**长江河流泥沙研究十年**

余文畴，卢金友，龙超平，范北林  
（长江科学院）

　　主要介绍近十年来，我院围绕三峡、南水北调等大型水利水电工程和长江中下游河道治理、开发利用工程的泥沙问题以及泥沙运动基本问题所开展的研究工作。

1 **三峡工程泥沙问题研究**

　　三峡工程泥沙问题关系到枢纽建筑物的布置、施工期和建成后的运行、水库寿命、长江的防洪、航运、生态环境、岸线开发利用与河道治理等一系列重大问题，是三峡工程关键性技术问题之一。“八五”和“九五”期间，我院配合三峡工程初步设计和技术设计，开展了大量科研工作；主持完成了“八五”国家重点科技攻关项目中的“三峡工程下游河道演变及重点河段整治研究”专题、“三峡工程坝区泥沙淤积对通航和发电的影响及防治措施优选研究”专题和“三峡工程临时通航建筑物布置和施工期临时航道泥沙淤积问题及其对策研究”子题研究；承担了由国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙课题专家组主持的三峡工程“九五”泥沙问题研究工作。为三峡工程设计和施工提供了可靠的依据。

**1.1 库区泥沙问题**

　　为了研究上游干支流建库对三峡水库淤积的影响，利用数学模型计算分析了长江上游2030年前已建、在建和可能兴建的溪洛渡、向家坝等总库容约557亿m3的15座大型水库对三峡水库淤积的影响。利用泥沙实体模型试验研究了三峡水库运用初期30年重庆城区河段的整治问题，提出了九龙坡和金沙碛等重点港区河段的整治工程方案。

**1.2 坝区泥沙问题**

　　利用比尺为1∶150的正态整体泥沙模型和比尺为1∶50的正态局部泥沙模型，结合水槽试验、数学模型计算和原型实测资料分析，研究了三峡工程运用后，坝区河段泥沙淤积和河势调整规律；各种通航建筑物布置方案，在枢纽运用不同时期通航建筑物上、下游引航道的泥沙淤积规律以及通航水流条件；船闸和升船机引航道防淤清淤措施，包括引客水破异重流、利用水帘或气帘破异重流、松动冲沙和机械挖泥等措施；枢纽运用不同时期电站进水口前泥沙淤积高程与形态、过水轮机的泥沙粒径与数量、电站尾水渠流态与泥沙淤积，以及排沙底孔的布置方案；施工期坝区泥沙问题，包括导流明渠和临时船闸引航道泥沙淤积、施工围堰的防冲、导流明渠岸线防护、水厂取水口和施工码头位置选择等问题；右岸地下电站防沙问题。上述研究提出的成果已被工程设计单位采用，为枢纽建筑物设计、施工及运行提供了科学依据，其中施工一期泥沙问题研究成果的可靠性已为原型观测资料所证实。

**1.3 坝下游泥沙问题**

　　利用数学模型和实体泥沙模型对三峡工程下游河道冲刷与演变及其对防洪、航运影响等问题进行了研究。利用一维泥沙数学模型计算分析了三峡工程运用后坝下游宜昌至大通长约1100km河段的河床冲淤数量、分布与冲淤过程，沿程水位变化过程；利用二维泥沙数学模型计算和实体泥沙模型试验，研究了三峡工程修建后上荆江重点河段的河势调整趋势；研究了三峡工程修建后荆江三口分流道的冲淤变化及荆江与洞庭湖水沙关系变化；并研究了荆江、洞庭湖冲淤联算的数学模型。在上述工作的基础上，对三峡工程运用后荆江河道演变及河势控制进行了初步研究。为配合工程技术设计，正在利用泥沙数学模型和实体模型研究三峡工程施工期及建成后，坝下游水位降低对葛洲坝枢纽船闸下游引航道通航的影响及解决措施，河床冲刷对枝城至江口河段浅滩的影响及整治方案。

　　此外，我院根据40年来三峡工程泥沙研究成果，编写了《三峡工程泥沙研究》专著，已于1997年出版。

2 **南水北调中线工程泥沙问题研究**

　　泥沙问题是南水北调中线工程关键性技术问题之一。近10年来，利用河道观测资料分析、数学模型计算和实体模型试验等手段对南水北调中线工程的水源区、输水区及补偿区的泥沙问题进行了研究。

**2.1 水源区泥沙问题**

　　水源区是指南水北调中线工程的引水区，即丹江口水库及汉江中下游地区。利用一维泥沙数学模型计算研究了丹江口水库大坝加高而抬高蓄水位运行后的水库淤积问题及南水北调工程初期年调水15亿m3、后期年调水150亿m3时，对水库淤积的影响。利用一维泥沙数学模型对南水北调工程调水后汉江中下游河道的冲淤变化进行了长系列年的计算。利用二维泥沙数学模型计算分析了南水北调工程的补偿工程 碾盘山枢纽下游重点河段的冲淤变化。

