

试论治理黄河下游的新途径——引海水冲刷河口段

A New Approach to Harness the Lower Reaches of the Yellow River

林秉南

(中国水利水电科研院, 中国科学院院士 北京 100044)

周建军 张仁

(清华大学, 教授 北京 100084)

黄河自花园口至河口常称为下游, 自古以来历经多次大改道。每次改道后, 由于黄河流域来沙多, 随着堤防的建成和泛滥受到限制, 大量泥沙在堤间堆积, 使河道比降增大, 最终形成地上河或悬河。又由于河道尾间注入的黄海或渤海都是弱潮海域, 大量泥沙在口门附近落淤, 使河口不断延伸, 引起溯源淤积, 导致河床淤高, 从而形成今日不断抬升的悬河。

如果河口不外延, 则流域来沙大量在下游淤积, 最终将形成平衡纵剖面而不再淤积抬升。据张仁和谢树楠的研究^[1], 从30年代到70年代, 黄河下游的纵剖面即已接近平衡。因此, 今天黄河不断抬升的主因应是口门的外延。

黄河下游既是持续抬高的悬河, 则治理黄河下游便不应只注意减少流域来沙而应同时研究如何制止或延缓口门的外延, 否则流域来沙减少后河道上段可能因平衡坡降的减少而下降, 而下段则因口门外延而继续抬升。

本文提出引用海水冲刷河口段, 在海水注入点引起水面跌差, 借以阻止溯源淤积向上游传播, 以此消除河床抬升的原因; 同时引起注入点以上河床全面下降。

抽海水注入黄河冲刷河口还可以换取部分冲沙淡水, 为河口地区发展之用。

一、引海水冲刷河口的基本想法

黄河河口的半岛地形为黄河从侧向引海水提供了天然的条件。从莱洲湾的广北港至黄河右岸的利津附近, 距离大约50km。在这里选点建设抽水站, 可以引海水注入黄河, 冲刷其下游的河槽。引用海水流量的规模可以考虑大流量方案和小流量方案。大流量方案, 引海水的流量可达到1500~2000m³/s, 海水可以直接注入黄河冲沙; 小流量方案, 则海水流量小于1000m³/s, 需要建设平原水库, 以间歇冲

沙。笔者对两种方案均利用数学模型进行了计算研究, 都可以在注入点以下产生很好的冲沙效果^{[2][3]}。

小流量方案和大流量方案对应于不同的工程措施, 需要在具体规划设计中认真比较。小流量方案需要比较小的渠道工程和扬水工程规模, 运行费用相对较小。但是, 为了保证足够的冲沙能力, 需要建设一个较大的高位平原海水水库储蓄海水, 待水库充满后, 间歇性地泄放较大流量冲刷注入点以下的河槽。但建设较大面积的平原海水水库, 不但占地, 还需要解决海水的渗透问题。大流量方案的渠道工程和扬水成本比较大, 但可以避免修建平原海水水库, 对环境影响较小。采用大流量方案还可将泵站设计为抽海水和淡水双向使用, 使之与建平原水库抽取淡水结合, 就可以在黄河河口进行调水调沙, 具有更大的灵活性。比如, 采用2000m³/s的装机规模, 枯水期利用其中500m³/s的装机将黄河淡水从海水注入点全部抽出, 补充当地水资源, 同时以1000~1500m³/s的海水调入下游河道冲沙和补充渤海生态水沙需要; 汛期中小流量时(小于1000~2000m³/s时), 充分利用海水泵站容量抽取淡水, 淤地固堤、灌溉土地或存入附近的淡水平原水库; 洪水期间当流量大于2000m³/s时, 全部装机抽海水注入黄河以确保利津以下河道流量不小于3500~4000m³/s秒, 从而可以防止河道淤积并冲刷河口。

由于注入的海水接近清水, 有较大的挟沙能力, 在河口断流期间注入可以使注入点以下河床发生大量冲刷, 调平注入点以下的坡降; 在洪水时注入海水可增加河口流量, 减小泥沙浓度, 增加水流挟沙能力, 也可以产生冲刷而降低水面坡降。水面坡降的降低将意味着黄河河口可以长期不改道, 延长河口现行流路的使用寿命。河床冲刷和水面坡降调平可以在海水注入点形成水面落差, 既可引发其上游长距离的溯源冲刷, 使黄河山东河段的河床得到降低; 落差的一部分也可用以截断溯源淤积。

