

文章编号: 1001-4179(2010)15-0010-05

长江流域泥沙资源供需矛盾及对策

姚仕明¹, 刘同官^{1,2}

(1. 长江科学院 河流所, 湖北 武汉 430010; 2. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072)

摘要:针对长江含沙率较小但输沙量较大的特点,需要采取一定的措施,在减小或避免其泥沙致灾的同时,将其加以合理利用,实现减灾兴利。根据长江流域干支流主要控制站的水沙实测资料,统计分析了包括三峡水库蓄水运用以来近50余年的长江上游、三峡工程坝下干流河道与洞庭湖水系、鄱阳湖水系及支流汉江的泥沙输移变化,阐述了长江流域泥沙资源化的主要表现,揭示了长江流域泥沙资源的供需矛盾,并提出了相应的缓解对策。

关键词: 水库建设; 泥沙资源; 供需矛盾; 对策; 长江流域

中图分类号: TV141.3 **文献标志码:** A

长江水量丰沛,虽含沙率较小,但输沙量仍较大,三峡水库蓄水运用前长江下游大通站多年平均输沙量为4.27亿t。

长江流域泥沙具有致灾与资源化的双重特性。泥沙致灾主要体现为:在不适当部位的淤积和其携带的污染物质而造成防洪、航运、环境及涉水工程正常运营等多方面的严重问题。以往围绕这些方面问题开展了大量的研究工作,取得了丰富的研究成果,提出的相应对策与措施大大减轻了泥沙灾害。

众所周知,泥沙不仅为人类的生存与发展塑造了广泛的冲积平原,而且广泛应用在人类抗御洪水灾害时修筑堤防和携带营养物质肥沃土壤及作为建筑材料在工程建设等方面体现出的宝贵资源特性^[1-3]。目前,由于长江干支流大量水库不断建设和水土保持工程的陆续实施,进入河道与水库坝下游的泥沙随之减少,其与社会经济发展对泥沙需求增长的矛盾也日益突出。因此,采取一定的措施在减小或避免长江流域泥沙灾害的同时,合理利用长江干支流泥沙资源,服务

沿江经济社会的可持续发展是非常必要的。

1 长江河道泥沙输移特性

1.1 上游干支流河道

长江是我国第一大河流,而长江上游地区又是我国水土流失较为严重的地区^[4-6]。20世纪80年代以来,长江上中游地区严重的水土流失状况曾引起社会的广泛关注。1989年,国家在金沙江下游和贵州毕节地区、嘉陵江中下游、陇南陕南地区以及三峡库区等4片区域的61个县首先启动了长江上游水土保持重点防治工程(简称“长治”工程)。截至2005年底,“长治”工程共治理水土流失面积近9万km²,约占治理总面积的1/3。“长治”工程的实施有效减少了该地区泥沙输移量,从而使进入该地区河道的泥沙也随之减少。

长江上游泥沙主要来源于金沙江、嘉陵江、岷江、沱江、乌江、横江、赤水和上游干流区间,其中主要产区为金沙江和嘉陵江(见表1)。三峡水库蓄水运用前,长江上游出口宜昌水文站多年平均泥沙输移量约

收稿日期:2010-05-14

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目资助(200901004);中央级公益性科研院所基本科研业务费资助项目:长江上游泥沙资源演化与配置研究(YWF09029)

作者简介:姚仕明,男,博士,主要从事河流泥沙与河道整治研究。E-mail:yzhshymq@163.com

为 4.44 亿 t,其中金沙江屏山站多年平均输沙量为 2.43 亿 t,约占宜昌站的 56%;嘉陵江北碛站多年平均输沙量为 1.051 亿 t,约占宜昌站的 24.2%,两江之和约占宜昌站的 80.2%;横江、赤水河、岷江、沱江和乌江多年平均输沙量分别为 0.134,0.09,0.462,0.091 亿 t 和 0.251 亿 t,约占宜昌站的 20.8%。

