

第一章 黄河流域概况

黄河因水浑色黄而得名。

黄河发源于青海省巴颜喀拉山北麓海拔 4 500m 的约古宗列盆地 流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等 9 省(区) 在山东省垦利县注入渤海 全长 5 464km 流域面积 79.5 万 km²。不论河道长度、流域面积 黄河在我国长江、黄河、珠江、淮河、海河、松花江和辽河等七大江河中都占第二位，是我国的第二大河。

黄河流域是中华民族的摇篮，是我国文化的发源地，历代都城多分布于此。在我国历史上 各朝代都把发展水利事业 增加农业产量 以及为运输 特别是为漕运创造条件，当作社会发展与政治斗争的重要手段和有力武器，从而促进了黄河流域经济的繁荣，使之成为我国最早的经济区。

黄河流域地域辽阔 气候变化较大 降水量从东南向西北递减 水旱灾害频繁 历史上曾经多次发生遍及数省、连续几年的旱灾 造成赤地千里、饿殍遍地。但更为严重的是洪水灾害“洪水横溢 尸漂四野”的记载不绝于书。平均“三年两决口 百年一改道”洪水波及范围 西起孟津 北至天津 南抵江淮 泛区涉及黄、淮、海平原的冀、鲁、豫、皖、苏 5 省 25 万 km²。黄河每次决口和改道，都给广大人民的生命和财产造成巨大的损失，带来深重的灾难，对生态环境造成严重的破坏和长远的恶劣影响。因此 黄河有“中国之忧患”“中华民族心腹之患”之说。

黄河流域暴雨多 强度大 洪水多由暴雨形成 主要来自上游兰州以上和 中游河口镇至龙门、龙门至三门峡、三门峡至花园口、汶河流域 5 个地区。黄河流域冬季较为寒冷，宁夏和内蒙古河段都要封河，下游为不稳定封冻河段，龙门至潼关河段在少数年份也有封河现象。春季开河时形成冰凌洪水，常常造成凌汛威胁。

黄河中游流经世界上最大的黄土高原 因其土质疏松 地形支离破碎 暴雨频繁且强度大，水土流失极为严重。不仅影响当地工农业的发展，而且大量泥沙流入黄河，使黄河成为世界上泥沙最多、含沙量最大的河流。由于泥沙的淤积 黄河下游河道已成为地上“悬河” 是世界上最复杂、最难治理的河流。

第一节 自然地理和社会经济

黄河流域位于北纬 $32^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 、东经 $96^{\circ}\sim 119^{\circ}$ 之间 西起巴颜喀拉山 东临渤海 北界阴山 南至秦岭 中有六盘、吕梁等群山起伏 并有世界上最大的黄土高原，横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原等 4 个地貌单元 东西长约 1 900km 南北宽约 1 100km。

黄河与其他江河不同，流域面积集中在上中游地区，下游长达数百公里的河道高悬地上，集水面积很小，两岸平原大部分属淮河及海河流域，但长期遭受黄河水患危害，现在及将来又依靠黄河供水，广大平原的安危兴衰、社会经济的发展，都与黄河紧密相关，历来属于黄河流域经济区的组成部分。

一、自然地理

(一) 地形地貌

黄河流域西高东低，十分明显地呈三级阶梯逐级下降。

最高一级阶梯是流域西部的青海高原，位于著名的“世界屋脊”——青藏高原的北部 海拔 3 000~5 000m 有一系列西北—东南向的山脉 黄河迂回于山原之间 河谷两岸山脉海拔 5 500~6 000m 相对高差达 1 500~2 000m。雄踞黄河第一大河曲的阿尼玛卿山主峰玛卿岗日海拔 6 282m 是黄河流域的最高点，山顶常年积雪，冰川地貌发育，气象万千。青海高原南缘的巴颜喀拉山脉，山峦绵延，是黄河与长江上游通天河的分水岭。祁连山脉横亘高原北缘 构成青海高原与内蒙古高原的分界。河源区及黑河、白河流域 地势平坦，多为草原、湖泊及沼泽。

第二阶梯大致以太行山为东界，海拔 1 000~2 000m。本阶梯内白于山以北属于内蒙古高原的一部分，包括黄河河套平原和鄂尔多斯高原。白于山以南为黄土高原和崤山、熊耳山、太行山等山地。

黄河河套平原西起宁夏中卫、中宁，东至内蒙古托克托，长约 900km 宽 50km 左右 海拔 900~1 200m，是黄河流域最大的灌区。河套平原北部的阴山山脉和西部的贺兰山、狼山 犹如一道屏障 阻挡着阿拉善高原上腾格里、乌兰布和丹吉林等沙漠向黄河流域腹地的侵袭。鄂尔多斯高原的西、北、东三面均为黄河所环绕，南界长城，面积 13 万 km^2 ，绝大部分地区海拔 1 000~1 400m，是一块近似方形的台状干燥剥蚀高原，风沙地貌发育。北有库布齐沙漠 南为毛乌素沙漠 河流较少 盐碱湖泊众多。

世界著名的黄土高原北起长城 南达秦岭 西抵青海高原 东至太行山脉, 海拔 1 000~2 000m。黄土塬、梁、峁、沟是黄土高原的地貌主体。由于新构造运动 黄土高原不断抬升 加之土质松散 垂直节理发育 植被稀疏 在长期暴雨径流的水力侵蚀和滑坡、崩塌、泻溜等重力作用下 黄土高原沟壑纵横 坡陡沟深, 是黄河泥沙的主要来源区。

横亘黄土高原南部的秦岭山脉, 是我国亚热带和暖热带的南北分界线, 是黄河与长江的分水岭, 也是黄土高原飞沙不能南扬的挡风墙。伏牛山、嵩山分别是黄河流域同长江、淮河流域的分水岭。太行山耸立在黄土高原与华北平原之间 最高海拔 2 000~4 500m, 是黄河流域与海河流域的分水岭, 也是华北地区一条重要的自然地理分界线。这一地区的地形条件, 有利于水气的抬升 暴雨强度大 产汇流条件好 是黄河中游洪水主要来源区之一。

