

Research on Extensional Unconformity and Characteristics of P-T Boundary in Baoshan Block

Jiafeng Bao, Yunjiang Zhao, Lizhuan Zeng, Donghu Song, Xiaolin Wang

Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming Yunnan
Email: baojiafeng@163.com

Received: Feb. 5th, 2020; accepted: Feb. 19th, 2020; published: Feb. 26th, 2020

Abstract

Extensional unconformity is special geology phenomenon. The predecessors thought that P-T boundary of Baoshan block was conformable contact-parallel and unconformable contact. Large-scale calcareous turbidites (most of them have been modified into seismites) in the Dashuitang Formation, clastic turbidites and large-scale slumping accumulations in the Nanshuba Formation of Upper Triassic have been discovered in Jinji area, Baoshan. Combined with the bimodal volcanic rocks from Niuhetang Formation of Upper Triassic and the alkaline granitoid intrusions among them in Yongde area by 1:50,000 regional geological survey of Jinji village site, this paper thought that all these geological phenomena were catastrophic event stratigraphy with genetic connection. It is believed that Baoshan block in the tensile background during Permian-Triassic. Strong tension created Yongde-Heishan rift valley (basin environment), and accumulated thicker sediments. The center of the rift valley lies in Yongde area and the P-T deposition was continuous. On the other hand, strong tension and depression made the spaces of accommodating sediments increased rapidly, forced the seawater of Baoshan Jinji occurred "marine regression" to Yongde area, the late Permian Leping-Changxing deposition was deleted. And then caused the sediments from Induan age of mid-lower Triassic Xiquelin Formation covered directly on the sediments from Maokou age of Permian Shazipo Formation, which formed the typical extensional unconformity. It was formed that base relief of the sediments occurred enormous changes under stretching background. Meanwhile, with the formation of the basin (rift valley), which formed extensional unconformity. It was different from the unconformity because of vertical movement and intracontinental orogeny, but it is a new type of unconformity that represents the sequence missing, the time intervals of upper and lower stratigraphic gap were long, and there was very great difference for sedimentary environment. In addition, the rift valley formed by gravitation-tension effect, its sedimentation was obviously different from the sedimentation of the passive continental margin. Therefore, extensional unconformity has been found and studied out were very important for the development of geology.

Keywords

Extensional Unconformity, Rift Valley, P-T Continuity, Catastrophic Events, Baoshan Block

试论伸展不整合及保山地块二叠系 - 三叠系界线特征

包佳凤, 赵云江, 曾礼传, 宋冬虎, 王晓林

云南省地质调查院, 云南 昆明

Email: baojiafeng@163.com

收稿日期: 2020年2月5日; 录用日期: 2020年2月19日; 发布日期: 2020年2月26日

摘要

通过1:5万金鸡村等幅区域地质调查,在保山金鸡地区三叠系上统大水塘组中发现了大规模的钙质浊积岩(大多改造成震积岩)、南梳坝组中发现了碎屑浊积岩和大规模的滑塌(带)堆积。结合永德一带牛喝塘组中双峰式火山岩及其中的碱性花岗岩侵入体,笔者认为这些是有成因联系的灾变事件地层,进一步认为保山地块在二叠纪 - 三叠纪时处于拉伸背景,强烈的拉伸一方面造就了永德 - 黑山裂谷(盆地环境),堆积了巨厚的沉积物,裂谷中心在永德一带,P-T沉积是连续的。另一方面,强烈的拉张拗陷使其容纳沉积物的空间迅速增大,诱发保山金鸡地区海水向永德地区发生“海退”,缺失晚二叠世龙潭期 - 长兴期沉积,造成三叠系中下统喜鹊林组印度期沉积物超覆于二叠系沙子坡组茅口期沉积物之上,由于在拉张背景下沉积物的基底地形发生巨大改变,同时伴随着盆地(裂谷)形成,从而形成了伸展不整合。

关键词

伸展不整合, 盆地, P-T连续, 灾变事件, 保山地块

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

以往将不整合总结划分为四种类型[1],即划分为截合、平合、异合、嵌合,这是根据典型的地质现象进行分类的,如果从成因上分析,平合与嵌合是地壳升降运动形成的,而异合与截合则是明显带有挤压机制的成因。地壳在漫长的地史演化时期和现在差别不是很大,现在的地壳仍然是以伸展运动为主,现今最雄伟壮观的喜马拉雅山脉是印度板块俯冲以及太平洋板块俯冲于南美板块之下后形成的,尽管证明了挤压机制,但这些最壮观的地质现象是非常局部的。相比之下,伸展构造要发育得多,如四大洋中脊、东非大裂谷、红海 - 亚丁湾裂谷等,正如马杏垣教授指出的“引张作用不仅造就了全球范围的构造现象,而且其规模甚至比挤压构造变动还要大”[2]。伸展不整合是近年来提出的概念[3][4][5],但至今尚未有统一的定义。梁定益等(2000)在研究川西、滇西震积岩时将震积岩中原地液化系统与上覆滑来系统之间的滑移面称震积不整合面,认为是由于“刨蚀”造成了地层缺失,“刨蚀”作用很类似剥离断层的构造效应。同时将伸展环境下沿剥离断层面进一步改造形成的震积不整合称为剥离不整合面,即属于伸

展不整合。不整合不仅是造山和造陆运动的产物,也可以是伸展和造盆运动的重要表现,并且强调震积不整合是在沉积盆地(甚至是深海盆地)连续沉积过程中瞬时造成的[6]。显然,这种不整合具有伸展的意义,不整合面上、下的地层虽然有时间间隔,但其时间间隔较短,相当于相对整合,因为一方面二者的沉积环境是相同的;另一方面,不整合面之上的滑来系统代表的是滑塌堆积,属于再次堆积的范畴,它并不是正常的沉积。丁强等(2004)认为伸展不整合并非层序地层学主张的简单的被动陆缘-海平面变化的单一模式,而且能形成于拉张伸展环境,“东吴运动”、“晋宁运动”、“吕梁运动”不断被证实为发生在伸展体制下,不是造山运动,而是造盆运动,进一步总结了伸展不整合的各项特征[7]。李朝阳等(2004)认为伸展不整合显然不同于地壳升降运动形成的平行不整合和由造山运动形成的角度不整合[8],后者常发育有磨拉石建造。伸展不整合是由伸展作用造就在盆地边缘形成的角度不整合,不整合面上、下地层时间间隔较长,沉积环境差异大,向盆地中心渐变为整合。与传统地质学中的(平行、角度)不整合相比伸展不整合具有鲜明的拉张背景特征,反映其不是在地壳抬升和挤压机制背景(造山后期)而是在强烈拉张的背景下形成的,不整合面上下地层之间的角度是沉积物沉积时的基底地形发生改变后形成的。本例中伸展作用的造盆运动特征表现在盆地内发育有巨厚的(钙质、碎屑)浊积岩,双峰式基性火山岩(裂谷环境)。裂陷幅度不均匀,从中心至边缘逐渐减小。

笔者认为,三叠纪双峰式火山岩与斜坡环境、钙质浊积岩、震积岩、碎屑浊积岩是有统一成因联系的灾变事件。包佳凤等(2012)经过深入研究,指出永德裂谷没有向潞西方向延伸,而是向北东方向延伸到保山地区,称之为永德-黑山裂谷(海槽)[9],保山地块中二叠世-晚三叠世经历了这一灾变过程。

