第 23 卷 第 1 期
2002-02/55-62

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTIA SINICA

Vol. 23 No. 1
Feb. 2002/55-62

羌塘盆地查郎拉地区中新生代古气候演化初探

蔚远江[1)] 杨晓萍[2)] 雷振宇[2)] 张 洪[1)] 陆万雨[1)]

(1)中国地质大学能源系,北京,100083;2)中国石油勘探开发科学研究院,北京,100083)

摘 要 通过野外遥感调研和收集整理大量剖面及路线地质资料,讨论了羌塘盆地查郎拉地区气候常量元素、变价元素及微量元素特征;气候沉积物及其分布特征,结合已有的气候指示性古生物化石及岩相古地理资料,首次系统地演绎了本区中新生代古气候特征及其变迁演化史。划分出 8 个气候旋回,指出晚三叠世为热带亚热带温热半潮湿-潮湿气候,组成第Ⅰ气候旋回;中侏罗世呈热带亚热带半干旱→半潮湿气候的周期性变化,组成第Ⅱ、Ⅲ气候旋回;晚侏罗世经历了热带炎热半干燥→温暖半潮湿和潮湿→炎热半干燥气候的演化,组成第Ⅳ、Ⅴ气候旋回;白垩纪气候早期呈温暖半潮湿,晚期转为半干燥-干燥热带、亚热带气候,组成第Ⅵ、Ⅶ气候旋回;第三纪为内陆亚热带的干燥、半干燥→高原温凉气候;第四纪曾出现过 6 次冰期和 5 次间冰期,新生代总体经历了剧烈而频繁的冷暖波动,气候日益干燥和寒冷。最后简单分析了气候旋回与沉积旋回、构造运动和青藏高原隆升的叠加耦合关系,以及古气候变迁的主因。

关键词 古气候演化 气候元素 气候沉积物 气候旋回 中新生代 羌塘盆地

A Preliminary Study of the Mesozoic-Cenozoic Palaeoclimate Evolution in Chalangla Areas, Qiangtang Basin, Northern Tibet

YU Yuanjiang[1)] YANG Xiaopin[2)] LEI Zhenyu[2)] ZHANG Hong[1)] LU Wanyu[1)]

(1 *China University of Geosciences, Beijing*; 2 *Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing*)

Abstract This paper has discussed for the first time the distribution features of climatic sediments and the characteristics of climatic majorelements, valence-changeable electron elements and minorelements in Chalangla area of Qiangtang basin, northern Tibet, and indicated climatic fossils there. The discussion is based on the field remote sensing survey, the study of a series of climatic sediments in many cross sections and route geological records and petrological and geochemical analysis of majorelements and minorelements. Combined with available information of palaeontology and lithofacies paleogeography, the authors have systematically deduced palaeoclimate characteristics and the Mesozoic-Cenozoic transitional evolution in this region, which can be classified into 8 climatic cycles. Late Triassic was warm half-humid to humid in the tropics and subtropics, comprising the first climatic cycle. Middle Jurassic showed cyclical variation of semiarid to half-humid in the tropics and subtropics, forming the second and third climate cycle. Late Jurassic went through the climatic transition from sweltering half-dry to warm half-humid and humid to sweltering half-dry in the tropics, constituting the fourth and fifth climate cycle. Cretaceous was characterized by warm half-moisture in early stage and half-aridness to aridness in the tropics and subtropics in late period, which made up the sixth and seventh climate cycle. Tertiary was mainly frigidly dry in the inland subtropics and semiarid to warm and cool in plateau. Quaternary experienced six times of glacial age and five times of interglacial period. Cenozoic totally underwent violent and frequent fluctuation from cold to warm and tended to be increasingly drier and colder. This paper has also analyzed the superposition-coupling relationship of the Mesozoic-Cenozoic palaeoclimate evolution to sedimentary cycles and tectonic movement and probed into the main reasons of palaeoclimate variation.

Key words palaeoclimate evolution climatic elements climatic sediments climate cycles Mesozoic-Cenozoic Qiangtang basin

青藏高原因其独特的环境地理条件而成为全球气候变化的启动区,也是研究全球变化的一个关键地区。但是目前的研究和文献报道(刘志飞等,1998;王士峰等,1999;颜佳新,1999;李相博等,1999;施雅风等,1999;苏珍等,1999;Wei Lejun 等,2000)绝大多数集中于 近时期以来,尤其是第四纪的气候研究。对羌塘盆地而言,由于其自然地理条件十分恶劣,油气勘探和研究程度较低,中新生代古

本文为原石油天然气集团公司"九五"油气勘探工程重点项目(DQ96YD-04)的部分成果。
改回日期:2001-5-12;责任编辑:宫月萱。
第一作者:蔚远江,男,1966 年生,在读博士生,主要从事储层沉积学、地球化学、盆地分析、煤层气等方面的科研和教学工作。

万方数据

气候研究几乎属于空白区:零星的有关古气候专著(中国科学院青藏高原综合考察队,1984;赵锡文,1992)和文献(陈金华等,1986;王乃文,1986;Coleman M,1995;Blum J D 等,1998;刘志飞等,1998;王士峰等,1999;颜佳新,1999;施雅风等,1999;苏珍等,1999;Wei Lejun 等,2000)很少提及该区,迄今未见对该区的专文报道或系统论述。

工作中通过野外遥感调研和收集大量剖面、路线地质记录中的气候沉积物及其岩石学、常量和微量元素地球化学分析,结合已有的气候指示性古生物资料、岩相古地理资料❶❷,试图首次系统地演绎羌塘盆地查郎拉地区中新生代古气候特征及其变迁演化史,以期为青藏高原地壳演化、板块构造研究,乃至超长期气候预测提供基础资料和论据。

1 研究区概况

羌塘盆地查郎拉地区位于唐古拉山南坡,行政区划属西藏自治区安多县和双湖特别行政区,在大地构造上处于可可西里-金沙江缝合带和班公湖-怒江缝合带之间构造板片内的羌塘盆地南部坳陷的中北部(图 1)。其北邻中央隆起带,南与班公湖-怒江缝合带相接,总体呈 EW 向展布。地层区划属羌塘-昌都地层区羌南地层分区,出露地层为中、新生界,缺失古生界地层,其地层划分及岩性特征见表 1。