第三阶梯自太行山系以东直至滨海, 由黄河下游冲积平原和鲁中丘陵组成。黄河下游冲积平原是我国第二大平原——华北平原的重要组成部分, 包括豫东、豫北、鲁西、鲁北、冀南、冀北、皖北、苏北等地区 面积 25 万 km² 海拔 100m 左右。平原地势以黄河大堤为分水岭, 大堤以北为黄海平原, 属海河流域 大堤以南为黄淮平原 属淮河流域。鲁中丘陵由泰山、鲁山和沂山组成 海拔 400~1 000m 最高 1 524m 其西部、北部诸水 皆入黄河。

(二) 气候特点

黄河流域东西 23 个经度 南北相隔 10 个纬度, 地理位置差别很大。同时黄河大部分流域面积深藏在大陆内部, 下游近海部分为一狭窄长条, 面积又较小, 所以海洋影响远较大陆影响为小。流域内东西和南北走向的巨大山脉, 以及青藏高原、黄土高原、内蒙古高原等, 对气候都有重要影响。特别是青藏高原, 位于流域的西侧, 对黄河流域乃至整个东亚地区的气候影响极大。

黄河流域气候属东亚季风区。春季气候干燥, 风沙多, 同时晴天多, 温度上升快 所以易发生春旱 夏季西太平洋副热带高压向北移 控制黄河流域 水汽大量输入 与西北高压交绥 易产生降水 其交绥口的强弱、进退、位置及持续时间的长短, 都产生不同的降雨天气系统, 影响黄河流域以及更大范围的旱涝等气候的变化。秋季大陆低压和西太平洋高压减弱南撤, 高空西风急流南移 西北高压扩张 水汽不多 故降雨明显减少 形成秋高气爽天气 但在渭河和兰州以上多有连绵秋雨; 冬季受强大的蒙古高压影响, 盛行偏北风, 常出现寒潮、冷风 气流区活跃 但水汽不多 降水显著减少。

黄河流域地域辽阔 分属于湿润(面积小)、半湿润、半干旱、干旱 4 个地带。流域降水量分布不均 西北少、东南多 大部分年降水量在 150~700mm

之间 流域平均年降水量为 451mm 最少在内蒙古磴口附近 仅 145mm 多雨区在黄河上游玛曲一带以南及秦岭至洛河上游, 年降水量 800~900mm 局部可达 1 000mm。

年内最大降水量的 4 个月是 6~9 月 占全年的 55%~80%。降水量年际变化较大, 最小最大年降水量的比值为 1.6~7.0。

黄河流域气温东部高于西部, 南部高于北部, 平原高于高原、山区。多年平均气温 上游为 1~8℃ 中游为 8~14℃ 下游为 12~14℃。月平均气温以 7 月份为最高 大部分在 20~29 之间。

二、社会经济概况

黄河流域及下游防洪保护区共有人口 1.72 亿(流域内 9 780 万), 占全国总人口的 15.1% 耕地面积约 0.187 亿公顷(流域内 0.12 亿公顷), 占全国的 19.4%。

黄河流域是我国农业经济开发最早的地区, 汾渭盆地和下游平原至今仍是我国的重要农业基地, 河套平原是干旱地区建设“绿洲农业”的成功典型。流域经济区的小麦、棉花、油料、烟叶等农产品在全国占有重要地位。1990 年全流域及下游防洪保护区粮食总产量占全国的 14.6% 其中下游防洪保护区为 7.6% 棉花总产量占全国的 39% 其中下游防洪保护区为 34% 油料总产量占全国的 14.8% 其中下游防洪保护区为 5.4%。

黄河流域经济区工业基础较为薄弱, 新中国成立以来, 黄河流域及下游平原地区的工业取得了迅猛的发展, 建立了一批工业基地和新兴工业城市, 如西宁、兰州、银川、包头、呼和浩特、太原、西安、洛阳、郑州、濮阳、济南、东营等。生产力布局初步形成了黄河上游沿黄经济带、黄河中游汾渭盆地经济带、下游沿黄经济带, 为进一步发展流域经济和保持流域可持续发展奠定了坚实的基础。能源工业包括煤炭、电力和石油 具有显著的资源优势 发展速度很快 已成为区内最大的工业部门, 在全国也占有日益重要的地位。

黄河流域矿产资源十分丰富, 早在 1990 年就探明有 114 种 其中在全国已探明的 45 种主要矿产中 黄河流域就有 37 种 稀土、铌、石膏、煤、铝土矿、钼、耐火土及玻璃硅质原料等 8 种具有全国优势。流域可开发的水电装机容量为 3 185 万 kW, 年发电量在全国江河中名列第二。上游地区的水电, 中游地区的煤炭和天然气, 下游地区的石油, 在全国都占有极为重要的位置。欧亚大陆桥的开通和区内交通建设步伐的加快, 将为区内经济发展创造更为有利的条件。国家经济建设重点逐步向西部转移这一重大战略的确定, 必将为流

域经济提供更多的发展机遇和更大的发展空间。

三、干流河段特性

黄河干流河道全长 5 464km 落差 4 480m 比降 8.2‰ 汇入支流 76 条 (指流域面积在 1 000km²以上的一级支流,下同)综合其特点是:弯曲多变,支流分布不均,河床纵比降较大。根据水沙特性和地形、地质条件,分为上、中、下游,其中河源至内蒙古托克托河口镇为上游,河口镇至郑州桃花峪为中游,桃花峪至入海口为下游。

