

黄河水资源问题与对策研究*

牛玉国 张海敏 李世明

(黄河水利委员会水文局, 郑州 450004)

提 要 黄河是中国的第二大河. 黄河下游由于水资源缺乏近年来频频发生的断流引起了人们的极大关注. 黄河水资源问题日益重要, 继黄河洪水、泥沙之后, 成为举世瞩目的又一个热点问题. 黄河水资源问题有其自身的特点, 人们一直在探寻解决这个问题的方法. 本文根据长期实测资料分析介绍了黄河水资源的概况, 剖析了黄河水资源开发利用中存在的问题, 并对如何解决这些问题提出了建议.

关键词 黄河 水资源 泥沙 生态环境 问题 对策
分类号

黄河长 5464km, 流域总面积为 752443 km², 从河流长度和流域面积来讲, 是中国的第二条大河. 她孕育了勤劳勇敢的中华民族和悠久灿烂的中华文化, 是中华民族的母亲河; 同时, 它又是曾给中华民族带来无数灾难的一条害河.

历史上, 黄河曾以洪水灾害频繁, 下游河道泥沙淤积问题严重, 善决易徙而闻名于世. 进入 20 世纪 90 年代以来, 从降水量上来讲, 黄河进入了一个相对的枯水阶段^[1]; 另一方面, 随着黄河流域及黄河下游两岸国民经济的发展, 各方面对黄河水资源的需求急剧增加, 流域内人类活动加剧, 流域下垫面自然状态变化剧烈, 各种拦、蓄、滞水工程增多, 流域内水的消耗量增加, 黄河水资源供需矛盾日益突出, 黄河下游 90 年代发生的频频断流, 使黄河水资源问题成为继黄河洪水、泥沙之后的又一个热点问题. 为便于说明, 图 1 给出了黄河中下游主要控制站和重要支流的分布情况.

1 黄河流域水资源概况

黄河天然径流量的地区分布很不均匀. 据 1952-2000 年的长系列观测资料, 图 2 给出了黄河干流水文泥沙特征值的沿程变化情况. 贵德水文站以上的黄河上游河源区属于高寒阴湿的高原地区, 年降水量较大, 蒸发量相对较小. 从图中可以看出, 这一区域是黄河的主要水源区, 其径流是黄河基流的主要组成部分, 多年平均实测径流量(下同)为 $208.6 \times 10^8 \text{m}^3$; 贵德至兰州站区间, 河流多年平均径流量随流域面积的增加增至 $314.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 仍属黄河的产水区; 兰州以上流域面积占全流域的 29.6%, 平均年径流量达占全河的 50% 以上, 是黄河来水最为丰富的地区. 在兰州至头道拐之间, 随着河长与流域面积的增加, 多年平均实测径流量反而减至 $226 \times 10^8 \text{m}^3$, 这是黄河上的第一个主要耗水区, 主要是农业灌溉用水和河道水面蒸发及地下水交换; 在黄河中游区, 头道拐至潼关区

* 2003-08-13 收稿, 2004-09-25 收修改稿. 牛玉国, 高级工程师.

间,多年平均径流量增加到 $364.4 \times 10^8 \text{m}^3$;三门峡至花园口区间面积仅占全河面积的 5.5%,年均实测入黄水量 $36 \times 10^8 \text{m}^3$,是又一产流较多的地区.在黄河下游,从花园口以下,由于河床底部高于两岸,基本不能接纳两岸来水,只向两岸提供工农业生产用水和补给地下水,基本上是黄河的水资源纯消耗区,多年平均实测径流量从花园口的 $400.8 \times 10^8 \text{m}^3$ 锐减至利津站的 $330.4 \times 10^8 \text{m}^3$.



图 1 黄河重要支流与控制站的位置

Fig. 1 Location of major tributary and control stations of the Yellow River

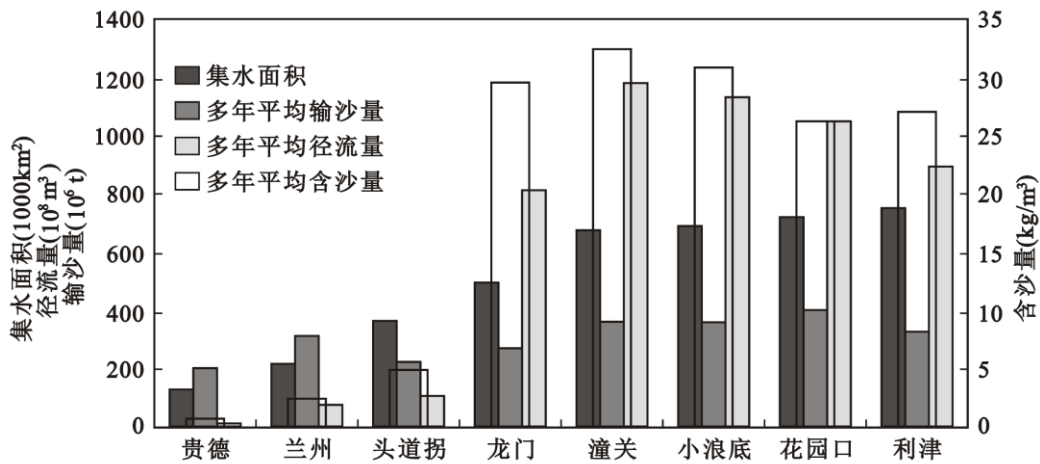


图 2 黄河干流部分重要控制站水文泥沙特征值变化 (1952-2000 年)

Fig.2 The change of eigenvalue of hydrology at major control stations in the Yellow River (1952-2000)

进入 20 世纪 90 年代以后,黄河进入了一个相对枯水期.同时,这一时期黄河两岸国民经济高速发展,城乡建设规模空前,城镇人口迅速增加,工农业生产和人民生活对水资

源的需求增加,黄河水资源供需矛盾日益突出,最终导致了黄河下游的频频断流.情况最严重的1997年和1998年,黄河利津水文站一年内分别断流11个月和10个月,甚至于1997年包括黄河主汛期在内的6-11月几乎全部断流,给黄河下游的工农业生产造成了严重影响,充分暴露出了黄河水资源供需的矛盾.此后,由于中国政府采取了有力的行政干预措施,实行了全黄河水资源的统一管理调度,才暂时缓解了这个问题,维持了黄河下游2000、2001年两年没有发生断流.黄河下游90年代河道断流情况见表1.

