

河流泥沙的资源化与开发利用

Sediment Resource and Its Utilization

李义天¹ 孙昭华² 邓金运² 黄颖²

(武汉大学水沙科学教育部重点实验室, 教授¹ 研究生² 武汉 430072)

河流挟运泥沙是一种客观自然行为, 有水流运动必有泥沙输移。然而, 由于人类对流域内自然生态环境和河流本身的干预加重, 使进入河流的沙量增多, 并使泥沙在某些位置产生累积性的淤积, 泥沙在不适当部位的淤积已成为困扰环境、防洪、航运等多方面的严重问题^[1,2,4,6]。

对严重的泥沙问题, 以往提出了许多措施以减沙消灾, 但在除害的同时对泥沙的利用研究甚少。实际上, 泥沙是一种优良的天然资源。泥沙蚀高淤低, 曾经造就了河流中下游大片的平原低地, 而且至今也在河口等区域缓慢地自然造地。泥沙具有许多优良特性: 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; 泥沙不仅是传统的优良建筑材料, 而且是开发新型建筑材料的优质原料; 泥沙在临堤、背堤的放淤是加固加高堤防的重要技术。对泥沙资源的合理开发利用一举而多得, 有着广阔的潜在的应用前景和经济效益。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。采取疏浚或淤临淤背措施加高加固堤防, 既可避免不顾淤积盲目加高堤防的恶性循环, 又可解决疏浚航道泥沙的处置问题, 节省堤防建材, 减少资源、环境破坏。当前, 一方面, 大量泥沙淤积在河道中造成洪水位抬高、航道水深变浅, 或者携带着大量肥料白白流入大海; 另一方面又花费大量的人力物力疏浚航道、加高巩固堤防、改良土地, 造成大量的资源、环境破坏。所以, 泥沙资源化, 即采取一定的措施在减小或避免其害的同时对源源不断的江河泥沙加以开发利用, 对减灾兴利是非常必要的。本文从多方面分析论证了泥沙资源化的利弊和必要性, 对其可行性作了展望。

一、当前泥沙问题及根源

1. 当前的泥沙问题

河流作为地球水圈中联系陆地大气降水与海洋的纽带, 不仅是宣泄水流的通道, 同时也担负着输移泥沙的功能。在漫长的历史进程中, 江河不断从上游搬运泥沙填平中下游的众多湖泊洼地和海湾, 形成了广大冲积平原。远古时候, 由于人们生产

力水平低下, 对自然的干扰较小, 流域的侵蚀输沙处于一种无约束的纯自然状态, 人类居住范围也限于洪泛区之外的高地。随着文明的发展, 人类改造自然的幅度越来越大, 耕作规模、范围扩大, 在河流上也兴修了一些防洪整治工程对其进行约束, 流域水土流失加重, 中下游的一些部位发生了累积性的泥沙淤积。同时, 人类财产和活动范围逐渐向高洪水风险区扩展, 航运等与河流相关的产业相继出现, 泥沙问题开始在防洪、航运、水利发电、农业灌溉、生态环境等方面逐渐突出, 在一些河流或者某些河流的特定河段, 泥沙淤积问题更是成为各种矛盾的焦点。

黄河下游河道受泥沙淤积影响, 河床不断抬高, 过流能力不断降低。1986~1995年10年间黄河下游三门峡~利津共淤积泥沙34.3亿t, 平均每年3.4亿t。20世纪70年代以后, 黄河频繁出现断流, 泥沙在河槽中淤积比例增加, 出现了“槽高、滩低”的局面, 有的河段还出现“堤根洼”的二级悬河, 严重威胁堤防安全。黄河下游河道主槽淤积, 使河槽过洪能力降低、漫滩流量减小、同流量水位增高、河道严重萎缩。1950~1980年黄河下游河南段(花园口~夹河滩)上升1m左右, 山东段(高村~泇口)抬高2m左右, 河口段上升1m多。