河口延伸问题是黄河下游治理的关键问题之一。注入海水冲刷河槽形成的咸浑水的比重大于海水,入海后可能形成异重流。将泥沙排入远离口门的海区,使口门附近的淤积减少,口门外延的速率可以减缓,这也有利于控制黄河下游的河床抬升。

小浪底工程开始运行后,黄河河南段在20年内将冲刷下切,但山东河段能否得到有效冲刷,目前判断上仍不统一,如果配合使用海水冲刷河口,作为小浪底下游冲刷的接力棒,则黄河下游的整体河床的上升趋势在今后几十年内可以得到控制,甚至还可能得到一定程度的降低。结合固堤措施稳定现河道,可为实现黄河下游的长治久安创造条件。

二、引海水冲刷在黄河下游的综合作用分析

根据笔者新近计算^[3],采用大流量方案,在约5年之内,可以使黄河利津以下河道冲刷3.0亿 m^3 以上,平均河槽冲刷深度达到5.6m,其中利津附近下降8m。河口外沿冲刷下降0.75m,对于控制黄河河口外延是有利的。通过冲刷,使黄河利津以下的河床坡降由原来的1.2/10 000,调平到0.52/10 000。洪水水面线可以大幅度降低,3 000 m^3/s 流量洪水的水位在利津附近可降低8m左右。假定冲刷平衡后黄河下游发生10 000 m^3/s 流量的洪水,其时河口段的洪水水面线甚至可以低于目前的3 000 m^3/s 。

根据上述初步估算,可以得出以下推断:

1. 由于河口延伸而引起的溯源淤积受利津水面跌差的限制,河口延伸的影响到利津后即不能继续向上游传播。这种情况要持续到水面跌差消失为止。由于利津以下的平衡坡降已因海水冲刷而调平,河口每外延10km,利津河床也只上升约0.52m。即使以后黄河尾间外延的速度没有得到控制,也可以大大缓解利津水位的上升。而实际上,黄河尾间外延是可以得到控制的。当海水冲刷河槽时,咸浑水的比重大于渤海湾中含沙量较小的海水。这种咸浑水流入海域后,较易形成异重流^[4]。在天然条件下,黄河口周围的海水盐度达20~30‰,黄河淡浑水的泥沙浓度必须达到32 kg/m^3 以上才有可能形成异重流,所以黄河口往往出现泥沙在口门淤积的现象。即使这样,据李殿魁^[5]报道,黄河淡浑水出河口后,在口外也已发现“异重流多发”的现象。所以,咸浑水进入渤海后形成异重流的可能性应是更大的。另外,据文献^[5],淡浑水流出河口后,并不立即扩散,而是形成一条浑浊带,其前缘在河口外5~6km处,已开始进入水深为8~12m的地区。如果借助异重流的作用,浑水尚可进一步向前,则可使之进入中心位于10m等深线附近的强潮流区。这个强潮流区有较强的泥沙掺混和输移作用,

有可能将河口泥沙输运到更远的地区。引海水冲刷使河口冲深,也有助于延缓河口延伸。

今后如要维持清水沟水道,则口门延伸与否非常重要。限制溯源淤积和缓解河口外延,可以使黄河下游趋向于稳定。

2. 采用大流量海水冲沙方案,利津汛末水面跌差为7.9m^[4],可以在上游产生长距离的溯源冲刷。据尹国康报道^[6],1855年黄河在铜瓦厢决口改道时河床跌差约6m。由此引起了强烈的溯源冲刷,其范围远达168km外的河南武陟县沁河口。据此估计,则从利津起,溯源冲刷的范围约可到达冻口。由于在河南河段河床较陡,溯源冲刷的传播距离会短于坡降较小的下游山东河段;同时,决口造成的跌差是暂时的,而海水冲刷造成的跌差是可以维持的,所以在相同的水面跌差条件下,溯源冲刷对山东段的影响范围应不止于168km。1976年黄河口流路于西河口改道走清水沟。改道点上、下河床落差约2m^[6],而溯源冲刷的影响却远达距西河口约177km的刘家园。其原因即与河口段坡降较小有关。尹学良曾给出河口改道产生溯源冲刷传播范围的计算式^[7]:

$$L = \Delta h / 0.21J_0$$

其中:L是溯源冲刷长度, Δh 是跌差值, J_0 是河道原始坡降。按该式估算,则如在利津形成7.0m的水面和河床跌差,且坡降为1/10 000,则它所引起的溯源冲刷可远达330km,至少可到达艾山(270km)。溯源冲刷将刷深主槽,有利于防洪。遏止河床持续抬升也有利于稳定黄河下游河槽。同时,若与小浪底产生的黄河河南段冲刷相结合,则可能在今后形成黄河下游整体冲刷下降的局面。