根据1952年到2000年的资料,图3给出了黄河干流重要水文站实测年径流量的变化情况.从图3可以看出,1952年至1990年间,黄河上游区间来水与水资源消耗量的趋势基本变化不大,1990年至2000年来水量有明显下降,水资源消耗量变化不大;而黄河下游两个控制站的年径流量从1968年起下降趋势明显,90年代降势加速,头道拐与花园口、花园口与利津的实测年径流量线间距加大,表明这两个区间水资源消耗量随时间有明显增加.

表 1 黄河利津断面 90 年代断流情况统计表

Tab. 1 The statistics of dry at the Lijin section in the Yellow River in 1990s

| 年份 | 每月断流天数 (d) | | | | | | | | | | | | 合计 天数 (d) | 断流 次数 (次) | 断流 长度 (km) |
|------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------------|-----------------|------------------|
| | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | | | |
| 1991 | | | | | 15 | 2 | | | | | | | 17 | 2 | 131 |
| 1992 | | | 3 | 5 | 18 | 30 | 26 | 1 | | | | | 83 | 5 | 303 |
| 1993 | | 4 | 17 | 9 | 3 | 26 | | | | | | | 59 | 6 | 278 |
| 1994 | | | | 15 | 18 | 30 | 1 | | | 13 | | | 77 | 3 | 380 |
| 1995 | | | 28 | 9 | 30 | 30 | 23 | | | | | | 121 | 2 | 683 |
| 1996 | | 16 | 30 | 20 | 22 | 30 | 15 | | | | | 3 | 136 | 6 | 579 |
| 1997 | | 22 | 20 | 7 | 16 | 30 | 31 | 21 | 26 | 28 | 21 | 4 | 226 | 13 | 700 |
| 1998 | 20 | 26 | 24 | 12 | 19 | 3 | 13 | | 6 | 14 | | 5 | 142 | 16 | 449 |
| 1999 | 23 | 11 | | | 7 | | | | | 1 | | | 41 | 3 | 278 |

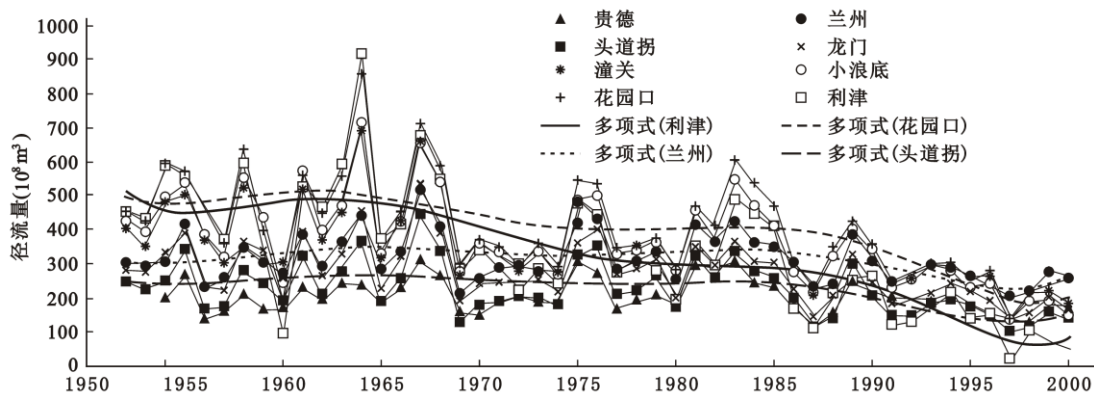


图 3 黄河干流重要站年实测径流量变化 (1952-2000)

Fig.3 The change of annual runoff at major station in the Yellow River(1952-2000)

若以 1990 年为界,将黄河 1952-2000 年的实测水文资料系列分为两个部分进行对比,也可以看出 90 年代黄河径流量明显减少,见图 4. 有研究成果报告,降水量的减少在 90 年代黄河径流减少中的影响占 52%,人类活动的影响占 48%^[1].

实际上,像黄河流域的洪水泥沙问题一样,黄河流域的水资源问题非始自今日. 由于黄河流域水资源时空分布的极不均匀,若全面考虑黄河流域社会经济发展和生态环境存续与改善的问题,黄河水资源问题有史以来就有,且相当严重. 只是由于过去社会生产力发展水平低、人口少,人们生活水平低,对水资源调节利用的能力低,人均水资源消耗量小,对天然水资源的污染破坏能力也低,受到水资源缺乏影响的主要是广大的农村地区、农业人口和农业生产,所以在历史上虽然经常发生大旱大灾现象,甚至造成赤地千里、颗粒无收、饿殍遍野,但对河流下游两岸城市的生产和生活一般没有构成威胁. 那时,黄河下游各方面对水资源的需求也较低,黄河下游的干流也从未发生过断流,所以人们还没有自觉地把干旱问题与水资源问题联系起来考虑,这是人类认识受客观限制的必然性.

