3日在长春通过了专家评审验收。翌后,分别在长春地质学院古地磁实验室和中国地质大学(北京)古地磁实验室进行样品的测试工作。全部测试工作于1988年10月结束。其后,经过资料的统计整理和综合分析,于11月末向项目组提交了“亚东—格尔木地学断面主要地体的27个古地磁数据和青藏高原地体演化的初步分析结果”。该项阶段成果于1988年11月30日于北京通过了同行专家的评审验收。在阶段研究成果的基础上,经过综合分析和研究,于1990年3月末提交了古地磁专题的最终研究报告。

在古地磁专题的研究过程中,已报道和公布了部分研究成果。发表的主要论文有:

1. 古地磁取样钻取样时样品的“铁染”现象应引起重视(中国第四届古地磁年会,1989);
2. 亚东—格尔木地学断面的古地磁新数据与青藏高原地体演化模式的初步研究(中国地质科学院院报,第21号,1990);
3. 青藏高原古地磁研究新结果(地质论评,37(2),1991);
4. 青藏高原风火山砂岩的磁性特征及其意义(长春地质学院学报,22卷,3期,1992);

5. 青藏高原冈底斯地体和羌塘地体拼合边界的古地磁证据(长春地质学院建院 40 周年论文集,1992);

6. 柴达木地块古地磁研究及其演化(长春地质学院学报,1992,22 卷,4 期,1992)。

参加古地磁专题研究工作的成员有:

长春地质学院,董学斌、杨惠心、程立人;

中国地质大学(北京),王忠民、谭承泽、郑敏、顾雪来;

地矿部航空物探遥感中心,周姚秀。

其中,谭承泽担任项目指导,参加了部分野外工作。王忠民因病仅参加了室内研究工作,郑敏(现任职安徽省科技局)参加了工作设计、样品采集和部分测试工作。顾雪来参加了野外采样。周姚秀同志负责收集、分析和整理前人资料,同时参加了专题的研究工作,对本专题由工作设计到资料的综合分析等环节都提供了许多十分宝贵意见和建议,其他同志均系统参加了全部研究工作。

“亚东—格尔木地学断面走廊域主要地体的古地磁学研究”项目于 1990 年结题,1990 年 4 月由朱志文教授、刘国栋教授、吴功建教授、申宁华教授、孙运生教授、杨丙中教授和冯昭贤高级工程师等项目进行了评审,评审结果认为“……该项目资料完整,内容丰富,讨论分析深入,对 GGT 大断面地体的划分与地体分离、运移、拼贴等提出了有力证据,是一项优秀成果,达到了国际上同类工作的水平……建议修改后出版,以利用交流。”

本书是“亚东—格尔木地学断面走廊域主要地体的古地磁研究”项目的成果报告。根据研究内容本书定名为《青藏高原地体构造的古地磁学研究》。

本书原计划于 1992 年完稿,但因某种客观原因推迟至今出版。近年来青藏高原古地磁研究又取得许多新的进展,为了反映 GGT 断面古地磁研究工作的原貌,在编写过程中以项目总结报告为基础,认真研究评审意见,广泛征求同行专家意见几经修改后定稿。本书的参考文献也截止于 1992 年为限。

本书编写分工如下:第一章、第五章第七节及摘要等内容译成英文,杨惠心;第二章,程立人;第三章,王忠民;前言、第四、五章和摘要,董学斌;全书由董学斌、杨惠心主编定稿。全书图件由徐锋同志清绘。

在本专题的野外采样和室内研究过程中,得到了地球物理界前辈谭承泽教授的悉心指导和帮助。专题工作期间一直得到项目负责人吴功建教授、肖序常院士、李廷栋院士、国家自然科学基金会朱志文教授及地矿部科技司冯昭贤高级工程师等的关心和帮助。地质科学院岩石圈中心的高锐和崔军文等同志也给予了很多支持。