3. 溯源冲刷可以降低黄河下游的洪水位。按利津至艾山间相应于3 000 m^3/s 流量的平均水面坡降原为1/10 000计,假设海水冲刷使利津出现水面跌差7.0m中只有75%可以有效用于溯源冲刷,艾山至利津间的坡降可加大至1.2/10 000,即增大了20%;河段平均水位可下降达2.6m。

4. 控制(或冲深)河槽,增大过洪能力是黄河下游河道治理的根本目标之一。黄河善淤的主要原因是流域来沙多,而河道输沙能力小。要改变这一状况,关键在于提高河道输沙能力。引用海水冲沙,不仅注入了冲沙水源、冲刷其下游的河口,而且也通过溯源冲刷而增加黄河下游的坡降,为泥沙输运注入能量,提高河道输沙能力。小浪底工程运用后,有人认为将冲河南而淤山东。关于淤山东的说法,尚不完全一致。有些计算表明山东河段也可能微冲。但是,在小浪底工程影响下,无论山东河段是冲是淤,必将有大量泥沙入海,使口门外延,引起溯源淤积,山东河段终不免发生淤积。如果山东河段淤积,而河南河段冲刷,使河南段河道坡降进一步变缓,

将逐步降低黄河下游的输沙能力,对游荡河道向河性较好的单一窄深河道转化不利。引海水冲刷后,可使河口外延影响不越过利津,使艾山以下河道得到冲深,再结合小浪底工程下游的冲刷作用,可促使黄河下游河道全面冲刷。因此我们认为,配合一定的治导工程,如使引海水措施和小浪底工程配合使用,是使黄河下游得到改善的良好机会。

5. 上文已说明,引海水冲刷后,黄河口门的有效位置已移至海水注入点(利津)附近。整个黄河下游河道的平衡纵剖面的终点也将以利津为终点。这个新的平衡纵剖面将低于以原口门为终点的原平衡纵剖面。差值由下式给出:

$$\Delta H = L(\Sigma - \sigma) - h$$

式中 ΔH 为两平衡纵剖面之间的高差; L 为海水注入点至口门的距离,按 100km 计; Σ 为黄河口门段相应于平滩流量的平衡纵比降; σ 为海水注入点以下相应于同流量的平衡水面比降; h 为预留因口门外移而引起的水面上升值,在此取为 1m,即相当于外延约 20km。由于黄河河口段目前的河床比降大约为 1/10 000,若海水注入点以下冲刷后的平衡比降为 0.52/10 000,则通过引海水冲刷和黄河下游河床的长期调整后,有可能将其平衡纵剖面降低 4m 以上。即使只有 50% 的降低效果,对减少黄河下游的洪水和改道风险都具有不可忽视的作用,因此是很值得注意的。如果将注入点进一步移向上游,效果会更好。

三、回收淡水,改善土地资源和河口地区的经济发展

黄河的水资源近年虽然偏枯,但每年汛期平均仍有约 100 亿 m^3 冲沙淡水通过利津出海。以前由于要避免加重河道淤积,是不可能大量抽取这部分淡水的。但是,如采用引海水冲刷河口这一设想,则在利津便可以更多抽取淡水,增加河口地区可利用的淡水资源。

如果海水泵的抽水规模达到 2 000 m^3/s 流量,可以通过切换用于抽取淡水,即可将黄河下游淤积最严重的流量段(小于 2 000 m^3/s 的流量)全部抽尽,从而使淡水利用和减淤可以两全。抽淡水将增加部分河道的泥沙淤积,但事后可注入海水予以清除。由于所抽的淡水是冲沙水的一部分,可不受配额限制。这样,每年可抽淡水量主要只受抽水能力和储水能力限制。任美锬院士建议^[8]在河口三角洲地区建造平原小水库群。如采纳这个建议,沿利津以下黄河两岸由上而下逐级建设水库抽存淡水,便可扩大这一地区的水资源。储存浑淡水的水库宜沿河岸逐级修建,使泥沙沉淀其中,然后将清水转移到周围的其它平原水库。经过若干年,浑水水库淤满后,