**2.2 输水区泥沙问题**

　　输水区泥沙问题主要是渠系泥沙及河、渠交叉的有关泥沙问题。南水北调中线工程总干渠沿程与众多河渠交叉，其中穿过黄河的工程是最大的跨河工程，位于郑州以西约30km处，供比较研究的有4条跨河线路以及隧洞和渡槽两种型式工程方案，其泥沙问题较为复杂。为了配合工程规划和设计，1995年起开展了穿黄工程泥沙模型试验。试验研究了在不同的水沙条件下，对各条跨河线路的不同跨河建筑物型式和不同的河道缩窄方案的组合，穿黄工程与黄河河道变化之间的相互影响。

**2.3 补偿区泥沙问题**

　　为了补偿调水对汉江中下游的影响，规划中提出从长江引水至汉江的“引江济汉”工程。利用二维泥沙数学模型对引江济汉工程在上荆江的三个引水口区域(即大布街、沙市新华垸和盐卡)进行了计算分析，给出了在不同的水文条件下，各引水口河段流场、河床冲淤及河势的变化。

**3 其它水利枢纽工程泥沙问题研究**

　　近10年来，除三峡工程外，我院还对长江干支流上近20座水利枢纽的工程泥沙问题进行了研究。利用正态泥沙模型试验研究了葛洲坝枢纽下游河势调整工程有关问题。在多方案比较的基础上，提出了能有效降低大江下游航道波高以改善通航条件的大江下游江心堤工程布置方案，已为设计部门所采用；利用泥沙数学模型计算研究了金沙江溪洛渡和向家坝水库修建后，其下游河道的冲淤变化及其对三峡水库淤积的可能影响；利用泥沙数学模型对长江支流嘉陵江亭子口、合川、井口枢纽，乌江构皮滩、彭水和江口水利枢纽，清江隔河岩、水布垭和高坝洲枢纽，澧水皂市枢纽，汉江支流的孤山枢纽及赣江万安枢纽的水库淤积、变动回水区冲淤、洪水位变化及其可能影响进行了计算分析，对彭水、亭子口、高坝洲等水利枢纽下游河道的冲淤变化及影响进行了计算分析；利用泥沙实体模型试验，研究了万安枢纽下游近坝段河床冲淤及整治方案，研究了亭子口水库变动回水区的冲淤和洪水位的变化及其对防洪、航运的影响。

**4 长江中下游河道整治**

**4.1 河道治理规划研究**

　　为了对长江中下游干流河道进行综合治理，根据长江流域综合利用规划，长江水利委员会自1992年起开展了中下游干流河道治理规划的编制工作。我院通过对长江中下游干流河道现状的深入分析，并在总结近40年来河道整治经验教训的基础上，根据规划原则和治理目标，提出长江中下游干流河势控制总体规划和河势控制应急工程方案，并对上荆江、下荆江、岳阳、九江、安庆、芜湖、马鞍山、镇扬、扬中、澄通等10个重点河段及其它一般河段的治理进行了深入研究，提出了各河段河势控制和治理工程方案。于1997年完成的长江中下游干流河道治理规划已经水利部审查批准实施。

**4.2 河道整治工程研究**

　　护岸工程是长江中下游防洪工程的重要组成部分。近10年来，为配合防洪工程建设，我院进行了大量的研究工作。根据天然河道资料对河道崩岸规律、护岸工程效果等进行了分析，利用水槽试验及现场试验研究了塑料土枕等护岸工程新材料新技术，承担了黄广大堤、荆南干堤、安庆广济圩江堤的护岸工程设计及监理工作。我院在总结历来治江护岸工程经验基础上，组织编写了《长江中下游护岸工程技术要求》，对提高长江中下游护岸工程质量起到了积极作用。

　　根据河道整治规划，开展了一系列重点河段的整治研究和设计工作。自1986年开始，与交通部门一起开展了长江中游界牌河段综合治理研究，在大量整治方案试验研究的基础上，选定了枯水双槽整治方案，主持编制了该项工程的可行性研究报告和初步设计报告。经国家计委批准，该工程于1994年底开工，我院承担全河段的护岸工程设计工作。目前该项整治工程已基本完成，经近几年洪水考验，整治工程是成功的。在深入分析河床演变规律和大量的河工模型试验的基础上，编制了长江中游下荆江的石首河段、熊家洲至城陵矶河段，长江下游安庆河段、马鞍山河段一期和镇扬河段二期整治工程可行性研究报告，为各河段整治及工程设计提供了依据。

