

# 我国浊流与其他重力流沉积研究 进展概况和发展方向问题刍议

孙 枢 李继亮

(中国科学院地质研究所)

## 引 言

自七十年代中期以来,我国沉积学工作者对浊流沉积和其他重力流沉积寄予很大重视,陆续在各个时代的地质剖面中发现了这类沉积物,并进行了程度不等的研究,代表了我国沉积学进展的一个重要方面。1983年10月14—21日,由中国矿物岩石地球化学学会沉积学会、中国石油学会石油地质学会和云南石油学会联合举办的“浊流沉积现场考察及学术讨论会”在广西南宁市召开。会议参加者考察了桂西山区田林县的路城,八渡和浪平地区泥盆系至三叠系地层剖面上的碳酸盐台地沉积边缘重力沉积、深海盆陆源碎屑浊积岩和火山碎屑浊积岩。会上宣读了27篇论文,进行了学术讨论。这次会议无疑将促进我国浊流与其他重力流沉积研究工作更加迅速地深入发展。本文将对我国已往的浊流与其他重力流沉积的研究成果予以简要综述,同时对此研究领域的发展方向做些初步的议论。

## 一、研究进展概述

在国外,1950年奎奈恩与米格利奥里尼的“浊流是递变层理的成因”一文开拓了沉积学的一个新的研究领域。随后,五十年代西方国家开展了对浊积岩的广泛研究,六十年代上半叶出现了关于浊积岩的研究的专著(例如, Bouma, A. H., 1962; Bouma A. H. and Brouwer, A., 1964; Dzulynski, S. and Walton, E. K., 1965),为后来的浊积岩研究奠定了方法学的基础。

我国学者早在六十年代中期便把浊流沉积的概念与研究方法引入。在这以前,我国地质工作者多沿用苏联瓦索耶维奇的方法研究复理石(关尹文等, 1959; 王鹤年, 1961)。七十年代中期开始,我国沉积学界陆续开展了对于浊流和其他重力流沉积的研究工作。尽管这项研究比国外晚了二十几年,但近十年中,浊流和其他重力流沉积的研究已经成为我国沉积学领域中一个非常活跃的重要方面,已经积累了丰富的资料,并有许多新发现和新进展。综观这方面的研究,可以概括为以下几个方面的成就。

(一)在野外实地考察与室内分析的基础上,展示出浊流与其他重力流沉积无论在

时间上还是在空间上,在我国都有广泛的展布。从地质时代上讲,几乎每个时代都有浊流沉积,已经肯定了有晚太古代、元古代、寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪、第三纪和第四纪。从分布地区上看,差不多普及全国各省市自治区,如黑龙江、辽宁、北京、天津、内蒙、河北、河南、山东、江苏、浙江、安徽、江西、福建、广西、广东、湖南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、新疆和西藏等地。这些浊流与其他重力流沉积形成时的大地构造背景和古地理环境也是多种多样的,有现代与古代的断陷湖盆、大陆裂谷盆地(李继亮、从柏林,1980)、边缘裂陷槽(孙枢等,1981)或拗拉谷、弧前盆地、弧后边缘海盆地、大洋海山边坡、深大洋盆地和大陆边缘引张盆地、优地槽和冒地槽等。

(二)在滇黔桂盆地的上二叠至下三叠统、西藏的白垩系和黔桂晚元古代弧后盆地的下江群中都发现了巨厚的火山碎屑浊积岩,特别是滇黔桂盆地中晚二叠世至早三叠世的未变质的火山碎屑浊积岩是比较少见的实例(西南石油学院地质系碳酸盐岩研究室,1982)。

(三)在广义的渤海湾盆地,发现了浊积岩是一种重要的储层类型。在沉积相和沉积环境分析基础上,根据浊积岩相分布预测三角洲油藏和未知的浊流砂体油藏取得了有成效的效果(李继亮等,1978)。

(四)在西藏发现了经受过沸石相深埋变质作用的蛇绿岩碎屑浊积岩,在四川西部元古代蛇绿岩套中发现了含火山灰的深海硅质浊积岩以及在甘肃永登县发现了志留纪海山坡浊积岩,这些都是具有特殊地质意义的浊积岩新类型。这些类型在分析浊流沉积的大地构造环境与复原古构造历史方面,丰富了我们的认识。