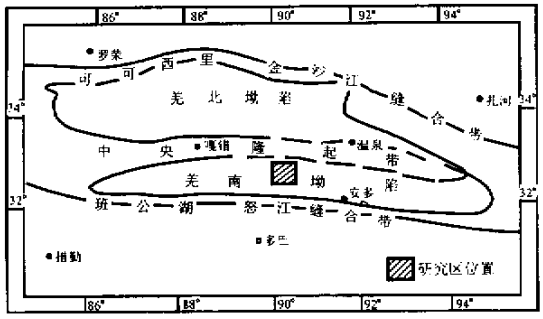

图 1 藏北羌塘盆地构造分区及研究区位置

Fig. 1 Sketch map showing tectonic units and research area in Qiangtang basin, Northern Tibet

表 1 羌塘盆地查郎拉地区地层划分简表

Table 1 Table of strata classification in Chalangla area of Qiangtang basin

地层格架					地层代号	主要岩性
界	系	统	组	段		
新生界	第四系	全新统				现代河湖沉积
		晚更新统				冲洪积砂、砾石层,钙质泉华
	第三系	上新统	石平顶组		N_2sh	粗安岩、熔结凝灰岩及浮岩
		中新统	康托组		N_1k	粉砂岩、粉砂质泥岩夹含砾砂岩及砾岩
中生界	白垩系	上统	阿布山组	三段	K_2a^3	灰红色砾岩与含砾砂岩不等厚互层
				二段	K_2a^2	灰紫色含砾粗砂岩、细砾岩夹泥灰岩
				一段	K_2a^1	紫红色巨砾岩、细砾岩夹含砾粗砂岩
		下统	尕查鄂日组	一至三段	K_1g^{1-3}	泥晶灰岩为主夹少量生物碎屑灰岩
	侏罗系	上统	雪山组	二段	J_3x^2	杂色砂泥岩夹灰岩薄层
				一段	J_3x^1	泥晶灰岩、生和碎屑灰岩夹石英砂岩
			索瓦组		J_3s	灰岩、粉砂岩夹石膏层
		中统	夏里组		J_2x	钙质泥岩、岩屑长石砂岩、生物灰岩
			布曲线	一段	J_2b^2	条带状灰岩、页岩
				一段	J_2b^1	长石砂岩、页岩、泥岩、生物灰岩
				二段	J_2q^2	鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩、泥晶灰岩
			雀莫错组	段	J_2q^1	岩屑砂岩夹泥质粉砂岩
	三叠系	上统	肖查卡组	三段	T_3x^3	灰-深灰色、灰绿色含煤碎屑岩
				二段	T_3x^2	鲕粒砂屑灰岩、泥晶灰岩

2 古气候环境信息的提取

2.1 气候元素及其地球化学特征

不同沉积物中各种元素的存在与迁移受环境条件与元素活性影响,一般都具有明显的气候意义。沉积物中微量元素的分配及比值的变化、组合,都在一定程度上指示着古气候环境的演化历程。因此,气候元素分析已成为恢复古气候的一种重要手段。

❶ 蔚远江. 2002. 羌塘盆地查郎拉地区中生代岩相古地理初探. 沉积学报(待刊).

❷ 青藏项目经理部. 1996. 青藏地区羌塘盆地区域石油地质调查报告(QT96YD-04 工程). (内部资料).

古方数据

2.1.1　中生代地层常量元素分析　研究区中生代地层常量元素系由陕西省地质矿产局实验测试中心采用 X 荧光光谱分析方法进行测定(蔚远江,2000)。根据元素分解迁移特征与特定自然地理环境条件相联系的基本原理分析,本区 Fe_2O_3、FeO 含量具明显消长关系,T_3x^2 与 T_3x^3 样品中,除页岩样品外,FeO/Fe_2O_3 值均小于 1 或远小于 1,表明总体以氧化环境为主;侏罗纪样品的 FeO/Fe_2O_3 比值均大于 1,其中 J_2b 样品远大于 1,说明总体以还原环境为主,尤其 J_2b 沉积期水体有一定深度,还原性较强。MnO 含量在 T_3x^2 至 T_3x^3 期变化不大,但呈上升趋势,至 J_2q 期达最大,J_2b 期也较高,至 J_2x 期又趋降低。Fe、Mn 含量的变化反映本区气候波动频繁,总体具温暖、湿润特点,温暖程度由 T_3x^2 向 T_3x^3 渐增,J_2q、J_2b 均为暖湿程度较高阶段,J_2x 趋向半干燥。MgO 在细屑岩中明显偏高,反映一定程度选择性富集的存在。K_2O、Na_2O 含量总体变化不大,呈温暖特点;其含量在 T_3x^2 至 T_3x^3 期曾有低值,说明这一时期稍有冷暖波动。

2.1.2　中生代地层变价微量元素分析　对区内中生代地层微量元素含量进行统计、作图(图 2)分析,发现 T_3x^3 变价元素除 Mo 外,总体含量较高,Ni、Co、B、V 处于最大值范围,其富集主要与盆外陆源物质供应充足有关。野外见铁质结核,镜下见菱铁矿及褐铁矿,且高岭石大量出现,因此其沉积水体主要处于弱酸性、弱还原-弱氧化介质中,指示一种炎热—中等潮湿气候环境。