**4.3 河道开发利用研究**

　　随着沿江两岸社会经济的发展，河道开发利用工程项目也日益增多。我院通过河道观测资料分析、泥沙实体模型试验及数学模型计算对长江中下游的荆沙大桥、岳阳大桥、武汉二桥、武汉三桥、武汉四桥、鄂黄大桥、黄石大桥、铜陵大桥、芜湖大桥、南京二桥、南京三桥及镇扬大桥等十几座跨江大桥桥址的选择，建桥对河势、防洪、航运的影响以及桥墩局部冲刷等问题进行了研究；对宜昌、阳逻、汉川、鄂州、黄冈、黄石、安庆、常州、利港等电厂取水口的泥沙问题进行了研究；利用二维泥沙数学模型、二维非恒定流数学模型及泥沙实体模型试验研究了扬子--- 巴士伏、太仓、利港等江滩和岸线利用工程、码头及港埠工程的布置问题。此外，承担了长江中下游开采砂石料的分析论证工作；并与有关单位合作研究提出的防止钉螺通过灌溉闸向渠道扩散的工程措施，运用于实际取得成功，已在各省推广。

**5 基本问题研究**

　　结合工程实际，申请各类研究基金项目，对河道泥沙基本问题进行了研究，获得了有价值的成果。

**5.1 国家自然科学基金项目**

　　主持完成了国家自然科学基金重大项目“三峡水利枢纽工程几个关键问题的应用基础研究”中“三峡工程泥沙问题研究”课题，取得如下成果。

　　(1)三峡工程通航建筑物引航道防淤清淤措施及电站防沙问题研究。利用整体泥沙模型和水槽试验及理论分析相结合，对通航建筑物引航道防淤工程措施，其中包括引客水破异重流、射流破异重流(包括水帘、气帘和水平附壁射流)和潜坝拦异重流等，以及清淤措施，包括引流冲沙、引流结合松动冲沙和机械挖泥措施的机理、工程方案和效果进行研究，为设计提供了依据。试验研究了电站排沙底孔的布置和排沙效果。

　　(2)模型变率影响研究。利用变率1～10的弯道动床模型，研究变率对实体模型流场和河床冲淤相似性的影响，获得了大量有价值的定性或定量成果，提出模型变率的选择范围。

　　(3)回流区泥沙淤积计算。为了模拟计算回流区泥沙淤积，建立了水深平均平面二维水流泥沙数学模型。该模型可以较好地模拟回流区水流泥沙运动和泥沙淤积量。

**5.2 其它基本问题研究**

　　(1)长江中下游分汊河道形成条件研究。在调查分析长江中下游干支流分汊河道特性与演变的基础上，对来水来沙、河床边界等各个因素对分汊河道形成与演变的影响进行了分析研究，获得了分汊河道类型的判别方法及其形成的条件。

　　(2)钉螺在水流中运动扩散规律研究。利用理论分析和水槽试验研究得到了钉螺的重力特性、钉螺在水中的沉降、起动和扩散规律及其计算公式。并在此基础上提出防止钉螺通过灌溉闸向渠道扩散的工程措施，在实际工程中已成功应用。

　　(3)温度及浓度场模拟研究。建立了模拟温度和浓度场变化的二维数学模型，该模型经实测资料验证，具有良好的适用性。

　　(4)一维非恒定水流泥沙数学模型研制，该模型已用天然实测洪水资料进行了验证。

　　(5)结合南水北调工程，研制了模拟水温及冰浓度变化的冰期输水二维数学模型，并用天然观测资料进行了验证。

**6 结语**

　　长江科学院泥沙研究工作今后发展方向是，在继续做好三峡工程、南水北调、长江干支流其它枢纽以及中下游河道整治有关的泥沙研究工作的基础上，拓宽研究领域，加强基础研究，在以下几个方面作进一步的努力。

**1**. 河流泥沙工程是复杂的动态工程，研究人员参加河流泥沙工程项目的科学研究、规划、设计、施工和运行观测等方面的实践，有助于提高河流泥沙工程的技术水平。

**2**.原型观测调查、泥沙数学模型计算和泥沙实体模型试验相结合，仍然是解决泥沙工程实际问题的基本方法。要进一步建立和完善包括江湖联算模型在内的一、二维水流泥沙数学模型，为解决工程实际问题创造良好条件。

**3**.加强河流力学与地理学等学科的结合，加强河流泥沙基本问题的研究，特别是有关河道水流、泥沙运动和河道演变基本规律研究，以推动河流泥沙工程技术水平的提高。

**4**.进一步研究河道整治工程和护岸工程新技术和新材料。不断开发和应用新的试验技术和量测设备，以提高实体模型试验成果质量。