

文章编号: 1000-0550(2004)02-0183-10

中国河流沉积学研究 20 年

张昌民 张尚锋 李少华 淡卫东 侯 路

摘 要 从河型沉积砂体建筑结
的主要进展,指出
构要素分析法
的方法与技术、沉
相储层的建模技

学研究、河流
沉积学研究
普及、建筑结
体露头调查
拟实验、河流
强河流沉积

学的研究组织,吸收地理地貌和水利学的研究成果,结合社会经济建设需要不断扩大河流沉积学的研究领域,积极进行国际学术交流,使我国的河流沉积学研究走在国际河流沉积学研究的前列。

关键词 河流 沉积学 河流沉积学 进展 回顾与展望

第一作者简介 张昌民 男 1963 年出生 教授 沉积学与石油地质学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

从 1983 年沉积学报创刊至今的 20 年,中国河流沉积学研究取得了丰硕的成果,就其进展可以分为:(1)河型及其分类研究;(2)现代河流沉积调查;(3)河流沉积相与相模式研究;(4)河流相地层的层序地层学研究;(5)河流沉积砂体建筑结构精细解剖;(6)河流沉积模拟研究等六个方面。与国际河流沉积学的发展相比较,中国河流沉积学研究有其明显的特色,同时也存在一些不足。

1 河型及其分类研究

“河相”一词常用于地理和水利界,是指河流的宽度、深度、宽深比、河道沉积物粒度等及其与其它水文参数之间的关系,河型是指河(流)道的类型。河相问题一直是地理和水利界研究的重点,而河型则是地理学家、水利学家和沉积学家共同关心的问题。

20 世纪 80 年代初期的沉积学教科书一般把河流分为辫状(网状)河、(蛇)曲流河和顺直河三种类型^[1,2],有些教材根据辫状河的形态把辫状河又称为“网状河”。与此同时,地理、地貌和水利界早就引入了游荡型(辫状河的又一个名字, Wandering Stream),和分叉河流(Anabranching stream)的概念,典型的游荡型河流以黄河为代表,典型的分叉河流以现代上荆江为榜样^[3]。裘怿楠^[4]在《石油勘探与开发》上发表的题为

“河流沉积学中的河型分类”一文可能是沉积学界第一次引入网状河(Anastomosing)的概念,从此河流类型的四分方案被国内沉积学界广泛接受。张昌民^[5]认为长江上荆江为网状河,并研究了上荆江网状河的沉积学特点和上荆江江心洲之一的马羊洲的沉积学特征,继而总结了作为网状河特征的江心洲的沉积模式和建筑结构要素形态^[6],雷卞军等^[7]认为青海油砂山油田下第三系为网状河三角洲沉积,李维锋等^[8]认为珠江口现代河网属于网状河三角洲平原沉积,陈代钊和张鹏飞^[9]研究了盘县龙潭组三角洲平原上网节(状)河的发育和聚煤规律,王随继^[10]总结了网状河流体系的基本特征及其影响因素,王随继^[11]研究了赣江入湖三角洲上的网状河流体系。

在河流名称上,地理、水利和沉积学家存在一些认识上的差别和习惯上的差异,地理和水利界往往比较一致,他们从河道的稳定性出发提出了游荡型和稳定型的概念,游荡型河流既存在多河道游荡和单河道游荡,也存在高弯游荡和低弯游荡,稳定型河道同样存在多河道稳定型(网状河)和单河道稳定(曲流河),也存在高弯度稳定和低弯度稳定型河道,只是我们对许多河流尚缺乏详细的研究。地理和水利学家十分重视也从来没有放弃对河型及其演变的研究,王平义^[12]提出了河型分类的模糊数学方法,倪晋仁和张仁^[13]研究了河型成因的各种理论及其间关系,陈宝冲^[14]提出了一

个新的河型分类方案,尹学良^[15]对河型成因问题进行了回顾和总结,倪晋仁和王随继^[16]对现代河流的河型转化问题进行了探讨,张欧阳和金德生^[17]通过模拟实验研究游荡河型造床过程中河型的时空演替和其他的复杂响应现象,王随继和尹寿鹏^[18]讨论了网状河流和分汊河流的河型归属问题,许炯心^[19~22]分别总结了我国游荡型和江心运河弯曲河型的成因机理。沉积学家关心积体、这些沉积体间的矿产资源,这就“醉翁之意不在酒”和滞后。王随继和

究进行分析的基础上,提出了基于河道形态和沉积物特征的河流新分类,以求能使沉积学界、地貌学界和水利学界在一个统一的河型分类的格架中相互借鉴各自的研究成果,但是类似于对辫状河所称呼的辫状河、游荡型河、网状河、分汊河,对网状河所称呼的网状河、网节河、分汊河等差异,由于行业习惯或同一行业中的个人爱好,甚至值得讨论的个人标新立异等各方面的原因,至今仍然没有统一。事实上,在地貌和水利学家的眼中,世界上“从来没有同一条河流”,而沉积学家总认为河流沉积“万变不离其宗”,地貌和水利学家强调“眼见为实”,而沉积学家的哲学是“将今论古”。

2 现代河流沉积调查

将今论古的比较研究方法是沉积学的基本研究方法之一,沉积学报在其创刊号上就发表了高健等^[24]对滦河中游现代沉积构造与水动力关系的研究,第二卷发表了朱宣清和何可华^[25]关于滹沱河现代沉积物的比重研究,在第三卷上,张纪易^[26]发表了可以称之为中国冲积扇沉积的经典之作的“粗碎屑洪积扇的某些沉积特征和微相划分”一文,次年,何鲤^[27]介绍了对长江上游重庆段珊瑚坝(心滩)现代沉积考察,许炯心^[28]提出可以根据沉积物的粒度来判别河道类型,赖志云^[29]介绍了荆江太平口边滩的现代沉积特征。河流现代沉积调查在 20 世纪 80 年代取得了许多优秀的成果,沉积学界较为熟悉且规模较大的有华东师范大学对滦河的现代沉积考察^[30],石油勘探开发研究院对河北拒马河的现代沉积考察^[31],江汉石油学院对现代荆江的河流沉积学考察^[29]。进入九十年代,石油大学对黄河三角洲的研究^[32],大庆石油学院对东北嫩江的现代沉积调查^[33]都取得了丰富的成果。地理和水利部门结合河道整治和防洪的需要,对渭河^[34]、黄河上游

的阶地与地貌^[35]、黄河中下游^[36,37]、独龙江^[38]、长江三峡^[39]、长江中下游^[40]、清江^[41]的地貌特征及其演变进行了大量调查。环境工作者对现代河流沉积物中的同位素^[42,43]、河流生态系统的健康状况^[44]、河流水中的溶解硅^[45]、河流沉积物中的磷^[46]等水化学和地球化学以及生物学和生态学特征进行了跟踪调查研究。

特征以及水文与用钱宁先生曾经筐^[47],这些“他

。成果大致分为如研究沉积构造和水自然现象的差

异^[24,48]; (2) 通过现代沉积调查发现一些新的河流沉积结构和构造特征^[27,61]; (3) 通过对某些河段的系统考察建立一些特定河型的沉积学模式^[24,29,5,49,50,33,51]; (4) 建立局部河流砂体和特殊砂体的沉积学模式和非均质模型^[52,53,54,55]。

