

四川若尔盖唐克晚三叠世卡尼期 侏倭组陆隆沉积环境分析^①

杨逢清¹ 王红梅¹ 杨恒书² 谢树成¹

¹ (中国地质大学, 武汉 430074) ² (四川地矿局川西北地质大队, 绵阳 621000)

提 要 四川若尔盖至唐克公路的 133- 134 km 公路碑处出露一套陆源碎屑沉积, 根据所含双壳类化石, 此地层属晚三叠世卡尼期沉积。这套地层具有浊流沉积、等深流沉积和正常深海沉积三种类型。从岩性特征、双壳生物相和遗迹相所提供的依据分析, 该地层形成于陆隆到盆缘环境。

关键词 浊流沉积 等深流沉积 正常深海沉积 陆隆-盆缘环境 侏倭组

第一作者简介 杨逢清 女 55岁 教授 地层古生物学

唐克位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县的西南部(图 1), 它至若尔盖公路的 133- 134 km 公路碑处出露一套层序清晰、发育良好的陆源碎屑沉积。四川省地矿局区域地质调查队(1984)^②认为这套地层的时代为晚三叠世, 划归新都桥组; 邓康龄等⁽¹⁾主张此地层仍沿用草地群一名(熊永先, 1941), 其时代包括整个三叠纪, 其中大部分属晚三叠世, 其理由是在松潘地区原草地群内发现的牙形石, 有的属早三叠世, 有的属晚三叠世, 已定的组名称难以引用。另外, 邓氏等还指出, 阿坝地区草地群(含唐克)主要属深海浊流沉积。笔者于 1990 年实测了唐克地层剖面, 对其地层时代、岩石地层单位归属及沉积环境作了一定研究。

晚三叠世是松潘甘孜海槽裂陷拉张时期, 详细研究唐克剖面的时代归属及沉积环境, 对了解整个松潘甘孜沉积盆地的演化、印支



图 1 四川若尔盖唐克剖面位置图
Fig. 1 Location of the Tanggor section in Zoige, Sichuan

① 本文得到自然科学基金项目 49290100 的资助

② 四川地矿局区域地质调查队, 1984, 1: 20 万若尔盖幅。

收修改稿日期: 1995- 06- 12

期构造发展史和金矿床的成因及分布规律有着极重要意义。

1 地层剖面及时代归属

唐克剖面的层序自上而下为:

上三叠统侏倭组 (T_3^1zh)

- (7) 灰色、灰绿色、灰色粉砂质板岩,夹灰色细粒砂岩条带或粉砂岩,含铁质结核 含双壳类 *Halobia* cf. *yunnanensis* Reed, *Halobia* sp. 未见顶
- (6) 深灰色、灰黑色粉砂质板岩与灰色薄层石英细至粉砂岩及含铁质粉砂质板岩互层。砂岩具微斜层理,包卷层理。层面具平缓波痕,板岩有铅笔状构造,内产双壳类, *Halobia* cf. *pluriradiata* Reed, *H.* cf. *yunnanensis* Reed, *H.* cf. *Jomdaensis* Zhang, *H.* sp., *Posidonia* sp.; 遗迹化石: *Protopaleodictyon* sp., *Neonereites* sp. 52.1 m
- (5) 黄灰色、青灰色薄至中厚层中至细粒含长石石英砂岩夹粉砂岩和粉砂质板岩。 22.7 m
- (4) 深灰色、黑灰色粉砂质板岩夹粉砂岩条带,含铁质结核,产双壳类 *Posidonia* sp. 及 *Halobia* 碎片。 23.0 m
- (3) 黄灰色、灰黑色中厚层中至细粒岩屑石英砂岩夹粉砂岩及板岩,具韵律结构。 21.0 m
- (2) 深灰至灰黑色粉砂质板岩夹薄层细粒岩屑石英砂岩,含双壳类 *Halobia* cf. *pluriradiata* Reed, *H. austriaca* Mojsisovics, *Halobia* sp.; 遗迹化石 *Chondrites* sp., *Cosmorhaphé* sp. 33.8 m
- (1) 灰色薄层细粒长石石英砂岩夹灰黑色泥质板岩及粉砂质板岩,砂岩具鲍马序列,并具槽模构造,板岩内产双壳类 *Halobia* cf. *pluriradiata* Reed, *Halobia* sp., *Posidonia* sp. 45.2 m