表 1 长江流域主要控制站输沙量统计值 亿 t

项目	长江干流控制站							主要支流控制站			
	屏山	朱沱	寸滩	宜昌	沙市	汉口	大通	高场	北碛	武隆	皇庄
三峡蓄水前多年平均值	2.540	3.090	4.230	4.920	4.340	3.980	4.270	0.475	1.160	0.274	0.500
1956~2008 年多年平均值	2.430	2.950	3.970	4.440	3.950	3.670	3.960	0.462	1.051	0.251	0.408
2003 年	1.560	1.910	2.060	0.980	1.380	1.650	2.060	0.475	0.306	0.144	0.140
2004 年	1.480	1.640	1.730	0.640	0.956	1.360	1.470	0.332	0.175	0.108	0.050
2005 年	1.880	2.310	2.700	1.100	1.320	1.740	2.160	0.585	0.423	0.044	0.171
2006 年	0.903	1.130	1.090	0.090	0.245	0.576	0.848	0.206	0.030	0.030	0.028
2007 年	1.500	2.010	2.100	0.527	0.751	1.140	1.380	0.306	0.273	0.104	0.083
2008 年	2.040	2.120	2.130	0.320	0.492	1.010	1.300	0.153	0.143	0.039	0.046
2003~2008 年多年均值	1.560	1.850	1.970	0.609	0.857	1.245	1.533	0.343	0.230	0.080	0.086

自 20 世纪 90 年代以来,随着长江干支流上大型水利水电工程建设与径流分布变化,长江上游干支流河道泥沙输移有了新的变化,尤其是三峡水库蓄水运用后,水库内水流变缓,泥沙发生淤积,进入水库坝下游的泥沙大幅度减少。三峡工程蓄水运用以来(2003~2008 年),干流朱沱站年均输沙量比多年平均值约偏小 37%,干流寸滩站年均输沙量比多年平均值约偏小 50%;主要支流嘉陵江北碛站年输沙量约偏小 78%,乌江武隆站年输沙量约偏小 68%。三峡水库蓄水运用以来宜昌站年均输沙量仅为蓄水前多年平均值的 12.4%,长江上游泥沙输移及其时空分布已经发生了较为明显的变化。长江流域主要控制站分布位置见图 1。

1.2 中下游河道

长江中下游干流河道的泥沙主要来源于长江宜昌以上的干支流及中下游两岸支流、湖泊等水系。据统

计,宜昌和大通站(分别为进入长江中下游和长江口地区的控制水文站)在三峡水库蓄水前的多年平均年输沙量分别为 4.92 亿 t 和 4.27 亿 t。近些年来,随着长江干支流水库的陆续建设、水土保持工程的逐步进行、退耕还林等措施的实施,以及江湖关系的变化等,长江中下游河道的泥沙输移量及过程已发生了较大变化。三峡水库蓄水运用前,宜昌站、洞庭湖四水、皇庄站、鄱阳湖五河多年输沙量分别占大通站的 113.5%,6.9%,12.6%,3.3%,合计为 136.3%。显然,长江上游宜昌站的来沙量大于大通站,加上洞庭湖水系、支流汉江、鄱阳湖水系及其他沿江支流的入汇,宜昌至大通站之间的河道及沿程湖泊总体表现为淤积。三峡水库蓄水运用以来,宜昌站、洞庭湖四水、皇庄站、鄱阳湖五河多年输沙量(2003~2007 年)分别占大通站的 42.2%,6.5%,5.9%,3.1%,合计为 57.7%。由此可看出,坝下游干流河道的泥沙输移较三峡水库蓄水前已发生较大变化,主要表现为:各站年输沙量大幅度减少,减小幅度在 63%~86% 之间,沿程变化与以往相比呈现不同的特点,年输沙量总体上表现为沿程增加,主要是因为三峡水库蓄水运用后下泄的沙量大幅度减少,坝下游河道发生沿程冲刷而逐步恢复。由此可看出,三峡水库蓄水运用对坝下游泥沙输移量及过程影响最大,蓄水后宜昌站的年均输沙量占大通站的百分比减小了 71.3%,仅为大通站的 42.2%,坝下游主要水系占大通站年均输沙量的比例由蓄水前的 136.3% 减为蓄水后的 57.7%,因此,可以认为坝下游干流河湖总体处于冲刷状态。洞庭湖四水与鄱阳湖五河的年均输沙量占大通站的百分比变化不大,减小均不到 0.5%;汉江减小 4.7%,主要是因丹江口水库的影响所致。

另外,长江中下游除了洞庭湖水系、鄱阳湖水系、最大支流汉江外,其他众多一级支流也有一定的泥沙输移量,并有一定的泥沙进入长江干流河道。例如,安徽省长江主要支流(皖河、裕溪河、滁河、秋浦河、青弋