河流现代沉积调查使沉积学的基本理论和基本知识得到广泛的普及和推广,使沉积学的过程响应分析原理更加深入人心,这些成果在石油勘探开发和研究部门的推广对人们认识储层、开发利用储层起到了巨大的推动作用。然而我们也应当看到,我们所进行的现代沉积调查还只是针对局部的、特殊的、个别的相类型,与国际上已经发表的成果相比仍然显现出模仿性、滞后性等缺点。由于现代沉积调查成果在国际上发表的不多,加之成果的创新性不够,我们的河流现代沉积调查至今未引起国际学术界重视。

20 年来中国河流现代沉积考察大多受到石油公司的支持,进入 21 世纪以来,由于石油公司和石油高校的体制改革,石油公司投入基础性研究的经费支持明显减少,现代沉积调查近几年来进行的不多。

3 河流沉积相与沉积模式

河流沉积相是指由河流过程形成的沉积物的特征,河流沉积模式是指某些沉积环境下形成的代表性河流相集合形成的沉积体的特征及其聚集规律。很早以前,人们就发现了河流沉积物的二元结构模式,后来随着河流分类愈来愈细,人们把河流沉积归结为不同的沉积模式,最为通用的是曲流河的向上变细模式。但是人们发现,世界上河流的沉积模式千变万化各不相同。河流相和相模式的研究大致分为沉积构造、沉积砂体模式和不同类型的河流沉积模式等三个方面。

中国沉积学家对于河流沉积构造的研究给予了较

多的关注,高健等^[24]对滦河河床沉积构造系列及其与水流状态的关系研究,对沉积物粒度、弗劳德数与层理类型的关系的探索至今仍然值得效仿,后来的现代沉积学研究工作者也曾经作出了许多水深、沉积构造类型、沉积构造形态参数、沉积物粒度等参数图版和量化公式,但这些公式尚停留在局部经验的关系上,理论上的研究甚少。张昌民^[5]讨论了近岸平行层理的成因,何鲤和舒文震^[1]

“人字型”层理,这种

钟建华和王冠民 研

裂滑塌与塌陷沉积

于黄河断流形成的

由此形成的变形层

物划痕、特殊波痕、特殊流痕等沉积构造,尹三泉和张靖 报道了现代曲流边滩中的纹层反韵律、层系反韵律、层系组的反韵律和层间反韵律等四种反韵律类型,胡斌和吴贤涛^[58]研究了川西峨眉晚古生代和中生代河流沉积中的痕迹化石,胡斌和黄长春^[59]研究了豫西济源晚三叠世河流环境中的五种沉积类型和痕迹化石组合特征,并由此研究河流环境的演化历史,叶良苗和裘恂楠^[60]运用油田钻井岩心研究了河流相古土壤及其在河流沉积地层对比中的作用这也是迄今为国内关于这一方面的唯一发现。

在河流砂体研究方面,赖志云教授从 1982 年开始在长江荆江段开始现代沉积研究^[29],先后研究了沙市三八滩和太平口下边滩的沉积特征,张昌民^[48]通过对荆江马羊洲的详细解剖,提出网状河江心洲的沉积模式和建筑结构要素模型,指出较厚的堤岸沉积以及植被的出现是江心洲区别与边滩和心滩沉积的主要标志,曹耀华^[54]将长江荆江段的边滩划分为凸岸边滩、凹岸边滩、顺直边滩和三角边滩四种类型,并进一步划分了一些亚类,对各类砂体的形态及其演化的阶段进行了分析,薛培华^[31]运用大型探槽对拒马河现代点坝进行了解剖,完善了点坝沉积的侧积体、侧积层的概念,提出了点坝相储层的“半连通体”模式,由此探讨了点坝相储层砂体的预测方法。

河流的综合沉积相模式研究是河流沉积学研究中最为活跃的领域,特别是在实际应用中,沉积模式往往是沉积学研究的主要成果。裘恂楠等^[61]1984 年完成了“我国河道砂体储层沉积特征和非均质模式”的研究,他们将湖盆中的河流砂体分为六种类型,总结了各种河道砂体的沉积模式、电性特征和识别标志,建立了砂体的储层地质模型。这项成果在第三届国际河流沉积学大会发表之后,被 Miall 称之为迄今为所见到的最出色的应用研究成果(裘恂楠 2003,私人交谈)。

李维锋和肖传桃^[62]对湖北荆门海慧沟上三叠统河流相沉积研究表明,本区 1100 m 的地层从上到下分别发育辫状河、曲流河、辫状河、曲流河两个沉积旋回,王俊玲和任纪舜^[51]对嫩江下游现代河流沉积进行了详细考察,发现本段河流沉积垂向上自上而下包括了两种河型沉积,底部是以砾石沉积为主的辫状河沉积,上

呈现出在一个辫

流河沉积。孙俊

别出六种河道岩

岩石相组合特征

低弯度暂时性河

尤溪地区侏罗系

河)两种沉积类

型,廖保方和薛培华^[49]对永定河的高坡降辫状河和冲积平原区低坡降辫状河进行了研究后指出二者的河流形态和沉积物不同,但是却显示相近的沉积作用机制和沉积模式,各油田地质工作者结合油田勘探开发进行了大量的河流沉积相模式重建工作^[65,66,67],在此不加赘述。

由此可见,我国沉积学家运用现代沉积考察的方法在河流沉积构造和河流滩、坝沉积特征研究方面作出了许多特有的贡献,识别并发现了一些新的沉积构造类型和河道砂坝类型。但是,我们的研究定性的多,定量的少,描述的多,对规律和预测方法研究的少,现代沉积中发现的多,在古代历史沉积物中发现的少。除此而外,我国河流沉积学相模式研究的理论基础仍然没有摆脱国外现有河型分类和相模式研究理论的束缚,虽然在实际应用方面作了大量的工作,但如何结合自己的研究成果提出新的河流相模式仍然是中国河流沉积学的努力方向。

4 河流相地层的层序地层学研究

层序地层学是上世纪 70 年代末期由 Vail P R 等(1977)在震地地层学基础上创立起来的一门独立的地层学分支学科,国内河流层序地层研究可归纳为以下几个方面:经典层序地层学在河流沉积研究中的应用。张周良^[68]通过分析河流相层序地层的相关概念和河流类型变化规律,总结出河流相地层的层序地层模式,并探讨了不同时期河流相砂体的发育分布规律,方石等^[69]应用层序地层学理论,深入分析了不同层序演化时期及不同沉积体系域内河型的变化特点及其发育规律,罗立民等^[70]运用层序地层学模式预测了准葛尔盆地东部河流相砂岩储层,樊太亮等^[71]研究了鄂尔多斯盆地上古生界基准面变化对河流沉积物源区分布