以下覆盖

上述剖面中岩性组合特征明显,以薄—中厚层细砂、粉砂岩与板岩呈韵律互层,与侏倭组典型地点的岩性十分相似(图 2),所含化石 *Halobia* cf. *pluriradiata* 和 *H.* cf. *yunnanensis* 在西南地区(云南保山、剑川,四川雅江、侏倭、新龙等地)分布广泛,为卡尼期的重要分子,上述种也是越南、中南半岛、西欧等地卡尼期的常见分子。因此,唐克至若尔盖 133—134 km 公路碑处的地层称为侏倭组,时代为晚三叠世卡尼期。

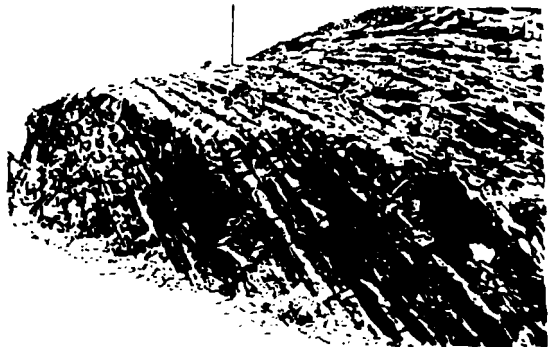


图 2 唐克侏倭组砂岩与板岩互层

Fig. 2 Sandstones interbedded with slates of Zhuwo Formation, Tanggor

2 沉积特征

唐克侏侏组为陆源碎屑沉积,其沉积类型有以下三种

2.1 浊流沉积

浊流沉积在本剖面最为发育,共三层(层(1)、(3)、(5)),约占剖面总厚度的45%。

侏侏组浊积岩据邓康龄^[1]及本次岩石薄片鉴定成果统计,主要由长石岩屑砂岩、长石富岩屑砂岩、含长石岩屑石英砂岩、粉砂岩和粉砂质、泥质板岩组成。砂岩中石英含量40%—50%,长石占20%—15%,岩屑为40%—35%,岩屑主要由粉砂岩、泥岩、片岩和石英岩等组成。长石主要为钾长石,次为斜长石。碎屑颗粒多呈不等粒棱角状,分选性差,已变质为绿泥石、黑云母的泥质,呈基底式或孔隙式充填,这种杂砂岩的岩类学特征,是大多数陆源碎屑浊积岩所共有的。

浊积岩具较完整的鲍马序列,A段为中、细粒长石石英砂岩,具正递变层理,与下伏岩层呈突变关系,单层砂岩厚1—4cm不等。在砂岩底部常发育底面槽模,槽模长10—30cm,宽为长之半,顶角约30°—45°,根据槽模测定而恢复的古流向为215°左右。B、C、D(或D+、E)段分别为具平行层理的细粒长石石英砂岩;具微波状交错层理的粉砂岩、细砂岩;具水平层理的粉砂质板岩、泥质板岩(图3)。

浊积砂岩镜下观察基质含量较多(20%—25%)。薄片粒度分析结果 $M_z = 2.413$;标准偏差 σ_1 值为0.593,表示分选中等;偏度系数 Sk_1 为-0.085,近于对称;峰态 K_g 值为1.012,中等偏窄,表示沉积物进入新环境;Y值为6.286,小于9.8433,概率累积曲线一段式,呈现悬浮搬运的特点,粒度区间较宽,斜率略高(图4)。上述特点显示浊流沉积特征。

2.2 等深流沉积

唐克侏侏组的第(6)层为等深流沉积,岩性为深灰色、灰黑色粉砂质板岩与灰色薄层细砂岩、粉砂岩互层,即泥质等深积岩与砂质等深积岩交替出现。等深流沉积上、下层面突变,多层平行出现,层面时见舌形平缓波痕和波纹(图5),还见似鞋底状结核(图6),舌形波痕(纹)由深海底流作用产生。板岩层面上的似鞋底状或面团状含铁粉砂质结核排列无方

