

文章编号 1001-8166(2002)06-0811-07

两大江河流量的半世纪变化与“南水北调”

游性恬,朱 禾

(中国气象局培训中心,北京 100081)

摘 要 根据最近 50 余年资料研讨黄河、长江月平均流量的特征,揭示其若干演变规律。分析得出:长江中下游多年平均年流量约为黄河的 20 倍。初夏(6 月)时,则接近 50 倍。黄河的大流量主要集中在出现于 7~10 月,这 4 个月平均月流量为全年的 14.5%,其它 8 个月平均为 5.25%;长江流量自 5 月起逐渐增加,5~10 月平均月流量占全年的 12.0%,其它各月平均为 4.67%。最近 50 余年来,黄河中下游流量在 1968 年以前主要为正距平,1969—1985 年基本正常,1986 年起一直为负距平,加上人为因素,致使下游流量剧减迅猛,以致 90 年代以来连年有断流出现。长江中下游流量在 1953—1955 年为显著正距平,然后缓慢下降,90 年代以后回升,1997 年以后迅速上升,并出现几次大洪水。总之长江水源比黄河丰富且较稳定,黄河流量近 10 多年来则是贫瘠且多变。南水北调既是需要又有可能,尤其对解决北方春旱更为有利。

关键词 流量;距平;水资源;南水北调;黄河;长江
中图分类号 P33 文献标识码 A

0 引 言

众所周知,我国是个贫水国家,在广大的“三北”地区尤甚。华北地区人均水资源约为全国的 1/6,耕地亩均水资源仅为全国的 1/10。水资源短缺已在相当程度上影响了“三北”地区的经济发展;而且,如若任其发展,势必在更大程度上制约我国的持续发展,甚至有可能导致“迁都”的危险。干渴的土地、焦黄的牧草和庄稼、排队长取水的乡亲们等等,这一切都在警示我们——关于水资源的种种忧患意识决不是危言耸听!

本文根据我国两大母亲河——黄河、长江 50 多年的月平均流量资料,研究它们的水资源状况和演变规律,以及“南水北调”的必要性与可能性。所用资料的具体时段(也就是进行累年平均的时段)一般为 1950—2000 年,但有少数站略有参差,如郑州、济南提前 1 年,即自 1949 年开始,有的提前 1 年截止(如汉口、重庆截至 1999 年)。个别站的资料与

建站年代有关,时间更短些,如包头自 1953 年起,唐乃亥(位于龙羊峡上游的青海境内)自 1956 年起。兰州资料最长,自 1935 年开始,但为取得一致以加强其比较性,在进行累年平均时,仍取 1950—2000 年,而对 1950 年以前的状况也一并做了分析。为方便读者,部分水文站名用其邻近或所在的城市名来表示,如西柳沟—兰州,三湖河口—包头,花园口—郑州,潼关—三门峡,洛口—济南,寸滩—重庆等。本文所有图文中流量及其标准差的单位均为 m^3/s 。

1 两大江河的平均流量及相互比较

长江与黄河均发源于我国西部,自西向东,几近平行的分别流经数千公里而注入中国东部的海洋。7~10 月均为这两大江河水雨最丰的时段,6 月又是这一带农牧业的重要关键时期。然而,这两大江河的南北地理位置、气象与环境条件不同,它们的水资源状况也存在着很多异同之处。下面,本文以长江、黄河沿线代表站的流量变化来说明它们的一些主要

收稿日期 2002-01-18,修回日期 2002-06-24.

* 基金项目 国家自然科学基金项目“中国中东部重大洪旱出现规律及其对水资源的影响”(编号 49975017)资助.