从多年平均含沙量来看, 长江干流从宜昌站的 $1.18\text{kg}/\text{m}^3$, 向下递减至汉口站仅有 $0.61\text{kg}/\text{m}^3$, 再向下递减到大通站只剩下 $0.53\text{kg}/\text{m}^3$, 泥沙沿程发生沉积。九江至大通241.2km的河段中, 江心洲连续分布。由于江心洲对水流的影响, 常常出现主汊冲、支汊淤; 洲头冲、洲尾淤, 从而形成了多个卡口, 造成江槽泄流不畅、水位壅高。如自古有名的马钹要塞, 50年代小孤山还在长江中央, 现在枯水时已和北岸淤成一片, 严重碍航。由于泥沙淤积河道, 在相同流量下, 九江和湖口目前水位比1954年升高了 $0.41\sim 0.60\text{m}$ ^[3]。长江河口的拦门沙淤积曾经使万吨级的货轮无法驶进上海港, 每天赔款达几十万元。在长江中游, 由于三口的萎缩等自然和人类活动作用, 使长江和洞庭湖江湖关系发生变化, 入湖水沙量减少导致洞庭湖的天然沉沙功能衰减, 本应淤在湖区的泥沙被转移到干流淤积, 造成了城陵矶~汉口河段的迅速淤积。1956~1988年螺山~汉口段累积淤积达18亿t, 剧烈的淤积直接抬高干流洪水位并引起洞庭湖调蓄量的被动增大, 加剧了整个荆江洞庭湖区的洪水灾害。如1998年螺山站洪峰流量较

1954 年小近 $15\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 的情况下, 水位却抬高了 1.78m , 造成 $1\ 600$ 多亿元的直接经济损失^[4,5]。

除黄河、长江之外, 海(滦)河、淮河等各大流域都存在各种泥沙问题。由于历史上的长期累积淤积, 许多地方还出现了土地盐渍化、形成易涝洼地等次生环境问题。累积性的淤积使许多河段成为地上悬河, 河床与周围地面的高差不断增加, 不仅造成平原排涝沟渠入河困难, 而且使地下水向悬河两侧平原地区的渗透量增加, 土地沼泽化的趋势不断加剧。例如, 沿黄河下游大堤两侧的背河洼地经常发生涝碱灾害^[6]; 海河流域潮白河、永定河、滹沱河等含沙量较高, 河床淤积严重, 在堤防约束下形成明显的地上河, 加之海河的扇形水系下游向天津附近集中的特点, 使河道之间发育大片的易涝洼地。

2. 泥沙问题的根源

泥沙问题在各大江河都存在, 不同流域的泥沙问题可能严重程度不一, 影响范围不同, 有些是流域性的, 如上中游的生态破坏引起水土大量流失, 超出河流的挟运能力, 造成下游全局性的河床淤积抬升(如黄河); 有些只体现在流域内一定区域, 如由于泥沙不断淤积或某种原因的触发, 区域内部的泥沙淤积部位发生改变, 局部河段发生急剧的累积性淤积(如荆江洞庭湖区); 还有些是人类整治活动对河流的约束引起河流自调整作用, 导致局部河段的水沙输移规律改变所带来的防洪、航运等一系列问题。无论是何种原因引起, 这些都可以归结为河道中沙量过多, 超出了河道承载能力, 造成局部或长河段的淤积, 甚至殃及河口。

一个现象的出现有其历史缘由, 分析泥沙问题的根源, 离不开对河流演变历史的回顾。远古时代在自然状态下, 之所以沙患甚少就是因为河流上游来沙量适度, 而且在中下游平坦低洼区有分沙或沉沙区。如在帝尧时代(公元前 2600 ~ 前 2100 年), 黄河“洪水横流、泛滥天下”。东周春秋(公元前 770 ~ 前 256 年)初期, 黄河下游沿岸诸侯筑坝自保, 黄河水流有了堤防的约束, 泥沙也开始在堤内沉积, 河床抬高, 在春秋中期形成地上河。周定王五年(公元前 602 年), 发生了有历史记载的第一次大改道。以后黄河就处于筑堤—淤积—悬河—决溢—改道—筑堤的不断恶性循环中。人类对黄河中上游, 特别是黄土高原区植被的严重破坏造成的大量水土流失是泥沙淤积的主要原因, 修筑堤防保护生产则使泥沙淤积被限制在大堤之间的河道和滩地上。由于泥沙淤积存在累积效应, 随着淤积量的增多, 其危险也逐步加大, 直至发生溃决突变以缓解矛盾。由此可见, 像黄河下游这样的全局性泥沙淤积, 除了来沙的原因, 还与泥沙淤积场所的限制直接相关。

