

赵森, 张文卿, 蔡五田, 等. 西藏南羌塘盆地重要湖盆孢粉组合与环境意义[J]. 地理科学, 2018, 38(6): 987-996. [Zhao Miao, Zhang Wenqing, Cai Wutian et al. Sporopollen Combination in Southern Qiangtang Basin and Environment Significance. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(6): 987-996.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.06.019

西藏南羌塘盆地重要湖盆孢粉组合与环境意义

赵森, 张文卿, 蔡五田, 李颖智, 耿婷婷, 张涛, 张智印, 张学敏

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051; 四川省地矿局九一五
水文地质工程地质队, 四川 眉山 620020)

摘要: 对南羌塘盆地内流湖盆地多个湖盆晚更新世—全新世地层孢粉组合进行分析, 采用蒿属(*Artemisia*)与藜科(*Chenopodiaceae*)比值(A/C值)和麻黄(*Ephedra*)、藜科、蒿属含量变化趋势分析, 恢复了该地区的植被与气候变化特征, 总结了3个钻孔和区域上湖盆环境干湿度变化规律: 扎仓茶卡湖盆南侧、搭拉不错湖盆南侧, 呈针阔叶混交森林草原植被, 气候总体温暖湿润; 别若则错湖盆西侧, 呈针阔叶混交疏林植被, 气候总体较寒冷干燥。区域上由西向东干燥程度逐渐加强, 佐证了通过孢粉组合分析得出的气候变化特征。此次成果对南羌塘盆地湖盆地气候演变趋势具有重要的研究意义。

关键词: 南羌塘盆地; 内流湖盆地; 孢粉组合; 气候; 干燥程度

中图分类号: P66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2018)06-0987-10

孢粉研究作为古环境恢复的重要手段目前应用较广, 它能够揭示古植被演替, 反映地区古气候特征, 具有科学意义。西藏地区海拔高, 工作环境恶劣, 总体上孢粉研究开始较晚, 相对较弱, 由于其地理位置险要, 对中国气候环境有至关重要的影响作用, 对该地区古环境气候进行研究具有重要意义。

前人对西藏地区的湖盆气候研究主要集中在西藏西部的阿里地区、象泉河流域, 主要为札达盆地(晚新生代沉积盆地), 其上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^[2-5, 10, 11, 21, 24, 33, 35-37]。对西藏北部湖盆地区研究多集中于扎布耶盐湖^[28]、错鄂湖^[1]、纳木错沉积、色林错^[13]、那曲孔玛盆地^[12, 13, 30, 34]。而对南羌塘盆地中的扎仓茶卡湖盆、别若则错湖盆、搭拉不错湖盆研究很弱, 目前对冲洪积沉积物中孢粉研究也相对较少。本文对南羌塘盆地中的扎仓茶卡湖盆、别若则错湖盆、搭拉不错湖盆中孢粉特征进行研究, 多在冲洪积物中, 并对约8 700 km²内的多个湖盆孢粉反映的干湿度变化趋势进行了分析, 此次工作对西藏北部南羌塘盆地的重要湖盆环境演化与古

气候恢复具有重要意义, 可以为西藏北部湖盆地区的孢粉数据做补充, 为研究西藏北部环境演化提供科学支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区南羌塘盆地重要湖盆位于西藏北部地区, 行征区划属西藏自治区改则县、革吉县所辖, 距拉萨市约1 500 km, 地理坐标: 82°30′~84°00′E, 32°00′~33°00′N。羌塘高原占据着西藏自治区的北半部^[20], 它南起冈底斯山脉和念青唐古拉山脉西段, 北至昆仑山脉, 西迄国境, 东止于青藏公路西侧内外流分水岭脊, 面积约60万km², 平均海拔为5 000 m; 为世界屋脊—青藏高原的主体。研究区地势北缓南陡, 北部地势平缓, 相对高差在200~400 m间, 南部高峻陡险, 多为断块山, 沟谷狭窄, 相对高差在500~1 200 m间。区内最高为测区南部的扎波拉, 海拔6 028 m。

1.2 研究区地层

研究区剖面揭露了晚更新世—全新世地层,

收稿日期: 2017-07-09; **修订日期:** 2017-11-09

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(12120113038200, 12120114059601, DD20160298)资助。[Foundation: Geological Survey Project of China Geological Survey (12120113038200, 12120114059601, DD20160298).]

作者简介: 赵森(1988-), 女, 吉林长春人, 工程师, 主要研究方向为第四纪地质与环境演变。E-mail: 494136150@qq.com

下伏晚更新统底界地层未能出露。

上更新统中段:冲洪积(Q_3^{2al+pl}),该地层广泛掩埋于山前平原及各大湖盆之下,水文钻孔均有揭露,厚度30~70 m,岩性为黄褐色(含)泥质砾石、(含)泥质卵石、粉质粘土、亚粘土。上更新统上段:冲洪积(Q_3^{3al+pl}):该地层广泛掩埋于山前平原及各大湖盆之下,岩性为黄褐色(含)泥质砾石、(含)泥质卵石、粉质粘土、亚粘土,厚度为15~30 m。湖积(Q_3^{3l}):该地层分布于仓木错东北部、茶卡错东北部以及达拉不错北部,及掩埋于湖积平原之下,厚度为10~20 m,主要于湖滨阶地出露。岩性为黄褐色含泥质砾石、含泥质卵石,灰褐色-灰黑色淤泥、细砂。洪积(Q_3^{3pl}):该地层分布山间支谷内的洪积扇,岩性为杂色漂卵石,厚度为10~30 m不等。全新统下段:冲洪积(Q_4^{1al+pl}):该地层广泛分布于山前平原表部,厚度一般2~5 m,二元结构较为明显,上部一般有0.5~2.0 m的亚砂土、亚粘土,结构稍密或呈可塑状;下部主要为黄褐色含泥质砾石、含泥质卵石等。湖积(Q_4^{1l}):该地层主要分布于工作区湖积平原之下,厚度一般3~6 m,地层上部一般为1~2 m的亚粘土、粘土,下部为灰褐色(含)泥质砾石。洪积(Q_4^{1pl}):该地层分布在山前及支沟的洪积扇,厚度一般5~8 m,岩性混杂,上部主要为黄褐色亚砂土,下部泥质碎石、泥质角砾等。坡洪积(Q_4^{1dpl}):主要分布于山前的坡洪积扇,厚度一般2~3 m,岩性为黄褐色亚砂土、泥质块石、泥质碎石、泥质角砾等。

