

西藏珠穆朗玛峰北坡地区三叠纪磁性地层研究

邹光富^{1,2} 庄忠海² 潘忠习² 朱同兴² 冯心涛²

(1. “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 成都理工大学, 四川 成都 610059;
2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:本文对在西藏南部珠穆朗玛峰北坡土隆地区三叠纪地层剖面中采集的 728 件古地磁定向标本进行了较详细的研究。样品采集是在实测剖面之后进行的。野外样品采集使用国产 GSD-1 型手提式轻便取样钻机, 钻取的岩心直径为 24~25 mm, 长度一般为 30~60 mm, 用磁罗盘定向器定向取心。采样间距一般控制在 0.5~3 m。在重要地层界线上、下部位进行加密采样, 样品间距为 0.1~0.2 m。分析结果表明, 珠穆朗玛峰北坡地区三叠系岩石的天然剩余磁化强度属中偏弱。样品的天然剩磁强度为 1.9×10^{-2} A/m~ 9.4×10^{-1} A/m, 特征剩磁强度为 3.9×10^{-2} A/m~ 5.0×10^{-1} A/m。大多数样品在退磁测试到 550~600°C 时, 样品剩余磁化强度已衰减了 90%~100%, 表明岩样中的磁性载体基本上为磁铁矿。研究表明, 在土隆群中获得了 12 个正向极性和 11 个反向极性带, 这在中生代早期是一个中等频率的正、反向混合极性巨带, 命名为土隆混合极性巨带, 与 ILLAVARA(依拉瓦拉)混合极性巨带相吻合。曲龙共巴组 and 德日荣组中仅测出 2 个小的反向极性带, 其余样品均为正向极性, 笔者将该地层单元命名为土隆正向极性巨带, 与 GRAHAM 正极性巨带相当。德日荣组上部为反向极性带。据此厘定了该区三叠系下统、中统和上统的界线。珠穆朗玛峰地区三叠纪磁性地层的深入研究, 为该区三叠系多重地层划分与对比研究, 建立珠穆朗玛峰地区三叠系古地磁样品数据库和三叠系磁性地层极性柱, 为进一步深入研究冈瓦纳大陆的演化、古特提斯洋的形成、消亡历史和青藏高原隆升机制提供科学依据。

关键词:磁性地层; 三叠系; 珠穆朗玛峰地区; 西藏

中图分类号: P534.51; P539.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)05-0988-11

喜马拉雅造山带是世界上最年轻的陆-陆碰撞造山带, 是研究岩石圈-大气圈-生物圈-水圈相互作用, 探讨青藏高原隆升机制、冈瓦纳大陆的演化和古特提斯洋的形成、消亡历史的关键地区, 也是阐明亚洲乃至全球气候、生态环境变迁的理想场所。是解决当前若干重大地质问题的关键地区。因此, 喜马拉雅造山带已成为国际地学界研究的重点和热点地区。珠穆朗玛峰地区是喜马拉雅造山带的重要组成部分, 是研究喜马拉雅造山带的一个重要窗口。该区位于冈瓦纳被动大陆边缘, 发育奥陶系至古近系逾万米厚的海相地层, 成为世界上保存最完整、基本连续海相沉积的地区, 是研究冈瓦纳大陆北缘地质演化历史最理想的地区。因此, 选择该区某一重要地史时期剖析其磁性地层特征具有重要的理论和

现实意义。

珠穆朗玛峰北坡地区海相三叠系发育完好, 古生物化石丰富, 是研究冈瓦纳大陆北缘三叠系及其生物地层的典型地区之一。特别是近几年在该区中、上三叠统中相继发现了鱼龙等海生爬行动物化石, 使珠峰地区成为中国三叠纪海生爬行动物化石的少数产地之一。笔者对该区三叠纪地层进行了详细的古地磁样品采集和分析测试及磁性地层研究。磁性地层研究的主要目的是加强珠穆朗玛峰地区三叠系多重地层划分对比研究, 建立珠穆朗玛峰地区三叠系古地磁样品数据库和海相三叠系磁性地层极性柱。为进一步深入研究冈瓦纳大陆的演化、古特提斯洋的形成、消亡历史和青藏高原隆升机制, 开展岩石地层、生物地层、层序地层和磁性地层等的多

收稿日期: 2006-02-06; 改回日期: 2006-05-31

基金项目: 国家自然科学基金(40272012)和中国地质调查局地质大调查项目(19991300009031)资助。

作者简介: 邹光富, 男, 1963 年生, 研究员, 博士, 长期从事青藏高原区域地质调查、矿产资源和地层古生物研究工作;

E-mail: zgf686@sina.com.

表 1 珠穆朗玛峰地区的三叠系岩石地层及其沉积特征

Table 1 Triassic rocks and their sedimentary features in the Qomolangma area

地层系统			接触界面性质	沉积特征	古生物特征
侏罗系	下统	普普嘎组		滨岸相局部发育开阔台地以细砂岩、页岩为主, 夹砂质页岩及碳酸盐岩	菊石、双壳类、有孔石
三 叠 系	上 统	德日荣组		三角洲-滨岸相碎屑岩系	双壳类
		曲龙共巴组		浅海陆棚相碎屑岩夹少量碳酸盐岩	菊石、双壳类、腕足类
		亚智组		浅海陆棚相碎屑岩夹碳酸盐岩	菊石、双壳类、腕足类
		康沙热组		浅海陆棚相碳酸盐岩夹钙质砂岩、灰色页岩、粉砂岩	双壳类、腕足类、菊石、有孔虫、苔藓虫
	中统	曲登共巴组		浅海陆棚相碳酸盐岩夹钙质砂岩、页岩夹粉砂岩	菊石、双壳类、腕足类
	下统	土隆组		浅海陆棚相碳酸盐岩、泥岩、泥页岩夹粉砂质泥岩	菊石、双壳类、腕足类
二叠系	上统	色龙群		浅海陆棚相碳酸盐岩、碎屑岩	菊石、双壳类

