文章编号: 1009-3850(2003)03-0021-14

特提斯喜马拉雅白垩纪层序地层分析

李国彪,万晓樵,于 潮

(中国地质大学,北京 100083)

摘要: 白垩纪是新特提斯演化过程中一个极其重要的阶段,其沉积蕴涵着新特提斯早期演变的丰富信息。 在对典型 剖面进行层序地层分析的基础上,结合前人的研究成果,笔者分别对特提斯喜马拉雅沉积带南、北两亚带白垩系进 行较为详细的露头层序地层学研究,在沉积南带识别出为24个三级层序、5个层序组(亚二级层序)、2个二级层序 (中层序),在北亚带识别出22个三级层序、5个层序组(亚二级层序)、2个二级层序(中层序)。特提斯喜马拉雅早白 垩世层序地层总体表现为海进的退积序列,反映了特提斯洋壳的扩张阶段;晚白垩世层序地层总体表现为海退的进 积序列,反映了特提斯洋盆地持续收缩和长期海平面逐步下降的过程,应是洋壳俯冲阶段的产物。整个白垩纪显示 出一次极其明显的海水进退旋回,是特提斯洋从扩张到收缩这一演化过程的客观反映。 由对层序特征、沉积特征及 古生物特征等的分析所得出的特提斯喜马拉雅在白垩纪的海水进退规程,与同期的全球海平面的变化基本一致。 关键词:白垩纪;特提斯喜马拉雅;层序地层

中图分类号: P534.53 文献标识码: A

1 引 言

研究区处于雅鲁藏布江以南的藏南地区 (图1),位于印度板块北缘,属冈瓦纳古大陆的一部 分。中、新生代期间,藏南地区的地质发展主要受控 于新特提斯洋的演化及其两侧板块运动过程,表现 为典型的被动大陆边缘的特征。沉积地层学清楚地 记录了泛大陆拉伸破裂、板块漂移、大陆碰撞拼合, 以及新特提斯洋从扩张到收缩以至最终闭合消亡的 演化过程,构成一个完整的威尔逊旋回^[1]。

藏南中、新生代海相沉积较为发育,地层出露连续,是我国研究中、新生代海相地层的经典地区,亦 是研究层序地层的优选地区,前人已做过很多这方面的工作^[1~10]。

白垩纪是特提斯喜马拉雅洋壳盆地演化的重要 时期。藏南地区白垩系分布广泛,发育良好,均为海 相沉积。岗巴一带白垩纪地层发育完整,岩性稳定, 化石丰富, 出露良好, 是建立该区白垩纪地层层序的标准地区, 亦是我国海相白垩系发育最好、研究程度最高的地区之一^[1~18]。

笔者通过区调填图及科研项目中所获得的资料,并结合前人的研究资料,对特提斯喜马拉雅白垩 纪的层序地层进行较为详细的分析与研究。

2 层序地层特征分析

基于对沉积层序直接成因在认识上的分歧,人 们对于层序级别的划分有着不同的方案^[19~23]。王 鸿祯和史晓颖注意到,地史时期存在不同周期和级 别的沉积旋回和层序,它们的时限分别与银河年或 太阳系穿越银道面等周期相关联,因此,他们提出一 个五级层序级别系统,以及相应的最优时限的分类 方案,并列出相应的天文周期^[22]。本次工作在基本 采用此层序划分方案的基础上,同时参考 Mitchum 等^[21]的层序地层级别体系。其中一级层序(大层

收稿日期: 2003-07-22

第一作者简介:李国彪,1968年生,博士生,从事区域地质调查、地层古生物及岩相古地理研究。

资助项目: 1:25 万《江 孜县幅》(H45C004004)、《亚东县幅》(G45C001004)区调项目和国家自然科学基金项目 (40272007)。



图 1 藏南及邻区构造地质略图

E. 古近纪沉积; K. 白垩纪沉积; K. xg. 白垩纪日喀则复理石沉积; T-K(D). 三叠纪至白垩纪深水相沉积; T-K(S). 三叠纪至白垩纪浅水 相沉积; Pz. 古生代陆架沉积, gr. 花岗岩: Op(ml). 蛇绿质混杂岩; T-K (sml). 三叠纪一白垩纪沉积混杂岩; S₁. 南带下白垩统实测剖面; S₂ 南带上白垩统实测剖面; S₃. 北带白垩系实测剖面; STDS. 藏南拆离系; 1. 逆冲断裂; 2. 剖面位置

Fig. 1 Tectonic-geological map of southern Xizang and its adjacent areas

E= Paleogene; K= Cretaceous; Kxg= Cretaceous Xigaze flysch deposits; T-K (D) = Triassic- Cretaceous deep water deposits; T-K (S) = Triassic- Cretaceous shallow-water deposits; Pz= Palaeozoic shelf deposits; gr= granite; Op (ml) = ophiolitic né lange; T-K (sml) = Triassic- Cretaceous sedimentary né lange; S₁ = Lower Cretaceous measured section in the southern subzone; S₂= Upper Cretaceous measured section in the southern subzone; S₃= Cretaceous measured section in the northern subzone; STDS= South Xizang detachment system. 1= thrust fault; 2= section location

序Mg) 与克拉通的热周期相对应,时限为60~ 120M a; 二级层序(中层序Ms, 24~40Ma) 及亚二级 层序(层序组Ss, 8~15Ma), 与穿越银道面的周期相 对应; 三级层序(层序Sq), 与 Oort 周期相对应, 时 限为 2~5M a; 四级层序(准层序组), 与米兰科维奇 超长周期相对应, 时限大致为 $0.8 \sim 1.5M$ a; 五级层 序(准层序), 与米兰科维奇长周期相对应, 时限大致 为 $0.1 \sim 0.4M$ a。其中三级层序是层序地层分析的 基本单元。

白垩纪特提斯喜马拉雅区为浅海一深海(陆架 边缘-大陆斜坡环境)沉积的碎屑岩-碳酸盐岩-放射 虫硅质岩岩性组合。据沉积层序和海平面变化旋回 特征,白垩纪可划分为两个显著的中层序——下白 垩统中层序(Ms1,贝利阿斯阶一阿尔布阶)和上白 垩统中层序(Ms2,赛诺曼阶一马斯特里赫特阶)。 下白垩统中层序总体表现为海侵的退积序列,反映 了洋壳盆地的扩张阶段;上白垩统中层序总体表现 为海退的进积序列,反映了洋壳盆地的收缩阶 段^[1,2]。

白垩纪特提斯喜马拉雅沉积带内因其沉积环 境、古生物特征等的差异,可明显地区分为北带和南 带两个沉积地层分区。并且,该时期总体的沉积分 布格局表现为北深南浅的特点,其在层序的叠置方 式上有着非常明显的反映。本次工作分别对南、北 南带的典型剖面进行了露头层序地层学的较为详细 的研究。

2.1 特提斯喜马拉雅沉积南带层序地层

特提斯喜马拉雅沉积南带在白垩纪处于浅海 (碳酸盐台地)-深海(陆架边缘-大陆斜坡环境)沉 积的碎屑岩-碳酸盐岩组合。据沉积层序和海平面 变化旋回特征,白垩系可划分为两个显著的中层序。 下白垩统中层序(Ms1)以黑色页岩、石英粉砂质页 岩、长石石英砂岩及重力流成因的岩屑砂岩为主,上 部夹大量砂岩、泥灰岩滑塌型团块或透镜体。 层序 界面大多表现为水下截切侵蚀面。沉积相自下而上 显示由外陆棚向陆架边缘经大陆斜坡再到陆架边缘 的环境变迁,总体表现为海侵的退积序列,反映了洋 壳盆地的扩张阶段。上白垩统中层序(Ms2)下部以 深灰、灰黑色页岩为主,上部以浅灰色碳酸盐岩为 主。 层序界面自下而上由滑塌截切侵蚀面逐步转化 为岩相突变面和陆上侵蚀面,显示沉积环境由陆架 边缘、大陆斜坡、外陆棚到碳酸盐台地的变迁,反映 了洋壳盆地的收缩阶段[1,2]。

1. 早白垩世层序地层

区内的下白垩统在岗巴一堆纳一带发育最好, 地层发育完整,岩性稳定,化石丰富,出露良好,是建 立该区白垩纪地层层序的标准地区。该时期,藏南 表现为强烈沉降的被动大陆边缘,陆源碎屑补给充 足,沉积速率很快。下白垩统含3个岩石地层单位, 可识别5个三级层序。根据层序堆叠形式及其反映 海平面变化特征,这5个三级层序可归并为2个层 序组(亚二级层序Ss1-Ss2)、1个二级层序(中层序 MS)(图2)。

Ss1 层序组包括门卡墩组、古错组及东山组下 部。含3 个层序(KSq1-KSq3),构成陆架边缘一大 陆斜坡一外陆棚深水盆地的退积序列。

KSq1 层序(门卡墩组) 底界是由于快速海平面 下降,引起海岸上超,向盆地下移形成的岩相突变 面,与下伏地层之间存在一冲刷截切面;冲刷面之上 发育厚度分布极不均一的砾石层,砾石的主要成分 为石英,尚有少量页岩及粉砂质砾石。LST以约100 余米的厚层至块状石英岩为特征,具低角度双向交 错层理,并夹有不规则分布的细砾岩,见垂直潜穴 (石针迹 Skolithos sp.等)及植物杆碎片,与下伏暗 色页岩、粉砂质页岩、粉砂质页岩形成鲜明对比,可 能属无障壁海岸陆架边缘深切谷近河口至前滨带沉 积。TST上部与HST在岗巴地区因地层掩盖而难以 识别,在西邻聂拉木地区有较好露头¹¹,以暗色页 岩和泥质粉砂岩为主,产丰富的菊石类,包括jacobigrandis 菊石带的代表性分子 Berriasella cf. jacobi, B. oppeli 和 Blanofordicera 属的若干种^[23]。HST 上部25m以泥质粉砂岩为主,含铁粉砂质细砂岩和 不规则的细砾岩,其中生物潜穴发育,产双壳类和腹 足类化石。

KSq2 层序(古错组) 底界因地层风化而出露不 佳, 仅在零星露头可观察到其与下伏地层(门卡墩组 粉砂质页岩) 以一水下截切面接触; LST由近100m 厚的块状含砾中细粒岩屑长石石英砂岩组成, 系陆 架边缘斜坡扇水道充填沉积; TST与HST下部由薄 层岩屑长石石英粉砂岩组成, 产双壳和菊石。HST 上部由棕褐色铁质浸染严重的硅化岩屑细粉岩。

KSq3 层序(东山组下部) 底界以陆坡扇水道沉 积截切下伏地层为特征; LST下部为薄层粉砂岩和 泥灰岩、泥砾灰岩交互的浊流沉积, 偶见砂岩和泥灰 岩块体, 并含粗大的植物茎干化石; TST 上部和 HST下部主要为暗色页岩, 产菊石 *Berriasella* cf. *grandis*, *B*. cf. *berthei*, 见有与页岩层理垂直相交 的细中粒含石英长石岩屑砂岩。水下砂岩墙是强烈 拉伸被动大陆边缘的产物, 常形成于洋壳快速扩张 阶段^[24]。HST上部主要由暗色、灰黄色粉砂岩以及 粉砂质页岩组成。

