

西藏阿里札达盆地上新世—早更新世 河湖相地层年代学研究

朱大岗¹ 孟宪刚¹ 邵兆刚¹ 杨朝斌² 王 津¹ 韩建恩¹
余 佳¹ 孟庆伟¹ 吕荣平¹

(1.中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081;2.西藏自治区国土资源厅,西藏拉萨 850000)

摘要:通过对西藏阿里札达盆地河湖相地层实测剖面中的古地磁、ESR样品的测试分析,确定了札达盆地新近纪上新世—第四纪早更新世沉积地层的时间序列。测试结果表明:从剖面自下而上所做的古地磁测年数据为5.41~1.60 Ma;而ESR测年数据为5.4~1.36 Ma,两者大体吻合。根据古地磁、ESR测年结果,可将该套河湖相地层的时序划分为:上新世托林组(N_{2t})的形成时间为5.41~4.20 Ma、上新世古格组(N_{2g})为4.20~2.57 Ma、早更新世香孜组(Qp^{1-x})为2.57~1.36 Ma。为青藏高原新近纪上新世—第四纪早更新世地层时间序列标尺的建立,以及上新世、早更新世河湖相地层的划分与对比提供了重要依据。

关键词:西藏札达;上新世—早更新世;地层划分;磁性地层;年代地层

中图分类号: P534.62-64; P597+3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)06-0983-10

1 引言

札达盆地地处西藏西部的阿里地区、象泉河流域(在北纬31°40',东经79°45'一带),介于喜马拉雅山及其北面支脉阿伊拉日居山之间,为一晚新生代沉积盆地(图1)。盆地呈NW—SE向展布,长约260 km,宽约60 km,海拔4000~4500 m,盆地的基底为三叠纪、侏罗纪、白垩纪灰岩、砂岩,以及零星分布的古生界浅变质岩,其上不整合堆积了厚达近千米的新近纪上新世—第四纪早更新世河湖相沉积地层。

前人对青藏高原阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相地层的研究,始于20世纪70年代,先后有中国科学院青藏高原综合考查队、地质部高原地调队、西藏地矿局、中国地质大学等单位的专家和学者^[1-9],在该区开展了调查研究,他们发现札达盆地是青藏高原上新世地层分布最广和出露最好的地区之一。在这套地层中含有丰富的哺乳动物化石,如三趾马、小古长颈鹿,以及腹足类、介形类化石和大量孢子花粉等,并进行了古地磁采样测试,建立了托林组(当时称札达组)、香孜组及象泉河阶地堆积物的极性柱和极性年表。但是,有关札达盆地

河湖相沉积地层同位素年代学的系统研究尚未开展;哺乳动物化石虽发现了一些骨片,但可鉴定到属种的很少;三趾马头骨化石是收集来的,且层位也不能完全确定;虽作过古地磁测试,但采样间距过大,个别地段上、下两个样品的距离甚至达10 m以上,不能完全控制古地磁极性柱的磁极变化^[4,7]。因此,至今对这套地层尚未获得较为可靠的地质年代。笔者根据在西藏阿里札达盆地的野外地质调查、实测地层剖面、化石与样品采集,以及室内的编图、测试资料的综合分析等,在取得了地质构造演化^[9-10]、不整合面的发现^[11]、古生物鉴定^[12-13]、河湖相地层重新厘定与划分^[14]、活动构造^[15]、冰川进退与冰期划分^[16]、层序地层划分^[17]、环境演化与气候变化^[18-20]等进展的基础上,笔者报道了用古地磁、ESR测年方法,对札达盆地上新世—早更新世河湖相地层的年代学研究结果。

2 札达盆地河湖相沉积地层简述

2.1 札达盆地上新世—早更新世地层划分沿革

20世纪80年代以来,对这套以湖相为主的地层曾提出过多种划分方案(表1)。其中,张青松^[2]、钱方^[4,7]和前地质部高原

收稿日期:2007-03-19;改回日期:2007-07-09

基金项目:国家自然科学基金项目(40572134)和中国地质调查局地质大调查项目(1212010511902、1212010611703、1212010610108、1212010711705)共同资助。

作者简介:朱大岗,男,1951年生,研究员,博士生导师,从事区域地质、沉积相与古环境研究;E-mail:dagangzhu@sohu.com。

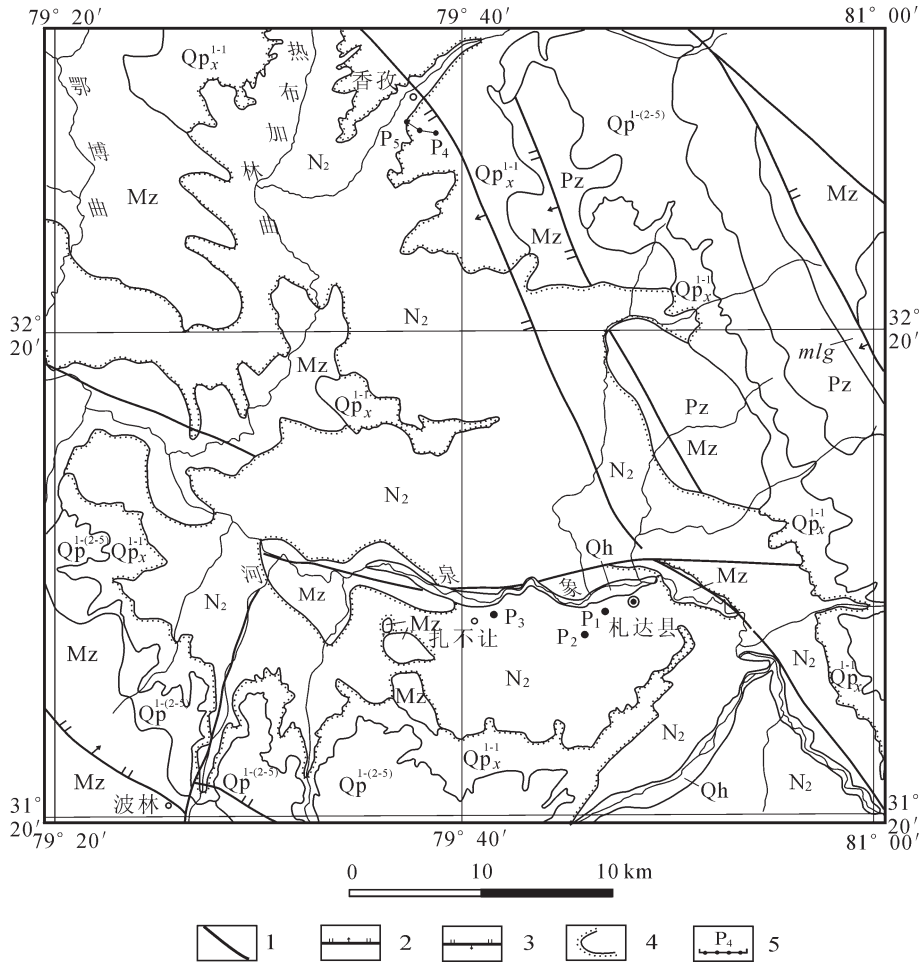


图1 札达盆地区域地质构造简图

Qh—全新统; Qp¹⁻¹—下更新统香孜组; Q¹⁻⁽²⁻⁵⁾_p—更新统冰水冰碛堆积; N₂—上新统; Mz—中生界; Pz—古生界; mlg—构造混杂岩类; 1—断层; 2—正断层; 3—逆断层; 4—不整合界线; 5—剖面位置及编号