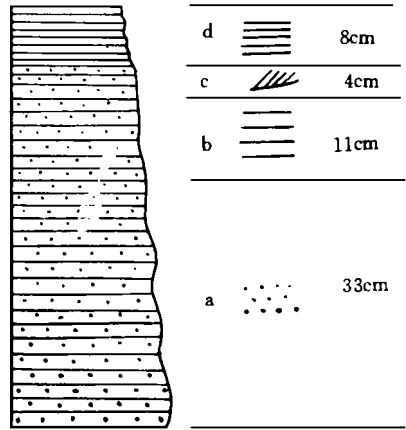


图3 唐克剖面第1层鲍马序列图

Fig. 3 Bouma sequence of the 1st bed of Tanggor

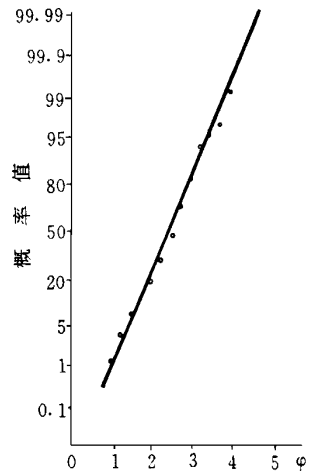


图4 唐克浊积岩(第一层) 粒度概率累积曲线图

Fig. 4 Probability accumulation curve of grain size of the turbiditic sandstone(1st bed) from Tanggor

向性,结核大小为 $20-40\text{ cm} \times 6-12\text{ cm} \times 2-3\text{ cm}$ 石英细砂岩单层厚 $5-12\text{ cm}$,具水平层理、微斜层理和包卷层理,单向微斜层理的低收敛角为 $3^\circ-4^\circ$,表明水体单方向流动,指示流向为东西向。砂岩层系厚 $4-5\text{ cm}$,纹层约 $1-2\text{ mm}$,界面清楚,无垂向序列



图 5 唐克侏倭组舌形波痕素描图

Fig. 5 Tongue-like ripple mark of Zhuwo Formation from Tanggor



图 6 唐克侏倭组鞋底形结核

Fig. 6 Sole-like nodule mark of Zhuwo Formation in Tanggor

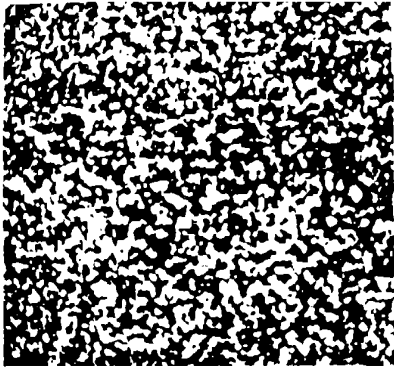


图 7 唐克侏倭组等深积岩镜下特征 $\times 10$

Fig. 7 Microscopical features of contourites of Zhuwo Formation in Tanggor

镜下观察,砂岩少泥支撑,钙质胶结,石英颗粒分选极好,大都呈次棱角状或次圆状(图 7),有港湾状石英,物质成熟度较高,石英含量达 85% 左右,基质含量约 10% 左右,并含有菱铁矿、磁铁矿等铁质矿物。

上述野外和镜下特征均反映为深水、低流速、连续稳定的牵引流沉积特征。该等深流沉积的下部围岩为浊积岩,上部则为正常深

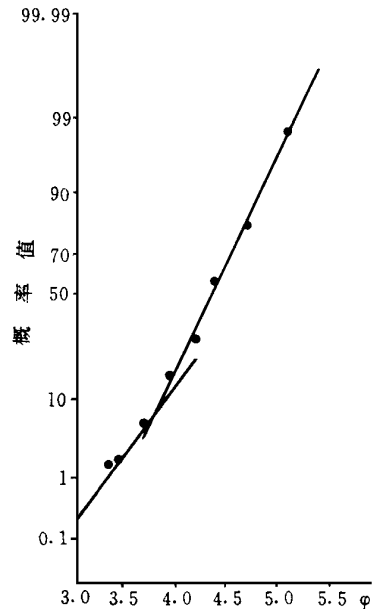


图 8 侏倭组等深积岩粒度概率累积曲线图

Fig. 8 Probability accumulation curve of grain size of contourites of Zhuwo Formation

海沉积。

薄片粒度分析特征如下, 概率累积曲线上(图 8)曲线呈两段式, 由悬浮总体和跳跃总体组成。悬浮总体含量为 90% 左右, 倾角 60° ; 跳跃总体含量 10% 左右, 倾角为 50° , 这表明水动力较弱, 分选性好。

其粒度范围在 $3-5.5\phi$ 之间。主要粒度参数特征: 平均粒径 M_z 为 4.36ϕ ; 标准偏差 σ_1 为 0.402, 分选好; Sk_1 为 0.006, 近对称, 正值反映了水流反复筛选和改造作用; K_g 为 1.025, 峰态中等; Y 值为 8.832, 小于 9.8433, 显示浊流特征, 但又具牵引流沉积特点

表 1 四川若尔盖唐克等深积岩与国内外等深积岩特征比较表

Table 1 Comparison of characteristics of the contourites from some areas home and abroad