Ss2 层序组包括东山组中上部及察且拉组,由4 个三级层序(KSq4-KSq7)组成,构成由深水盆地-大陆斜坡的进积序列。该层序组反映了沉积环境由 陆架边缘-大陆斜坡-外陆棚深水盆地的演化过 程。

KSq4 层序(东山组中部)底界为初始海泛面; TST为褐灰色粉细砂岩夹页岩层序构成;HST 以典型的黑色页岩为特征。反映一种陆架边缘环境。

KSq5 层序(东山组上部) 底界为水下滑塌截切 面(冲刷面)。LST以大规模滑塌形成的楔状体(灰 岩及砂岩透镜体)为特征,其中滑塌变形构造和巨大 的包卷层理相当清楚,含大量灰岩及细砂岩块体。 产较为丰富的双壳类 Noetia sp., Nanonalis aptiensis及菊石 Australiceras sp., Deshoyesites sp. 等化石。其中滑塌变形构造和巨大的包卷层理相当 清楚,含大量泥灰岩或泥岩块体。TST和HST以典 型的黑色页岩为特征,富含紫红色菱铁矿结核,大部 分结核中含有保存相当完整的菊石。但HST上部含 较多的泥质粉砂岩,少见菱铁矿结核。反映一种陆 棚斜坡至外陆架深水盆地沉积环境。

KSq6 层序(察且拉组下部) 底界为显著的水下 滑塌截切面; LST由杂乱分布的具滑积特征的泥灰 岩团块层组成, 与下伏东山组黑色页岩形成鲜明对

统	釦	层号	厚度/m	柱状网	岩性组合及化石	层序	地层	沉积相	化学地层 (×10°)
	※	15	39.36 97.96		粉砂岩与生物碎屑、泥质 灰岩五层,灰岩中含大量 钙球及有孔虫 含海绿石钙质砂岩夹泥晶 灰岩透镜体	HST		陆架	
	拉组	13	124.31		深灰色页岩	TST	Ksq6	边缘斜坡相	
F		12	58.13		含生物碎屑泥晶灰岩与页 岩不等厚五层	LST			
		n	242.63	•	与下伏地层冲刷接触 出色页岩,上部粉砂质含 量增多,产大量菱铁矿结 核和菊石 	HST	Ksq5	深水	
ř1		10	40.54	2	灰黑色页岩夹暗灰色灰岩 透镜体		1	in.	
		9	31.44	3	喜爱与食资继续继续发展	LST		NE NE	I IV
	A:	8	33.62	30 81	部爰有萍創构選。萨双党 Nanonalis aptiensis, 第石			્યત	
	*	7	83.56		Australiceras sp 等 灰黑色页岩	TST	Ksq4		
		6	39,54		褐灰色粉细砂岩夹页岩 与下伏地层冲刷接触	LST	1		1
Ŧ	ιlτ	5	164.87		灰黑色页岩与粉砂岩不 等厚互层、产菊石 Hypa- catholitid	HST			
统	¥1	4	273.11		灰黑色页岩夹粉砂岩	TST	K5q3	陆架边缘斜坡	
		3	164.53	C Q 4	黑色页岩夹暗绿色粉砂 岩透镜体,发育滑塌沉 积构造	LST		m	
	古 错 组	2	127 77	V A	時灰色长石石英砂岩, 发育平行层理 上部諾头不住,见粉砂 岩零星諾头,下部发育 砂砾岩	HST (?) TST LST	KSq2	陆架边缘	4 Zi
上侏罗统	门卡墩组	1	121 36	•	灰白色厚层块状石英砂岩 下部发育砂砾岩,上部游 头不好,见粉砂岩零星器 头,产植物茎化石碎片	HST (?) TST LST	KSq1	深切谷	x Sr o Cr • Co ×2

图 2 特提斯喜马拉雅沉积南带早白垩世地层及层序地层

Fig. 2 Early Cretaceous strata and sequence stratigraphy in the southern subzone of the Tethyan Himalayan zone

KSq7 层序(察且拉组上部)底界为显著的水下 侵蚀面; LST以泥质粉砂岩和岩屑砂岩为主,含较多 的滑塌含生物碎屑泥质灰岩和含海绿石岩屑砂岩团 块,局部含钙质结核; TST和HST为灰绿色页岩夹生 物碎屑泥质灰岩,产菊石及浮游有孔虫 Ticinella roberti, Globigerinelloides algeriana, G. eaglefordensis, Hedbergella planispira 等,时代为阿尔布中 晚期,其中HST以浮游有孔虫的发育与TST相区分。

Ss1与Ss2一起构成一个二级层序(中层序, Ms1),总体表现为海进的退积序列,反映了特提斯 洋壳的扩张阶段。

2.晚白垩世层序地层

藏南岗巴地区晚白垩世层序特点与西特提斯西 班牙的同期层序极为相似^[25],大部分属深水成因。

藏南上白垩统构成一个二级层序(中层序 Ms2),总体表现为海退的进积序列,含3个层序组 (Ss3-Ss5)(图3)。沉积环境显示大陆斜坡上部向 陆架边缘、外陆棚、碳酸盐台地和滨岸的演化。层序 界面由水下滑塌造成的截切不整合面逐渐转变为整 合界面,最后成为陆上暴露风化面,反映大洋盆地持 续收缩和长期海平面逐步下降的过程^{1,3}。

Ss3 层序组由察且拉组上部和岗巴村口组下段 构成,含5个三级层序(KSq8-KSq12),构成由大陆 斜坡一外陆棚深水盆地的退积序列。该层序组反映 了沉积环境由大陆斜坡上部一大陆斜坡外部的演化 过程。层序边界均为水下侵蚀面。LST以滑积岩为 主,由深灰色团块状及瘤状泥灰岩和含粉砂泥粉晶 灰岩组成,可与岩屑砂岩和黄绿色钙质页岩构成副 层序。

KSq8 层序(岗巴村口组下段下部)底界为显著 的水下滑塌截切面; LST 由典型的滑塌砾状灰岩组 成; TST 和 HST 主要为黑色页岩,产浮游有孔虫 Rotalipora appenninica, Globigerinelloides bentonensis, Hedbergella planispira 等,时代为阿尔布末 期一赛诺曼中期。HST以浮游有孔虫的发育与TST 相区分。

KSq9 层序(岗巴村口组下段中下部)底界亦为 水下侵蚀面; LST主要由黑色粉砂岩组成,含大量具 滑塌特征的生屑泥质泥晶灰岩团块,产菊石; TST和 HST以黑色页岩为主。产浮游有孔虫 Rotalipora cushmani, R. greenhorensis, R. evoluta 等, 时代为 赛诺曼晚期。

KSq10 层序(岗巴村口组下段中部)底界为水下 侵蚀面;LST主要由黄绿色粉砂岩页岩夹薄层灰岩 组成,下部产有孔虫;TST为黄绿色页岩为主,产丰 富的菊石 *Flickia* sp., *Morloniceras* sp.和双壳类等 化石,层序顶部夹一层灰白色粘土层(泥岩),该粘土 层的钙硅质硬壳中含深水遗迹化石,故其应为凝缩 段沉积,代表94.7M a左右的最大海泛面^[6];HST则 以墨绿色一黑色页岩为主,产浮游有孔虫 *Rotalipora cushm ani*, *R*. greenhorensis, *R*. rechi 等,时代为 赛诺曼晚期。

KSq11 层序(岗巴村口组下段中上部)底界为水 下侵蚀面;LST主要由黄绿色粉砂岩、页岩夹薄层状 含生物碎屑泥晶灰岩组成;TST和HST为黄绿色页 岩为主。产浮游有孔虫 Rotalipora cushmani, R. greenhorensis 等,时代属赛诺曼晚期。

KSq12 层序(岗巴村口组下段上部)底界为水下 侵蚀面;LST主要由滑塌型含生物碎屑泥质灰岩组 成;TST以黄绿色页岩为主夹少量薄层状含生物碎 屑泥质灰岩;HST以黄绿色页岩为主。产浮游有孔 虫 Rotalipora cushmani, R. grænhorensis, Praeglobotruncana stephani, Globigerinelloides eaglefordensis, Clavihedbergella simplex 等,时代属赛诺曼 晚期。

Ss4 层序组由岗巴村口组上段和宗山组下部组 成,含有6个三级层序(Ssq13—Ssq18),构成由外陆 棚深水盆地一浅水碳酸盐台地的进积序列,反映了 相应的沉积环境演变过程。与Ss3层序组的特征具 有明显区别的是:在Ss4层序组中,滑塌堆积及深色 页岩完全消失,代之以浅色调(灰色、黄绿色)。除层 序组顶界为陆上暴露形成的古喀斯特外,其它层序 界面皆为海岸上超向盆地下移形成的岩相突变 面^[1]。

KSq13 层序(岗巴村口组上段下部)的底界为一 截然的结构转换面,与下伏地层黑色页岩呈突变接 触;LST为一厚约50厘米的介壳灰岩,含丰富的双壳 类、海胆和浅水相 U 形管遗迹化石;TST为黄绿色 页岩夹薄层泥灰岩或两者互层;HST为黄绿色页岩, 产浮游有孔虫 Whiteinella archaeocretaæa, Helvetoglobotruncana praehelvetica, Hedbergella murphi, H. portsdownensis 等。时代为赛诺曼末期一土伦 早期。