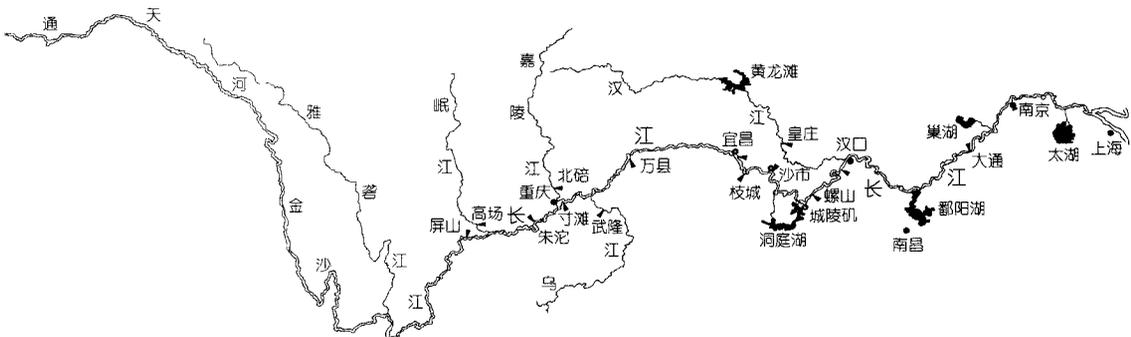


图 1 长江流域主要控制站分布位置示意

江、水阳江)控制站多年平均输沙量约 230 万 t^[7]。

2 长江流域泥沙资源化的主要表现

2.1 长江口滩涂淤展及开发利用

长江千百年来奔流而下,给下游河口地区带来了丰富的泥沙资源,造就了河口三角洲广袤富足的水乡平原和大片河口滩涂湿地。自然条件下,长江每年挟带约 4.86 亿 t 泥沙入海,在长江口口外水域形成水下三角洲,并不断由陆向海延伸^[8-10]。近 50 a 来,在泥沙天然沉积与人工淤沙的共同作用下,长江口新造陆地近 800 km²,为上海市带来了得天独厚的滩涂资源。显然,长江口滩涂淤展及造地需要长江不断地有一定数量的泥沙供给,否则长江口淤展速度将大大减缓,甚至在潮流及波浪作用下出现滩涂侵蚀后退。

2.2 沿江经济发展

长江河道泥沙不仅作为沿江两岸经济发展所需要的重要建筑砂石料,而且在工程吹填造地、堤防加固、河道及航道整治工程中均被广泛应用,充分体现了其资源特性。

(1) 河道开采建筑砂石料。砂石料是建设和建设工业用料的重要来源,河道采砂是获取砂石料的主要途径^[11]。长江河道采砂历史悠久,但以往因长江河道泥沙资源丰富、开采技术落后,经济社会发展对泥沙需求量有限等因素,河道泥沙开采量并不大,对河道防洪、河势、航运等影响相对较小。随着长江经济带建设与采砂技术的快速发展,建筑砂石料需求量与开采能力大增。据统计,20 世纪 90 年代长江上游每年的采砂量超过 3 000 万 t,80 年代末 90 年代初,长江中下游采砂量约为 2 600 万 t,近年来,长江中下游年均采砂量已超过 4 000 万 t。但江砂过度开采会引发一系列问题,如影响防洪安全、河势稳定、通航安全及国民经济与社会的可持续发展。

(2) 工程吹填用沙。长江河道工程吹填用沙主要包括堤防加固工程中的淤临淤背、吹填淤塘,河道及航道整治工程,沿江吹填造地等。在工程应用上,一开始是利用挖泥船吹填消灭堤内淤塘,如湖北荆江大堤吹填、洞庭湖区吹填等。由于吹填效益显著,吹填工程得到了迅速发展,由开始的填塘发展到固基和压浸防渗,进而在 20 世纪 80 年代试用挖泥船直接吹筑大堤,取得了很大成功。90 年代以来,采用挖泥船吹填堵口复堤取得很好效果,并在洞庭湖区的丰顺垸、围堤湖堤、南湖撤洪河堤、烂泥湖牌口堤、团洲垸、共华垸、钱团间堤、澧南垸、西官垸、安造垸、翻身垸及民主垸等堤段得到广泛应用。进入 21 世纪以来,沿江经济发展迅速,