2. 保山地块 P-T 界线研究进展

前人认为,保山地块 P-T 界线是整合-平行不整合,根本原因是限于当时的条件忽视了对灾变事件进行研究,因而得出片面的认识,正如乔秀夫研究员所指出的:“均变论对地质学的发展曾起了积极作用,但长期以来使人们忽视地史中的灾变事件”[10]。现有资料表明:古、中生界之交是地史时期的一个重大转折时期,生物界经历了一次重大变革,发生了大规模的生物灭绝事件、海平面变化、脊椎动物、陆地植物灭绝事件和甚至有外星撞击事件[11]-[16]。这些事件集中反映了古、中生界之交发生了灾变这一特征。笔者认为,保山地块在古、中生界之交同样发生了灾变事件,但发生的这个灾变事件是裂谷事件和其引起的海平面变化事件。表现在强烈的拉张背景下,由二叠纪时的浅海环境拉张演变形成了三叠纪时的斜坡-盆地(裂谷)环境,并且在晚三叠世出现了有灾变事件特征的牛喝塘组双峰式火山岩(伴有碱性花岗岩侵入体)-大水塘组钙质浊积岩、大规模的震积岩-南梳坝组碎屑浊积岩、震积岩和大规模滑塌(带)堆积[9][17]。灾变事件反映了拉张背景下盆地(裂谷)的形成和特征,一方面是永德-黑山裂谷(盆地)的形成,裂谷中心在永德一带。另一方面裂谷作为地壳尺度的伸展构造,具有伸展时间的长期性和拉伸的不均衡性,不均衡性造成了裂谷的复杂性,其结果是在盆地(拉张)相区 P-T 界线是连续的,在盆地拉张的边缘地区 P-T 界线为角度不整合-伸展不整合。

2.1. 伸展运动的造盆特征

保山地块中、下三叠统喜鹊林组为灰色白云岩、角砾状白云岩夹薄层状硅质岩,含硅质团块,沉积环境为斜坡-盆地相,由于强烈的白云岩化,难与沙子坡组分开。大水塘组为一套钙质浊积岩夹薄层状硅质岩,沉积环境为斜坡相[11]。

晚二叠世末-早、中三叠世(P_3-T_2)处于拉张时期[17]。保山地块三叠系上统牛喝塘组厚 1400 m [18]基性+酸性+基性的双峰式火山岩,并伴有碱性花岗岩类侵入,对于该火山岩,无一例外都认为是拉张背景下所形成,但都没有进行深入研究。通过深入的分析和对比,该套火山岩明显具富碱、双峰式特征,

它们是来自亏损地幔的橄榄拉斑质玄武质或苦橄质岩浆经过分异并混染少量地壳物质的产物,有发生斜长石、镁铁矿物和副矿物的分离结晶并使岩浆进一步向富硅、富碱的方向演化的特征。与东天山博格达造山带石炭纪火山岩裂谷双峰式火山岩有很多相同的特征,并且侵入于牛喝塘组中的碱性花岗岩类与东天山博格达造山带石炭纪中酸性岩浆亦有相同的特征[19],该碱性花岗岩在岩石学、岩石化学、副矿物及微量元素等方面与澳大利亚 A 型花岗岩相近,故可能系上地幔部分熔融岩浆衍生物[18],因此,对该套火山岩和碱性侵入岩的认识就成为认识保山地块 P-T 界线性质的关键之一。尽管双峰式火山岩并非只形成于裂谷环境,富含强不相容元素特征表明该岩系不是形成于洋岛洋内弧环境[20],包佳凤等(2012)认为牛喝塘组双峰式火山岩是形成于裂谷环境。

保山地块二叠纪为稳定的浅海环境的认识是没有分歧的,但对于三叠纪的沉积环境的认识分歧较大,一种观点认为属浅海环境,另一种观点认为属海槽环境。钟大赉认为,从近期所获资料来看,被分割的永德地块、保山地块并没有差别,特征之一是永德地块、保山地块的大水塘组皆为一套钙质浊积岩[21],属海槽环境。包佳凤等(2012)在大水塘组中发现了钙质浊积岩(局部夹薄层状硅质岩,图版 1)、滑塌岩块、大规模的震积岩[9],灰岩有极浓的油气味,认为其并非形成于浅海环境,而是形成于斜坡-盆地环境。赵云江等(2012)在大水塘组的上覆地层南梳坝组中发现了碎屑浊积岩和大规模的滑塌(带)堆积,砂岩底部发育槽模、沟槽,根据槽模判断水流方向指示为由南往北[11],滑塌(带)堆积的特征和现代冲绳海槽[22]很相近,其中的尖棱状褶皱,反映出震积岩的特征[23],沉积环境为斜坡-盆地相。在湾甸坝一带,南梳坝组之上的湾甸坝组的厚度已达 2065 m,认为属浅海相沉积[24]。包佳凤等(2012)认为保山地块的沉积基底性质在中二叠世末-三叠纪发生了极大的改变,由稳定变为强烈的拉张背景,致使保山金鸡地区海水向永德地区发生大规模的“海退”,使得永德地区“相对海平面升高”,沉积空间剧烈增大,堆积了巨厚的沉积物,但这和层序地层学主张的“海平面升高”和传统地层学中的“海退”是不相同的,因为这是发生在强烈的拉张背景下,并且是发生在同一个裂谷(盆地)里,“海退”和“海平面升高”严格受盆地(裂谷)裂隙的深度和范围的控制,是“此消彼长”的关系。强烈的拉张拗陷使其容纳沉积物空间迅速增大,在三叠纪时期堆积了厚越 6000 m 的沉积物,充分证明了伸展运动是具有造盆的独特特征[9]。

2.2. P-T 界线性质特征

长期以来,普遍认为保山地块(如图 1) P-T 是连续沉积的[18] [24],这只是其中的一种关系。形成这种认识的原因,主要是认为保山地块三叠纪时是稳定的浅海相沉积,没有涉及二叠纪-三叠纪的构造背景及沉积环境的认识。保山地块永德地区属于永德-黑山裂谷的中心地区,金鸡地区属于永德-黑山裂谷边缘地区。保山-永德两地相距约 120 km。笔者认为,保山地块上 P-T 界线有两种情况:1) 保山地块南西的永德地区,二者是连续的,可以从古生物中找到证据;2) P-T 之间为伸展不整合,二叠纪末,永德一带的强烈拗陷,同时迫使保山地区的海水向永德方向发生“海退”,并且全部退出了保山金鸡地区,缺失晚二叠世沉积,使下-中三叠统喜鹊林组直接覆于二叠统沙子坡组之上,形成了伸展不整合。笔者在保山大鸡山剖面发现了二者之间有一套河流相沉积,底部的石英质砾岩明显遭到了断层的改造,断层为正断层,断面倾向盆地一侧,呈高角度产出。同时根据沙子坡组中获有孔虫、蜓类及大尖山剖面获牙形石,表明在保山地区缺失晚二叠世龙潭期-长兴期沉积。本文即在裂谷背景下论述 P-T 界线的性质特征。现将两地的岩石特征、生物带特征对比如下(如表 1)。

2.2.1. 永德(裂谷盆地)地区

1) 沙子坡组(Ps)