全新统上段:沼泽堆积(Q_4^{2n}),主要分布于湖泊周边沼泽地,厚度1~3 m,表部多为黄褐色草根,厚0.2~0.3 m;下部为黄褐色或灰黑色亚粘土或淤泥土,厚一般0.5~1.5 m,富含有机质,质地较均一,夹少量砂砾、卵石,呈软塑或流塑状。冲洪积(Q_4^{2al+pl}):主要分布在河流漫滩及河床,以杂色砾石、卵石、漂卵石为主,局部表层覆盖薄层细砂、中砂或泥质细砂。

1.3 孢粉样品的采集与实验室处理方法

共计取样50块,每块重量略大于100 g,小于200 g。分别为地表浅层取样和3个钻孔取样,取样位置见图1,具体如下:①地表浅层全新世地层取样15块,取样位置见下表,深度范围是0.4~0.8 m;②钻孔编号ZK1位于扎仓茶卡湖盆南侧,取样10块,剖面厚度为5~70 m;钻孔编号ZK5位于别若则错湖盆西侧,取样15块,剖面厚度为5~120 m;钻孔编号ZK7位于搭拉不错湖盆南侧,取样10块,剖面厚度为5~70 m。

实验处理过程中,称取各个样品100 g,加入100 mL与水按1:1混合的浓HCl去钙,洗酸至中性后,加入100 mL的HF溶液去除硅质,洗酸至中性后,再次加入100 mL与水按1:1混合的浓HCl去钙,加入5 g碳酸氢钠中和至中性,重液浮选2次(比重分别为2.0和1.9)。经乙酸酐和浓硫酸混合液处理后,再清洗至无色无味,再用超声波清洗器筛滤残余物,网布孔径为10 μ m;收集网布上的剩余物至小试管,加甘油制片,以备镜下鉴定。

2 结果和分析

2.1 孢粉鉴定与孢粉类型

孢粉鉴定采用蔡司Axio Imager A2研究级生物荧光显微镜,在400倍光学显微镜下鉴定,每个样品统计鉴定争取200粒以上,最少鉴定不少于10个薄片。鉴定参考书籍有《中国植物花粉形态》^[26]《中国蕨类植物孢子》^[27]。共鉴定到4 497粒孢粉,孢粉浓度计算公式为 $PC=P/M$, PC 为孢粉浓度, P 为鉴定的花粉总数, M 为样品质量。通过计算得到孢粉平均浓度45粒/g。在孢粉样品中共发现28个科、属。其中乔木植物花粉、灌木与草本植物花粉和蕨类孢子分别为9、5、9和5个科、属。孢粉组合中以乔木植物花粉含量为主,平均含量为47.65%,其次为草本植物花粉(占39.72%),灌木植物花粉及蕨类植物孢子分别为7.41%及5.23%。主要孢粉类型(图2)为乔木植物花粉:冷杉属(*Abies*)、云杉属(*Picea*)、雪松属(*Cedrus*)、松属(*Pinus*)、铁杉属(*Tsuga*)、栎属(*Quercus*)、胡桃属(*Juglans*)、桦木属(*Betula*)、桤木属(*Alnus*)。灌木植物花粉:榛属(*Corylus*)、木樨科(*Oleaceae*)、柃柳科(*Tamarix*)、蔷薇科(*Rosaceae*)、麻黄属(*Ephedra*)。草本植物花粉:藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、唇形花科(*Labiatae*)、十字花科(*Cruciferae*)、牻牛儿苗科(*Geraniaceae*)、葎草属(*Humulus*)、豆科(*Leguminosae*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)。蕨类植物孢子:石松科(*Lycopodiaceae*)、凤尾蕨属(*Pteris*)、水龙骨科(*Polypodiaceae*)、单缝孢子(*Monoletes*)、三缝孢子(*Triletes*)。

2.2 孢粉组合与古气候恢复

2.2.1 湖盆全新世地层取样

在本区湖盆全新世地层取样15个,深度范围是0.4~0.8 m,代表面积约为8 700 km²。15个不同



图1 采样位置

Fig.1 Location of samples

取样地点孢粉组合特征如下:

共统计孢粉总数 1 278 个。木本植物花粉占孢粉总量的 63.85%,有冷杉属、云杉属、雪松属、松属、铁杉属、栎属、胡桃科、木犀科、大戟科、麻黄属、蔷薇科。草本植物花粉占 30.36%,有藜科、蒿属、菊科、唇形花科、十字花科、牻牛儿苗科、葎草属。蕨类植物孢子占 5.79%,有石松科、凤尾蕨属、单缝孢子、三缝孢子。植被以针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被为代表,反应气候温凉较干^[7-9,17-19,22]。

2.2.2 3个钻孔剖面特征

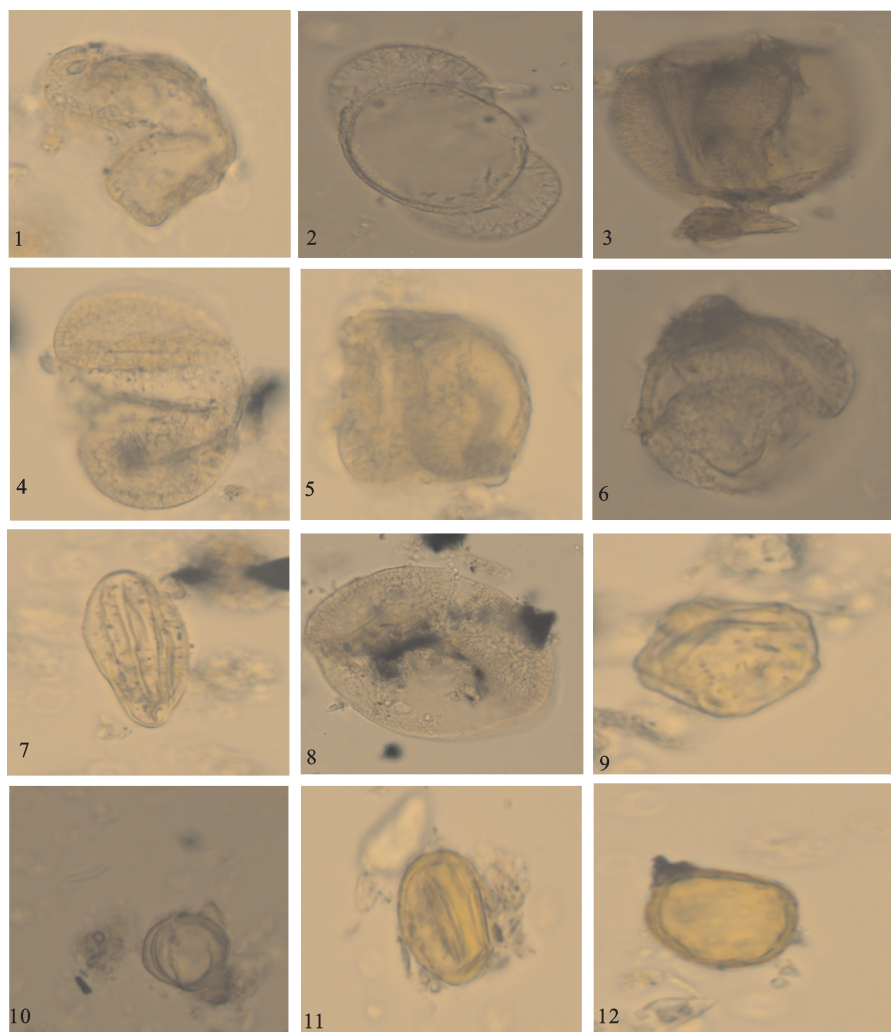
ZK1 钻孔位于扎仓茶卡湖盆南侧,深度为 5~70 m,取样 10 块,共含孢粉 1 764 粒。根据地层所负载的古植物孢粉信息,划分为 5 个孢粉组合带(图 3)。

