

# 西藏札达盆地托林剖面孢粉组合特征及其古气候意义

吕荣平<sup>1</sup>, 罗 鹏<sup>2</sup>, 韩建恩<sup>1</sup>, 余 佳<sup>1</sup>, 孟庆伟<sup>1</sup>, 邵兆刚<sup>1</sup>, 朱大岗<sup>1</sup>, 孟宪刚<sup>1</sup>

LÜ Rong-ping<sup>1</sup>, LUO Peng<sup>2</sup>, HAN Jian-en<sup>1</sup>, YU Jia<sup>1</sup>, MENG Qing-wei<sup>1</sup>,  
SHAO Zhao-gang<sup>1</sup>, ZHU Da-gang<sup>1</sup>, MENG Xian-gang<sup>1</sup>

1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054

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

2. *School of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China*

**摘要** 西藏札达盆地托林剖面的孢粉分析显示,该地区在5.4~5.05 MaBP时期,气候环境由温凉干旱转变为温暖稍湿,植被相应地经历了疏林草原植被—森林草原植被的演变过程;到了5.05~4.40 MaBP时期,转变为温暖潮湿的气候,植被亦相应地经历了由森林草原—暖温带针阔叶混交林—亚热带针阔叶混交林的演变过程。总地来说,当时该地区的植被是乔木植物(松属)和草本植物(蒿属、藜科)占主导地位,气候总体表现为温暖湿润。

**关键词** 西藏; 札达盆地; 托林剖面; 植被; 孢粉分析

中图分类号: P534.62; Q914.81; X141 文献标识码: A 文章编号: 1671-2552(2006)12-1475-06

**Lü R P, Luo P, Han J E, Yu J, Meng Q W, Shao Z G, Zhu D G, Meng X G. Features of the sporopollen assemblage at the Toling section in the Zanda basin, Tibet, China, and its paleoclimatic significance. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(12): 1475-1480**

**Abstract:** Palynological records of the Toling section in Zanda basin, Tibet, have revealed that at 5.4–5.05 Ma BP the climate changed from warm-cool and dry to warm and slightly wet and that accordingly the vegetation also went through an evolutionary process from the veld to sylvosteppe vegetations. At 5.05–4.40 Ma BP, the climate became warm and wet and the vegetation also underwent an evolutionary process from sylvosteppe→warm-temperate zone mixed coniferous and latifoliate forest→subtropical zone mixed coniferous and latifoliate forest. Generally the vegetation then was dominated by arboreal (*Pinus*) and herbs (*Chenopodiaceae* and *Artemisia*), and the paleoclimate was warm and wet.

**Key words:** Tibet; Zanda basin; Toling section; vegetation; palynological records

孢粉记录是较好的、最受重视的环境重建指标之一,被广泛地应用在中古环境重建中。2003年,项目组为研究青藏高原第三纪重点古湖泊环境演变,在西藏阿里札达盆地进行了野外调查,并在托林剖面采集了大量的孢粉化石。由于孢粉对气候的变化反映灵敏<sup>[1]</sup>,因而笔者依据孢粉组合特征分析了该区上新世早、中期的古气候变化,对环境的研究具有重要意义。

## 1 自然环境与区域地质概况

札达盆地位于西藏西南部阿里地区的象泉河流域(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之间(图1),是一晚新生代断陷盆地<sup>[1]</sup>。盆地呈NW—SE向展布,长轴约260 km,南北宽37~55 km,最宽处60~70 km。盆地海拔一般在4000~4500 m之间,最低处约为

收稿日期: 2006-03-31; 修订日期: 2006-09-27

基金项目: 中国地质调查局《青藏高原第三纪重点古湖泊环境演变序列》项目(编号: 200313000066)和《青藏高原生态地质环境遥感调查与监测项目》(编号: 200315100002)的阶段性成果。

作者简介: 吕荣平(1982—),男,在读硕士,从事区域地质、沉积相与古环境研究。E-mail: liulangke4\_@163.com

3600 m, 其北阿伊拉日居基岩山地海拔在5500~6000 m之间, 现在冰川零星分布, 属侵蚀剥蚀高山地貌, 其南喜马拉雅基岩山地海拔在6000~6500 m之间, 现在冰川分布广泛, 属侵蚀剥蚀极高山地貌。