高速公路建设与低洼地区吹填造地等对长江河道泥沙需求量大增,例如,武汉河段在 2005 ~ 2009 年期间,吹填采砂量不少于 1 330 万 m³,长江三角洲开发区前沿的江苏太仓港三、四、五期围滩吹填仅 2003 年的采砂量就超过了 3 000 万 m³。由此可见,长江流域工程吹填用沙开采长江河道的泥沙量也十分可观,甚至超过建筑用料的河道采砂量。

2.3 其他表现

随着长江流域经济的发展,对泥沙资源的合理开发利用一举多得,有着广阔的应用前景和丰厚的经济效益。河流泥沙从上游搬运来大量矿物元素和有机质,对改良土壤结构、提高土壤肥力有显著作用^[12]。在汛期利用一些圩垸行洪,不但可以增加洪水调蓄场所,降低洪水位,减少河道的淤积,而且能够改良土壤,提高作物产量,减少生产和施用化肥农药,降低成本,减少水质污染。此外,泥沙在河道输移过程中塑造的微地貌及复杂多变的河床形态有助于改善水生环境与局部区域的生态环境。

由此可见,泥沙作为天然优质资源具有广阔的应用前景,也必将在社会经济发展过程中发挥显著效益。

3 供需矛盾及对策

3.1 供需矛盾分析

(1) 需求表现及需求量分析。长江上游对泥沙的需求量会随着经济的发展而不断增加,泥沙作为资源需求的重点应为建筑用料、沿江岸滩整治及低洼地区的填筑等。根据 20 世纪 90 年代的不完全统计,建筑开采砂石料在 3 000 万 t 以上,显然,现在及将来长江上游地区泥沙需求量会超过 3 000 万 t,考虑到上游地区为主产沙区,泥沙资源比较丰富,且在建和已建的水库拦蓄的泥沙也多,故长江上游地区泥沙需求与供给矛盾相对较小。

长江中下游地区因经济的快速增长,建筑用砂需求量不断增加,《长江中下游干流河道采砂规划报告》对宜昌至长江口的建筑砂石料开采活动进行了规划,在 2002 ~ 2010 年长江中下游干流河道规划的 33 个可采区,年度控制开采总量不超过 3 400 万 t,采砂船只控制数量 98 艘。但实际上,一方面长江沿岸采砂配额不能满足实际的泥沙需要;另一方面,长江流域采砂船数量与采砂能力远超过规划的限额,因此很多地方存在超采、偷采现象。同时,长江中下游地区沿江城市为改善城市与投资环境,沿江两岸堤内外吹填造地对河道砂石的需求量逐渐增大。

近几年来,沿江武汉、芜湖、南京等城市均不同程

度地利用长江河道泥沙吹填造地,特别是江阴以下的长江口地区地处我国沿海经济带和沿江经济带的结合部,区位优势明显,是长江流域经济发展最快的地区,对泥沙需求量也大。沿江地区吹填作业对泥沙有着巨大的需求。

上海市位于长江口,人地矛盾较为突出,因此,上海市已经制定出了未来 20 多年时间利用长江泥沙在长江口新造近 1 000 km² 陆地的宏伟计划。在未来 20 多年内,要实现新造地 1 000 km² 计划需 51 亿 m³ (70 亿 t) 的泥沙,平均每年用于造地所需的泥沙量约为 2.8 亿 t^[13]。

(2) 供给量及供需矛盾分析。长江河道泥沙资源化在沿江社会发展中的作用愈来愈大,即沿江经济社会发展对长江河道泥沙需求量日益增加。然而,由于受人类活动与自然因素影响,长江河道泥沙输移及时空分布发生了较大的变化。长江中下游地区因经济的高速发展对泥沙需求量大增,而长江干支流水库陆续建设、水土保持工程的逐步实施均使进入中下游的泥沙量大幅度减少。长江上游出口宜昌站年均输沙量由三峡工程蓄水前的 4.92 亿 t 变为蓄水运用以来的 0.609 亿 t,长江中下游地区洞庭湖水系、鄱阳湖水系的年均来沙量也不同程度的减少,大通站年均输沙量由三峡工程蓄水前的 4.27 亿 t 变为蓄水运用以来的 1.53 亿 t。因此,进入长江口的泥沙量也大幅度减少,泥沙作为资源在长江上游、中下游和长江口地区的供需矛盾变得愈来愈突出。