在野外工作期间得到了西藏自治区地质局和地质局物探队及青海省地质局物探队等单位的帮助和支持。在矿物分析方面得到了王公庆、刘万等同志的协助。

在此,谨向上述同志和单位深致谢意。

因受青藏高原客观条件的制约,本专题获得的资料还不尽翔实。同时,由于学识有限,研究报告中必有许多不足甚至错误,期望读者予以批评斧正。

目 录

第一章 地学断面古地磁研究工作的方法与技术	(1)
第一节 古地磁样品的采集.....	(1)
第二节 古地磁样品的测试.....	(2)
第三节 定向标本剩磁矢量的坐标转换.....	(5)
第四节 测试数据的统计分析.....	(7)
第五节 古地磁极的计算.....	(8)
第六节 地体构造研究中的几种古地磁数据转换计算	(10)
第七节 保证精度的措施	(10)
第二章 地体构造背景及古地磁采样点的地质观察研究	(15)
第一节 断面走廊域及其邻区的地体划分	(15)
第二节 古地磁采样点的地质观察与描述	(16)
第三章 磁性特征	(37)
第一节 磁性特征研究方法和本征剩磁的确定	(37)
第二节 有效样品的磁性特征分类	(39)
第四章 青藏高原 GGT 断面古地磁研究新成果	(43)
第一节 断面古地磁研究的新数据	(43)
第二节 青藏高原主要地体的磁极移动曲线(APW)	(43)
第五章 古地磁成果的地质意义	(49)
第一节 古地磁新数据特征及地体划分	(49)
第二节 雅鲁藏布江缝合带的古地磁新证据	(51)
第三节 拉萨和羌塘地体拼合边界的古地磁论据	(54)
第四节 青藏高原地体演化历史的古地磁学研究	(59)
第五节 巴颜喀拉地体风火山口白垩系砂岩的磁性研究及其地质意义	(63)
第六节 走廊域主要地体的二叠系古地磁特征及青藏高原古特提斯演化	(68)
第七节 柴达木地体古地磁特征及其构造演化	(71)
第八节 关于青藏高原边界及隆升时代的讨论	(74)
主要参考文献	(76)
英文摘要	(78)
图版说明及图版	(82)

Contents

Chapter I	Paleomagnetic method and technology for the GGT	(1)
Section 1	Collection of paleomagnetic samples	(1)
Section 2	Measurement of paleomagnetic samples	(2)
Section 3	Coordinate transformation of samples	(5)
Section 4	Statistics and analyses of data	(7)
Section 5	Calculation for paleomagnetic pole	(8)
Section 6	Calculation of ratio and displacement amount of terrane tectonics	(10)
Section 7	Methods to improve the precision	(10)
Chapter II	Tectonics background and geologic observation sites	(15)
Section 1	The terranes division of the GGT area and it's adjacent terranes	(15)
Section 2	The observation and description of sampling sites	(16)
Chapter III	The magnetic features of samples	(37)
Section 1	Method of study and determination of eigen remanent magnetism	(37)
Section 2	Magnetic classification of samples	(39)
Chapter IV	New paleomagnetic data of the GGT	(43)
Section 1	The New data of paleomagnetization	(43)
Section 2	Paleomagnetic pole-shifting Curves (APW) in major terranes of Qinghai-Xizang plateau	(43)
Chapter V	Geological significance of paleomagnetic data	(49)
Section 1	Features of new paleomagnetic data and terranes division	(49)
Section 2	New Paleomagnetic evidence for Yarlung Zangbo suture zone	(51)
Section 3	Paleomagnetic evidence for matching of Lasha and Qiangtang terrane	(54)
Section 4	Paleomagnetism evidence for the evolution history of Qingzhang Plateau	(59)
Section 5	Magnetism studying of Cretaceous sandstone in the Fenghuoshan of Bayan Har terrane and geological meaning	(63)
Section 6	Paleomagnetism features of the Permian System of major terranes and the evolution of the Tethyan tectonics	(68)
Section 7	Paleomagnetism features and the tectonical evolution of Qaidam terrane	(71)
Section 8	Discussion on the boundary and rising epoch of Qinghai-Xizang plateau	(74)

References	(76)
Abstract	(78)
Plates and Explanation	(82)

第一章 地学断面古地磁研究工作的方法与技术

第一节 古地磁样品的采集

一、采样地层的确定

本次 GGT 亚东—格尔木地学断面古地磁采样工作穿越了拼合青藏高原的昆仑、巴颜喀拉、羌塘、拉萨和江孜等地体。在前人工作的基础上,为进一步在古地磁学方面研究青藏高原的时空演化史,在上述各主要地体上较系统地采集了古地磁样品,用以研究各地体的演化及其演化关系。由于青藏高原自然条件,特别是交通运输等方面所限,要在有限的野外工作时间里完成采样工作,所以对采样地层的确定特作了如下几点考虑。

(1) 考虑到各地体地质特点及演化史,在不同地体上选择采样地层时,除了注意地层的系统性和完整性外,还考虑各地体由南向北从新生界至晚古生界各有侧重,在所侧重的地层相应地增加采点数。

(2) 由于各地体地质特点不同,则地层区划有着明显的差异。在采样工作条件允许的情况下,将出露地层尽量采全,尽量选在地质研究程度较高的典型剖面上,以求能给出该地体较完整、可靠的古地磁极移曲线。