斯特拉霍夫(1960)把潮湿气候区地层的元素分

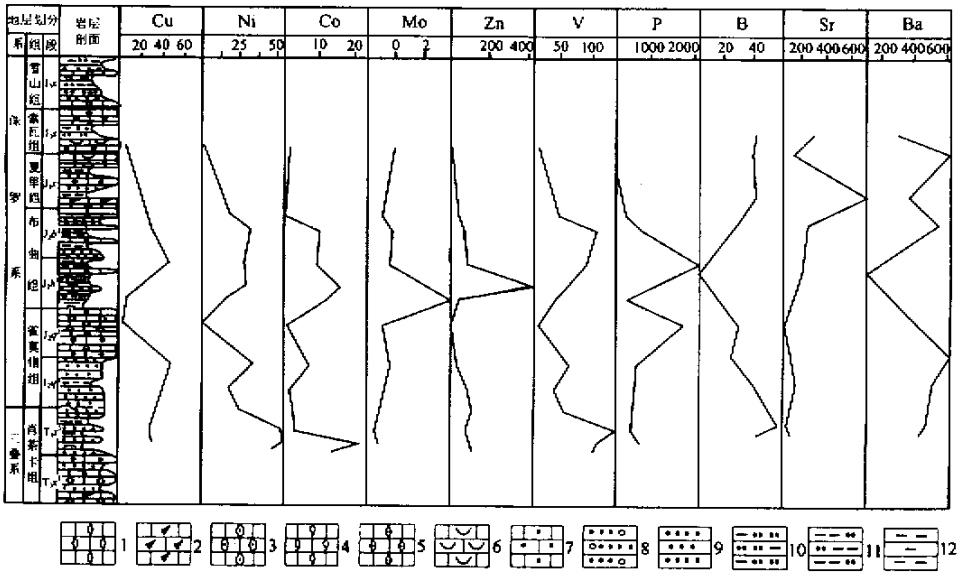

图 2　研究区中生代地层微量元素分布及演化特征(数据单位:$\times 10^{-6}$)

Fig. 2　Characteristics on distribution and evolution of minorelements in Mesozoic strata in research area

1-结晶灰岩;2-碎屑灰岩;3-鲕状灰岩;4-生屑灰岩;5-泥晶灰岩;6-介壳灰岩;7-钙质砂岩;8-含砾砂岩;9-砂岩;10-泥质粉砂岩;11-粉砂质泥岩;12-泥岩

1-cryslalline limestone;2-detrital limestone;3-oolitic limestone;4-bioclastic limestone;5-micritic limestone;6-shell limestone;7-calcareous sandstone;8-pebbly sandstone;9-sandstone;10-pelitic siltstone;11-siltic mudstone;12-mudstone

配划分出 2 种类型、6 种亚型,并给出元素分配类型模式图(刘宝　等,1985)。对研究区中生代地层之微量元素分配类型作图,列入表 2,经对比发现,T_3x^3 元素分配以Ⅱ型(复杂类型过渡复杂亚型)为主,规则性系数为 23.1%。说明陆源区构造运动较强烈,化学风化极微弱,从而使成熟度较低的岩屑砂岩、次长石岩屑砂岩在区内快速堆积并保存下来。

J_2q 微量元素分配类型模式以Ⅰ-Ⅱ型(复杂类型真正复杂亚型-过渡复杂亚型)及Ⅳ型(规则类型明显规则亚型)为主,其规则性系数为 46.2%。这种特征反映陆源区有一定程度的构造活动,化学风化中等。由测试结果可知,雀莫错组中除 Cu 元素外,大多数变价元素含量低且处于最低值,说明其水介质总体处于浅水氧化环境。

布曲组中变价元素含量中等,有半数元素(Co、Mo、Zn、P)含量处于峰值端,野外见黄铁矿结核,镜下常见晶粒状及草莓状黄铁矿和白云石,Fe^{2+}/Fe^{3+} 值多数大于 1,反映沉积水体总体处于弱碱性还原环境,局部为弱氧化环境。其微量元素分配以Ⅳ-Ⅲ型(规则类型明显规则亚型-不明显规则亚型)

万方数据

表 2 研究区中生代地层微量元素分配类型统计表

Table 2 Statistics on assigning types of minorelements among Mesozoic strata in research area $\times 10^{-6}$

样号	岩性	时代	B	Sr	Ba	Rb	V	Ni	Ti	Zr	Sc	Cr	Co	Zn	Ga
CP9	细中砂岩		40	153	510	91	55	24.9	4772	594	16.5	104	2.62	115	9.1
X014	细砂岩	T_3x^3	42	113	429	127	101	46.7	4689	216.5	15.3	106.5	13.7	117.5	16.5
X182	页岩		56.5	81	471	164	120	53.4	5151.5	220.5	15.7	111.5	12.2	94	36
RP1	细中砂岩		25	114	617	67	40	17.8	1775	115	16.7	57	1.54	92	9.8
C098	细砂岩	J_2q	30	60	423	67	63	33.9	4250	432	15.7	123	7.09	39	9.8
H235	泥晶灰岩		3.35	206	113	6	16	0.2	804	290	4.7	10	0.82	10	1.8
GL23	细砂岩		29	254	551	53	60	29.5	3558	187	15.2	67	15.9	425	9.8
S138	泥岩	J_2b	40	141	618	155	106	32.3	4607	184	17	77	10.1	78	25
PPS2	泥岩		42	729	371	112	66	22.5	2677.5	87	10.4	50	10.7	72	20.1
P253	泥晶灰岩		42	305	303	70	48	18.5	1847	50	5.1	16	0.33	48	10.2
作图	肖查卡组	T_3x^3	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅵ	Ⅱ
对比	雀莫错组	J_2q	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅰ
结果	布曲组	J_2b	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅳ

为主,其规则性系数为 61.5%,说明陆源区构造活动轻微,化学风化一般,处在水域面积大的沉降盆地补偿沉积阶段。

2.1.3 中生代地层普通微量元素变化特征 采用全岩样分析法测定了本区中生代细中砂岩、泥岩或泥页岩、灰岩或泥晶灰岩的 B、Sr、Ba、Rb、V、Ni、Ti、Zr、Co、Zn、Ga、Cu、Mo、P、Sc、Cr 等 16 种微量元素。前人(A. 来尔曼,1989;王随继等,1997)对 Ti、Zr、Sr 等元素含量变化与气候的关系有过较好的研究和论述。工作区 T_3x^3 中 Ti、Zr 值明显偏高说明陆源供给丰富,地表径流发育,剥蚀和搬运作用较强,以温暖潮湿气候为主。J_2b 中 Zr 偏低、Ti 含量居中,说明 J_2b 沉积期气候有半干热化趋向;但 Sr 含量最高、Ba 含量明显偏高,反映存在温湿气候背景下的海侵活动,气候具波动变化特点。P 元素在本区中生代地层中含量变化不大,但在 J_2q 泥晶灰岩、J_2b 泥中存在 2 个明显高值点,说明曾出现半干旱炎热气候下的相对较高盐度环境。