ZK5 钻孔位于别若则错湖盆西侧,深度为 5~120 m,取样 15 块,共含孢粉 266 粒。根据地层所

负载的古植物孢粉信息,划分为 2 个孢粉组合带(图 4)。

ZK7 钻孔位于搭拉不错湖盆南侧,深度为 5~70 m,取样 10 块,共含孢粉 1 180 粒。根据地层所负载的古植物孢粉信息,划分为 2 个孢粉组合带(图 5)。

1) ZK1 深度 5~25 m、ZK5 深度 5~50 m 与 ZK7 深度 30~70 m,孢粉组合极度相似。ZK1 深度 5~25 m 包括孢粉带 III、IV、V;ZK5 深度 5~50 m 为孢粉带 II;ZK7 深度 30~70 m 为孢粉带 I,孢粉组合类型相似,判定为同一时期的沉积,且含量高,为木本植物花粉优势带,在 3 个钻孔孢粉组合中分别占 69.95%、67.49%、54.48%,主要类型有冷杉属、云杉属、松属、栎属、桦木属、桤木属、榛属、柞柳科、麻黄属、蔷薇科。草本植物花粉,在 3 个钻孔孢粉组合中分别占 21.88%、27.97%、44.56%,主要类型有藜科、菊科、蒿属、唇形花科、十字花科、豆科、毛



1 松属;2 松属;3 松属;4 松属;5 松属;6 松属;7 麻黄属;8 云杉属;9 胡桃属;10 栎属;11 栎属;12 藜科(放大400倍)
孢粉化石采样地点:1位于TY49-扎仓茶卡湖盆北侧,2位于TY44-普让湖盆,3位于ZK1钻孔-扎仓茶卡湖盆南侧,
4位于ZK1钻孔-扎仓茶卡湖盆南侧,5位于ZK5钻孔-别若则错湖盆西侧,6位于ZK5钻孔-别若则错湖盆西侧,
7位于ZK7钻孔-达拉不错湖盆南侧,8位于ZK7钻孔-达拉不错湖盆南侧,9位于TY40-拉不错湖盆西侧,10位
于TY19-仓木错湖盆南侧,11位于ZK5钻孔-别若则错湖盆西侧,12位于ZK7钻孔-达拉不错湖盆南侧

图2 研究区主要花粉类型

Fig.2 Main pollen type in the study area

蕨科。蕨类植物孢子,在3个钻孔孢粉组合中分别占8.17%、4.54%、0.96%,主要类型有石松科、凤尾蕨属、水龙骨科、单缝孢子、三缝孢子。植被以针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被为代表,反应气候较为温和较干。

2) ZK1深度25~40 m与ZK5深度50~120 m孢粉组合极度相似,判定为同一时期的沉积。ZK1深度25~40 m为孢粉带Ⅱ;ZK5深度50~120 m为孢粉带Ⅰ。孢粉含量极低,木本植物花粉优势带,主要类型有松属、铁杉属、麻黄属。草本植物花粉主要有藜科、蒿属。蕨类植物孢子有石松科、三缝

孢子。孢粉组合代表当时地面植被覆盖度极低,反应气候以干为主且寒冷。

3) ZK1深度40~70 m,包括4个样品,孢粉带Ⅰ。本带孢粉含量高,且木本植物花粉占优势,占本带孢粉总量的80.83%,有冷杉属、云杉属、松属、铁杉属、桉木属、蔷薇科、麻黄属。草本植物花粉占13.14%,有藜科、菊科、蒿属、唇形花科、十字花科。蕨类植物孢子占6.03%,有石松科、凤尾蕨属、水龙骨科、单缝孢子、三缝孢子。植被以针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被为代表,反应气候温暖湿润。