面积、物源供应情况的影响,总结出该盆地上古生界不同沉积体系域内河流地貌单元的变化规律,张哨楠^[72]以气候及海平面变化作为主控因素,讨论了河流沉积对气候和海平面变化的响应关系,张柏桥等^[73]通过分析河流沉积体系砂岩的叠置关系,总结出不同可容纳空间条件下河流相地层的层序地层划分识别标志。

河流相地层的高分辨率层序地层学理论,对层序地层学原理,以贵州盘县西部龙积占优势地层中的辨率的等时地层格高分辨率层序地层

层序地层学研究及应用,是以科罗拉多矿业学院 Cross T A 的高分辨率层序地层学理论为基础,探讨河流沉积地层的高分辨率层序地层样式及其变化规律,建立河流沉积高分辨率层序地层模型,进而研究河流相储集砂体的发育分布规律^[76]。邓宏文和王洪亮^[77]讨论了河流相地层基准面旋回划分对比问题,邓宏文和徐长贵^[78]研究了陆东凹陷辫状河流地层高分辨率层序地层特点,彭立才等^[79]运用高分辨率层序地层学理论方法,针对柴达木盆地大煤沟侏罗系冲积扇上辫状河道发育特点,总结出辫状河流的高分辨率层序地层学特征。

国内河流相沉积层序地层学研究,存在着重视应用而轻视基础理论研究的问题,应用成果较为丰富,而理论研究突破不大,大多套用国外层序地层学理论体系。所研究的河道体系多为近海(湖)河流或三角洲上的分支河道,这是由于它们容易受海(湖)平面变化的影响,而海(湖)相地层发育分布较为稳定,从而使研究更方便,对于远离海(湖)的河流相沉积,由于受控因素更复杂,常常缺乏明显的划分对比标志,研究起来难度较大。应该大力发展和完善河流层序地层学理论体系,全面探讨河流相地层层序发育的控制因素。

5 河流沉积砂体建筑结构精细解剖

作为 20 年来河流沉积学的重要进展之一的建筑结构要素分析法在中国河流沉积学研究中受到重视和推广,河流沉积学中的结构要素分析法一改过去沉积相分析采用的“岩性—层理—层序—沉积模式”程序,它引入沉积界面的概念,将河流沉积物中形成的“微相”归纳为 8 种建筑结构要素,并认为所有河流沉积物都可以归结为这 8 种建筑结构要素中的一种,而不同类型的河流具有不同的结构要素组合,因此河流

的类型并不仅仅只有四种,而是多种多样的。河流沉积学中的结构要素分析法由加拿大沉积学家 Miall A D^[80]提出,由柯保嘉^[81]介绍给中国学术界,也出现了一些不同的译法,裘怿楠建议将之译为建筑结构要素,王德发称之为构型要素,李思田等称之为构成要素,这些译法一直延续到今天。

储层建筑结构要素分析方法的提出与油田进入精细预测的时代要,这一思想不但三角洲^[82]、障壁沉积考察,而切,从而推动了我

在河流沉积学研究方面,张昌民^[6]提出网状河流的江心洲砂体由正常的向下游加积(NDA)、汇流区向下游加积(DAC)、反向双侧积(LABB)、向上加积(UA)等四种建筑结构要素组成,赵翰卿和付志国^[84]研制出依据油田密井网测井资料 and 大型河流-三角洲特有的沉积规律和模式,由大到小,由粗到细分层次逐渐解剖砂体几何形态和内部建筑结构,精细地质模型,系统描述储层宏观非均质体系的方法。李阳和李双应等^[85]根据钻井资料分析胜利油田孤岛油区馆陶组上段河流沉积的结构单元,在其中分出 11 个岩石相类型,划分出河道滞留沉积(CHL)、侧向加积砂坝(LA)、天然堤(LA)、决口扇(CS)、决口水道(CR)和洪泛平原细粒(FE)等 6 种建筑结构要素,张昌民等^[82]在分析了南襄盆地西大岗的河流砂体露头,在一个厚十米左右的河道砂体内部划分出四个河流沉积时件和六级沉积界面系列,张昌民等^[82,86]通过对青海油砂山剖面第 68 层分流河道砂体的精细解剖,在其中识别出 12 种岩石相类型,6 种岩石相组合和 6 种建筑结构要素类型,并对各种建筑结构要素的几何形态和储层特征进行了详细的描述,中国地质大学李思田教授领导的研究组在陕甘宁地区作了大量的河流沉积露头精细解剖研究,并组织了野外考察培训,对推进本方面的研究起了很好的推动作用。中国地质大学与石油勘探开发研究院合作开展的大同辫状河露头精细解剖取得了丰富的成果。

以建筑结构要素分析为指导,以探索砂体几何形态、内部结构和储层非均质性为目的的露头调查和现代沉积研究虽然在国内已经进行了十多年,但是与国际上相比较,这样的工作还开展的远远不够,特别是针对陆相盆地的露头调查更应当不断加强。如何结合地下地质资料进行建筑结构要素的定量分析是目前这一研究方法在推广中遇到的最大困难,我们已经提出了

将建筑结构要素分析与储层层次分析相结合,但是如何量化表征各层次的结构要素并建立各层次的地质模型是目前研究的重点。

6 河流沉积模拟研究

河流沉积模拟可以分为两类,即物理模拟和数字模拟。物理模拟最型研究河道的演变治、防洪和航运提供基础性的定性研究,但自然界现代河流的年代,国家地理研究槽实验室,地理研究所在河流地貌模拟研究方面所取得的有关不同类型河流演变过程,构造对河流地貌影响等成果^[87]非常值得沉积学家学习和借鉴,80年代中期,吴崇筠和裘怿楠等倡导建立用于模拟湖盆沉积过程的水槽实验室,这个实验室于90年代初正式在江汉石油学院立项建设,王泽中和汪崎生^[88]关于含砂河流入湖后砂体形成和发展的研究是在国内沉积学水槽中完成的第一篇研究报告,刘忠保和曹耀华^[89]通过实验研究了不同粒径条件下定床曲流河的边滩分布特征,发现曲流边滩的规模、形态及水动力特征均与河流弯曲系数关系密切,随着曲率增大,边滩上顶点向上游移动,边滩外缘的水下倾角也随之增大,边滩形状由长条形到非对称弧形和对称弧形。刘忠宝和汪崎生^[90]还对拓宽河段心滩的形成和演变规律进行了实验研究。

河流沉积的数值模拟也分为两个方面,其一是模拟河流沉积过程及其形成的砂体几何形态,其原理是河流动力学与河流沉积学中的过程响应模型,另一个方面是运用地质统计学的原理和方法进行河流相储层的随机建模,建立河流相储层的地质模型。虽然泥沙动力学家和河流演变学家已经能够在计算机上模拟不同水流状态下不同河道的冲刷堆积作用,但是对于地质历史时期河流的沉积学模拟至今尚未发表有影响的论文,尽管已经进行了相关的努力。

