



悬河——一道奇特的河流地貌景观

□ 文图 / 张云 吕敦玉 刘长礼 毕俊攀 王翠玲 孟舒然 张建羽

> 浊浪滚滚 图片来源: <https://www.huitu.com/photo/show/20180802/110937959020.html>

第一作者简介 张云，高级工程师，主要从事工程地质、环境地质、环境微生物应用研究。

黄河，我国第二长河，发源于青藏高原的巴颜喀拉山北麓，以大“几”字形蜿蜒流过我国北部山岳、平川、盆地等，东入大海。它不仅滋养、哺育了沿河流域的华夏儿女，更成为孕育中华文明的摇篮。黄河流域是中华民族的重要发祥地，早期的蓝田人、大荔人、丁村人、河套人等文明部落就在此繁衍生息，诞生了仰韶文化、马家窑文化、大汶口文化、龙山文化等人类早期文明。黄河流域遍及9省（区），面积75.2443万平方千米。中游流经黄土高原，大量泥沙进入河中，河水异常浑浊，在泥沙沉积作用下，易在一定环境下发育形成一种河床明显高出两岸地面的河流——悬河。悬河虽景致新奇，但危害大。因此，探寻悬河的形成与特性、危害及其发展

演化，可以更好地了解自然、敬畏自然，保护生态环境，更好地支撑防灾减灾，助力黄河流域生态文明建设和高质量发展。

泥沙——悬河生成之基

黄河，延续了数千年的华夏文明脉络，是中华民族的母亲河。但黄河也饱受巨大泥沙的折磨与摧残，留下许多岁月难以抹去的伤痕。它自西北高原奔流而来，携泥裹沙、激浪翻腾，一路冲刷侵蚀着沿途的软硬岩土。由于黄河中上游气候干燥、雨期集中且短时雨量强度大，流水的侵蚀、冲刷作用和水沙输入都非常强烈，尤其是流经黄土高原后，更是浊浪翻滚、汹涌澎湃、浑黄异常。

黄土高原是控制和影响黄河泥沙量的关键地带。黄土高原地貌破碎、陡坡遍布、沟壑纵横，土质疏松、植被稀少、水土流失严重。大量泥沙在暴雨径流的强烈冲刷和裹挟下汇入黄河，致黄河泥沙量大增，成为世界上泥沙含量最大的河流，其年平均泥沙量达16亿吨，泥沙含量为37.8千克/立方米。在黄河的泥沙量中，大量来自黄土高原地带和其他黄土丘陵沟壑区。据统计，在黄河河口镇至龙门河段，水量占全河水量比为14%，而沙量占比为55%；龙门至潼关河段，水量占比为21%，沙量占比34%。两者皆为黄河黄土高原流域河段，水少沙多特征非常明显。而在河口镇以上的黄河上游河段，水量约占全河水量的54%，沙量仅占9%；在三门峡以下河段，水量约占10%，沙量仅占2%。又呈水

多沙少特点。在黄河所含泥沙中，对下游河道产生淤积危害最大的是那些粒径大于0.05毫米的粗泥沙成分。据几个重要水文站统计，黄河粗泥沙量在总泥沙量中占比为：河口镇20%、吴堡37%、龙门32%、渭河23%。黄河粗泥沙主要来自河口镇至龙门的黄土高原河段区（约占74%）。这些高泥沙含量的河水，易在一定环境条件下沉淀淤积，是引起河道淤积和生成悬河地貌的基石，而黄土高原则是控制黄河泥沙含量变化关键地带。

高岸挟持缔造悬河地貌景观

山口之下的宽广平原、盆地，是黄河泥沙淤积与洪灾水患横行的乐园。当黄河转进山口之下的广袤平原、盆地时，地形平坦，河流宽阔，流速减慢，主河道侵蚀能力下降。河中大量粗重泥沙打破重力、浮力及水流推力等力量的角逐平衡，率先沉入河底；一些轻细泥沙则一边缓慢悬浮前行，一边相互碰撞、吸附结成更大重块，继续沉入河底。经年累月的泥沙沉积，不断淤高河底，形成浅底河流，使河道频繁改道、游荡，引发河水漫决、溃决冲毁和洪水泛滥灾情。