	等深积岩 (Hollister et al., 1972)	瑞士下第三 系等深积岩 (Bouma, 1972)	西藏珠穆朗玛峰 侏罗系等 深积岩 ^[2]	广西钦州盆地志 留系-中泥盆统 等深积岩 ^[3]	甘肃夏河麻 隆沟毛毛隆组 等深积岩 ^[4]	四川若尔盖唐克 侏倭组等深积岩 (本文)
层面界限	顶底界面 均突变	顶底界面 均突变		顶底界面 均突变	顶底界面 均为突变	顶底面 均为突变
粒序	正或反粒序	见粒序层		正或反粒序	无	无
垂向序列	无	无	向上变细的 二元结构	不清楚	无	无
沉积构造	波纹, 掘穴, 黄 铁矿斑点, 水平 纹层发育于层 内各个部位, 常 见斜层理	见斜层理	生物扰动构造 发育, 单向小型 板状层理, 收敛 角 $< 10^\circ$	波纹, 黄铁矿细 晶, 水平纹层多 见于单层上部 或层间, 有单向 小型斜层理, 收 敛角 $10^\circ-15^\circ$	层面具波痕, 层 内见水平纹层	层面具波痕, 水 平层理多见于 层内, 具单向小 型斜层理收敛 角 $3^\circ-4^\circ$, 并有 包卷层理
砂岩 单层厚度	< 5 cm	4-5 cm	5-10 cm	1-50 cm	1.6-6 cm	5-12 cm
砂岩粒度 统计特征	分选中好, $\sigma_1 < 0.75$, 极细 砂-粉砂, 负偏		分选较好, $\sigma_1 = 0.56$, 极细 砂-粉砂, 正偏	分选中等, $\sigma_1 = 0.87$, 细砂- 粉砂, 负偏	分选中等偏好, σ_1 为 0.748, 极 细砂-粉砂, 近 对称	分选好, $\sigma_1 = 0.402$, 极 细砂-粉砂, 近 对称
砂岩矿物 成分	石英及稳定矿 物占绝大多数, 成熟度高		石英为主, 少量 云母, 电气石, 锆石等	石英为主, 长石 罕见, 成熟度高	石英为主, 硅质 胶结, 成熟度高	石英为主, 见菱 铁矿及磁铁矿, 成熟度高
砂岩类型	砂屑岩为主	杂砂岩	粉屑石英砂岩	杂砂岩, 砂屑岩	粉屑石英砂岩	粉屑石英砂岩
化石	少见, 通常破 碎, 底栖和浮游 类为主, 遗迹化 石在层内连续		有孔虫, 棘屑	笔石, 竹节石, 浮游三叶虫, 盆 地边缘有少量 腕足类	仅见少量遗迹 化石, 在层内连 续	少量浮游双壳 类及遗迹化石, 后者在层内连 续

由此可见,此沉积层既有河流沉积物的特征,又有较深水浊流沉积物的特征,但两者的特征又均不典型。这是海水的温、盐对流和科氏力共同作用的结果,是在浊流沉积过程中受等深流改造而形成。总之,无论从宏观的岩性、沉积标志还是以岩石的粒度分析特征等方面看,均与国内外等深流沉积特征较为一致(表 1)

2.3 正常深海—半深海沉积

此类沉积在剖面上与浊流沉积交替出现,共三层((2)、(4)、(7)层),约占剖面总厚度的30%。岩性为深灰、灰黑色泥质、粉砂质板岩,偶尔可见细的水平纹层,并有铁质、粉砂质结核。板岩中无规律地夹有浊流沉积的 G、D段(细砂岩、粉砂岩条带),并含有深水相的遗迹化石和浮游双壳类化石。

从上述三类沉积分布看,浊流沉积与非重力流正常深海—半深海沉积,等深流沉积交互出现,表明浊流不是一次而是多次,呈间歇性发生,但无论哪种沉积,其环境差异不大。

3 生物特征

唐克侏倭组中产 *Chondrites*, *Cosmorhapha*, *Protopalaeodictyon*, *Neonereites* 等遗迹化石。上述遗迹化石都是食泥动物所留下的觅食构造和牧食迹,均为水平潜穴,平行层面,是复理石相中的常见分子^[3]。*Protopalaeodictyon*和 *Neonereite*二属又是深海 *Nereites* 遗迹相中的常见化石。故此遗迹组合可称谓 *Protopalaeodictyon*-*Neonereites* 组合,反映半深海至深海环境。

