

黄河下游断流问题的环境地质效应分析

刘桂仪 王彦俊 吴修合 董上茂

(地矿部山东地勘局第二水文地质工程地质大队)

提要 黄河客水是黄河下游沿黄地带重要供水水源,由于受流域内持续干旱、中游来水量减少和下游引黄量增加等因素,自1972年以来,黄河下游断流现象日趋严重。由此引发了一系列环境地质问题,带来了明显的环境负效应:河道萎缩与河口海岸侵蚀使“悬河”不稳定因素增强;大量兴建平原水库和引黄工程增多造成土地减少,土地砂化、盐碱化、沼泽化加重,生态环境恶化;水资源不合理开发诱发了地面沉降、海(咸)水入侵等地质灾害。对此,从环境地质角度出发,笔者认为对黄河水资源开发应统一规划、统一管理、涵养水源、节约用水和进一步加强黄河下游地区地下水勘查开发、建设平原地下水库。

0 引言

黄河下游(从郑州桃花峪到东营河口)全长768km,流域面积 $2.27 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中山东段全长628km,年平均来水量(高村站) $423 \times 10^8 \text{ m}^3$,年输砂量 $10.63 \times 10^8 \text{ t}$,平均含砂量 25 kg/m^3 。黄河客水资源是山东省沿黄地带经济持续发展、黄河三角洲综合开发及胜利油田建设的重要条件。据1978~1981年统计^①山东省年均引黄量 $79.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,占来水量的20%,使9个地(市),53个县(市、区)用上了黄河水。截止1995年,引黄灌溉面积达 $1.67 \times 10^4 \text{ km}^2$,极大地改善了沿黄地带的农业生产条件,使这一地带成为山东省及全国的重要粮棉基地,山东省引黄供水仅农业一项获得的经济效益每年达5亿元以上。同时,为解决重点城镇和大型企业的供水问题,每年向济南、青岛、淄博、东营(胜利油田)、滨州、德州等地送水 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。然而,进入90年代以来,黄河断流现象日趋严重,并且由于黄河的断流,引发了一系列地质、生态等环境问题。

黄河下游现行河道,是1885年河南铜瓦厢决口后,从兰考县东坝头改道东北,穿运河,夺大清河,至东营市注入渤海的。黄河下游河道的特点是上宽下窄,坡度上陡下缓,排泄能力上大下小。因泥沙淤积,河床抬高,形成地上“悬河”。利津以下的河口尾间段,属弱潮多砂摆动频繁的河口。由于河口频繁改道和泥沙的淤积延伸,年均填海造陆面积为 27 km^2 。由于黄河泥沙的长期淤积,形成现代黄河三角洲。黄河下游沿岸以平原为主,由黄河多次泛滥改道形成,是华北平原的组成部分。河道地貌按其成因和对悬河所处的功能,可分为现代河道地貌、人工堆积地貌和历史决溢泛滥堆积三个系统^②。黄河沿岸广泛发育第四系松散沉积物,厚度为200~400m,其岩性受古代黄河及现代黄河冲积作用

本文1997—07收到,1997—04改回。

① 黄河水利委员会山东河务局编,山东黄河志,1988年。

② 据山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,黄河下游(山东区段)区域工程地质调查报告,1995年。

的控制。一般在故河道地带,以砂性土为主,粒径较粗;低洼地带或故河道间洼地则主要以细粒的粘性土沉积为主。黄河下游平原浅层地下水资源较丰富,可采资源量 $14.1 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}^{[1]}$ 。多年来,黄河沿岸以引黄灌溉为主,地下水开发利用程度较低,蕴藏着巨大的开发利用前景。但其资源分布不均,特别是黄河三角洲地区浅层地下水以咸水为主,淡水资源贫乏。

1 黄河断流现状

1.1 黄河断流的特点及变化趋势

黄河下游首次断流发生于1972年^[2],进入90年代,断流形势日趋恶化。据统计^①1972~1996年的25年中,有18年出现断流,年均22天。其中1981年、1995年和1996年出现全河段断流。进入90年代,春季年年断流,并且出现新的特点:

(1)首次断流时间提前 1990年前利津站首次断流时间集中在5月中旬或6月初,1991年首次断流时间提前到2~3月份(1993年为2月13日,1997年为2月7日)。