永德地区沙子坡组为浅灰、灰白色厚层状泥晶灰岩、生物碎屑泥晶灰岩、生物碎屑灰岩、含砂砾屑生物碎屑泥晶灰岩、白云岩,含丰富的珊瑚、有孔虫、腕足类、苔藓虫、海百合茎等。厚度 389~407.1 m,

形成于浅海沉积环境。与下伏丙麻组呈整合接触，上部为浅灰-深灰色厚、中厚层状生物碎屑泥晶灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩。生物化石丰富，含有孔虫、腕足类、苔藓虫，局部化石含量可达 50% 以上，厚 88~398.5 m。建立了 7 个生物带(如表 2)^①：

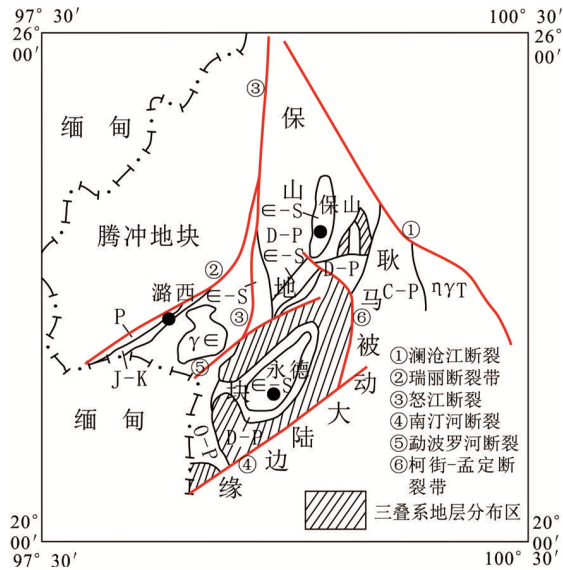


Figure 1. The simple map of triassic strata in Yongde-Baoshan County

图 1. 永德-保山地区三叠系地层分布略图

Table 1. The contrast table about the biological strata in Yongde (basin)-Jinji of Baoshan (marginal basin) area

表 1. 永德(盆地)地区-保山金鸡(盆地边缘)地区生物地层对比表

岩石地层		年代地层	永德(盆地)地区生物地层	保山金鸡(盆地边缘)地区生物地层
三叠系	中统	拉丁阶	<i>Neogondolella mombergensis</i> 带	<i>Platyvillosus costatus</i> 带
		安尼阶	<i>Neogondolella constricta</i> 带	<i>Neospathodus dirneri</i> 带
		奥伦阶	<i>Neospathodus homeri</i> 带	<i>Isarcicella isarcica</i> 带
	下统	印度阶	<i>Neospathodus waageni</i> 带	<i>Hindeodus parvus</i> 带
			<i>Isarcicella</i> 带	
	上统	长兴-龙潭阶	<i>Oldhamina-Leptodus, Sphaerulina zisongzhengensis</i> 蜓组合带	
二叠系	中统	沙子坡组	<i>Shanita-Hemigordiopsis</i> 组合带	
		茅口阶	<i>Verbeekina</i> 带	
		栖霞阶	<i>Chusenella-Yangchienia iniqua</i> 组合带	<i>Shanita-Hemigordiopsis</i> 组合带
			<i>Iranophyllum-Ipciphyllum</i> 组合带	
			<i>Parafusulina, Schwagerina</i>	

沙子坡组所产 *Polydiexodina* 延限带的时限跨度较大，从中二叠世栖霞晚期延至茅口期；近底部所产 *Misellina* 延限带属中二叠世栖霞期；而 *Chusenella-Yangchienia iniqua* 组合带、*Neoschwagerina* 延限带、*Verbeekina* 带及 *Iranophyllum-Ipciphyllum* 组合带均属中二叠世茅口期；其上部所产 *Shanita-Hemigordiopsis* 组合带已到茅口最晚期或晚二叠世吴家坪期、1:5 万南伞幅等在其相当的层位新建了一个岩石地层单位-南伞组(P_{2n})，并建立了一个腕足类组合带，属晚二叠世吴家坪-长兴期。综上所述，沙子坡组的时代为中二叠世栖霞晚期-晚二叠世长兴期。

Table 2. Characteristics of biozone of Permian Shazipo Formation in Yongde County
表 2. 永德(裂谷盆地)地区二叠系沙子坡组生物带特征

岩石地层	年代地层	生物带	重要分子
二叠系	上统	<i>Shanita-Hemigordiopsis</i> 组合带	<i>Shanita amosi</i> , <i>Hemigordiopsis renz</i> , <i>H.biconcavus</i> , <i>Kahlerina sinensis</i> , <i>Glomospira sinensis</i> , <i>Eolasiiodiscus midicus</i>
		<i>Iranophyllum-Ipciphyllum</i> 组合带	<i>Iranophyllum zhouguoense</i> , <i>I. elegantum</i> , <i>I. cf. splendens</i>
	沙子坡组	<i>Verbeekina</i> 带	<i>Verbeekina heimi</i> , <i>V. verbeeki</i> , <i>V. sphaera</i> , <i>V. grabaui</i> , <i>V. gracilis</i>
		<i>Chusenella-Yangchienia iniqua</i> 组合带	<i>Chusenella sinensis</i> , <i>C. gracilis</i> , <i>C. complicata</i> , <i>C.wuhsüchensis</i> , <i>C. tingi</i> , <i>Yangchienia iniqua</i> , <i>Sunatrina longissima</i> , <i>S. fusiformis</i>
中统	茅口 - 栖霞阶	<i>Neoschwagerina</i> 延限带	<i>Neoschwagerina craticulifera</i> , <i>N. colaniae</i> , <i>N. margaritae minor</i> , <i>N. sphaerica nana</i>
		<i>Polydiexodina</i> 延限带	<i>Neoschwagerina craticulifera</i> , <i>N. colaniae</i> , <i>N. margaritae minor</i> , <i>N. sphaerica nana</i>
	栖霞阶	<i>Misellina</i> 延限带	<i>Polydiexodina yunnanica</i> , <i>P. altunensis</i> , <i>P. afhanensis</i> , <i>P. furva</i> , <i>P. chekiangensis</i> , <i>P. parva</i> , <i>P. craticula</i> , <i>P. sparsa</i>

2) 喜鹊林组(Tx)

岩性为浅灰、灰白色粉 - 粗晶白云岩、角砾状白云岩，顶部、底部夹浅灰色中 - 薄层状泥晶灰岩透镜体。喜鹊林组为斜坡 - 盆地相碳酸盐沉积物，岩石总体上极为破碎，露头多见风化呈“砂状”特征俗称“破灰岩”。顶部的薄层状白云岩中含牙形石 *Neospathodus waageni*，近底部的泥晶灰岩中含牙形石 *Isarcicella* sp., *Prioniodina* cf. *magnidentata*, *Hindeodella* cf. *triassica*。岩性单一，化石稀少，厚 1163 m。喜鹊林组所含生物单一，主要为牙形石，共建立了 5 个生物带(如表 3)。

喜鹊林组所产牙形石表明，其时限为印度 - 拉丁期，可与保山金鸡一带喜鹊林组对比。

以上生物特征表明，沙子坡组与上覆三叠系喜鹊林组为连续沉积，二者为整合接触。

2.2.2. 金鸡(盆地边缘)地区地层及界面特征

沙子坡组沉积及生物特征：主要为灰、浅灰色灰岩、有孔虫灰岩、鲕粒灰岩、硅质灰岩及少量泥晶灰岩，总体以有孔虫灰岩、鲕粒灰岩为主，有孔虫个体小，一般 2~5 mm，部分有孔虫含量超过 50%，属盐度正常的温暖的浅海 - 鲕粒浅滩环境。岩石近地表部分普遍强烈白云岩化，且白云岩化有沿倾向深部减弱并消失的特征。