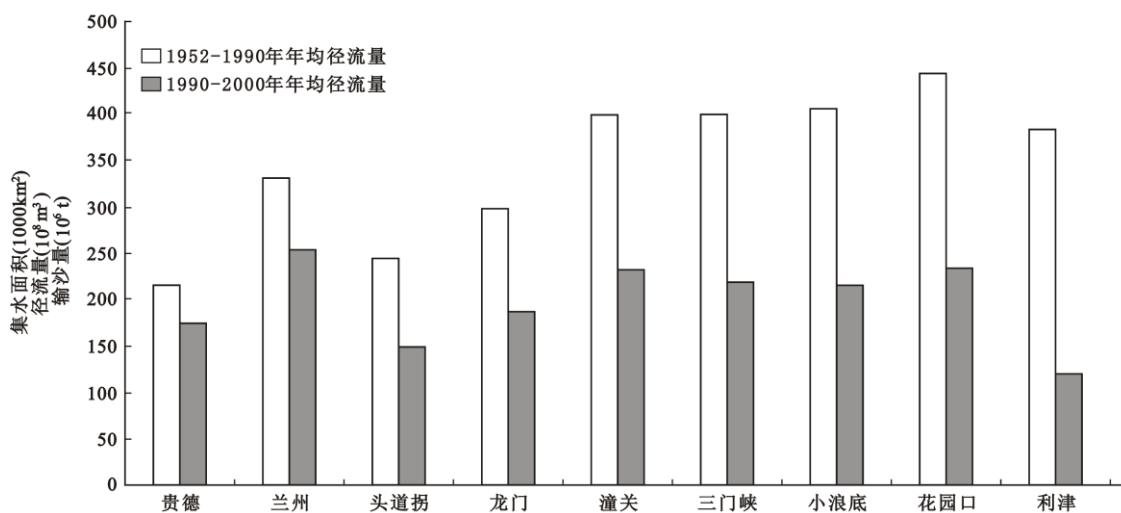


图 4 黄河干流部分重要控制站时段年均径流量对比

Fig.4 The compare of annual mean runoff at major stations in the Yellow River

2 黄河流域水资源的问题及其特点

2.1 黄河水资源总量严重不足

黄河流域属于干旱半干旱区域,黄河流域水资源的短缺是绝对的资源性的短缺. 黄河流域内总人口数为 9780 万,土地总面积 $79.5 \times 10^6 \text{hm}^2$ (含内流区),耕地面积 $12 \times 10^6 \text{hm}^2$,林地 $10.2 \times 10^6 \text{hm}^2$. 黄河流域的人均水资源量为 593m^3 ,为全国人均值的 23%;黄河流域的耕地水资源占有量为 $4860 \text{m}^3/\text{hm}^2$,仅占全国均值的 18%,考虑到跨流域对外供水,实际拥水量更小. 黄河花园口断面的还原径流量为 $580 \times 10^8 \text{m}^3$,20 世纪 80 年代黄河河川径流年耗用量已达 $290 \times 10^8 \text{m}^3$,平均入海水量约 $300 \times 10^8 \text{m}^3$,利用率近 50%;90 年代黄河河川径流年入海水量仅余 $119 \times 10^8 \text{m}^3$. 黄河的径流利用率在世界上的大江大河中位居前列. 表 1 中所列出的 90 年代黄河下游断流的历史记录更清楚地说明了这一点.

黄河流域的旱涝灾害是一个历史性的问题,翻开黄河流域的历史,旱涝灾害频繁,风

调雨顺的年份很少。由于过去社会生产力发展水平低下，对自然水文情势几乎没有调节能力，降雨稍多黄河下游堤防即到处决口，汪洋一片。降雨一少即形成干旱、庄稼减产甚或赤地千里，颗粒无收。解放以前，黄河的流域史几乎是一部旱涝灾害交替发生灾难史。新中国成立后，由于人民治黄事业的发展、修建了许多兴利除害的水利工程，提高了调控自然水文情势的能力，才缓解了这些矛盾，保证和促进了黄河流域国民经济的发展。近年来，由于国民经济发展迅速，对水资源的需求激增，使水资源的供需矛盾日趋尖锐、水资源短缺的绝对性成份加大。

2.2 水资源在时间上的分布极不均匀

首先黄河流域的水资源量在年际间变化很大，这从图 3 中可以看得很清楚，在黄河干流上，最大最小年径流的比值可在 3 倍以上；在一些数万 km^2 的大支流上，这个比值可达 6 倍以上，在一些小的支流上，这个比值甚至可以达十几至二十倍；其次，黄河流域的水资源在一年内的分布也极不均匀，尤其是黄河中游的支流上，年径流大部分集中在汛期的三四个内。黄河上游兰州以上水资源的年内分布还是比较均匀的，中下干流的年内分布不均匀，主要是中游支流水资源年内分布的极不均匀所致。黄河干流和中游月平均径流的年内变化见图 5 和图 6 所示。

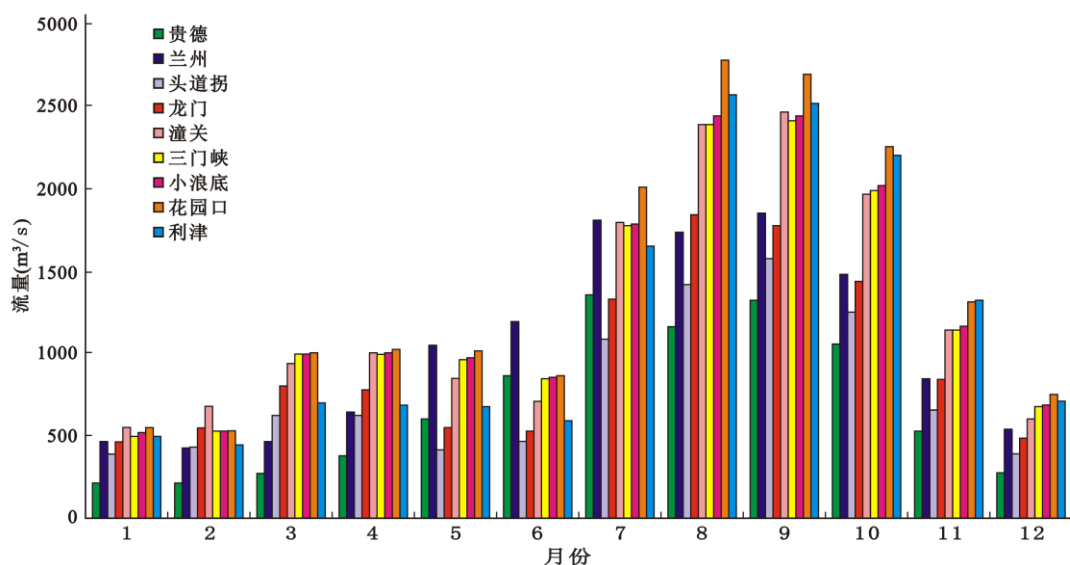


图 5 黄河干流重要控制站月平均流量变化 (1952-1990 年)

Fig.5 The change of monthly mean runoff at major stations in the Yellow River (1952-1990)

图 5 和图 6 所示的还只是月平均径流的变化情况，实际上，在黄河中游很多支流上，水资源年内分布不均匀的情况远远比图示的情况严重，在这些支流上，全年的降雨量和径流量的 70% 以上往往集中在汛期几天、甚至于一天或几个小时的一次暴雨洪水中。如黄河中游支流清涧河上游 2002 年 7 月 4 日突降特大暴雨，清涧河子长水文站发生了有据可考的历史最大暴雨和最大洪水：暴雨中心子长县城 270 分钟内降雨量 250mm。这次暴雨次降雨量 259 mm；最大 24 小时降雨量 371.4 mm，占多年平均降雨量 513.2 mm 的 72.4%，比降水量最少的 1972 年全年降水量多出 91.8 mm。（农户调查雨量为 463mm，分为 4 日 1 时到 9 时的 300mm 和 4 日 20 时到 5 日 10 时的 163mm）；在仅 800 多 km^2 的集水面积