## 2 地层与地质时代

托林剖面位于札达县西5 km象泉河南岸(图2)。该剖面在野外由2个小剖面P1和P3直接相连。剖面岩石地层为水进体系域冲积亚相中的一套砾岩、中粗粒长石岩屑砂岩, 厚度138 m。前人曾对该地层做过不同程度的研究<sup>[1-9]</sup>, 张青松等<sup>[9]</sup>称为札达组, 时代定为上新世, 钱方<sup>[9]</sup>定名为札达组和香孜组, 时代定为上新世至早更新世; 自2003年起, 孟宪刚等<sup>[9]</sup>和朱大岗等<sup>[10, 11]</sup>将札达盆地自下而上细分为托林组、古格组和香孜组, 时代定为上新世至早更新世。

根据野外观察, 按岩性特征, 将剖面由上至下划分为26层, 各层特征如下。

上覆地层: 上新统古格组(N<sub>3</sub>g)

----- 平行不整合 -----

托林组(N<sub>3</sub>t)

- 26. 灰色含砾粗粒长石岩屑砂岩 2.7 m
- 25. 灰色砾岩 1.8 m
- 24. 灰色含砾粗粒长石岩屑砂岩 2.2 m
- 23. 灰黄色含砂质粘土岩 1.8 m
- 22. 灰黄色(泥质)粉砂岩夹中细粒岩屑砂岩 3 m
- 21. 浅灰白—灰褐色中粗粒岩屑砂岩夹细砂质粉砂岩 2.4 m
- 20. 浅灰红色含砾细砂质粉砂岩 1.4 m
- 19. 灰黄色中细粒钙质长石岩屑砂岩 4.2 m
- 18. 暗灰色中粗粒长石岩屑砂岩 1 m
- 17. 灰黄色含细砂粉砂岩 0.2 m
- 16. 灰褐色中粗粒长石岩屑砂岩 0.3 m
- 15. 浅灰白色粉砂岩 1.5 m
- 14. 灰褐色含砾中粗粒长石岩屑砂岩与中粗粒长石岩屑砂岩互层, 并见额鼻角犀(亚科) *Dicerorhininae* 和鼠兔 *Ochotona* sp. 前臼齿化石 6.6 m
- 13. 灰黄色细砂岩 2.7 m
- 12. 灰黄色中粗粒钙质长石岩屑砂岩 4.5 m
- 11. 灰黄色含砾中粗粒长石岩屑砂岩 0.5 m
- 10. 灰色细粒钙质长石岩屑砂岩 1.3 m
- 9. 灰黄色细粒钙质长石岩屑砂岩 1.7 m
- 8. 灰黄色含结核细粒钙质长石岩屑砂岩 1.8 m
- 7. 灰色含砾钙质砂岩 3.1 m
- 6. 灰白色含砾中粗粒钙质长石岩屑砂岩 5 m
- 5. 杂色砾岩 0.6 m
- 4. 灰白色细粒长石岩屑砂岩与粉砂质粘土岩互层 2.9 m