(一)上游

河源至河口镇河道长 3 472km 比降 10.1‰ 占全河长度的 63.5% 流域面积 42.8 万 km² (含内流区 4.2 万 km²) 占全河的 53.8% 落差 3 496m 占全河的 78% 汇入支流 43 条。河段内的扎陵湖和鄂陵湖是我国最大的高原淡水湖 水面面积分别为 526km²和 610km² 平均水深分别为 9m 和 17.6m 蓄水量分别为 47 亿 m³和 108 亿 m³。玛多至玛曲河段 大部分河谷宽展 间有几段峡谷。玛曲至龙羊峡区间,黄河流经高山峡谷,水流湍急。龙羊峡至宁夏下河沿 长 794km,河流川峡相间。下河沿至河口镇,流经宁蒙平原,比降平缓。

(二)中游

河口镇至郑州桃花峪河道长 1 206km 比降 7.4‰, 占全河长度的 22.1% 区间流域面积 34.4 万 km² 占全流域的 43.3% 落差 890m 占全河的 19.7% 汇入支流 30 条。河口镇至禹门口为峡谷段,两岸支流较多,产汇流条件好,是黄河洪水泥沙的主要来源区之一。禹门口至潼关河段是宽浅散乱的游荡性河道 为晋、陕两省界河 有汾河、渭河两大支流汇入。潼关至三门峡为峡谷型河道,是三门峡水库目前运用经常回水变动区。三门峡至小浪底为黄河最后一个峡谷 是小浪底水库的库区 两岸小支流较多 产汇流条件较好 同时也是主要暴雨区。小浪底至桃花峪为黄河由山区进入平原的过渡河段,有洛河及沁河汇入。黄河中游来沙量占全河总沙量的 90%。

(三)下游

郑州桃花峪以下至入海口为黄河下游,流域面积 2.3 万 km² 仅占全河流域面积的 3% 河道长 786km 落差 94m 平均比降 1.2‰ 有 3 条支流汇入 即天然文岩渠、金堤河及大汶河。黄河下游河道横贯于华北大平原之上,北岸自孟州以下 (孟州至桃花峪位于中游,但防洪与下游紧密相关,所以视同下游管理)南岸自郑州铁路桥以下 除东平湖陈山口到济南玉符河段依山麓外 两岸

都建有大堤。由于泥沙长时间的大量淤积，下游河道逐年抬高，郑州花园口河段多年平均每年抬升 0.1m，目前滩面一般高出背河地面 3~5m 部分河段如河南封丘的曹岗附近滩面高出背河地面 10m 是世界上著名的“悬河”成为淮河与海河的分水岭。两岸引黄灌区面积约 200 万公顷，是我国目前最大的自流灌区。

黄河下游河道在历史上决口改道频繁 从远古时代的“禹王故道”到目前的现行河道，经历过六七次大的迁徙。现行开封兰考以下河段，是 1855 年（清咸丰五年）黄河在兰阳铜瓦厢（今兰考境内）决口改道 夺山东大清河入渤海后形成的。抗日战争初期，国民党政府于 1938 年在郑州花园口扒开黄河南岸大堤 企图以水代兵 阻止日军西犯 又造成一次人为的改道 历时 9 年 至 1947 年堵复，黄河才回归故道。黄河下游河道历代决口变迁，使华北平原逐渐抬高，凡是过去黄河行经的故道，如延津以北的汉代故河道，兰考以南的明清故道，都已成为一条条高出地面的沙岭。

黄河下游河道上宽下窄，排洪能力上大下小。桃花峪至高村河道，水流宽、浅、散、乱 河势摆动频繁 摆幅可达 5~7km 属典型的游荡性河道 两岸堤距 5~10km 最宽达 20km，河槽宽度 1~3.5km；1974 年滩区修建生产堤以后，减少了洪水上滩机会，加重了主河槽淤积，部分河段滩区横比降高达 2‰~3‰形成了“槽高、滩低、堤根洼”的不利局面。高村至艾山河段 堤距 1.5~8km 河槽宽 0.5~1.6km，属过渡性河道。艾山至利津河段，堤距 0.4~5km 河槽宽 0.4~1.5km 受制于险工、护岸工程 属弯曲性河道。利津以下是黄河河口段，现流路为 1976 年人工改道后的河道，目前河口位于渤海湾与莱州湾交汇处，属弱潮多沙、摆动频繁的陆相河口，平均每年输送到河口的泥沙约 10 亿 t 滨海地区平均每年造陆面积 25~30km²。

第二节 水沙概况与特点

一、水资源

黄河多年平均天然径流量为 580 亿 m³ 仅占全国河川径流量的 2.1% 居全国七大江河的第四位。流域人均水量 593m³，约为全国人均水量的 23%。耕地平均水量每公顷 4 860m³ 相当于全国平均水量的 18%。

黄河天然径流量的地区分布很不均匀。兰州以上地区，流域面积占全河的 29.6% 年径流量达 323 亿 m³ 占全河的 55.6% 是黄河来水最丰富的地

区。兰州至河口镇流域面积 16.3 万 km^2 面积有所增加 但由于这一河段气候干燥, 河道渗漏及蒸发量大, 径流量反而减少了 10 亿 m^3 。河口镇至龙门区间流域面积占全河的 14.8% 来水 72.5 亿 m^3 占全河的 12.5%。龙门至三门峡区间流域面积占全河的 25.4% 来水 113.3 亿 m^3 占全河的 19.5%。三门峡至花园口区间流域面积占全河的 5.5% 来水 60.8 亿 m^3 占全河的 10.5%, 是又一产流较多的地区。花园口至河口区间面积占全河的 3% 来水量 21 亿 m^3 占全河的 3.6%。

黄河干流各站汛期 (7~10 月) 天然径流量约占全年的 60% 非汛期约占 40%。从 20 世纪 70 年代 凡年代 以下均指 20 世纪 以来 黄河下游经常断流。进入 90 年代之后 断流频次、天数及河段长度都呈增长趋势 断流影响日益严重。1972~1998 年的 27 年中 黄河下游共有 21 年发生断流, 占总年数的 77.8%。1997 年全年断流时间高达 226 天 占全年时间的 61.9% 断流河段上延到河南开封黑岗口, 为黄河下游有水文资料以来之最。