上,产生了历史最大流量 4760m³/s),像这样的情况在黄河中游的支流上并不罕见。

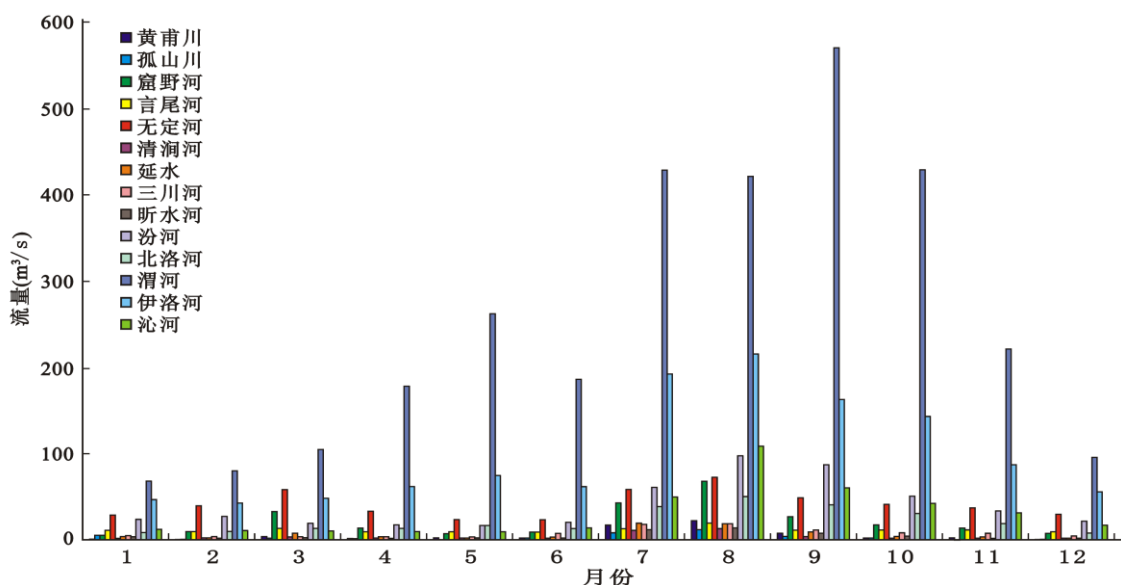


图6 黄河中游重要支流月平均流量变化图 (1952-1990)

Fig. 6 The change of monthly mean runoff at major tributary in the middle of Yellow River (1952-1990)

2.3 水资源在空间上的分布极不均匀

黄河流域水资源在空间上的分布也极不均匀,其主要影响因素如下:

(1) 气候因素:深处内陆的黄河流域属于干旱半干旱地区,年降水总量小;主要集水区远离水汽源地,水汽输送距离远,受复杂地形影响,路径和降雨区随机性大;在黄河中游复杂的局部地形条件下,极易形成极无规律的中小尺度暴雨洪水。且降雨强度极大,下渗量小,产流快,地表径流成分大。

(2) 下垫面因素:黄河河流发育成熟、河流下切深及基岩,流域平均坡度大,流域植被度差,坡面汇流速度快;河道坡度大、河网汇流速度快;生产力发展水平低,拦蓄工程少,调蓄能力低。在许多地区,往往是逢雨便涝、雨过便旱。

(3) 特殊的流域条件、河道条件与地形因素:同世界上其它河流一样,黄河的上游是来水量多、用水量小的水资源贡献区域;黄河的中游属于人口密度相对较大,农业生产相对发达、水资源需求相对较大的区域。但由于历史上生产力低下,水资源开发利用程度低,该区域在历史上也成为水资源贡献区域,而其本身却又经常承受水资源短缺的折磨;特别与众不同,由于黄河存在的严重的泥沙问题,在长达 800km 的黄河下游平原上,由于河道落差不足,河道输送泥沙的动力条件不足,在长期保持其稳定的流路后,做为其必然后果所成就的一条地上悬河,其高高在上的优势使其自然而然地担承起了补给两岸地下水消耗,向两岸非黄河汇流区供水的重任。这一切,构成黄河水资源空间分布上的特点,构成了黄河水资源供需矛盾在空间上的特殊性。

2.4 没有形成有效的拦沙机制、下游输沙需水量大

黄河的泥沙问题,是考虑黄河一切问题不可回避的关键问题。黄河泥沙的产生和输移

的时空分布极不均匀. 图 2 给出了黄河干流沿程重要控制水文站年平均输沙量的变化情况, 该图清楚地表明了黄河泥沙主要来源于黄河中游地区. 据 1952-1990 年的资料统计, 黄河中游从头道拐到潼关, 河流区间年均产沙量为 $10.17 \times 10^8 \text{t}$, 占同时期潼关年输沙量的 90.4%; 从输沙量年内的分布上, 黄河一年内绝大多数泥沙集中在 7-10 月份: 在头道拐以上的黄河上游, 7-10 月份的输沙量占全年输沙量的 81%; 在头道拐以下的黄河中下游, 7-10 月份的输沙量占全年输沙量的 87%; 在头道拐至花园口间的黄河中游区段内, 黄河重要支流 7-10 月份的输沙量平均占全年输沙量的 92%; 比例最大的占 96% (窟野河).

产沙量在空间上、时间上都高度集中的数量巨大的黄河泥沙, 是黄河治理开发中的最大难题. 在黄河中下游水利工程的发展中, 都把如何处理泥沙作为首要问题考虑. 在黄河规划中, 在水资源非常紧缺的情况下, 也必须考虑用 200 亿 m^3 的水来输送黄河泥沙. 黄河在中游来水时, 往往携带大量泥沙, 中下游干流工程不敢蓄. 为了排沙, 往往把同时上游来的清水也放掉了, 这是造成黄河水资源紧缺的又一个重要原因.

新中国成立以后, 黄河上已建、在建龙羊峡、李家峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、大峡、青铜峡、三盛公、万家寨、天桥、三门峡、小浪底等水利水电枢纽工程 12 座, 共计利用水头 799.1m, 库容 $563.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 有效库容 $355.6 \times 10^8 \text{m}^3$, 总装机容量为 $899.6 \times 10^4 \text{kW}$, 年平均发电量可达 $335.5 \times 10^8 \text{kWh}$, 分别占黄河干流可开发水电装机容量的 36.1% 和年发电量的 38.9%, 是全国大江大河中开发程度较高的河流之一. 其中龙羊峡、刘家峡、三门峡、小浪底是具有综合效益的大型水利水电枢纽工程, 这些工程不仅发挥了巨大的防洪、防凌、减淤、灌溉、供水等社会效益, 而且开发了黄河的水电资源, 获得了巨大的经济效益.