10 11 22 12.1 株式和 23 15.1 1 13 5.6 15.5	代仏園 男性細心及生物の方 居尾袖居 ない 泳道	HI BILL
古 新 校 約 基 約 39 53.4 第二 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	图 结构图 2 1 1 1 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1	
新 投立 新 投立 新 大 1 <th1< th=""> <th1< th=""> <th1< th=""></th1<></th1<></th1<>		(
20. 31. 38 5.6 二二 大和色、朱融色地路砂泡火花融粉芯、用器发化处定 LST 33. 3.3 1.15	新聞 / 灰黄色厚层细粒石英砂岩,底部发育底砾岩 TST	\times
第5-37 17.5 中原层和晶化物灰岩、产和泉、介孔虫、发展空、 HST Ksq24 33 33 35 15 15 15 15 33 35 11 4 4 15 15 15 34 443 11 4 4 15 15 15 34 443 11 4 4 15 15 15 15 15 15 15 15 16 15 16 16 16 16 16 17 16 15 16 16 16 16 17 15 15 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 17 17 17 17 17 17 17 18 18 16 15 16 16 16 16 16 16 16 16 17 17 1	·····································	1
34 443 1 <td>立 中華屋積晶生物灰岩、产腹足、有孔虫及双壳等 HST ↓ / ></td> <td>1</td>	立 中華屋積晶生物灰岩、产腹足、有孔虫及双壳等 HST ↓ / >	1
P P		S.
22 24 11		2
1 1		Ó
30 19 30 19 30 19 30 19 30 19 30 10 30 19 30 10 30 19 15 20 28 30 57 23 30 58 24 11.6 21 13.6 30 24 11.6 30 23 94.7 30 4 30 30 75 77 77 76 77 77 77 77 77 78 77 77 79 75 77 76 77 77 77 77 77 78 77 77 77 77 77 77 77 77 77 70 77 77 70 77 77 70 77 77 70 77 77 70 77 77 70 77 77 70 77 77 70 70 77 70 70 77 </td <td></td> <td>C. 20</td>		C. 20
第 115 <td>谋火把甲厚层自机型火管、输出力管物能器曲火管发指:「叫风沉?」 Ksq22</td> <td>2</td>	谋火把甲厚层自机型火管、输出力管物能器曲火管发指:「叫风沉?」 Ksq22	2
第 11.5	上资色中厚层细砂质含泥粉晶灰岩,产有孔虫 TST-HST Kso21	
水 26 28.3 4 fts 28.25 13.8 4 fts 15.1 Ksq20 方 13.8 16 16 15 13.8 15 15.1 1		2
来 25 13.8 11 24 11.6	■ A Ka KKE 法 A WHI Card A Mar	1
上 24 11.6 11 23 94.7 11 23 94.7 11 23 94.7 11 22 32.5 11 22 32.5 11 22 32.5 11 21 35.1 12 20 66.9 13 16 14 15 15 13.4 15 13.4 15 13.4 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 19 15.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 19 15.5 11 27.6 12 7.6 13 6.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4 16 5.4 17 50.2 18 16.5 19 36.4 11 27.0 12 7.6 <	11 (115) · 特別贝石, 作時回(assianus sp. 新考(arophytian sp. 151) · 新生化の同時以降かり作用(Assianus sp. 新考(Arophytian sp. 151)	1
上 11 123 94.7 11 11 23 94.7 11 15 11 22 32.5 16 15 11 22 32.5 16 15 11 21 35.1 16 15 12 35.1 16 16 17 19 15.5 16 16 11 10 15 16 11 11 27.0 16 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 12 7.6 11 27.0 13 6.0 12 7.6 14 4.8 15 17 12 7.6 11 27.0 13 6.0 12 7.6 14 4.8 15 11 10 9.8 11 27.0 11 27.0 10 10 11 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.6 11 27.0 11 27.6 12 7.6 15 15 13 10 9.8	王 &	1
上 11 23 94.7 15 Ksq19 白 11 22 32.5 4 15 白 12 35.1 4 15 第 20 66.9 16 15 19 15.5 16 15 15 19 15.5 16 17 50.2 19 15.5 16 17 50.2 11 17 50.2 17 16 11 13 6.0 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 12 7.6 11 27.0 11 27.0 10 9.8 12 7.6 11 27.0 11 27.0 10 9.8 12 7.6 11 27.0 13 6.0 12 7.6 14 4.8 3.9 11 10 9.8 15 15 11 27.0 10 10 11 27.0 15 15 12 7.6 11 27.0 13 6.0 15 15 14 4.8 3.9 <td>→ 7 </td> <td>1</td>	→ 7	1
日 11 23 94.7 Ksq19 日 11 22 32.5 4 (fs) 第 22 32.5 4 (fs) 第 21 35.1 6 9 15.5 14 15 19 15.5 15 16 19 15.5 17 50.2 17 50.2 17 15 18 16.5 16 19 15.5 17 19 15.5 13.4 10 13 6.0 11 27.0 16 14 4.8 15 13.4 11 27.0 12 7.6 13 6.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4<		. 1
山 山 </td <td>年 (</td> <td></td>	年 (
日 二<		1
白 22 32.5 4 白 21 35.1 5 21 35.1 5 20 66.9 5 19 15.5 5 19 15.5 5 16 5.4 5 17 50.2 5 16 5.4 5 15 13.4 5 16 5.4 5 17 50.2 5 18 16.5 5 17 50.2 5 18 16.5 5 19 15.5 5 11 27.0 6 11 27.0 5 11 27.0 5 11 27.0 5 11 27.0 5 11 27.0 5 12 7.6 5 41 11 27.0 11 27.0 5 11 27.0 5 11 27.0 5 13 6 5 13 6 5 14 4.8 7 15 13.4 5 16 5.4 <td></td> <td>X I</td>		X I
日 22 32.5 第 21 35.1 第 21 35.1 第 9 9 15.5 19 15.5 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 15 13.4 15 13.4 16 5.4 17 50.2 18 16.5 16 5.4 17 50.2 18 16.5 15 13.4 15 13.4 16 5.4 11 27.0 <t< td=""><td></td><td></td></t<>		
白 22 32.5 第二 第二 组 21 35.1 第二 第二 第二 第二 21 35.1 第二 第二 第二 第二 21 35.1 第二 第二 第二 第二 20 66.9 第二 第二 第二 第二 20 66.9 第二 第二 第二 第二 19 15.5 第二 第二 第二 19 15.5 第二 第二 第二 第二 16 5.4 第二 第二 第二 第二 第 15 13.4 15 13.4 15 11 13 16 5.4 15 13.4 11 10 9.8 9 16 5.4 封 11 27.0 11 27.0 11 11 27.0 11 12 7.6 15 11 27.0 11 10 9.8 15 13 10 9.8 15 15 15 11 27.0 11 10 9.8 15 11 27.0 11 10 15 15 13		/
日 1<	王●&	/ 1
组 21 35.1 本 20 66.9 4 19 15.5 4 19 15.5 4 18 16.5 5 17 50.2 5 16 5.4 5 17 50.2 5 18 16.5 5 17 50.2 5 18 16.5 5 17 50.2 5 18 16.5 5 11 27.6 6 12 7.6 6 11 27.0 6 12 7.6 7 11 27.0 6 12 7.6 7 13 6.0 6 14 4.8 5 15 13.4 5 12 7.6 7 14 4.8 7 15 13.4 5 12 7.6 7 12 7.6 7 13 6.0 7 14 4.8 7 15 13.4 7 16 5.4 7 17 6.0 7	Ksalk	
光 20 66.9 151 35.1 151 20 66.9 151 家灰色中层软生物碎屑囊泥晶灰岩。 产丰富大量海胆化石和粗大的生物滞穴 HST 19 15.5 151 151 19 15.5 151 165 17 50.2 151 16 16 5.4 15 13.4 16 5.4 15 13.4 11 11 11 11 12 7.6 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 15 13 6.0 15 14 4.8 15 15 13.4 15 12 7.6 151 14 4.8 15 15 13.4 15 15 15.1 15 16 5.4 15 17 50.2 151 18 16.5 151 19 36.4 15 11 27.0 15 12 7.6 15 13 10 9.8 14 4.8 15 17 <td>王 a 深灰色中薄层状含泥质生物碎屑泥晶灰岩 Ter Note N</td> <td>1</td>	王 a 深灰色中薄层状含泥质生物碎屑泥晶灰岩 Ter Note N	1
学 20 66.9 示 深灰色中层状生物碎屑囊泥晶灰岩。 产丰富大量海胆化石和粗大的生物潜穴 HST 下ST Ksq17 19 15.5 15 二 本 本 ボ アキ富大量海距化石和粗大的生物潜穴 TST Ksq16 19 15.5 16 5.4 本 A Ksq16 Ksq16 Ksq16 Ksq16 Ksq17 TST TST Ksq16 10 5.4 15 13.4	ffs 风完类 Inoceramus sp., ?Limea sp., Oyster)
学 20 66.9 請求 19 15.5 15 19 15.5 16 17 50.2 17 16 5.4 15 16 5.4 15 16 5.4 15 17 50.2 16 16 5.4 15 17 50.2 15 16 5.4 15 17 50.2 15 16 5.4 15 17 50.2 15 18 16.5 15 16 5.4 16 17 50.2 17 18 16 5.4 19 15 13.4 10 9.8 15 11 27.0 16 11 27.0 17 11 27.0 16 11 27.0 17 11 27.0 17 12 7.6 17 13 6.0 18 14 4.8 19 15 13.4 15 12 7.6 15 13 6.0 15 14		1
光 20 66.9 产丰富大量海胆化石和粗大的生物潜穴 Ksq17 19 15.5 15 15 15 18 16.5 16 5.4 16 17 50.2 16 5.4 16 16 5.4 15 13.4 15 13 6.0 6.0 15 13.4 14 4.8 15 13.4 15 11 27.0 10 9.8 15 10 9.8 9.0 16 5.4 11 27.0 10 9.8 15 11 27.0 10 9.8 15 14 4.8 15 15 15 13 6.0 15 15 15 12 7.6 15 15 15 13 6.0 16 5.4 15 12 7.6 15 15 15 13 6.0 15 15 15 14 4.8 15 15 15 15 15 15 15 15 14 15 16 5 15 15 15 16 16 15	深灰色中层状生物碎屑囊泥晶灰岩。 HST // /	
 ※ 19 15.5 18 16.5 17 50.2 16 5.4 6 15 13.4 15 13.4 16 17 10 9.8 11 10 9.8 11 11 27.0 11 11 27.0 11 12 7.6 11 12 12 14 4.8 15 13.4 15 13.4 15 13.4 15 15 15 15 16 17 18 16 15 15 16 17 18 16 16 17 18 16 13 16 16 17 18 19 16 17 11 12 16 17 11 12 16 16 17 16 16 17 18 19 10 9.8 11 11 12 12 13 14 15 15 16 17 18 18 19 10 10 11 11 12 12 16 16 17 18 18 18 18 19 11 12 13 14 14 15 15 16 17 18 18 18 18 18 19 18	二]●	
第 19 15.5 素 素 法 10 13 14 4 8 4 6 6 6 6 16 17 15 15 15 15 15 15 15 15 16 17 18		3: 1
19 15.5 Globotrunita elevata, Rasita fornicata 勞及開着給 Ksql6 18 16.5 4 17 50.2 5 16 5.4 5 15 13.4 5 14 4.8 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4 14 4.8 12 7.6 13 6.0 15 13.4 11 27.0 12 7.6 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 15 16 5.4 17 10 18 3.9 19 36.4 11 27.0 12 7.6 13 15 14 15 15	深灰色中厚层状亮晶粗粉屑灰岩,产有孔虫	\geq
统 18 16.5 17 50.2 16 5.4 16 5.4 15 13.4 13 6.0 12 7.6 村 11 27.0 27.0 10 9.8 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 12 7.6 13 6.0 14 1.5 15 1.5 16 5.4 16 5.4 17 12 10 9.8 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 11 15 15.1 16 5.4 17 16.5 18 17.5 19 36.4 10 9.8 11 10.5 12 10.5 13 10.5	式 & Globotrunita elevata, Rosita fornicata等及問着的 Ksql6	>
统 17 50.2 下言 16 5.4 15 13.4 15 13.4 15 14 4.8 12 7.6 村 11 27.0 27.0 10 9.8 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4 16 5.4 11 27.0 10 9.8 11 9 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 15.7 16 5.4 17 12.5 18 3.9 19	🔁 🗛) 🔰 钙质页岩夹中薄层含泥质、泥晶灰岩、产有孔虫 🔰 Ksq15 🚺 😯 💦 🗎	5
统 16 5.4 15 13.4 14 4.8 14 4.8 13 6.0 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 9 36.4 5 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 13.4 16 5.4 17 11 27.0 10 18 3.9 19 36.4 11 9 12 7 13 60 14 11 15 11 16 11 17 12 18 13.9 19 36.4 19 36.4 11 10 11 10 12 10 13 10 14 10 15 10	〒〒	5
统 均 15 13.4 60 14 4.8 14 4.8 13 6.0 12 7.6 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 9 36.4 9 41 8 3.9 15 10 9.8 11 9 12 7.6 13 6.0 14 11 15 11 16 11 17 11 10 9.8 10 9.8 11 9 36.4 60 13 60 14 13 15 11 10 9.8 11 9 36.4 60 16 11 17 12 18 19 19 36.4 11 10 11 10 12 10 13 10 14 10 15 10 16 10 17 10 <t< td=""><td>生 a / 黄檗色页岩中测层泥灰岩,底部为介壳灰岩 Ksq13 / \ \ \</td><td>-</td></t<>	生 a / 黄檗色页岩中测层泥灰岩,底部为介壳灰岩 Ksq13 / \ \ \	-
10 13.4 HST 13 6.0 11 4.8 12 7.6 12 7.6 11 27.0 10 9.8 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 12 7.6 11 27.0 10 9.8 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 4.8 15 三 16 三 17 42.9	1 _ 0 【 常發色面供來雜居含化物研居泥质发出 【Ksq12 】 【 (\$ 1
世 14 4.8 13 6.0 12 7.6 12 7.6 11 27.0 10 9.8 10 9.8 11 27.0 11 27.0 12 7.6 13 6.0 14 11 10 9.8 10 9.8 11 9 36.4 6.4 11 9 12 7.6 10 9.8 11 9 12 7.6 13 6.0 14 11 15 11 16 11 17 14 18 3.9 19 36.4 10 9.8 11 15 11 15 12 16 13 15 14 16 14 17 15 18 16 18 17 18 18 18 19 18 19 18 10 18 18	HARDER AND HERE AND H	
日 13 0.0 12 7.6 11 27.0 11 27.0 10 9.8 10 9.8 11 27.0 10 9.8 11 27.0 10 9.8 10 9.8 11 9 36.4 第 第 第 第 第 第 第 10 9.8 11 10 10 9.8 10 9.8 11 10 11 10 11 10 11 10 12 10 13 10 14 10 15 第 15 10 15 10 15 10 15 10 15 10 15 10 16 10 17 10 18 10 17 10 18 10 17 10 18 10 17 10 18 10 <		2
村 11 27.0 山 9 36.4 須 8 3.9 一 7 42.9	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	-
村 11 27.0 10 9.8 10 9.8 11 9 36.4 3.9 第 第 10 9.8 11 9 11 9 11 9 11 9 11 9 11 9 11 9 11 9 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 11 10 12 10 13 10 14 10 15 10 16 10 17 10 18 10 17 10 18 10 17 10 18 10 17 10 18 10 19 10 10 10 10 10 10 10		
10 9.8 資源色页岩夹湾层灰岩。产菊有Mortoniceras sp.管 LST 9 36.4 第 第 第 第 3.9 第 第 第 7 42.9 4 第 8 1.9	■) 黄緑色页沿 Ksq10 Ks	1
山 9 36.4 墨色页岩 HST TST Ksq9 组 8 3.9 墨色页岩 三角石虫 LST 7 42.9 墨色页岩 王色页岩 产有孔虫 LST	国 fa (mfs) 黄粱色页岩夹薄层灰岩。产菊(iMortoniceras sp 等 151	
9 36.4 工匠贝岩 TST Ksq9 約 8 3.9 三 三 三 三 五 TST Ksq9 7 42.9 二 工 工 工 工 HST LST 第 7 42.9 工 工 工 工 TST Ksq8		
组 8 3.9 黑色滑端型砾状泥质泥晶灰岩。产有孔虫 LST 7 42.9 黑色页岩 TST Ksn8		. 1
新 8 3.9 二匹田瑜星座峡状能频能晶灰石。广有扎虫 LSI 7 42.9 黒色页岩 TST Ken8		1 1
7 42.9 墨色页岩 HST Ken8 人	型巴爾項型鄉状範圍進齒來石,广有九里 ISI	~
6 118 2020 3 11 E色页完夹团块状泥质粗晶灰岩。发育滑 编构造 LST	三 (1) [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []) . [
	HST	
5 433 使 mfs 灰绿色页岩夹生物碎屑泥质灰岩,产菊石及 TeT	➡ (mfs 灰绿色页岩夹生物碎屑泥质灰岩,产着石及 TET u)	
行動利北亞 151 Ksq7	三百万 77新有孔里 151 Ksq7	
下 察 4 10.8 ····································	● ① 前缀色钙质粉砂岩,含海绿石 LST	3 1
山田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田	#最色级面粉砂面面岩来中薄层含生物磁射	/ 1
□ 3 28.0 ===== 6 R 派 家 28.0 HST HST		
業 拉		
→# 4日 2 34.0 三三三 [●] 黄緑色钙质页岩 TST Ksq6	ここで、) 炭緑色钙质页岩 TST Ksq6 / / / / / / / / / / / / / / / / /	
1 73.0 黄绿色钙质复岩夹褐层含粉砂编晶一粉晶灰岩 LST	黄绿色钙膜炎岩夹褐层含粉砂细晶一粉晶灰岩 LST	
	云 _	1