保山金鸡地区二叠系沙子坡组生物丰富，种属单一，主要为蜓、少量珊瑚和有孔虫，共建立了 1 个生物带，其时限为中二叠世栖霞 - 茅口期，可与永德地区的沙子坡组对比(如表 1)，其特征如下：

Shanita-Hemigordiopsis 组合带^{②③}

保山金鸡地区二叠系沙子坡组获有孔虫：*Shanita amosi* Bronnimann, *S. Bronnimann* et al., *S. chagouensis* Sheng et He, *Hemigordius zaninettiae* Altiner, *H. tibetites* Song, *H. inflata* Song, *Hemigordiopsis renzi* Reichel, *H. biconcavus* Wang, *H. regularis* Glomspira simplex Harlton, *Geinitzina spandeli* Tcherd, *Lipina*, *Ammodiscus planus* (Moeller), *Tetrataxis postminima* pot., *Nodosaria longissima* Spandeli Tcherd, *Pachyphloia* sp., 蜓：*Kalerina minima* Sheng, *K. sinensis* Wang。沙子坡组的时代为中二叠世栖霞晚期至中二叠世茅口中期，被上覆三叠系中下统喜鹊林组不整合覆盖。

Table 3. Characteristics of Triassic conodont belt in Yongde County
表 3. 永德(裂谷盆地)地区三叠纪牙形石带特征

岩石地层	年层代地	生物带	重要伴生分子
中统	拉丁阶	<i>Neogondolella mombergensis</i> 带	<i>Neohindeodella kobayashii</i> , <i>Ozarkcdina</i> sp.
	安尼阶	<i>Neogondolella constricta</i> 带	<i>Prioniodella ctenoides</i> , <i>Enantiognathus delicatulus</i>
三叠系 下统	喜鹊林组 (Tx)	<i>Neospathodus homeri</i> 带	<i>Hindeodella nevadensis</i> , <i>Cypridodella muelliri</i> , <i>Lonchodina</i> cf. <i>spengleri</i> , <i>Enantiognathus zieglerei</i> , <i>Hindeodella suevica</i>
		<i>Neospathodus waageni</i> 带	<i>Neospathodus hungaricus</i> , <i>Cypridodeua conflexa</i> , <i>Prioniodella ctenoides</i> , <i>Cypridodella unialata</i> , <i>Cypridodella spengleri</i> , <i>Enantiognathus zieglerei</i> , <i>Ozarkodina tortilis</i> , <i>Prioniodell decrescens</i>
	印度阶	<i>Isarcicella</i> sp.带	<i>Prioniodina</i> cf. <i>magnidentata</i>

最近, 王伟、董致中等(2019)对保山金鸡一带的三叠系下统喜鹊林组大鸡山剖面(略)补采了大量牙形石[25], 其研究表明, 保山地区金鸡地区三叠系上统大水塘组的地质年代为卡尼期, 喜鹊林组中获 *Hindeodus* sp.、*Hibbardella* cf. *tricornigera*、*ratognathodus* sp., 其时代为 T_{1,2}。然而, 从大鸡山剖面厚度来看, 喜鹊林组厚度仅 100 余米, 是可能存在缺失早三叠世的沉积? 这与三叠纪时存在的古陆有关。王伟、董致中等(2019)根据牙形石带连续性、间断性的考证认为: 保山金鸡地区二叠系中上统沙子坡组与三叠系中下统喜鹊林组为平行不整合接触[25]。笔者认为: 一般平行不整合面上覆地层中应该见到下伏岩层风化形成的砾石, 也就是喜鹊林组的下伏层位二叠系中上统沙子坡组为灰岩、生物灰岩, 而在大鸡山剖面上, 神奇的有石英质砾岩、铁锰质石英砂岩的露头, 这或许是保山地块三叠纪早期有古陆存在的原因。

2.3. 伸展不整合主要特征及古生物依据

2.3.1. 伸展不整合界面特征

永德 - 保山地块在中二叠世处于强烈的拉伸状态, 至早 - 中三叠世已经形成斜坡环境, 保山地区不整合面之下为二叠系沙子坡组, 不整合面之上为三叠系喜鹊林组, 二者之间为暴露沉积(如图 2), 可分为三层: 1) 灰、灰黄色脉石英质砾岩(图版 2), 不显层理, 砾石成分单一, 全为灰、灰白色脉石英, 含量 60%~70%, 砾石磨圆度好, 呈圆状 - 次圆状, 分选性好, 砾径一般 2~5 mm, 少量 8~10 mm, 钙泥质胶结, 胶结物遭水解后风化强烈, 使岩石外貌呈疏松状。2) 褐、灰褐色铁锰质石英砂岩(图版 3), 呈薄 - 中层状产出, 厚 5~15 cm, 岩中铁锰质含量 10%~15%, 局部少量集中而显肾状颗粒结构。砂屑成分全为石英, 分选性差, 粒径 0.5~2 mm, 磨圆度特好, 呈圆状 - 椭圆状, 颗粒透明度特好, 似水晶般透明。3) 白云质砾岩(图版 4), 呈中厚层状, 砾石成分为中晶白云岩、细晶白云岩、少量白云质灰岩, 含量 60%~70%, 磨圆度好, 呈圆状 - 次圆状, 分选性一般, 砾径一般 2~8 cm, 钙泥质、白云质紧密胶结, 总体呈透镜状分布, 延伸不远即消失。在暴露面附近, 由于二者岩石破碎, 产状难以测量, 但在不整合面周边, 两套地层的产状倾向东 - 南东, 向上倾角逐渐变缓, 在大水塘组顶部岩层倾角 20°左右, 明显较沙子坡组产状缓得多, 从产状现象看, 二者原始关系应为角度不整合接触。该不整合面石英质砾岩明显遭受后期伸展断层组(图版 5~6)的改造。断层规模不大, 呈高角度产出, 有两组产状, 但倾向明显相反, 与大水塘组震积岩中的“X”、“Y”型微同沉积断层组成的“微地堑、微地垒”相间的微观地质构造(如图 3) [9]有力学的相似性, 只是尺度大一些, 其形成与盆地后期还在持续拉张有关。总的来看, 断层规模并不大, 两侧岩层位移不明显, 只有石英质砾岩两侧的断面较明显, 剖面中的两组断层仅相当于其中的一个微地堑, 均属于上盘下降, 也就是说, 断层两盘岩层没有位移, 即断层两侧岩层产状没有受到断层的改造, 结合

暴露面两侧的岩层不论倾向、倾角都不一致，二叠系上统岩层产状为 $90^{\circ} \angle 54^{\circ}$ ；三叠系中下统喜鹊林组产状为 $104^{\circ} \angle 48^{\circ}$ ，因此，基本可以界定，二者至少是(微)角度度不整合。大鸡山剖面上伸展不整合遭到了后期伸展断层的改造，并且只是局部的现象，在大尖山、小桥及阿孔田北剖面上就没有被断层改造。