二、泥沙

黄河以泥沙多而闻名于世。我国古籍中常以“黄水一石 含泥六斗”、“黄河斗水, 泥居其七”来描述黄河的多沙状况。历史上黄河下游河道决口频繁, 与泥沙淤积河道有直接关系。

黄河下游多年平均输沙量为 16 亿 t 含沙量为 $33.6\text{kg}/\text{m}^3$ 。与世界上其他多泥沙河流相比, 孟加拉国的恒河年输沙量为 14.5 亿 t 总量与黄河相近, 但其水量较多, 平均含沙量只有 $3.9\text{kg}/\text{m}^3$, 远小于黄河。美国柯罗拉多河的含沙量为 $11.6\text{kg}/\text{m}^3$ 年输沙量仅 1.8 亿 t 远低于黄河。黄河沙量之多、含沙量之高, 在世界江河中是绝无仅有的。如果把 16 亿 t 泥沙堆成高、宽各 1m 的土堤 其长度为地球到月球距离的 3 倍。

三、水沙特性

(一) 水少沙多

黄河是我国的第二条大河 但大部分处于干旱或半干旱地带 因此 径流量小。与长江相比, 黄河水量只有长江的 1/20 但沙量却是长江的 3 倍。与前述美国柯罗拉多河和孟加拉国的恒河等其他国家的河流相比, 黄河的年输沙量之多、含沙量之高, 都是世界上其他河流所无法比拟的。

(二) 水沙异源

黄河 90% 的泥沙来自中游黄土高原。河口镇以上流域面积为 36 万 km^2 。

占全流域的 49% 来水量占 54% 但来沙量仅占 9% 多年平均含沙量只有 $5.6\text{kg}/\text{m}^3$;三门峡以下伊河、洛河、沁河等支流来水量约占 10% 来沙量占 2% 多年平均含沙量 $6.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。这两个地区相对其他地区来讲,是水多沙少,是黄河的清水来源区。河口镇至龙门区间,两岸来水量占下游来水量的 14% 来沙量占 55% 多年平均含沙量为 $126.4\text{kg}/\text{m}^3$;龙门至潼关流域面积 19 万 km^2 来水量占 22% 来沙量占 34% 多年平均含沙量为 $52.4\text{kg}/\text{m}^3$ 。这两个地区水少沙多,是黄河泥沙的主要来源区。

(三) 年际变化大 年内分布不均

黄河水沙不仅地区分布集中,而且年内年际分配也很不均匀。一年之中,85% 的泥沙和 60% 的水量来自汛期,并且常集中于几场暴雨洪水。例如,三门峡站洪水期最大 5 天沙量占年沙量的 31% 水量仅占 4.4%。中游无定河川口站最大 5 日沙量占全年沙量的 42.2% 窟野河温家川站占 75.2%。

水沙量在长时间内呈现丰、枯相间的周期性变化。自 1919 年有实测资料以来,1922~1932 年连续 11 年和 1969~1974 年连续 6 年为枯水期,1933~1968 年的 36 年间为丰、平、枯交替的丰水期。由于黄河存在“水沙异源”的特性,来沙多不一定来水多,反之来水多不一定来沙多。1958 年来水量 697 亿 m^3 来沙 31.1 亿 t 属丰水多沙年;1983 年来水 583 亿 m^3 来沙 10 亿 t 属丰水少沙年;1959 年来水 392 亿 m^3 来沙 27.1 亿 t 属枯水多沙年;1987 年来水 220 亿 m^3 来沙 2.75 亿 t 属枯水少沙年。

水沙年际间变幅很大,沙量变幅大于水量变幅。1964 年来水量 754 亿 m^3 为最大,1987 年来水量 220 亿 m^3 为最小,最大值是最小值的 3.4 倍。1933 年来沙量高达 37.67 亿 t,1961 年受三门峡水库运用影响来沙仅 1.86 亿 t 两者相差 20 倍;未受三门峡水库影响的 1928 年来沙量 4.88 亿 t 也相差 8 倍。

(四) 含沙量变幅大

黄河水沙年内分配不均,水沙量主要集中在汛期几场暴雨洪水,每年入汛后的第一场洪水的含沙量一般较高,以后的含沙量就较小,这种差别可使同一流量下的含沙量相差 10 倍左右。高度集中的泥沙形成浓度极大的高含沙洪水,干流龙门站 1966 年 7 月 18 日含沙量高达 $933\text{kg}/\text{m}^3$ 三门峡、小浪底站 1977 年 8 月 6 日、7 日最大含沙量曾达到 $911\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $941\text{kg}/\text{m}^3$ 的历史最高记录,同年 8 月 8 日花园口站也出现 $546\text{kg}/\text{m}^3$ 的记录。在皇甫川、无定河、窟野河等多沙支流,常有 $1\ 000\sim 1\ 500\text{kg}/\text{m}^3$ 含沙量的泥流出现。

第三节 流域洪水与冰凌灾害

一、洪水

黄河流域有“桃汛”、“伏汛”、“秋汛”、“凌汛”四汛。按成因分暴雨洪水和冰凌洪水两类。暴雨发生在七八月份称“伏汛”，发生在九月份称“秋汛”，二者合称“伏秋大汛”。冰凌洪水在上游宁蒙河段一般发生在3月份，下游一般发生在2月份。由于上游凌洪流至下游适逢桃花盛开的季节，故称“桃汛”。

(一) 暴雨洪水

“伏秋大汛”是目前对黄河下游安全威胁最大的洪水，与流域内的暴雨密切相关，其特点也与暴雨特性相似。

从发生的时间看多在6~10月，较大洪水多出现在7~9月，上游地区以7月和9月居多，中游地区则以7月、8月为多。三门峡至花园口区间的较大洪水一般比三门峡以上早，中游地区洪水一般比上游地区发生得早。