研究中计算了相关微量元素的比值并列表作图(图 3),进而发现 Sr/Ba、Sr/Cu、Mg/Ca 等比值对古气候的变化也非常敏感。C. M. 卡特钦科夫认为 Sr/Ba 小于 1 为大陆淡水沉积,大于 1 为海相沉积,介于 20~50 之间属于盐湖沉积(邓宏文等,1993)。该区 T_3x^3 中的 Sr/Ba 比值均小于 1,结合岩相及区域资料分析,推测在海陆过渡相沉积中应有较多淡水水体汇入,应属河控三角洲沉积;J_2q,尤其是 J_2b 中的 Sr/Ba 比值大于 1,表明沉积水体趋于一定程度的咸化,出现了相当程度的海水入侵,气候曾短暂趋向半干热变化。通常,Sr/Cu 比值介于 1.3~5.0 之间指示温湿气候,而大于 5.0 则指示干热气候(黄汝昌,1981;A. 来尔曼,1989;邓宏文等,1993)。Sr/Cu 比值多在温湿气候指标范围内,但 J_2q 中最高值

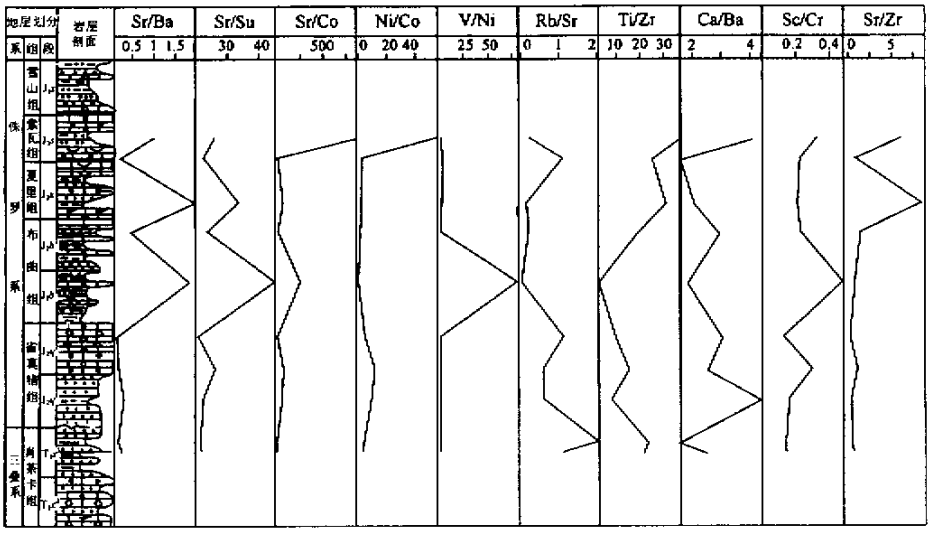

图 3 研究区中生代地层微量元素比值及其分布特征(图例同图 2)

Characteristics of minorelements ratio and its distribution in Mesozoic strata in research area

万方数据

与最低值共存,总体较为偏高;J_2b 中的部分样品也呈偏高现象,说明均出现过亚热带半干燥气候,波动变化较为明显。

2.2　气候沉积物及其分布概况

该区 15 种气候指示性矿物、岩石垂向剖面分布如图 4 所示。煤仅见于 T_3x^3,呈劣质煤线(层)产出,其层位相对较稳定,向东可延出区外至土门格拉煤矿成为可采煤层;含煤岩系是在炎热潮湿或温暖潮湿气候下形成的。黑色岩系以 J_2b 最为发育,次见于 T_3x^3、K_1g^2。灰绿色岩系从晚三叠世至白垩纪均有分布,尤以侏罗纪(J_2x、J_3s)较为发育,J_3x、K_1g^1 及 $K_2a^{2\sim3}$ 较少见。统计发现,其与红色岩系及杂色岩系略呈消长关系,后者在 J_3x、K_1g 及 K_2a 就较发育;N_1k 及第四系则全为红色、杂色岩系。石灰岩主要见于 T_3x^2、J_2q^2、J_2b^2、J_3s、J_3x 及 $K_1g^{1\sim2}$,其中常见的鲕粒灰岩被认为是温暖或炎热干燥性气候的标志,现常分布于南北纬 20°附近的岸滩、泻湖中,主要发育于最低温度低于 15 ℃、平均温度高于 18 ℃的南北回归线之间的热带亚热带,形成于盐度大于3.58‰的沉积环境(颜佳新,1999)。珊瑚(礁)灰岩仅见于雪山组,它生长于温暖洁净的浅水中。白云岩仅见于 $K_1g^{1\sim2}$及 K_2a^2,与此对应,这些层段均出现石膏层、含膏泥岩的伴生,反映一种炎热干燥的气候。高岭石见于 T_3x^3,水云母见于 J_2b^1,黄铁矿零星分布于 T_3x^2 及 J_2b,菱铁矿与褐铁矿主要伴生、分布于 T_3x^3、J_2q^1、J_2x、J_3x 及 N_1k,反映了一定的介质条件。

3　古气候特征及其变迁演化分析

区内的中新生代沉积为上三叠统肖查卡组—第四系。笔者以实测剖面为基础,以路线填图地质剖面为素材,选择具有相同或相当层位关系的路线剖面进行比较研究,以气候沉积物特征分析为基本依据,编绘出本区中新生代古气候演化曲线,并划分出 8 个气候旋回(图 4)。