19年前,裘怿楠等就建立了湖盆河道砂体的六种定量储层地质模型^[61]。河流沉积储层的随机建模是最近十多年来储层研究中的热门话题,布尔模拟方法是基于目标的随机模拟方法中最简单的一种方法,也是国内引入最早的一种河流相储层随机建模技术^[91],针对传统的布尔方法只能在背景相基础上产生一种岩石相类型的限制,李少华^[92]对此作了改进,使之可以用来建立具有多种岩石相的骨架模型。冯国庆^[93]针对布尔模拟中存在的模拟结果很难忠实于条件数据、

数据不易条件化等问题,提出了实现布尔条件模拟的两步模拟方法。在研究区资料较少的情况下,通常需要借助露头或密井网区的资料为建模提供有用信息,吕晓光^[94]利用深度开发阶段老油田密井网提供的丰富的动、静态资料,将沉积过程分析、界面分析、测井曲线分析及油田动态资料分析相结合的思路应用于油田地下研究,进行河流相储层平面连续性精细描述,为老堤岛油田曲流河,利用相邻成熟序指示模拟分别井网井距与各类比率关系研究。单河道砂体定量几何学数据,采用标点过程方法,对井网较稀的目标研究区进行了三维沉积微相建模研究。伍涛^[97]在露头砂体密集取样的基础上建立了砂体的地质模型,探讨了辫状河储层的建模方法,认为分形几何模型是一种相对比较好的模型。张永庆^[98]采用确定性内插与随机模拟相结合的建模方法,建立HC油田砂质辫状河Y9储层的地质模型,较好地揭示了河流相叠置砂岩分布连通性和传导性的一般特征。王仲林^[99]针对河流相储集层非均质性强,在孤东油田对多种建模方法进行了二维、三维对比研究和分析,认为指示模拟方法是河流相储集层定量建模的最优方法。王家华^[100]等设计了河流储层的随机游走算法。赖泽武^[101]提出了一种基于目标的储层结构模拟方法,开发了相应建模程序MOD-OBJ,并进行了初步应用。胡向阳^[102]应用标点过程随机模拟方法对沉积微相进行定量表征及三维建模。

7 几个值得注意的问题

1) 河流沉积学是沉积学最活跃的分支领域,国际上迄今为止已经召开了7次专门性的国际河流沉积学大会,每次会议都有大量的地质、地理、地貌和水利工作者参加,也都出版了相应的论文集,除此之外,国际沉积学大会等国际和地区性学术机构的有关会议收集了大量有关河流沉积学的论文,也有一些专门的著作出版。与国际河流沉积学研究相比较可以发现,我国河流沉积学研究的组织工作比较松散,迄今为止没有召开过专门的学术会议,河流沉积学的学术论文主要在国外的沉积学大会、岩相古地理大会和有关地矿类刊物上发表,中国河流沉积学研究的论文数量在沉积学论文总数中所占的比例很小,在沉积学报上发表的论文数与学报创刊初期相比不断减少,河流沉积学研

究的专门队伍始终没有形成而且有减少的趋势。

2) 国际河流沉积学研究能够积极主动吸收地理地貌和水利学家参加,以便多学科联合研究,使研究成果更加定量化和富有理论性,以利于创造新的成果。国内河流沉积学研究基本上都是沉积地质学家进行的,现代沉积考察中至多从水文和河道管理部门收集一点关于河流水文和演变资料作为背景,很少有其他学科的专家参与,长期沉积学大会从来没有到一些地理地貌样式是影响我国河流之一。

3) 综观 20 年来我国的河流沉积学研究虽然没有取得对国际河流沉积学产生巨大影响的理论成果,但我们能够及时地把国际河流沉积学的最新动向与国内的应用研究相结合,并取得了富有自己特色的成绩,使我们的河流沉积学研究能够赶上国际学术研究前进的步伐。这些进步表现在诸如:网状河概念的引入与普及、建筑结构要素分析法的推广、界面层次的划分和及其概念的扩张、岩石相类型和岩石相组合概念的应用、河流砂体露头调查的方法与技术、沉积构造的沉积动力学解释、层序地层学在河流沉积研究中的应用、河流沉积过程的模拟实验、河流相储层的建模技术等方面。

4) 中国河流沉积学研究 20 年的经验告诉我们,要想使我国的河流沉积学研究取得更多国际上公认的一流研究成果,我们必须改善研究的组织工作,加强学术交流。重视多学科交叉,尽量吸收其他学科的理论成果,建议国家自然科学基金等国家和部门基金加大对河流沉积学研究的经费支持,沉积学家在重视传统应用研究领域的时候,应当不断把自己的研究应用领域扩大到河道的整治与防护、国土资源的分析与管理、河流的污染防治和环境保护、城市和城镇的规划和建设等关系到国计民生的重要领域,从而引起社会经济建设的浓厚兴趣,争取多方开拓资助渠道。同时应当加强国际学术交流,大力宣传中国河流沉积学的学术成果,让世界了解中国的河流沉积学,让中国的河流沉积学走向世界。

参考文献(References)

- 刘宝瑞主编. 沉积岩石学. 北京:地质出版社,1980 [Liu Baojun. Sedimentary Petrology. Beijing: Geological Publishing House, 1980]
- 华东石油学院岩矿教研室主编. 沉积岩石学. 北京:石油工业出版社,1982 [Rock and Mineral Group of Huadong Petroleum Institute. Sedimentary Petrology. Beijing: Petroleum Industry Press, 1982]
- 钱宁. 关于河流分类及成因问题的讨论. 地理学报, 1985, 40(1): 1~10 [Qian Ning. On the classification and causes of formation of different channel patterns. Acta Geographica Sinica, 1985, 40(1): 1~10]
- 裴烽楠. 河流沉积学中的河型分类. 石油勘探与开发, 1985, 12(2): 72~74. [Qiu Yinan. river patterns classification in fluvial sedimentology. Petroleum Exploration & Development, 1985, 12(2): 72~74]
- 张昌民. 上荆江马羊洲网状河沉积特征及其形成机理. 水文地质工程地质, 1988, (2): 13~18 [Zhang Changmin. Sedimentary characteristics of the Ma Yangzhou network river in the upper Jingjiang Reach. Hydrology & Engineering Geology, 1988, (2): 13~18]
- 李维锋, 肖传桃. 一种新的三角洲类型—交织河三角洲. 江汉石油学院学报, 1993, 15(4): 93~94. [Li Weifeng Xiao Chuantao. Anastomosed delta—a new type of fluvial delta. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1993, 15(4): 93~94]
- 陈代钊, 张鹏飞. 三角洲平原上网络河的发展与聚煤作用. 沉积学报, 1996, 14(3): 103~112 [Chen Daizhao, Zhang Pengfei. Development of anastomosed fluvial systems and coal accumulation on the deltaic plain. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(3): 103~112]
- 王随继, 黎劲松, 尹寿鹏. 网状河体系的基本特征及其影响因素. 地理科学, 1999, 19(5): 433~427 [Wang Suiji, Li Jingsong, Yin Shoupeng. Basic characteristics and controlling factors of anastomosing fluvial system. Scientia Geographica Sinica, 1999, 19(5): 433~427]
- 王随继. 赣江入湖三角洲上的网状河体系研究. 地理科学, 2001, 22(2): 202~207. [Wang Suiji. Study of the anastomosing fluvial system on the delta plain of the Ganjiang River. Scientia Geographica Sinica, 2001, 22(2): 202~207]
- 王平义. 河型分类的模糊数学方法. 成都科技大学学报, 1990, (1): 83~87. [Wang Pingyi. A fuzzy mathematical method on the classification of river patterns. Journal of Chengdu University of Science and Technology, 1990, (1): 83~87]
- 倪晋仁, 张仁. 河型成因的各种理论及其间关系. 地理学报, 1991, 46(3): 366~372. [Ni Jinren, Zhang Ren. Theories on the cause of channel pattern formation. Acta Geographica Sinica, 1991, 46(3): 366~372]
- 陈宝冲. 河型分类. 泥沙研究, 1992, (1): 100~104 [Chen Baochong. Channel Pattern Classification. Journal of Sediment Research, 1992, (1): 100~104]
- 尹学良. 河型成因研究. 水利学报, 1993, (4): 1~11. [Yin Xueliang. Formation of river patterns. Shuili Xuebao, 1993, (4): 1~11]
- 倪晋仁, 王随继, 王光谦. 现代冲积河流的河型空间转换模式探讨. 沉积学报, 2000, 18(1): 1~6. [Ni Jinren, Wang Suiji, Wang Guangqian. Spatial variations of channel patterns. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(1): 1~6]
- 张欧阳, 金德生. 游荡河型造床实验过程中河型的时空演替和复杂响应现象. 地理研究, 2000, 19(2): 180~188. [Zhang Ouyang, Jin Desheng. An experimental study on spatial and temporal processes and complex response of river channel evolution. Geographical Research, 2000, 19(2): 180~188]