Fig.1 Geological sketch map of the Zanda basin

Qh—Holocene; Qp¹⁻¹—Lower Pleistocene Qangzê Formation; Q¹⁻⁽²⁻⁵⁾_p—Pleistocene glaciofluvial moraine deposits; N₂—Pliocene; Mz—Mesozoic; Pz—Paleozoic; mlg—tectonic mélange; 1—Fault; 2—Normal fault; 3—Reversed fault; 4—Unconformity; 5—Section location and number

表1 西藏阿里札达盆地地层划分沿革

Table 1 Historic review of the stratigraphic division in the Zanda basin, Ngari area, Tibet

| 划分时代 | | 张青松等 ^[2] 1981 | 钱方 ^[4] 1990 | 郭铁鹰等 ^[5] 1991 | (1:100万) 噶大克幅 1986 | (1:100万) 日土幅 1986 | 赵政章等 ^[8] 2001 | 朱大岗等 ^[14] 2005 |
|------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| 新近系 | 下更新统 Qp ¹ | | 香孜组 Q _{1x} | 香孜组 | | | 香孜组 | 香孜组 Qp ^{1-1x} |
| | 上新统 N ₂ | 札达组 N _{2z} | 托林组 N _{2t} | 托林组 | 札达组 N _{2z} | 札达群 N ₂ Q _{1z} | 札达群 托林组 | 古格组 N _{2g} 托林组 N _{2t} |
| | 中新统 N ₁ | | | | | | | |

地调队曾实测过地层剖面。但是,实测剖面工作中存在有一定的不足之处,对群、组内的岩相和岩性变化、沉积韵律,尤其是各组间的接触关系所做工作甚少。鉴于此,笔者在野外工作期间再次开展了地层剖面(P₁~P₅)实测工作,并初步将这组原顶、底及接触关系不明的地层重新划分为3个部分:从下到上依次为:下上新统托林组(N_{2t}),厚>130 m,未见底;上上新统古格组(N_{3g}),厚526.5 m;下更新统香孜组(Qp^{1-x}),厚250.2 m(表1)。该套河湖相地层的总厚度>906.7 m。

2.2 札达盆地上新世—早更新世地层厘定与划分

笔者的划分与前人不同之处在于,第一,将上新统一分为二,分别命名为托林组(N_{2t})和古格组(N_{3g})^[14],主要依据是在原称托林组地层中发育一平行不整合面,明显将地层分成上、下两部分^[14];第二,首次在上新统与下更新统地层之间发现了角度不整合^[14](表1)。从而明确了上新统的顶界,并改变了过去一直认为上新统没有发生褶皱变形的看法。

综上所述,前人虽对札达盆地沉积地层进行过研究,但有关该套地层的年代学研究比较薄弱,只有钱方^[14-17]根据磁性柱对比,将札达群(N₂Q₁)年代定为距今6.15~1.25 Ma,第四纪下限定为3.4 Ma。其下部托林组(N_{2t})的时代为6.15~3.40 Ma,上部香孜组(Q_{1x})的时代为3.40~1.25 Ma。

3 札达盆地河湖相地层古地磁年代测定

笔者在札达盆地中实测的剖面为P₁~P₅,其中托林组地层剖面为P₁和P₃、古格组为P₂、香孜组为P₄和P₅,P₁~P₃位于札达县城—扎不让之间,P₄、P₅位于香孜乡南东,具体采样位置见图1。除在新测剖面上加密采取古地磁样,以提高精度外,又采用了ESR(电子自旋共振)方法,开展了进一步测年对比研究,取得了一批新数据和新资料。

3.1 古磁性样品采集和测试

古地磁样品分别采于札达盆地的香孜组、古格组和托林组中。剖面中共布置古地磁样点173个,最后加工成标准的265块古地磁样品,分二批进行测试^①。全部样品系统剩磁测试,在中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室美制立式LG—755R超导磁力仪上进行,样品系统热退磁处理利用美制TD—48热退磁炉完成,样品的退磁间隔大致为120℃、180℃、240℃、300℃、350℃、380℃、420℃、480℃、530℃、560℃、580℃、610℃,其中个别样品达到650℃。样品的退磁处理和测试均在磁屏蔽空间内进行,以避免外围磁场对测试结果的影响。样品的剩磁组分利用国际上通用的EnKin编制的古地磁软件包进行主向量分析。

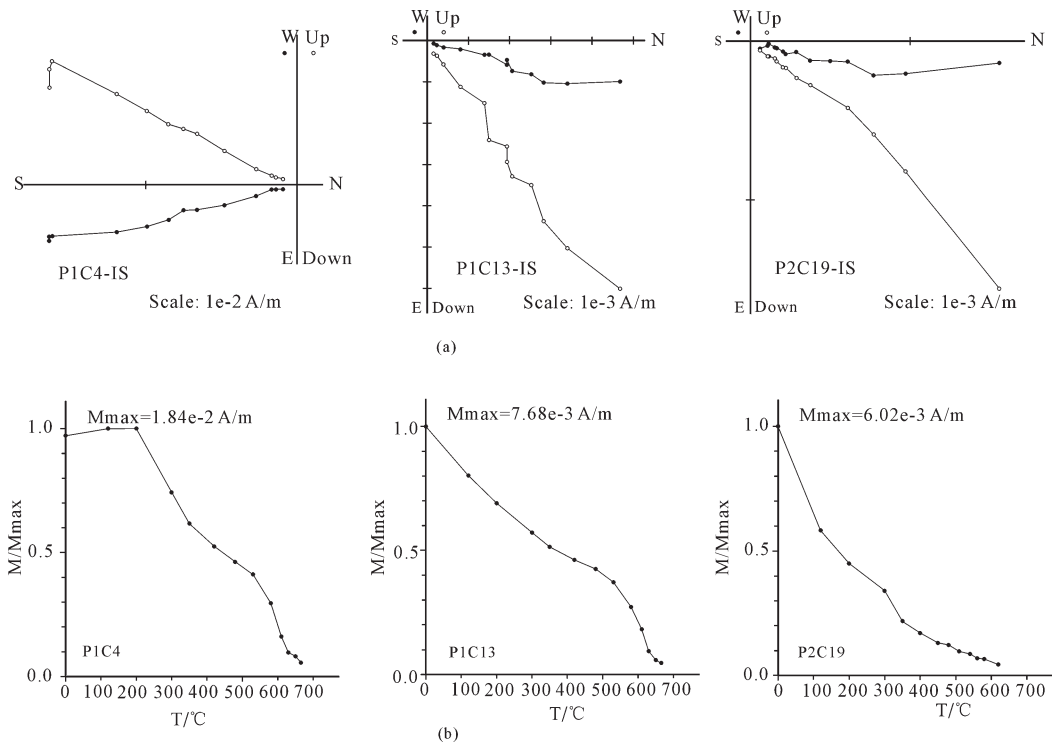


图2 部分样品系统热退磁Z矢量图(a)和天然剩磁强度衰减曲线(b)