图 3 特提斯喜马拉雅沉积南带晚白垩世地层及层序地层

Fig. 3 Late Cretaceous strata and sequence stratigraphy in the southern subzone of the Tethy an Himalay an zone

KSq14—KSq15 层序(岗巴村口组上段中上部) 的底界为一截然的结构转换面,与下伏地层黄绿色 页岩呈突变接触;LST 由薄层含生物碎屑泥质泥晶 灰岩夹页岩组成,含双壳类、海胆等化石;TST 为黄 绿色钙质页岩夹薄层泥灰岩或两者互层;HST 为黄 绿色页岩,产浮游有孔虫 Dicarinella concavata, D. asymetrica, Rosita (Globotruncana) fornicata, Marginotruncana (Globotruncana) schneegansi 等。 时代为康尼亚克早期一三冬晚期。

KSq16 层序(宗山组底部)的底界为一截然的结构转换面,与下伏地层深灰色钙质色页岩呈突变接触;LST由中厚层含生物碎屑微晶灰岩组成,含固着 蛤等化石;TST 和 HST 为深灰色中厚层一块状亮 晶粗 粉 屑灰 岩。产浮游 有 孔 虫 Globotruncana ventricosa, Globotruncana bulloides, G. linneiana, Heterohelix globulosa 等,时代为坎潘早期。

KSq17 层序(宗山组下部)缺乏 LST。TST 和 HST 为深灰色中层状生物碎屑藻泥晶灰岩。灰岩 层面凹凸不平,可能系波浪作用造成的冲刷和扰动 构造,并含大量海胆类化石和粗大的生物潜穴,属浅 缓坡或碳酸盐台地环境^[26]。

KSq18 层序(宗山组下部)的 TST 为深灰色中 薄层状含泥质生物碎屑(藻)泥晶灰岩,含双壳类 *Inoceram us* sp.及牡蛎等;HST由深灰色中厚层状微 晶灰岩夹深灰色中厚层生物碎屑灰岩组成,产浮游 有孔虫 *Globotrun cana ventricosa*, *G. bulloides*, *G. linneiana* 和海胆等。时代为坎潘中晚期。层序顶 部掩盖,但据前人资料¹¹,其顶界为一古喀斯特面。

由此可见, Ss4 层序组自下而上由黄绿色(钙质)页岩、薄层泥灰岩和粉砂岩页岩为主, 过渡为泥晶灰岩、生物碎屑灰岩和颗粒灰岩,构成总体变浅的进积序列,反映了由外陆架深水盆地到碳酸盐缓坡或台地的环境变迁。

宗山组中上部构成显著的进积层序组 Ss5,反 映沉积环境由盆地边缘、碳酸盐台地到滨岸浅滩的 迁移。内部含6个层序(KSq19-KSq24),主要为浅 水台地相沉积;层序界面均为陆上风化面或截然的 层序结构转换面——冲刷面。

KSq19 层序(宗山组中部)底界是白垩纪出现的 第一个陆上侵蚀面,该风化面上可见 5~10cm 的黄 色残积粘土,向上为厚约 2m 的角砾灰岩,应为风化 带残积岩块在海进初期胶结而成^[1,2](宗山剖面未 测到);TST和HST下部均以深灰色钙质页岩、薄层 粉砂岩和中薄层泥灰岩韵律互层沉积为特征,产中 晚坎潘期菊石和浮游有孔虫;HST上部由钙质粉砂 岩和深灰色厚层块状(藻团块)有孔虫亮晶灰岩、钙 质砂岩组成,局部夹黑灰色透镜状固着蛤礁灰岩,以 产固着蛤礁为特征,固着蛤礁由固着蛤形成骨架,被 有孔虫、藻类及方解石所充填和胶结。岩中见大型 波状层理与钙质砂岩相伴生。产珊瑚、固着蛤、有孔 虫(Orbitoides tissorti, Globotruncanita stuarti, G. stuatiformis, Globotruncana linneiana, G. bulloides)、海胆、牡蛎等化石,时代为马斯特里赫特 期。

KSq20 层序(宗山组中部)下部掩盖严重,从风 化露头看,基岩应以钙质页岩为主。HST 为深灰色 厚层块状固着蛤礁灰岩(固着蛤形成骨架岩)。

KSq21 层序(宗山组中上部)的底界为一截然的 层序结构转换面——冲刷面; LST以厚1.5m的角砾 灰岩为特征,角砾灰岩具角砾结构、块状构造,角砾 成分以有孔虫灰岩和固着蛤灰岩为主,钙砂质胶结, 属碳酸盐台地礁前塌砾岩。

KSq22 层序(宗山组上部)底界面与下伏地层斜 截;LST为2.5m的土黄色含砾细砂质含泥粉晶灰 岩,其下部10~30cm多为粉砂质粘土,砾石较少,铁 质胶结;TST和HST为深灰色有孔虫灰岩,含丰富底 栖大有孔虫 Orbitoides apiculata, Omphalocyclus macroporus 等。