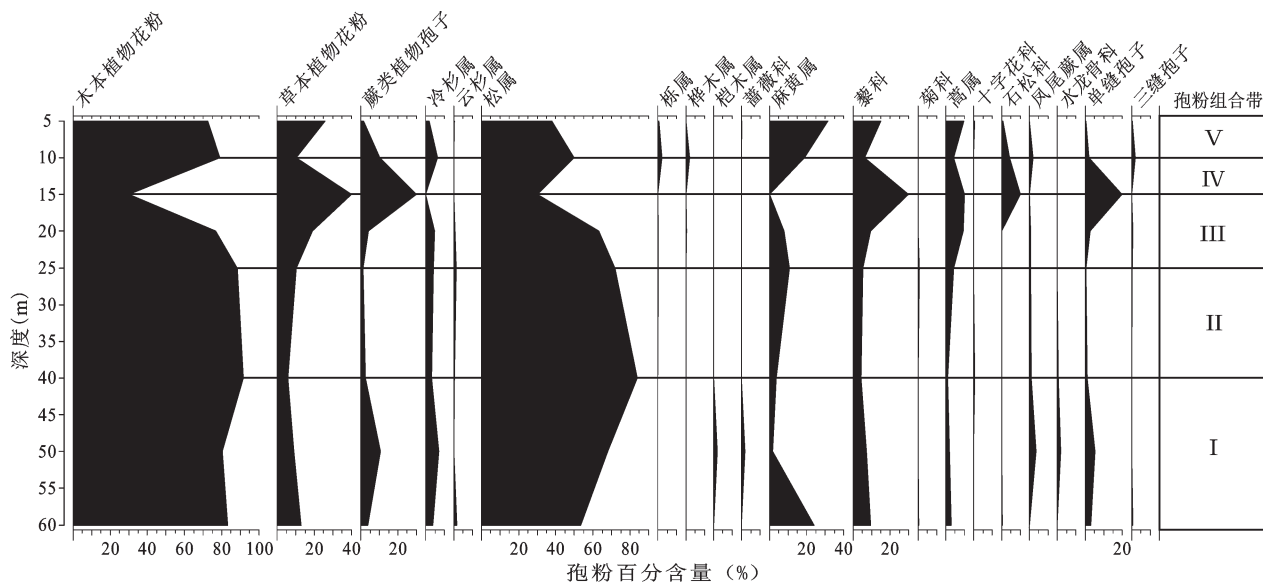


图3 ZK1 钻孔孢粉组合特征

Fig.3 Sporopollen assemblages icon of drilling ZK1

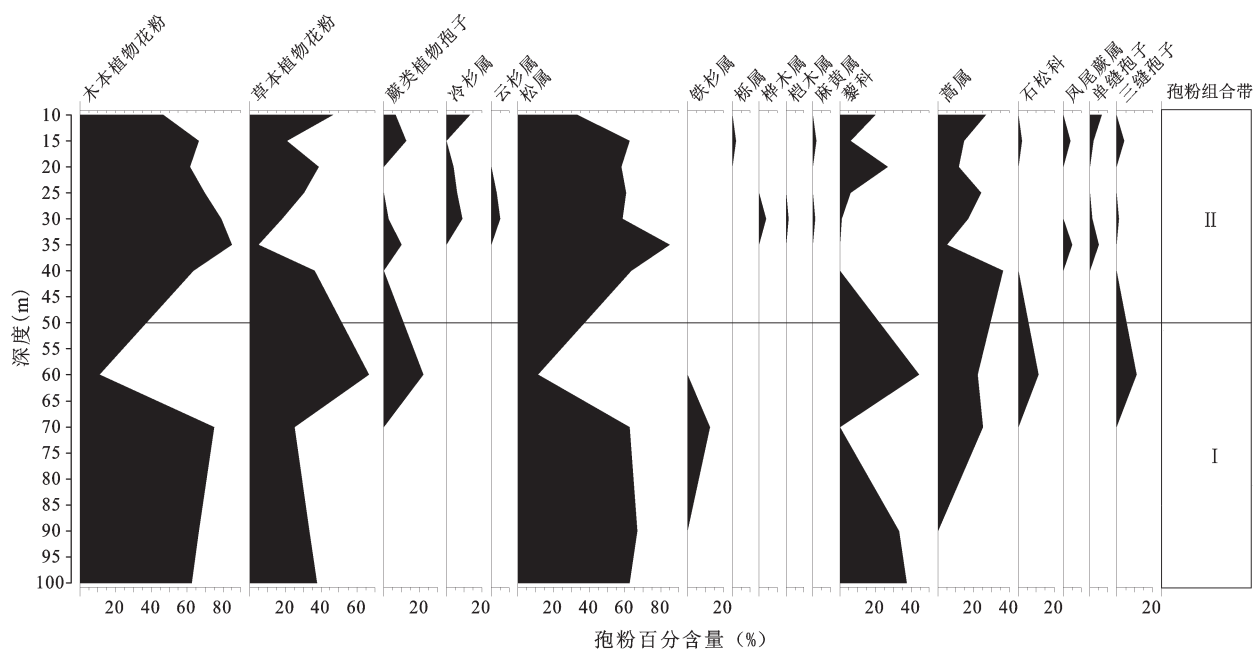


图4 ZK5 钻孔孢粉组合特征

Fig.4 Sporopollen assemblages icon of drilling ZK5

4) ZK7 深度 5~30 m, 有 5 个样品, 孢粉带 II。孢粉总量较少, 草本植物花粉优势带, 占本带孢粉总量的 48.45%, 有藜科、菊科、蒿属、唇形科、豆科。木本植物花粉占 44.64%, 有冷杉属、云杉属、松属、桦木属、麻黄属。蕨类植物孢子占 6.91%, 有凤尾蕨属、水龙骨科、单缝孢子、三缝孢子。孢粉组合代表当时地面植被覆盖度较低, 反

应气候以干为主且较凉。

5) 各钻孔的极端气候所在深度: 钻孔 ZK1 深度 15 m、30 m 所处位置孢粉含量低, 仅有少量松属、藜科、蒿属、石松科、单缝孢子, 分析认为 15 m、30 m 所在深度为恶劣气候突变期, 寒冷干燥。