Fig.2 Systematic thermal demagnetization Z vectorgraphs of representative samples (a) and curves of intensity attenuation of natural remanent magnetism (b)

① 古地磁数据由中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室赵越工程师测定, 2004。

古地磁测试的数据表明,在265块古地磁样品中,绝大部分均能分离出较可靠的高温剩磁分量,但也有少量(约占样品1/6)样品,剩磁分量(D,I)之间相互不一致。图2为部分样品系统热退磁的天然剩磁强度(NRM)衰减图和Z矢量图(在地理坐标下,实心圆和空心圆分别为水平和垂直投影)。

3.2 古磁性样品测试结果

(1) 香孜组(Qp^{1-x}): 古地磁采样剖面位于札达县香孜乡南冲沟中,由野外上下相接的P₄、P₅剖面实测,厚250.2 m。其中,P₅剖面厚154.9 m,共分12层,先后布置古地磁采样点21个,采古地磁样35块,其中28块能分离出较可靠的高温剩磁分量;P₄剖面厚95.3 m,共分14层,先后布置古地磁采样点16

个,加工古地磁小样31块,其中26块样品能分离出较可靠的高温剩磁分量。根据每块古地磁样品的单位剩磁结果作出剖面的磁极性图(图3),从图3上可见P₄上部为负极性,下部为正极性,P₅则以负极性为主。

(2) 古格组(N_{3g}): P₂剖面位于札达县西多尔东沟一带。剖面线方向大体沿山梁上垂直到山脚,剖面厚526.5 m,在剖面上共布置采样点51个,加工成69块样品,其中60块样品经测试后,分离出较可靠的高温剩磁分量。从每块古地磁样品的单位剩磁结果作出的P₂剖面磁极性图(图3)上可见,本段上部以正极性为主,下部则以负极性为主,其分界线在剖面的35层,大致在从上至下为492 m处。

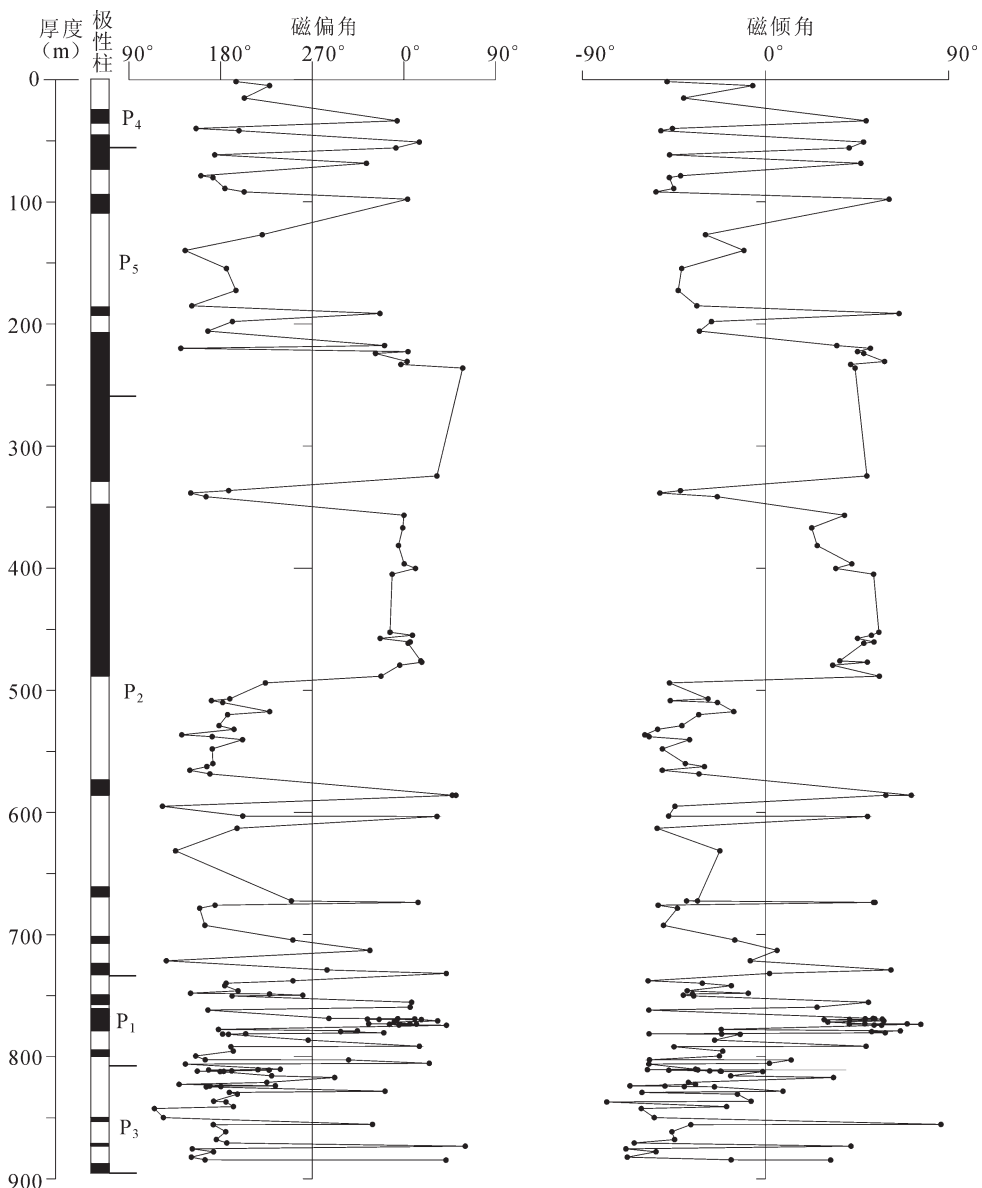


图3 札达盆地河湖相地层剖面古地磁极性柱

Fig.3 Paleomagnetic polarity column of fluvio-lacustrine strata in the Zanda basin