黄河淤积是因为来沙量太大, 超出水流输运能力造成的, 而长江中游荆江洞庭湖区的洪灾却与区域内部泥沙淤积部位的调整有关。秦汉以前, 长江水沙出三峡和下游丘陵地带后, 汇入云梦泽调蓄, 此时云梦泽发挥着巨大的沉沙作用。当北岸的云梦泽逐渐淤积开发, 并修筑荆江大堤之后, 洪水冲向南岸, 形成四口向洞庭湖分洪的局面, 洞庭湖代替云梦泽成为调洪淤沙的主要场所。随着淤积的增加, 四口(三口)分洪河道逐年延伸, 分流分沙比不断减小, 洞庭湖沉沙作用减弱, 本应淤在湖中的大

量泥沙被输移到下游, 使得长江干流产生大量淤积, 水位急剧抬升。排除汉江影响之后, 1955 年以来, 宜昌及四水控制站来水来沙量变幅不大, 汉口站水量沙量及水位流量关系也较稳定, 然而螺山~汉口段却年均淤积 0.55亿 t ^[4]。泥沙淤积在干流所减小的洞庭湖有效调节湖容远较淤在湖中大。由该区域的演变历史可见, 自然和人为等因素引起了泥沙淤积部位的不不断调整, 先是从北岸的云梦泽移到南岸的洞庭湖, 又从洞庭湖到干流。泥沙淤积位置的不当, 是长江中游洪灾频发的根本原因。

在自然状态下, 因水流就低的自然规律, 在流域内的既定地理条件下河流寻求和维持一种水流和泥沙的平衡状态, 往往通过在流域内的湖泊洼地沉沙或者下游平原不断的洪水泛滥和摆动改道实现。为保护生产, 人类修建堤防。在直至现在的很长历史时期内, 堤防保护着两岸大片土地上的经济生产和人类生命财产安全。但堤防在防止洪水泛滥的同时, 限制了泥沙的分淤出路。短时期内泥沙的淤积后果可能不明显, 但淤积量缓慢的累积使矛盾逐渐激化, 表现在河床抬高、河流与两岸高差增加、洪水风险越来越严重。师长兴^[6]等通过全国范围的资料分析指出, 近几十年来我国大范围内的洪涝灾害逐年加剧的主要原因并非是气候因素, 而是泥沙累积淤积。

另外一些更危险却未引起重视的情况是泥沙淤积部位变迁引发的, 如前述荆江洞庭湖区。区域内本来有湖泊或洼地沉沙, 由于一定原因, 泥沙被转移淤积在危险的干流河道中。这种情况因为不是区域边界的泥沙条件变化引起, 所以易被忽视, 然而泥沙淤积位置转移造成的累积淤积速度更快, 其潜发性、危险性更大。

三、泥沙资源化的必要性

1. 泥沙问题治理途径

泥沙问题的解决有赖于危险部位淤积的减少, 一是从源头上减少, 即减少流域水土流失; 二是通过如放淤、泥沙利用等措施直接减轻河段的沙量负担。以往对防止水土流失、截断沙源等防治泥沙灾害的措施研究及应用较多, 而对中下游直接分沙, 将泥沙作为资源利用的关注较少。河流演变历史表明, 在中下游分淤、沉积泥沙是河流演变的自然规律, 各种原因触发的淤积场所减小或改变是泥沙问题的根源。所以在减少上游来沙的同时, 在中下游采取一定人为可控措施弥补河流的分淤作用, 将泥沙转移, 淤积在危险较小的部位或者直接开采利用, 符合河流的自然发展规律。同时, 它与最近提出的扩大河流的分洪调蓄场所的建议是一致的^[7]。

在中下游的分沙、减沙措施同时也是一种防患于未然的策略。人们修筑堤防防御洪水, 在泥沙累积淤积到一定程度之前, 对洪水的影响不甚明显, 堤防确实可以起到很好的效果, 但河床累积抬高到了一定程度之后, 可能投入极大的人力物力加高堤防也收效甚微。所以在险况出现之前就应力求减少淤积。