长江上游随着长江上游干流河道两岸地区社会经济的快速发展和沿江城市建设的发展,特别是我国西部大开发战略部署的实施,沿岸地区对建筑砂石料和填筑砂石料的需求急剧增加,采砂规模和范围有迅速扩大之势。而自 2003 年三峡库区蓄水后一直处于禁采状态,在长江干流近期无采砂活动,当地的工业与民用建筑对江砂的需求无法满足,加之库区地质灾害治理任务重,不得不采用人工砂替代江砂,导致在库区一些地方大量开山炸石,造成人为的水土流失和滑坡隐患,对河床形态、床沙组成、以及三峡入库泥沙带来不利影响。

长江三峡工程蓄水运用以后,水位抬高,大量的泥沙淤积在三峡库区,因此进入坝下游河道的泥沙大大减少。20 世纪 90 年代,随着长江中下游经济带建设的快速发展,建筑砂石料需求量大增,江砂价格上涨,在可观的经济利益驱动下,各种采砂船蜂拥而至,遍及长江流域干支流河道,形成滥采乱挖的混乱局面,与长江中下游河势稳定、防洪安全、通航安全以及国民经济和社会发展的矛盾也越来越突出。

受长江上游大型水利枢纽蓄水拦沙及水土保持等工程的影响,进入长江口的泥沙量将大幅度减少,使得长江口淤展速度大大减缓,甚至在潮流及波浪作用下会出现滩涂侵蚀后退,对长江口滩涂利用与湿地生态保护等产生不利影响。

3.2 缓解对策

(1) 加强长江流域泥沙资源配置研究。分析长江流域泥沙资源的供需特点、利用形式、结构和不同区域承沙能力,确定相应的可供沙量和需沙量,从社会经济发展需要和河道生态环境需要两个方面综合研究兼顾经济效益和环境效益的泥沙资源配置模式。

(2) 加强河道采砂管理,合理规划河道采砂区与采砂量。应在保证河势稳定、防洪安全、通航安全、沿岸工农业设施正常运用和满足生态与环境保护要求的前提下,科学规划与论证采砂区、采沙量等,合理地利用江砂资源,使长江流域干支流河道的江砂开采逐步走上依法、科学、有序的轨道。

(3) 充分利用价格杠杆,节约砂石资源。长江泥沙作为资源,同其他资源一样,并不是取之不尽,用之不竭的,而是陷入社会经济发展对其需求量在不断增加而供给量又在不断减少的矛盾中,因此有必要通过资源价格杠杆作用,提高砂石资源费用,增加其成本,通过市场优化配置资源的调节作用,达到节约使用河道砂石资源,逐步实现长江流域泥沙资源的可持续利用。

(4) 充分利用支流泥沙资源。长江流域水系好像一棵枝叶繁茂的参天大树,干支交错,枝枝相连,布满整个流域。据统计,长江干流拥有 700 多条一级支流,其中流域面积 10 000 km² 以上的 40 多条,50 000 km² 以上的 9 条,100 000 km² 以上的 4 条。长江众多支流中拥有丰富的泥沙资源。因此,在长江流域经济建设过程中,应充分考虑长江支流泥沙资源的合理利用,减轻长江干流河道泥沙需求压力。

(5) 加强梯级水库群泥沙资源联合调度研究。新中国成立以来,水电建设事业得到了较快的发展,建设了一大批骨干水电站,尤其是 2009 年三峡工程建成,以三峡水库为骨干的长江上游干支流大型流域梯级水电站群已初具规模。在水能及水资源开发利用的同时,实现流域泥沙资源的联合优化配置是非常必要的。在通过优化调度最大限度地发挥防洪、发电、航运及灌溉供水等传统效益的同时,还需要充分考虑各级水库的排沙比,增加坝下游河道泥沙供给量,为坝下游河道泥沙资源利用提供条件。

(6) 充分利用水库淤积的泥沙。长江流域干支流水库修建后,由于库区水深大、流速缓,入库泥沙大部

分淤积在库区。为了充分利用各水库库区淤积的泥沙资源,可考虑在水库库区采砂,再通过船舶运往需砂地区,这样不但能减缓长江流域泥沙资源供需矛盾,而且能减缓水库泥沙淤积,增加水库兴利库容,延长水库使用寿命。