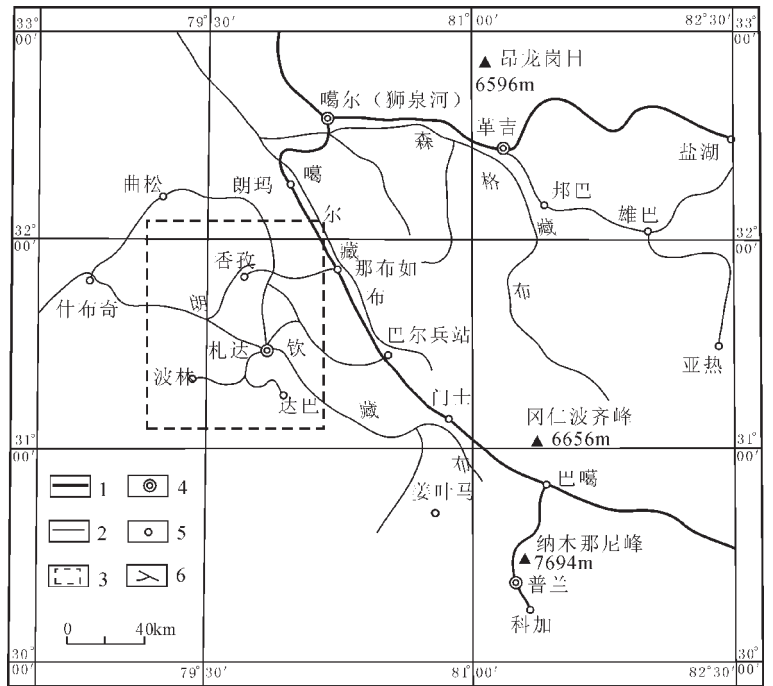


图1 研究区位置略图

Fig.1 Location map of the study area

1—国道 2—公路 3—研究区位置 4—县城 5—乡村 6—水系

- 3. 灰白色中粗粒钙质长石岩屑砂岩与含砾中粗粒钙质长石岩屑砂岩互层 10 m
- 2. 灰色砾岩夹含砾粗砂岩 7 m
- 1. 灰色厚层砾岩 13.3 m

----- 角度不整合 -----

下伏地层: 侏罗系(J)

为确定孢粉所处的地质时代, 笔者在该剖面不等间距采集ESR样品11个。测试结果见表1。

## 3 孢粉分析结果

在托林剖面测量过程中, 连续采集了地层中的孢粉样品, 去除粒度较粗、不适合进行孢粉测试的样品外, 共送出测试样品23个, 经中国地质科学院水文地质环境地质研究所童国榜鉴定, 共鉴定到2542粒孢粉, 平均每样中有110.5粒。本次鉴定采用第四纪常用的自然属命名, 新近纪形态属的分子依其植物亲缘关系归入相应的自然属中。个别无明显亲缘关系的分子, 暂列入每类植物孢粉名称的后部。据样品所统计的2542粒孢粉, 共发现176个科、属, 按现生植物形态, 将花粉分为乔木植物花粉、灌木植物花粉、草本植物花粉和蕨类植物孢子四大类。孢粉组合中以草本植物花粉含量为主, 鉴定出1194粒, 平均含量为46.97%, 其次为乔木植物花粉, 鉴定出1014粒, 平均含量为39.89%, 灌木植物花粉为280粒, 平均含量为11.01%, 蕨类植物孢子为54粒, 平均含量为2.12%。主要孢