2. 泥沙减灾兴利用途

(1) 填海造地 河流泥沙最原始的作用即为堆积造地,直至今天这个过程仍在继续。我国河流每年约将 18.5 亿 t 泥沙挟带入海,这些泥沙的大部分堆积在河口,使海岸不断向海推进。其中,黄河每年带入河口的泥沙为 9.12 亿 t(1950~1996 年统计值),除部分被海流带走外,堆积在河口的泥沙使三角洲自 1855 年以来以 $26\text{km}^2/\text{a}$ 的速度扩大,大约可使 120km 长的岸线向海推进 220m/a。随着胜利油田的开发、东营市经济的发展,黄河利津~清七断面 80km 长河段内 $6\,000\text{km}^2$ 的三角洲扇面地区,已经步入现代化城市的行列。长江每年有 4.83 亿 t(1951~1979 年统计值)泥沙进入大通以下河口段,其中有 4.36 亿 t 淤积在河口段,使河口不断向海延伸,清末以来,每年新淤土地 9km^2 ,近 2000 年来,河口南岸边滩以 $25\text{m}/\text{a}$ 的速度外延。珠江带入河口的沙量年均 0.8 亿 t,使磨刀门以 $150\sim 170\text{m}/\text{a}$ 的速度、洪奇沥和蕉门以 $100\sim 120\text{m}/\text{a}$ 的速度外延。泥沙在河口的造地作用除了增加国土面积之外,对防止岸线侵蚀、缓解将来可能的海面上升影响都有积极作用^[6]。在黄河入海口的胜利油田,还有变海上开采为陆地开采降低采油成本的作用。

过去,河口淤积过程是多种因素综合作用的自然演变,例如黄河入海流路遵循“淤积延伸~摆动改道”的循环。河口淤积不但影响河流下游流态,而且对淤地的防洪排涝、滩涂开发利用也有影响,如何在考虑兴利需要的同时对河流的造地作用因势利导是一个值得研究的课题。河口因为同时受到海洋潮汐作用,动力条件复杂,有些河口滩涂发育、水流散乱,影响排洪纳潮;有些河口易形成拦门沙,严重碍航,在保持河口淤积造地功能的同时如何减少和避免这些问题也值得深入研究。

(2) 土壤改良 对我国东部的广大冲积平原和河口三角洲的土壤组成元素分析表明,不同流域土壤中微量元素很大程度上与上游侵蚀区的土壤和岩石有密切联系。虽然各大流域由于上游物质来源有很大差别,其冲积平原元素含量不同,但在冲积平原内部,由于各支流搬运来的物质已经经过了河流的充分混合,因而差异较小。河流泥沙与其流域土壤在元素成分上存在同一性。另外,河流泥沙特别是汛期泥沙极具肥效。黄土高原流失的每吨泥土中含有氮 0.8~1.5kg、全磷 1.5kg、全钾 20kg。按每年流失 16 亿吨泥土计算,带走的肥料相当于 1983 年全国化肥生产量的 2.7 倍。泥沙的这些天然特点使它对所在流域的土壤而言成为优良的改良原料。人们从长期的生产实践中已逐渐认识到,黄河泥沙是一项十分重要的生产资源,汛期洪水具有含沙量高、泥沙细的特点,而且所挟带的泥沙具有相当数量的农作物生长养分(如表 1),具有土壤改良、改碱、平整土地、改良土壤结构等多种功效,对农作物生长十分有利^[8]。河南的人民胜利渠和山东菏泽、德州和滨州等地区的引黄灌区先后进行了放淤和种稻改土工作。据统计,到 20 世纪 90 年代初期,黄河下游地区放淤改良土地 348 万亩,发展水稻改地 180 余万亩(其中河南省约 130 万亩,山东省约 50 万亩)。在改变低产盐碱荒地面貌成为粮棉生产基地的同时,还大大改善了灌区的土壤环境、生活环境和社会环境,取得了巨大的经济效益和显著的社会

效益。对长江泥沙的肥沃程度,历来也有“五金、六银、七铜、八铁”之说,可见人们在长期的生产实践中早就认识到,并且一直在自发利用汛期泥沙的土壤改良作用。

表 1 黄河洪水泥沙所含养分^[8]

平均粒径 (mm)	有机质 (%)	含氮(%)	碱解氮 (ppm)	速效磷 (ppm)	速效钾 (ppm)
0.0184	1.07	0.013	20	20	360