3.1　晚三叠世古气候

T_3x^1 期在该区未有沉积记录。T_3x^2 期为滨岸碳酸盐海滩-河口湾相沉积,河口湾环境的河道砂坝中产丰富的双壳类化石,以 *Chlamys* sp. 为主,种属显得较单调。这一时期,沉积物以浅灰-深灰色、浅灰绿色为主,少量红色岩系,以大套碳酸盐岩沉积为主,少见黄铁矿晶体,且 Fe^{2+}/Fe^{3+} 值为 0.377,反映其属温热半潮湿气候,局部形成还原环境,沉积介质总体以氧化环境为主。

T_3x^3 期为一套巨厚的河控三角洲相含煤碎屑岩,总体以暗色(灰-深灰色、灰色)为主,煤线及炭质泥页岩广泛发育,常见炭屑及植物茎干碎片,粘土填隙物以高岭石为主,大量出现菱铁矿,因而形成热带潮湿气候。具海陆相化石混合的生态,含双壳类化石 *Anisocardia* sp., *Trigonia* sp., *Bakevellia* cf. *murkamensis* Zhang, *Cardium* (*Tulongocardium*) cf. *nequam* Healey, *Plagoistoma* sp. 等,次有 *Protocardia hepingxiangensis* Chen et Lin, *Hudsonella* cf. *sinensis* Chen, *Plagiostoma* sp., *Gervevillella* sp., *Chlamys* (*Radulperten*) *tippericox* 等;植物化石包括 *Hyreanopteris sevanewsis*, *Equisetites arenaceus*, *Danaeopsis fecunda*, *Clathopteris meniscioides* 等,可以归入与东邻土门格拉剖面同一层位所产热带亚热带潮湿气候下的 D-C(*Dictyophyllum-Cladphlebis*)植物群中。温暖潮湿的古气候环境使各类海相生物群及陆相植物快速繁衍,且发育良好。

应当提到,颜佳新(1999)指出晚三叠世时"羌塘地块正好处于热带潮湿气候带和北纬较干燥的亚热带之间,即大致位于北纬约 25°",这很好地印证了上述推断,也与北纬 26.4°的古地磁结论(李永安等,1995)极为吻合。

3.2　侏罗纪古气候

早侏罗世本区处于隆升剥蚀状态,没有沉积记录。至中、晚侏罗世形成浅海相及海陆过渡相环境,中侏罗世总体为热带亚热带半干旱-半潮湿气候,晚侏罗世总体表现为热带温暖半潮湿-炎热潮湿-炎热半干燥气候。

3.2.1　中侏罗世古气候　雀莫错(J_2q)期,区内形成一套海陆过渡相的三角洲碎屑岩沉积及开阔海台地相的碳酸盐岩沉积。三角洲相沉积中常含炭屑、植物茎干印模及碎片、个别双壳及腕足类生物碎屑。开阔台地相沉积中含双壳类、腕足类、腹足类为主的生物碎屑组合,部分双壳类化石个体较大且较完整,纹饰清楚,但其保存条件较差,大部分无法鉴定,可供鉴定的仅有 *Ctenostreon*? sp., *Quenstedia*? sp. 等。早期气候由潮湿转为半干燥,陆缘物质供应充分;晚期又周期性的转为温热、半潮湿,环境为海侵扩大,大量抗浪性海生动物得以繁殖,形成以浅灰-灰色岩系为主、紫红色岩系次之的岩性组合,组成第Ⅱ气候旋回。

布曲(J_2b)期东西分异相变极大。东部为三角洲-潮坪相-半局限海台地相沉积,见黄铁矿及少量白云石晶粒,具海、陆生物混合特点。中西部则变为浅海陆棚-碳酸盐台地相沉积,富含双壳类、腕足类、孢粉,个别小锥形单体珊瑚和菊石化石及草莓状黄铁矿晶粒。孢粉样品经中国科学院南京古生物研究

万方数据

所黄嫔研究员鉴定,以裸子或孢子植物花粉为主,次为蕨类植物孢子。可划分为 *Cyathidites-Classopollis-Perinopollenites-Callialasporites* 和 *Classopollis-Perinopollenite* 2 个孢粉组合,前者见于东部破岁抗巴剖面,其中裸子植物花粉占 58%～88%,蕨类植物孢子占 12%～42%;后者以西部的改来曲剖面为代表,其中裸子植物花粉可高达 85.5%,次为蕨类植物孢子占 14.5%。2 个组合中均以 *Classopollis*、*Perinopllenites* 含量较高,次为 *Cyathidites*、*Callialasporites* 2 属。因此,布曲组构成了第Ⅲ气候旋回(图 4)。早期(J_2b^1)总体沉积一套深灰-灰绿色岩系,常含炭屑、泥砾及单体珊瑚化石,填隙物以伊利石、绿泥石为主,形成温暖半干燥气候。晚期(J_2b^2)又周期性地转为温热半潮湿气候,形成大套碳酸盐为主的浅海沉积。

夏里(J_2x)期为滨岸浅滩相沉积,岩石组合主要为一套细-中细粒石英砂岩、长石岩屑砂岩与砂-粉砂质泥晶灰岩、介壳灰岩、鲕粒灰岩、含砂质生屑灰岩,呈不等厚互层,化石以双壳类及珊瑚为主,次为腕足、腹足、海星及海百合茎碎片,泥晶灰岩中尚见黄铁矿结核。沉积物以灰-灰绿色为主,呈半氧化色调,这些特征说明气候属炎热半干燥类型。