(2)断流天数逐年增加 1990年以前,利津站发生断流天数一般3~20天,最长的1981年为36天。1991年起,断流天数呈上升趋势:1991年断流17天,1992年82天,1993年54天,1994年74天,1995年120天,1996年132天(图1)。

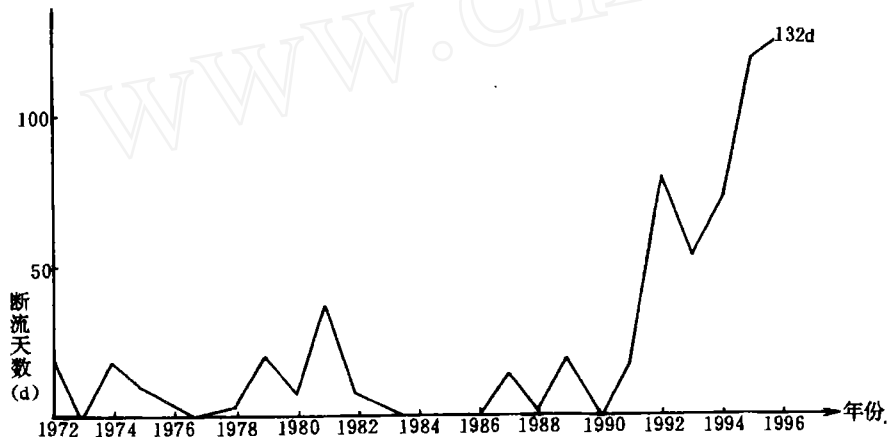


图1 黄河下游利津站1972~1996年间断流天数曲线图
(据黄河河务局利津站资料编绘)

Fig. 1 Diagram showing the cutoff—days of the Yellow River from 1972 to 1996 located in Lijin observation station in the lower course

(3)断流河道逐年上延 70年代断流河道一般在道旭以下河口地区,断流河道长度135km;80年代断流河道上延到齐河附近,断流河道平均长度179km;1995年断流河道

① 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,黄河下游(山东区段)区域工程地质调查报告,1995年。

上延到河南省夹河滩以上,断流长度达 600~700km。

上述这些现象表明,由于黄河断流枯河历时增长,时间提前,次数增多,上溯延长,黄河下游山东段已成为名符其实的季节性河流。

1.2 断流成因分析

造成黄河下游断流的原因是多方面的,影响因素十分复杂。

(1)流域内多年干旱,水资源贫乏且时空分布不均 黄河虽然是我国第二大河,但流域大部分处在干旱半干旱气候带,上游流域多年平均降水量为 465.7mm,多年平均天然径流量为 $580 \times 10^8 \text{m}^3$,居七大河第四位。受地理位置和大气环流的影响,黄河天然径流量变化较大。以郑州花园口站为例^[2],天然径流量最大年份为 $938.7 \times 10^8 \text{m}^3$ (1994~1995 年),最小年份为 $273.5 \times 10^8 \text{m}^3$ (1928~1929 年),两者相差达 3.4 倍;年内径流分配又极不均匀,汛期 7~10 月份天然径流量占全年的 59.3%。

(2)中游拦蓄引水,造成来水量逐年减少 以郑州花园口站为例^[2],1969~1990 年时段年均天然来水量比 1959~1968 年时段减少 $67.58 \times 10^8 \text{m}^3$,而 1991~1993 年时段又减少 $54.95 \times 10^8 \text{m}^3$ 。随着上游拦蓄工程的兴建,天然来水量衰减的趋势仍将继续。

(3)黄河下游对用水量需求增加 根据不同时段花园口站以下引黄量统计,黄河下游引黄量增加非常迅速。1959~1968 年时段为 $32.08 \times 10^8 \text{m}^3$,1969~1990 年时段上升为 $78.44 \times 10^8 \text{m}^3$,增加一倍多;1991~1993 年时段又比 1969~1990 年时段增加 $13.2 \times 10^8 \text{m}^3$ 。前已述及,同期实际来水量则大幅度衰减。山东黄河段 60 年代,平均引黄量 $16.3 \times 10^8 \text{m}^3$;70 年代上升到 $48.2 \times 10^8 \text{m}^3$;80 年代上升为 $76.4 \times 10^8 \text{m}^3$ ^[3]。同期的黄河来水量分别为 $502.75 \times 10^8 \text{m}^3$, $360.2 \times 10^8 \text{m}^3$, $373.9 \times 10^8 \text{m}^3$,呈明显递减趋势。