泥沙作为天然肥料效力持久,取之不尽。农业生产中大量化肥、农药的施用是流域中主要的面源污染,带来了湖泊富营养化等一系列问题,其生产过程也会造成大气、水体的污染,如果大量使用河流泥沙作为天然肥料,不但避免了这种污染,而且节省了生产化肥、农药所需的能源和资源。河流泥沙曾经造就了肥沃富饶的中下游平原,而当今大量的天然肥料却被淤积在河道湖泊中形成灾害,或白白东流大海。除了在黄河流域的一些灌区之外,对泥沙肥效的利用很少,无形中造成了巨大浪费。

我国许多泥沙问题严重的区域,同时也是重要的农业生产基地,如黄淮平原、江汉平原和洞庭湖平原等,这些地方往往汛期堤内水位超出堤外地面达数米,生产生活全靠堤防保护。如果能够结合这些地区的特点,将一部分泥沙转移淤积在堤外,不但可以减轻危险部位的泥沙淤积,而且对堤外农田有改良平整作用。如果调控得当,在汛期分洪沉沙,一定程度上还提高了流域洪水调蓄能力,降低洪水风险。泥沙分淤一举多得,在以下各种情况和条件下均是可行的。

①洪水具有一定的随机性,重洪灾风险区随时可能遭受洪灾的打击,而且如果不采取分淤措施,随着淤积的加剧洪灾形势还会日趋严峻。与其被动地等待,灾害加剧,不如主动地减灾,变害为利。洪水一旦破堤,堤外农田将颗粒无收,牺牲局部地区一年的收成换取多年的丰收和整体洪灾风险的降低从经济效益上也是可行的。分淤一般在汛期,泥沙粒径细、肥力强,此时洪水位处于高危状态,堤内外落差大,为放淤的实施提供了有利条件,同时起到降低水位减小风险的最佳效果。

②河流来沙源源不断,汛期泥沙来量大且易淤积,短短一个汛期就会在滩地造成大量的淤积^[9](表 2),可为分淤提供足够的沙量。一般在河流的中下游有大片的圩垸、低地和蓄滞洪区,淤沙潜力巨大,分淤措施在不同地区之间年际轮作循环,既使土壤改良面积达到最大、大幅提高收成,又可以对丰富的泥沙资源持续开发利用。

表 2 1998 年洪水期荆江漫滩泥沙淤积厚度

(单位: m)

测点编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
淤积厚度	1.8	1.0	1.0	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.9

注 测点 1~8 位于荆州、郝穴间,测段长 50km;9~13 位于监利上下,测段长 12km。

③分淤在改良分淤区土地的同时,淤高地面积,降低堤防相对高度,减少堤防汛期险情和防汛抢险费用。分淤减沙效果明显,如黄河仅每年引水灌溉就引走泥沙约 1.1 亿吨,如果能够实施分淤,分

沙量将更大。

④在一些河段,分淤相当于将泥沙从危险部位转移淤积在非危险区。如在长江中游荆江洞庭湖区,将泥沙淤积部位转移不但有利于保持洞庭湖的湖容而且能够减轻干流螺山~汉口的累积淤积,做到江湖两利,很大程度上可以缓解近年来该地区严峻的洪灾形势。

加上一些辅助性措施,并控制好细节性环节,分淤具有很好的应用前景。如果能按照水情预报和防汛方案,事先安排好分淤场所,将起到很好的分洪效果,财物损失也较小。对因分淤分洪受到保护的地区,若能仿照防洪基金的征收,收取一定费用,用以补偿淤区的淹没损失,将为分淤的顺利实施提供保障。按照不同的扒口位置和分流方案,利用数学模型等工具对分淤区的冲淤淹没及泥沙粒径情况进行计算能够提供理论上的指导,在此基础上利用工程等措施控制淤积量和泥沙粒径的时空分布将使分淤最有利于农业生产。在积累一定经验基础上甚至可以编制专用软件控制分淤过程、评价分淤效果、计算损失和效益。