- 2000,19(2):180~188]
- 18 王随继,尹寿鹏.网状河流的分叉河流的河型归属讨论.地学前缘,2000,7(8):79~86.[Wang Suiji,Yin Shoupeng. Discussion on channel patterns of anastomosing and anabranching rivers. Earth Science Frontiers, 2000,7(8):19~86]
- 19 许炯心.我国游荡河型的地域分布特征.泥沙研究,1990,(2):47~53.[Xu Jiongxin, Area distribution of wandering channel pattern in China. Journal of Sedimentology, 1990(2):47~53]
- 20 许炯心.中国江心洲
1992,4(2):46~55[Xu Jiongxin. River channel
ic Environment Research
- 21 许炯心.高含沙型曲
1649~1651[Xu Jiongxin. High sand concentration river
~1651]
- 22 许炯心.南运河弯曲河型的成因.地理学与国土研究,1989,5(2):54~59[Xu Jiongxin. The cause of the meandering south Yunhe River. Geography and Territorial Research, 1989,5(2):54~59]
- 23 王随继,仁明达.根据河道形态和沉积物特征的河流新分类.沉积学报,1999,17(2):240~246[Wang Suiji, Ren Mingda. A new classification of fluvial rivers according to channel planform and sediment characteristics. Acta Sedimentologica Sinica, 1999,17(2):240~246]
- 24 高健,严钦尚,许世远.滦河中游现代河流沉积构造与水动力关系.沉积学报,1983,1(1):27~41[Gao Jian, Yan Qinshang, Xu Shiyuan. The relationship between sedimentary structures and hydrodynamics in the middle reach of the Luan River. Acta Sedimentologica Sinica, 1983,1(1):27~41]
- 25 朱宣清,何可华.滹沱河现代沉积物的比重研究.沉积学报,1984,2(3):118~123.[Zhu Xuanqing, He Kehua. Study on specific gravity of modern sediments in the Hutuo River. Acta Sedimentologica Sinica, 1984,2(3):118~123]
- 26 张纪易.粗碎屑洪积扇的某些沉积特征和微相划分.沉积学报,1985,3(3):75~85[Chang Chiyi. Some depositional characteristics and microfacies subdivision of coarse clastic alluvial fans. Acta Sedimentologica Sinica, 1985,3(3):75~85]
- 27 何鲤,舒文震.长江上游的心滩—重庆珊瑚坝现代沉积考察.沉积学报,1986,4(1):116~125[He Li, Shu Wenzhen. A channel bar in the upper reaches of the Changjiang River—Research on recent sediment of Shanhuba in Chongqing, Sichuan Province. Acta Sedimentologica Sinica, 1986,4(1):116~125]
- 28 许炯心.沉积物粒度参数中包含的河型信息的研究.沉积学报,1986,4(2):57~68[Xu Jiongxin. A study of river pattern information contained in grain size parameters of fluvial sediment. Acta Sedimentologica Sinica, 1986,4(2):57~68]
- 29 赖志云.荆江太平口边滩现代沉积研究.沉积学报,1986,4(4):109~118[Lai Zhiyun. Characteristics of modern deposit of the Taipingkou downstream point bar of the Jingzhou Reach Yangtze River. Acta Sedimentologica Sinica, 1986,4(4):109~118]
- 30 李从先,陈刚,王利.滦河废弃三角洲和沙坝—泻湖沉积体系.沉积学报,1983,1(2):60~71[Li Congxian, Chen Gang, Wang Li. The abandoned deltas of the Luanhe River and barrier-lagoon sedimentary systems. Acta Sedimentologica Sinica, 1983,1(2):60~71]
- 31 薛培华.河流相点坝储层模式概论.北京:石油工业出版社,1991[Xue Peihua. An introduction to reservoir models of point bar facies. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991]
- 32 姜在兴,王留奇.黄河三角洲现代沉积研究.山东东营:石油大学出版社,1994[Jiang Zaixing Wang Liuqi. Modern present deposits sedimentology of the Yellow River Delta. Dongying Shandong: Petroleum University Press, 1994]
- 33 马凤荣,张树林,王连武等.现代嫩江大岗段河流沉积微相划分
8~11[Ma Fengrong, Zhang Shulin, Wang Lianwu. Modern present deposits sedimentology characteristics and microfacies of the Nen River Delta. Journal of Sedimentology and Geomorphology, 1994,8(1):8~11]
- 35 杨达源,吴胜光,王云飞.黄河上游的阶地与水系变迁.地理科学,1996,16(2):137~143[Yang Dayuan, Wu Shengguan, Wang Yunfei. On terraces of the upper reaches of the Huanghe River and change of the river system. Scientia Geographica Sinica, 1996,16(2):137~143]
- 36 钱宁,张仁,周志德.河床演变学.北京:科学出版社,1987[Qian Ning, Zhang Ren, Zhou Zhide. River channel evaluation. Beijing: Science Press, 1987]
- 37 岳乐平,雷详义,屈红军.黄河中游水系的阶地发育时代.地质论评,1997,43(2):186~192[Yue Leping, Lei Xiangyi, Qu Hongjun. The age of terrace development in the middle reaches of the Yellow River. Geological Review, 1997,43(2):186~192]
- 38 李先之.独龙江流域地貌.云南地理环境研究,1996,8(1):59~72.[Li Xianzhi. Landforms in Drung River Basin. Yunnan Geographic Environment Research, 1996,8(1):59~72]
- 39 杨达源,赖莲英.试论长江三峡河段深槽的成因.山地研究,1992,10(3):140~147[Yang Dayuan, Lai Liangying. Study on the origin of the deep troughs at the Three Gorges Reaches of the Changjiang River. Mountain Research, 1992,10(3):140~147]
- 40 中国科学院地理研究所等.长江中下游河道特征及其演变.北京:科学出版社,1985[Institute of Geography of Chinese Academy of Science. Stream channel evolution of Middle and Lower Yangtze River. Beijing: Science Press, 1985]
- 41 王增银,姚长宏,周梓良.鄂西清江的形成与演化探讨.地质科技情报,1999,18(3):25~29.[Wang Zengyin, Yao Changhong, Zhou Ziliang. Formation and development of Qingjiang River in West of Hubei Province. Geological Science and Technology Information, 1999,18(3):25~29]
- 42 魏秀国,沈承德,孙彦敏等.河流、河口沉积物中碳同位素研究.自然科学进展,2002,12(11):1135~1139[Wei Xiuguo, Shen Chengde, Sun Yanmin, et al. Study on carbon isotope of fluvial and mouth sediments. Progress in Natural Science, 2002,12(11):1135~1139]
- 43 韩贵琳,柳丛强.贵州河流河水的锶同位素与喀斯特地区化学风化作用.第四纪研究,2000,20(6):570.[Han Guilin, Liu Cangqiang. Correlations between strontium isotope of river water and chemical weathering in karst areas, Guizhou. Quaternary Sciences, 2000,20(6):570]
- 44 唐涛,蔡庆华,刘健康.河流生态系统健康及其评价.应用生态学报,2002,13(9):1191~1194[Tang Tao, Cai Qinghua, Liu Jiankang. River ecosystem health and its assessment. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002,13(9):1191~1194]