与上述遗迹组合相伴生的还有双壳类 *Halobia* 和 *Posidonia*,它们个体小,壳很薄,数量多,许多小壳体叠置成密集壳层,有些化石的左、右两壳瓣相连,保存完整,表明它们属原地埋藏。*Halobia* 和 *Posidonia* 活着时营浮游生活,死后只有在静水或近静水环境下垂直下沉,才能保存为完好的化石。因此,浮游双壳类的低分异度、高丰度的特征表明当时为静水盆地环境。

4 古环境分析

据沉积和生物特征分析,侏倭组是在晚三叠世陆隆至盆地边缘环境下沉积的(图 9)。

陆隆上部沉积中发育陆源碎屑浊流沉积,浊积岩的粒度较细,不含砾岩,砂岩也以中、细粒为主,板岩深灰至灰黑色,富含硅、铁质,这代表了半深海下部环境的一般特点,为低密度浊积物。陆隆及盆地边缘

系	组	岩性	沉积类型	沉积构造	生物特征	沉积环境	海平面变化 盆缘,斜坡 下部
三 叠 世	侏 倭 组	深灰、灰黑色泥质、粉砂质板岩	非重力流正常深海沉积	==	浮游双壳类	陆 隆 至 盆 地 边 缘 环 境	
			等深流沉积	~	浮游双壳类 P-N 遗迹组合		
			陆源碎屑浊流沉积	///			
	叠 依 组	深灰、灰黑色泥质、粉砂质板岩	非重力流正常深海至半深海沉积	==	浮游双壳类		
			陆源碎屑浊流沉积	///			
			非重力流正常深海至半深海沉积	==	浮游双壳类深水遗迹化石		
系	组	深灰、灰黑色泥质、粉砂质板岩	陆源碎屑浊流沉积	///	浮游双壳类		
			陆源碎屑浊流沉积	///			

图 9 四川若尔盖唐克晚三叠世卡尼期古环境特征

Fig. 9 Late Triassic Carnian palaeoenvironmental features from the Tanggor in Zoige, Sichuan

环境的一般特点,为低密度浊积物。陆隆及盆地边缘

沉积中发育有等深流沉积和非重力流正常深海—半深海沉积,其中等深流沉积一般出现在斜坡脚地带,是古陆隆沉积环境的一个强有力佐证。深水相的遗迹化石 *Protopaleodictyon*, *Neonereites* 及浮游双壳类 *Halobia* 也都表明当时为半深海—深海环境(陆隆)。

经对浊流形成的槽模测量,其尖端指向通过吴氏网校正在 215° 左右,说明水流方向为南西向,等深流水流波痕陡坡倾向经恢复为 135° 左右,与浊流方向近于垂直,表明等深流是近南东—北西向流动,这种互相垂直的双众数流向,是等深流存在的重要依据。

综上所述,侏倭组的等深流沉积下伏砂泥质的低密度浊流沉积,上覆非重力流的深海—半深海沉积,这种共生关系反映了若尔盖地区在晚三叠世卡尼期时,位于被动大陆边缘的陆隆至盆地边缘区,既接受了大量低密度浊积物,同时或稍后又受到等深流的叠加改造,这说明此时松潘甘孜海槽继拉丁期开始裂陷后在不断的加深扩大。

参加本文野外工作的还有金光弼。文中浊积岩的概率累积曲线图及粒度分析参数由高坤顺帮助计算和绘制,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 邓康龄,李国建.四川阿坝地区浊流沉积的初步认识.岩相古地理文集,第4辑,地质出版社,1987,129—138.
- [2] 刘宝玉,余光明,兰伯龙.珠穆朗玛峰地区侏罗纪沉积环境.沉积学报,1983,1(2): 10—12.
- [3] 杨式溥.我国浊流沉积复理石相的遗迹化石及其古生态和古环境.中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文选集,合肥:安徽科学技术出版社,1986.
- [4] 赵江天,杨逢清.甘肃夏河麻隆沟二叠纪毛毛隆组沉积特征及环境分析.沉积学报,1992,10(1): 47—56.
- [5] 虞子治,施央申,郭令智.广西钦州盆地志留纪—中泥盆世等深流沉积及大地构造意义.沉积学报,1989,7(3): 21—28.