总之,采取汛期分淤措施实施方便、一举多得,同时它与退田还湖、平垸行洪的精神是一致的。

(3) 清淤固堤 利用疏浚或者放淤等手段加固加高堤防是泥沙利用的另一种重要手段。我国的许多河段,泥沙淤积严重,突出表现在黄河下游河道、荆江洞庭湖区和海河流域诸河口等一些地方。单纯依靠水流动力冲刷很多时候不能达到疏通、清障的效果,尤其是对像洞庭湖这样的水流缓慢区段,疏浚更是成为一种必要的手段。与此同时,我国大部分现有堤防堤身质量差、土质复杂,加之修堤取土或开挖渠道,破坏了表层的防渗层。以长江为例,其中下游平原区3万多公里堤防全部修建在第四纪冲积平原上,表层防渗铺盖层很薄,一般只1~3m,最厚的也只有3~10m,下部为深厚的透水性强的砂卵石层,高洪水位时,堤内常出现渗漏、管涌、泡泉、流土流坡等险情。因此,在提高防洪标准的同时,必须重视堤防的加固工作。据初步统计,要完成此项工作,所需的土方量非常巨大^[10],仅长江中下游地区,近期就需要完成土方量38亿m³。在当今的生产生活中,超量土石开采引起的崩塌、滑坡等问题不但给当地人们带来灾害,而且加剧水土流失,造成自然生态环境的破坏。如果能够采取疏浚等手段从洲滩或河床挖沙直接用于堤防的增高培厚、填塘固基,不仅解决了所需的大量土源问题,而且还可增大河湖容量、降低洪水位。在实践中,疏浚河道、淤临淤背已是一些河段堤防加固的主要手段。例如,利用挖泥船或泥浆泵挖取河道泥沙,输送到堤防背河侧,加宽大堤断面,延长渗径长度,保障河防安全,这是本世纪60年代末付诸实施的治黄措施。截止1994年底,累计挖取黄河河床泥沙4亿m³,年最多挖沙2000万m³,对加固大堤、提高防洪能力具有显著效果。与疏浚类似,在某些河段也利用泥沙落淤来加固堤防。针对放淤,70年代初长江流域规划办公室曾在荆北进行过深入系统的研究工作,其目的是鉴于荆江大堤临江陡岸及堤身与地面高差偏大且存在堤基和堤身诸多隐患,通过修筑一条与荆

江大堤相距一定距离的平行放淤大堤,在汛期有计划地分洪落淤,达到退堤还滩、取淤培堤、填塘固基、降低堤防相对高度的目的。在某些河段,主槽淤积严重、滩槽高差减小,对防洪、航运均不利。防洪和航运对国计民生有着重要的影响,如果在汛期采取一定的促淤措施使临堤或江心的滩地多淤、主槽中少淤,不但巩固堤基、延长渗径,而且有利于保持航道水深,对防洪、航运均有利。

如前所述,在泥沙累积性淤积的河段,某段时间内堤防或许可以成为一种有效的防洪手段,但累积淤积的增多将使堤防压力越来越大。所以,在加固堤防的同时利用淤临淤背、疏浚等措施减少河道淤积是有效的可持续防洪策略。总之,泥沙固堤有效地减少和防止了大堤渗水、翻沙和管涌等险恶情况的发生,能够大大提高大堤抗御能力,有利于减轻淤槽、维护航道水深。清淤固堤也避免了河床淤积—水位抬高—加高堤防的恶性循环,是河、岸两利的办法。

(4) 其他用途 除了自古以来的直接挖取河沙作为建筑材料,人类在生产实践中还发掘了泥沙的其它用途。例如黄河下游一些灌区,农民搬运清淤泥沙用作宅基或其它,解决农民用土难的问题。还利用3种方式将清淤泥沙开发成建筑材料,一是利用沉沙池和骨干渠道清淤出来的较粗泥沙与白灰和其他添加剂等压制灰砖;二是利用灌区中下游清淤出来的细粒泥沙烧制砖瓦,这种方式具有范围广、规模小、群众自发的特点;三是用以生产灰沙砖和掺气水泥,使之成为本地区建筑材料基地。山东刘庄灌区在利用黄河泥沙与水泥掺混压制成品以及东明县利用引黄泥沙制灰沙砖方面取得了成功的经验,山东郭城的苏阁灌区渠首附近就有7个砖厂,河南黑岗口灌区沿南干渠就有10个砖窑厂^[8]。洪水泥沙转化成建筑材料,既提高人们的生活水平,又达到处理泥沙、清水灌溉的目的。