作者简介 游性恬(1940-),女,江西赣州市人,教授,主要从事数值天气预报及气候变化研究. E-mail: yxtianq@163.com

特点。

图 1 为黄河和长江下游的代表站——济南和 大通的累年月平均和年平均流量。郑州和汉口、兰州和重庆的流量比较图与此类似,此处从略。图 1 明显地表现出这两大江河(简称两江)流量的巨大差异:长江流量约为黄河流量的 15~30 倍。在这两江的中下游各取 2 个代表站——黄河沿岸的郑州和 济南及长江沿岸的汉口和大通,给出它们逐年平均流量的多年平均值及初夏 6 月份流量值以及各自的两站平均值(见表 1)。从表 1 分析得出:

(1) 由两江两站累年平均流量的比值 F/C 得到:年平均长江中下游为黄河中下游的 21 倍,而初夏 6 月份流量竟然相差近 50 倍之多!可见从长江往北调水是有可能的,而且,长江流域的雨季比黄河流域提前 6 月份调水的得益更大。不过,对于长

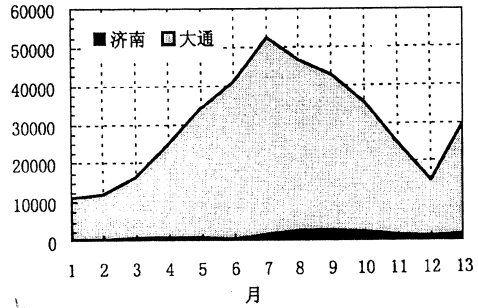


图 1 1950—2000 年累年月平均及年平均流量
(横坐标“1~12”为月,“13”为年平均值)

Fig.1 The monthly and annual mean discharge from 1950 to 2000 (the abscissa: “1~12” month; “13” annual mean discharge; m^3/s)

表 1 黄河、长江中下游代表站的累年平均流量和标准差(m^3/s)

Table 1 The interannual mean discharge and standard deviation of several representative stations in the middle and lower reaches of the Yellow and Yangtze Rivers (m^3/s)

平均 流量	郑州 A	济南 B	B/A	两站 平均 C	汉口 D	大通 E	E/D	两站 平均 F	F/C		
	年平均值	1 290	1 142	0.89	1 216	22 595	28 588	1.27	25 592	21.0	
6 月流量	831	602	0.72	717	30 340	40 298	1.33	35 319	49.3		
标准 差	郑州 H	济南 I	I/H	二站 平均 J	汉口 K	大通 L	L/K	二站 平均 M	M/J	J/C	M/F
	年平均值	657	753	1.15	705	5 037	6 598	1.31	5 818	8.3	0.58
6 月流量	497	556	1.12	527	5 587	7 752	1.39	6 670	12.7	0.74	0.19

江这一重要的水路交通运输航道及其沿岸生态环境的保护、城乡发展和入海江口流量的保障,也需保持一定的水量。

(2) 江河流量一般越到下游越大,因下游汇集了更多的支流和更大面积上的降水。尤其是我国东临太平洋,受季风影响,东部降水一般比西部多。如大通与汉口流量之比 E/D 为 1.3 左右,即大通流量比汉口大 30% 左右。但济南与郑州流量之比 B/A 却小于 1,尤其是缺水的 6 月,只有 0.72,即济南 6 月流量不及郑州的 3/4。表明在大量需水的初夏,黄河下游由于农业灌溉、中上游截流及北方气候干燥,水分蒸散等,致使黄河下流的水资源短缺加剧。因此“南水北调”至少对我国东部地区是既需要又有可能的。

(3) 济南与郑州流量平均值之比 B/A 小于 0.9,而标准差之比 I/H 却大于 1.1,表明黄河下游流量的变率比中游大得多,下游更容易出现旱涝灾害。

(4) 黄河流量的标准差与平均值之比 J/C 约为

60%~70%,而长江流量的相应比值 M/F 则为 20% 左右。表明黄河流量的相对变率比长江要大得多,长江的水资源比黄河要丰富而稳定,而黄河的水资源则既贫乏又多变。