(五)我国沉积学已经从浊流沉积研究扩展到各种重力流沉积的研究,这是近年来的明显趋势,并且已经取得了令人瞩目的成果。

(六)各种重力流沉积的研究已经使我们对许多地质问题产生了新的概念和认识。例如对华北裂谷盆地和断陷盆地的形成与发展,鄂尔多斯南缘的早古生代历史(梅志超等,1982),西藏地区特提斯海的发展、滇黔桂海西-印支期海盆的演化(西南石油学院地质系碳酸盐岩研究室,1982)以及对中国东南部若干地质问题的认识(高振中、刘怀波等,1983)。

(七)探索或建立了某些重力流沉积模式,这对进一步研究这类沉积,无疑奠定了良好的基础。

(八)注意了与浊积岩伴生的岩石形成的岩石组合(李继亮、胡辅佑,1981)的联合研究,用来分析盆地的性质和复原大地构造环境。

(九)重视浊流与其他重力流沉积的含矿性研究,在许多油田发现了浊积砂体储集层,并注意了多金属、铁、锰、金、铀与浊积岩的赋存关系。

(十)在研究内容和研究方法上有新的开拓和进展。例如,现代湖泊和海槽浊流沉积的研究,深海取样,复理石岩系遗迹化石的研究,应用地震地层学研究浊积砂体,X光透射照相方法的使用等。

从以上概略回顾可以看出,我国沉积学家和地质学家在这个领域的研究做了大量工作,取得了可喜的成绩,做出了很大贡献,这是令人鼓舞的。同时,应该说明,以上只

是十分简要的综述，难免有所遗漏。

## 二、关于进一步研究重力流沉积的几点意见

历来社会经济发展的要求是推动科学研究的主要动力。五十年代以来，正是对于能源与资源的需求，使得国际上沉积学异常迅速地向前发展。浊流和其他重力流沉积的研究也不例外，正是洛杉矶盆地和温都拉盆地的浊积岩中的丰富储油层的发现与研究，和1929年大滩（Great Bank）地震触发浊流切断大量海底电缆的灾害，引起了对浊流沉积的广泛重视。我国沉积学研究的发展也是与石油、煤炭和各类金属矿产等国民经济发展的建设对科学发展的要求出发，来展望我们这一研究领域发展应取的途径。在这一前提下，如下一些问题也许是值得我们加以重视的。

（一）在区测、普查、勘探以及科学研究等各类地质工作中，继续广泛地注意发现和包括浊流在内的重力流沉积作用。最近十年来，我们对浊流沉积的认识是大大深化了，这里应该着重强调一下其他重力流的沉积作用。国内在这方面的研究已经有了一个好的开端，我们应该继续深入地进行这方面的研究。就碳酸盐岩而言，如果说内碎屑的、生物的、浅水成因的观点曾使我国七十年代的沉积学对传统观点有一次突破，那么，可以说重力作用下沉积物流的观点又是一次重要的突破。这对我们认识一个地区的大地构造背景与古地理环境有着深远的意义。在我国，滑塌（急滑坡）堆积已经在若干地方发现并进行了不同程度的研究（例如李继亮、胡辅佑，1981），尽管它从Middleton与Hampton（1973）的重力流沉积中被区分出来，但从地质观察中可以看到它们与浊流以及其他重力流沉积渐变过渡并紧密共生，并且对浊流及有关的其他重力流沉积可提供有关古盆地水下地貌、沉积物堆积速率以及构造活动史的许多有用信息，对此应进行更广泛的研究。泥石流的研究，在我国着重进行了现代泥石流的研究，主要由地理学家们开展的。对于古代泥石流，我们的沉积学家做的工作还不多，是今后应该加强研究的课题。至于液化流，我国地震地质工作者在几次大震期间做过一些调查工作。古代的液化流沉积的研究看来在我国还没有真正开始。十几年前曾在会理县砂岩铜矿区的碎屑岩系中见到液化流通过岩层上升形成的砂岩脉与两端膨大的“砂蘑菇”，但没有引起重视。看来也应该对这种重力流沉积开展一点倡始性的工作。