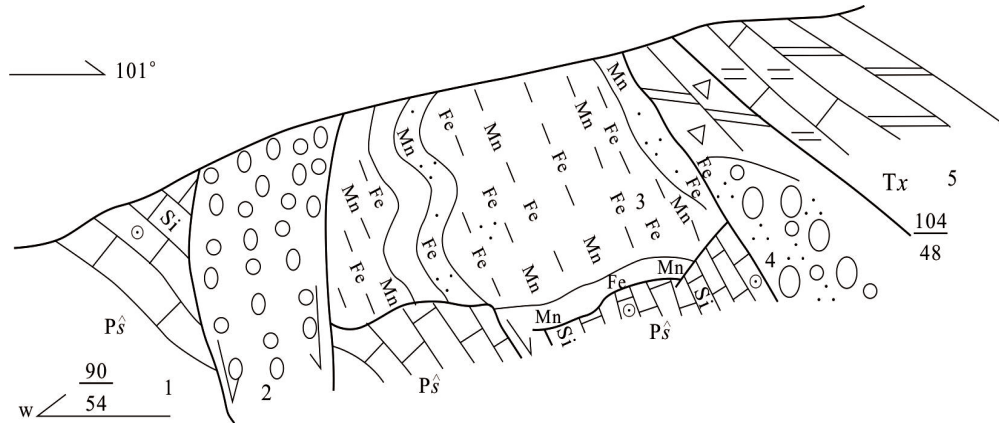


Figure 2. The contact graph about the unconformity of the Xiquelin Formation and the Shazipo Formation

图 2. 喜鹊林组与沙子坡组不整合接触关系图

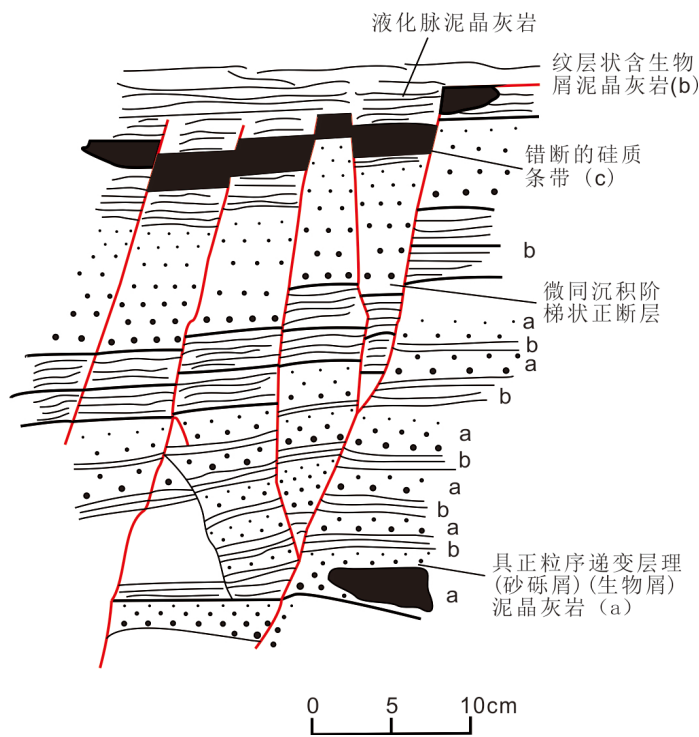


Figure 3. Micro Graben and micro horst formed by normal fault (interphase micro geological structure) [9]

图 3. 同沉积正断层相间组成的微地堑与微地垒(示震积岩特征) [9]

2.3.2. 伸展不整合的生物依据

喜鹊林组主要为灰、浅灰色白云岩、角砾状白云岩、白云质灰岩、角砾状白云质灰岩、硅质团块白云质灰岩夹少量薄层状硅质灰岩、硅质岩，其沉积环境为斜坡相，与下伏二叠系中统沙子坡组呈不整合

接触, 二叠-三叠系生物地层界线 *Hindeodus parvus* 的首次出现为准[26], 在大尖山、阿孔田剖面上获 4 个牙形石带(或带重要分子)^{②③}:

1) *Hindeodus parvus* 带

产于喜鹊林组近底部, 除带 Pa 分子外, 还发现了大量的以下分子① *Pb element* (Pb); ② *Sa element* (Sa); ③ *Sc element* (Sc); ④ *M element* (M)。该带与 *Hindeodus minutux* 共生, 其为云南殷坑阶第一出现的牙形石带。

2) *Isarcicella isarcica* 带

产于喜鹊林组近底部, 在剖面上未获 *Isarcicella isarcica* 带分子, 只获该带特征分子 *Isarcicella staesehel* Dai et Zhang, 该带为云南三叠系牙形石第二带, 时限 T_1^1 。

3) *Neospathodus dirneri* 带

出现于喜鹊林组底部, 除带分子外, 重要的伴生分子有: *Neospathodus dirneri* *Neohindeodella nevadensis* (Muller), *N. sp.*, *Ozarkodina tortilis cf. equidentqtq*, *Neospathodus dirneri* Sweet, *N. cf. kummeli* Sweet, *N. dieneri* Sweet, 伴生分子有: *Hindeodus suevica* (Tatge), *Enantiognathus incurvas* Kozur, 是云南三叠系殷坑阶第五个牙形石带。

4) *Platyvillosus costatus* 带

产于喜鹊林组近底部, 除带分子外, 还发现了大量 *Platyvillosus costatus* (Staesche), *P. sp. nov.*, *Hindeodus nevadensis*, *Ozarkodina tortilis equidentqtq*, *Neospathodus dirneri* 等, 是云南三叠系第九个牙形石带。

以上古生物带说明金鸡地区二叠纪缺失龙潭期、长兴期沉积, 在邻近的丙麻、阿孔田一带, 在灰色角砾状白云岩(可能是白云质砾岩)之上获 *Isarcicella isarcicq* 带组合分子 *Lonchodina sp. A* (nov), 董致中认为其时限为 T_1^2 [27]。因此, 在阿孔田一带可能缺失 *Hindeodus parvus* 带, 意味着缺失 T_1^1 沉积。以上古生物特征表明, 在保山金鸡地区缺失 $P_3-T_1^1$ 沉积, 伸展不整合和其它不整合一样, 它不是一个简单的面, 而是不整合界线地层单位[28]。