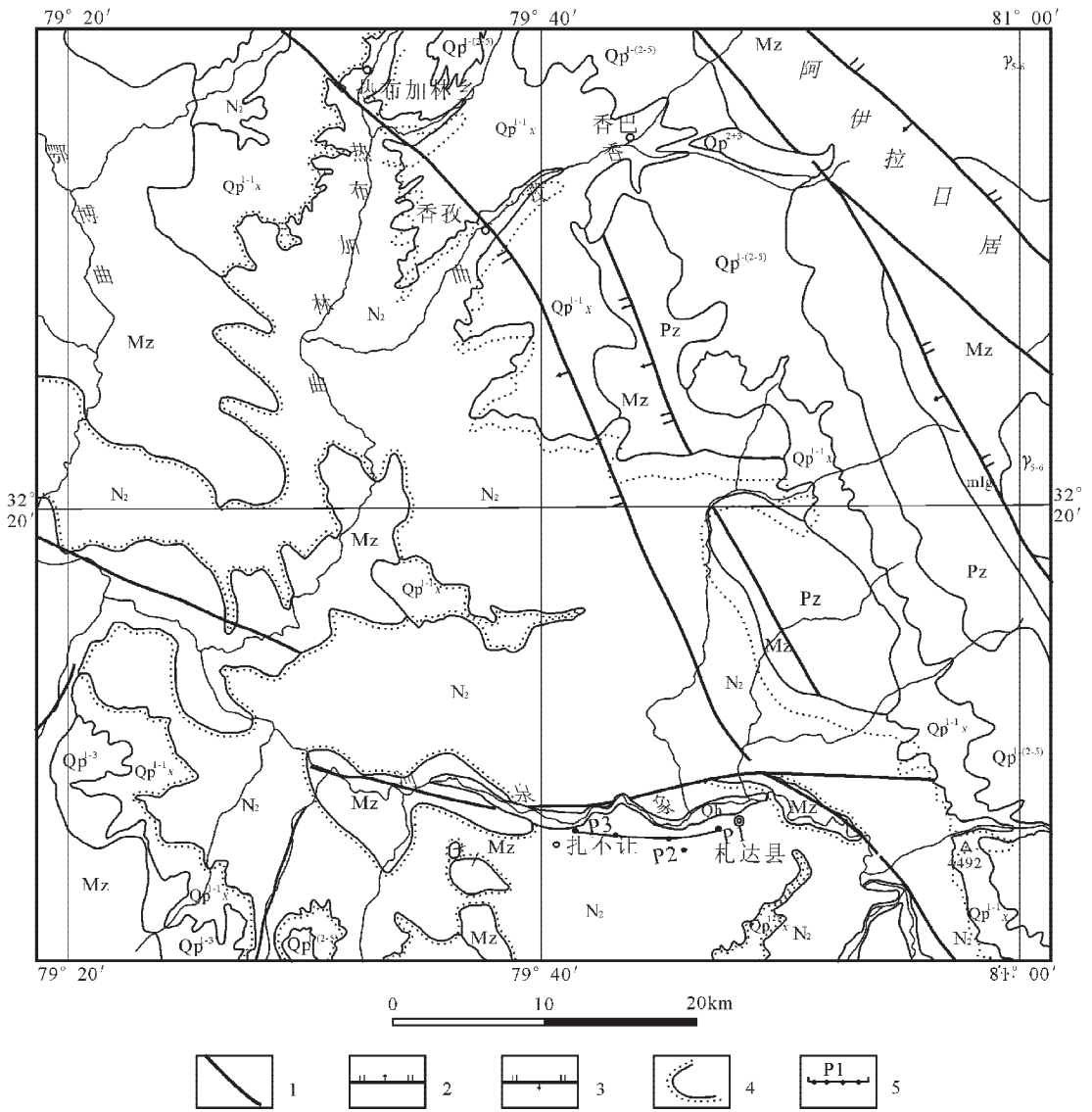


图2 札达盆地托林剖面位置图

Fig.2 Geological map showing the location of the Toling section in the Zanda basin  
 Qh—全新统, Qp<sup>1-x</sup>—下更新统香孜组, Qp<sup>1(2-5)</sup>—更新统冰水冰碛堆积, Qp<sup>2+3</sup>—中上更新统冰碛冰水堆积, N<sub>2</sub>—上新统(含托林组及古格组), Mz—中生界, Pz—古生界, mlg—构造混杂岩类, γ<sub>5-6</sub>—花岗岩类, Δ—超基性岩; 1—断层, 2—正断层, 3—逆断层, 4—不整合界线, 5—剖面及采样点

粉类型分别为乔木植物花粉: 松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、桦(*Betula*)、常绿栎(*Cyclobalanopsis*)、落叶栎(*Quercus*)。其次还有少量亚热带分子和新近纪形态属分子如漆树科(*Anacardiaceae*)、无口器粉(*Inaperturopollenites*)等。此外, 还有少量的暖性针叶树种, 如雪松(*Cedrus*)、罗汉松(*Podocarpus*)等。灌木植物花粉: 绣线菊(*Spiraea*)、麻黄(*Ephedra*)、水柏枝(*Myricaria*)等。草本植物花粉: 藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿(*Artemisia*)、禾本科(*Gramineae*)、菊科(*Compositae*)等, 其次还有少量新近纪形态属分子三沟粉(*Tricolpopollenites*)、网面

三孔沟粉(*Retitricolporites*)等。蕨类植物孢子: 水龙骨(*Polypodium*)、凤尾蕨(*Pteris*)、铁线蕨(*Adiantum*)、鳞盖蕨(*Microlepria*)等, 其次还有形态属分子水龙骨单缝孢(*Polypodiaceasporites*)等。

依据草本植物花粉和乔木植物花粉组合类型及数量在剖面上的变化, 初步将其自下而上划分为如下4个孢粉带(图3)。

孢粉带A: 深度为102~138 m, 本带孢粉尚丰富, 浓度一般为3.8~17.9粒/g。草本植物花粉最为丰富, 达到剖面的最高值, 占总数的58.02%, 主要有蒿(39.4%)、藜科(25%)、菊科、禾

表1 札达盆地托林剖面ESR测年结果

Table 1 ESR dating of the Toling section in the Zanda basin

野外 编号	实验 编号	采样 深度/m	测试 矿物	年龄 /Ma
P3E9	E8	130.2	石英	5.4
P3E7	E7	103.4	石英	5.1
P1E3	A4	82.2	石英	5.24
P1E4	A5	72.0	石英	5.12
P1E8	A6	61.0	石英	5.05
P1E11	A7	52.0	石英	4.92
P1E12	A2	42.3	石英	4.84
P1E14	A8	32.2	石英	4.72
P1E21	A9	22.4	石英	4.67
P1E26	A10	11.6	石英	4.40
P1E28	A11	0	石英	4.30