(3) 本次采样以采走廊域分布和出露地层为主,同时为了采样地层的系统完整也深入到走廊域外进行采样。先后深入到诺木洪河上游,采集侏罗系和三叠系地层;申扎地区采集了古生界地层;林周地区采集了白垩系、第三系地层;岗巴地区采集了白垩系及侏罗系地层。

(4) 本次采样地层的选择,考虑到古地磁研究的目的及野外采样工作的条件,采样地层以统为单位。

二、采样点的选择

在采样剖面上采样点的选择注意以下几个方面。

1. 为了避免古地磁样品由于风化作用而使其原生磁性遭到破坏,以及由于风化作用形成次生矿物而导致的现代磁场的重磁化,采样点一般选在未风化或风化程度较低的岩石露头上。公路两侧的开凿面,采石场、工程设置的人工露头、风化程度不高的岩石露头、河谷冲刷形成的三角面等均为理想古地磁采样点。

2. 为防止雷电造成的等温剩磁对样品原生稳定剩磁的影响,在山区采样应避开地形的致高点。

3. 注意采集磁性较强并且容易保持原生剩磁的岩石,这样有利于样品测试,也易于获得可靠的古地磁数据,如层状火山岩、凝灰岩、红色或紫色砂岩、细砂岩、页岩、泥岩等。有些含有“杂质”的灰岩也能具有较强的磁性。

4. 采样点应避免复杂构造因素的影响,除了为进行褶皱检验外,一般不在褶皱发育、小

构造发育、断裂构造复杂的露头上选择采样点。为了避免地层倒转因素的影响,在允许的情况下一般不在地层倾角大于 50° 以上的地层中取样。

三、采样方法技术

古地磁工作要求野外采集定向精确的古地磁样品。样品的定向精度将直接关系到获得的古地磁数据精度。野外取样的定向精度是仅次于采样层位地质时代可靠性的直接影响古地磁数据质量的第二个重要因素。它与取样方式、定向方法、取样技术熟练程度等因素有关。

1. 标本采集

由于手标本定向精度较低,运输不便,所以本次工作以采集岩心样品为主。使用手提式轻便型古地磁取样钻。钻取岩心的直径为 2.5 cm 左右,其直径随金刚石钻头的新旧程度不同而略有差异。岩心长 4~7 cm。为了保证质量,在钻进过程中破碎的岩心、岩心断根后不能复位的岩心均予以舍弃。

2. 标本定向

标本定向包括岩心标本定向和测量地层产状。

本次工作岩心标本定向使用与钻机配套的定向器和磁罗盘。用磁罗盘测定岩心截面(即采样面)的产状,由定向器测量岩心截面(即采样面)的倾角,并用定向器在岩心上刻划出岩心方向的标志线(亦称基线),从而准确的确定岩心的空间位置。岩心定向的精度小于 1° 。

地层产状用地质罗盘测定,其精度要求比地质观察的宏观产状测量要高,要求测定采样点周围的平均产状。产状测定误差要求小于 1° 。

3. 采样点的地质描述

在取样和定向的同时,地质人员在采点及其附近进行较详细的地质观察和测量。根据观察测量结果在采样登记卡片上作好地质描述记录。内容包括:采样点的编号、采样日期、采样地点、采样点的经纬度、地层层位、岩石的野外定名和岩性等,同时填写地质描述,绘制地质素描图,并在图上注明采样点的位置。取样的定向测量结果也要在登记卡上加以记录,内容包括:每个岩心样的产状和地层产状。取样登记卡片是古地磁野外工作中的第一手重要原始资料,也是后续样品测试、数据统计、资料的地质解释的原始依据。

四、样品的室内加工

室内测试主要采用 DSM-2 型数字旋转磁力仪,为了适应该仪器的要求,野外采集岩心样品在室内用岩石切割机将样品加工成直径 2.5 cm,长 2.3~2.4 cm 的圆柱形样品。这种形状磁各向异性影响较小,是目前国内各类古地磁测试仪器通用的样品规格。样品加工后要在样品上根据仪器规定的样品坐系统要求,重新作好样品方向的标志线并重新标好样品的编号。

第二节 古地磁样品的测试

一、测试仪器

古地磁样品测试使用美国 Schonstedt 公司生产的 DSM-2 型数字旋转磁力仪。该仪器是磁通门式磁力仪,由磁通门探头、磁力仪、处理机和电传打字机组成,见图 1-1。样品和磁力仪探头在屏蔽筒内,由于样品旋转,在探头上检测到交变磁信号,信号强弱与样品旋转面磁矩分量成正比,磁信号经磁力仪放大,经处理机的模数转换电路获得数字信号,经计算机