KSq23 层序(宗山组上部)底界面为一截然的层 序结构转换面——冲刷面; LST 为土黄色中厚层钙 质石英细砂岩,岩中发育水平层理,含植物碎片化 石,代表一种滨海相沉积环境; TST 为深灰色厚层 状藻泥晶生物碎屑灰岩,底部为一初始海泛面 (ffs); HST为深灰色厚层状藻泥晶生物碎屑灰岩夹 透镜状固着蛤礁灰岩。

KSq24 层序(宗山组顶部)底界面为一截然的层 序结构转换面 — 冲刷面; LST 为暗紫红色含砾生 物碎屑细晶、粉晶灰岩,砾石多为次圆状,大小不等, 成分以灰岩、生屑灰岩及生物碎屑(固着蛤等)为主, 钙泥质胶结; TST以深灰色中厚层状有孔虫粉晶灰 岩为主夹薄层砂质灰岩及介壳层,有孔虫常富集成 层构成"圆片虫灰岩",此外产腹足类及单体珊瑚等; HST 为黄灰色中层钙质石英细一粗粉砂岩、石英细 砂岩夹生物碎屑砂质灰岩,含植物碎片。上述Ss3— Ss5三个层序组(亚二级层序)构成一个二级层序(中 层序Ms2),反映了特提斯洋盆地持续收缩和长期海 平面逐步下降的过程,应是洋壳俯冲阶段的产物。

2.2 特提斯喜马拉雅沉积北带层序地层 特提斯喜马拉雅沉积北带在白垩纪主要为大陆

斜坡-深海盆地沉积的碎屑岩-放射虫硅质岩岩性 组合。据沉积层序和海平面变化旋回特征,白垩纪 可划分为两个显著的中层序。下白垩统中层序 (Ms1,甲不拉组)以黑色页岩与粉砂质页岩不等厚 互层("复理石")、硅质岩及重力流成因的岩屑砂岩 为特征。层序界面大多表现为海岸上超向下转移的 岩相突或水下截切侵蚀面变面。自下而上沉积相显 示由陆架边缘经大陆斜坡到深海盆地再到大陆斜坡 的环境变迁,总体表现为海侵的退积序列,反映了洋 壳盆地的扩张阶段。上白垩统中层序(Ms2,宗卓 组)以钙硅质页岩、页岩、砂岩为主偶夹灰岩透镜体 及硅质岩,以含大量滑塌成因的岩块为特征。自下 而上, 层序界面由滑塌截切侵蚀面逐步转化为岩相 突变面,显示沉积环境由陆架边缘、大陆斜坡到外陆 棚的变迁,反映了洋壳盆地的收缩阶段⁶。大规模 滑塌型岩块在区内的广泛存在,反映该时期的俯冲 构造背景。末期,区内局部环境的反常加深可能是 板块碰撞启动的前奏。本次工作主要对作为该区典 型剖面的甲不拉剖面(图4,图5)进行了较为详细的 露头层序地层研究。

1. 早白垩世层序地层

该区下白垩统可识辨出 8 个三级层序(KSq1-KSq8),构成两个层序组(亚二级层序)和一个二级 层序(中层序Ms1)。总体表现为海进的退积序列, 反映了特提斯洋壳的扩张阶段。Ss1 由 4 个层序 (KSq1-KSq4)组成,构成由陆架边缘一大陆斜坡-外陆棚深水盆地的退积序列,反映了沉积环境由陆 架边缘一大陆斜坡-深水盆地的演化过程。

KSq1 层序(维美组)底界面为 I 型界面(SB1); 界面上沉积的砂砾岩及含砾石英砂岩沉积代表 LST;TST为一套灰黑色碳质页岩夹细粒粘土质长 石石英砂岩(含大量砂岩结核),产远洋生物浮游类 菊石的灰黑色硅质页岩代表最大海泛时期形成的凝 缩段沉积(CS);HST为一套产菊石的深灰色粉砂 质、碳质页岩夹细粒泥质长石石英砂岩。

KSq2 层序(甲不拉组底部)的底界面为一结构 转换面 ── II 型界面(SB1),海进面与层序界面重 合,缺失SMST; TST由深灰色中薄层细粒长石岩屑 砂岩、薄层钙质粉砂岩、细粒长石岩屑砂岩组成的退 积副层序组构成; HST由深灰一黑色含碳质粉砂质 放射虫硅质页岩构成。

KSq3 层序的底界面为一结构转换面—— II 型 界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失 SM ST; TST主要为一套产箭石的深灰色粉砂质页岩夹灰色 中层状生屑泥晶灰岩; HST为一套产箭石的深灰色 放射虫硅质页岩。

KSq4 层序的底界面为一结构转换面 —— II 型 界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失SMST; TST由深灰色钙质粉砂岩一含碳石英钙质页岩一中 层生屑钙质硅质岩组成的退积副层序组构成,深灰 色放射虫硅质岩代表最大海泛时期形成的凝缩段沉 积(CS);HST由深灰一灰黑色中厚层状钙质生屑硅 质岩夹少量页岩及碳质放射虫硅质页岩构成。

Ss2 层序组亦由 4 个三级层序(KSq5-KSq8) 组成,构成由深水盆地一大陆斜坡的进积序列,反映 了相应沉积环境的演化过程。

KSq5 层序的底界面为一结构转换面 — II型 界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失 SMST; TST 由深灰色钙质粉砂质页岩夹放射虫硅质岩构 成,深灰色放射虫硅质岩代表最大海泛时期形成的 凝缩段沉积(CS);HST 由含硅质条带的灰色、深灰 色钙质页岩一灰色钙质页岩一灰色泥质硅质泥晶灰 岩夹少量粉砂质页岩组成的进积副层序组构成。

KSq6 层序的底界为一水下滑塌截切面; LST 由具滑塌特征的泥质结晶灰岩团块组成; TST 由深 灰色碳质钙质页岩一夹硅质结核及条带的深灰色页 岩组成的退积副层序组构成; HST 由局部夹硅质条 带的灰色粉砂质、碳质、钙质页岩构成。

KSq7 层序的底界面为一结构转换面 —— II型 界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失SMST; TST由深灰色含铁碳质粉砂泥晶灰岩一深灰色含铁 碳质、粉砂质页岩一深灰色钙质页岩组成的退积副 层序组构成,深灰色放射虫硅质岩代表最大海泛时 期形成的凝缩段沉积(CS);HST 由深灰色含碳钙质 硅质页岩及深灰色硅质页岩夹中薄层硅质灰岩构 成。

KSq8 层序的底界面为一结构转换面 —— II 型 界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失SMST; TST由灰色钙质粉砂质页岩构成;HST 由灰黑色含 碳质硅质白云质页岩一深灰色钙质粉砂质页岩夹含 碳质、硅质、白云质页岩组成的加积至进积副层序组 构成。