这里还想顺便提一下某些浅海环境中的似浊积岩（Turbidite-like deposit）问题。我们对深海浊积岩的特点以及诸如底面印模、粒级层理和鲍马序列之类的识别标志，已经相当熟悉了。但在一些明显浅海成因的砂页岩相间互层的地层中（其中某些有碳酸盐岩夹层），在其砂岩或碳酸盐岩部分也可以观察到上述浊积岩所具有的特征，但页岩中所含的实体化石（Body fossil）的生态与保存环境又分明是未经搬运再沉积的浅水环境产物。现在已经知道，这类席状砂岩或碳酸盐岩多系风暴沉积。这就发生了同深水浊积岩如何区分的问题。据作者看到已有实例，区别在于浅海风暴成因的似浊积岩中，底面印模数量少，粒级层理不甚发育，鲍马序列基本上是不完整的，比较类似深水的末梢（又称远源）浊积岩（Distal turbidite）。更重要的是含这种似浊积岩的岩系厚度较

小,其中往往有丘状交错层理(Hummocky cross-bedding),波浪改造的遗迹分布广泛,并含有未经搬运的浅水生物群。可以相信,近来在江苏、浙江沿海及太湖地区开展的风暴沉积研究,将加深我们对此类沉积作用的认识。

(二)重视重力流沉积与矿产资源的关系。浊积岩和水下冲积扇(孙永传等,1980)的石油地质意义在我国已得到充分的肯定,应继续重视发现这些类型的油藏。我们还应十分重视其他类型重力流沉积以及深水碳酸盐岩的石油地质意义,可能会展现出广阔的前景。现在,不论是国外还是国内,在诸如断陷、裂谷、边缘裂陷槽或拗拉谷,弧后盆地和被动大陆边缘之类的引张盆地中,有多金属、金、铀等矿种的良好成矿条件。湖南和广西地区,从加里东到印支期的盆地中存在着这样的条件。滇黔桂盆地的上古生界和下三叠统火山碎屑浊积岩中包括金矿在内的成矿远景就是一个十分重要的研究课题。我国重力流沉积分布非常广泛,如果抓住一些典型,揭开在这类沉积中的成矿规律,将为我国的矿产资源开拓出一个新的广阔领域。

(三)重视重力流沉积模式的研究。沉积模式是对自然界存在的沉积作用进行客观的抽象和理论概括的结果。符合实际的沉积模式具有指导研究和预测未知的重要作用。当然,对于已有的模式应当辩证地对待,它们都是一定认识阶段的产物,不能拘泥于已有的模式,而应该重事实,用新发现的事实去修正不能解释新事实的模式。就浊积岩而言,海下扇与非扇模式的争论目前仍相当激烈。1982年6月,在英国基尔大学专门举行了一次非扇状浊积岩专题讨论会。也许海下扇模式有一定局限性,构造因素控制下的非扇浊流沉积可能具有更普遍的意义。我国具备研究这一问题的优越条件。例如,我们有现代与第三纪湖泊浊流沉积,也有现代冲绳狭长海槽浊流沉积,以及滇黔桂狭长海槽的古生代和三叠纪沉积岩。我们要注意不同地理环境(湖泊与海洋)、不同构造环境下浊流沉积作用的共同性和差异性,并注意古气候与古洋流的可能影响。

(四)继续深入研究重力流沉积与大地构造环境的关系。我国有复杂的大地构造格局和构造演化历史,元古代以来的造山带十分发育。以浊流为代表的重力流沉积的研究是揭示这些造山带古构造环境的空间展布关系和时间上的演化顺序的重要途径。同时,我国元古代以来的裂陷槽或拗拉谷和古生代以来的大陆裂谷有广泛的分布,也是发育重力流沉积的重要环境。如何通过野外观察和室内的岩相学研究以及结合矿物成分、化学成分与微量元素丰度变化来识别这些构造环境,也应是今后给予重视的研究方向。

(五)成岩作用。1962年Cummins提出杂砂岩(Graywacke)的基质是成岩作用产物的见解之后,浊积杂砂岩的成岩作用受到了人们的重视。1970年,Dickinson将杂砂岩基质分成了原基质、正基质、外基质和假基质四种类型后,这一争论虽然有点平息,但在各种浊积岩产出的具体地区成岩作用对岩石的改造程度究竟有多大,尚缺乏深入的研究。我国对各种重力流沉积的成岩作用研究成果尚不多,而成岩作用、特别是粘土矿物的结晶度与成岩相的研究,可以给我们提供古地温、构造应力作用、盆地沉降速率以及可能的上覆沉积物的沉积速度等方面的有用信息。因此,我们在研究重力流沉积的过程中,应该相应地开展其成岩作用的研究。