通过以上分析可以看出,黄河下游引黄量增加和天然来水量减少是导致断流的直接原因;而中上游地区持续干旱,天然径流量的减少和引黄拦蓄引水,加剧了黄河下游水资源的供需矛盾,增加了断流的机会。

2 断流问题的环境地质效应分析

2.1 河道淤积萎缩与河口海岸侵蚀

黄河断流后的河道淤积萎缩与河口海岸的侵蚀作用,是影响河道稳定性的两大因素。众所周知,黄河是举世闻名的多泥沙河流,黄河下游河道是由高含砂水流塑造而成的地上“悬河”。正常年份,河床每年淤高 0.1m 土。研究表明,黄河输砂率(输砂量)与流量(或水量)的指数次方成正比。流量越大,则输砂量越大,相应地河道的淤积量会减少,甚至出现冲刷;相反,如果流量减少,流速减慢,则沉积作用增强,河道淤积加重。自 1986 年以来,黄河来水来砂量呈减少趋势。1976~1980 年利津站平均来水量 $308 \times 10^8 \text{m}^3$ ^[1],而 1986~1994 年时段平均来水量仅为 $170 \times 10^8 \text{m}^3$,来砂量分别为 $7.36 \times 10^8 \text{t}$ 和 $4.95 \times 10^8 \text{t}$ 。水量减少主要表现为汛期 $>3000 \text{m}^3/\text{s}$ 流量出现天数减少,前期平均每年 26 天,后期仅为 2.5 天, $>5000 \text{m}^3/\text{s}$ 的流量基本未出现。而水砂系数则明显偏大,造成输砂能力

① 据黄河水利委员会山东黄河河务局编,山东黄河志,1988 年。

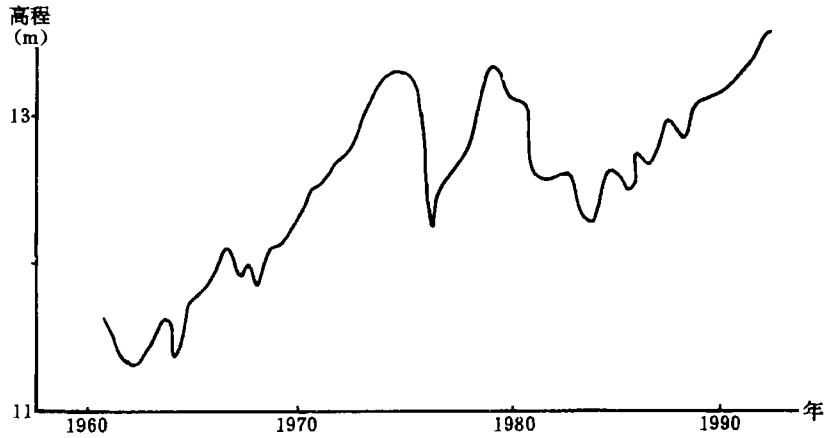


图2 黄河下游利津站 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 流量下由河道淤积引起的水位变化曲线
(据黄河三角洲保护与发展中心,1997)

Fig. 2 Diagram showing the water level variation caused by the channel filling at the discharge of $3000\text{m}^3/\text{d}$ of Lijin observation station located in the lower course of the Yellow River

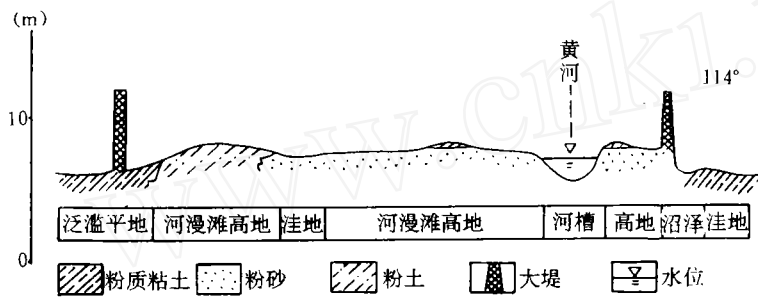


图3 黄河下游尾间型河道地貌剖面图
(垦利大桥头)

(据山东地矿局水文二队 1995 年资料编绘)

Fig. 3 Profile of the terminal channel land form in the lower course of the Yellow River