从洪峰的型式看，上游洪水历时长，洪峰低，为矮胖型。如兰州站一次洪水一般历时40天，最短22天，最长66天。中游洪水历时短，洪峰高，是高瘦型，一次洪水一般历时5~8天，连续两次洪水历时10~15天。由于各地洪水发生时间迟早和汇流条件的差异，三门峡、花园口等干流测站连续洪水最长历时可达45天。

从洪水来源看，下游花园口站的洪水主要来自中游3个地区，即头道拐（河口镇）至龙门区间、龙门至三门峡区间（以下简称为龙三区间）、三门峡至花园口区间（以下简称为三花区间）。3个不同来源区的洪水，组成花园口站3种类型的洪水：

一是三门峡以上的河龙间和龙三间来水为主形成的大洪水，三花间来水较小，简称“上大型洪水”，1933年和1843年大洪水均属此类。这类洪水具有洪峰高、洪量大、含沙量大的特点，对黄河下游防洪威胁严重。三门峡水库建成后，这类洪水得到了适当的控制。即将建成的小浪底水库投入运行后，基本上可以解除这类洪水对下游的防洪威胁。

二是三门峡以下的三花间干流来水为主，三门峡以上来水较小，简称“下大型洪水”，1958年、1761年大洪水均属此类。这类洪水的特点是涨势猛、洪峰高、含沙量小、预见期短，对下游防洪威胁最为严重。

三是以三门峡以上的龙三间和三门峡以下的三花间共同来水组成，简称

“上、下较大型洪水”，1957年、1964年的洪水属于此类。这类洪水的特点是洪峰较低、历时较长、含沙量小，对下游防洪也有相当威胁。

无论是三门峡以上来水为主，还是三门峡以下来水为主，都能造成花园口的大洪水或特大洪水，但“上大洪水”和“下大洪水”一般均不遭遇。

黄河各河段的洪水组成的特点是：头道拐以上的洪水完全由兰州以上来洪所决定，兰州以下几乎不增加洪水。三门峡实测的较大洪水和特大洪水，常由龙门以上和“龙三”区间同时涨水遭遇而成，龙门站的洪峰和短历时洪量主要来自头道拐—龙门区间，这一区间的洪峰又绝大多数来自头道拐至吴堡区间。花园口站的较大洪水和特大洪水，是“三花”间和三门峡以上任何一个地区涨水都可能造成的，但洪量则多以三门峡以上来水为主。以单位面积来洪量衡量，三花间最多，头道拐以上最小，头道拐至龙门区间和龙门至三门峡区间大体相当。

（二）冰凌洪水

黄河凌汛对两岸人民生命财产有很大威胁。影响凌汛的因素比较复杂，主要有以下3个方面：一是气温，长时间的低于0℃的低温天气和大范围的强降温，才可能使河道产生冰花和流凌，进而封冻。二是水流动力，流量大，水流动力强，利于输送冰凌，有利于推迟封河，但一旦封河，易出现高水位，对堤防造成威胁；流量小，水流动力弱，不利排冰，易提前封河。由于冰盖低，冰下过流能力小，对后期防凌不利，因此，对封河流量的控制是非常关键的。三是河道边界条件，河道归顺、通畅，有利于冰块和冰花的输送，不易卡冰；反之，存在卡口及死弯的河段，就易卡冰结坝，壅高水位，威胁防凌安全。

上游宁夏、内蒙古及下游豫、鲁河段，黄河都是由低纬度流向高纬度，进入冬季后，在封河发展期，高纬度河段首先流凌封河，而低纬度河段由于气温较高，仍处于淌凌期间，大量冰凌不断流向下游，在弯曲狭窄河段或封冻上首卡塞，甚至形成冰坝，严重阻塞流路，导致水位暴涨，淹没滩地村庄，甚至造成堤防决口。开河期间，低纬度河段冰凌首先开冻，大量冰水拥向尚在封冻的下游河段，如遇上河势、风向等不利因素的影响，河水裹挟大量冰凌壅塞在河槽内，坚硬的大冰块在河道内堆积成冰坝，拦截冰水出路，使上游河道水位迅速抬升，或迫使下游河道猛烈开河，形成武开河局面，凌洪漫滩偎堤，极易造成大堤溃口。

凌汛和伏秋大汛有着显著不同的特点。从凌洪流量看，是沿程递增的，原因是河道在封冻之后，上段冰水受阻，滞蓄在河道内，河道解冻开河时，滞蓄的冰水急剧释放出来，越向下游冰水沿程汇聚越多，往往是一个递增的过程。从

水位流量关系看，凌洪流量比伏秋大汛流量小得多，但水位却比伏秋大汛高得多 水位上升速度也快得多 如 1970 年 1 月 27 日 山东省济南老徐庄狭窄河段，在开河时形成冰坝，半天之内水位抬高 3m 多 两天上升 4m 多。

近些年来 在封河初期 通过对刘家峡、三门峡水库的调度 使宁蒙河段和下游河道形成平稳封河，在开河期进行控泄，促使河道槽蓄水量平稳释放，形成文开河等方面 取得了一定的经验 减轻了凌汛威胁。

二、下游水灾

(一) 洪水灾害

公元前 602 年(周定王五年)至 1938 年的 2 540 年中 黄河下游河道决口的年份累计为 543 年 由于有的年份一年决溢数次 总计决口 1 590 多次 并有多次大的改道。北夺海河从天津入海，南徙先占淮河，后进长江，江河并流入海。在广阔的黄淮海大平原上 冀、鲁、豫、皖、苏 5 省到处都留下了黄河改道迁徙的痕迹。

黄河因其泥沙多、灾害多而闻名于世 历史上以“善淤、善决、善徙”著称。淤导致决，决引起徙。黄河中上游多年平均带入下游的泥沙约 16 亿 t 约有 1/4 淤积在下游河道中，造成河道过水能力降低，洪水位抬高，形成漫溢决口；河道淤积易造成主流摆动不定 河势游荡多变 出现“斜河”、“横河”顶冲堤防 造成冲决 堤防质量差 隐患多 在高水位作用下 易形成溃决。巨量的泥沙淤积 使下游河床逐年抬高 形成河槽高于两岸地面的“地上悬河”堤防一旦决口后，都难以自然回归原河道，特别是当河道淤积达到一定的程度，河床抬升到一定的高度时，口门无法堵复，即便是人力也很难使其回归原河槽，水流必然另辟新道入海，从决口处形成河流改道。