处理转换为磁矩,经电传打字机输出。数字信号的方向参数由参考脉冲电路提供。这种仪器的特点是样品旋转测试在磁屏蔽筒内进行,屏蔽筒的屏蔽系数达1:50000,在屏蔽筒内仅有1 nT左右的磁场,因此测试过程中避免了地磁场感应磁化的影响,保证了测试结果的精度。另外该仪器按一定的信号噪声比控制旋转时间、信噪比在20%~99%范围内连续可调,因此不论样品的磁性强弱,通过控制信噪比改变旋转时间,均可获得高精度数据。仪器采用六个方位进行旋转测量剩磁,获得样品坐标系中三个分量的平均值。在计算机中的固化程序,可以进行样品盒磁性改正、数据的地理坐标系和层面坐标系的转换,最终在电传打字机上打印出层面坐标系中样品的磁矩及磁矩矢量的偏角和倾角。

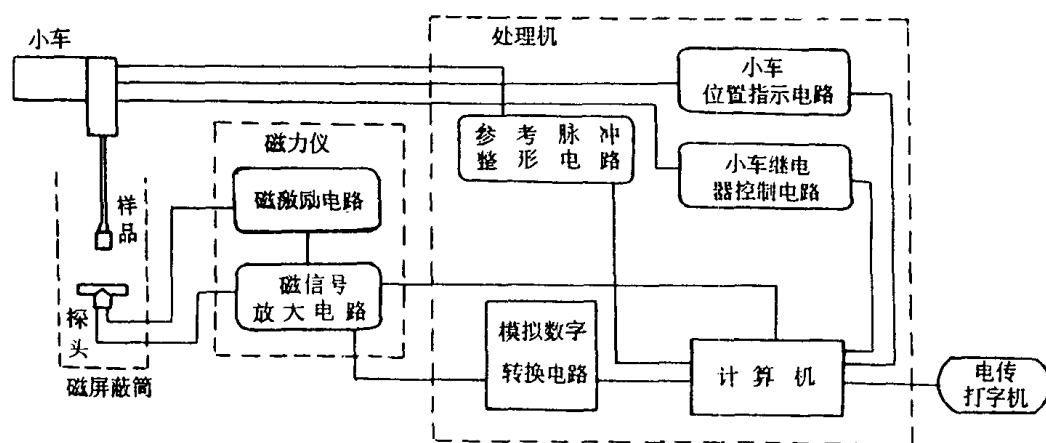


图 1-1 DSM-2 磁力仪框图

Fig. 1-1 Block diagram of DSM-2 Spin magnetometer

该种仪器目前公认的测定磁化强度的精度为 $2 \times 10^{-4} \text{ A/m}$ 。样品磁性低于测定精度,所获得的数据是不可靠的。由于目前古地磁样品普遍采用系统逐步退磁技术,样品天然剩磁强度(NRM)必须高于仪器精度若干倍,才能获得可靠系统退磁结果。一般认为天然剩磁要高于仪器精度2.5倍以上,即磁化强度应在 $5 \times 10^{-4} \text{ A/m}$ 以上。低于此值就不能进行系统退磁了。因此本次工作在测试之前对所采集的全部样品进行天然剩磁(NRM)测定。对于低于 $5 \times 10^{-4} \text{ A/m}$ 的样品予以封存保留,待条件具备时可用超导等更高精度仪器进行测试。

二、退磁方法技术

古地磁样品的剩磁一般含有稳定剩磁和次生粘滞剩磁两部分。稳定剩磁又可能含有多种成分,有的是在岩石形成时期形成的原生剩磁,有的是在岩石形成后的地质历史过程中的地质事件中形成的,它们的方向可能相同,也可能截然不同,甚至方向完全相反。因此在样品测试中能否有效地“清洗”掉次生粘滞成分,能否有效地分离各种磁性成分,是获得可靠的原生稳定剩磁的关键。目前解决这一问题主要是采用系统退磁技术。系统退磁目前常用的有两种:一是系统热退磁;一是系统交变磁场退磁。目前公认热退磁效果较好,但其工作效率远远低于交变磁场退磁。本次工作为确保成果的可靠性,全部样品均采用系统逐步退磁技术,而且大部分样品是采用系统逐步热退磁法进行样品测试。

系统逐步退磁的温阶一般采用:室温、100℃、200℃、300℃、400℃、450℃、500℃、550℃、570℃、600℃、630℃、660℃、680℃、700℃等。对于弱磁样品在低温段就应适当加