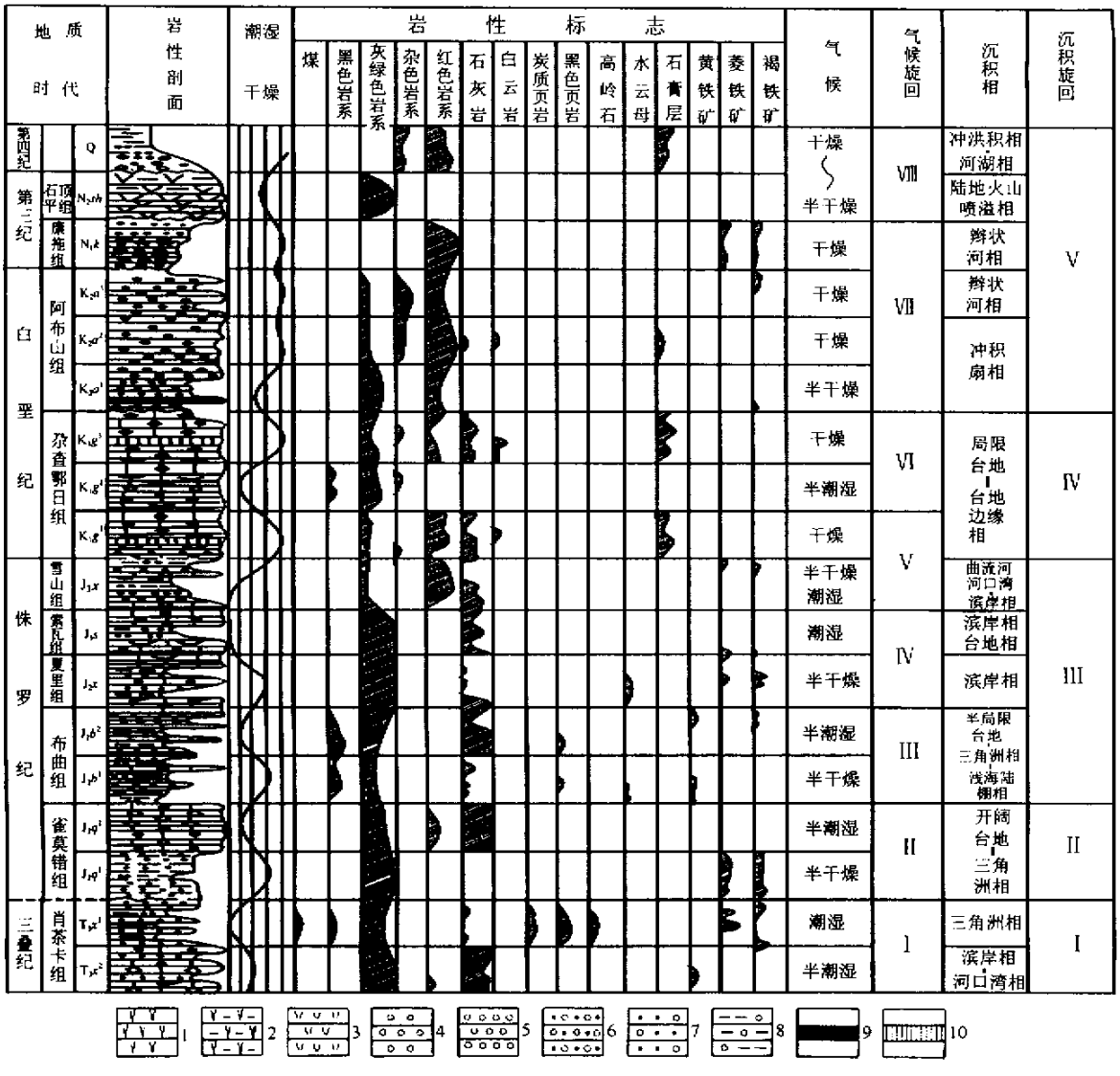

图 4 研究区中新生代古气候演化曲线及气候旋回

Fig. 4 Palaeoclimate cycle and its evolution curve in Mesozoic-Cenozoic in research area

1-安山岩 2-粗安岩 3-凝灰岩 4-中粗砾岩 5-中细砾岩 6-砂砾岩 7-含砾粗砂岩 8-含砾泥岩 9-煤层及煤线 10-石膏层

1-andesite 2-trachyandesite 3-tuffaous rock 4-medium-pobblestone 5-medium-microconglomerate 6-grit stone 7-pebble-grit stone 8-pebble mudstone 9-coalbed and coal streak 10-gypsum

万方数据

3.2.2　晚侏罗世古气候　索瓦(J_3s)期形成一套滨浅海环境的碳酸盐开阔台地-台地潮坪相或三角洲-台地潮坪相及海湾相沉积,东西相变、差异较大。岩性组合为鲕粒灰岩、豆粒灰岩、介壳灰岩与泥微晶灰岩互层,或泥微晶灰岩、生屑灰岩、介壳灰岩、鲕粒灰岩与次长石岩屑砂岩、长石岩屑砂岩互层。富含双壳类、腹足类化石。邻区处在同一层位的索瓦组下部见有膏泥岩,或夹石膏层及灰质白云岩,反映早期向东干热化增强。气候由晚侏罗世早期的炎热半干燥转为晚期的温暖半潮湿,形成第Ⅳ气候旋回。

雪山(J_3x)期总体为潮坪环境的滨岸台地潮坪-河口湾-曲流河相沉积组合,局部发育小型沿岸点礁,以及海陆过渡环境的三角洲沉积,见页岩、炭质泥岩夹层及煤线,富含炭屑、植物碎片、钙质及铁质结核。早期气候温暖潮湿,沉积物颜色以灰色、深灰色为主,岩石组合为介壳灰岩、珊瑚灰岩、生物灰岩、泥晶灰岩及含生屑泥晶灰岩夹泥灰岩,富含群体(及少量单体)珊瑚、双壳类化石、少量腕足、腹足及苔藓虫等。珊瑚见有:*Ovalastraea*?sp.,*Montlivaltia*?sp.,*Calamophylliopsis moreauna*(Michelin);双壳类为 *Lopha* sp.,*Trigonia* sp.,*Anisocardia* sp.等。中期气候转为炎热半干燥,沉积物颜色为深灰、灰紫、紫红色,以氧化色调为主,岩石组合为砂砾岩、粉砂岩及中细砾岩与泥晶灰岩、泥晶生屑灰岩互层。化石以双壳类为主,少量腕足及珊瑚,镜下见棘屑及介形虫,显示正常海-半咸水的特点。晚期沉积物由红色岩系组成,岩石组合为粉砂岩、泥岩、含砾粗砂岩及中粗粒岩屑砂岩、次长石岩屑砂岩,气候仍保持炎热半干燥特点,完成第Ⅴ气候旋回的发育。