钻孔 ZK5 深度 5 m 和 50 m 所处位置未发现孢粉存在, 分析认为其所在深度为极端气候突变期,

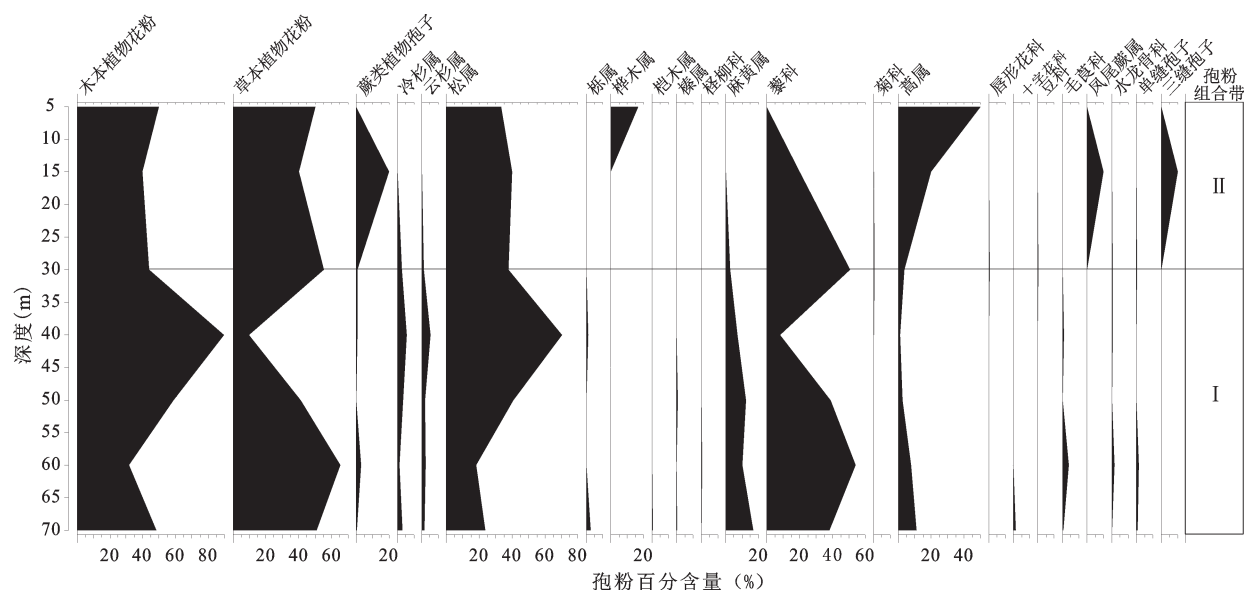


图5 ZK7钻孔孢粉组合特征

Fig.5 Sporopollen assemblages icon of drilling ZK7

寒冷较湿润。

钻孔 ZK7 深度 25 m 所处位置未发现孢粉出现,分析认为其所在深度为极端气候突变时期,寒冷干燥;

2.3 区域上干湿变化趋势分析

藜科、菊科代表气候干旱,蒿属、禾本科、莎草科代表气候湿润。翁成郁、许清海^[25,27]等认为麻黄是荒漠中稀疏灌木,是极度干旱荒漠区的代表植被。多位学者^[29,31]研究了中东地区、西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系,指出 A/C 花粉含量比值可作为干燥程度的一个指示参数,对气候、环境恢复具有很大意义,认为高含量的蒿属花粉代表较温湿的高海拔地区的干草原,高含量的藜科花粉代表低海拔地区的荒漠^[32]。使用 A/C 值恢复古环境时,其前提条件是蒿属与藜科花粉之和必须占优势,起码超过花粉总数的一半, A/C 值才有指示旱生植被的生态意义,荒漠区的 A/C 值在 0.5 以下,荒漠草原约在 0.5~1.2,草原区大于 1.0^[15]。李月丛等^[7]对中国荒漠区东部花粉与植被的关系研究认为,麻黄属/蒿属与蒿属/藜科一样具有指示干旱区环境意义,典型荒漠群落花粉组合 A/C 值小于 0.5,麻黄属/蒿属大于 0.1,草原化荒漠群落花粉组合 A/C 值多为 0.5~2.0,麻黄属/蒿属小于 0.1。

2.3.1 麻黄、蒿属、藜科花粉百分含量变化规律

代表干旱气候的麻黄属花粉百分含量, TY 样

品在 0~12.5%, 平均为 6.3%, ZK1 位置为 0~31.4%, 平均为 11.5%, ZK5 位置为 0~2.1%, 平均为 0.2%, ZK7 位置为 0~16.7%, 平均为 4.8%。代表湿润气候的蒿属花粉百分含量, TY 样品在 0~24.8%, 平均为 15.0%, ZK1 位置为 0~12.9%, 平均为 4.8%, ZK5 位置为 0~36.4%, 平均为 12.2%, ZK7 位置为 0~50%, 平均为 13.7%。代表干旱气候的藜科花粉百分含量, TY 样品在 0~66.7%, 平均为 20.8%, ZK1 位置为 0~30%, 平均为 9.6%, ZK5 位置为 0~44.4%, 平均为 7.0%, ZK7 位置为 0~53.8%, 平均为 34.99%。

TY 样品中麻黄属和藜科比例大于蒿属, 反应气候干燥(图 6a)。ZK1 样品中麻黄属和藜科比例大于蒿属, 反应气候干燥(图 6b)。ZK5 样品中麻黄属和藜科比例小于蒿属, 反应气候湿润(图 6c)。ZK7 样品中麻黄属和藜科比例大于蒿属, 反应气候干燥(图 6d)。

2.3.2 蒿属/藜科(A/C)值的变化规律

TY 样品在 0~2.88%, 平均为 0.84。钻孔的 A/C 值统计去掉 1 个最高值, 1 个最低值, ZK1 位置为 0~1, 平均为 0.54, ZK5 位置与 ZK1 和 ZK7 取相同深度 5~70 m A/C 值为 0~4, 平均为 0.90, ZK7 位置为 0~0.29, 平均为 0.09。可见深度 5~70 m A/C 值 ZK5 高于 ZK1 高于 ZK7。