- cology, 2002, 13(9): 1191 ~ 1194]
- 45 于霞. 长江大通站溶解硅 25 年变化特征统计分析. 曲阜师范大学学报(自然科学), 2001, 27(3): 98 ~ 102 [Yu Xia. Change characteristic of dissolved silicate in the Changjiang River nearly 25 years by statistical analysis. Journal of Qufu Normal University, 2001, 27(3): 98 ~ 102]
- 46 翁焕新. 河流沉积物中磷的结合状态及其环境地球化学意义. 科学通报, 1993, 38(13): 1219 ~ 1222 [Weng Huanxin. Combining States of phosphorus in fluvial sediment. Science Bulletin, 1993]
- 47 钱宁, 万兆惠. 泥砂运
Wan Zhaohui. Sediment
48 张昌民. 马羊洲支渠
报, 1991, 13(4): 11 ~
bedforms and stratification
Petroleum Institute, 1
49 廖保方, 张为民, 李列, 等. 辫状河现代沉积研究与相模式: 中国永定河剖析. 沉积学报, 1998, 16(1): 34 ~ 39. [Liao Baofang, Zhang Weimin, Li Lie, et al. Study on modern deposit of a braided stream and facies model—Taking the Yongding River as an example. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(1): 34 ~ 39]
- 50 谢庆宾, 管守锐, 薛培华, 等. 嫩江齐齐哈尔段现代网状河沉积研究. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 106 ~ 108. [Xie Qingbin, Guan Shourui, Xue Peihua, et al. Depositional characteristics of the modern anastomosing river in Qiqihar Section of Nenjiang River. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(5): 106 ~ 108]
- 51 王俊玲, 任纪舜. 嫩江下游现代河流沉积特征. 地质论评, 2001, 47(2): 193 ~ 199 [Wang Junlin, Ren Jishun. Characteristics of modern fluvial deposits in lower reaches of the Nenjiang River, Northeast China. Geological Review, 2001, 47(2): 193 ~ 199]
- 52 曹耀华, 张春生, 刘忠保, 等. 长江松滋分流河口三角滩沉积模式. 江汉石油学院学报, 1994, 16(4): 1 ~ 7 [Cao Yaohua, Zhang Chunsheng, Liu Zhongbao, et al. Sedimentary model of triangular mouth bar at the confluence of Yangtze River and Songzi Distributary. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1994, 16(4): 1 ~ 7]
- 53 张春生, 曹耀华, 刘忠保, 等. 长江枝江段江口洲砂体的非均质性. 江汉石油学院学报, 1994, 16(4): 15 ~ 21 [Zhang Chunsheng, Cao Yaohua, Liu Zhongbao, et al. Anisotropism of sand bodies of Jiangkou Island in Zhijiang Reach of Yangtze River. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1994, 16(4): 15 ~ 21]
- 54 曹耀华. 长江中游边滩类型及几何形态. 江汉石油学院学报, 1994, 16(4): 22 ~ 27 [Cao Yaohua. Types and geometry of the point bars in the Middle Yangtze River. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1994, 16(4): 22 ~ 27]
- 55 伊三泉, 张靖. 曲流河边滩相中的反韵律沉积研究. 大庆石油地质与开发, 1995, 14(1): 12 ~ 14 [Yi Sanquan, Zhang Jing. Reverse rhythm sedimentary by sequence in point bar facies in meandering river. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1995, 14(1): 12 ~ 14]
- 56 钟建华, 王冠民. 黄河下游冰成滑塌与塌陷构造的研究. 2002, 沉积学报, 20(2): 261 ~ 266 [Zhong Jianhua, Wang Guannin. Study on the ice-induced slump and subsidence structures in the lower course of Yellow River. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(2): 261 ~ 266]
- 57 孙景耀, 陈辉军, 朱明春. 黄河济南以下河段某些异常地质作用及
几种典型沉积构造研究. 沉积学报, 2001, 19(1): 79 ~ 84 [Sun Jingyao, Chen Huijun, Zhu Mingchun. Study of some abnormal geological processes and abnormal sedimentary structures down from Jinan in Yellow River. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 79 ~ 84]
- 58 胡斌, 吴贤涛, 潘丽敏. 川西峨眉晚古生代和中生代河流沉积中的痕迹化石. 沉积学报, 1991, 9(4): 128 ~ 135 [Hu Bin, Wu Xiaotao, Pan Limin. Ichnocoenoses of the Late Paleozoic and Mesozoic fluvial deposits of E A W W S h China. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(4): 128 ~ 135]
- 河流沉积类型及生物
180 [Hu Bin, Huang
fluvial deposits and its
Jiyuan Basin, Western
积地层对比中的应
用. 沉积学报, 1991, 9(2): 63 ~ 70 [Ye Liangmiao, Qiu Yinan. Fluvial palaeosols and its application on the correlation of fluvial deposits. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(2): 63 ~ 70]
- 61 Yinan Q, Peihua X and Jingxiu Xiao. Fluvial sandstone bodies as hydrocarbon reservoirs in lake basin. In: Ethridge F G ed. Recent development in fluvial sedimentology, Special Pub. No. 39, SEPM, 329 ~ 342.
- 62 李维锋, 肖传桃, 王振奇, 等. 湖北荆门海慧沟上三叠统河流相. 石油与天然气地质, 1993, 13(4): 340 ~ 345 [Li Weifeng, Xiao Chuantao, Wang Zhenqi, et al. Fluvial facies of Upper Triassic at Haihuigou, Jingmen, Hubei. Oil & Gas Geology, 1993, 13(4): 340 ~ 345]
- 63 孙俊民, 吴贤涛. 豫西济源谭庄组河流沉积特征. 焦作矿业学院学报, 1995, 14(2): 24 ~ 31 [Sun Junmin, Wu Xiantao. The fluvial sedimentary features of Tanzhuang Formation in Jiyuan, Western Henan. Journal of Jiaozuo Mining Institute, 1995, 14(2): 24 ~ 31]
- 64 陈斯盾. 龙溪地区侏罗系梨山组沉积岩沉积环境分析. 福建地质, 1995, 14(2): 132 ~ 138 [Chen Situn. Analysis of sedimentary of Early Jurassic sedimentary rocks in the Youxi Area of Fujian Province. Geology of Fujian, 1995, 14(2): 132 ~ 138]
- 65 刘星, 陆友明, 程守田, 等. 垦西油田馆陶组河流沉积高分辨率层序地层研究. 沉积学报, 2002, 20(1): 101 ~ 105 [Liu Xing, Lu Youming, Cheng Shoutian, et al. High resolution stratigraphy study on fluvial deposit of Guantao Formation in Kenxi Oil Field. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(1): 101 ~ 105]
- 66 顾家裕, 方辉, 贾进华. 塔里木盆地库车坳陷白垩系辫状河三角洲砂体成岩作用和储层特征. 沉积学报, 2001, 19(4): 517 ~ 523 [Gu Jiayu, Fang Hui, Jia Jinhua. Diagenesis and research characteristics of Cretaceous braided delta sandbody in Kuqa Depression, Tarim Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(4): 517 ~ 523]
- 67 刘波, 赵翰卿, 王书良, 等. 古河流废弃河道微相的精细描述. 沉积学报, 2001, 19(3): 394 ~ 398 [Liu Bo, Zhao Hanqing, Wang Liangshu, et al. The detailed description of ancient fluvial abandoned channel micro-facies. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(3): 394 ~ 398]
- 68 张周良. 河流相地层的层序地层学与河流类型. 地质论评, 1996, 42(增刊): 188 ~ 193 [Zhang Zhouliang. Fluvial sequence stratigraphy and river types. Geological Review, 1996, 42(Suppl): 188 ~ 193]
- 69 方石, 刘召君, 董清水, 等. 河流相层序地层学研究. 世界地质, 2000, 19(2): 132 ~ 137 [Fang Shi, Liu Zhaojun, Dong Qingshui, et al. Fluvial facies sequence stratigraphy discussion. World Geology, 2000, 19