3.3　白垩纪古气候

尕查鄂日(K_1g)期为碳酸盐台地边缘浅滩-局限海台地相沉积,总体以低能环境沉积的泥晶灰岩为主。生物化石呈小的碎片,所见个体较大的瓣鳃类化石已全部方解石化,难以鉴定,但邻区在同一层位发现浮游有孔虫化石:*Orbitolina birmanica* Sahni,*Orbitolina trochus* Mamgain,*Hedbergella singnli*,*Textuaria* sp.等。这一时期主要为深灰色调的大套碳酸盐岩沉积,因水流不畅,水介质多处于还原-半还原环境。古气候由早期的热带亚热带半干燥转为温热半潮湿和亚热带干旱区气候,构成部分第Ⅴ和第Ⅵ气候旋回。

阿布山(K_2a)期为冲积扇-辫状河流相的磨拉石红色复陆屑沉积。岩石组合为细-粗砾岩、小砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、粗砂岩及粉砂岩夹泥(晶)灰岩,未见化石,泥晶灰岩中含生物碎片。沉积物颜色呈红色等氧化色调,含石膏、膏泥岩薄层或白云岩。因此,这一时期属第Ⅶ旋回的热带、亚热带半干燥-干燥炎热气候。

万方数据

3.4　第三纪—第四纪古气候

该区新生代的气候特征与新生代全球变冷规律(刘志飞等,1998)一致,即在总的降温背景下,经历了强烈的冷暖气候波动。第三纪—第四纪属第Ⅶ旋回的部分和第Ⅷ气候旋回。早第三纪本区处于隆升剥蚀状态,未有沉积记录。新第三纪为内陆亚热带的干燥-半干燥气候,在山间盆地堆积了康托组辫状河流-河湖相的碎屑岩系,伴有石平顶组碱性为主的火山活动。后期,青藏高原整体抬升,形成亚热带高原温凉气候。区内在上新世末期气候迅速转为干燥寒冷,应与高原迅速隆升有密切关系。

进入第四纪,地壳经历了大幅度的整体抬升和差异升降以及剧烈而频繁的气候波动。区域资料表明,近 243×10^4 a 以来,曾出现过 6 次冰期和 5 次间冰期,形成本区随处可见的高原冻土地貌。在晚更新世后期,盐湖沉积和风成沉积开始发育。总趋势是地势不断升高,气候日益干旱和寒冷。

刘志飞等(1998)研究认为,新生代初期印度-欧亚板块碰撞之前,青藏高原拉萨板块以北地区可能已有相当的高度,大规模隆升开始于距今约 25 Ma,加速隆升发生在距今 20~15 Ma,距今约 8 Ma 达到接近现今高度。而根据资料,青藏高原植被在距今 30 Ma 为热带和亚热带森林,距今 15~10 Ma 为温带森林,现今则主要为草地和灌木,以适应恶劣的高原气候,严寒的冬天和季节性干旱。这种变化说明新生代遭受了快速变冷作用,青藏高原的隆升历史几乎与全球气候变冷是同步发生的。

4　讨论及结论

气候的演化受多种因素控制。研究区的中新生代沉积总体为一大型的海退→海进→海退旋回,可划分为 5 个沉积旋回层(图 4)。第Ⅰ、Ⅱ气候旋回与第 I、II 沉积旋回层分别对应,前者为一海退旋回,后者构成一完整的海侵→海退旋回,受印支期和燕山期(Ⅰ幕)构造抬升运动影响,在海陆变迁过程中形成半潮湿→潮湿→半干燥→半潮湿的气候相应变化。第Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ气候旋回与第Ⅲ沉积旋回层对应,受燕山期构造运动(Ⅱ幕)影响形成一完整的海侵→海退旋回。在较为稳定背景下,表现出一定的水位升降、波动变化,相应形成半干燥→半潮湿(晚期潮湿)的频繁交替变迁。第Ⅳ沉积旋回层与第Ⅴ、Ⅵ气候旋回对应,系受燕山期构造运动(Ⅱ幕)影响构成一不稳定的海侵→海退旋回,构造抬升和地理分隔作用增强,形成干燥→半潮湿的交替变化。因此,中生代 $T_3x\rightarrow K_1g$ 期的气候演化主要受海侵、海退运动的控制,与构造运动密切相关,气候旋回与沉积

旋回、构造运动有一定的叠加耦合关系,该区不同时期气候的变化也反映了一定的地势高程变化。

第Ⅴ沉积旋回层的发育主要是燕山期构造运动(Ⅲ幕)-喜马拉雅山期造山运动的反映,它与第Ⅶ、Ⅷ气候旋回对应。喜马拉雅山期造山运动导致的青藏高原隆升是新生代地球地质历史上最重大的事件之一,对北半球甚至全球大气环流产生重大影响。刘志飞等(1998)认为,其动力作用阻挡了中纬度地面东西向气流,促使气流向右偏转,形成高原环流;其热力作用在夏天形成高原地面低压,干燥气流上升,而在其他地区形成地面高压,气流下沉,冬天则作用相反,加强了季风环流,在喜马拉雅山脉南坡形成强烈降雨带,并影响全球的大气环流和环境变化。青藏高原强烈快速隆升加剧了地面岩石的化学风化、有机碳埋藏和植物光合作用,这些作用强烈地消耗了新生代全球大气中的 CO_2,形成"冰室效应",促使距今约 3 Ma 之前的两极高纬度地区冰川的形成,产生新生代全球变冷。

目前,对于新生代气候变冷原因的研究,国内外存在 4 种观点(刘志飞等,1998;王士峰等,1999):即青藏高原隆升的影响、洋流的改变、CO_2 等温室气体浓度的变化和行星轨道参数的变化。笔者认为,青藏高原隆升对新生代大气 CO_2 浓度降低起主导作用,对全球气温降低和气候变迁起关键控制作用;而洋流改变和行星轨道参数变化于第三纪末至第四纪可能共同对新生代全球变冷有直接影响和控制作用。

致谢 承蒙薛叔浩教授审阅初稿并提出宝贵意见,李宝芳教授给予指点,孙冬胜等人参与完成野外工作,商平博士、陆万雨博士也给予帮助,在此致以诚挚谢意。

参 考 文 献

A. 来尔曼主编,王苏民等译. 1989. 湖泊的化学地质学和物理学[M]. 北京:地质出版社.

陈金华,曹美珍. 1986. 中国三叠、侏罗纪煤系及古气候带轮廓[A]. 见:中国古生物学会第 13~14 届学术年会论文选集[C]. 合肥:安徽科学技术出版社,205~222.