岩、含生物屑灰岩、钙质砂岩、灰色页岩夹黄灰色薄至中层状粉砂岩、粉砂质灰岩。上部为深灰色页岩、灰色中层状含生物屑灰岩、深灰色薄层状泥质灰岩、深灰色中厚层状泥晶灰岩夹中层状粉砂质灰岩。含菊石 *Leiophyllites* sp., 双壳类 *Cardiomorpha? gymnitum nyanangensis*, 腕足类 *Tulungospirifer syracheyi* (Salter), *Pianorhynchia angustiplicata* Dagens, *Mentzeli mentzeli* Dunker, 牙形石 *Neospathodus* sp. 等化石较为丰富, 化石保存完整, 其生态特征为原地理藏群落, 反映了浅海陆棚沉积环境。顶底均为整合接触关系。厚度为 192 m。

2.3 上三叠统康沙热组

康沙热组 (T_3k) 下部为深灰色中厚层状核形石灰岩、泥晶灰岩、灰色页岩夹极少量灰色薄层状含砂泥质灰岩。中部为灰色中层状生物介屑灰岩、钙质砂岩、灰色页岩夹黄灰色薄至中层状粉砂岩组成旋回, 上部为深灰色页岩、深灰色中厚层状核形石灰岩夹中层状粉砂质灰岩。主要含双壳类 *Palaeocardita langnongensis*, *P. cf. globiformis healeyae* Reed, 和腕足类 *Oxycolpella oxycolpos*, *O. guseriplita*, *O. cf. robinsoni*, *O. robinsoni* 生物为主, 其次是菊石 *Ptychites cf. eusomus*, *Aristoptychites* sp., *Joannites compressus*, *Ptychites cf. rugifer* 等。其中, 菊石、双壳类、腕足类化石个体保存完整, 为原地理藏群落, 反映了浅海陆棚沉积环境。顶底均为整合接触关系。厚度为 95 m。

2.4 上三叠统亚智组

亚智组 (T_3y) 为深灰、灰黑色钙质粉砂质泥页岩夹深灰色薄层状生物屑灰岩。底部为一层厚 0.6 m 的灰色中层状生物介屑灰岩。此外还夹一些厚 3~5 cm 的灰色石英粉砂岩薄层或透镜体, 石英粉砂岩中发育小型斜层理。主要代表性分

子有菊石: *Nodo - tibetites nodosus*, *Paratibetites cf. angustosellatus*, *Anatibetites kelviniformis*, *Juvavites* sp., *Anatomites cf. rotundus*; 双壳类: *Nuculana perlonga*; 腕足类: *Laballa slavini*, *Guseriplita tulongensis*, *Rhoetina cf. taurca*, *Himalarhynchia media*, *Holcorhynchia anensis*; 牙形石: *Epigondolella abneptis*, *Epi. sp.*, *Enantiognathus ziegler*; 腹足类: *Undularia* sp. 等。其中, 菊石、双壳类、腕足类化石个体保存完整, 为原地理藏群落, 反映了浅海陆棚沉积环境。顶底均为整合接触关系。厚度为 67 m。

2.5 上三叠统曲龙共巴组

曲龙共巴组 (T_3q) 下部的深灰色中层状钙质细砂岩、深灰、灰黑色钙质粉砂质泥页岩夹深灰色薄层状生物屑灰岩。中部为暗绿灰色页岩夹灰色薄层状石英粉砂岩、灰色薄层状生物屑灰岩; 上部岩性为灰、深灰色薄层状钙质粉砂岩、粉砂质页岩夹灰、浅灰色中薄层状钙质细砂岩, 局部页岩与砂岩互层, 向上砂质逐渐增加, 直至砂岩夹页岩。局部发育厚 16 m 左右的海绵礁。菊石 *Griesbachites* sp., *G. cf. kastneri* Mojs, *Tibetites cf. raylli* Mojs. 双壳类 *Chlamys* sp., *Pichleria cf. inaequalis*, *Unionites griesbachi brevis*, 腕足类 *Euxinella cf. pichl*, *E. cf. pamirensis*. 化石较为丰富, 化石保存完整, 其生态特征为原地理藏群落, 反映了浅海陆棚沉积环境。顶底均为整合接触关系。厚度为 291~1 305 m。

2.6 上三叠统德日荣组

德日荣组 (T_3d) 岩性相对较单一, 以灰、浅灰、灰白色中厚层-块状夹中薄层状细-中粗粒石英砂岩、钙质石英砂岩、长石石英砂岩为主, 夹少量灰黄、深灰色粉砂质泥页岩。在下部局部夹数层灰、深灰色薄层状砂质、鲕粒灰岩。石英砂岩粉

砂岩中发育大中型交错层理,为三角洲前缘-三角洲平原亚相-滨岸相沉积。主要含双壳类:*Tulongocardium pluriraditum*, *Palaeocardita mansuyi*, *P.langnongensis*, *Unionites cf. damdunensis*, *Pichleria inaequalis*, *Elegantinia cf. inflata*, *Bakevella praecursor* 等。地层厚度 721.5~705.5 m。

3 磁性地层

3.1 野外采样与实验方法

样品采集全部在实测剖面上,这就确保了采样层序的连续性、完整性和可靠性。野外样品采集使用国产 GSD-1 型手提式轻便取样钻机,钻取的岩心直径为 24~25 mm(由于岩性固结程度的差异而稍有变化),长度一般为 30~60 mm,用配套的磁罗盘定向器定向取心。在全部采样剖面上,凡是出露好的且又适于采样的地层段,不论岩石类型都进行了系统采样。采样间距一般控制在 0.5~3 m 不等。在重要地层界线上、下部位进行加密采样,样品间距为 0.1~0.2 m。

首先将野外采集的全部定向岩心标本切制成直径为 25 mm、高 20~25 mm 的测试样品,并用清水冲洗干净岩心样品表面泥土,根据测试仪器要求,按照每块岩心样品侧面野外采样时划定的定向标志线移划到样品顶面上,并写上剖面代号及样品编号。