2 流量的季节变化及相互比较

图 2a、2b 为黄河代表站的累年月平均流量(a)和标准差(b)。由图 2a 看到:三门峡、郑州、济南的流量分布曲线基本相似,其月际变化表现出,在初夏 6 月,上游兰州流量反而比中下游的三站要大,到 8~10 月,随着季风雨带的北进,中、下游三站的流量就显著地大于兰州了,从而形成夏季峰值的一波形势。另外,从图 2a 中也可见,除农闲的 10~12 月,济南流量与郑州相近外,其他各月均是下游济南流量比中游的郑州还小,尤以 3~6 月为最甚,这是与人为截水、河南东部及山东干旱平原上春季土地干渴和蒸发有关。

另外,头道拐(宁夏境内)和包头的流量曲线

(图略)基本重合,表明黄河河套中、西部地区的水资源状况是一致的。将其与兰州流量曲线比较可以看出 1~4 月兰州和头道拐、包头的流量接近,但自 5 月起上游兰州流量均大于下游两站,其中 5~7 月前者大于后者 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 。尤其是 5~6 月兰州流量增加,而另两站的流量反而减少,二者几乎呈反位相变化。这种情况主要与位于兰州以下的甘肃、宁夏、内蒙等地的黄土高原在开春以后农业用水骤增,水库拦蓄的水量增加以及这一带春旱蒸发或局地降水贫乏有关。

图 2b 为月平均流量的标准差。由图看出,在西部上游地区 9 月份有极大值。这反映了在副热带高压特别强盛的年份,有时西部初秋有较大降水,致使 9 月流量变化大,易出旱涝灾害。而东部中下游 8~10 月流量的标准差均较大,表明在夏末初秋流量大小不稳定、多变化。孙安健等^[1]曾指出华北平原 6~8 月旱涝频发与黄河水夏季的不稳定有关。另外济南各月的标准差均为最大,在春季尤甚。这其中

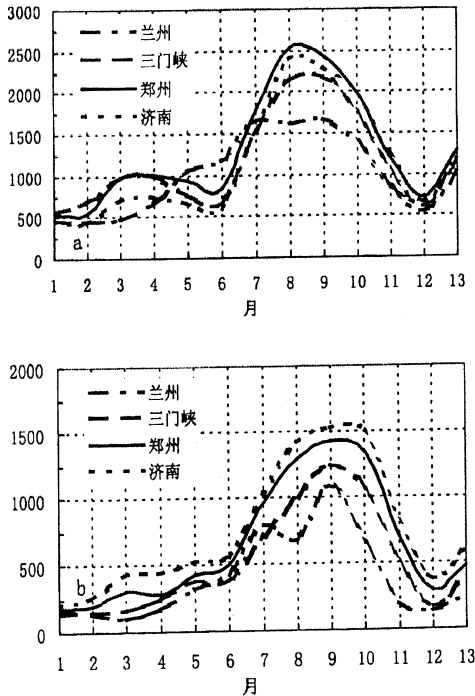


图 2 黄河代表站的累年月平均流量 (a) 和标准差 (b) m^3/s

Fig 2 The average of monthly mean discharge (a) and of standard deviation (b) of several selected stations along the Yellow River from 1950—2000 (m^3/s)

除了水文、气象的因素影响外,另一个重要原因是多个水库调节、干预及人工灌溉、截分流的结果。

图 3a、3b 为长江 4 个代表站(重庆、宜昌、汉口、大通)的累年月平均流量(a)和标准差(b)。由图 3 看到:长江流量上、下游分布形式一致,上游小,下游大,东端的大通流量最大。流量月际变化较均匀,峰值在 7 月,但其前后流量也是稳定地增加或减少。月流量标准差(图 3b)的峰值出现在 8~9 月,表明长江 7 月流量最大而稳定,到夏末初秋则变率大,易出洪涝,遇弱梅雨,甚至空梅或重大干旱时,也会出现相对少雨时段。