Ssl 与 Ss2 一起构成一个二级层序(中层序, Ms1),总体表现为海进的退积序列,反映了特提斯 洋壳的扩张阶段。

2.晚白垩世层序地层

北带的上白垩统构成一个二级层序(中层序 Ms2),该二级层序总体表现为海退的进积序列,含3

正 単 料 1 2 1 2 1 2 1	统	细	层号	厚度/m	柱状图 岩性 结构	岩性组合及化石	层 序	地层	化学地层 (×10 ⁴) 9 - <u>2 - 4</u> - 9 - 8	相 対 海 平面变化 元↔ ⊮
上 第 13 14 13<	古新统	甲 含 拉 组	84 83 82 81 80 70	7,27 60.06 27.85 15.87		 23. 深灰色角砾状硅质岩,火灰黑色粉砂质页岩 82. 灰色粉砂质页岩,火粉砂岩 81. 灰色块状中细粒钙质长石岩屑砂岩 80. 灰色中薄层状细粒长石岩屑砂岩 79. 紫红色粉砂质页岩,火泥顶砂屑灰石透镜体,产有孔虫 	HST — CS — TST HST	KSq22 KSq21	CISIZICO BO	ζ
上 第 10 <			78 75 74 73 72	45 28 8.95 54.80 4 33		78 永色块状含硅质砂固泥晶灰岩。夹砂固灰岩。产有孔虫 77 灰色紫红色薄层状含硅质泥质灰岩 76 紫红色硅质粉砂质页岩。夹灰绿色硅质页岩 75 灰绿色粘土化含粉砂质岩屑硅质岩 74 紫红色合体型岩石岩。墨水路在质白岩	TST HST TST HST - CS-	KSq20		2
主 4 5<	Ŀ	宗	71 70 69 68 67	69.08 19.39 28.67 12.10 7.74 8.4		74 東北巴古切前能吸石, 天初份展现石 73. 灰绿色钙质粉砂质页岩, 火钙质硅质岩 72. 灰色厚层状砂岩。夹灰绿色粉砂质页岩 71. 灰黄色块状中细粒长石岩屑砂岩夹碳质页岩 70. 探灰色霉质页岩, 夹透镜状长石岩屑砂岩		KSq18 KSq17		NNS N
白 10000 30.88 55 10000 152 55 10000 157 152 55 10000 157 157 157 55 10000 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 10000 10000 55 10000 100000 100000 55 100000 100000 100000 50 4000000 10000000 10000000 50 4000000000 10000000000 100000000000000 50 4000000000000000000000000000000000000			65 64 63 62 61	6.95 29.79 82.04 37.72 95.37		 59. 灰白色中厚层状长石岩屑砂岩夹粉砂质页岩 68. 中壽层硅质岩夹砂岩、底都见一层灰岩 67. 深灰色含粉砂泥质硅质岩,夹泥灰岩 66. 含粉砂质页岩,顶都见一层中层状灰岩 	HST - CS - TST LST	KSq16		ξ
日 15 9.69 車 10 10 車 10 10 11 12 12 12 12 12 13 12 12 14 15 12 15 12 12 15 12 12 15 12 12 15 12 12 15 12 12 16 11 12 17 12 12 16 11 12 17 12 12 17 12 12 17 17 15 17 17 15 17 17 15 18 17 15 17 15 15 17 16 17 17 15 15 18 16 18 19 10 10 10 10 10 11 10 10 12 10 10 13 14 10 13 14 14 14 13 14 15			59 58 57 56	1.62 30.88 1.82 45.93		65. 灰色含粉砂质岩屑泥晶灰岩。含燧石闭块 64. 灰黑色碳质页岩。夹硅质粉晶白云岩 63. 灰黑色含钙质粉砂质硅质页岩夹砂岩岩块	HST TST LST HST	KSq15		Ś
東 30 40.31 31-53 第 40 39.75 56 細粒长石岩閣砂片(遺像体) 57. 灰色山田松合物医化石岩閣砂岩(遺像体) 56 細灰石岩閣砂光遺像体 TST KSq12 47 82.21 55. 灰色山田松合物医化石岩閣砂岩板 TST KSq12 47 82.21 55. 灰色山田松合物医化石岩閣砂岩板 15. 灰色山田松合物と石岩閣砂岩 LST 56. 成長原子光知秋石岩閣砂市近和林内市安治遺像体 57. 灰色山田松合物と大白岩閣砂市近和松内市安治遺像体 15. 灰色山田松合物と大白岩閣砂市大岩板松 LST 45. 53.55 51.55 51.55 51.56 52.46 44. 44.49 50.68 68 51.68 78 42 88.39 50.68 68 52.58 51.55 42 88.39 51.68 56 68 56 41 96.31 56 47.68 66 75.75 42 88.39 41.88 54.26 41.48 58 58 33 54.26 57.85 57.85 56.66 75.75 34 37.102.28 38 54.26 37.46 18.57 35 33.24.16 37.46 57.75 15.77 45 33.324.16 33.746 13.76 15.77 45 33.324.16 54.26 57.75 15.77 3	н		55 54 53 52 51	9 69 23 78 40 52 10 39 26 53		62. 碱质贝岩夹甲那粒苦药质长石岩晶砂岩 61. 细粒长石岩屑砂岩夹碳质页岩及砂岩透镜体 60. 细粒钙质含海绿石长石岩屑砂岩夹硫质页岩 59. 灰色块状粉砂岩透镜体	TST LST HST TST	KSq14 KSq13		ζ.
平 47 82.21 46 32.14 46 32.14 51 含砾碳质页岩头灰岩及长石岩屑砂岩透镜体 53 含砾碳度页岩头灰岩及长石岩屑砂岩透镜体 54 含砾炭硅原岩处砂岩砂砂黄金黄银体 45 53.55 44 44.49 43 11.88 42 88.39 41 96.31 42 88.39 41 96.31 39 61.35 39 61.35 38 54.26 37 102.28 36 44.38 37 102.28 36 44.38 37 102.28 36 44.38 51 含砾质电质发长台层的砾炭石岩屑砂岩(透镜体) 36 44.38 37 102.28 33 24.16 34 37.402 35 14.27 36 44.38 37 102.28 33 24.16 44 37.402 33 24.16 45 次防炭電線大台湾 化合 34 37.402 35 14.27 36 44.38 37 102.28 33 24.16		φ.	50 49 48	40.31 39.75 47.11		58. 细粒长石岩盾砂岩与灰黑色碳质页岩五层 57. 灰色中细粒含钙质长石岩盾砂岩(透镜体) 56. 碳质页岩夹细粒含钙质长石岩屑砂岩透镜体 55. 灰色中海层细粒钙质长石岩屑砂岩	HST TST	₩Sq12		
统 组 44 44.49 44.49 43 111.88 43 111.88 42 88.39 41 96.31 42 88.39 41 96.31 41 96.31 41 96.31 40 45.92 45 深灰心中細粒含钙原长石岩閣砂岩火砂堆灰岩 40 45.92 45 深灰心中細粒含钙原长石岩閣砂岩 43 40 45.92 45 39 61.35 54.26 44 38 54.26 54 37 102.28 41 36 44.38 54.26 37 102.28 30 36 44.38 54.26 37 102.28 30 36 44.38 54.26 37 102.28 30 36 44.38 54.26 37 102.28 30 38 54.26 37 36 44.38 54.26 37 102.28 30 38 新谷质页岩火柱质岩人灰岩、砂黄銀石岩石岩石岩石 岩石 39 51.4.27 45 33 24.16 51 44 27 56 57 57 58 56	業		47 46 45	82.21 32.14 53.55	•	54 含砾碳质页岩火长石岩屑砂岩及灰岩透镜体 53 含砾碳质页岩火灰岩及长石岩屑砂岩透镜体 52 钙质粉砂质页岩火粉砂质放射虫硅质岩 51 含磷质硅质岩来砂屑灰岩透镜体	LST HST LST	KSqll		5
统 组 41 96.31 统 40 45.92 39 61.35 39 61.35 38 54.26 37 102.28 36 44.38 36 44.38 36 44.38 37 102.28 36 44.38 36 44.38 37 102.28 36 44.38 36 44.38 36 44.38 37 102.28 36 44.38 37 102.28 36 44.38 37 102.28 38 54.26 33 24.16 44.38 54.26 33 24.16 44.38 54.26 45.77 75.7 46.577 75.7 38.760 75.7 30.77 76.7 31.87 76.7 32.77 76.7 33.746 11.57 14.27 11.57 15.77 11.57 16.57 11.57 17.76 11.57 17.77 14.27 17.77 14.27			44 43 42	44.49 11.88 88.39	• ×	50 含泥质生用硅质岩及中薄层状灰岩 49.细粒钙质含砾长石岩褐砂岩夹少堆灰岩 48.含砾含泥质生用硅质岩、成都含砾 47.健原面岩来细粒长石岩腐砂岩(透镜体)	HST TST	K5q10		
39 61.35 10.7 m/k / 11 / 0.4 k (10.4 k (10	统	纲	41 40	96.31 45.92		46. 钙质粉砂质页岩火透镜状放射虫硅质岩 45. 深灰色中细粒含钙质长石岩屑砂岩 44. 泥质灰岩、钙质页岩、含透镜状灰岩 43. 铁质面岩水板岩及硅质化浸渍植体	HST — mfs—			2
36 44.38 37.% 公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司公司			39 38 37	61.35 54.26 102.28		42 含铁质碳质页岩发硅质灰岩遗镜体,产箭石Hibolithes sp. 41. 钙质页岩火含硅质生用泥质白云岩 40 粉粉质黄岩夹泥质白云岩及灰岩透镜体,产箭石Hibolithes sp. 30 页岩水砂砾黄发发光透镜体,产箭石Hibolithes sp.	TST	KSq9		
	下白柴	甲不拉	36 35 34 33	44.38 14.27 37.46 24.16		38.粉砂质页岩夹长石岩梢砂岩树块 37.碱质页岩夹砂质砾岩岩块、底部见砾岩 36.钙质粉砂质页岩夹硅质白云质页岩 (下接图5)	HST TST HST	KSq8 KSq7		5

图 4 特提斯喜马拉雅沉积北带晚白垩世地层及层序地层

Fig. 4 Late Cretaceous strata and sequence stratigraphy in the northern subzone of the Tethyan Himalayan zone

个层序组(亚二级层序Ss3-Ss5)、14个三级层序 (KSq9-KSq22)。沉积环境显示由大陆斜坡向外陆 棚的演化。层序界面由水下滑塌造成的截切不整合 面逐渐转变为整合界面,反映大洋盆地持续收缩和 长期海平面逐步下降的过程。北带缺乏南带那样的 陆上风化暴露面,LST亦相对缺乏,而SMST则相对 发育,表明该时间特提斯喜马拉雅北深南浅的沉积 格局。

Ss3 由 3 个三级层序(KSq9-KSq11)组成。

KSq9 层序的底界为一凹凸不平的水下冲刷侵 蚀面 —— I型界面(SB1); LST 为一套含大量砂岩、 砂质砾岩岩块的灰黑色碳质页岩, 可能为一低水位

统	绗	层山	厚度/m	桂状图		_	- 岩性组合及化石		地层	化学典层 (×10)	相 対 海平面变化
1		-17		611	结构	-	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				ri ↔ ri
E H	宗	38	54.26		-	A	(上接图4)			CoCr 4 Ba	
業	다. 41	37	102.28		B	1	35 灰黑色含碳质硅质白云质页岩	LOT			
统	ગા	36	44.38	TITI		4	34 灰色钙质粉砂质页岩	LOT			
		35	14.27			Å	33 含粉砂钙灰硅灰贝岩。低部头柱灰火岩 22 金梁氏板成山瓜面出。東聯目は低冬葉	TST	KSq8	A	5
		33	24.16	1. 01			34. 百候原門原旺原贝石, 大得层旺度来市 31. 奶砂罐顶店蛋面出。底架会加墨铸体	HST		AT .	
		32	31.31			M	30 深灰色钙质粉砂质页岩。偶含罐石结核	- CS-	ł	A I	l f
		31	51.16			VI.	29. 粉砂质钙质硅质岩,底部见灰岩透镜体		KSo7	*7	N I
		30	40.08			1	28. 钙质粉砂质页岩及碳质粉砂质泥质灰岩	TST	K547	1X	- A -
40		29	49.89				27. 粉砂质碳质钙质页岩,局部火娃质条带			\mathcal{A}	1
r	뽀	28	23.11			7	26 含钙质粉砂质碳质页岩夹硅质结核	HST		IVI	.)
		27	71.94		·	VI.	23、钓黑贝石大伙石垣现种,及日街期档道 24 泥质复杂数砂磨闭地和砖质结构	TOT	V		(
		24	(0.41			٨I	23 发色含粉砂罐插纸质面头	151	KSQO	N/	
		20	69.41	BININ		4	22 钙重粉砂质页岩夹钙质砂岩及硅质条带	LST		HA I	
		25	42.48				21 放射虫钙质硅质岩,局部见硅质条带	DET			
		23	37.11			VI	20 粉砂质页岩夹放射虫硅质岩,粉砂岩	HSI			
自	不		02.57			¥	19 偏顶放射虫组织粘土岩夹粉砂质页岩。广箭石Habalahes sp				
		22	83.57	La 17 La 11		A	18. 中层状生质钙质硅质岩,夹少量页岩		KSq5		
		21	110.29	1 10 10 10 10 - 10 10 10		M	17.钙质粉砂质页、粉砂岩夹放射虫硅质岩				
		10	30.81	3 E		1	16 中层状生晶钙原硅原石。关钙质贝若 15 加速龙鱼金融压硅质处质黄卓				
1		18	23.04			7	14 生民性证信证完束的改重重要	TST			$\langle \rangle$
		17	23.93		-	۸I	13. 含放射电硅质重岩含箭石Hibolithes ef Gracilis等	HST			1
뿇	拉	16	6.12	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		1	12. 粉砂质页岩夹中厚层状生屑泥质灰岩	-cs-	K So4	A	6
		15	7.69	L'E	•	∇	11. 含碳粉砂质放射虫硅质页岩 含箭石H. Jiabulensus	TST	Roda	22	7
		14	35.21	L L	ĻЦ	V	10.长石岩周砂岩夹粉砂岩,含砂岩闭块产菊石	HST	1211		6
		13	56.20	6 6 C	-•	Δ	Himdayates all Indiana, Haplophyllocerus strigele	TST	KSq3	A A I	1
		12	27.31	1.1.1.1	-	19	9. 到限长有行的余砂石。仅有积分层结。1" 状元 Melegrinella sp.				
		11	80.98		Éd	M	8. 初び東陳原具若天世行着你看透镜体 声描行 Himsdarates of Sould 即居 Charrows tratem			11/2r	
系	组			1	H	VI	7 会粉砂质硅质重岩水粉砂岩及砂岩结核 产量石	HST		M/1	/
		10	166.04	*** ** ** **		1	Himalayaites cf. seideli, Haplophylloceras strigele,		KSa2	11/1	(
						A	Berriasella sp.,简化Atractites jiangziensis		noqr	WI	
		9	7.26		E-	N	6.页岩、粉砂质、硅质页岩及砂岩互层。含大量砂质结核核及透镜	TST		1	
		8	10.33	1		1	体 r [*] 第 右 Himalayattes seideli, Haplophylloceras			11 -	
		7	65.86		-	17	5 中国载金砾石革砖岩。会植物化石碎片	HST		M	
		6	38.49	V		V,	4. 砂砾岩、含砾石英粗砂岩、可见泥砾	TST	Ksal	J. La	/
E.	维	5	9.77	-		٦	3 变质中粗粒含砾石英砂岩	LET	202.42		(
保	Ť	3	9.24	Line .		1	2. 粉砂质页岩夹石英砂岩及薄层状硅质粉砂岩	LSI)
罗姆	49	2	9.24			1	1. 灰色薄层状粉砂质板岩, 产菊石等	HSI	Jsq	4 2	/
=1	શા	1 1	>30 48			Y	and the second sec	151	· · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	/