但是这些已建、在建或拟建的水利水电工程主要集中在黄河干流上, 且以拦沙为主要目的的大型工程几乎没有. 黄河上的泥沙量太大, 干流上的工程若大量拦沙, 势必迅速失去其它综合功能, 故在某种意义上我们可以说, 这些工程在拦沙问题上大都是不得已而为之. 黄河中游多沙粗沙区的较大支流在产生径流的同时, 每年都向黄河干流倾入大量的泥沙, 使其下游的水利工程为减少淤积不敢拦蓄, 尽力将其排出; 故在黄河水资源紧缺, 下游频频断流或面临严重的断流威胁时, 还不得不耗费大量宝贵的水资源去排沙冲沙, 这一方面造成大量水资源的不理想使用, 一方面造成黄河下游河道的严重淤积, 加大下游防洪压力, 同时, 也使黄河中游水土流失区的生态环境继续恶化, 社会经济和人民生活受到严重影响. 1990 年以前, 黄河年均入海水量为 $385 \times 10^8 \text{m}^3$, 在黄河水资源非常紧缺的 90 年代, 年均入海径流量仍有 $119 \times 10^8 \text{m}^3$, 即使在黄河下游断流非常严重的 1997 年和 1998 年, 黄河入海水量仍分别有 $186 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $106 \times 10^8 \text{m}^3$. 造成这些弃水, 既有水利工程调节能力不足的原因, 更有水流含有大量泥沙的原因.

2.5 水资源供需关系特殊、水资源负荷特别重

前已分别述及, 由于黄河处于干旱半干旱区域, 降雨量少, 流域内人均水资源量仅是世界平均值的 1/13; 黄河下游 800km 长的地上悬河使其基本不能接纳两侧来水, 却需要用大量的水资源输沙黄河泥沙, 又需向下游两岸非黄河汇流区提供工农业生产和城市生活用水, 补给两岸地下水消耗, 有时甚至需向远离黄河的津、冀、青、烟等地供水, 这使得与其它河流相比, 黄河水资源的负荷特别重, 这是造成黄河水资源紧缺的又一重要原因.

考虑到黄河水资源问题的特殊性, 黄河流域水资源开发的强度、水利工程对河川天然径流调控的程度、水资源工程建设的力度都应是其它江河无法相比的.

2.6 水资源需求增长迅速,水资源紧缺与效益低下、资源浪费问题共存

黄河流域对水资源的需求近 50 年来增长迅速. 黄河流域工农业耗用黄河水资源由 1949 年的 $74 \times 10^8 \text{m}^3$, 增长到 1990 年的 $278 \times 10^8 \text{m}^3$, 增加近 3 倍; 1988-1992 年 5 年平均耗用黄河河川径流量 $308 \times 10^8 \text{m}^3$, 这其中, 农业灌溉是用水大户, 工业、城镇生活和农村人畜用水量的比重相对较小. 1990 年总引用水 $478 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中引用地下水 $114 \times 10^8 \text{m}^3$, 引用河川径流 $364 \times 10^8 \text{m}^3$ (消耗 $278 \times 10^8 \text{m}^3$). 在总耗水量中, 农业灌溉用水 $407 \times 10^8 \text{m}^3$, 占总用水量的 85%, 工业、城镇生活用水 $57 \times 10^8 \text{m}^3$, 占 12%, 农村人畜用水 $14 \times 10^8 \text{m}^3$, 占 3%. 从引用水量的地区分布看, 主要集中在宁、蒙河套和黄河下游沿黄地区, 该两区共引用水 $325 \times 10^8 \text{m}^3$, 占总用水量的 68%.

黄河水资源的开发利用, 产生了巨大的社会效益和经济效益. 黄河流域内粮食、油料、棉花等作物单产大幅度提高. 黄河流域内约占耕地 45% 的灌溉面积上, 生产了占总产近 70% 的粮食和大部分经济作物, 绝大部分地区解决了温饱问题. 同时, 还解决了许多地区人畜吃水难的问题. 黄河流域内目前已解决饮水困难人数 2730 万人、牲畜 1560 万头, 分别占需解决数量的 71.6% 和 68%. 同时为城镇生活和工业提供了可靠的水源, 促进了城市和工业的发展.

另一方面, 在水资源利用产生巨大的社会和经济效益、黄河水资源严重短缺的同时, 黄河水资源利用中效益低下、资源浪费问题也非常严重. 黄河流域灌区发展迅速, 投资不足, 致使工程配套差, 老化失修严重; 大部分灌区灌溉技术落后, 管理粗放, 基本上是大水漫灌, 用水浪费, 经济效益低. 特别是宁、蒙灌区, 每公顷灌溉引水量有的高达 15000m^3 . 在工业供水方面, 效益也比较低. 黄河流域工业供水平均定额 $300-600 \text{m}^3/\text{万元}$, 而重复利用率只有 40%-60%, 供水效益(产值)小于 $30 \text{元}/\text{m}^3$, 与目前国内其它城市工业供水效益相比差距很大(如青岛 $100 \text{元}/\text{m}^3$, 北京 $40 \text{元}/\text{m}^3$ 、天津 $63 \text{元}/\text{m}^3$). 与世界先进水平相比差距更远.

2.7 黄河流域生态环境建设对水资源需求特殊

从严格的意义上来讲, 黄河流域中上游属于干旱地区. 单位水资源量可支持的人口规模和经济规模是有限度的. 黄河的水资源承载力有限, 其水资源量不足以支撑全流域生态环境的高水平维持是一个不争的事实. 历史上黄河下游发展和保持较好的生态环境所需的水资源, 都是以黄河上游某个地区的不发展和生态环境的低标准维持为代价的来满足的. 目前黄河水资源的紧缺状况, 除了天然降水减少, 黄河下游工农业生产对水资源的需求增加外, 主要是黄河上游下段和黄河中游人类活动影响所致, 在某种程度上可以理解为长期受旱灾困迫的该区域随着社会生产力的提高, 开发利用水资源的能力增强, 力图改变当地人们生存条件、改善当地局部生态环境所致. 生态环境的建设需要相应的水资源支持, 也需要讲可持续发展的问题, 也需要讲全流域统一规划. 黄河流域生态环境建设的总体目标和局部目标是什么? 黄河下游生态环境建设的任务和目标是什么? 黄河泥沙在今后黄淮海平原海岸演变过程中还应发挥什么作用? 输沙是不是黄河下游生态环境建设的目标之一? 这些问题都需要进行周密缜密的科学论证. 党中央提出的再造山川秀美的西北地区是黄河流域生态环境建设的伟大号召和战略目标, 如何落实还需做许多具体的研究论证工作, 进行统一的规划; 黄河流域的生态环境建设可能必须有所为有所不为, 不可能全面发展、全面开花; 可能必需用一部分地区的不发展或维持生态环境的恶劣状况来为其它地区的发展和生态环境的改善从水资源上做出贡献.