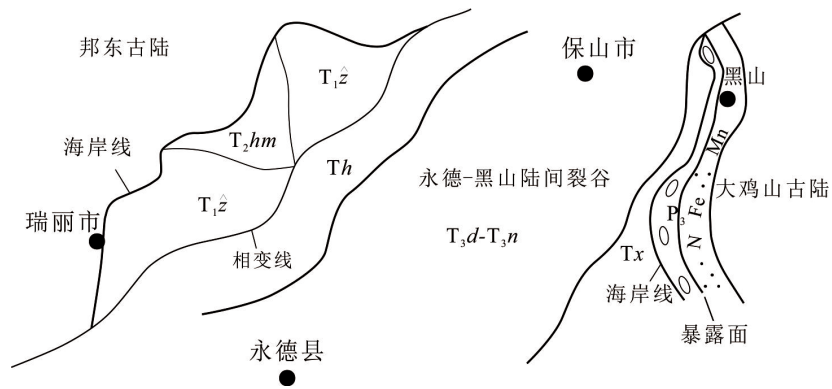
3. 伸展不整合形成的古地理环境

保山地块在三叠纪时形成了裂谷即永德-黑山裂谷[9], 有必要研究裂谷的类型。赵云江等(2010)认为, 在早三叠世时, 保山地块的西北部瑞丽的邦东一带存在古陆, 并称之为邦东古陆[29], 早期沉积扎多组为三角洲相-泻湖相沉积, 中三叠统伙马组为泻湖相沉积, 与原划分的中下三叠统河湾街组(相当于本文的喜鹊林组)呈相变关系, 三角洲、泻湖的出现, 说明已经接近早中三叠世的海岸线, 即有古陆的存在。需指出, 1:25 万大理市幅根据中下三叠统河湾街组(Th)所获牙形石将其解体, 一部分划分为二叠系沙子坡组, 一部分划分为中下三叠统喜鹊林组^④, 但瑞丽一带的中下三叠统为浅海相沉积, 与金鸡地区的喜鹊林组只是层位相当, 但沉积环境是有差别的。结合保山地块南东侧金鸡大鸡山一带中二叠统沙子坡组之上-中下三叠统喜鹊林组之间的石英质砾岩、白云质砾岩(局部有玄武质砾岩、紫红色铁质泥岩)这些河流相的沉积物现象表明, 在中二叠世-早三叠世亦有古陆的存在, 笔者暂时命名大鸡山古陆。综上所述, 保山地块在晚二叠世-早三叠世时, 其北西侧和南东侧均有古陆的存在, 永德-黑山裂谷的类型属于陆间(板内)裂谷(如图 4)。

4. 伸展不整合面上下地层的沉积环境及海平面变化

古、中生界之交是地史时期的一个重大转折时期, 生物界经历了一次重大变革, 发生了地史时期大规模的生物灭绝事件和海平面变化。保山地块二叠系沙子坡组为白云岩、白云质灰岩(通称破灰岩)、有孔

虫灰岩，含丰富的蜓、有孔虫及少量珊瑚，沉积环境为浅海相。自中二叠世开始，保山地块构造背景进入拉张，至晚三叠世最终使永德-黑山裂谷形成，其物质组成包括：1) 三叠系中下统喜鹊林组主要为碳酸盐岩夹少量薄层状硅质岩、角砾状灰岩，含大量的硅质团块及条带，见水平纹层及变形层理，为斜坡沉积，厚越 700 m^②；2) 三叠系上统大水塘组钙质浊积岩与硅质沉积，发育薄层状泥晶灰岩与硅质岩组成的韵律；灰岩中发育密集水平纹层，厚 600 m，沉积环境为斜坡-盆地相[9]；3) 三叠系上统牛喝塘组基性+酸性+基性双峰式火山岩及同期碱性花岗岩类侵入体，火山岩厚近 1400 m；但由于保山金鸡地区处于拉张的边缘而缺失火山喷发，强烈反映出拉张的不均衡性；4) 三叠系上统南梳坝组的碎屑浊积岩和湾甸坝组碎屑沉积组成，分别厚 1400~1600 m，2065 m，在保山金鸡一带，受印支造山运动的影响缺失湾甸坝组，裂谷堆积物累积厚度达 6100 m 以上^②。作为与裂谷相伴的构造现象，主要有：1) 大水塘组为斜坡-盆地沉积，发育钙质浊积岩及大规模的震积岩(图版 7)；2) 南梳坝组发育的复理石沉积表现出具有斜坡-盆地相的沉积特征，其中发现了斜坡环境下的大规模的滑塌(带)堆积、等深流沉积和深海浊积平原沉积，滑塌堆积中的尖棱状褶皱也反映出震积岩的特征(图版 8)。南梳坝组主体为一套粉砂-泥组成的复理石韵律，韵律厚一般 1~4 cm，显示深海浊积平原沉积特点。不整合面上、下地层的沉积环境差别很大，二叠系中统沙子坡组为浅海环境沉积，而三叠纪从印度期-诺利早期基本上维持了斜坡-盆地-深海浊积平原沉积环境(如图 5)。



瑞丽一带：T_{1z} 为三角洲-泻湖相；T_{2hm} 为泻湖相；Th 为浅海相。金鸡一带：P₃ 为河流相；Tx 为斜坡相；T_{3d} 为斜坡-盆地相；T_{3n} 为斜坡-深海浊积平原相。

Figure 4. The schematic diagram of horizontal distribution about P-T ancient land and sedimentary facies in Baoshan block

图 4. 保山地块 P-T 古陆及沉积相平面分布示意图

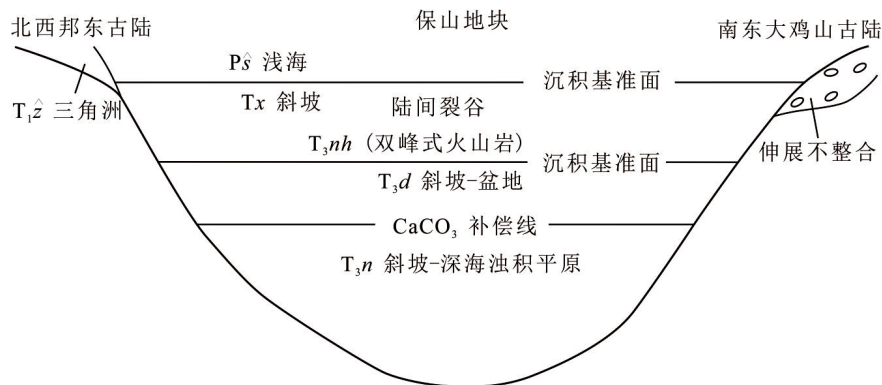


Figure 5. The schematic diagram of P-T sedimentary environment in jinji, Baoshan block

图 5. 保山地块金鸡地区 P-T 沉积环境示意图

强烈的拉张导致了沉积基底地形的变化, 由二叠纪坡度较小的浅海地形演变成三叠纪坡度较大的斜坡地形, 基底地形的变化进而引起了海平面的巨大变化。在拉张边缘的金鸡地区由中二叠世的浅海环境演变为晚二叠世的河流环境, 河流的出现, 反映了晚二叠世海平面发生了明显的降低。另一方面, 在强烈拉张拗陷的盆地中心堆积了巨厚的沉积物, 以晚三叠世南梳坝组拉张拗陷达到极限, 其沉积基准面位于碳酸盐补偿线之下。以上特征表明, 保山地块经历了二叠纪数百米的浅海 - 三叠纪晚期的 3~4 千余米的深海演变, 由此可见, P-T 的海平面变化是极其巨大的(如图 6)。

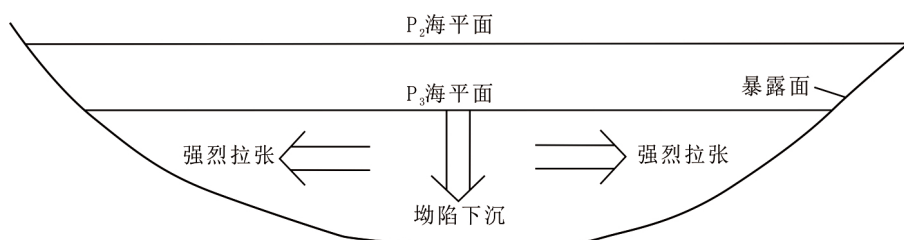


Figure 6. The schematic diagram of P₂-P₃ sea level change in jinji, Baoshan block
图 6. 保山地块金鸡地区 P₂-P₃ 海平面变化示意图