全部样品由成都地质矿产研究所古地磁实验室庄忠海研究员、潘忠习高级工程师测试完成。该实验室拥有整套从美国 SCHONSTEDT 仪器公司引进的古地磁测试仪。主要测试仪有 DSM-2 型数字旋转磁力仪和 SSM-2A 型磁通门旋转磁力仪,后者对测试弱磁性样品的效果更佳,其测试灵敏度均为 10^{-5} A/m,这是目前世界上除低温超导磁力仪外最先进也是使用最方便的测试仪。热退磁仪为 TSD-1 型,交变退磁仪为 GSD-5 型三轴旋转翻滚式。

根据有关古地磁数据可靠性和以往的测试工作经验^[9],对大部分样品都采用热磁清洗(热退磁)处理方法,少部分样品进行交变退磁法测试。由于采样数量多,所需测试时间较长,因而采用了选取总样品数 10%左右作为先导性样品,进行系统退磁测试。先导性样品的选择是根据不同剖面、不同地层单元和不同岩性中选出的代表性样品,然后,根据先导性样品的测试结果,按其剩余磁化强度衰减和能被揭示出来的特征剩余磁化方向的特性,分别对其余样品进行 5~7 步

(温度或交变磁场档次)的部分系统退磁测试。

先导性样品系统退磁测试的温度档次为每隔 50℃递增,即从 0, 50, 100, 150, 200, 250℃……直到 700℃,而系统交变退磁的交流场值为每隔 5 mT 递增,即从 0, 5, 10, 15, 20, 25 mT……直到 99.9 mT。部分系统热退磁的温度范围分别为 50~350℃, 100~300℃, 100~350℃, 100~400℃, 150~400℃, 200~400℃, 200~450℃, 200~500℃, 250~500℃, 250~550℃。部分系统交变退磁测试的交流场值范围分别有 10~50 mT, 10~60 mT, 15~55 mT, 15~65 mT, 20~60 mT, 20~70 mT, 20~80 mT。

对全部样品的测试原始数据都进行了岩心定向产状和地层层面产状两次修正,并采用 Kirschvink 线性矢量分析(即最小二乘法主矢量分析)和 Fisher 矢量分布统计分析,获取每个岩心样品的特征剩余磁化方向,同时又作出每个样品在不同温度档或不同交流场值剩磁方向变化的 Zijdeveld 正交矢量投影图和乌尔夫网或斯密特网的立体投影图,以及剩余磁化强度衰减曲线图。

3.2 磁化特征

3.2.1 样品的剩余磁化强度

岩石的天然剩余磁化强度和特征剩余磁化强度主要取决于岩石类型及其所含磁性载体的成分和含量。从下三叠统到上三叠统样品的最大天然剩磁强度平均达 7.5×10^{-1} A/m,最小的平均达 4.4×10^{-2} A/m。由此看出所有样品的天然剩余磁化强度均在 DSM-2 型数字旋转磁力仪测试的灵敏度范围之内(10^{-5} A/m)。当然,也由于少数样品的天然剩磁强度已接近仪器的测试灵敏度,测试数据较分散,因此在统计时未能利用。剖面上不同岩石类型的天然剩余磁化强度和特征剩余磁化强度见表 2。

通过对每块样品测试数据的矢量分析,大部分样品含有二种磁化组分,即 50~100℃和 100~250℃以前的次生磁化组分和 150~400℃与 250~500℃区间稳定的特征剩余磁化组分,在退磁测试到 550~600℃时,样品剩余磁化强度已衰减 90%~100%。少量样品为单一的磁化组分。全部样品基本上没有进行 600℃以上的热退磁测试,由此判断,岩样中的磁性载体基本上均为磁铁矿。

一般来说,对沉积岩样品进行热磁清洗效果最佳。通过本次对少量不适宜用热退磁测试的破碎样品(样品是完整的)进行了交变退磁测试,发现结果也很满意,例如样品 MJ72

表 2 剖面上不同岩石类型的天然剩磁和特征剩磁强度统计

Table 2 Statistics of natural remanent magnetization (NRM) and characteristic remanent magnetization (CRM) of different rock types at the section

时代	岩石类型	天然剩余磁化强度 (A / m)	特征剩余磁化强度 (A / m)
T ₃	粉砂岩、细砂岩	$5.5 \times 10^{-2} \sim 6.3 \times 10^{-1}$	$4.9 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-1}$
T ₂	页岩、粉砂岩	$5.9 \times 10^{-2} \sim 9.4 \times 10^{-1}$	$4.1 \times 10^{-2} \sim 3.9 \times 10^{-1}$
T ₁	灰岩	$1.9 \times 10^{-2} \sim 6.8 \times 10^{-1}$	$3.9 \times 10^{-2} \sim 4.6 \times 10^{-1}$

(砂质灰岩), MJ542(鲕粒灰岩), 与热退磁样品 MJ126(钙质砂岩)和 MJ133(砂质灰岩)对比, 在交变场 10~20 mT 以前同样能退掉次生磁化组分, 而在 20~70 mT 区间获得稳定的特征剩磁方向。经 70~90 mT 退磁后, 样品的剩磁强度已衰减 90%以上。

在本次系统测试中, 发现有一定量的样品往往在中、高温 350~500℃时, 剩磁方向和强度就发生了明显的变化, 原因是由于与岩样中的磁性载体在加热过程中发生的热化学反应有关, 使原先的磁性矿物产生了转换, 即矿相变化。根据实验, 在加热至 200~400℃, 针铁矿可转变成赤铁矿, 350~450℃时, 磁赤铁矿可转变成赤铁矿, 而在 350~500℃时, 黄铁矿可转变成磁铁矿。因此, 当岩样中含有这些多种磁性载体时, 热化学反应的效应就变得更加明显, 从而导致特征剩磁方向的改变。利用交变退磁方法测试也许可避免这种热化学反应。

3.2.2 天然剩余磁化方向和特征剩余磁化方向

通常对某一地层单元采集一定数量的样品在未经退磁处理前首先测试的天然剩余磁化方向是很分散的, 但是经过一定步骤的退磁测试, 并进行倾斜(层面)改正后的剩余磁化方向应集中在一定方向范围内, 否则由于这种方向的分散而使样品的测试数据无法利用。图 2 为本区三叠纪地层单位所有测试样品的天然剩余磁化方向(地理座标)和对应的特征剩磁化方向在斯密特网立体投影下的分布, 特征剩磁化方向较为集中。