密退磁温阶,在测试过程中发现样品接近阻挡温度时,则应加密温阶,以便有效控制样品剩磁的高温分量。

hsd2-4-5

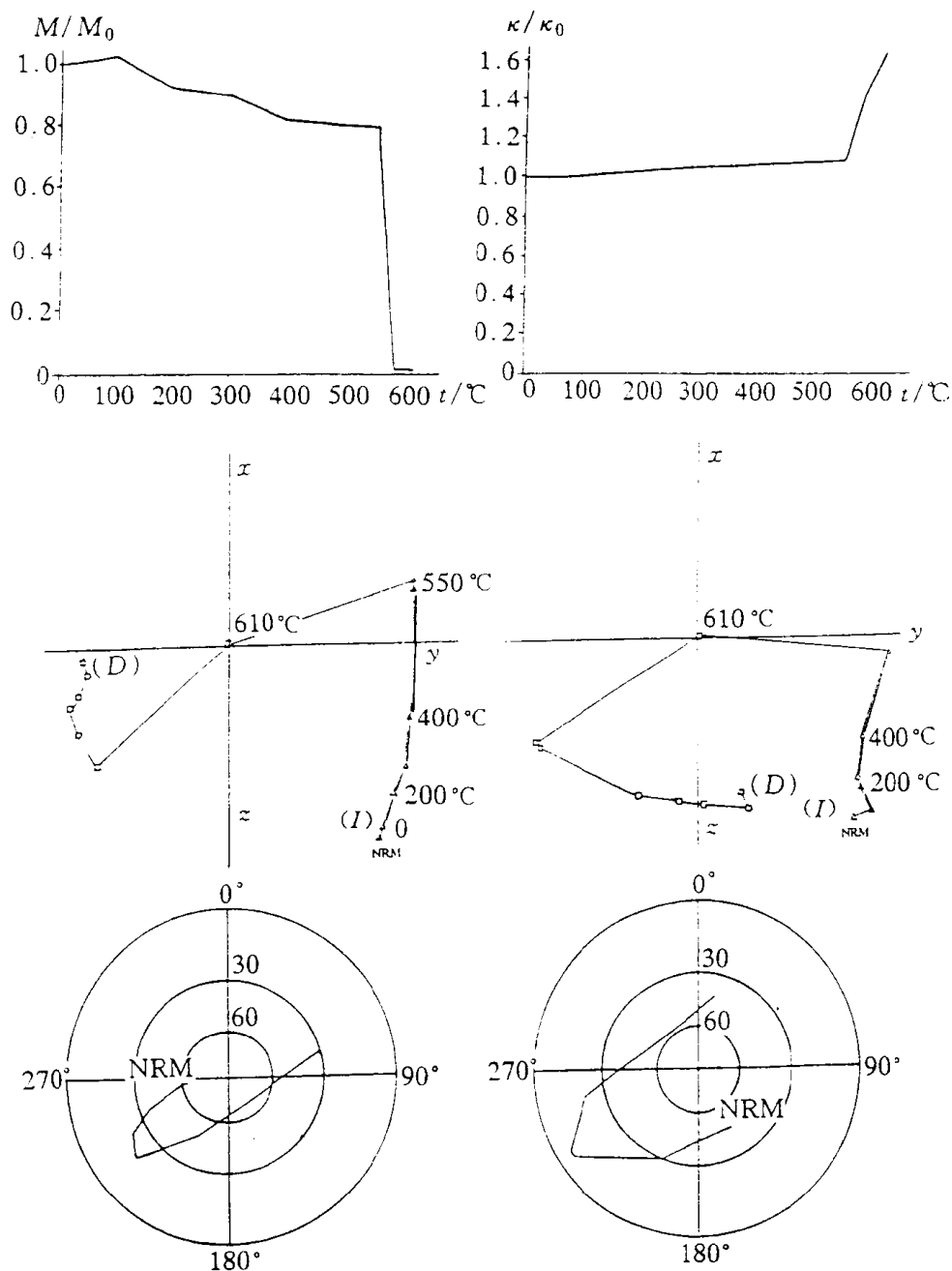


图 1-2 HSD2-4 号样品测试成果图

Fig. 1-2 Measured result of HSD2-4 sample

□为角 D; △为角 I

少部分样品采用系统逐步交变退磁。退磁磁场步阶一般为:10 mT、20 mT、30 mT、40 mT、50 mT、55 mT、60 mT、65 mT、70 mT、75 mT、80 mT、85 mT、90 mT、95 mT、99 mT。

样品逐步退磁的截止温度或磁场值是以是否有效分离各磁成分或是否达到高温成分的