黄河下游由于是地上“悬河”大堤决口后 洪水一泄千里 水冲沙压 河道淤塞 田地沙化 房屋人畜漂没一空 广大平原沦为泽国，一片汪洋。常常有整个村庄、城镇或城市大部分被淤埋 给人民带来巨大的灾难。

从历史洪水灾害发生的情况和所造成的后果来看，黄河洪水灾害有以下特点 决口频次高 淹没范围大 灾情重 经济损失大 对环境破坏大 影响深远，恢复时间长，有的甚至难以恢复。特别是决口改道，更可能引发海河或淮河洪水灾难及环境灾害。

(二) 冰凌洪水

黄河下游自兰考东坝头以下，河道由东西方向转向东北，每年进入冬季时 靠近河口的河段首先结冰封河 上游由于气温较高 尚未封冻 大量冰凌不

断排往下段 在封河段上下插塞 形成冰坝 壅高水位 造成灾害 而开河时 上段先开，下段后开，流冰堆积，形成凌汛。因此，黄河下游的凌汛灾害也很严重。据有关方面统计，1875~1955 年的 81 年中，下游凌汛决溢的有 29 年，平均不足三年发生一次凌汛灾害。

三、上中游水灾

黄河流域的水灾，除下游发生决溢灾害外，在上中游地区亦有暴雨形成的山洪引起的灾害。主要发生在兰州市河段及宁蒙河段的河套平原。

对宁夏、内蒙古威胁比较大的是冰凌洪水。宁夏黄河河段流向为自南向北，石嘴山河段基本上每年都封河，石嘴山站多年平均在 12 月 26 日封河 次年 3 月 7 日开河 多年变幅在 40 天左右 冰厚 0.5m 左右。内蒙古河段是黄河纬度最高的河段，为稳定封冻河段。每年封河时自下游而上游，开河为自上游而下游。封河一般在 12 月上旬 封冻天数一般 100 天左右 最长近 140 天，结冰厚度一般为 0.6m 最大为 1.2m。开河一般在 3 月下旬，开河最低最高水位差为 2~3m。冰块面积大小不一，最大为 18 万 m^2 ，在弯道处极易卡冰结坝。冰坝一般长约 1km 最长可达 6km 最高可高出水面 2~4m 造成上游水位急剧上涨 危及堤防安全。1993 年 12 月 7 日 内蒙古三盛公枢纽下游左岸 3km 处，在封河期间由于冰凌卡塞，造成堤防决口，损失巨大。因此，防凌是内蒙古自治区黄河防汛工作的一项非常重要的任务。上游水库修建后，每年凌汛期间，黄河防总办公室都要通过水库的调控，减轻内蒙古防凌的压力，但由于河道淤积抬高，防凌仍将是内蒙古今后乃至更长一段时间内的主要工作。

渭河近百年来 发生过 5 次较大洪水 各次洪水相隔 21~35 年。1933 年 咸阳站洪水流量 $6\ 260\ m^3/s$ 中游段淹耕地、滩地及良田 3.3 万公顷 危害及冲毁村庄 181 个。1954 年洪水，咸阳站流量 $7\ 220\ m^3/s$ 洪水淹没总面积 2.42 万公顷 危害及冲毁村庄 79 个。自三门峡水库建成运用以来 淤积严重 河道排洪能力锐减，洪水位急剧抬升，致使洪水危害较以前显著增加。

第二章 黄河洪水与泥沙

黄河洪水的记述已有 4 000 多年的历史，历代均有大量的黄河洪水泛滥灾害的记载。传说在帝尧时期 黄河流域就经常发生洪水“汤汤洪水方割 荡荡怀山襄陵 浩浩滔天 下民其咨”（《尚书·尧典》）；洪水横流 泛滥于天下”（《孟子·滕文公上》）反映了当时大洪水的严重情况。

黄河洪水，主要分暴雨洪水和冰凌洪水。暴雨洪水发生在每年夏秋季节，称为伏秋大汛；伏秋大汛的洪水主要来自黄河中游，历史上著名的清道光二十三年 1843 年 大洪水 据调查分析陕县洪峰流量达 $36\ 000\text{m}^3/\text{s}$ 主要来源于三门峡以上的中游地区。黄河中游有大面积的黄土高原，土质疏松，植被稀疏 每遇暴雨 水土流失严重 常常形成含沙量很高的洪水 流经下游河道 泥沙淤积 使河床形成高出两岸的地上“悬河”极易决口泛滥成灾。

冰凌洪水，主要为上游宁蒙河段与下游豫鲁河段，在宁蒙河段多发生在 3 月份，下游河段多发生在 2 月份 称为“凌汛”。冰凌洪水来势猛 水位高 难以防守。

黄河以多沙难治闻名于世，在历史上决溢改道频繁，计自西汉以来的 2 000 多年中 黄河下游有记载的决溢达 1 000 余次 并有多次大改道 其中重大的迁徙 9 次。改道迁徙的范围 西起孟津 北抵天津 南达江淮 纵横 25 万 km^2 给人民生命财产带来极为严重的灾难。

泥沙给防洪带来了许多不利因素 黄河下游河道排泄大量泥沙的同时 泥沙淤积使河床不断抬高 排洪能力降低 使下游变成“地上悬河”加大了对两岸的洪水威胁 由于泥沙淤积 河床变形更为剧烈 在高含沙量洪水期间 泥沙大量淤积，使中水流量也可能出现异常高水位，主流摆动频繁，河槽形态剧烈调整 有时形成“横河”、“斜河”增加防洪抢险难度 对防洪安全威胁增大 修建枢纽工程，由于泥沙淤积，引起库容损失和淤积末端上延等，给水库防洪等综合利用带来困难；大量泥沙输入河口地区，造成河口淤积延伸，也影响河道排沙和河口地区的防洪。总之，泥沙是黄河治理开发和防洪的一个重要影响因素，也是洪水危害的主要原因。