A/C 值由西向东逐渐升高(图 7a), 干旱程度由

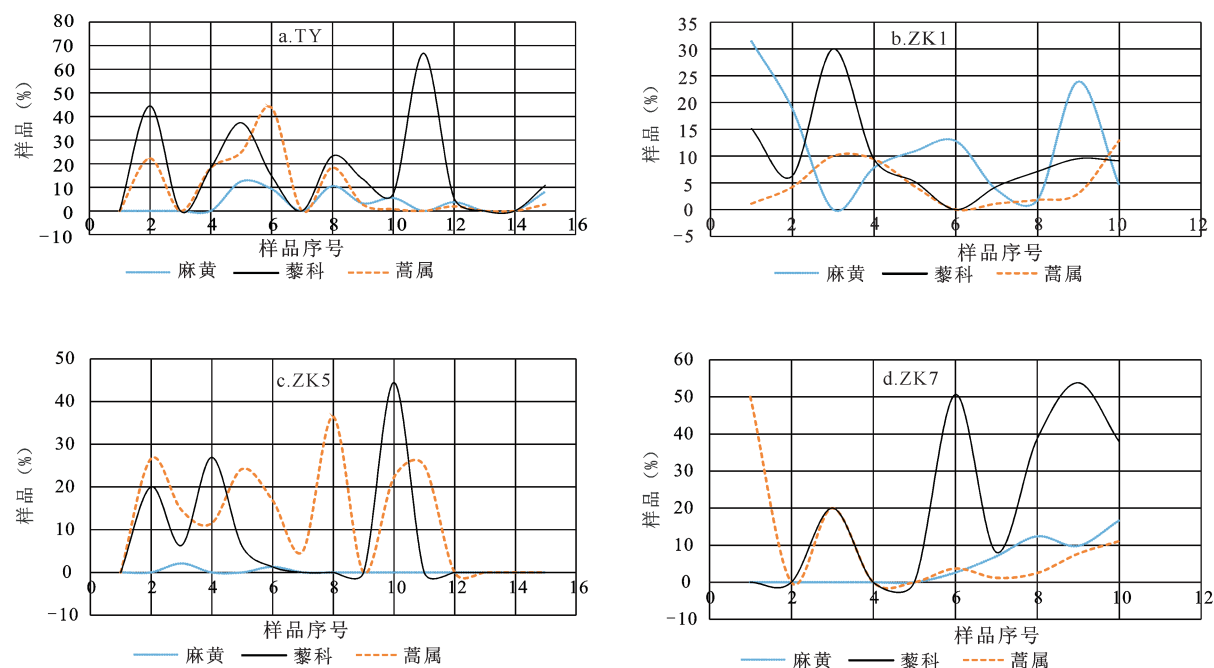


图6 4个取样位置麻黄、蒿属、藜科花粉百分含量

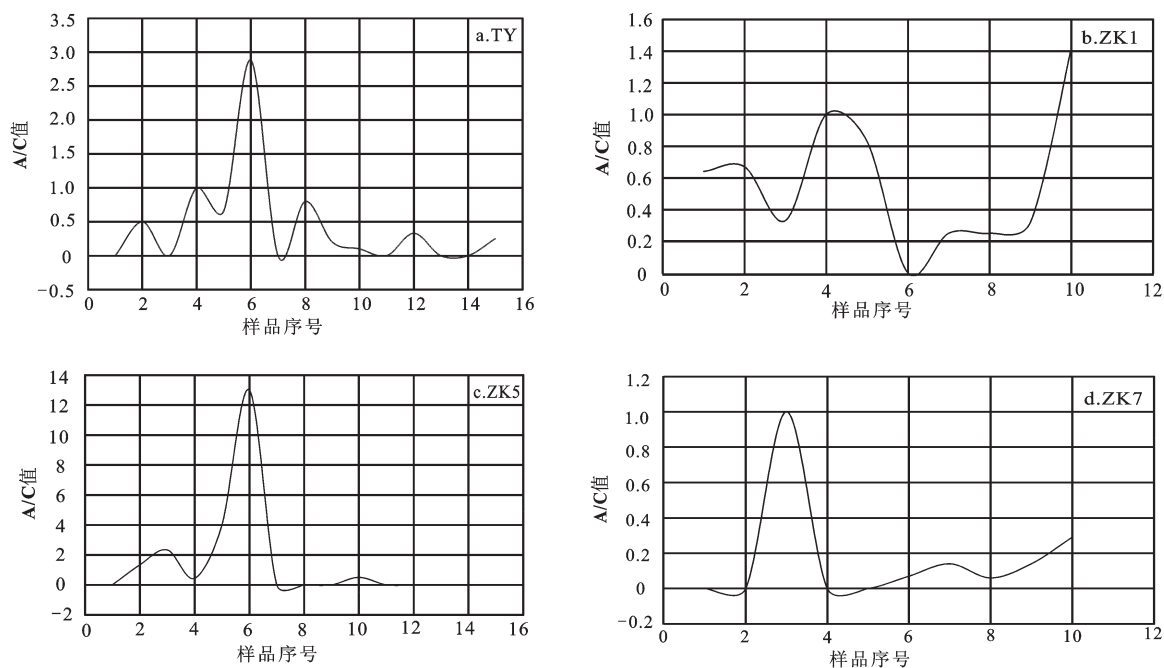
Fig.6 The percentage of *Ephedra*, *Artemisia* and *Chenopodiaceae* pollen in four sampling locations

图7 A/C值的变化规律

Fig.7 The value changing rule of A/C

西向东降低。A/C值由北向南逐渐升高,干旱程度由北向南逐渐降低。TY样品的A/C值,TY25位置A/C为峰值2.88,TY17、TY40为1、0.80较高。其余TY样品A/C为0~0.5,TY09、15、31、51、54、57

的A/C为0,且孢粉含量极低,证明沉积时气候极度干燥(图7a)。

根据孙湘君^[15]提出A/C值恢复古环境结论,前提是蒿属、藜科花粉总和超过花粉总数一半,结合

此次孢粉含量及孢粉组合类型综合分析认为TY51深度0.5 m为荒漠区, TY14深度0.4 m、TY19深度0.7 m为荒漠草原。TY25深度0.5 m为草原区。

钻孔剖面ZK1的A/C值在深度20 m出现次峰值1, 深度70 m出现峰值1.42。30~70 m A/C值为0.25~1.42。A/C值呈5~15 m逐渐降低, 15~20 m逐渐升高, 20~30 m逐渐降低, 30~70 m逐渐升高。分析认为气候在5~15 m逐渐干燥, 15~20 m气候逐渐湿润, 20~30 m急剧变为干燥, 30~70 m逐渐湿润(图7b)。钻孔剖面ZK5的A/C值在深度30 m出现次峰值13, 深度10、15、25 m出现较大值1.33、2.33、4。深度35~120 m A/C值大多为0。分析认为气候在5~30 m总体逐渐湿润, 25~120 m气候逐渐干燥(图7c)。钻孔剖面ZK7的A/C值在深度15 m出现次峰值1, 深度30~70 m随深度增加A/C值变大, A/C值在0.07~0.29。分析认为气候在5~15 m逐渐湿润, 15~25 m气候逐渐干燥, 25~70 m气候逐渐湿润(图7d)。

3 结论

1) 在扎仓茶卡北侧湖盆地层, 仓木错湖盆北侧冲洪积地层, 普让湖盆湖沼地层, 拉不错湖盆周边地层, 孢粉含量高, 全新世晚期气候温暖湿润。

2) 在搭拉不错湖盆北侧地层, 别若则错湖盆周边冲洪积地层, 吓嘎错湖盆周边冲洪积地层, 仓木错湖盆湖积地层, 扎嘎尔藏布冲积地层, 次丁错湖盆北东侧冲洪积地层, 位于别若则错湖盆, 别塘湖盆周边地层, 扎仓茶卡东侧支谷地层, 帕古沐藏布冲积地层, 孢粉含量较低, 且A/C多为0, 佐证了全新世晚期沉积时气候寒冷干燥。

3) 剖面ZK1-扎仓茶卡湖盆南侧: 沉积环境植被由针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被, 演变为地面植被覆盖度极低荒漠, 再发展为针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被, 至针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被。气候演变为: 温暖湿润-干冷-温凉较干-凉较干-温暖湿润。