3.2.3 三叠系磁性特征

藏南珠穆朗玛峰地区三叠纪地层以土隆剖面为典型。地层单元有土隆群(包括土隆组、曲登共巴组、康沙热组、亚智组、曲龙共巴组和德日荣组)。地层厚度 1 943 m, 共采集 728 块定向标本, 测试样品 714 块。在这些样品中, 次生剩磁一般在 50~250℃时已经退掉, 而特征剩磁方向有 3 类组合: 一类是在 250~500℃区间集中, 到 600℃时, 剩磁强度已衰减 100%, 如图 3 中样品 MT23(砂质灰岩)和 MT117(灰色灰岩)。第二类是在 300~450℃温度间集中, 如图 4 中样品 MT230(砂质灰岩)和 MT279(砂质灰岩), 在 500℃时剩磁强度已衰减 90%。第三类是在 100~500℃区间稳定集中, 如图 4 中样品 MT381(钙质粉砂岩)和 MT630(灰色细砂岩), 到 600℃时, 剩磁强度已衰减 95%~100%。

3.2.4 三叠系磁性地层特征

珠穆朗玛峰地区三叠纪地层以土隆剖面地层发育最好。本次采集 728 块定向标本, 测试样品 714 块。将有助于建立珠穆朗玛峰地区三叠系古地磁样品数据库和海相三叠系磁性地层极性柱。通过分析测试研究, 在土隆组、曲登共巴组、康沙热组、亚智组中获得了 12 个正向极性和 11 个反向极性带, 这在中生代早期是一个中等频率的正、反向混合极性巨带, 对照国际年表^[7], 包括该正、反向极性带, 将其命名为土隆混合极性巨带, 与 ILLAVARA(依拉瓦拉)混合极性巨带相吻合^[7](图 5)。

曲龙共巴组和德日荣组中仅测出 2 个小的反向极性带, 其余样品均为正向极性, 在国际年表中上三叠统是一个正向极性带, 因此笔者仍将该地层单元命名为土隆正向极性巨带。与 GRAHAM 正极性巨带相当^[7](图 5)。德日荣组顶部约 110 m 厚的砂岩中共 46 块样品全为反向磁化, 为一个反向极性带。

3.2.5 二叠系与三叠系界线处的磁性特征

在土隆剖面三叠系与二叠系界面之下为二叠系色龙群深灰色页岩, 在界面之下采集的岩心标本, 测试结果全部为反向极性。界面之上为三叠系土隆组灰色含生屑白云化灰岩、紫红色泥灰岩, 采集的岩心标本, 测试结果全部为正向极性。因此, 将二者的界线划分在正向极性与反向极性转换的界面之间(图 5), 与野外地层出露情况一致。但在色龙剖面二叠系与三叠系界面上、下均为碳酸盐岩。在界面之下约 2.5 m 厚度内采集了 9 块岩心标本, 之上约 10 m 内采集了 27 块, 测试结果全部为正向极性, 即界面上、下恰好为一个正向极性带。至今为止, 该处二叠系与三叠系之间界线的划分和性质一直存在争议^[9-12, 14-15]。笔者通过对珠穆朗玛峰地区三叠系进行多重地层划分与对比研究表明, 该处二叠系与三叠系之间缺失部分上二叠统曲布日嘎组(T_{2-3q})深灰色页岩地层。与陈永明^[8]、沈树忠等^[9]对碗足类动物群和喻洪津等^[20]、王志浩等^[21]对牙形刺的研究结果一致。因此, 该处三叠系与二叠系之间为平行不整合接触关系。由此可见, 磁性地层在岩石地层界线的划分及其性质确定方面有着独特的重要作用。通过对珠穆朗玛峰地区三叠系进行包括磁性地层在内的多重地层划分与对比研究表明, 该区三叠系与二叠系之间为平行不整合接触关系。

3.2.6 磁性地层及其在岩石地层单位划分中的作用

前人关于珠穆朗玛峰北坡地区海相三叠系地层的划分不统一, 各有不同^[10-15]; 其中, 近年以西藏岩石地层^[2]为代表, 认为该区岩石地层划分较难, 特别是下三叠统至上三叠统曲龙共巴组下部地层界线难以识别和划分, 故将本区三叠系地层划分土隆群(T_{1-3T})、曲龙共巴组(T_{2q})和德日荣组(T_{2d}) (图 5)。该划分方案中群、组之间的界线不太清楚, 给区域地质调查填图带来困难。笔者根据野外对土隆三叠系地层实测剖面的研究, 结合古地磁特征并与 B.U.HAQ 等的国际地层年表对比^[7], 选择土隆剖面作为三叠系标准地层剖面进行 T_2/T_1 及 T_3/T_2 界线的对比和划分, 重新厘定了本区三叠系地层上、中、下统的界线。从下到上将本区三叠纪地层划分为下三叠统印度阶—奥伦阶的土隆组, 中三叠统安尼阶—拉丁阶的曲登共巴组, 上三叠统卡尼阶的康沙热组、诺利阶亚智组和曲龙共巴组和瑞替阶德日荣组(图 5)。

关于中三叠统与下三叠统(T_2/T_1)之间的界线, 前人^[10-12]主张将剖面第 19 层红色灰岩层置于下三叠统顶部, 而有的主张^[13]置于中三叠统底部。通过磁性地层研究并结合前人研究成果, 经本次磁性地层研究结果与国际年表^[9]对比, 笔者认为将剖面第 19 层红色含菊石生物灰岩作为中三叠统最底部