即可将之排干成为具有灌溉条件的高地;然后在其下游另建新水库,继续储水分沙。如此不断循环,可以在河口地区的盐碱滩上建设出大量的高产良田。同时,对黄河而言,它们又是超级堤防,可以长期稳定河口流路。在避免河道淤积的条件下,可为河口地区回收大量淡水和增加良好的土地资源。这实质上是以动力和海水换取淡水资源和创造土地资源(或称改造河口地区原有的盐碱地)。黄河流域具有丰富的能源,而淡水资源则严重不足,上述交换是合理的。随着经济和人口的发展,淡水资源匮乏问题在 21 世纪将变得更加尖锐;淡水价值将愈来愈高。尽量回收冲沙淡水将变得十分必要。从数量上看,只要有足够的平原水库,增加的淡水量达到每年数十亿 m^3 也是可能的。在人口相对比较少的河口地区,通过建设沿岸水库抽取淡水和淤地造田是比较可行的。根据初步估计,利津以下 100 多 km 的两岸分别按 10km 宽度建水库和淤地,可以提供 50~100 亿 m^3 的存沙空间,最终可以淤造 300 万亩的良田。

从更大范围着眼,河口地区如通过引海水刷深河道而解除洪水威胁,土地资源和淡水得到改善或保证,又有胜利油田作为工业基本力量,则经济持续发展便具备了必要的条件。同时,在河口地区发展航运也是一个值得重视的因素。采用大流量方案引海水后,可能将黄河河口段和引海水渠道开辟为通海航道,使利津、监利和东营等处通航。这对地区经济发展和对外开放亦将起重要的推动作用。

四、生态环境问题分析

引海水冲刷黄河河口在生态环境方面带来了有利的影响,也有不利的影响,但可能利大于弊。

1. 黄河长期断流,减少了入海泥沙,从而减少了渤海海洋生物的天然饵料,造成海洋生物链断裂和部分岸线蚀退^[9]。有些鱼类,如刀鱼,已濒临灭绝。引海水冲刷河道可以恢复浑水入海,增加海区养分,增加浮游动物数量,提高海域初级生产力;同时,也有利于维持渤海生态平衡、改善海域的生态条件。如按引海水流量为 2 000 m^3/s 和每年引水 200 天计,则每年入海水量即可达 300 亿 m^3 。这可以弥补黄河河口地区目前缺乏的生态水。黄河三角洲湿地是温带地区最完整、最年轻的湿地生态系统,湿地资源对海洋生物和鸟类具有重要的意义,近年来由于长期断流,这些脆弱的湿地生态系统正在萎缩和受到破坏。三角洲湿地主要决定于三角洲的地下水位,采用引海水方案可以用置换出来的淡水弥补三角洲地下水位的下降,对湿地保护具有重要意义。

2. 艾山以下河道冲深后,可增大这部分河道的

滩槽高差; 坡降加大, 可增大泄洪能力。这些都有利于部分滩地防洪, 减少滩地洪灾。艾山以下河道泄洪能力加大后, 不但使山东河段进一步脱离洪水威胁, 而且, 使用东平湖和北金堤分蓄洪区的机会也可减少。

3. 不利方面是下游河道注入海水后会起咸水外渗, 为此需在利津至西河口一带的堤防采取一定的防渗措施, 以免过分扩大土地盐碱化的面积。但是, 沿黄河河口段盐水外渗是短期的问题, 当河槽冲刷降低后, 问题可以明显缓解。同时, 引海水渠道也面临类似的问题, 需要配备渠道防渗措施, 对此已有很多有效方法。然而, 决定三角洲地区土地碱化的根本原因仍是地下淡水水位的下降。如果引用海水冲刷河道后, 能够在原冲沙水配额之内置换出更多的淡水, 为地区增加几十亿 m^3 的淡水资源, 增加三角洲淡水灌溉, 可明显减少土壤的盐分; 一旦地下淡水水位恢复甚至提高, 盐水入侵则将大大减退, 整个区内土地碱化面积可能反而会有所减少。