(六)重视重力流流动机制的研究。对于重力流的分类与机制,国外虽然已发表了若干优秀的论文,但争论依然存在,有些方面还十分激烈。这里不可能细说,但我们在

这方面应该有所贡献。我们应当野外观察、室内鉴定分析和实验模拟齐头并进。在模拟实验方面应该数学模拟与物理模拟并重，有时数学模拟可能更为简捷，并能为物理模拟解决好边界条件与某些参数选择的问题。

(七)努力发展新技术和新方法。研究遗迹化石，复原包括古流向在内的古环境，配合古地磁工作把古盆地复原工作推进到活动论的现代水平，开展深水化石的古生物学与古生态学研究，继续深入地震地层学研究，发展深水钻探与取样技术，是值得我们重视的一些新领域。对我国东部的第三纪盆地，还应当考虑通过薄片研究颗粒定向，研究化石的定向排列以及介电各向异性，岩石的同位素研究等，以确定浊流的运动方向和物源区。

我国重力流沉积研究工作适在方兴未艾，优秀的研究成果必将层出不穷，我们期待着它的高峰期的到来。

本文成文过程中受到第一届浊流沉积讨论会的组织者和与会代表的帮助与支持，这里一并致以衷心的感谢。

(收稿日期1984年3月19日)

### 参 考 文 献

- [1]王鹤年, 1961, 湘西前震旦纪板溪群中复理石建造的发现及其不整合问题的讨论, 地质学报, 第41卷, 第1期。
- [2]关尹文、丘元禧、顾宝荣, 1959, 浙西皖南上奥陶系复理石建造的发现, 地质学报, 第39卷, 第2期。
- [3]孙枢、从柏林、李继亮, 1981, 豫陕中一晚元古代沉积盆地(一)。地质科学, 第4期, 314—322。
- [4]李继亮、从柏林, 1980, 试论渤海的形成与演化《华北断块区的形成与发展》, 206—220, 科学出版社。
- [5]李继亮、陈昌明、高文学、陈瑞君、黄家宽、田兴有、刘杰汉, 1978, 我国几个地区浊积岩系的特征, 地质科学, 第1期, 26—44。
- [6]李继亮、胡辅佑, 1981, 白云鄂博群中的蛇纹岩质滑塌堆积, 地质科学, 第3期269—272。
- [7]西南石油学院地质系碳酸盐岩研究室, 1982, 滇黔桂南盘江地区晚二叠世沉积相及其火山碎屑浊积岩成因研究, 西南石油学院院报, 第1期, 1—26。
- [8]梅志超、陈景维、卢焕勇、李文厚, 1982, 陕西富平中奥陶统平凉组的深水碳酸盐岩碎屑流, 石油与天然气地质, 第3卷, 第1期, 49—58。
- [9]高振中、刘怀波, 1983, 十万大山盆地北缘早三叠世碳酸盐重力流及其地质意义, 石油与天然气地质, 第4卷, 第1期, 53—65。
- [10]孙永传、郑浚茂、王德发、李蕙生, 1980, 湖盆水下冲积扇——一个找油的新领域, 科学通报, 第17期, 799—801。
- [11]Cummins, W.A., 1962, The graywacke problem. Liverpool Manchester Geol. Jour. Vol. 3, 51-72.
- [12]Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. J. Sed. Petrol. Vol. 40, 695-707.

## RESEARCHES ON TURBIDITY AND OTHER GRAVITY FLOW SEDIMENTATION IN CHINA

Sun Shu and Li Jiliang

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

### Abstract

In China, there has been a rapid development of research on turbidity and other gravity flow sediments since middle 1970's. The First National Symposium on Turbidite was held in Nanning, Guangxi, China from 14th to 21st October, 1983. Twenty seven papers about turbidite and other gravity flow sediments were read out at the meeting. This symposium will undoubtedly bring about a great advance in the study of turbidity and other gravity flow sedimentations. In this paper, the development in researches on turbidity and other gravity flow sedimentations has been summarized.