剖面ZK5-别若则错湖盆西侧: 其沉积环境植被前期为植被覆盖度极低的荒漠, 后期为针阔叶混交疏林植被, 气候前期为干稍凉, 后期寒冷较湿润。

剖面ZK7-搭拉不错湖盆南侧: 沉积环境植被

由针叶树为主的针阔叶混交森林草原植被, 退化为植被覆盖度极低的针阔叶混交林草原, 气候由温暖湿润发展到寒冷干燥。

4) 根据麻黄、蒿属、藜科花粉百分含量变化规律和A/C值的变化规律, 分析区域上干湿度变化趋势, 佐证了孢粉组合得出的气候特征。

参考文献(References):

- [1] 陈诗越, 王苏民, 吴艳宏. 西藏错鄂湖沉积旋回与古环境变迁[J]. 地球学报, 2006, 27(4):315-322. [Chen Shiyue, Wang Sumin, Wu Yanhong. Sedimentary cycles and paleoenvironmental pvolution of the Co Ngoin Lake in Tibetan Plateau since late Cenozoic. Acta Geoscientica Sinica, 2006, 27(4):315-322.]
- [2] 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. [Han Jianen, Yu Jia, Meng Qingwei et al. Palynological records in the Qangze section of the Zanda Basin, Ngari, Tibet. Journal of Geomechanics, 2005, 11(4):320-327.]
- [3] 江尚松, 向树元, 徐亚东. 西藏札达盆地晚上新世-早更新世孢粉组合及其地质意义[J]. 地质科技情报, 2010, 29(4):21-31. [Jiang Shangsong, Xiang Shuyuan, Xu Yadong. Tibet Zagreb sporopollen combination of basin in the late pliocene, early pleistocene and its geological significance. Geological Science and Technology Information, 2010, 29(4): 21-31.]
- [4] 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. [Li Jianguo, Zhou Yong. Tibet western Zagreb basin pliocene palynoflora and ancient environment. Acta Micropaleontology Sinica, 2001, 18(1):89-96.]
- [5] 李建国, 周勇. 西藏札达盆地晚上新世古植被型分析[J]. 古地理学报, 2002, 4(1):52-59. [Li Jianguo, Zhou Yong. Palaeovegetation type analysis of the late Pliocene in Zanda basin of Tibet. Journal of Palaeogeography, 2002, 4(1):52-59.]
- [6] 李月丛, 许青海, 肖举乐, 等. 中国北方森林植被主要表土花粉类型对植被的指示性[J]. 第四纪研究, 2005, 25(5):598-608. [Li Yuecong, Xu Qinghai, Xiao Jule et al. Indication of some majorpollen taxa in surface samples to theirparentplants of forest in northern China. Quaternary Sciences, 2005, 25 (5):598-608.]
- [7] 李月丛, 许青海, 阳小兰, 等. 中国荒漠区东部花粉对植被的指示性研究[J]. 科学通报, 2005, 50(13):1356-1364. [Li Yuecong, Xu Qinghai, Yang Xiaolan et al. The indicative of vegetation study on the pollen of desert in the east China. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(13):1356-1364.]
- [8] Lü Houyuan, Wang Shuyun, Shen Caiming et al. Spatial pattern of modern Abies and Picea pollen in the Qinghai-Xizang plateau[J]. Quaternary Sciences, 2004, 24 (1): 39-47.
- [9] Lü Houyuan, Wang Shuyun, Wu Naiqiu et al. A new pollen record of the last 2.8 Ma from Co Ngoin, central Tibetan Plateau [J]. Science in China: Series D, 2001, 44(Supp.), 292-300.
- [10] 吕荣平, 罗鹏, 韩建恩, 等. 西藏札达盆地古格剖面剖面孢粉