注:由成都理工大学ESR实验室梁兴中2004年完成

本科;乔木植物花粉较为丰富,占总数的31.17%,主要为松(20.99%)、桦、云杉,其次还有少量的暖性针叶树种雪松、罗汉松等;灌木植物少量出现,含量为7.71%,主要为麻黄、绣线菊等;蕨类植物孢子在该孢粉带少见。

孢粉带B:剖面深度为58~102 m,与带A相比,浓度一般为3.0~20.0粒/g。其中草本植物花粉虽较A带略有减少,占总数的51.53%,仍占该孢粉带的主体,主要有藜科占总数的17.83%,蒿占12.53%,菊科、禾本科植物花粉开始增多,占12.26%。乔木植物花粉略有增加,占总数的35.1%,仍以松属为主,占总数的20.61%,阔叶树桦属变化明显,较上一带明显增多,常绿栎、落叶栎等栎属阔叶树也少量出现,占总数的3.62%,同时杉科在该带达到剖面的峰值;耐旱灌木植物花粉麻黄、绣线菊等个别出现;蕨类孢子基本未见。

孢粉带C:剖面深度27~58 m,孢粉十分丰富,浓度为10.29~45.92粒/g。乔木植物花粉达到整个剖面的峰值,占总数的49.89%,其中松属花粉占总数的37.07%,同时达到剖面的峰值,常绿栎含量呈上升趋势,较B带明显增多,桦属、落叶栎则明显减少,有少量亚热带分子及新近纪形态属分子如漆树科,未见云杉、杉科;草本植物花粉占总数的31.81%,较前2个带明显减少,仍以藜科、蒿为主,但藜科含量比蒿大,菊科、禾本科比前一带明显减少,其次还有少量新近纪形态属分子三沟粉;灌木植物花粉占总数的16.02%,较前带增多,主要以

耐旱绣线菊、麻黄为主;蕨类植物孢子少量出现,主要为水龙骨、凤尾蕨、铁线蕨。

孢粉带D:剖面深度16.7~27 m,浓度为4.42~39.04粒/g。其中草本植物花粉占总数的47.96%,乔木植物花粉占总数的40.01%,灌木植物花粉占总数的10.20%,蕨类孢子占总数的1.83%,均波动强烈,是灌木植物花粉和蕨类孢子在整个剖面中最为发育的阶段。主要花粉类型为松、蒿、藜,其中蒿属的含量大于藜科。其次常绿栎、桦属及落叶栎等均达到剖面最高值,有时也见热带、亚热带分子如胡桃、木兰等。

#### 4 古植被与古气候演变分析

根据托林剖面孢粉组合的特点,并结合前人相关的分析资料<sup>[12-18]</sup>,得出该区古植被和古环境具如下演变过程。

孢粉带A时期(5.4~5.31 MaBP)的乔木植物花粉中以松属占优势为主要特征,松属在一定程度上反映气候凉爽、干燥。此外,山地针阔叶混交林中最重要阔叶树种的桦的出现也表明气候偏冷。同时,还出现了少量喜冷湿的云杉。但是,少量的暖性针叶树种雪松、罗汉松等的出现,表明当时气候还没有达到寒冷的程度。带中草本植物花粉占绝对优势,主要是蒿、藜科、菊科、禾本科,这些植物一般要求温凉略干的生态环境。另外,还分布少量耐旱灌木植物花粉绣线菊、麻黄,喜湿热的蕨类孢子很少见,表明当时气候偏干。据以上分析可推断,当时在该区广泛生长着以蒿、藜科耐旱植物为主的草原植被,以松属为主的针叶林镶嵌其中,并伴有少量的桦阔叶树种,呈现疏林草原植被景观。这些古植被景观<sup>[13]</sup>表明该时期气候温凉而干旱。

孢粉带B时期(5.31~5.05 MaBP)以草本植物花粉为主,花粉组合中仍以藜科、蒿为主要成分,但呈现下降趋势。乔木植物花粉总量有所增加,呈现上升趋势,仍以松属为主,但较上带略有下降,而喜暖湿的常绿栎、落叶栎等栎属阔叶树有所增加,喜冷湿的云杉在该时段消失,同时耐旱灌木植物孢粉麻黄、绣线菊等含量呈现下降趋势,可推断当时在该区为针、阔叶混交林森林-草原植被景观。从植被上看,与前带相比,此时气候变得稍微温和、湿润<sup>[18]</sup>。