黄河是一条极其难治的多泥沙河流 经过长期的治黄实践 逐步加深了对

黄河洪水泥沙运动规律的认识，积累了治理经验，黄河下游防洪、防凌取得了显著成效。但是，黄河洪水泥沙还未得到完全控制，河道仍呈继续淤高趋势，防洪问题依然很突出。要解决这一问题，必须了解水沙运行规律和河床冲淤演变规律，因势利导，在上中下游采取多种措施和途径逐步解决泥沙危害；同时，还要看到泥沙可利用的一面，使黄河水沙资源在上中下游都有利于生产，逐步解决泥沙问题。

第一节 洪水来源

一、洪水来源

黄河洪水有 5 个来源区，即兰州以上地区，河口镇至龙门区间，龙门至三门峡区间，三门峡至花园口区间及下游汶河流域。

（一）兰州以上洪水

兰州以上洪水，多由强度小、面积大、历时长的连阴雨所形成。洪水主要来自吉迈至唐乃亥近 8 万 km^2 的地区，兰州实测最大流量为 1946 年的 $5900\text{m}^3/\text{s}$ 。据洪水资料统计，兰州站洪峰历时一般 20~40 天，最长 66 天，洪水总量 60 亿~100 亿 m^3 。1981 年 9 月大洪水，降雨自 8 月 13 日~9 月 13 日，历时 32 天，降雨量在 100mm 以上的面积约 12 万 km^2 ，降雨中心久治站最大日雨量 43mm，总降雨量 313mm，吉迈站洪峰流量 $1240\text{m}^3/\text{s}$ ，玛曲站洪峰流量 $4470\text{m}^3/\text{s}$ ，唐乃亥站洪峰流量 $5570\text{m}^3/\text{s}$ 。唐乃亥以下是当时正在施工的龙羊峡水库，由围埝拦蓄洪水近 10 亿 m^3 ，出库最大流量削减为 $4570\text{m}^3/\text{s}$ 。龙羊峡至刘家峡区间无洪水加入，为确保水库安全，刘家峡水库提前加大泄量，最大出库流量 $4870\text{m}^3/\text{s}$ ，加上湟水、大通河来水，兰州站 9 月 5 日洪峰流量 $5160\text{m}^3/\text{s}$ ，45 天洪量 162.0 亿 m^3 。

（二）河龙间洪水

河龙间水土流失严重。洪水主要由暴雨形成，多发生在 6~10 月，较大洪水和大洪水主要产生在 7~9 月。这一地区的暴雨特征是强度高、历时短，形成涨落迅猛、峰高量小、含沙量很高的洪水。洪水历时，吴堡为 16~68 小时，龙门为 20~80 小时；上涨历时，吴堡为 2~21 小时，龙门为 2~30 小时。这一区间的洪水又分为吴堡以上和吴堡以下两个来源区。

吴堡以上的上段有天桥水库控制。天桥以上洪水主要来自红河、偏关河及黄甫川几条较大支流，尤以黄甫川的洪水泥沙对天桥水库威胁较大。黄甫

川实测最大洪峰流量 $10\,600\text{m}^3/\text{s}$ (1989年7月)实测最大含沙量 $1\,570\text{kg}/\text{m}^3$ (1974年7月)。天桥以下洪水主要来源于孤山川和窟野河等支流,孤山川实测最大洪峰流量 $10\,300\text{m}^3/\text{s}$ (1977年8月),实测最大含沙量 $1\,300\text{kg}/\text{m}^3$ (1976年6月)窟野河实测最大洪峰流量 $14\,000\text{m}^3/\text{s}$ (1976年8月)实测最大含沙量 $1\,700\text{kg}/\text{m}^3$ (1958年7月)。因此,吴堡的洪水主要由天桥水库下泄流量及孤山川和窟野河等支流洪水形成,其中一个支流的洪水就可以形成吴堡大于 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰 各支流常常同时发生洪水 但由于洪峰尖瘦 不易完全遭遇。

吴堡至龙门区间洪水主要来自无定河、清涧河、延水、三川河和昕水河 5 条支流。根据多年实测资料统计,这 5 条支流均未发生过大于 $10\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量。因此,龙门的大洪水主要来自吴堡以上。

(三) 龙三间洪水

龙三间洪水主要来自泾河、渭河、北洛河流域。汾河流域已修建了许多大中型水库 洪水主要为水库拦蓄 汇入黄河的洪水很小。泾河、渭河、北洛河洪水主要来自泾河张家山,渭河咸阳及北洛河交口河以上,均由强度较大的暴雨形成。泾河洪水一般峰高量小,渭河洪水相对峰低量大。华县一次洪水历时 60~108 小时。北洛河洪水峰高量小。各河洪水含沙量都很大。

(四) 三花间洪水

三花间洪水主要来自洛河、沁河、三门峡至小浪底区间(简称三小间)及小浪底至花园口区间(简称小花间)。洪水均由强度较大的暴雨形成。由于三花间石山区和平原区占 55.4%,并且植被较好,洪水含沙量较小。三花区间内除有陆浑、故县 2 座大型水库外,尚有中小型水库 500 余座 总库容约 33 亿 m^3 ,对拦蓄降雨径流和减小洪峰流量有很大作用。1982 年 8 月洪水(简称“82.8”洪水)三花间 5 日平均降雨量 264mm,7 日洪水总量 32 亿 m^3 ;1958 年 7 月洪水(简称“58.7”洪水)三花间最大 5 日平均降雨量 155mm 两次洪水相比 前者降雨量是后者的 1.7 倍,而前者洪水总量仅为后者的 1.2 倍 洪峰流量前者为 $11\,000\text{m}^3/\text{s}$ 后者则为 $16\,000\text{m}^3/\text{s}$ 其原因除前者前期比较干旱 暴雨时空分布比较分散,降雨中心不同及伊洛河夹滩地区决口滞洪影响较大外,水库的拦蓄也是一个重要因素。