减弱,河道淤积严重。图2表示利津站由于河道淤积造成的水位变化^①。另一方面,长时间断流,河床长期裸露,河床中的粉土质物质在风力作用下二次搬运,从而使河道萎缩,改变了河道带地貌形态(图3)。所以黄河断流,加速了河道的淤积作用,使河道排泄及防洪能力减弱,危及河堤安全。例如1996年8月^[4],高村站流量 $2300\text{m}^3/\text{s}$ (仅为防洪能力 $1/3$)时,东明滩面首先漫水,随之山东沿黄25个县(市区),102个乡镇(镇)的黄河滩区不同程度进水,漫滩面积 $7.6 \times 10^8\text{m}^2$ 。

黄河泥砂在河口地区的淤积可分为三部分^[5],即河口两岸、河口海湾及外海,三者的淤积比例为4:3:3。正常情况下,以淤积延伸为主。黄河断流后,河流的动力地质作用

① 黄河三角洲保护与发展中心,1997 黄河口治理与水资源,1997年。

减弱,出现以海洋的侵蚀作用为主的动力特征。黄河口由淤进延伸变为海岸蚀退,从而影响整个黄河三角洲的地貌塑造。自 1947 年至 1985 年的 39 年中,黄河三角洲地区蚀退面积共 330km^2 ^①,其中 1976 年断流改道的刁口流路范围蚀退面积占总蚀退面积的 1/3。从而造成黄河尾间的摆动及河道和河口海岸的不稳定。

近年来,胜利油田在渤海 5~10m 水深的极浅海地带,利用黄河水砂资源,采用人工

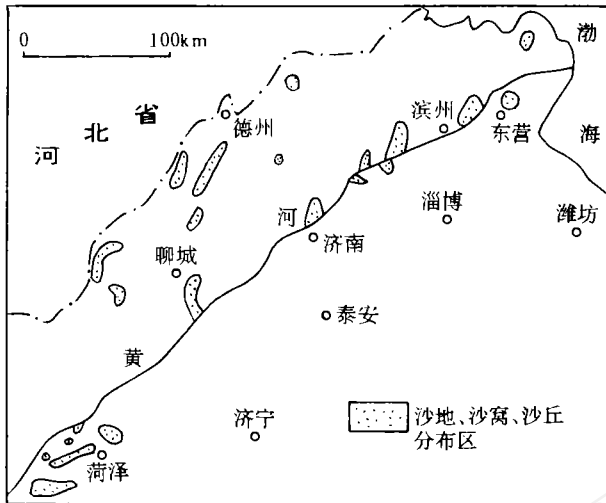


图 4 黄河下游沿黄地带土地沙化点分布略图

Fig. 4 Sketch showing the distribution of sanding spots along the lower course of the Yellow River

堤、放淤、填海造陆,由水上勘探开发转为陆上施工。由此看到黄河的断流,给浅海区油田勘探开发造成影响。

2.2 土地沙化加重

黄河断流期间,正是沿黄地带干旱多风季节,引黄系统不能正常运转,在引黄灌区的渠道、沉砂池、沿黄两岸的淤背区及河道的漫滩和古河道高地等地带产生较大面积的土地沙化(图 4)。据对山东省 13 条引黄渠道的土地沙化调查^②,引黄灌区产生沙化已达 $1.49 \times 10^2\text{km}^2$,其中聊城位山灌区沉

沙池砂化 17.33km^2 。由于土地沙化,造成耕地减少、环境恶化,从而制约经济发展。

2.3 兴建平原水库造成土地减少,环境恶化

为解决黄河断流期间的供水问题,黄河下游的不少地区不得不将黄河水“随用随引”改为修建平原水库,“冬蓄春用,丰蓄枯用”,以最大限度地拦蓄黄河客水。目前山东沿黄地带共有引黄平原水库 2014 座。据位于黄河三角洲地区的东营市调查^③,现有库容量千万立方米以上的水库 11 座, $100 \times 10^4 \sim 1000 \times 10^4\text{m}^3$ 库容量的 29 座,库容低于百万立方米的有数百座,总库容量 $4.85 \times 10^8\text{m}^3$ 。据山东省水利规划,“九五”期间计划兴建千万立方米以上平原水库 58 座,并完成东平湖蓄水工程。项目完成后,可增加 $40 \times 10^8\text{m}^3$ 的调剂水量。显然,修建平原水库,将是今年一段时期内解决供水危机的途径之一。

在黄河下游修建平原水库的同时也带来一系列环境负效应:

①大量平原水库的兴建,沿黄上下游争水的矛盾更加突出,使本来就有限的黄河客水更趋紧张,增加了黄河断流机会,形成恶性循环。另一方面,由于水库的渗漏和库区的水面蒸发,使大量淡水未被利用就白白流失,从而加大了引水成本。

②平原水库大都建在渗透性较强的第四系全新统松散土层上。水库运营后,在水头

① 黄河水利委员会山东河务局编,山东黄河志,1988 年。

② 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,黄河下游(山东区段)区域工程地质调查报告,1995 年。

③ 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,山东省东营市地质环境监测报告,1997 年。

差的作用下,极易发生渗透,使库区周围浸没,形成土壤次生盐碱化、沼泽化。如德州地区的一个水库,1987年投入运营,到1996年库区周围土壤次生盐碱化已较严重。

③平原水库引水主要来自高含砂量的黄河水,引水入库的同时,也将大量泥砂带入,使库区淤积越来越严重。而当淹埋死库容后,为了保证水库的正常运行,就需要清淤。据调查,平原水库的清淤周期一般为2~4年。水库清淤一是耗费大量财力物力;另一方面,由于清淤物质多为细粒的粉土,在风力作用下,极易形成土地沙化,侵占和破坏大量农田。使本来就十分脆弱的生态环境进一步恶化。

④平原水库以及输水工程的兴建,占用了大量耕地。据测算,每 10^4m^3 库容占地约为 $0.33 \times 10^4\text{m}^2$,调蓄利用 $40 \times 10^8\text{m}^3$ 黄河水,约需 $20 \times 10^8\text{m}^3$ 库容,比原来“随用随引”增加占地 $6.6 \times 10^8\text{m}^2$ 。

⑤山东沿黄地带特别是黄河三角洲地区,分布有大量盐碱地,在这样土地范围内修建水库可节约耕地,但这类土地的土质渗透性强,地下水矿化度高,修建的中小型水库,早年库水非干即咸,不宜利用。

2.4 加剧了水资源供需矛盾,诱发新的地质灾害

山东沿黄地带,浅层地下淡水资源分布极不均匀。滨州以上地带,浅层地下水资源较丰富,具有埋藏浅、水质好、宜采宜补的特点。经对沿黄河床两侧各5km范围内计算,浅层地下水可采资源量为 $9.75 \times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ ^①,其补给来源主要是黄河侧渗补给和引黄灌区的入渗补给。而滨州以下的黄河三角洲地区,浅层地下水以咸水为主,淡水资源极为贫乏。

长期以来,沿黄地带农灌用水及黄河三角洲地区供水均以黄河客水为主,年引黄量约 $70 \times 10^8 \sim 90 \times 10^8\text{m}^3$ 。随着黄河断流时间的延长,地下水补给项量之一的侧渗量减少,而用水量由单一引黄灌溉,转为引黄与开采地下水并举。仅1996年春,沿黄地带就新打机井数万眼,以开采地下水。由此诱发了一些环境地质问题或地质灾害:①淡水资源紧张的矛盾加剧,黄河水长时间断流影响了引黄灌溉和城市工业供水系统的正常运转,造成供水紧张。②由于集中不合理开发地下水,使原有超采区开采强度加大,同时又形成了广饶、博兴、济阳、阳谷等新的超采区,诱发了地面沉降、海(咸)水入侵等地质灾害。截止1996年底,德州深层地下水超采漏斗面积已扩至 3200km^2 ,漏斗中心水位埋深90m,地面沉降 $36.04\text{mm}/\text{a}$ ^②,广饶县北部海(咸)水入侵面积已达 6.9km^2 ^③。

3 缓解黄河下游断流问题的对策建议

受黄河径流自然变化和人类活动的综合影响,黄河断流形势日趋严峻。解决黄河长时间连续断流带来的供水危机和出现的环境地质问题是一项复杂的系统工程。黄河断流发生在下游地区,其原因涉及整个黄河流域,缓解黄河断流问题,笔者建议:

① 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,山东省沿黄地带浅层地下水资源评价及开发利用报告,1992年。

② 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,山东省德州市地质环境监测报告,1996年。

③ 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,山东省东营市地质环境监测报告,1996年。

(1)退田还草,涵养水源

黄河中上游地区,随着人口增长和经济发展,将大量的草场、牧场开垦为可耕地。由于缺乏保护措施,水土保持能力差,使水土流失面积逐年增加。汛期洪水泛滥,大量水资源白白流失,而枯水季节则干旱缺水,生态环境恶化。因此,在黄河中上游地区以改善环境为主,种草植树,涵养水源。