孢粉带C时段(5.055~4.72 MaBP)乔木植物花粉含量明显增多,草本植物花粉(31.81%)则呈现下降趋势。乔木植物花粉中仍以松属为主要成分,常绿栎较前带明显增加,并出现少量亚热带分子和新近纪形态属分子如漆树科,因此,此时气候应是向温暖潮湿的方向进一步转化。草本植物花粉中的藜科、蒿仍占主导地位,但均呈现下降趋势,同时喜温暖的蕨类孢子水龙骨、凤尾蕨、铁线蕨等少量出现,由此可以推断该区此时为以松为主的暖温带针阔叶混交林植被。

孢粉带D时段(4.72~4.40 MaBP)孢粉组合中乔木与草本植物花粉含量接近,乔木植物花粉类型主要为松,另外喜暖湿的常绿栎、落叶栎等均达到剖面最高值,且热带、亚热带分子如胡桃、木兰等的出现也从一定程度上说明气候变得较为温暖;草本植物花粉以蒿、藜为主,但波动剧烈;同时喜温暖





的蕨类孢子水龙骨、凤尾蕨、铁线蕨等也在该时段达到剖面的峰值,说明此时已是较为潮湿的气候环境<sup>[6]</sup>。由此可以推断当时在该地区为针阔叶混交林森林植被景观,表现为一种亚热带温暖潮湿的气候环境。

## 5 结论与讨论

(1) 纵观札达盆地托林剖面的孢粉组合,其特点是:自始至终都以草本植物(蒿、藜属)花粉和乔木植物(松属)花粉占主导地位,但从不同阶段木本、草本及蕨类孢粉的相互消长可以看出植被随气候变化的演化情况。从孢粉组合特征和ESR测年数据来看,其地质时代应属上新世早中期。

(2) 札达盆地托林剖面的孢粉分析表明,札达盆地上新世5.4~5.05 Ma时期,早期为温凉而干旱的疏林草原植被气候,随后转变为温暖稍湿的森林草原植被气候;到了上新世5.05~4.40 Ma时期,转变为温暖潮湿的亚热带针阔叶混交林气候;同时在该剖面曾采到的额鼻角犀(亚科)Dicerorhininae和鼠兔*Ochotona* sp.前臼齿化石<sup>[9]</sup>也从一定程度上反映了当时的气候较温暖湿润。

(3) 本文只是笔者就孢粉分析结果对古气候变化进行的初步探讨,只能从一定程度上反映孢粉化石所在地层当时的气候、环境及植被状况,要定量描述札达盆地托林剖面地区古温度的问题,还需更进一步的深入研究。

致谢:在野外工作期间得到西藏自治区国土资源厅王保生厅长、厅培训中心主任平错、中国地质调查局拉萨安全保障工作站负责人李全文、河南地质勘查局区域地质调查院王建平院长、局区域地质调查队刘彦明队长和地质力学研究所1:25万当雄幅填图项目组全体成员的大力协助,使该项研究得以顺利进行,在此一并表示衷心的感谢。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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,1993.249-263.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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[A].见:喜马拉雅岩石圈构造演化——西藏地球物理论文集[C].北京:地质出版社,1990.198-206.
- [6] 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.
- [7] 西藏自治区地质矿产局(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.
- [8] 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.
- [9] 孟宪刚,朱大岗,赵希涛,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.
- [10] 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.
- [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.
- [12] 韩建恩,余佳,孟庆伟,等.西藏阿里札达盆地香孜剖面孢粉分析[J].地质力学学报,2005,11(4):320-327.
- [13] 王燕,王书兵,蒋复初,等.河北阳原槽村剖面孢粉组合特征及古气候意义[J].地质通报,2003,22(9):665-669.
- [14] 杨振京,许清海,孟令尧,等.燕山地区表土花粉与植被间的数量关系[J].植物生态学报,2003,27(6):804-809.
- [15] 中国第四纪孢粉数据库小组.表土孢粉模拟的中国生物群区[J].植物学报,2001,43(2):201-209.
- [16] 马玉贞,方小敏,李吉均,等.酒西盆地晚第三纪—第四纪早期植被与气候变化[J].中国科学(D辑),2004,34(2):107-116.
- [17] 李建国,周勇.西藏西部札达盆地上新世孢粉植物群及古环境[J].微体古生物学报,2001,18(1):89-96.
- [18] 张玉兰,杨永兴.中新世以来黑龙江同江地区的孢粉组合与植被、气候演化[J].地理科学,2002,22(4):426-429.