目前生产砖瓦的主要原料直接取于土壤。土壤作为主要的农业生产资料是地表风化物经过漫长的地质时期才形成的,基本属于不可再生资源。人们开山炸石以获取水泥的生产原料,同样也带来了环境的破坏。用泥沙作为它们的替代品,除了对河流起到以上提到的减淤作用之外,还可节省不可再生资源、保护环境。由于未充分意识到泥沙的资源价值,对泥沙的利用尚未科学化、规模化。例如对泥沙向建材的转化,很大程度上是引水灌溉时出于清水灌溉的目的处理附带大量淤沙的一种方式,是一种被动的利用。如果能针对泥沙不同的粒径、化学成分等,充分发掘其作为一种重要资源的不同用途和利用潜力,变被动为主动,使其技术化、规模化,无疑将是一种新兴产业。除了有利于防洪、航运等泥沙相关问题,还有助于保护环境、发展经济、解决社会剩余劳动力。

三、泥沙资源化的可行性

1. 泥沙资源的可持续性 河流含沙量高是我国河流的一大特点,全球多年平均输沙量大于1亿t的河流有25条,我国就有9条。全国平均每年进入

江河的泥沙约 35 亿 t, 其中 21 亿 t 输入海洋, 有 12 亿 t 的泥沙在水库、河道、湖泊及灌区中淤积, 可利用的泥沙资源十分丰富, 并且这种状况将在一定阶段内长期存在。

对如今严重的水土流失和泥沙问题, 人们提出上游涵养水土, 同时在上中游修建拦沙工程的治理措施。我国自然环境先天不足, 山地、高原、丘陵面积占国土面积的 69.27%, 所构成的复杂地形地质条件, 在水力、风力、重力等外营力作用下易造成水土流失, 再加上地质新构造活动较活跃, 山崩、滑坡、泥石流危害严重。同时, 还有分布广泛、类型多样、演变迅速的生态环境脆弱带。流域内脆弱的环境、复杂的侵蚀动力和多样的侵蚀形式加上管理、资金等方面的问题, 使得涵养水土成为一项长期艰巨的工程。即使水土保持工作取得一定效果, 对流域整体上的泥沙影响也不一定立即十分显著。这是由于区域地质条件的不同、侵蚀物质的颗粒大小不同, 加之与尺度效应的迭加, 使得水土保持在不同尺度流域的减沙效益不同。长江流域水土保持可以使中小流域输沙模数减少 40% ~ 70%, 但从长江干流输沙来看, 目前水土流失综合治理对泥沙影响并不明显。除了治理程度低和不同支流间的相互补偿调节作用外, 很大程度上是由于长江泥沙输移比小、河网中滞留大量侵蚀物质, 在相当长的时期内干流来沙能够沿程得到补充, 减沙效果不会得到明显反映^[1]。流域中的拦沙工程虽然可以短期内起到拦沙效果, 或者通过一定的运行调度方式减少河道淤积, 但并不能从根本上改变河道中输移的沙量。水土保持可以减少流域内的侵蚀, 但侵蚀作为自然的蚀山造原过程是不可避免的, 水土保持不可能使河流泥沙无限减少。所以, 河流泥沙不论在现在还是将来都是可持续利用的巨大资源。

值得指出的是, 对泥沙的利用并不是放弃防治水土流失, 实际上它是在涵养水土工程取得效果之前缓解矛盾的一种方式, 并且在水土保持取得成功之后也可以持续利用。

2. 泥沙利用的效益及可持续性

泥沙作为一种丰富的天然可再生资源, 在目前利用状况下, 供大于用, 有充分的开采、利用余地。如前所述, 泥沙利用往往就地取材、一举多得, 基本不需要运输、前期处理等投入, 能耗小、成本低、产出多样, 而且没有环境污染等不利副作用, 有广阔的发展前景, 对环境、社会经济等极具效益。

当今各流域对泥沙利用已经积累了一定的经验, 证明了泥沙利用的可行性。将这些经验改进推广, 同时不断总结新的经验和新技术, 扩大利用规模, 将是泥沙资源化的最佳途径。将泥沙利用与河流模拟技术、河床演变及整治理论等结合, 将使泥沙利用科学化、可持续化。只要指导科学、调控适当, 泥沙资源化将是可持续发展的一项多方互利工程。