2.8 黄河水质污染防治、水环境保护任务艰巨

黄河流域传统上是以农业生产为主的区域,近二十多年来,随着黄河流域工业和城市的发展,城市人口膨胀,水源污染日趋严重,大量污水未经处理,就直接排入河道;农业施用大量化肥、农药造成面源污染.特别是靠近城市的河流,随着改革开放与工业蓬勃发展,废污水排放量与日俱增,绝大多数已成为纳污河.城市居民和工矿企业排放的废水污水、废气、废渣,农业生产过程中施用的化肥、农药对水环境的污染作用加重,若不严加管理和控制,今后河流水质污染将会更加严重.

据统计,20世纪70年代后期年排放废污水 $18.5 \times 10^8 \text{m}^3$,80年代初为 $21.7 \times 10^8 \text{m}^3$,90年代初已达 $32.6 \times 10^8 \text{m}^3$,10年间增加50%以上.其中工业废水 $23.3 \times 10^8 \text{m}^3$,占流域废污水总量的71.5%,生活污水 $9.3 \times 10^8 \text{m}^3$,占28.5%.黄河流域的面污染源主要是农药、化肥、废渣、垃圾和随水土流失进入河流的污染物(主要是砷和重金属类).据1990年统计,全流域年施用农药 $2.58 \times 10^4 \text{t}$,化肥 $674 \times 10^4 \text{t}$,工业废渣和生活垃圾年排放总量约 $4500 \times 10^4 \text{t}$.根据近年来的水质监测资料,黄河属I、II类优良水质的河长1750 km,仅占评价总河长的13.9%;水质尚好,可用于集中式生活饮用水水源地的III类水河长2160 km,占17.2%;水质较差,可用于一般工业用水的IV类水河长4280 km,占34.1%;水质很差,可用于农业用水的V类水河长2010 km,占16.0%;基本失去水体功能,劣于V类水质的河长2350 km,占18.7%.总的看来,基本能满足多功能水体的河长,还不足评价总河长的1/3.黄河的水质污染、水资源质量下降问题也日益引起社会广泛关注.

另一方面,受生产力发展和生活水平提高的影响,黄河流域的人们、尤其是农民的环保意识相对比较淡薄.例如,对水资源的农业面源污染问题基本没有意识;受社会经济生活变化的影响,过去的一些优良的环保传统正被丢掉,并产生一些极端消极的破坏环境的现象.如能够造成热污染、烟雾污染,增加二氧化碳排放,产生温室效应、破坏土壤有机结构的燃烧秸秆的现象,政府屡禁难止;化肥使用量剧增,有机肥使用量锐减,造成土壤板结,透气透水性降低.这在一定程度上降低土壤下渗率,减少降雨对地下水的补给作用,降低土壤层对大气降水的调蓄能力,加剧水资源紧缺状况,也给防洪增加了压力.

2.9 黄土高原生态环境恶劣,对流域水资源自然和人为的调节力度不够

黄河流域,尤其是黄河中游地区降水量时空分布极不均匀,流域下垫面植被度低,流域坡度大,由此造成该地区洪水暴涨暴落,产沙在时间和空间上高度集中,形成黄河上有名的水沙异源、水资源时空分布不均匀的结果.这给黄河的水资源利用和开发治理造成了极大的困难.

一分为二地看待黄河水沙异源、水资源时空分布不均匀的现象,可以从中找到有利于治理的因素,因势利导地开展流域治理工作:水沙异源,黄河中游支流水少沙多,正好实行水沙分治,在黄河中游支流上有效地拦蓄黄河泥沙;水资源时空分布不均匀,正好给提供了干预调节的空间,因为对水资源的需求在时间和空间上也是很很不均匀的,我们可以在水资源总量不足的情况下,利用水利工程进行调节,使之更加符合水资源需求的时空分布,使其优先满足流域社会经济发展和生态环境建设的高优先级的紧迫需要.

黄河流域水沙治理中目前存在的最明显的问题是对水沙资源的人工调节能力不足,现有水利工程和水土保持工程的类别、规模、空间分布不能充分满足流域全面综合治理的需要,这方面的集中表现便是生态环境恶化与水土流失、水质污染共在,水资源短缺和大量入海径流并存的局面.

另一方面,在水利工程的规划、设计与管理调度方面,也有一些需要解决的问题.随

随着社会经济的发展,全流域对水资源的需求普遍增加,水资源开发利用水平提高、开发力度和能力加大,水利工程上游耗水量增多,工程来水量减少,下游对水资源的需求增加,已建工程的原设计径流资料代表性发生很大变化,最终导致在新的水文条件下水利工程要满足原定兴利目标,兴利库容明显偏小。

此外,由于近些年来水资源持续短缺,许多地区地下水超采,造成地下水位严重下降,地下水漏斗形成。而在如何水量丰沛时对地下水进行有效的补给,充分利用地下含水层的对水资源的调蓄作用方面的研究和行动远远不足,地下水的有效补给机制没有形成。

2.10 水文气象预报及工程管理调度水平需要提高

准确的水文气象预报对于水利工程的运用调度极为重要,可产生巨大的社会效益,加强水文气象预报工作,提高水平,提高精度,增长预见期,是提高水利工程管理水平的关键。黄河流域,尤其是黄河中下游水文气象的中长期预测预报的手段亟待完善,水平亟待提高。

在水利工程调度中,防洪库容的作用发挥不足,汛前限制水位应用太死,工程管理调度水平需要不断提高,以减少弃水。

传统上在水利工程设计时,基本上是将洪水过程当成一个完全的随机过程对待进行调洪演算的。随着气象卫星、测雨雷达的应用,大气环流形势、台风、暴雨的监测技术、手段和效果都有了根本的改善,洪水预报的预测预报技术也不断提高,预见期有所加长,尤其是通信、信息处理技术条件的不断改善,为高效快速地进行工程调度提供了一定条件。充分考虑与利用这些条件,有可能将汛前限制水位在应用中逐步过度到洪前限制水位。改善天气、洪水的监测预报手段,提高工程管理调度水平,把水利工程的汛前(洪前)限制水位当成一个动态标准对待处理,是在现有工程条件下,提高工程调蓄能力的一个重要途径。