(3)托林组(N₂t):P₁和P₃剖面位于札达县西5 km象泉河南岸。剖面线方向大体沿山梁上垂直到山脚。该剖面在野外由两个小剖面P₁和P₃直接相连。剖面P₁厚99.4 m,P₃厚30.6 m(未见底)。在P₁剖面上共布置采样点75个,加工成110块标准样品。在P₃剖面上共布置采样点10个,加工成20块标准样品。其中97块样品经测试后,分离出较可靠的高温剩磁分量,根据每块古地磁样品的单位剩磁结果,分别作出了P₁和P₃剖面的磁极性图(图3)。从图3上可见,P₁剖面上部和下部分别为负极性,中部出现正极性磁带。P₃剖面几乎全部为负极性,只有

底部为正极性。

3.3. 磁性地层对比

根据野外实测剖面资料及对地层的追踪研究,这5条剖面是可以相互连接的,将5条剖面直接相接后,作出一条厚886 m的磁性柱。将该极性柱和古地磁年表(图4)对比,大致可看出年表上、下两部分以负极性为主,中间则以正极性为主。参考前人资料^[4-7]、ESR年代数据,以及有关古生物化石^[12-13]、地层划分^[14]、新构造运动^[15]及第四纪古冰碛层位^[16]、层序地层^[17]、环境演化^[18-20]等,大致将P₄、P₅古地磁极性柱与松山反向时

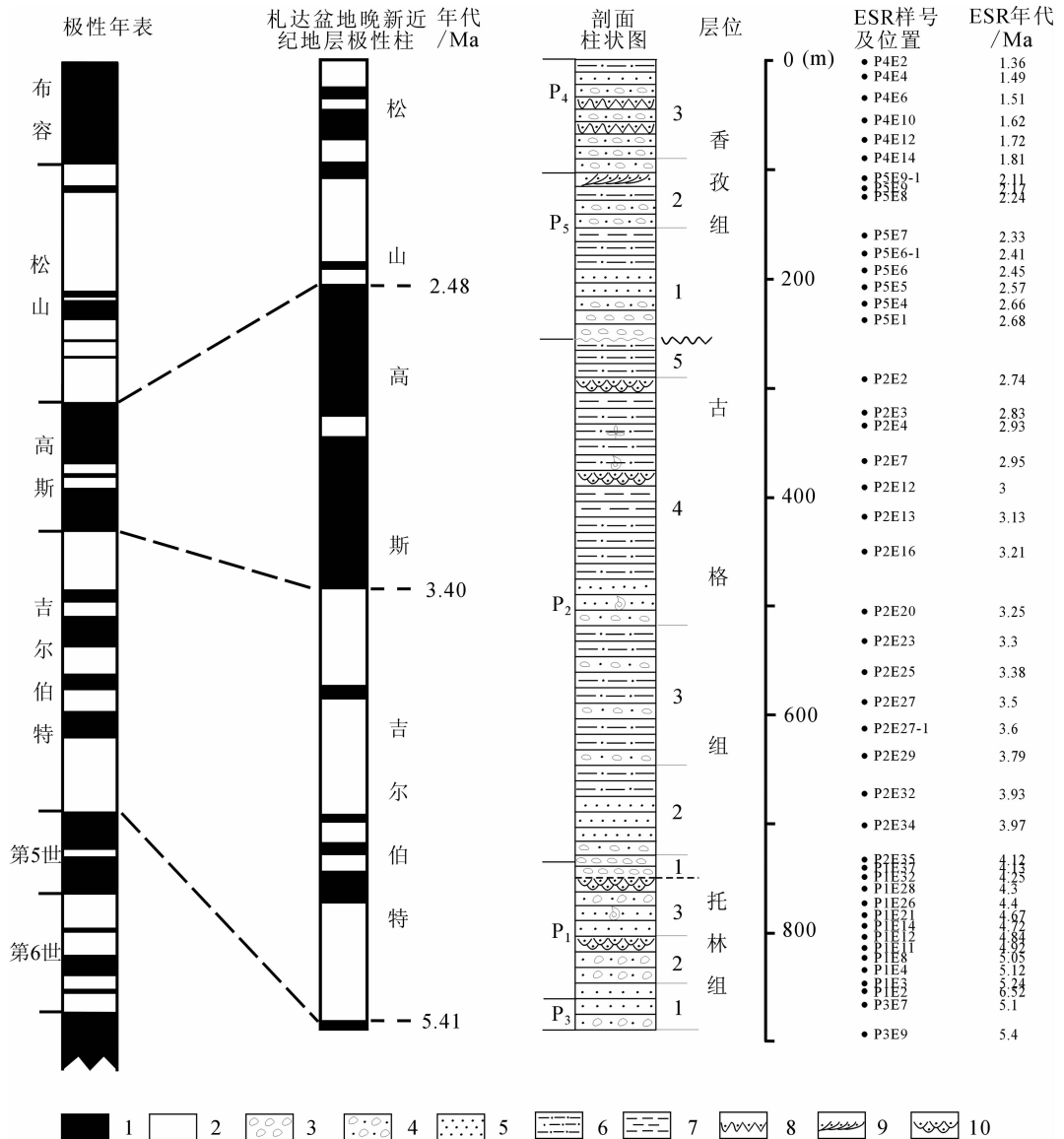


图4 札达盆地河湖相剖面磁性地层与标准极性年表及ESR结果对比

1—正极性;2—负极性;3—砾石层;4—砂砾层;5—砂层;6—亚粘土;7—粘土;8—冻融褶皱;9—河流相交错层;10—湖相交错层

Fig.4 Correlation of the magnetostratigraphy, standard magnetic polarity time scale and ESR dating results for the fluvio-lacustrine profile in the Zanda basin

1—Normal polarity;2—Reversed polarity;3—Pebble bed;4—Sand and gravel bed;5—Sand bed;6—Loam;7—Clay;8—Freeze-and-thaw fold;9—Fluvial cross bed;10—Lacustrine cross bed

比,其上部正极性韦性相当奥都维尔事件,将P₂上部正极性柱与高斯正向时对比,而将P₂下部以及P₁、P₃负极性柱与吉尔伯特反向时对比。

将札达盆地香孜组、古格组和托林组地层剖面极性柱和标准极性年表直接对比后(图4),香孜组、古格组及托林组的年代数据可大致得出。

(1) 香孜组:香孜组的奥都维尔事件出现在P₄剖面的第24~73 m处,年代距今为1.67~1.87 Ma,其上还有一段厚24 m为负极性的地层,按奥都维尔事件中香孜组地层沉积速率推算,其沉积时间约需要7万年左右,所以香孜组在本剖面沉积结束时间约距今1.60 Ma。在香孜组第一段,P₅剖面的212 m处,为高斯时和松山时的界线,此处的年代为2.48 Ma。自P₅剖面212 m处到剖面238 m处,厚约26 m的地层,均为正极性,如按整个高斯时在P₅和P₄中的厚度282 m(212~496 m),沉积时间为92万年推算其沉积速率,则P₅剖面沉积开始时间大致距今为2.57 Ma左右^[2](如按新地质年表为2.73 Ma)^①。由此得出香孜组开始沉积距今2.57~2.73 Ma,沉积结束距今1.60 Ma,沉积时间共花了约1.00 Ma。