邓宏文,钱凯编著. 1993. 沉积地球化学与环境分析[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社.

黄汝昌. 1982. 陆相沉积中古气候演变及元素的迁移、聚集和演化[A]. 中国科学院兰州地质所集刊(1)[C]. 北京:科学出版社,137~160.

刘宝 ,曾允孚主编. 1985. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社,15~50,226~228.

刘志飞,王成善. 1998. 新生代全球变冷与青藏高原隆升的关系[J]. 矿物岩石,18(增刊):123~127.

施雅风,李吉均,李炳元等. 1999. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J]. 地理学报,54(1):10~21.

苏珍,刘宗香,王文娣等. 1999. 青藏高原冰川对气候变化的响应及趋势预测[J]. 地球科学进展,14(6):607~612.

王乃文. 1986. 板块构造与古生物地理、古生态气候[A]. 见:板块构造基本问题[C]. 北京:地震出版社,307~328.

王士峰,伊海生. 1999. 气候与青藏高原隆升的耦合关系[J]. 青海地质,8(2):25~30.

王随继,黄杏珍,姜逸宇等. 1997. 泌阳凹陷核桃园组微量元素演化特征及其古气候意义[J]. 沉积学报,15(1):65~70.

蔚远江. 2000. 藏北羌塘查郎拉地区中生代盆地沉积构造背景探讨[J],地学前缘,7(4):470~476.

颜佳新. 1999. 东特提斯地区二叠-三叠纪古气候特征及其古地理意义[J]. 地球科学,24(1):13~20.

赵锡文主编. 1992. 古气候学概论[M]. 北京:地质出版社.

中国科学院青藏高原综合考察队. 1984. 西藏气候[M]. 北京:科学出版社.

References

A Lerman. 1989. Translated by Wang Sumin et al. Lakes chemistry geology and physics [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).

Blum J D, Gazis C A, Jacobson A D et al.. 1998. Carbonate versus silicate weathering in the raikhot watershed within the High Himalayan Crystalline Series [J]. Geology, 26(5): 411~414.

Chen Jinhua and Cao Meizhen. 1986. Triassic and Jurassic coal-bearing measures and palaeoclimatic zonation in China [A]. In book: Selected Papers From The 13th and 14th Annual Conventions of Palaeontological society of China[C], Compiled by palaeontological Society of China. Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 205~222(in Chinese).

Coleman M. 1995. Evidence for Tibetan uplift before 14 Ma ago from a new minimum age for east-west extension [J]. Nature, 374: 49~52.

Deng Hongwen and Qian Kai. 1993. Sedimentary geochemistry and environmental analysis [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Publishing House (in Chinese).

Liu Baojun and Zeng Yunfu. 1985. Elements in lithopalaeogeography and its working methods [M]. Beijing: Geological Publishing House, 15~50, 226~228 (in Chinese).

Huang Ruchang. 1982. Palaeoclimatic dvelopment and migration, accumulation and evolution of elements in continental sediments [A]. In book: Memoirs of Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica[C], Beijing: Science Press, 137~160 (in Chinese with English abstract).

Liu Zhifei, Wang Chengshan. 1998. Relation between Cenozoic global cooling and Qinghai-Tibet Plateau uplift [J]. Journal of Mineral Petrology, 18 (Sup.): 123~127 (in Chinese with English abstract).

Qinghai-Tibet Plateau Comprehensive Scientific Survey Team of Academia Sinica. 1984. Climates in Tibet [M]. Beijing: Scientific Publishing House (in Chinese with English abstact).

Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan et al.. 1999. Uplift of the Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau and east Asia environmental change during Late Cenozoic [J]. Acta Geographica Sinica, 54(1): 10~21 (in Chinese with English abstract).

Su Zhen, Liu Zongxiang, Wang Wenti et al.. 1999. Glacier fluctuations responding to climate change and forecast of its tendency over the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Advance in Earth Sciences (Bimonthly), 14(6): 607~612(in Chinese).

Wang Naiwen. 1986. Plate tectonics and palaeobiogeography and paleoecologiclimate[A]. In book: The Basic Problems in Plate Tectonics [C], Edited by Li Chunyu, Guo Lingzhi and Zhu Xia, et al. Beijing: Seismic Publishing House, 307~328 (in Chinese).

Wang Shifeng, Yi Haisheng. 1999. The coupling relationship between climate and Qinghai-Tibet Plateau uplifting[J]. Geology of Qinghai, 8(2): 13~20 (in Chinese).

Wang Suiji, Huang Xingzhen and Tuo Jincai et al.. 1997. Evolutional characteristics and their paleoclimate significance of trace elements in the Hetaoyuan Formation, Biyang Depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 15(1): 65~70 (in Chinese with English abstract).

Wei Lejun, Zheng Mianping. 2000. Holocene saline sedimentary record in Dong Co (Lake) in Tibetan, and Its Significance on Palaeoclimate[J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing)—Abstract Volume on th15 Himalaya-Karakoram-Tibet International Workshop, 7(Sup.): 378~381.

Yan Jiaxin. 1999. Permian-Triassic paleoclimate of eastern tethys and its paleogeographic implication [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 24(1): 13~20 (in Chinese).

Yu Yuanjiang. 2000. Discussion on the sedimentary tectonic setting of Mesozoic basin in Chalangla Area, Qiangtang, Northern Tibet [J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 7(4): 470~476(in Chinese with English abstract).

Zhao Xiwen. 1993. Conspectus in palaeoclimatology[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).

万方数据