(2)控制拦蓄引黄工程的兴建

从黄河上游水情来看,1969~1990年时段与1954~1968年时段相比,天然径流量只减少了4.5%($16.26 \times 10^8 \text{m}^3$),而同期黄河下游来水量减少了30%。中上游拦蓄引黄工程增多,引黄量增大是其主要原因。黄河中上游地区除目前兴建的小浪底和大柳树水利工程外,根据黄河流域总体规划,在今后30年内将修建万家寨、李家峡、碛口和黑峡水库,届时黄河下游来水量将进一步减少。控制中上游引黄量,增加下游来水量,是缓解断流的一项重要措施。

(3)开展节水教育,增强节水意识

沿黄地带引黄大部分用于农业灌溉,目前的灌溉方式以粗放型的大水漫灌为主。例如,在河套平原每亩定额灌水量达 300m^3 。由于大水漫灌,抬高了浅层地下水水位,不仅使地下水资源得不到合理开发,大量水资源消耗于蒸发,而且还产生了大面积土壤次生盐碱化。1983年,沿黄各省(区、市)向黄河水利委员会提出的2000年需水量为 $747 \times 10^8 \text{m}^3$,超出黄河可分配水量 $370 \times 10^8 \text{m}^3$ 一倍多。因此,建立节水型农业、工业体系,提高水的重复利用率,加大汛期引黄量十分必要。

(4)加强黄河下游地下水资源的勘查开发,科学调度水资源

黄河下游山东段有数个隐伏决口扇和冲洪积扇,含水层颗粒粗,厚度大,富水性强,补给条件好。这些地区引黄条件优越,多年来对地下水资源开发利用程度极低。应加强对沿黄地区地下水资源的勘查评价,查明地下水资源分布及开采条件,制定科学合理的开发利用方案,使有限的黄河水资源用于黄河三角洲地区。

(5)建设平原地下水库,合理调蓄地下水

为保证地下水采补平衡,填补地下水漏斗,提高供水能力,防治地下水不合理开发引起的环境地质问题和地质灾害,建设平原地下水库,实施水资源地下调蓄工程,势在必行。同时,建立地下水库具有投资少,见效快、不占用土地,不破坏环境、蒸发损失少等优点,比建立平原水库更具优越性。应在统一规划的基础上,进行拟建地下水库试验勘查,充分发挥含水层库容作用,提高黄河断流期间和连续枯水年份的供水能力。

参 考 文 献

- 1 姜淑云等. 黄河流域地下水资源分布与开发前景. 人民黄河, 1990, 2(1): 8~10
- 2 裴勇等. 来水与用水对黄河下游断流的影响分析. 人民黄河, 1997, 3(3): 1~5
- 3 程进豪等. 山东黄河水资源利用效益综合分析与展望. 人民黄河, 1997, 7(7): 35~38
- 4 王银山等. 从“96.8”洪水看山东黄河防洪. 人民黄河, 1997, 5(5): 44~46
- 5 许殿元著. 黄河口遥感研究. 北京: 气象出版社, 1990. 116~117

ENVIRONMENTAL GEOLOGIC EFFECTS CAUSED BY THE YELLOW RIVER CUTOFF IN ITS LOWER COURSE

Liu Guiyi, Wang Yanjun, Wu Xiuhe and Dong Shangmao

(Lubei Geologic—engineering Institute)

Abstract

The Yellow River is an important water—supplying source in its lower course area. Due to long draft losing, less water from the central course and the rising water—taking in the lower course, the phenomena of its cutoff in the lower course is becoming more and more serious. Thus, it brought to a serious of environmental geologic problems and has badly affected on the social environment; unstable elements of the in—sky river (the Yellow River) are growing due to the narrowing of the river course and the eroding of the river mouth; lands are deducing, sandying, salting and swamping and the ecological environment worsened due to the construction of a lot plain reservoirs and the Yellow River diversion channel; surface susdienced and seawater encroached due to the unreasonable water—taking from the river source. From the point of view of environmental geology, the author puts forward many suggestions in order to keep a better geologic enviroment as following: the water—taking from the Yellow River should be planned and managed as a whole, water—resources conserved, water—use saved, and the underground exploration and its use in the lower course area strengthened, and a lot plain—underground reservoirs constructed.