(2) 古格组:古格组厚约526.5 m,主要出露在P₂剖面中,其上部为厚256 m地层,其极性相当高斯时,距今3.40~2.57 Ma,但在P₂顶部厚约80 m的地层中,岩性为粗砂砾层,无法采样,所以笔者仅能根据P₂剖面最上部一块样为正极性,将它和P₅剖面下的正极性相连,将其对比于高斯时上部,而高斯时中的凯纳事件则显示不出来。高斯时大约于P₂剖面中部(总厚度为496 m处)开始。古格组下部厚为270.5 m的地层,其极性相当于吉尔伯特负极性时,距今4.20~3.40 Ma。故古格组的年代距今为2.57~4.20 Ma。

(3) 托林组:托林组出露于札达盆地实测剖面的P₁和P₃剖面中,厚>130 m(总厚度自772 m至900 m处),未见底。自P₂剖面496 m处到托林组下部,古地磁极性柱以负极性为主,其间出现4次短暂的正极性事件,因此笔者将托林组与吉尔伯特正极性时对比,其年代距今为4.20~5.41 Ma。

从上述两段古格组、托林组的古地磁年代可知,托林组开始沉积距今约5.41 Ma,古格组沉积结束时为2.57 Ma,总共历时为2.84 Ma。其时代应属于新近纪的上新世。

4 札达盆地河湖相地层ESR年代测定

4.1 ESR样品采集

样品采自实测剖面P₁、P₂、P₃、P₄、P₅(图1)。样品是在无阳光照射时,在天然剖面上开挖至少0.5 m深采集的,采集后用遮光材料包裹带回实验室。ESR样品是不等间距采集的,在不整合面附近样品加密,目的是确定其形成时代。另外,为了验证测年的可靠性,除剖面外在其他河湖相沉积地层中以5~10 m的间隔采集了相应样品进行对比,野外共采集ESR样品125个样品,其中5条剖面共取样品47个。

4.2 样品测试

把采集的样品分为2份,一份筛取0.1~0.5 mm粒级,在水中冲洗干净,加入H₂O₂除去有机质,用水冲洗干净后,在稀HCL中浸泡2d除去碳酸盐,水洗后在深HF酸中酸蚀6 h左右,以剔除大部分长石,冲洗干净后,在4℃以下烘干,用磁选仪去掉磁性矿物,处理后的样品等分9份,每份约300 mg。其中,第四系样品用Co 60附加剂量法,老于第四系样品用石英E心热活化法^[2]。

用Co 60源以不同的剂量进行人工辐照,样品中有丙氨酸/ESR齐量计,可以准确地获得人工辐照的剂量值。辐照后的样品放置了10 d后,用ECS—106ESR谱仪(德国BRUKER公司生产)测试,测试条件是:室温, X射线波段、微波功率, E'心用0.1mW, Ge心用2 Mw, 调制幅度0.08 mT, 磁场扫描范围(334±5)mT。

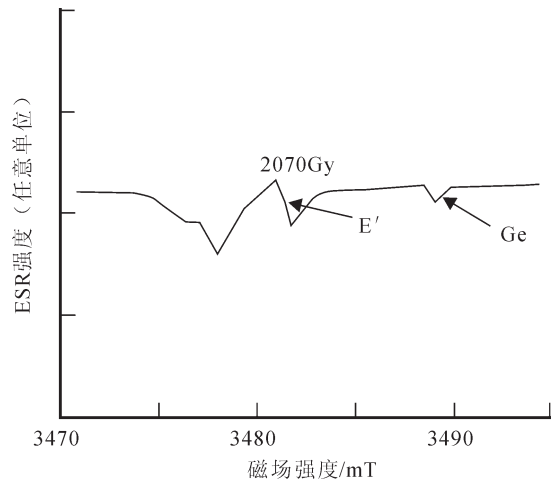


图5 典型ESR谱图
Fig.5 Typical ESR spectrum

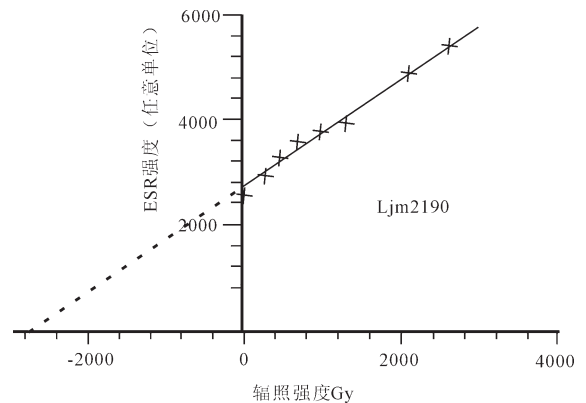


图6 ESR信号强度与辐照剂量的关系
Fig.6 Relation between the ESR signal strength and radiation dose

①中国地质调查局、《地层学杂志》编辑部,国际地层表专集,2005。

样品典型的ESR波谱(图5)所示,用E'心(g=2.0010)和Ge心(g=1.9770)作测年信号,辐照剂量与ESR信号强度(任意单位)呈良好的线性关系(图6)。采用线性方程拟合外推至ESR信号强度为零时,以求出总剂量(AD)值^[29]。

另一份用玛瑙研钵研磨,全部过200目筛,将过筛的样品混合均匀,取5 g左右,用激光荧光法、比色分光光度法和原子吸收技术,分别测定U、Th和K₂O的含量,采用Bell^[29]公式根据U、Th和K的含量计算年剂量。因石英颗粒表面在剔除长石时已被溶蚀掉,故X辐射的贡献可以忽略。考虑到样品的含水量与原始含水量相差很大,因此没有根据含水量对年剂量进行校正。

4.3 样品测试结果

样品的ESR年龄(t)用公式求得^[29],式中t=AD/d,AD为总剂量(Gy),d为年剂量率(Gy/ka),t为年龄(ka)。样品的有关

参数及ESR年龄见表2,与磁性年代学比较见图4。除个别样品的年龄偏大外,该套地层的ESR测年结果主要为5.40~1.36 Ma。其中,香孜组地层形成的时间距今为1.36~2.68 Ma;古格组地层形成的时间距今为2.74~3.97 Ma;托林组地层的形成时间距今为4.12~5.40 Ma。

4.4 ESR年龄可靠性讨论

由于影响ESR测年准确性的因素很多,因此对其可靠性和精度等问题还存在不同的认识。本次工作中,笔者对札达盆地河湖相沉积剖面进行了系统采样,并与古地磁测年结果进行比较,以检验ESR测年的可靠性和精度。根据前人的工作经验^[25-29],ESR年龄的误差在10%~15%。