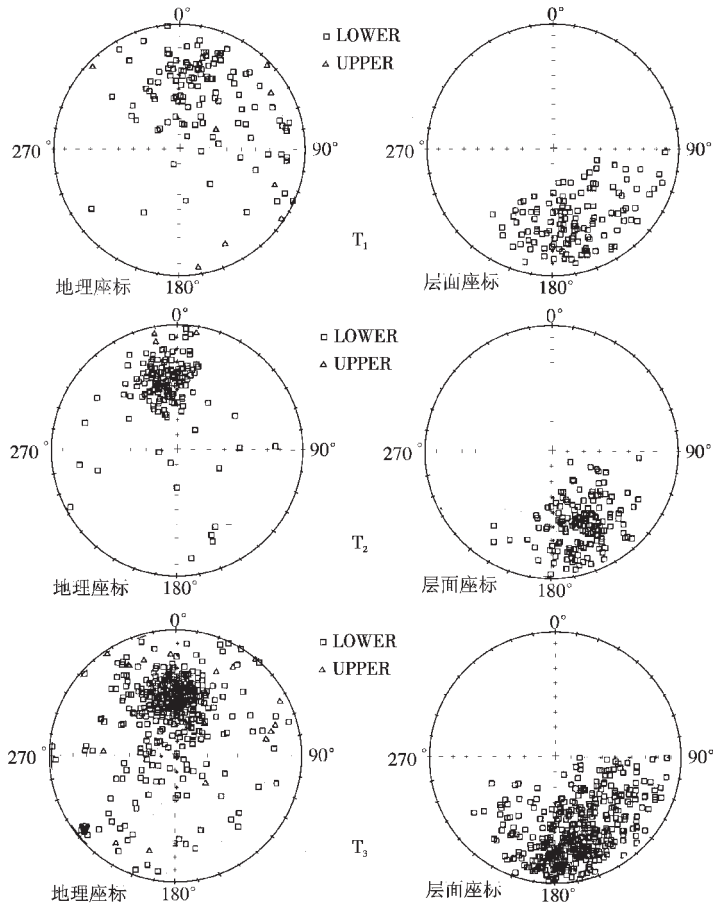


图 2 珠穆朗玛峰地区三叠纪天然剩磁方向和特征剩磁方向对比

Fig.2 Diagram for comparison of the directions of natural remanent magnetization (NRM) and characteristic remanent magnetization (CRM) of Triassic sedimentary rocks in the Qomolangma area