当然, 关于环境影响问题, 还有待于深入、全面的研究。总的说防渗比防淤容易得多, 因此, 为防渗便反对引海水冲刷, 实是一种因噎废食。

引海水冲刷黄河河口在目前是治理黄河的一个研究方向。从已进行的有限计算看, 这一方向是有希望的。但还需要进行更多研究, 才能确定它是否可行。进一步的研究应该针对黄河及河口地区特

点, 对异重流和沿岸混浊带的形成以及溯源冲刷机理、河口外延和蚀退过程、黄河泥沙絮凝条件及其对河道冲刷和泥沙在河口淤积的影响等问题进行试验研究。还应运用数学模型对溯源冲刷的范围和幅度、出海泥沙的运动和淤积分布规律等进行研究。引海水冲沙对区域生态环境及社会经济发展的影响等也需要研究。

参考文献

- [1] 张仁, 谢树楠. 废黄河的淤积形态和黄河下游持续淤积的主要成因. 泥沙研究, 1985(3)
- [2] 林秉南, 周建军, 张仁, 王兆印. 引海水冲刷黄河下游——治黄新途径的探索. 中国水利水电科学院院报, 1997, 1(2)
- [3] 林秉南, 周建军, 张仁. 引海水冲刷黄河河口和河口地区一些相关的水资源和环境生态问题(已投地理学报, 1999年10月)
- [4] S. Altinakar, W. H. Graf and E. J. Hopfinger, Weakly depositing turbidity current on a small slope, J. of Hydraulic Research, V. 28, No. 1, 1990
- [5] 李殿魁. 论渤海动力与黄河口治理, 1999年1月
- [6] 尹国康. 黄河下游纵剖面自调整特性. 泥沙研究, 1999(2)
- [7] 尹学良. 黄河下游的河性. 中国水利电力出版社, 1995
- [8] 任美镠. 黄河下游断流引起的环境问题及其防治措施, 科技导报, 1999(2)
- [9] 李建成. 黄河断流对河口地区的影响. 黄河报, 1999-4-24 (责任编辑 蔡德诚)

彩图说明

21 世纪的第四代战斗机

徐德康

(《国际航空》杂志社, 主编 北京 100029)

从 20 世纪 50 年代开始到本世纪末, 世界超音速战斗机已经发展到第四代。第四代战斗机预计在 21 世纪头十年中期前后开始装备到部队。

第四代战斗机的技术特点可以归纳成 4 个“S”, 即具有超音速巡航能力、超机动能力、超短距起降能力和极好的隐身能力。

这类飞机的外形是通过计算机辅助设计, 并结合了 20 世纪很多的先进空气动力设计成果, 机翼-机身-发动机-进气道-尾翼被融合成一个效率很高的升力体; 武器都被设置在机身内部的武器舱里, 飞机的气动外形十分“干净”, 相比外表面鼓鼓包包、坑坑凹凹的第三代超音速战斗机, 其飞行阻力要小得多。加上配有先进的高推重比发动机, 这种战斗机可以在发动机不开加力情况下进行长时间的超音速飞行, 而第三代战斗机只有在发动机开加力时才能进行短时间的超音速飞行。

第四代战斗机将在发动机上配以可以上下左右偏转

的尾喷口, 从而使发动机的推力方向可以根据需要变化(又称为推力矢量), 帮助飞机完成传统作战飞机根本无法完成的高难度机动动作, 大大增强了这一代战斗机的格斗能力。

在这一代战斗机的结构设计中将大量使用复合材料, 飞机的结构重量将大为减轻。同时还将结合大量的特种吸波材料和在关键部位涂以吸波涂层, 加上对外形进行精心的隐身几何外形设计和热屏蔽技术, 使这种飞机具有很好的对雷达、红外探测等手段的隐身特性, 可以在敌防区进行长时间的突防而难以被敌方所发现。

现代电子技术和火控系统的高度集成化, 加上现代精确制导武器的小型化, 使这一代战斗机可以加挂各种现代化空空和空地攻击武器, 具有一机多用途作战能力, 即既有优异的空战性能, 又有强大的对地攻击能力。

目前被世界公认的不久将投入部队使用的第四代战

(下转第 32 页)