5. 讨论：伸展不整合时期的厘定

保山地块从中二叠世开始 - 晚三叠世时处于拉张背景, 主要依据有: 1) 晚三叠世牛喝塘组中厚度巨大的双峰式火山岩(指示为裂谷环境); 2) 晚三叠世大水塘组中钙质浊积岩普遍发育有系列的同沉积微(正)断层(改造成为震积岩), 部分表现为同沉积微(正)断层组成和微地堑、微地垒相间的构造景观(如图 3); 3) 晚三叠世大水塘组、南梳坝组发育的同沉积断层。

从保山地区缺失吴家坪期、长长期沉积, 结合区域上沙子坡组所产 *Polydixodina*、*Misellina*、*Chusenella-Yangchienia iniqua*、*Verbeekina* 等化石, 笔者认为保山地块从中二叠世栖霞期开始拉张, 喜鹊林组 - 大水塘组中获 *Hindeodus parvus* 带 - *Epigondolella abneptis* 带、*Epigondolella multidentata*-*E. postera* 带、*Epigondolella bidentata*。其时限为印度期 - 卡尼期, 说明保山地块 P-T 之间的伸展不整合形成的拉张时限为栖霞期 - 印度期。南梳坝组上部为深海浊积相沉积, 其沉积基准面比大水塘组要深得多, 结合其中发育的同沉积断层, 说明拉张还在继续, 所含双壳类 *Costatoria napengensis*-*Palaeocardita mansuyi* 等化石^⑥, 其时限为卡尼 - 诺利期, 三叠纪最上部的湾甸坝组底部为一套磨拉石建造, 所含菊石 *Indosinion-Permophorus* 带^④及植物等, 其时限为诺利期, 反映出拉张背景的结束。

6. 意义

伸展不整合是梁定益等(2000)在研究川西、滇西震积岩时提出的, 尽管本文论述的伸展不整合与梁定益等(2000)、丁强等(2004)提出的伸展不整合的含义有一定差别。本文从 P、T 时的沉积背景、沉积环境、暴露面、古生物缺失、灾变事件并结合伸展作用论述了伸展不整合的特征, 指出伸展不整合是新类型的角度不整合, 这是地质学中的一件大事, 不仅标志着保山地块的 P-T 界线的研究取得了突破性的进展; 另一方面摆脱了均(渐)变地质学观点的束缚, 对于发现地史时期的灾变事件、对更加有力地推动我国地质学的进步与发展具有非常重要的意义。前人认为保山地块在三叠纪时是稳定的浅海沉积, 笔者收集了大量的资料认为保山地块在三叠纪时处于裂谷环境, 即永德 - 黑山裂谷, 明显有具陆间裂谷的特征, 和现今东非裂谷具有相似性。板块构造学说创立后得到了快速的发展, 但对内部构造研究程度较低, 在一定程度上制约了我国地质学的发展, 均(渐)变地质学认为不整合是挤压或地壳升降运动形成, 明显忽略了地史时期的突变事件。吴根耀教授曾论述道: “除挤压构造体制中形成的不整合面外, 伸展运动也可形成

地层记录中的不整合面” [30]。滇西造山运动主要发生在三叠纪晚期 - 诺利期, 形成了几个非常典型的不整合面: 1) 哀牢山造山带三叠系上统歪古村组角度不整合于三叠系上统攀天阁组之上; 2) 三岔河组角度不整合于三叠系上统小定西组之上^②; 3) 三叠系上统图姆沟组不整合于三叠系中下统尼汝组之上, 以及保山地块上发生在湾甸坝组与下伏南梳坝组之间的平行不整合接触, 它们都发生在三叠系中 - 上统之间或上统内部, 与保山地块上中、晚二叠世 - 三叠纪之交的伸展运动迥然不同。前人资料及文献认为保山地块三叠纪时是浅海环境, 牛喝塘组双峰式火山岩认为属陆相喷发。包佳凤(2012)认为保山地块在三叠纪时为裂谷(盆地)环境[9], 震积岩分布在活动的构造带上[31]。如果是这样, 保山地块三叠纪的活动构造带上在什么位置? 永德 - 黑山条带就是这个位置, 牛喝塘组双峰式火山岩及侵入其中的碱性花岗岩 - 大水塘组中钙质浊积岩、震积岩 - 南梳坝组中的震积岩、厚度巨大的碎屑浊积岩以及斜坡环境下发生的滑塌堆积反映了这个活动的构造带(裂谷)的存在和特征。裂谷是引张用形成的, 勿容置疑, 强烈的拉张拗陷, 使浅海环境下相对平缓的基底地形演变成坡度较大的斜坡基底地形, 同时使保山金鸡地区在中二叠世时沉积物暴露地表。浅海与演变形成的斜坡这两种基底地形本身就有角度, 当三叠纪海侵发生时, 新老沉积物之间产生了一定角度。因此, 本文谓之伸展不整合, 并伴随着裂谷的形成, 而裂谷的沉积作用明显不同于被动大陆边缘的沉积作用, 除了均变沉积之外, 本身还带有灾变沉积的浓烈色彩。上述现象和特征充分说明伸展运动不仅具有造盆(裂谷)的特征, 同时在盆地的边缘形成了伸展(角度)不整合, 向盆地内部演变成整合, 造盆(裂谷)与伸展(角度)不整合是相辅相成的重要地质现象。因此, 伸展不整合的发现、拟定和保山地区 P-T 界线特征的确定, 不仅对研究地壳尺度的伸展构造和古特提斯的演化具有重要的地质意义。同时由于裂谷蕴藏着丰富的天然能源, 保山地区三叠系上统大水塘组灰岩普遍具有浓烈的臭味[9]对于寻找与裂谷有关的石油、天然气和金属矿产也具有重要的现实意义。

7. 结论

1) 中二叠世以后, 保山地块的构造背景发生了由稳定到强烈拉张背景的变化, 金鸡地区三叠系中下统喜鹊林组与二叠系中统沙子坡组之间的伸展不整合就是在此背景下所形成, 它和扬子西缘发生在二叠纪末期的东吴运动[32]性质是相同的。作为地壳尺度的伸展构造 - 裂谷, 具有伸展的长期性和不均衡性, 不均衡性造成了地质现象的多样性和复杂性, 多样性表现在强烈拉张的(永德)地区形成了盆地, 使其海平面快速上升, 容纳沉积物的空间急剧增大[33], 堆积了巨厚的沉积物, P-T 之间沉积是连续的, 即三叠系中下统喜鹊林组与下伏二叠系中上统沙子坡组为整合接触, 从岩石记录中可以找到古生物证据。强烈拉张的同时导致了 P₂-P₃ 时海平面的剧烈变化, 在拉张的边缘(金鸡)地区, 由于海水向裂谷盆地中心“海退”, 并且在中二叠世时全部退出了该区, 使该区沙子坡组的最高层位直接暴露地表并形成了古陆(肯定不是由地壳的垂直升降运动和造山运动所引起), 从而形成三叠系中下统喜鹊林组与二叠系中上统沙子坡组之间的角度不整合。发育在不整合面中的高角度正断层规模小、断距小, 具有伸展断层组[32] [33]的特征。

2) 保山金鸡地区缺失二叠纪吴家坪期、长兴期沉积, 结合区域上沙子坡组所产 *Polydiexodina*、*Misellina*、*Chusenella-Yangchienia iniqua*、*Verbeekina* 等化石, 笔者认为保山地块从中二叠世栖霞期开始拉张。喜鹊林组 - 大水塘组中获 *Hindeodus parvus* 带 - *Epigondolella abneptis* 带、*Epigondolella multi-dentata-E. postera* 带、*Epigondolella bidentata*, 其时限为印度期 - 卡尼期, 说明保山地块 P-T 之间的伸展不整合形成的拉张时限为二叠纪茅口期 - 三叠纪印度期。

致 谢

本文蜓类化石由林敏基高级工程师鉴定、牙形石由董致中高级工程师鉴定, 薄片由高级工程师冯文杰、徐桂香等鉴定, 大尖山剖面由张虎高级工程师等测制, 对本文中提及的 1:5 万、1:25 万区域地质调

查项目的工作人员以及云南省区域地质志修编项目(正在进行)提供的支持, 在此一并表示衷心的感谢!