研究剖面除两个平行或小角度不整合外,地层层序正常,即上部新、下部老。因此,所测的ESR测年结果应随着深度增加由小变大。从表2中可以看出,在47个样品中,除E8样

表2 石英热活化ESR样品测年及有关参数
Table 2 ESR dating of quartz-thermal activation and relevant parameters

| 野外 编号 | 实验 编号 | 采样深 度/m | E' 心浓度 (10 ¹⁵ sp/g) | 铀当量含量 (10 μg/g) | 年龄 (Ma) | 野外 编号 | 实验 编号 | 采样深 度/m | E' 心浓度 (10 ¹⁵ sp/g) | 铀当量含量 (10 μg/g) | 年龄 (Ma) |
|---------------------|----------|------------|-----------------------------------|--------------------|------------|----------------------|----------|------------|-----------------------------------|--------------------|------------|
| P ₁ E2 | A3 | 843.2 | 3.23 | 1.98 | 6.52 | P ₂ E27-1 | C14 | 605.4 | 1.85 | 2.00 | 3.60 |
| P ₁ E3 | A4 | 836.2 | 8.07 | 6.17 | 5.24 | P ₂ E29 | C15 | 630.4 | 2.46 | 2.59 | 3.79 |
| P ₁ E4 | A5 | 824.0 | 8.07 | 6.30 | 5.12 | P ₂ E32 | C16 | 664.7 | 2.95 | 1.50 | 3.93 |
| P ₁ E8 | A6 | 813.0 | 8.08 | 6.40 | 5.05 | P ₂ E34 | C17 | 693.2 | 3.61 | 1.82 | 3.97 |
| P ₁ E11 | A7 | 804.0 | 6.15 | 5.00 | 4.92 | P ₂ E35 | C18 | 724.2 | 3.61 | 1.75 | 4.12 |
| P ₁ E12 | A2 | 794.3 | 6.77 | 5.60 | 4.84 | P ₃ E1 | D1 | 236.0 | 6.03 | 9.00 | 2.68 |
| P ₁ E14 | A8 | 784.2 | 4.96 | 4.20 | 4.72 | P ₃ E4 | D2 | 221.1 | 5.16 | 6.76 | 2.66 |
| P ₁ E21 | A9 | 774.4 | 4.90 | 4.20 | 4.67 | P ₃ E5 | D3 | 206.1 | 4.63 | 7.76 | 2.57 |
| P ₁ E26 | A10 | 763.6 | 9.25 | 8.40 | 4.40 | P ₃ E6 | D4 | 191.1 | 4.53 | 6.25 | 2.45 |
| P ₁ E28 | A11 | 750.4 | 3.74 | 3.50 | 4.30 | P ₃ E6-1 | D5 | 175.8 | 8.18 | 13.60 | 2.41 |
| P ₁ E32 | A1 | 740.0 | 6.20 | 5.78 | 4.25 | P ₃ E7 | D6 | 159.6 | 0.14 | 15.10 | 2.33 |
| P ₁ E37 | A12 | 731.4 | 3.26 | 3.16 | 4.13 | P ₃ E8 | D7 | 124.5 | 4.82 | 8.60 | 2.24 |
| P ₂ E2 | C1 | 289.4 | 4.39 | 5.22 | 2.74 | P ₃ E9 | D8 | 116.7 | 4.13 | 3.80 | 2.17 |
| P ₂ E3 | C2 | 319.65 | 4.39 | 7.40 | 2.83 | P ₃ E9-1 | D9 | 107.7 | 0.41 | 39.00 | 2.11 |
| P ₂ E3-1 | C3 | 329.4 | 4.09 | 5.82 | 2.87 | P ₃ E10 | D10 | 105.8 | 0.34 | 35.0 | 1.97 |
| P ₂ E4 | C4 | 331.4 | 4.64 | 6.32 | 2.93 | P ₄ E2 | G1 | 2.4 | 3.28 | 9.68 | 1.36 |
| P ₂ E7 | C5 | 363.4 | 3.36 | 4.56 | 2.95 | P ₄ E4 | G2 | 15.6 | 2.33 | 6.24 | 1.49 |
| P ₂ E12 | C6 | 387.4 | 3.85 | 5.14 | 3.00 | P ₄ E6 | G3 | 35.1 | 3.41 | 9.00 | 1.51 |
| P ₂ E13 | C7 | 413.9 | 4.63 | 5.92 | 3.13 | P ₄ E10 | G4 | 55.2 | 1.86 | 4.60 | 1.62 |
| P ₂ E16 | C8 | 445.4 | 4.53 | 5.70 | 3.21 | P ₄ E12 | G5 | 72.9 | 2.58 | 6.00 | 1.72 |
| P ₂ E20 | C10 | 499.65 | 2.65 | 3.24 | 3.25 | P ₄ E14 | G6 | 89.4 | 2.54 | 5.62 | 1.81 |
| P ₂ E23 | C11 | 526.4 | 2.91 | 3.20 | 3.30 | P ₃ E7 | E7 | 855.4 | 0.244 | 9.46 | 5.10 |
| P ₂ E25 | C12 | 554.4 | 4.39 | 5.20 | 3.38 | P ₃ E9 | E8 | 882.2 | 0.372 | 8.82 | 5.40 |
| P ₂ E27 | C13 | 581.4 | 4.90 | 5.60 | 3.50 | | | | | | |

注:ESR测年由成都理工大学ESR实验室梁兴中教授分析测定。

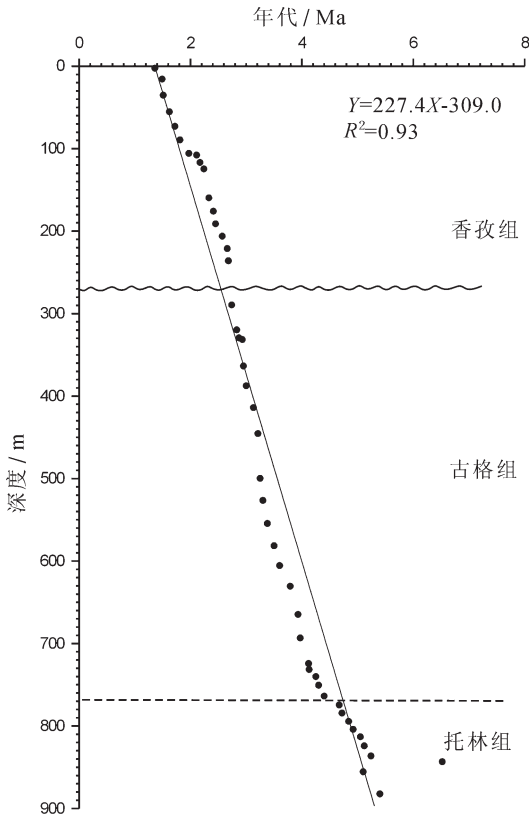


图7 ESR样品年龄与地层沉积厚度关系

Fig.7 Relation between the ESR ages of samples and thickness

品出现年龄及A3样品偏离较大外,其余样品年龄均与地层顺序相吻合。若考虑ESR测年的10%~15%误差,则E8样品年代仍是可靠的。

由ESR样品年代与地层深度关系图(图7)中可以看出,ESR年龄与样品相对深度之间有很好的线性关系,相关系数达0.9以上。这说明本次测定的ESR年龄,除A3样品的年龄偏差较大外,其他年龄数据均有很好的 consistency。