1. 伊洛河洪水

伊洛河洪水由伊河及洛河洪水组成。伊河上游有陆浑水库,洛河上游有故县水库 库容分别为 13.8 亿 m^3 和 11.7 亿 m^3 来自水库上游的洪水大部分蓄在库内,下泄流量很小。如“82.8”洪水,伊河陆浑水库入库洪峰流量超过

4 000m³/s 水库最高水位 311.61m 相应蓄水量 4.58 亿 m³ 下泄最大流量仅 890m³/s。有的洪水主要产生于陆浑至龙门镇之间。如“58.7”洪水龙门镇洪峰流量 6 850m³/s 其中 陆浑至龙门镇区间来水近 6 000m³/s。

伊洛河夹滩地区滞洪是影响伊洛河洪水的重要因素，削峰作用很大。“82.8”洪水，伊河龙门镇洪峰流量 2 900m³/s，洛河白马寺洪峰流量 5 400 m³/s 经夹滩决堤滞洪后 黑石关洪峰流量仅 4 100 m³/s 削峰率很高。另外，流域内有中小型水库 300 多座，对削减洪水也有一定作用。

2. 沁河洪水

沁河洪水主要来自上中游及支流丹河。丹河已修建了许多中小型水库，特别是任庄水库和青天河水库，拦洪作用较大。“82.8”洪水 沁河洪峰流量超过历史最高实测记录，五龙口洪峰流量为 4 280m³/s，武陟洪峰流量为 4 130m³/s，丹河山路平相应流量为 450m³/s。

3 三小间洪水

本区洪水由暴雨形成 洪水特点是峰高、量小、历时短 洪水受降雨强度和降雨的时空分布影响很大。如“58.7”洪水 区间 5 天平均雨量 180mm 降雨比较集中，强度大，有两个雨峰。第一个雨峰历时 12 小时 中心最大雨量垣曲 190mm 平均降雨强度 15mm/h 区间形成净峰流量约 5 200m³/s 第二个雨峰历时 6 小时 中心最大雨量 245.5mm 平均降雨强度 40mm/h 区间形成净峰流量 10 500m³/s 径流总量共 4.5 亿 m³。

4. 小花间洪水

本区紧邻黄河下游，大部分地势平坦，一般暴雨产流较少。“82.8”洪水平均雨量 324mm 径流量约 7 亿 m³ 洪峰流量达 3 000m³/s 为有记载以来的最大区间洪水，与小浪底和伊洛河、沁河洪水组成花园口洪峰流量 15 300m³/s。

(五) 汶河洪水

汶河是黄河下游的最大支流。汶河洪水由暴雨形成，汛期雨量丰沛，流域出口站戴村坝实测最大洪峰流量 6 930m³/s(1964 年 9 月 13 日)径流总量 7.5 亿 m³。流域内修建有大、中、小型各类水库 100 余座，控制流域面积近 3 000km² 占流域总面积的 33%，大中型水库多在汶河干支流上游，对本流域的洪水影响较小。

汶河洪水首先进入东平湖水库滞蓄，然后汇入黄河，由于黄河河道逐年淤积 当黄河水位较高时 便会顶托湖水 影响东平湖出流。

二、洪水组成

黄河下游较大洪水和大洪水主要来源于河龙间、龙三间和三花间 3 个地

区。三门峡以上的大洪水称“上大洪水”，三门峡以下的大洪水称“下大洪水”。三门峡上、下共同来水组成称“上、下较大型洪水”。

(一) 上大洪水

以三门峡以上为主形成的大洪水，一般三门峡洪峰流量占花园口洪峰的80%左右，洪量占80%~90%。其特点是洪峰高、洪量大、含沙量大，对下游威胁严重。

历史调查1843年特大洪水，陕县洪峰流量 $36\,000\text{m}^3/\text{s}$ ，1933年陕县实测大洪水洪峰流量 $22\,000\text{m}^3/\text{s}$ ，同为上大洪水的典型。当发生上大洪水时，三花间一般流量不大，1933年大洪水期间，三花间未来洪水。

(二) 下大洪水

以三花间为主所形成的大洪水，三花间洪峰流量占花园口洪峰的70%左右，洪量占50%~60%。其特点是涨势猛、洪峰高、含沙量小、预见期短，对下游威胁最为严重。如1761年、1954年、1958年、1982年洪水。

一般情况下，三花间发生大洪水时，三门峡以上多有一般洪水加入。如“58.7”洪水，花园口洪峰流量 $22\,300\text{m}^3/\text{s}$ ，三门峡站来水流量为 $6\,400\text{m}^3/\text{s}$ 。

(三) 上、下较大型洪水

由三门峡上、下共同来水组成，称“上、下较大型洪水”。其特点是洪峰较低，历时较长，含沙量较小，对下游亦有相当威胁。如1957年、1964年洪水。

三、洪水传播时间

洪水传播时间与流量大小、河道比降、断面形态和糙率等因素有关。

(一) 上游洪水传播时间

一般洪水，兰州至河口镇的洪峰传播时间一般为9~12天。

(二) 北干流洪水传播时间

河口镇至龙门传播时间约48小时，龙门至潼关传播时间约12小时。

(三) 渭河、北洛河洪水传播时间

渭河咸阳至华县的传播时间一般15~20小时，华县至潼关一般8小时左右，北洛河湫头至潼关一般16~24小时。

(四) 三门峡库区洪水传播时间

建库前潼关至三门峡洪水传播时间12小时。水库低水头运用以后，库区洪水传播时间为12~18小时。

(五) 三花间洪水传播时间

三门峡出库洪水到达花园口的传播时间一般为1天左右。其中三门峡至