3 解决黄河流域水资源问题的对策

针对黄河流域水资源问题的状况和特点,就如何解决这些问题提出如下建议。

3.1 完善黄河流域水资源开发利用的整体规划、加强黄河流域生态环境建设的研究工作

应根据黄河水资源的状况、特点、规律、发展计划与需求,制定完善黄河流域水资源开发利用的统一规划。应充分考虑黄河水资源对区域社会发展能够提供的可持续支持,协调调整整个黄河流域及黄河下游两岸需要黄河水资源支持发展区域的,包括工农业生产、城镇建设、生态环境建设发展规划在内的社会经济整体发展规划;或者说在制定这些规划时,应充分考虑黄河水资源可持续支持的制约因素。尤其应该在考察黄河流域生态环境的历史、现状的基础上,充分考虑生态环境建设对水资源的需求和影响,制定切实可行的黄河流域生态环境建设的整体规划和区域规划。

3.2 强化流域水资源的统一管理机制、减少浪费、提高水资源利用效益

贯彻落实“水法”,强化流域机构对黄河水资源统一管理职能,提高水资源管理的效能和权威。应认真研究水权形成理论,建立水权分配制度,在政府宏观指导控制下,逐步建设水权市场、形成水权处分机制。逐步用市场经济的手段,拓宽水资源开发利用的投资渠道,实现黄河水资源跨区域开发,吸引有经济实力的区域在黄河水资源开发中投入;在水资源节约利用方面,建立有效的利益驱动激励机制,用市场经济的手段,鼓励在污水处理、工业节水、农业节水、提高水资源的重复利用率和利用效益等方面进行投入。工作重点在河套平原与黄河下游两岸引黄灌区的农业节水,城市用水及工业污水的治理和排放控制。

3.3 提高黄河流域水资源开发利用程度, 强化时空调节, 增加水资源可利用量

水利工程措施是开发利用水资源不可替代的基础手段。黄河流域局部和整体水资源频频告急、洪涝灾害时有发生, 弃水量仍然很大, 这一方面说明仍有较大的调节空间, 一方面说明调节力度、调节能力不够。水资源调节利用的工程措施在规模上有待加强, 布局上有待改善。应继续加强工程措施及管理措施, 提高流域水资源多年调节能力:

治病除险加固现有水库, 实现其正常功能; 研究改进工程调度方案, 提高科学管理水平, 充分发挥现有水利工程的效益;

完善流域防洪与水资源开发利用的工程体系, 完成包括古贤、碛口等工程在内的黄河干流上规划中水利枢纽的建设, 提高对黄河上中游来水的调控能力;

改善黄河流域工程布局, 在来水量较大重要支流上布设梯级控制工程, 改善局部水资源供应状况, 减轻其下游洪水威胁和防洪压力、改善当地的社会经济发展条件和生态建设环境。

应当依据新的来水条件和需水资料, 重新研究审查黄河流域具有供水功能的水利工程兴利库容的设计, 采取相应的措施解决存在的问题。近年来, 各方面对水资源的需求量增加很快。由于气候的变化, 流域内人类活动对流域天然水文情势的干扰, 使许多河流的许多断面的水文特征发生了较大的变化, 许多水利工程设计时计算兴利库容所依据的枯水期来水资料和需水资料都有了较大的变化, 水文资料完全成了新的系列。总的来说, 是来水减少、需水增加、导致兴利库容相对变小, 储水不足, 造成弃水增加, 使许多水库依据原来的设计方案调度不能发挥预期的供水兴利功能。现在对防洪库容设计标准的关注较多, 而对兴利库容的设计资料变化及产生的影响关注较少。

水资源开发利用是农业发展的基础, 也是整个社会经济高速可持续发展的基础, 一个国家抗御旱涝灾害的能力, 是国家综合实力的重要组成部分。像能源、交通、通信等基础设施一样, 水利作为基础产业, 建立强有力的水资源开发利用和防洪工程体系, 提高国民经济稳定高速可持续发展的保证程度, 提高国家抗御自然灾害的能力, 也是加强国家综合国力的重要措施。

3.4 加快南水北调工程实施的步伐, 实现水资源的跨流域调节, 增加黄河可用水资源的绝对量

黄河流域水资源缺乏的现状很大程度上是由跨流域调水引起的, 从长远看, 黄河流域水资源的缺乏是绝对的资源性的短缺。在其它水资源开发利用措施发挥效益之前, 黄河水资源缺乏的紧张局面一时恐难以缓解。早日实现南水北调, 是增加黄河可用水资源的绝对量、确保缓解黄河水资源紧缺状况的最有效的措施之一。

3.5 建立黄河中游支流多沙粗沙区拦沙工程体系, 强化拦沙机制

黄河的泥沙集中来自黄河中游的多沙粗沙区。在落实黄河中游黄土高原种树种草、退耕还林等已有水土保持措施, 提高流域表面对水体泥沙的滞蓄保持能力、延长下渗时间, 增加下渗量、改变径流组分的同时, 应在黄河中游多沙粗沙区的支流上规划建设梯级骨干拦沙工程体系, 强化拦沙机制。因为在黄河中游黄土高原上, 流域坡度很大, 河流下切很深、黄土壁立, 垂直节理发育, 有些河段还穿过沙漠区。要有效地减少入黄泥沙, 仅靠表面的水土保持措施和小规模、低档次的拦沙工程是不可能很好解决问题的。必须建大型永久性的拦沙工程体系, 抬高局部侵蚀基准面, 在时间上、空间上阻滞泥沙向下游的输移速度。

这些工程应以拦沙、减少入黄泥沙量、减少黄河干流水库和河道淤积、节省黄河下游输沙用水、延长黄河干流骨干工程的寿命、提高工程效益为主要目的, 兼可收到淤地造地、

改善当地社会经济发展条件和生态环境建设条件、减轻下游防洪压力等综合效益;在工程建设上,这些工程可一次规划设计,分阶段加强加固提高;在运行方式上,可以蓄浑排清、浑清并蓄,在工程寿命结束后,最后恢复自然泄流方式.用这种方式,我们可以在相当长的历史时期内解决黄河的泥沙和水资源问题,并为其它水土保持措施发挥效益争取足够的时间.