Late Triassic Carnian Continental Rise Environment Analysis of Zhuwo Formation in the Tanggor Area, Zoige, Sichuan

Yang Fengqing¹ Wang Hongmei¹ Yang Hengshu² and Xie Shucheng¹

¹ (China University of Geosciences, Wuhan 430074)

³ (Northwest Sichuan Geological Party, SBGM R, Mianyang 621000)

Abstract

There are terrigenous clastic debris deposits of Zhuwo Formation near Tanggor in Zoige, based on the analysis of bivalves, the age of Zhuwo Formation is considered from Late Triassic Carnian. In this paper, the sedimentary characteristics are discussed in detail. Three physical features have been distinguished at some length: (1) turbidity current deposits, consisting of median—small diameter sandstone, siltstone and slate. The turbidite has a complete Bouma sequence with gutter cast, graded bedding, small hummocky crossbedding and horizontal stratification. (2) contour—following current deposits, consisting of small diameter sandstone, siltstone and silty slate with horizontal, small hummocky crossbedding stratifications and water—current ripple. The direction of watercur—

rent is about 135° , being vertical with the direction of turbidite (about 215°). (3) normal bathyal- abyssal deposits of non- gravity current, consisting of silty slate, and the small horizontal stratification being found occasionally.

A trace fossil association of *Protopaleodictyon* - *Neonereites* was established which has the ecological characters of abyssal- bathyal milieu (continental rise- basin margin environment), planktic bivalves, i. e. *Halobia* and *Posidonia* which have the same ecologic features as those in slope- basin margin environments.

To summing up the above- mentioned sedimentary and biogenetic characteristics, it is concluded that the Late Triassic Carnian continental rise- basin margin environment of Zhuwo Formation near Tanggor was resumed. The deposits of Zhuwo Formation are a low density turbidite which obviously were reworked or superimposed by paleocontour current.

Key words turbidite contourite normal bathyal- abyssal deposits continental rise environment zhuwo formation

序 (深水牵引流一书出版)

我以非常喜悦的心情看到高振中教授等所著《深水牵引流沉积》这本书的出版,这是国内外关于该领域研究的第一部专著。该书以翔实的资料系统地论述了深水内潮汐、内波和等深流沉积的基本特征、形成机理、分布规律和沉积模式,提供了关于该领域的研究现状、基本成果、发展趋势等方面的重要信息。

深水牵引流沉积研究是继深水重力流沉积研究取得重大突破后,又一个非常活跃、进展迅速的研究领域。目前国外在这方面的研究热潮方兴未艾。我国广大的沉积学工作者也对此进行了大量卓有成效的研究工作。该领域的研究对于再造古沉积环境、恢复古构造面貌和开拓石油与天然气等沉积矿产勘探新领域诸方面具有十分重要的意义。

目前对深水牵引流沉积的研究主要集中于两种沉积类型:一为等深流沉积,一为内潮汐、内波沉积。高振中教授是我国内潮汐、内波沉积研究的开拓者,尤以对古代内潮汐沉积研究的贡献引人注目。1990年他通过对美国阿巴拉契亚地区奥陶系的深入研究,以有力的证据鉴别出了内潮汐沉积相,论述了其沉积特征,研究了其形成机理,建立了沉积模式,提出了鉴别标志。这是一位中国沉积学家首先提出一种新的相类型并得到国际的承认。这一成果在 GEOLOGY 上发表后受到国际沉积学界的重视。正是这篇文章吸引了我对他的研究工作的注意和强烈兴趣。此后他继续深入进行这方面的研究,除在我国浙江等地又发现了内潮汐沉积并进行系统研究之外,还对现代深水海洋中广泛发育的大型沉积物波(泥波和沙波)的成因提出了新的学术见解。在等深流沉积研究方面,特别是对古代等深流沉积的研究,他和合作者也取得了突出成就。在世界范围内现已识别出并见于文献的古代地层中的等深岩丘共有三个,而其中两个为他所领导的“七五”和“八五”国家重点科技攻关课题组所发现并深入研究,使我国在这一方面的研究水平居于世界前列。

目前深水牵引流沉积的研究发展很快,成果甚丰。但无论就国内或国际范围来讲,该领域的研究还未达到完全成熟的地步,许多问题尚等继续深入研究。而在此领域,我国广大的沉积学工作者是可以大有作为的,特别是对古代地层中深水牵引流沉积的研究。我国幅员辽阔,地层发育齐全,自古代到侏罗纪各时代地层中均已发现大面积海相深水沉积,具有开展这方面研究的有利客观条件,而更为重要的是我们已有了很好的研究基础。希望该书的出版能够推动我国深水牵引流沉积研究的广泛开展。相信经过广大沉积学工作者的共同努力,能够在该领域取得更加丰硕、更加引人注目的系列研究成果。