4 结论与建议

长江流域水能及水资源开发利用会对流域泥沙的输移过程及其时空分布产生复杂而深远的影响。在传统的水能及水资源开发利用过程中,多把泥沙问题作为灾害处理,对泥沙资源化及合理利用关注得不够。但随着社会经济的持续发展和对泥沙问题认识的不断深化,泥沙作为天然的优良资源在沿江国民经济建设中扮演的角色愈来愈突出,特别是长江中下游地区对泥沙资源的需求量与日俱增。然而,随着长江干支流大量水库的陆续建设与水土保持工程的逐步实施,泥沙输移及其时空分布必将发生较大的变化^[14],使泥沙在坝下游地区的供需矛盾变得更加突出,影响河流的自然功能和永续利用。本文在分析长江河道泥沙资源化的主要表现及供需矛盾后,提出了加强长江流域泥沙资源配置与梯级水库群泥沙资源联合调度研究,加强河道采砂管理,合理规划河道采砂区与采砂量,充分利用支流与水库淤积的泥沙资源等缓解对策。

鉴于长江上游干支流水利水电工程的不断建设与长江中下游河网水系的复杂性,长江流域水沙输移过程也随之不断发生变化。因此,建议一方面继续加强对长江流域干支流的水沙输移及其时空分布的跟踪研究;另一方面,加强开展对局部区域水沙输移及其时空

分布的深入研究,以便于为长江流域泥沙资源化和开发利用提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 王廷贵,胡春宏.流域泥沙的资源化及其实现途径[J].水利学报,2006,37(1):21-27.
- [2] 李琼芳,邹振华.人类活动对长江泥沙特性的影响[J].河海大学学报(自然科学版),2007,35(4):364-368.
- [3] 李义天,孙昭华.河流泥沙的资源化与开发利用[J].科技导报,2002,(2):57-61.
- [4] 府仁寿,虞志英.长江水沙变化发展趋势[J].水利学报,2003,(11):21-29.
- [5] 董耀华,惠晓晓,蔺秋生.长江干流河道水沙特性与变化趋势初步分析[J].长江科学院院报,2008,25(2):16-20.
- [6] 长江水利委员会.2000~2008年长江泥沙公报[R].武汉:长江水利委员会,2008.
- [7] 祝丽萍.安徽省主要河流泥沙分布规律[J].安徽水利科技,2005,(2):18-20.
- [8] 汪松年,徐建益,都国梅.长江水沙变化趋势及河口滩涂围垦策略研究[C]//中国水利学会2001年学术年论文集.上海:[s.n.],1994~2001:122-127.
- [9] 吴华林,沈焕庭,严以新,等.长江口入海泥沙通量初步研究[J].泥沙研究,2006,12(6):75-1.
- [10] 陈立,吴门伍,张俊勇.三峡工程蓄水运用对长江口径流来沙的影响[J].长江流域资源与环境,2003,12(1):50-54.
- [11] 李峻,吴志广.江砂的控制开采与合理利用[J].中国水利,2003,10(15):59-62.
- [12] 黄敏,周富春.泥沙对营养物质吸附与释放研究进展分析[J].水科学与工程,2008,(5):49-52.
- [13] 王兆印.长江流域水沙生态综合管理[M].北京:科学出版社,2009.
- [14] 蔺秋生,黄莉,姚仕明.长江干流近期水沙变化规律分析[J].人民长江,2010,41(10):5-8.

(编辑:李慧)

Contradiction of supply and demand of sediment resource in Yangtze River Basin and its countermeasures

YAO Shiming¹, LIU Tonghuan^{1,2}

(1. Department of River Dynamics, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Yangtze River is characterized as small sediment concentration and large sediment discharge, therefore, we should take measures to reduce or avoid sediment induced disaster and utilize sediment reasonably. According to measured data of flow and sediment in main control stations on mainstream of Yangtze River, statistics of sediment transport changes in the upper Yangtze River, the downstream channel of TGP, Dongting Lake water system, Poyang Lake water system and Hanjiang River in nearly 50 years are analyzed including the period after operation of TGP. We think that the sedimentation in Yangtze River Basin can be utilized as a kind of natural resources and discuss the ways for its realization as well. And the contradiction of supply and demand of sediment resource is revealed and its countermeasures are proposed.

Key words: reservoir construction; sediment resource; contradiction of supply and demand; countermeasures; Yangtze River Basin