In the last ten years, the researches showed that gravity flow deposits were widespread both in geologic time and space. It was reported that turbidites were spreaded in Late Archean, Proterozoic, Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, Carboniferous, Permian, Triassic, Jurassic, Cretaceous, Tertiary and Quaternary. The locations at which turbidite occurred were dispersed almost in every province of China. The Paleogeographic environments in which turbidite was formed were of great variety, including modern and ancient fault lake basin, continental rift, aulacogen, foreand back-arc basin, slope of sea mount, ocean basin and passive continental margin, etc.

It has been found that some pyroclastic turbidites with great thickness are spread extensively such as those in middle-late Permian and early Triassic in Yunnan-Guizhou-Guangxi basin. Some new types of turbidites have been reported, e. g. the ophiolite-fragment turbidite from Cretaceous in Tibet and tuff-bearing siliceous turbidite within Proterozoic Yanbian ophiolite suite, Sichuan Province.

There have been some results in the study on carbonate gravity flow sediments. For example, Mei Zhichao et al. (1982) reported the carbonate debris flow sediments from Middle Ordovician in Shaanxi Province and Gao Zhenzhong and Liu Huai-po (1983) studied the Triassic carbonate gravity flow deposit in Shiwandashan Mountain Range. Based on these results, several models of gravity flow sedimentations have been established and some inferences have been made about the tectonic sitting in which these sediments deposited.

The potential resources in turbidites and other gravity flow deposits have been explored. Turbidite hydrocarbon reservoirs are found in many oil fields. Li Jiliang et al. (1978) reported the sedimentary characteristics of oil-bearing turbidite.

According to the depositional trend, they predicated the existence of deltaic sand body which is confirmed now. It is noticed that there are metallogenic conditions of multi-metal, gold and uranium in some turbidites.

Some new methods have been used to study gravity flow sedimentation by Chinese sedimentologists, such as deep water sampling, seismic stratigraphic technique, x-ray photography and study of trace fossils.

In this paper, some proposals for further research on gravity flow sedimentation have been put forward.

## 赫斯教授和史密特博士 应邀来华做报告

**成都地质矿产研究所举办“成岩作用讲座”** 为了提高我国沉积成岩作用的研究水平，使沉积学的这一重要研究领域能很快地适应我国经济建设的需要，地质矿产部成都地质矿产研究所于今年（1984）8月6日在成都举办了“成岩作用讲座”，邀请了著名沉积学家加拿大麦克基尔大学R·赫斯（R·Hesse）教授和加拿大石油公司首席地质师V·史密特（V·Schmidt）博士来中国讲学。来自全国各地的地质、石油、煤炭、冶金、核工业、高等院校及中国科学院等系统的57个单位174位代表参加了听讲。

赫斯教授多年来研究现代深海沉积中的成岩作用以及阿尔卑斯和北美古代深水油积岩沉积作用，目前参加“深海钻探计划（DSDP）”的研究，均获得了丰硕成果。史密特博士多年来从事碎屑沉积、碳酸盐沉积和蒸发盐沉积的沉积学和成岩作用。他的关于次生孔隙的创造性的研究，早为国际公认并接受，且在北海和加拿大一些油田的勘探中发挥了很大作用。他是AAPG所举办的成岩作用进修学校的主讲人之一。赫斯与史密特二人在学术上的成就已为我国许多同行所熟知，他们的著作早在我国译出流传。

二位专家为此次讲学作了一年多的认真准备，来前即寄来许多参考资料，来时所携的讲稿、幻灯片等材料的重量逾100公斤。在10天的讲学中安排了9讲。在绪论中着重讨论了成岩作用的定义、变化结果、界线，以及欧洲、北美、苏联的有代表性的学者对于成岩作用的划分，并作了比较。这对于澄清目前看法上的不统一情况，很有启发。

成岩作用的一个极为重要的因素是孔隙水，讲课中涉及了有关水的重要物理化学性质，成岩作用的水力学动态，沉积的深地下流体的成因；还特别讨论了远洋沉积物，现代大陆边缘盆地、古代陆表海盆地的孔隙体的演化；成岩作用中气水化合物的作用等问题。在泥质沉积物的成岩作用一讲内，关于埋藏成岩作用中粘土矿物的转变、泥质岩的压实作用、地压力和流体的迁移问题，引起了听者很大兴趣。关于有机物成熟性的问题，专家们介绍了加拿大目前采用的干酪根的分类、分析方法、以及当前国际上一些最

（下转第46页）