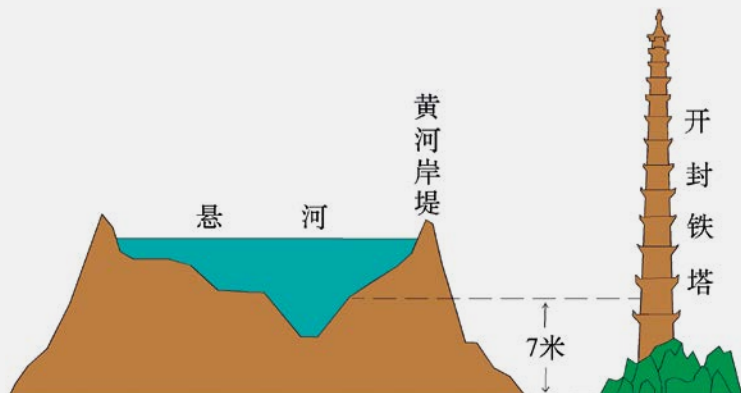
为了防止水患，人们采取“疏浚河道”“修筑加固河岸提防”“以堤束水，以水攻沙”“引黄放淤”“引黄灌溉”“开凿运河”等修堤疏河方法治理黄河水患，以保障黄河安全行洪过水，一度解决了黄河的洪灾水患问题。加固加高的河岸提防，同时也短期稳定了黄河河道，让加高的提防暂时成为一个牢固的河流侧限屏障，而大量泥沙被约束在一段固定的河道内沉积又不断抬高河

底，减小河床过水空间。为保住河道的过水行洪能力，被迫继续加高堤岸。如此循环，久而久之，黄河两岸大堤日增年高，最终形成了一段河床明显高出两岸地面的河流——悬河。目前，郑州以下的黄河下游河段，悬河发育十分普遍。其河床一般高出两岸背河地面3~5米，多则7~8米，局部达10米以上，全靠两岸1400千米长的堤坝围护行洪。且由于该段河流支流封闭、补给停止，仅有干流上游河水补给，河床不断淤高，成为其他河流流域的分水岭，河水向两岸渗透，这些悬河发展已逐步进入了“老年期”。且由于来水来沙和历史条件的差异，不同河段的高悬程度与形态又有所差别。其中：在东坝头至陶城铺河段，主河槽高于滩地，滩地又高于背河地面且堤根低洼，“悬之又悬”的特点突出，又称“二级悬河”；而在开封柳园口段河流，高悬河水面与地面的高差最大，“悬河”特点最为突出。

这些悬河地貌景致新奇反常。它的反常特点是：在宽阔、平坦的地形上，水能在高出地面的河床上自然流淌；无论丰、枯季节总是河水在向两岸地下水补给；河流河床、河漫滩、河底泥沙带顶皆高于两岸背河地面；一段河流水系（黄河水系）竟能同时、同地分隔其他两大水系（淮河水系、海河水系）；沿线河流无一支流汇入，流域面积狭小细长；河段滩地横比降显著大于河道纵比降；等等。

悬河景致壮观奇特。从其远处登高眺望山口之下横流而过的下游黄河时，映入眼帘的是一条横亘高凸的高岸堤河流，其河床高悬，高过了屋顶、树顶，仿佛“一条悬挂空中的流淌河流”，横贯山口之下的平原大地。

漫步在靠近黄河岸堤外侧时，阵阵“哗哗”流水声从头顶传来，抬眼望去，一堵高高“堤墙”挡住视线，但不见流水真容。顺坡而上，在较高的“堤墙”顶部行走，可见堤内河水奔流，



> 开封市柳园口段悬河示意图



> 黄河岸堤 图片来源: <https://www.huitu.com/photo/show/20210326/192516279070.html>

波光粼粼, 不时鸟鸣盘旋; 堤外, 地势平坦, 绿色田野一望无际, 远处村庄炊烟袅袅, 城市高楼林立。高凸岸堤分隔了河流与平原, 堤内河水面显著高于堤外平坦地面, 河水全部悬在地面之上流淌, 形成反差巨大的视觉冲击。

顺流泛舟而下时, 河道蜿蜒, 河滩时断时有, 却难见沿岸外侧美景和傍河道路上的过往行人车辆。

在黄河大桥上逆河远眺, 一条波光闪闪、汹涌澎湃的空中长河, 自天边奔泻而来, 尽显“黄河之水天上来”的磅礴气势, 蔚为壮观, 不愧为世界第一悬河!