3. 泥沙利用可能出现的问题

一般认为制止水土流失需从源头上减少泥沙来源, 且是解决泥沙问题长远的根本性措施, 但长期的水土保持实践经验证明这将是一个困难的长期性过程, 所以在中下游将泥沙资源加以利用是必要的。流域的侵蚀产沙是泥沙资源的来源, 来的多, 可用的也多, 对应一定的水土保持程度, 需要合理

确定可利用的资源量, 即它们之间有一个度的对比。另外, 出于减淤防灾的目的需要采取各种措施减少河流中的沙量, 但河口造地又需要河流输运大量的泥沙, 否则会引起海岸线侵蚀等问题, 这之间又是一个矛盾, 如何掌握好它们之间的关系也是一个涉及多个方面的课题。河流从上到下息息相关, 泥沙资源化从宏观上需要一个全流域性的从源头到中下游到河口的平衡对比关系, 而它的确定将是涉及包括环境、经济等在内的复杂问题。

河流中水沙运动相互耦合, 沙多则淤, 沙少则冲, 矛盾双方互相转化。如今的主要问题是泥沙淤积位置不当致灾, 在这些区域对泥沙的开发利用可以直接减灾兴利, 但必须注意, 泥沙取用位置不当或者开采过量也有可能向致灾一方发展。在长期的河床演变过程中, 对应一定的水沙条件, 许多河段保持一定的冲淤平衡状态, 减小水中的含沙量有可能会打破这种平衡, 引起冲刷河床、河岸等现象, 严重的甚至会影响到滩槽演变、河势变化。对河床上泥沙的直接过量开采, 在汛期将影响堤防安全。避免这些问题的办法是以河床演变及整治理论为指导, 对上下游和两岸的防洪、航运等实际情况统筹兼顾。

对于具体的泥沙利用技术, 也应考虑不同河流、不同河段、不同时期的泥沙特点。利用分淤改良土壤, 应尽量采用肥效大的适当颗粒, 而肥效小的粗颗粒却是好的建材加工原料。

随着泥沙资源化的实施和深化, 还可能出现多种细节性问题, 如分淤低地改良土壤时如何控制以使损失最小、分洪淤沙效果最好, 清淤固堤时清淤的技术手段、大堤安全性能的改变, 加工建材选用何种成分的泥沙可使产品性能最好, 等等, 这些有赖于具体技术的成熟和运用过程中经验的积累。

参考文献

- [1] Malcolm Newson, 1997, Land, Water and Development (second edition), Printed and bound in Great British By Biddlees Ltd, Guildford and king's Lynn
- [2] Thorne, R.C., Hey, D.R., and Newson, D.M., 1997. Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. John Wiley & Sons, Chichester, 376p.
- [3] 熊道光. 泥沙淤积是形成 1998 年长江中下游大洪水的重要因素. 江西水利科技, 1999(6): 30 ~ 81
- [4] 李义天, 李荣, 邓金运. 长江中游泥沙输移规律及防洪影响研究. 泥沙研究, 2000(3): 12 ~ 20
- [5] 李义天, 邓金运, 孙昭华等. 泥沙淤积与洞庭湖调蓄量变化. 水利学报, 2000(12): 48 ~ 52
- [6] 师长兴, 章典. 中国洪涝灾害与泥沙关系. 地理学报, 2000(9): 627 ~ 636
- [7] 钱正英, 中国水利的发展方向. 科技导报, 1998(8): 3 ~ 10
- [8] 王延贵, 胡春宏. 引黄灌区水沙综合利用及渠首治理. 泥沙研究, 2000(4): 39 ~ 43
- [9] 张人权, 梁杏, 陈国金等. 长江中游盆地地质环境系统演变与防洪对策. 长江流域资源与环境, 2000(1): 104 ~ 111
- [10] 胡春宏, 吉祖稳, 黄永健等. 我国江河湖库清淤疏浚实践与分析. 泥沙研究, 1998(12): 47 ~ 55
- [11] 钱正英, 张光斗主编. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告, 中国水利水电出版社 (删去 9 篇中文参考资料)

(责任编辑 王宏章)