图 5 特提斯喜马拉雅沉积北带早白垩世地层及层序地层

Fig. 5 Early Cretaceous strata and sequence stratigraphy in the northern subzone of the Tethyan Himalayan zone

楔沉积;TST为一套灰黑色含粉砂质页岩夹长石岩 屑砂岩、灰岩、砂岩岩块,薄层硅质岩代表最大海侵 时期形成的凝缩段(CS);HST由深灰色含碳质页岩 夹硅质泥质白云岩一深灰色钙质页岩夹含粘土质生 屑硅质泥晶白云岩组成的加积至进积副层序组构 成。

KSq10 层序(的底界为为一结构转换面 —— II 型界面(SB1),海进面与层序界面重合,缺失SM ST; TST主要为灰色含铁、碳质页岩及深灰色钙质页岩, 中薄层硅质生屑泥晶灰岩可能代表最大海侵时期形 成的凝缩段(CS);HST为一套及深灰色钙质页岩及 灰色泥晶灰岩夹透镜状生屑灰岩。

KSq11 层序的底界为一凹凸不平的水下冲刷侵 蚀面 —— I 型界面(SB1); LST由一厚度不等的砂砾 岩层构成; TST为一套深灰色中细粒含钙质长石岩 屑砂岩, 放射虫硅质岩可能代表最大海侵时期形成 的凝缩段(CS); HST主要为灰色钙质粉砂质页岩。

Ss4 是由 5 个三级层序(KSq12-KSq 16) 组成的进积序列。

KSq12 层序的底界为一凹凸不平的水下冲刷侵

蚀面──I型界面(SB1); LST由含大量砂岩、硅质 岩及灰岩砾石的砂砾岩层构成, 该LST 应为沿斜坡 下部堆积的重力流沉积一低水位楔; TST 为一套灰 黑色碳质页岩夹细粒长石岩屑砂岩透镜; HST 为一 套灰褐色方解石化含粘土生屑硅质岩。

KSq13-KSq16 层序结构相似: 底界均为一凹 凸不平的水下冲刷侵蚀面 — I型界面(SB1); LST 为块状透镜状分布的含砾砂岩; TST 由灰色一灰黑 色细粒钙质长石岩屑砂岩夹少量中薄层状灰岩一深 灰色方解石化含粘土生屑硅质岩组成的退积副层序 组构成; HST 为灰色钙质粉砂质页岩夹粉砂质放射 虫硅质岩或含钙质硅质页岩、碳质页岩夹放射虫含 硅质粉晶白云岩。

Ss5 是由 6 个三级层序(KSq17-KSq22)组成的进积序列。

KSq17 层序的底界为层序结构转换面—— II 型 界面(SB2),海进面与层序界面重合,缺失 SM ST; TST由灰色含粉砂砂屑泥晶灰岩及含粉砂页岩等构 成;HST 由深灰色含粉砂粘土质硅质岩夹泥灰岩— 中薄层硅质岩夹中细粒长石岩屑砂岩组成的加积至 进积副层序组构成。

KSq18 层序的底界为层序结构转换面—— II 型 界面(SB2),海进面与层序界面重合,缺失 SM ST; TST由灰色中厚层长石岩屑砂岩夹深灰色粉砂质页 岩组成,HST为一套深灰色碳质页岩夹透镜状长石 岩屑砂岩。

KSq19 层序的底界为一凹凸不平的水下冲刷侵 蚀面 —— I 型界面(SB1); LST为一透镜状分布的肉 红色中细粒块状含砾长石岩屑砂岩,砾石成分主要 为石英; TST由灰黄色中细粒长石石英砂岩夹页岩 及粉砂岩一灰绿色钙质粉砂质页岩组成,深灰色中 薄层状钙质硅质岩代表最大海侵时期形成的凝缩段 (CS); HST主要为一套灰绿色钙质粉砂质页岩。

KSq20 层序的底界为层序结构转换面—— II 型 界面(SB2),海进面与层序界面重合,缺失 SM ST; TST为一套紫红色含砂屑泥灰岩夹粉砂质页岩,灰 绿色粘土质硅质岩代表最大海侵时期形成的凝缩段 (CS);HST由紫红色硅质粉砂质页岩夹灰绿色硅质 岩一紫红色薄层状含硅质泥晶灰岩组成的加积至进 积副层序组构成。

KSq21 层序的底界为层序结构转换面—— II 型 界面(SB2),海进面与层序界面重合,缺失SMST; TST为一套灰色含硅质泥晶灰岩夹砖红色薄层砂屑 灰岩;HST 由紫红色粉砂质页岩夹紫红色泥晶砂屑 灰岩透镜体—灰色中薄层状细粒长石岩屑砂岩组成 的进积副层序组构成。

KSq22 层序的底界为层序结构转换面 —— II型 界面(SB2),海进面与层序界面重合,缺失SMST; TST由灰色块状中细粒钙质长石岩屑砂岩一灰色粉 砂质页岩夹粉砂岩组成的退积副层序组构成,厚度 不大的深灰色硅质岩应代表最大海侵时期形成的凝 缩段(CS);HST 为一套灰绿色粉砂质页岩夹粉砂 岩。

上述 S_s3-S_s5 三个层序组(亚二级层序)构成 一个二级层序(中层序M s₂),反映了特提斯洋盆地 持续收缩和长期海平面逐步下降的过程,应是洋壳 俯冲阶段的产物。

值得注意的是,该区白垩纪末期的进积作用不 明显,出现反常的退积作用,这可能是由于该区位于 俯冲作用发生的前锋地带,由于构造挠曲沉降作用 的影响,海水有可能出现局部的加深,它可能是板块 碰撞作用开始启动的前奏,自此以后,该区进入前陆 盆地的演化阶段。

3 海水进退规程

层序是海平面变化的物质表现,不同级别的层 序反映级别不同的海平面变化旋回。海水进退规程 在滨浅海带表现为海、陆相沉积层的转换及海、陆相 生物群的更替。而在水体相对较深的海盆与盆地边 缘区则表现为细碎屑岩与粗碎屑岩或碳酸盐岩与细 碎屑岩的大套转换,以及游泳、浮游生物群与底栖、 固着生物群的交替。

通过以上对特提斯喜马拉雅白垩系层序地层特 征、沉积特征及生物特征等的分析,可以大致得出该 区白垩纪的海水进退规程如下:从特提斯喜马拉雅 白垩系旋回层序及相序分析可知,该区白垩系沉降 是在陆源碎屑物质供应相对不足的情况下,由相对 海平面升降变化控制的。相对海平面复合变化在层 序地层学中将其归纳为绝对海平面、构造(盆地基 底)沉降及气候变化等因素的综合效应。对于藏南 白垩纪沉积来说,绝对海平面变化和盆地基底沉降 是最直接最主要的控制因素。藏南白垩纪(沉积时 间为 76.5Ma)沉积层序是由早期(早白垩世) (33.1Ma)的二级海进层序(中层序, Ms1)到晚期 (晚白垩世)的二级海退层序(中层序)(Ms2)构成的 较为完整的一级层序(大层序, Mg),反映一次完整 的一级海水进退旋回。

侏罗纪末期(提塘期),海平面发生快速下降,引

起海岸上超向盆地下移,形成二级层序的低水位体 系域(Ksq1,门卡墩组及维美组)。早白垩世是西藏 特提斯迅速扩张的时期,藏南地区处于强烈拉伸沉 降的被动大陆边缘。早白垩世初期开始形成海侵, 从贝利阿斯期开始,西藏南部海水不断加深,至赛诺 曼期达到海侵的最高峰(亦是全球性的大海侵时 期)。形成早白垩世海进型二级(中)层序(Ms1)。 该阶段浊流沉积和滑塌沉积相当发育,大部分层序 界面都是以水下侵蚀和截切为标志。沉积古地理发 生由大陆斜坡到外陆架深水盆地的变迁。生物群在 早期以浅水相的双壳(南带)或双壳和菊石(北带)为 代表, 中期以相对深水相的菊石(南带)或箭石(北 带)为代表,晚期则以深水相的浮游有孔虫(南带)或 放射虫(北带)为代表。反映早白垩世海水由早至晚 逐渐加深的特点及"南浅北深"的古地理格局。

晚白垩世为西藏特提斯的收缩时期。随着印度 板块向欧亚板块的汇聚,西藏特提斯表现为洋壳盆 地的收缩,藏南由强烈沉降的被动大陆边缘转化为 汇聚边缘^[1]。与此同时,在冈底斯南缘出现了大规 模的火山活动,并形成"三位一体"的沟-弧-盆体 系^[27,28],标志着板块俯冲与洋壳消减的启动和主动 大陆边缘的形成。该阶段藏南地区已不再存在显著 的基底沉降,沉积速率也较低,表明洋壳消减速率大 于增生速度,同时由于洋壳板块俯冲挤压的上挠作 用,使基底出现了明显的上升,造成可容纳空间减少 和相对海平面快速下降。藏南在该时期形成海退型 的二级层序(Ms2,沉积时间为33.4Ma),总体表现 为向上变浅的进积序列和海平面长期持续下降的过 程。沉积环境相应地发生由外陆架深水盆地到碳酸 盐台地再到滨岸砂丘的变迁。

赛诺曼期海侵高峰之后, 土伦期海平面有所回 落, 海水含氧量趋于正常。生物群中以浮游类型为 主, 可能是本地区海平面虽有回落但海水深度仍然 较大, 底栖生物还难以繁盛。

康尼亚克期至三冬期有孔虫动物群又有变化, 浮游有孔虫占绝对优势。在西藏南部,该时期沉积 一套黄绿色泥页岩与灰色薄层灰岩的互层,反映海 水水体缺氧程度远不如赛诺曼期/土伦期界线处强。

坎潘期海平面又再度下降,海水含氧量完全恢 复正常,可能处于富氧状态,沉积了一套灰色的中薄 层状微晶灰岩。生物极为丰富,有孔虫在早期以浮 游类型为主,底栖类型较三冬期亦有所增加。此时 藏南恢复正常海洋环境(浅海陆棚环境)。至坎潘晚 期,海平面进一步下降,出现以薄层泥灰岩为主的沉积。此时海水很浅,波浪可影响海底。浮游有孔虫 急剧消亡,底栖类占据优势地位。