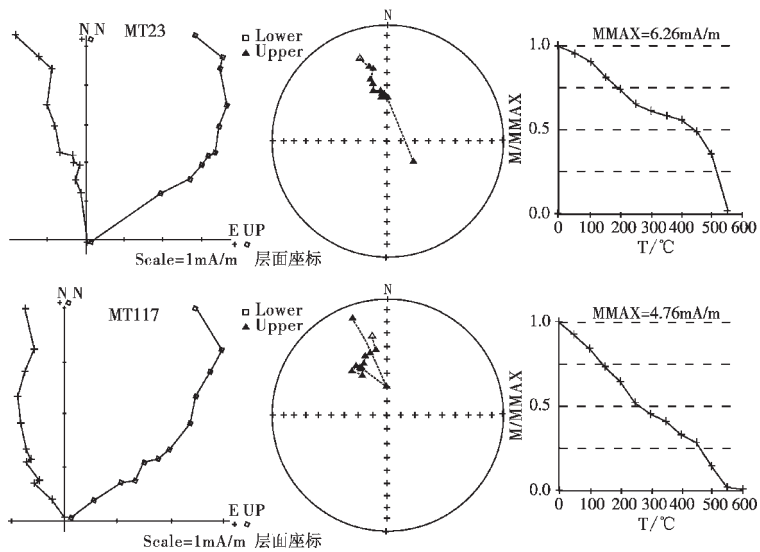


图 3 T23, MT117 样品退磁曲线

Fig.3 Demagnetization curves of samples T23 and MT117

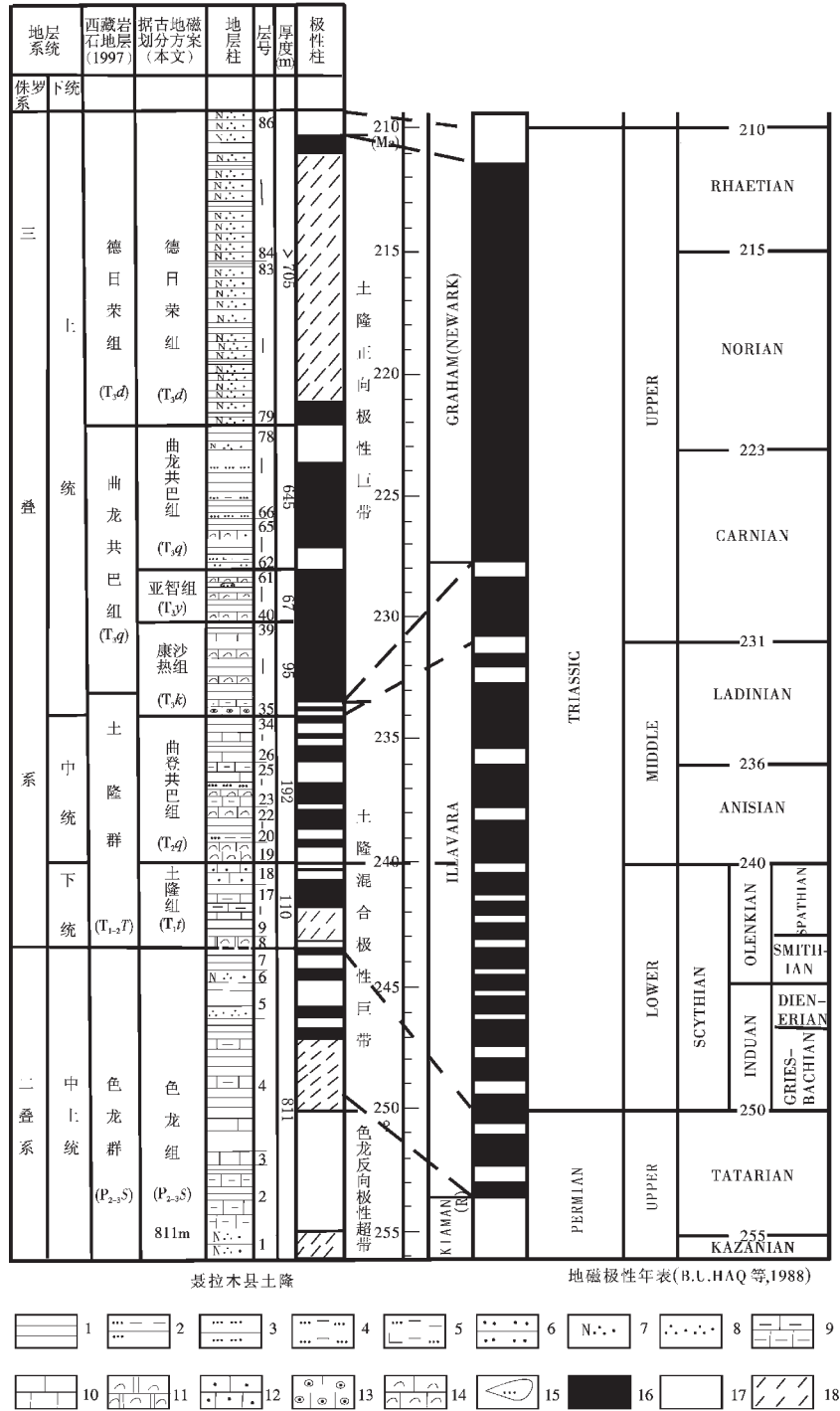


图 5 珠穆朗玛峰地区二叠—三叠系磁性地层与地磁极性年表对比图

- 1—页岩;2—粉砂质页岩;3—粉砂岩;4—泥质粉砂岩;5—钙质泥质粉砂岩;6—细砂岩;7—长石石英砂岩;8—石英砂岩;
- 9—泥晶灰岩;10—灰岩;11—含生物屑白云质灰岩;12—砂质灰岩;13—核形石灰岩;14—含生物灰岩与生物屑灰岩;
- 15—粉砂岩透镜体;16—正向极性;17—反向极性;18—未采样

Fig.5 Correlation of the magnetostratigraphic and magnetic polarity time scales for the Permian-Triassic in the Qomolangma area

1—Shale;2—Silty shale;3—Siltstone;4—Pelitic siltstone; 5—Calcareous-pelitic siltstone; 6—Fine sandstone; 7—Feldspathic quartzite; 8—Quartzose sandstone; 9—Micrite; 10—Limestone; 11—Biodolomitic limestone; 12—Sandy limestone; 13—Oncolite limestone; 14—Organic limestone and bioclastic limestone; 15— siltstone lens; 16—Normal polarity; 17—Reversed polarity; 18—No sample

地层较好(图5)。即 T_2/T_1 界线应以第18层灰色砂质灰岩与第19层红色含菊石生物灰岩的分层界线为划分界线(图5)。原因是,第18层灰色砂质灰岩的8个样品为反向极性,而第19层红色含菊石生物灰岩的34个样品全为正向极性,此界线刚好位于土隆群中第5个反向极性带与其上的正向极性带界面上(图5)。因此,将二者的界线划分在正向极性与反向极性转换的界面之间(图5)是合理的。此界线位于地层厚度270 m处,而且第19层中大部分为红色菊石灰岩,野外宏观上与上覆第18层灰色砂质灰岩区别明显,比较容易识别。

关于上三叠统与中三叠统(T_3/T_2)之间的界线,根据土隆剖面磁性地层研究结果与国际地磁极性年表对比,笔者提出中、上三叠统界线划在第34层灰色页岩与第35层灰色中层状核形石灰岩的分层界线为宜(图5)。这是因为第34层灰色页岩最上部2个样品(地层厚度约9 m)及整个第35层灰色中层状核形石灰岩中的5个样品(地层厚度约8 m)均为反极性,即该界线位于这个小的反向极性带内,而该反向极性带恰好是土隆混合极性巨带和 ILLAVARA 混合极性巨带内倒数第二个小的反向极性带(图5)。因此,根据磁性地层对比结果,容易划分出中、上三叠统界线位置。

上述 P_3/T_1 、 T_2/T_1 及 T_3/T_2 界线确定后,应用土隆剖面磁性地层研究结果,并与国际地磁极性年表对比,本区三叠系岩石地层单位的划分依据就比较充分了。下三叠统土隆组底界为三叠系灰色含生物碎屑白云质灰岩与二叠系深灰色页岩之间的界线,二者之间正好是正向极性与反向极性转换的界面之间(图5);顶界面是 T_2/T_1 界线,即以第18层灰色砂质灰岩与第19层红色含菊石生物灰岩的分层界线为划分界线(图5)。二者之间也是正向极性与反向极性转换的界面之间(图5)。与国际地磁极性年表对比,土隆组的时代为印度阶—奥伦阶,与生物地层的研究结果一致。

中三叠统安尼阶—拉丁阶的曲登共巴组底界为 T_2/T_1 界线,顶界为 T_3/T_2 之间的界线;顶底界线既是岩性分界线,又是正向与反向极性带转换界面(图5)。

上三叠统卡尼阶康沙热组底界为 T_3/T_2 之间的界线,是正向与反向极性带转换界面;顶界是第38层深灰色页岩与上覆第39层灰色中层状含生物灰岩之间的分界线。顶界面位于一个正向极性带内(图5)。其原因可能是受岩石和露头影响,采样密度不够,因此,磁极性柱连续性较差。

上三叠统诺利阶亚智组底界为康沙热组的顶界;其顶界是第60层深灰色页岩与上覆第62层灰色中层状含生物灰岩之间的分界线。顶界面正好是土隆混合极性巨带第一个正向极性带与反向极性带的转换界面(图5)。

上三叠统诺利阶曲龙共巴组底界为亚智组的顶界;其顶界是第78层深灰色页岩与上覆即以第79层灰色中厚层状长石英砂岩之间的分界线(图5)。顶界面正好是上三叠统与中三叠统(T_3/T_2)之间的界线,是土隆正向极性巨带第2个正向极性带与第二个反向极性带的界面之间(图5)。