- (2):132~137]
- 70 罗立民,王英民,李晓慈,等.运用层序地层学模式预测河流相砂岩储层.石油地球物理勘探,1997,32(1):130~136[Luo Limin, Wang Yingmin, Li Xiaoci, *et al.*. River - facies sand reservoir prediction using sequence stratigraphic pattern. *Oil Geophysical Prospecting*, 1997, 32(1): 130~136]
- 71 樊太亮,吕延仓,丁明华.层序地层体制中的陆相储层发育规律.地质前缘,2000,7(4):315~321[F Tili L ü Y Di Minghua. The regularity of continental sequences of continental sequences. *Geological Frontiers*, 2000, 7(4): 315~321]
- 72 张哨楠.河流沉积对 2001 年海平面变化的讨论.石油地质与工程,2001,21(3):23~26 [Zhang Shaoan. River sedimentation and sea level change discussion. *Petroleum Geology and Engineering*, 2001, 21(3): 23~26]
- 73 张柏桥,胡涛.河湖沉积体系层序地层学研究.江汉石油学院学报,2002,24(4):30~32[Zhang Boqiao, Hu Tao. Sequence stratigraphic study of fluviolacustrine sedimentary system. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 2002, 24(4): 30~32]
- 74 陈代钊.河流沉积占优势地层中高频层序地层—以贵州盘县西部龙潭组为例.地质科学,1997,32(4):432~444[Chen Daizhao. High - frequency sequence stratigraphy in fluvial dominated strata: A case from Longtan Formation, Upper Permian, Panxian, Western Guizhou. *Chinese Journal of Geology*, 1997, 32(4): 432~444]
- 75 罗立民.河湖沉积体系三维高分辨率层序地层学.北京:地质出版社,1999 [Luo Limin. 3D High resolution sequence stratigraphy in fluvial lacustrine depositional system. Beijing: Geology Press, 1999]
- 76 刘建民,李阳,关振良,等.孤岛地区馆陶组河流沉积地层的高分辨率层序地层样式.石油勘探与开发,2000,27(6):31~44[Liu Jianmin, Li Yang, Guan Zhenliang, *et al.*. The high resolution sequence stratigraphic model of fluvial sedimentary formation of Guantao Formation in Gudao Area. *Petroleum Exploration and Development*, 2000, 27(6): 31~34]
- 77 邓宏文,王洪亮.高分辨率层序地层对比在河流相中的应用.石油与天然气地质,1997,18(2):90~114[Deng Hongwen, Wang Hongliang. Application of high resolution sequence stratigraphic correlation to fluvial. *Oil & Gas Geology*, 1997, 18(2): 90~114]
- 78 邓宏文,徐长贵,王洪亮.陆东凹陷上侏罗统层序地层与生储盖组合.石油与天然气地质,1998,19(4):275~279[Deng Hongwen, Xu Changgui, Wang Hongliang. Sequence stratigraphy and source reservoir cap rock assemblages of Upper Jurassic in Ludong Sag. *Oil & Gas Geology*, 1998, 19(4): 275~279]
- 79 彭立才,杨慧珠.柴达木盆地大煤沟侏罗系剖面高分辨率含煤层序分析.西安石油学院学报,2002,17(1):6~10 [Peng Licai, Yang Huizhu. High - resolution coal - bearing sequence analysis of Jurassic Section in Dameigou, Chaidama Basin. *Journal of Xi'an Petroleum Institute*, 2002, 17(1): 6~10]
- 80 Miall A D. Architecture element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Review*, 1985, 22(2): 261~380
- 81 柯保嘉.一种新的河流沉积分析法—结构要素分析法.国外地质,1986,(3): [Ke Baojia. Architecture Analysis—A New method in fluvial sedimentology. *Guo Wai Di Zhi*, 1986, (3):]
- 82 张昌民,林克湘,徐龙,等.储层砂体建筑结构分析.江汉石油学院学报,1994,16(2):1~7[Zhang Changmin, Lin Kexiang, Xu Long, *et al.*. Architecture analysis for reservoir sandbodies. *Journal Jianghan Petroleum Institute*, 1994, 16(2): 1~7]
- 83 解习农,李思田,高东升,等.江西西城矿区障壁坝砂体内部构成及沉积模式.岩相古地理,1994,14(4):1~9[Xie Xinong, Li Sitian, Gao Dongsheng, *et al.*. Architectural elements and sedimentary model for barrier sand body in the West Jiangxi. *Sedimentary - Geology*, 1994, 14(4): 1~9]
- 84 张昌民,林克湘,徐龙,等.角洲沉积储层精细描述.石油地质与工程,2000,21(4):113~117 [Zhang Changmin, Lin Kexiang, Xu Long, *et al.*. Detailed description of large deltaic sand bodies. *Petroleum Geology and Engineering*, 2000, 21(4): 113~117]
- 85 张昌民,林克湘,徐龙,等.馆陶组上段沉积结构单元.地质科学,2002,37(2):219~230[Li Yang, Li Shuangying, Yue Shucang, *et al.*. Sedimentary architectural elements of upper member of the Guantao Formation in Gudao Area, Shengli Oilfield. *Scientia Geologica Sinica*, 2002, 37(2): 219~230]
- 86 张昌民,徐龙,林克湘,等.青海油砂山油田第 68 号层分流河道砂体解剖学.沉积学报,1996,14(4):70~76[Zhang Changmin, Xu Long, Lin Kexiang, *et al.*. Anatomy of distributary channel sand the No. 68 sandbody of Youshashan Western Qinghai. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(4): 70~76]
- 87 金德生.关于流水动力地貌及其实验模拟问题.地理学报,1989,44(2):224~251[Jin Desheng. A study on fluvial dynamic geomorphology and its experiment and simulation. *Acta Geographica Sinica*, 1989, 44(2): 224~251]
- 88 王泽中,汪崎生,刘忠保.含沙河流入湖后砂体形成、发展的水槽实验.石油与天然气地质,1991,12(4):426~438[Wang Zezhong, Wang Qisheng, Liu Zhongbao. Flume experiment on formation and development of sandbodies in lake with sand - bearing variety of river. *Oil & Gas Geology*, 1991, 12(4): 426~438]
- 89 刘忠保,曹耀华,张春生,等.定床变弯度曲流河边滩的水槽模拟实验.江汉石油学院学报,1994,16(4):34~38[Liu Zhongbao, Cao Yaohua, Zhang Chunsheng, *et al.*. Flume simulation about point - bars of variable curve coefficient meandering river in fixed bed. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 1994, 16(4): 34~38]
- 90 刘忠保,张春生,汪崎生.拓宽河段心滩形成与演变的实验模拟.江汉石油学院学报,1997,19(2):18~22[Liu Zhongbao, Zhang Chunsheng, Wang Qisheng. Experimental simulation for formation and development of channel - bars in an open - with channel. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 1997, 19(2): 18~22]
- 91 文健,裴怿楠,肖敬修.早期评价阶段应用 Boolean 方法建立砂体连续性模型.石油学报(增刊),1994,171~178[Wen Jian, Qiu Yianan, Xiao Jingxiu. Application of boolean method for modeling sandbody distribution in early evaluation phase. *Acta Petrolei Sinica (Supp.)*, 1994, 171~178]
- 92 李少华,张昌民,林克湘,等.应用改进的布尔方法建立砂体骨架模型.石油勘探与开发,2000,27(3):91~92[Li Shaohua, Zhang Changmin, Lin Kexiang, *et al.*. Using the improved boolean method to model sandbody framework. *Petroleum Exploration and Development*, 2000, 27(3): 91~92]