5 结论与讨论

(1)根据笔者的对比研究,在札达盆地所作的古地磁年代与ESR测年数据比较一致。从剖面自下而上所做的古地磁测年结果距今为5.41~1.60 Ma;而ESR年代数据5.40~1.36 Ma,除两者剖面的起止点数据略有差异外,测试结果大体吻合。

(2)札达盆地中一套巨厚的河湖相地层的形成时代距今为5.41~1.36 Ma。经历了4.05 Ma的沉积时间,自上新世早期开始沉积到早更新世中期结束,具有明显的穿时性。

(3)香孜组(Qp^{1-x})的古地磁年代距今2.57~1.60 Ma,ESR测年结果距今为2.68~1.36 Ma,均为早更新世。因此,可确定香孜组的形成年代为2.57~1.36 Ma。同时,在香孜组中发现大量冻融褶皱层,说明在早更新世时,札达盆地气候已有

多次处于冰缘期,其周边喜马拉雅山脉和阿伊拉日居山脉已发育有山岳或山麓冰川^[16,20]。年代学研究确定第四纪早更新世冰期在本处已开始存在,这对研究中国和世界大陆冰期及气候环境变化有重大意义。

(4)古格组(N_{3g})在札达盆地中发育最好,厚度最大,沉积相变化也最丰富,并含有较多的动植物化石,其古地磁年代距今为4.20~2.57 Ma,ESR测年结果距今为3.97~2.74 Ma,均属上新世晚期,故其形成时代可确定为4.20~2.57 Ma,是喜马拉雅山在上新世时强烈隆升后的相关沉积,是研究喜山运动上新世阶段变化的最理想地点,也是研究喜山地区上新世时期气候和生态环境变化的天然野外实验室。

(5)托林组(N_{3t})的存在及其厚度,说明札达盆地该套沉积形成时代为上新世早期,古地磁年代距今为5.41~4.20 Ma,ESR测年结果距今为5.40~4.12 Ma,均为上新世早期,因此其形成时代可确定为5.41~4.20 Ma。托林组沉积特征表明,该套地层可能和青藏高原夷平面整个解体、发生断陷、掀升有关。

(6)札达盆地上新世—早更新世河湖相沉积与下伏的侏罗—白垩系古风化壳、古剥蚀面的不整合沉积,显示出古地貌的形成存在着近60 Ma地层的缺失。札达盆地河湖相沉积形成的时代为5.41~1.36 Ma,自1.36 Ma开始堆积第四纪冰碛层^[16,20]。

致谢:在野外工作期间得到了西藏自治区国土资源厅王保生厅长、河南地质勘查局区域地质调查院王建平院长、河南地质勘查局区域地质调查队刘彦明队长、白朝军高级工程师、王丰收工程师、贾共祥工程师等同志的热情帮助和全力支持,使该项研究得以顺利进行;室内工作中得到孙立蓓研究员、韩同林研究员、马天林研究员、钱方研究员、王建平研究员的指导,在此一并表示衷心感谢。

参考文献(References):

- [1] 西藏自治区地质矿产局, 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1993.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region, Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张青松, 王富葆, 李炳元, 等. 西藏札达盆地的上新世地层[J]. 地层学杂志, 1981, 5(2):11-15.
Zhang Qingsong, Wang Fubao, Li Binyuan, et al. Pliocene strata of Zhada basin, Tibet[J]. Journal of Stratigraphy, 1981, 5 (2):11-15(in Chinese with English abstract).
- [3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队(李炳元, 王富葆, 张青松, 等), 西藏第四纪地质[M]. 北京:科学出版社, 1983:15-40.
Scientific Expedition Team of Qinghai-Tibetan Plateau, Chinese Academy of Sciences (Li Binyuan, Wang Fubao, Zhang Qingsong, et al). Quaternary Geology of Tibet [M]. Beijing: Science Press, 1983:15-40(in Chinese).