上三叠统瑞替阶德日荣组底界为曲龙共巴组的顶界;

其顶界是下侏罗统与上三叠统德日荣组之间的分界线。

4 结果与讨论

(1) 珠穆朗玛峰地区三叠纪磁性地层的划分,为该区三叠系多重地层划分与对比研究,建立该区三叠系古地磁样品数据库和三叠系磁性地层极性柱,为进一步深入研究冈瓦纳大陆的演化、古特提斯洋的形成、消亡历史和青藏高原隆升机制提供了数据和科学依据。

(2) 野外磁性地层样品采集是在实测剖面之后进行的。采样间距一般控制在0.5~3 m。在重要地层界线上、下部位进行加密采样,样品间距为0.1~0.2 m。

(3) 珠穆朗玛峰地区三叠纪岩石的天然剩余磁化强度属中偏弱。样品的天然剩磁强度为 1.9×10^{-2} A/m~ 9.4×10^{-1} A/m,特征剩磁强度为 3.9×10^{-2} A/m~ 5.0×10^{-1} A/m。大多数样品在退磁测试到550~600℃时,样品剩余磁化强度已衰减了90%~100%,表明岩样中的磁性载体基本上为磁铁矿。

(4) 通过磁性地层的分析测试研究,在土隆群中获得了12个正向极性和11个反向极性带,这在中生代早期是一个中等频率的正、反向混合极性巨带,与 ILLAVARA(依拉瓦拉)混合极性巨带相吻合。将其命名为土隆混合极性巨带。在曲龙共巴组和德日荣组中测出2个小的反向极性带,其余样品均为正向极性,与 GRAHAM 正极性巨带相当。将其命名为土隆正向极性巨带。德日荣组顶部约110 m厚的砂岩中共有46块样品,测试结果全为反向磁化,为一个反向极性带。

(5) 通过野外对土隆三叠纪地层剖面的精细实测和研究,应用磁性地层研究成果并与 B.U.HAQ 等^[1]的国际地层年表对比,重新厘定了本区三叠系上、中、下统的界线。从下到上将本区三叠系划分为下三叠统印度阶—奥伦阶的土隆组,中三叠统安尼阶—拉丁阶的曲登共巴组,上三叠统卡尼阶的康沙热组、诺利阶亚智组和曲龙共巴组和瑞替阶德日荣组。提高了三叠纪地层划分对比的精度。体现出古地磁在地层划分对比中的独特作用。

致谢:参加野外工作的还有江新胜研究员、周铭魁研究员、贾保江研究员、肖加飞高级工程师、李建忠高级工程师、何熙奇高级工程师、王安华高级工程师、白平高级工程师等;审稿人为本文提出了宝贵的修改意见。在此一并表示衷心的感谢。

参考文献(References):

- [1] 西藏地质矿产局.西藏自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.1~159.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang (Tibet) Autonomous Region. Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.1~159(in Chinese with English abstract).
- [2] 西藏地质矿产局.西藏自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.1~63.

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Stratigraphy (Lithostratic) of Xizang Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 1~63 (in Chinese with English abstract).
- [3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 珠穆朗玛峰科学考察报告 [M]. 北京: 科学出版社, 1979. 1~59.
- Xizang Scientific Expedition Team of Chinese Academy of Sciences. A Report of Scientific Expedition in the Mt. Jolmolangma region (Geology) [M]. Beijing: Science Press, 1979. 1~59 (in Chinese).
- [4] 尹安. 喜马拉雅-青藏高原造山带地质演化-显生宙大陆生长 [J]. 地球学报, 2000, 22(3): 193~230.
- Yin An. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen in the context of phanerozoic continental growth of Asia [J]. Acta Geoscientia sinica, 2000, 22 (3): 193~230 (in Chinese with English abstract).
- [5] 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元划分 [J]. 地质通报, 2002, 21(11): 701~707.
- Pan Guitang, Li Xingzhen, Wang Liquan, et al. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet plateau and its adjacent regions [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21 (11): 701~707 (in Chinese with English abstract).
- [6] 尹集祥. 青藏高原及邻区冈瓦纳相地层地质学 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 10~109.
- Yin Jixiang. Stratigraphic Geology of Gongwana Facies of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau and Adjacent Areas [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 10~109 (in Chinese).
- [7] Burchfiel B C, Royden I H. North-south extension within the convergent Himalayan region [J]. Geology, 1985, 13, 679~682.
- [8] Hodges K V. Tectonics of the Himalaya and southern Tibet from two perspectives [J]. GSA Bulletin, 2000, 112(3): 324~350.
- [9] 朱同兴, 周明魁, 邹光富, 等. 聂拉木县幅地质调查新成果及主要进展 [J]. 地质通报, 2004, 23(5~6): 433~437.
- Zhu Tongxing, Zhou Mingkui, Zou Guangfu, et al. New results and main progress in geological survey of the Nyalam county sheet [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(5~6): 433~437 (in Chinese with English abstract).
- [10] 余光明, 王成善, 张哨楠. 西藏特提斯沉积地质, 地质专报 (三) [M]. 北京: 地质出版社, 1990. 1~105.
- Yu Guangming, Wang Chengshan, Zhang Shaonan. Sedimentary Geology of the Xizang (Tibet) Tethys, Geological memoir series 3. [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 1~105 (in Chinese with English abstract).
- [11] 饶荣标, 徐济凡, 陈永明, 等. 青藏高原的三叠系 [M]. 北京: 地质出版社, 1987. 5~21.
- Rao Rongbiao, Xu Jifan, Chen Yongming, Zou Dingbang. The Triassic System of the Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 5~21 (in Chinese with English abstract).
- [12] 饶荣标, 张正贵. 珠穆朗玛峰地区二叠-三叠系过渡层动物群兼论二叠-三叠系界线 [J]. 西藏地质, 1985, 1(1): 19~31.
- Rao Rongbiao, Zhang zhenggui. A discovery of Permo-Triassic transitional fauna in the Qomolangma feng area: its implications for the Permo-Triassic boundary [J]. Xizang (Tibet) Geology, 1985, 1(1): 19~31 (in Chinese with English abstract).
- [13] 刘训, 傅德荣, 姚培毅. 西藏南部三叠系构造-沉积演化 [J]. 中国地质科学院院报, 1990, 21: 9~20.
- Liu Xun, Fu Derong, Yao Peiyi. Tectono-Sedimentary evolution of the southern Xizang (Tibet) area in Triassic [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1990, 21: 9~20 (in Chinese with English abstract).
- [14] 刘世坤, 徐开峰. 北喜马拉雅地区三叠纪地层划分 [J]. 地层学杂志, 1990, 22(2): 122~126.
- Liu Shikun, Xu Kaifeng. Division of the Triassic strata in northern Himalaya area [J]. Journal of Stratigraphy, 1990, 22 (2): 122~126 (in Chinese with English abstract).
- [15] 林宝玉, 王乃文, 王思恩, 等. 喜马拉雅岩石圈构造演化-西藏地层 [M]. 北京: 地质出版社, 1989. 140~172.
- Lin Baoyu, Wang Naiwen, Wang Sien, et al. Tectonic Evolution of the Lithosphere of the Himalayas-Xizang (Tibet) Stratigraphy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989. 140~172 (in Chinese with English abstract).
- [16] 庄忠海. 磁性地层学, 古地磁学原理及其应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1991. 1~38.
- Zhuang Zhonghai. The Principle of Magnetostratigraphic and Paleomagnetic and Its Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991. 1~38 (in Chinese).
- [17] Haq B V, Hardenbol J & Vail P R. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cycles [A]. In: Wilgus C. et al. (eds.). Sea-level Changes, an Integrated Approach [C]. SEPM Spec. Publication, 1988, 42: 71~108.
- [18] 陈永明. 西藏土隆三叠纪腕足动物群研究的新进展 [A]. 见: 青藏高原地质文集 [C]. 北京: 地质出版社, 1983. 145~156.
- Chen Yongming. New advance in the study of Triassic brachiopods in Tulong district of Nyalam county, Xizang (Tibet) [A]. In: Contribution to the geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 145~156 (in Chinese with English abstract).
- [19] 沈树忠, 曹长群, 王向东, 等. 中国西藏南部喜马拉雅相的乐平统 [J]. 地质学报, 2002, 76(4): 454~461.
- Shen Shuzhong, Cao Changqun, Wang Xiangdong, et al. The Himalayan Lopingian (Late Permian) in Southern Tibet, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76 (4): 454~461 (in Chinese with English abstract).
- [20] 喻洪津, 戴进业. 藏南晚二叠世和早三叠世的牙形刺动物群及其地层意义 [A]. 见: 青藏高原地质文集 [C]. 北京: 地质出版社, 1985. 139~156.
- Yu Hongjin, Dai Jinye. Late Permian and Early Triassic conodont faunas and their significance in stratigraphy in south Xizang (Tibet). China [A]. In: Contributions to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1985. 139~156 (in Chinese with English abstract).