- 组合特征及其古气候意义[J].地质通报,2006,25(12):1475-1480. [Lyu Rongping, Luo Peng, Han Jianen et al. Tibet Zagreb torin profile sporopollen assemblages of basin and the ancient climate significance. Geological Bulletin, 2006, 25(12): 1475-1480.]
- [11] 孟宪刚,朱大岗,邵兆刚,等.西藏西部札达盆地早更新世香孜组沉积特征和时代——对青藏高原第四系底界的约束[J].地质通报,2005,24(6):536-541. [Meng Xiangang, Zhu Dagang, Shao Zhaogang et al. Sedimentary characteristics and age of the early Pleistocene Qangze Formation in the Zanda basin, western Tibet, China: Constraints on the lower boundary of the Quaternary of the Tibet-Qinghai Plateau. Geological Bulletin of China, 2005,24(6):536-541.]
- [12] 邵兆刚,孟宪刚,朱大岗,等.西藏那曲孔玛盆地孢粉记录及其环境意义[J].地球科学:中国地质大学学报,2013,38(1):1-9. [Shao Zhaogang, Meng Xiangang, Zhu Dagang et al. Sporopollen record in the Kongma Basin of the Naqu, Tibet, and their environmental significance. Earth Science: Journal of China University of Geoscience, 2013, 38(1):1-9.]
- [13] 沈吉.末次盛冰期以来中国湖泊时空演变及驱动机制研究综述:来自湖泊沉积的证据[J].科学通报,2012,57(34):3228-3242. [Shen Ji. The last sheng glacial lakes in China since the space-time evolution and driving mechanism research overview: Evidence from lake sediment. Chinese Science Bulletin, 2012,57(34):3228-3242.]
- [14] 孙湘君,杜乃秋,陈因硕,等.西藏色林错湖相沉积物的花粉分析[J].植物学报,1993,35(12):943-950. [Sun Xiangjun, Du Naiqiu, Chen Yinshuo et al. Holocene palynological records in lake Selinco, northern Xizang. Acta Botanica Sinica, 1993, 35(12):943-950.]
- [15] 孙湘君,杜乃秋,翁成郁,等.新疆玛纳斯湖盆周围近14000年以来的古植被古环境[J].第四纪研究,1994,8(3):239-248. [Sun Xiangjun, Du Naiqiu, Weng Chengyu et al. Paleovegetation and Paleoenvironment of Manasi Lake, Xin-Jiang, N.W. China during the last 14000 years. Quaternary Sciences, 1994, 8(3): 239-248.]
- [16] Tang Lingyu. Temporal-spatial distribution of vegetation in the Qinghai-Xizang Plateau during the past 12 ka BP[J]. Acta Botanica Sinica, 2002,44(7):872-877.
- [17] 唐领余,李春海.青藏高原全新世植被的时空分布[J].冰川冻土,2001,23(4):367-374. [Tang Lingyu, Li Chunhai. The time and space distribution of the holocene vegetation of the qinghai-tibet plateau. Ice Frozen Soil, 2001,23(4):367-374.]
- [18] Tang Lingyu, Li Chunhai, Yu Ge et al. Pollen-based reconstruction of Holocene vegetation and climatic change of Tibetan Plateau[J]. Chinese Journal of Polar Science, 2003,14(2):99-116.
- [19] 唐领余,沈才明.青藏高原全新世植被花粉记录[J].微体古生物学报,1996,13(4):407-422. [Tang Lingyu, Shen Caiming. The qinghai-tibet plateau of the holocene vegetation pollen records. Journal of Microbody Paleontology, 1996,13(4): 407-422.]
- [20] 万玮,肖鹏峰,冯学智,等.近30年来青藏高原羌塘地区东南部湖泊变化遥感分析[J].湖泊科学,2010,22(6):874-881. [Wan Wei, Xiao Pengfeng, Feng Xuezhong et al. Nearly 30 years qiangtang area southeast of qinghai-tibet plateau lakes change remote sensing analysis. Lake Science, 2010, 22(6):874-881.]
- [21] 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):1005-1012. [Wang Jin, Zhu Dagang, Meng Xiangang et al. Features of the change in Pliocene depositional environment at the Guge formation section in the Zanda basin, Tibet. Geology in China, 2006, 33(5): 1005-1012.]
- [22] 王金亭,李渤生.西藏羌塘高原高寒草原的基本类型与特征[J].植物生态学与地植物学丛刊,1982,6(1):1-13. [Wang Jintong, Li Bosheng. The basic types and characteristics of Tibet qiangtang plateau alpine grassland. Plant Ecology and Geobotanica Sinica, 1982,6(1):1-13.]
- [23] Wang Suming. The availability artifact of research history climate by lake sediment[J]. Chinese Science Bulletin, 1991(1): 54-56.
- [24] 王维亮,张进江,张波.西藏札达盆地构造与沉积特征[J].北京大学学报(自然科学版),2004,40(6):872-878. [Wang Weiliang, Zhang Jinjiang, Zhang Bo. Structural and sedimentary features in Zanda basin of Tibet. Universitatis Pekinensis(Acta Scientiarum Naturalium), 2004, 40(6):872-878.]
- [25] Weng Chengyu, Sun Xiangjun, Chen Yueshi. Surface soil sporopollen composition characters and vegetation number relation in west Kunlun area[J]. Acta Botanica Sinica, 1993, 35(1): 789-791.
- [26] 王伏雄.中国植物花粉形态[M].北京:科学出版社,1995:1-461. [Wang Fuxiong. Pollen morphology in China. Beijing: Science Press, 1995: 1-464.]
- [27] 中国科学院北京植物研究所.中国蕨类植物孢子形态[M].北京:科学出版社,1976:1-451. [Institute of botany, the Chinese academy of sciences. The spore morphology of Chinese ferns. Beijing: Science Press, 1976:1-451.]
- [28] 萧家仪,吴玉书,郑绵平.西藏扎布耶盐湖晚第四纪孢粉植物群的初步研究[J].微体古生物学报,1996,13(4):395-399. [Xiao Jiayi, Wu Yushu, Zheng Mianping. A preliminary study on late Quaternary flora in Chabyer Caka Salt Lake, Xizang(Tibet). Acta Micropalaeontologica Sinia, 1996,13(4):395-399.]
- [29] Xie Shucheng, Pancost R D, Chen Evershed R P et al. Microbial lipid records of highly alkaline deposits and enhanced aridity associated with significant uplift of the Tibetan Plateau in the Late Miocene[J]. Geology, 2012, 40(4):291-294.
- [30] 辛忠雷,陈陵康.西藏第四纪孢粉研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(28):13459-13463. [Xin Zhonglei, Chen Linggang. Quaternary pollen research progress in Tibet. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(28):13459-13463.]
- [31] 许青海,肖举乐,中村俊夫,等.孢粉资料定量重建全新世以来岱海盆地的古气候[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(4):99-108. [Xu Qinghai, Xiao Jule, Nakamura Toshio et al. Quantitative reconstructed climatic changes of Daihai Basin by Pollen

- DATA. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(4): 99-108.]
- [32] 杨振京, 徐建明. 孢粉-植被-气候关系研究进展[J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊): 73-81. [Yang Zhenjing, Xu Jianming. Advances in studies on relationship among pollen vegetation and climate. Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26 (supp.): 73-81.]
- [33] 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. Geology in China, 2007, 34(1): 55-60.]
- [34] 赵振明, 刘爱民, 彭伟, 等. 青藏高原北部孢粉记录的全新世以来环境变化[J]. 干旱区地理, 2007, 30(3): 380-391. [Zhao Zhenming, Liu Aimin, Peng Wei et al. The northern qinghai-tibet plateau sporopollen record since the holocene environment changes. Arid Land Geography, 2007, 30(3): 380-391.]
- [35] 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. Geologica Bulletin of China, 2005, 24 (12): 1111-1120.]
- [36] 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 Zhada basin, Ali, Tibet. Earth Science Frontiers, 2006, 13(5): 308-315.]
- [37] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚. 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[J]. 中国地质, 2007, 34(6): 983-992. [Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang. Tibet ali Zagreb basin pliocene, early pleistocene lacustrine facies strata chronology study. China Geology, 2007, 34(6): 983-992.]

Sporopollen Combination in Southern Qiangtang Basin and Environment Significance

Zhao Miao, Zhang Wenqing, Cai Wutian, Li Yingzhi, Geng Tingting, Zhang Tao, Zhang Zhiyin, Zhang Xuemin

(China Geological Survey of Hydrological Geology Environmental Geological Survey Center, Baoding 071051, Hebei, China;
Nine One Five Hydrogeologic & Engineering Geology Briage of Sichuan Bureau of Geology & Mineral Resources,
Meishan 620020, Sichuan, China)

Abstract: Based on the sporopollen analysis of the Late Pleistocene-Holocene lacustrine strata in multiple lake basin of the southern Qiangtang region, using A/C value and ephedra, chenopodiaceae, Artemisia's amount change trend, this article presents the vegetation and climate change of the area and summarized the variation of dry humidity in three boreholes and basins: the south of Zha Cang Cha Ka basin and Da La bu Cuo Basin were Needle broadleaf mixed forest grassland vegetation and the climate was warm and moist. The west of bie ruo ze cuo basin was Needle broadleaf mixed forest vegetation and the climate was cold and dry. The dry degree is gradually increased from west to east and provide demonstration for climate change. The results obtained from this article have an important significance for the study of the climate change trend in southern Qiangtang Basin.

Key words: Southern Qiangtang Basin; flow within the lake basin; pollen combination; climate; degree of drought