如此, 人类修固、加高的河岸堤防, 像一道河流侧限屏障, 不断挡护夹持河流的泥沙沉积, 缔造出一道奇特的河流地貌景观。这些盛景奇观与较多反常特性, 使悬河成为黄河沿线一道独有的地质地貌景观。

黄河下游的悬河发育, 对两岸人类生存和经济发展构成了极大威胁。首先, 高悬的河水蕴藏了极大的河水溃坝冲击动能, 尤其是汛期一旦溃坝, 河水倾泻而下, 将摧毁决口带附近的村庄、田野, 乃至城市, 造成巨大经济损失, 且防范难度很大; 其次, 高悬河床, 易使河道长期处于小流量状态, 加剧主河槽内泥沙淤积, 发生横河、斜河和顺堤行洪等河灾威胁, 导致“小水致大灾”“小流量, 高水位, 险情多, 灾害大”等风险; 再次, 高悬河流, 让河岸外侧露出较大临空面, 一来临空坝体单薄, 抵抗洪水的冲击能力下降, 二来增大了蚁穴、鼠洞等毁堤风险机率。由于悬河高水位, 增大了两岸地带的地下水渗流梯度, 易诱发潜蚀、管涌危害, 危及河岸根基稳定; 高悬河流, 易让

两岸地带的抗洪排涝功能降低, 易导致下游河道断流, 引起生态环境劣变危机。显然, 黄河下游的悬河威胁已十分突出, 它犹如一把高悬的利剑, 与其他黄河问题一道, 极大地影响着区域人民生命安全和经济发展。

蓄水拦沙 标本兼治

对黄河水患的治理, 早在上古时代就已开始, 春秋战国时期, 黄河下游已逐步修筑完善了整体提防, 使“治河”水平提升了一大步。隋唐时期, 郭衍主持的“开凿广通渠、永济渠, 发展漕运”治理; 北宋王安石倡导的“引黄放淤”治理; 金元时期贾鲁推出的“疏、浚、塞并举方针, 堵塞决口, 挽河南流, 沿泗水、淮水旧道入海”治理; 明清时期潘季驯采用的“以堤束水, 以水攻沙”和靳辅、陈潢采用的“堵塞决口以挽正河, 修筑提防以束水攻沙”治理等, 把“治黄”实践一步步推向更高水准, 并为后人留下大量宝贵经验和方法。

纵观我国的“治黄”历史, 总体上是积极向上、卓有成效的。但由于黄河水患原因复杂, 加之受到生产力和科技发展水平的限制, 以及“治黄”工作基本都只围绕在水患频发地带局部被动开展, 始终没能真正解决控制影响“黄河水患”的关键核心因素——泥沙含量问题, 致使黄河水患顽疾一直未能彻底根治。

新中国成立后, 党和国家高度重视黄河水患的综合治理。经反复论证研究, 最终采纳了标本兼治的“上保、中拦、下排等统筹蓄水拦沙”

方略进行系统综合防治。其中，对黄河上游，强化生态保护理念，实施以自然生态环境保护为主的防治策略；对黄河中游黄土高原，实施防灾与兴利并重、干流和支流兼顾的区域水土流失综合防治策略，通过开展打坝淤地、梯田改造、平整土地、节水灌溉、缓坡绿化等水土保持工作，减少黄土高原进入黄河的泥沙总量，改善黄河泥沙含量问题，又通过拦河蓄水兴修（干流、支流）水库，引黄灌溉等，既缓解了区域水资源短缺问题，又为下游河道的冲淤、疏通，提供泄洪动力条件。对黄河下游，实施以修筑堤防和疏浚防汛为主的防治策略，一方面主要通过加修、加筑河岸堤防及围堰回淤，打造生态固堤等工程治理，解决黄河下游的洪水泛滥问题；一方面又利用其中上游的水库水利枢纽设施，实施联合调度下泄洪流调水调沙治理，冲刷、疏通下游淤积河道，增大河道的行洪能力，很好地解决了黄河下游的悬河危机等问题。

自 2002 年开始，利用小浪底、西霞院水库联合

调度调水调沙，已近 20 年，累计调沙入海 28.8 亿吨，使黄河下游河道主槽空间平均下降了 2.6 米左右，黄河最小过流能力也由 2002 年汛前的 1 800 立方米 / 秒扩大至 2020 年汛前的 5 000 立方米 / 秒，增大了黄河干流河道的行洪能力。

如今，黄河下游两岸已基本摆脱了悬河危机等水患影响，沿岸人民正意气风发，鼓足干劲，为实现黄河流域高质量发展，描绘人与自然和谐共生蓝图而努力奋斗。🇨🇳

本文由中国地质调查局“黄河流域核心示范区（郑州）综合地质调查（编号：DD20211309）”项目资助。

第一作者单位 / 中国地质科学院水文地质环境地质研究所

（本文编辑：陈 慧）

> 虎踞龙盘 图片来源: <https://yk.tuniu.com/trips/31174472>