[21] 王志浩, 王义刚. 中国西藏聂拉木色龙西山二叠-下三叠统牙形刺[J]. 微体古生物学报, 1995,12(4):333~348.
Wang Zhihao, Wang Yigang. Permian-Lower Triassic conodonts

from Tulong Xishan of Naylam, Tibet, China [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1995,12(4):333~348(in Chinese with English abstract).

Triassic magnetostratigraphy of the north slope of Mount Qomolangma, Tibet

ZOU Guang-Fu^{1,2}, ZHUANG Zhong-hai², PAN Zhong-xi³,
ZHU Tong-xing², FENG Xin-tao²

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: A total of 728 oriented paleomagnetic samples have been collected from Triassic sedimentary strata in the Tulong area on the north slope of Mount Qomolangma (Everest) in southern Tibet. All the sampling was carried out with a portable GDS-1 Type air-powered core drill after measuring the section. The cores were oriented with a magnetic compass and an inclinometer. Samples were commonly taken at 0.5~3 m intervals, and the intervals reached 0.1~0.2 m near some important geological boundaries. The cores taken were 24~25 mm in diameter and 30~60 mm in length. The results of analysis show that the natural remanent magnetization of the sedimentary rocks in the study area is medium, generally reaching $1.9 \times 10^{-2} \sim 9.4 \times 10^{-1}$ A/m and their characteristic remanent magnetization reaches $3.9 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-1}$ A/m. Thermal demagnetization study indicates that when samples are thermally demagnetized at 550~600°C the remanent magnetization of most samples is reduced by 90~100%, which shows that the carrier of this magnet in the rock is mainly magnetite. Magnetostratigraphic study indicates that there are 12 normal polarity zones and 11 reversed polarity zones in the Tulong Group, which form an Early Mesozoic mixed normal and reversed magnetic polarity superzone with an intermediate frequency, called the Tulong mixed polarity superzone polarity superzone. It coincides with the Illavara mixed polarity superzone. Only two small reversed polarity zones were found in the Kyunglung Goinba and Derirong formations, while the other samples all show normal polarity zones. In this paper this stratigraphic unit is named the Tulong normal polarity superzone, which is equivalent to the GRAHAM normal polarity superzone. The upper part of the Derirong Formation is a reversed polarity zone. Based on these studies, the boundaries of the Lower, Middle and Upper Triassic are determined. The intensive study of the Triassic magnetostratigraphy on the north slope of the Mount Qomolangma area has provided a scientific basis for the multiple stratigraphic division and correlation of the Triassic and establishment of a Triassic paleomagnetic database and Triassic magnetostratigraphic polarity column in the Mount Qomolangma area, as well as the in-depth study of the evolution of the supercontinent Gondwana, Formation and disappearance of the Paleo-Tethys and uplift mechanism of the Qinghai-Tibet Plateau.

Key words: magnetostratigraphy; Triassic; Qomolangma area; Tibet

About the first author: ZOU Guang-fu, male, born in 1963, PhD and senior researcher, engages in regional geological survey, mineral exploration and stratigraphic paleontological study on the Qinghai-Tibet plateau; E-mail: zgf686@sina.com.