马斯特里赫特期开始形成白垩纪末期的大规模 海退,出现一套固着蛤及底栖有孔虫的灰岩沉积。 大量的固着蛤构成明显的厚壳蛤礁。马斯特里赫特 末期,海平面下降至最低位置,藏南一些地区(如仲 巴、岗巴等地)出露于海平面之上形成以陆上风化壳 为特征的层序组顶界,界面之上为古新世的中粗粒 石英砂岩沉积,石英颗粒分选、磨圆好,具大型交错 层理。说明当时处于高能的滨海浅滩环境,陆源碎 屑物质被大量带入海洋,形成滨岸沙丘沉积。表明 此时印度板块的前缘与欧亚板块可能已发生碰撞, 藏南海盆进入一个新的演化阶段——残留海盆(或 前陆盆地)阶段。

综上所述,根据藏南(喜马拉雅特提斯)白垩纪 层序特征、沉积特征及古生物特征的分析得出,藏南 地区在白垩纪时总体上表现为一次明显的海水进退 旋回,其海水进退规程与该时期全球海平面变化基 本一致。

4 结论与讨论

(1) 白垩纪特提斯喜马拉雅沉积带分为南、北两 个沉积亚带。两个亚带具有既相联系又显区别的沉 积层序系统,其中南亚带白垩系可识别出24个三级 层序、5个层序组(亚二级层序)、2个二级层序(中层 序);北亚带白垩系可识别出23个三级层序、5个层 序组(亚二级层序)、2个二级层序(中层序)。

(2)特提斯喜马拉雅早白垩世层序地层总体表现为海进的退积序列,反映了特提斯洋壳的扩张阶段,晚白垩世层序地层总体表现为海退的进积序列,反映了特提斯洋盆地持续收缩和长期海平面逐步下降的过程,应是洋壳俯冲阶段的产物。整个白垩纪总体表现出一次极其明显的海水进退旋回,反映了特提斯洋从扩张到收缩的演化过程。

(3) 白垩纪特提斯喜马拉雅沉积带南、北两个沉积亚带地层体系所体现的总体(尤其是在层序组以上的较高级别上)相似而又有细微差别(在三级以下的较低级别上)的特点,是它们在该时期处于同一沉积盆地的不同部位的良好示踪——沉积响应。

(4)由对层序特征、沉积特征及古生物特征等的 分析所得出的特提斯喜马拉雅在白垩纪的海水进退 规程与同期的全球海平面的变化基本一致。

参考文献:

- [1] 王鸿祯, 史晓颖, 王训练, 等. 中国层序地层研究[M]. 广州: 广 东科技出版社, 2000. 1-457.
- [2] SHI X Y, YIN J R, JIA C P. Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy and sea-level changes in the Himalayas, southern Tibet, China [J]. Newsl. Stratigr., 1996, 33(1): 13-61.
- [3] 刘宝驪,余光明,徐强.雅鲁藏布江中新生代深水盆地形成和 演化(I)——喜马拉雅造山带沉积特征及演化[J].岩相古地 理,1993,13(1):32-49.
- [4] 万晓樵. 西藏白垩-早第三纪有孔虫及特提斯喜马拉雅海的 变化[J]. 微体古生物学报, 1990, 7(3): 169-186.
- [5] 万晓樵. 从有孔虫分析西藏南部白垩纪海平面升降[J]. 现代地 质, 1992, 6(4): 392-398.
- [6] 周志澄,章炳高. 西藏南部白垩系及下第三系的沉积特征及其
 环境意义[A].中国青藏高原研究会第一届学术讨论会论文选
 [C].北京:科学出版社,1992.280-286.
- [7] WILLEMS H. 1993. Sedimentary history of the Tibetan Tethys Himalaya continental shelf in South Tibet (Gamba, Tingri) during Upper Cretaceous and Lower Tertiary (Xizang Autonomous Region, P. R. China) [J]. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universitat Bremen, 38(1): 49-183.
- [8] 潘桂棠. 全球洋-陆转换中的特提斯演化[A]. 特提斯地质(18) [C]. 北京: 地质出版社, 1994. 23-35.
- [9] 李国彪, 万晓樵, 其和日格, 等. 西藏岗巴-定日地区始新世化石 碳酸岩盐微相及沉积环境[J].中国地质, 2002, 29(4):401-406.
- [10] 李国彪, 万晓樵. 藏南岗巴-定日地区始新世的 微体古生物与 特提斯的消亡[J]. 地层学杂志, 2003, 27(2): 99-108.
- [11] 文世宣.珠穆朗玛峰地区的地层——白垩系,第三系[A].珠
 穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968)°地质[C].北京:
 科学出版社,1974.148—231.
- [12] 章炳高,穆西南. 西藏雅鲁藏布江以北海相第三纪的发现[J].
 地层学杂志, 1979, 3(1):65^{-66.}
- [13] 王乃文.中国白垩纪特提斯地层学问题[A].青藏高原地质文 集(3)[C].北京:地质出版社,1983.148-180.
- [14] 郝诒纯, 万晓樵. 西藏定日地区的海相地区的海相白垩、第三系[A].青藏高原地质文集(17)[C].北京:地质出版社, 1985.
 227-232.
- [15] 万晓樵. 西藏岗巴地区白垩纪地层及有孔虫动物群[A]. 青藏 高原地质文集(16)[C]. 北京: 地质出版社, 1985. 203-229.
- [16] 万晓樵. 西藏白垩纪浮游有孔虫化石带[A]. 青藏高原地质文

集(18)[C].北京:地质出版社, 1987.112-121.

- [17] 徐钰林,万晓樵,苟宗海,等.西藏侏罗、白垩、第三纪生物地
 层[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.11-47.
- [18] 万晓樵,赵文金,李国彪.对西藏岗巴上白垩统的新认识[J]. 现代地质,2000,14(3):281-285.
- [19] VAIL P R, MITCHUM R M JR, THOMPSON III S. Seismic stratigraphical and global change of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap [A]. C. E. Payton. Seismic Stratigraphy Application to Hydrocarbon Exploration
 [C]. Tulsa: AAPG Housing Bureau, AAPG Mem, 1977, 26: 63-82.
- [20] VAIL P R, MITCHUM R M JR, THOMPSON III S. Seismic stratigraphical and global change of sea level, Part 4: Global cycles of relative changes of sea level [A]. C E Payton. Seismic Stratigraphy Application to Hydrocarbon Exploration [C]. Tulsa: AAPG Housing Bureau, AAPG Mem, 1977, 26: 83-98.
- [21] MITCHUM R M JR, VAN W J C. High-frequency sequence and their stacking patterns: Sequence stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles [J]. Sedimentary Geology, 1991, 70(1): 131-160.
- [22] 王鸿祯, 史晓颖, 沉积层序及海平面旋回的分类级别一旋回 周期的成因讨论[J]. 现代地质, 1998, 12(1):1-16.
- [23] 刘桂芳,王思恩.西藏喜马拉雅区上侏罗统和下白垩统研究的新进展[A].地层古生物论文集(17)[C].北京:地质出版 社,1987.143-166.
- [24] 刘宝驪, 王成善, 兰伯龙. 西藏南部聂拉木侏罗纪水成岩脉的 发现及其意义[J]. 矿物岩石, 1982, 2(3): 12-21.
- [25] GARCIA-MONDEJAR J, FERNANDEZ-MENDIOLA P L. Sequence stratigraphy and systems tracts of a mixed carbonate and siliciclastic platform-basin setting the Albian of Lunada and Soba, northern Spain [J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(2): 245 - 275.
- [26] SARG J F. Carbonate sequence stratigraphy [A]. C K Wilgus, B S Hastings, C G St C Kendall, et al. Sea level Changes: An Intergrated Approach [C]. Tulsa: AAPG Housing Bureau, SEPM Special Publications, 1988, 42: 155-181.
- [27] DURR S B. The mid to early Late Cretaceous Xigaze forearc basin (South Tibet): Sedimentary evolution and provenance of sediments [J]. Tubinger Geowiss, Arb(A), 1993, 15(1): 1-119.
- [28] WIEDMANN J, DURR S B. 1995. First ammonites from the Middle to Upper Cretaceous Xigaze Group, South Tibet, and their significance [J]. Newsl. Stratigr., 1995, 32(1): 17-26.

LI Guo-biao, WAN Xiao-qiao, YU Chao

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Cretaceous period is believed to be an important stage in the evolution of the Neo-Tethys. The sediments rested on during this period recorded the early evolution of the Neo-Tethys. The detailed outcrop sequence stratigraphic analysis has been made for the Cretaceous strata in the southern and northem subzones of the Tethyan Himalayan zone on the basis of the examination of the representative sections in combination with the pre-existing data. The following sequences have been distinguished: twenty-four third-order sequences, five sequence sets (subsecond-order sequences), two second-order (mesosequences) for the southern subzone, and twenty-two third-order sequences, five sequence sets (subsecond-order sequences) for the northem subzone. In the Tethyan Himalayas, the Early Cretaceous strata display an overall transgressive retrogradational sequence, representing a spreading phase of the Tethyan oceanic crust, whereas the Late Cretaceous strata display an overall regressive progradational sequence, representing a steadily collapse of the Tethyan oceanic basin and long-period falling of sea level, and thus should be assigned to the products created during the subduction phases of the Tethyan oceanic crust. Collectively, the well-defined transgressive-regressive cycles of the Cretaceous strata recorded the transition from the spreading to the decrease of the Tethyan Ocean. These evidences are in general agreement with the coeval global sea-level changes. **Key words**; Cretaceous; Tethyan Himalayas; sequence stratigraphy

·资料简介。

措普寺幅(H47E009015)地质图(1:5万)说明书

行政区域:四川省巴塘县

完成单位:四川省地质矿产勘查开发局区调队

内容简介:测区划分出4个组级地层单元和一些非正式岩石地层单元,进行了生物地层、年代地 层的划分和对比,并对古岛弧区层序地层的工作进行了探讨。新发现列依组与曲嗄 寺组之间的假整合面。在火成岩分布区,采用双重填图法,探讨了岛弧火山活动的构 造。花岗岩分布区按谱系单元进行了划分,把措普寺岩体解体为8个侵入体,两个单 元归并为一个超单元。采用锆石 U-Pb 法,测定出70.4M a的同位素年龄值,为岩体的 形成时代提供了新资料。对浅变质岩系,按变质矿物和结构划出两个变质带;对花岗 岩体的外接触带划分出两个热接触变质带。总结了气一热液蚀变特征与银多金属矿 的成矿关系。扩大了年龙银、锡多金属矿床的远景,发现矿体8个,刚玉、斧石等宝石 矿产地2处。归纳总结了夏塞地区的成矿背景条件,成矿规律,区域成矿模式。提出 了5个找矿靶区。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)