基金项目

中国地质调查局项目(云南区域地质调查片区总结与服务产品开发, NO. 121201102000150012-02)。

参考文献

- [1] 梅冥相. 从不整合面复杂的地质涵义窥视层序地层学的诞生: 层序地层学重要的科学命题之一[J]. 地层学杂志, 2011, 35(2): 179-189.
- [2] 马杏垣. 论伸展构造[J]. 地球科学 - 武汉地质学院学报, 1982, 3(18): 15-20.
- [3] 梁定益, 聂泽同, 宋志敏. 再论震积岩与震积不整合[J]. 地球科学, 1994, 19(6): 845-850.
- [4] 梁定益, 聂泽同, 董文彤, 等. 藏南聂拉木地区上三叠统与侏罗系中伸展不整合以及各组地层的厘定[J]. 现代地质, 2000, 14(3): 333-340.
- [5] 孙晓猛, 梁定益, 聂泽同. 大陆边缘震积岩序列——以金沙江中段震积岩为例[J]. 现代地质, 1995, 9(3): 271-277.
- [6] 梁定益, 聂泽同, 万晓樵, 等. 试论震积岩及震积不整合——以川西、滇西地区为例[J]. 现代地质, 1991, 5(2): 138-146.
- [7] 丁强, 夏群科. 伸展不整合: 初论造盆运动[J]. 安徽地质, 2004, 14(4): 257-260.
- [8] 李朝阳, 刘玉平, 管太阳, 等. 不整合面中的成矿机制与找矿研究[J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 353-360.
- [9] 包佳凤, 赵云江, 王承平, 等. 滇西保山金鸡地区三叠系上统大水塘组震积岩的发现及意义[J]. 沉积学报, 2012, 31(3): 490-501.
- [10] 乔秀夫. 中国震积岩的研究与展望[J]. 地质论评, 1996, 42(4): 317-319.
- [11] 赵云江, 郑春, 黄亮, 等. 灾变事件地层斜坡滑塌(带)堆积的特征——以滇西保山地区上三叠统南梳坝组为例[J]. 地质通报, 2012, 31(5): 745-757.
- [12] 彭元桥, 殷鸿福, 杨逢清. 陆相二叠 - 三叠系界线研究进展[J]. 地球科学进展, 2001, 16(6): 769-776.
- [13] 彭元桥, 高勇群, 杨逢清, 等. 南非陆相二叠 - 三叠系界线研究进展[J]. 地质科技情报, 2006, 25(1): 1-8.
- [14] 张自超, Claoue-Long, J.C., 马国干, 等. 浙江长兴煤山二叠 - 三叠系界线年龄测定[J]. 地质论评, 1992, 38(4): 372-381.
- [15] 王义则, 陈楚震, 芮琳, 等. 论二叠系 - 三叠系界线定义[J]. 地层学杂志, 1989, 13(3): 205-212.
- [16] 彭元桥, 童金南. 扬子台区二叠 - 三叠系界线层综合地层学研究[J]. 地球科学 - 中国地质大学学报, 1999, 24(1): 39-48.
- [17] 徐桂荣, 丁梅华. 二叠系 - 三叠系界线的事件地层学标志[J]. 地层学杂志, 15(3): 1991, 201-208.
- [18] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 193-201.
- [19] 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 305-314.
- [20] 徐学义, 夏祖春, 夏林圻. 南秦岭元古宙板内火山作用特征及构造意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20(3): 255-262.
- [21] 钟大赉. 滇川西部古特提期造山带[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 46-47.
- [22] 刘宝珺, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 154-175.
- [23] 宋天锐, 和政军, 丁孝忠. 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一套可能的地震 - 海啸序列[J]. 科学通报, 1988, 38(8): 609-611.
- [24] 云南省地质矿产局. 云南省岩石地层[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1996: 211-216.
- [25] 王伟, 赵云江, 董致中, 等. 云南保山地区中 - 晚三叠世 *Budurovignathus* 及 *Pseudofurnishius* 牙形类动物群的发现及意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2019, 39(2): 54-59.
- [26] 朱相水, 王成源, 吕桦, 等. 二叠 - 三叠系生物地层界线 *Hindeodus parvus* 的首次出现为准[J]. 微体古生物学报, 1994, 11(4): 439-451.
- [27] 董致中, 王伟. 云南省牙形石类动物群[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 128-146.

- [28] 地质矿产部直属单位管理局. 1:5 万沉积岩区区域地质填图方法指南[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1991: 45-55.
- [29] 赵云江, 包佳凤, 王伟, 等. 瑞丽地区中下三叠统地层层序的重新厘定及沉积环境分析[J]. 云南地质, 2010, 29(1): 79-84.
- [30] 吴根耀. 初论造山带地层学 - 以三江地区特提斯造山带为例[J]. 地层学杂志, 1998, 22(3): 161-169.
- [31] 夏青松, 田景春. 鄂尔多斯盆地南部上三叠统延长组震积岩的发现及地质意义[J]. 沉积学报, 2007, 25(2): 246-249.
- [32] 梁定益, 聂泽同, 宋志敏. 扬子西缘东吴伸展运动[J]. 地球科学 - 中国地质大学学报, 1994, 19(4): 443-453.
- [33] 肖传桃, 刘丰. 事件地层单位的理论及实践——以中扬子台地震旦 - 寒武纪界线事件集群为例[J]. 地球科学进展, 2010, 25(3): 290-296.

附 录

- ① 云南省地质矿产局. 1:5 万岩子头、勐永幅、南伞幅、甘塘幅区域地质调查报告[R]. 1990.
- ② 云南省地质调查院. 1:5 万金鸡村、瓦窑、保山县、板桥街、杉阳、永平县、厂街、龙街区域地质调查报告[R]. 2011.
- ③ 云南省地质矿产局. 1:20 万保山幅、凤庆幅、永德幅区域地质调查报告[R]. 1980.
- ④ 云南省地质调查院. 1:25 万大理幅、凤庆幅区域地质调查报告[R]. 2008.
- ⑤ 云南省地质矿产局. 1:5 万色树坝幅、孟定街幅区域地质调查报告[R]. 2000.

附录

Plate (图版)



图版说明：1. 薄层泥质泥晶灰岩与薄层状硅质岩互层(赵云江等，2012)；2. 石英质砾岩；3. 铁锰质石英砂岩；4. 白云质砾岩；5. 伸展断层对不整合面改造特征；6. 小规模正断层(微地堑)特征；7. 大水塘组中的钙质浊积岩(震积岩)；8. 南梳坝组中的尖棱状褶皱(震积岩)。