应加强基础研究工作,分析比较不同泥沙拦排方式的建设投资效益,分析比较拦沙节水与其它方式调水增水的建设投资效益.可以预计,随着黄河水资源利用效益的提高,拦沙的效益也会逐渐显著.

应将拦沙工程建设纳入黄河防洪与水资源开发利用建设的整体规划,可建立拦沙蓄沙工程投资与黄河水权的置换机制,拓宽拦沙工程建设投资渠道,加快建设步伐.

3.6 建立完善黄河流域地下水补给机制,充分发挥地下水库对黄河水资源的调蓄作用

应鼓励河套平原地区、黄河下游两岸引黄灌区等用水大户利用当地地下蓄水层参与黄河水资源调节,建设平原水库和湿地.应主要利用利益驱动机制,调整黄河河川径流和地下水资源的水价,实行峰谷差价、季节差价.在黄河河川径流紧缺时,鼓励取用地下水,在黄河河川径流丰盈时,鼓励引用河川径流对地下水进行补给.

3.7 加强水污染防治、水环境保护工作

黄河是一条水资源宝贵、供需矛盾尖锐的河流,不可能耗用大量水体来运载、稀释和净化污染物,应加强污染治理、控制污染物排放总量,在抓紧治理工业污染、控制治理点源污染的同时,应着手研究和解决随着农业生产发展可能造成的面源污染.

黄河流域的水环境恶化问题已经引起了全社会广泛的关注.水资源的污染是比水资源的浪费更为严重的问题.目前,人们所关注的水环境的污染的重点是工业生产和城市生活污水,是那些集中排放或突然排放的污染源,而对于面源污染等一些潜在的威胁还没有引起足够的重视.

水是具有综合利用价值的物质,除了满足动植物生存需求外,在人类活动生成物的运载、排泄、稀释净化过程中发挥着不可替代的作用.水还有旅游、娱乐、水产养殖功用,水还有重复综合利用价值,一种用途的弃水有时完全可以作为另一种用途的水源.水的节约与浪费的概念也不是绝对的.“节约”不是绝对的纯利无害、“浪费”也不是纯害无益,应根据水资源的不同供需情况,抓住主要矛盾.如农业灌溉的大水漫灌,可以增加下渗量,蒸发可改善局部空气环境,并有可能增加大气降水量;滴灌、根灌、渠道防渗措施等高效节水农业在减少无效蒸发的同时,也减少了河川径流下渗补给地下水的机会;干旱地区过少的作物用水量会否造成农业面源污染物如农药、化肥、除草剂的蓄积而造成当地地下水和地表水的污染?虽然目前我国农业用水较为浪费、需要强化节水措施是主要矛盾,但黄河是水资源短缺地区,水资源非常宝贵,要接受发达国家地下水面源污染的教训,从现在开始,就应该考虑从污染物质产生、使用、排放总量上加以控制、提高污染物处理的能力和比例.在工业生产中,推广低污无污的技术和产品,淘汰落后的生产工艺、生产流程,提高水的重复利用率、综合利用率,加强监督控制点源污染,强化城市和工业废水污水处理、中水利用.在城镇建设和居民生活中,推广节水设备,推广使用环保产品.在农业生产中,坚持使用有机肥料,推广防治虫害的生物措施,加强高效低毒农药、除草剂的开发研制、推广应用,并对可能发生或已经发生的,由农业生产所造成的面源污染给以充分的重视.

3.8 加强水文气象预报工作

水资源时空分布不均匀需要通过水利工程来调控,水资源的供需矛盾需要通过水资

源的调控来解决。有了准确及时的水文水资源信息、尤其是有一定预见期的准确的定量预报成果，就可以进行有效的调控，达到抗旱排涝、开源节流的综合目的。故提高洪水预报、尤其是有一定预见期的准确的定量预报能力，是非常重要的，且难度很大的工程。

由于黄河上的情况复杂、目前在水文气象预报方面仍存在较多的问题。水利工程调度的科学性也有待提高。不解决这些问题，不提高预报调度水平，则难以摆脱有水不敢蓄，无水蓄不上，水少疲于应付，水多大量弃水的被动局面。因此，加强科研工作，采取有效措施、引进先进技术和设备、采用包括卫星、雷达在内的各种遥感、遥测手段来提高气象和水文水资源中长期预报和短期预报的精度，增长预见期，提高水利工程的调度管理水平、发挥已有工程的综合效益，是同时解决防洪与水资源矛盾的最有效的方法，也是一项长期的、具有战略性意义的、具有极大综合效益、极高投入产出比的系统工程，应给以足够的重视，争取早日取得具有应用价值、实用价值的成果。

3.9 加强基础科学与应用技术研究

黄河流域的防洪、水资源开发保护利用、生态环境保护和建设等工作是一个有机的整体，是相辅相成的一个系统工程，几个方面都搞好了，相得益彰，那个环节搞不好，都会形成恶性循环，殃及其余。而这个系统工程的许多方面，许多环节都有许多不成熟、有待研究、有待发展的问题；迅速发展的信息科学技术和其它边缘学科与水资源科学之间都存在一个相互结合、相互促进，共同发展的的问题，应加强基础研究工作，为各项工作的开展提供有力的技术支撑。

3.10 抑制需求，减少浪费

从根本上讲，人口数量的急剧增长，人均资源消耗水平的迅速提高，人类活动能力的提高，人类活动资源消耗总量和人类活动产物总量的急剧增加，以及对自然环境破坏活动的加剧等是生态环境恶化的最主要原因。坚定不移地贯彻落实计划生育的基本国策、控制人口增长速度，合理控制人均资源消耗水平的不适当提高，防止人类对大自然实施超出其再生能力的过度索取和恣意破坏，将是保证黄河流域生态环境向良性循环方向发展的长期战略措施。

参 考 文 献

- 1 张学成,王玲.黄河天然径流量变化分析.水文,2001,21(5):30-33

Study on Problem and Countermeasure of Water Resources of the Yellow River

NIU Yuguo, ZHANG Haimin & LI Shiming

(Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources, Zhengzhou, 450004, P.R.China)

Abstract

Yellow River is the second longer of river in the China. In recent years, break flow have frequently taken place at the lower reaches of Yellow River. The issue has aroused great attention. Water resources of Yellow River have some questions such as flood and soil loss. These questions have their feature, and people find all kinds methods to resolve these problems all the times. This paper based on long-term survey data, introduced the general situation of water resources, analyzed the problem of water resources exploitation of Yellow River, and proposed some countermeasures to solve these questions.

Keywords: Yellow River; water resources; ecology and environment; measurement