- [4] 钱方. 用古地磁方法对西藏阿里上新世以来水平运动的初步研究 [C]//喜马拉雅岩石圈构造演化——西藏地球物理论文集. 北京:地质出版社, 1990:198-206.
Qian Fang. The primary study of Pliocene level movement of Zhada, Tibet by Paleomagnetism [C]//Lithospheric Tectonics Evolution of Himalayas—The Thesis Volume of Physical Geography, Tibet. Beijing: Geological Publishing House, 1990: 198-206(in Chinese).
- [5] 郭铁鹰, 梁定益, 张宜智, 等. 西藏阿里地质[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991:103-104.
Guo Tiejing, Liang Dingyi, Zang Yizhi, et al. Geology of ngari Tibet (Xizang)[M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1991:103-104(in Chinese).
- [6] 西藏自治区地质矿产局编著 (夏代祥, 刘世坤, 滕云, 等). 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997:239-240.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region (Xia DaiXiang, Liu ShiKun, Teng Yun, et al). Lithostratigraphy of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1997:239-240(in Chinese).
- [7] 钱方. 青藏高原晚新生代磁性地层研究 [J]. 地质力学学报, 1999, 5(4):22-34.
Qian Fang. Study on magnetostratigraphy in Qinghai-Tibetan plateau in late Cenozoic [J]. Journal of Geomechanics, 1999, 5 (4): 22-34 (in Chinese with English abstract).
- [8] 赵政章, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原地层[M]. 北京:科学出版社, 2001:177-322.
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Strata of Qinghai-Tibetan Plateau [M]. Beijing:Science Press, 2001:177-322 (in Chinese).
- [9] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世沉积相及其构造演化特征[J]. 地质力学学报, 2004, 10(3):245-252.
Zhu Dagang, Meng Xian'gang, Shao Zhaogang, et al. Features of Pliocene-lower Pleistocene sedimentary facies and tectonic evolution in the Zanda basin, Ngari area, Tibet [J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10 (3):245-252(in Chinese with English abstract).
- [10] 邵兆刚, 孟宪刚, 朱大岗, 等. 西藏阿里札达盆地的“翘板式”形成机制[J]. 地质论评, 2006, 52(2):215-218.
Shao Zhaogang, Meng Xian'gang, Zhu Dagang, et al. Formation mechanism of Seesaw type in Zhanda basin, Ngari, Xizang (Tibet) [J]. Geological Review, 2006, 52 (2):215-218 (in Chinese with English abstract).
- [11] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相沉积中两个不整合面的发现及意义 [J]. 地质通报, 2004, 23(5/6):605-608.
Zhu Dagang, Meng Xian'gang, Shao Zhaogang, et al. Discovery of two unconformities in Pliocene-early Pleistocene fluvio-lacustrine deposits in the Zanda basin, Ngari, Tibet [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (5-6):605-608(in Chinese with English abstract).
- [12] 孟宪刚, 朱大岗, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新统犀类化石的发现及意义[J]. 地质通报, 2004, 23(5/6):609-612.
Meng Xian'gang, Zhu Dagang, Shao Zhaogang, et al. Discovery of rhinoceros fossils in the Pliocene in the Zanda basin, Ngari, Tibet[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(5/6):609-612(in Chinese with English abstract).
- [13] 孟宪刚, 朱大岗, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新统鼠兔类牙齿化石的发现[J]. 地质通报, 2005, 24(12):1175-1178.
Meng Xian'gang, Zhu Dagang, Shao Zhaogang, et al. Discovery of fossil teeth of Pliocene Ochotona in the Zanda basin, Ngari, Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (12):1175-1178 (in Chinese with English abstract).
- [14] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相地层的重新厘定与划分 [J]. 地质通报, 2005, 24(12):1111-1120.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Redefinition and redivision of the Pliocene-early Pleistocene lacustrine strata in Zanda basin, Ngari, Tibet, China [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (12):1111-1120(in Chinese with English abstract).
- [15] 邵兆刚, 孟宪刚, 朱大岗, 等. 西藏阿里地区札达沉积盆地活动构造[J]. 地质通报, 2005, 24(7):625-629.
Shao Zhaogang, Meng Xian'gang, Zhu Dagang, et al. Active faults in the Zhanda basin of the Ngari area, Tibet, China [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (7):625-629(in Chinese with English abstract).
- [16] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏札达盆地及周缘高山区第四纪冰川堆积及冰川进退程讨论[J]. 中国地质, 2006, 33(1):86-97.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Quaternary glacial deposition and glacial advance and retreat in the Zanda basin and its surrounding mountains in Ngari, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33 (1):86-97(in Chinese with English abstract).
- [17] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世湖相地层层序地层分析[J]. 地学前缘, 2006, 13(5):308-315.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Sequence stratigraphy of the Pliocene-early Pleistocene fluvio-lacustrine facies strata in the Zanda basin, Ali, Tibet [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13 (5):308-315(in Chinese with English abstract).
- [18] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地早更新世早期沉积及其古气候与古环境变化[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1276-1284.
Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Early Pleistocene deposits and paleoclimatic and paleoenvironmental changes in the Zanda basin, Ngari area, Tibet[J]. Geology in China, 2006, 33(6):1276-1284 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王津, 朱大岗, 孟宪刚, 等. 西藏札达盆地古格组剖面沉积环境演化特征[J]. 中国地质, 2006, 33(5):1006-1012.
Wang Jun, Zhu Dagang, Meng Xiangang, et al. Features of the change in Pliocene depositional environment at the Guge Formation section in the Zanda basin, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33(5):1006-1012(in Chinese with English abstract).

- [20] 余佳, 罗鹏, 韩建恩, 等. 西藏札达盆地古格剖面孢粉记录及其反映的古环境信息[J]. 中国地质, 2007, 34(1):55-60.
Yu Jia, Luo Peng, Han Jianen, et al. Sporopollen records in the Guge section of the Zanda basin, Tibet, and paleoenvironmental information reflected by it[J]. *Geology in China*, 2007, 34 (1):55-60(in Chinese with English abstract).
- [21] 中国地质调查局编. 青藏高原区域地质调查野外工作手册[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001.
China Geological Survey. The field work handbook of the regional geological surveys in Qinghai-Tibet Plateau [M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 2001(in Chinese).
- [22] 梁兴中, 高钧成. 断裂成矿年龄的 α 石英ESR研究 [J]. 矿物岩石, 1999, 19(2):69-71.
Liang Xingzhong, Gao Juncheng. Study on the α -quartz of fault-related ore mineralization[J]. *J Mineral Petrol*, 1999, 19(2):69-71 (in Chinese with English abstract).
- [23] Ye Y G, Diao S B, He J, et al. ESR dating studies of palaeo-debris-flow deposition Donggechuan, Yunnan Province, China[J]. *Quaternary Geochronology*, 1998, 17:1073-1076.
- [24] Bell W T. Thermoluminescence dating:Radiation dose rate data[J]. *Archaeometry*, 1979, 21:243-245.
- [25] 史正涛, 张世强, 周尚哲, 等. 祁连山第四纪冰碛物的ESR测年研究[J]. 冰川冻土, 2000, 22(4):353-357.
Shi Zhengtao, Zhang Shiqiang, Zhou Shangzhe, et al. Study of ESR dating of Quaternary moraine, Qilian Mountains[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22 (4):353-357 (in Chinese with English abstract).
- [26] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿伊拉日居山南麓第四纪冰川沉积物及其ESR年龄测定[J]. 冰川冻土, 2005, 27(2):194-198.
Zhu Dagang, Zhao Xitao, Meng Xiangang, et al. Quaternary glacial deposits and their ESR dating results on the south slopes of the Ayilarju Mountains, Tibet Autonomous Region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2005, 27 (2):194-198 (in Chinese with English abstract).

Chronology of Pliocene-early Pleistocene lacustrine strata in the Zanda basin, Ngari area, Tibet

ZHU Da-gang¹, MENG Xian-gang¹, SHAO Zhao-gang¹, YANG Chao-bin²,
Wang Jin¹, HAN Jian-en¹, YU Jia², MENG Qing-wei¹, LÜ Rong-ping¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Department of Land and Resources of the Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: Neogene Pliocene-Quaternary early Pleistocene strata have been determined through analyses of paleomagnetic and ESR samples from a section of fluvio-lacustrine strata in the Zanda basin, Ngari, Tibet. The analytic results show that: the paleomagnetic ages obtained in ascending order from the section are 5.41-1.60 Ma, while the ESR ages are 5.40-1.36 Ma. The two analytic results roughly coincide. According to the results of the paleomagnetic and ESR datings, the time series of the fluvio-lacustrine strata is as follows: the Pliocene Tolin Formation (N_{2t}^1) formed at 5.41-4.20 Ma, the Pliocene Guge Formation (N_{2g}^2) formed at 4.20-2.57 Ma and the Quaternary early Pleistocene Qangzê Formation (Qp^{1-x}) formed at 2.57-1.36 Ma. This study provides an important basis for the establishment of the time scale of the Neogene Pliocene-Quaternary early Pleistocene strata on the Qinghai-Tibet Plateau and division and correlation of the Neogene Pliocene-Quaternary early Pleistocene fluvio-lacustrine strata.

Key words: Zanda; Tibet; Pliocene-early Pleistocene; stratigraphic division; magnetostratigraphy; chronostratigraphy

About the first author: ZHU Da-gang, born in 1951, male, senior researcher and director of doctor students; engages in the study of regional geology, sedimentary facies and paleoenvironment; E-mail: dagangzhu@sohu.com.