- 93 冯国庆,李娟,邓长明. 井间砂体分布的布尔条件模拟. 石油钻探技术, 2001, 29(4): 62 ~ 63 [Feng Guoqing, Li Juan, Deng Changming. Simulation of boolean condition for crosshole sand distribution. *Petroleum - Drilling Techniques*, 2001, 29(4): 62 ~ 63]
- 94 吕晓光,赵翰卿,付志国,等. 河流相储层平面连续性精细描述. 石油学报, 1997, 18(2): 66 ~ 71 [Lü Xiaoguang, Zhao Hanqing, Fu Zhiguo, *et al.*. A detailed description of area continuity of fluvial reservoir. *Acta Petrolei Sinica*, 1997, 18(2): 66 ~ 71]
- 95 文健,裘怿楠,王军. 探与开发, 1998, 25 Stochastic reservoir architecture modelling. Beijing: Shengdao Oil Field. (4): 69 ~ 72]
- 96 武军昌,吴胜和,尹伟. 积微相三维建模. 古 Shenghe, Yin Wei, *et al.*. 3D modeling sedimentary microfacies of Minghuazhen Formation of Neogene in Gangxi Development Area in Huanghua Depression. *Journal of Palaeogeography*, 2002, 4(4): 39 ~ 46]
- 97 伍涛,杨勇,王德发. 辫状河储层建模方法研究. 沉积学报, 1999, 17(2): 258 ~ 262 [Wu tao, Yang Yong, Wang Defa. Methods of reservoir modeling on braided river sandstones. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(2): 258 ~ 262]
- 98 张永庆,代开梅,陈舒薇. 砂质辫状河储层三维地质建模研究. 大庆石油地质与开发, 2002, 21(5): 34 ~ 37 [Zhang Yongqing, Dai Kaimei, Chen Shunwei. Research on 3-Dimensional geologic modeling of the arenaceous braided river reservoirs. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2002, 21(5): 34 ~ 37]
- 99 王仲林,徐守余. 河流相储集层定量建模研究. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 75 ~ 78 [Wang Zhonglin, Xu Shouyu. Quantitative modeling in fluvial facies reservoir. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(1): 75 ~ 78]
- 102 胡向阳,熊琦华,吴胜和,等. 标点过程随机模拟方法在沉积微相研究中的应用. 石油大学学报, 2002, 26(2): 19 ~ 24 [Hu Xiangyong, Xiong Qihua, Wu Shenghe, *et al.* Application of marked point process stochastic simulation to study sedimentary microfacies. *Journal of the University of Petroleum, China*, 2002, 26(2): 19 ~ 24]

Advances in Chinese Fluvial Sedimentology from 1983 to 2003

ZHANG Chang-min ZHANG Shang-feng LI Shao-hua DAN Wei-dong HOU Lu

(School of Geosciences of Yangtze University, Jingzhou Hubei 434023)

Abstract Progress in Chinese fluvial sedimentology, beginning with the initial issue of ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA in 1983, have been reviewed respectively from the aspects of classification of stream, modern present deposits investigation, fluvial facies and depositional models, fluvial deposits sequence stratigraphy, fluvial architecture element analysis and fluvial sedimentological simulation. The great achievements, which have been made in this duration by Chinese fluvial sedimentologists, including the application of the new concepts of anastomosing stream, architecture element analysis, lithofacies and facies assemblages, sedimentary structure research, outcrop investigation, physical and digital simulation of fluvial sedimentology and fluvial sequence stratigraphy, have been concluded in this paper.

However, there are no our own new theory which has been known worldwide. To make Chinese fluvial sedimentology front rank in the world fluvial sedimentology, the organization of such research should be reinforced, achievements in geography and hydrology should be absorbed, the domain of the research should be expanded with the demanding of the gradual development of the social economy, international exchange activities should be encouraged positively.

Key words fluvial stream, sedimentology, fluvial sedimentology, advances, review and outlook