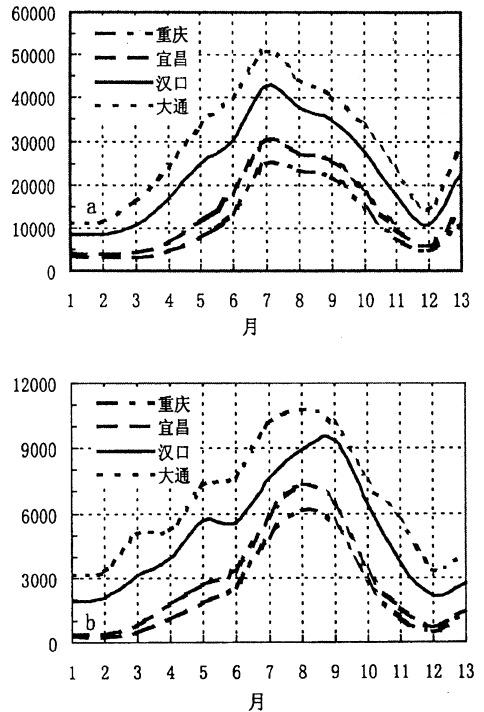


图 3 1950—2000 年长江代表站累年月平均流量 (a) 和标准差 (b) (m^3/s)

Fig 3 The average of monthly mean discharge (a) and of standard deviation (b) of several selected stations along the Yangtze River from 1950 - 2000 (m^3/s)

分别计算郑州和济南,汉口和大通两站平均(代表黄河、长江中下游情况)的月流量和标准差的各月值在全年所占的百分比(见图 4)。从图 4 分析得出:

①) 黄河中下游流量的峰值出现在 8~9 月,长

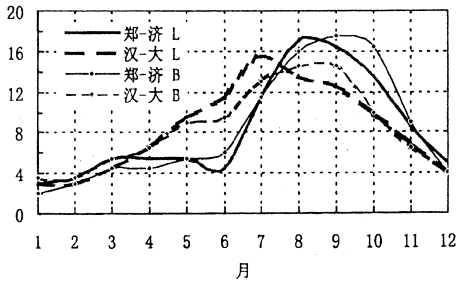


图4 两站平均的累年每月平均流量和标准差的各月值在全年所占的百分比(%)

Fig 4 The percentage of monthly mean discharge and of standard deviation in a whole year by multi-year average from two selected stations along the Yellow and Yangtze River respectively

“郑—济”代表郑州、济南两站的平均值;“汉—大”代表汉口、大通两站的平均值;L代表月均流量,B代表月均标准差 the “Zheng-Ji” represents the average of Zhengzhou and Jinan stations and “Han-Da” represents the average of Hankou and Datong stations, B represents discharge, L represents standard deviation (%)

江则在7月,这显然与黄河位置偏北、季风雨季来临较迟有关。

(2) 黄河水集中在盛夏和秋季的7~10月,这4个月的流量之和占全年的58%,平均每月为14.5%,其余漫长的8个月仅占全年的42%,平均每月为5.25%。尤其是农业大量需水的5~6月却属于枯水期,到7月流量才有一个跳跃式的猛增。而长江春季来水早,5月份起即显著增加,5~10月流量约占全年流量的71.8%,月均12.0%,其它6个月占28.2%,月均4.7%。这十分有利于春夏初(5~6月)向北方调水以满足农牧业的急需。

(3) 黄河月均流量标准差的最大值也集中在7~10月,对应这期间有流量的最大变率。而长江的相应值分布较均匀,5~10月都比较大。

3 流量的年际变化

图5为黄河、长江下游的济南与大通3年滑动平均的年均流量距平和累积距平曲线(郑州—汉口的相应图形与此类似,此处略)。由图看到:

(1) 大致说来,黄河济南的累积距平曲线呈半个椭圆形。1949—1968年逐渐上升(正距平为主);1969—1985年正常少变;1985年以后由于连续10多年的负距平而致曲线稳定下降。而长江的大通累

积距平曲线则呈偏峰谷的一波形势。1950—1955年连续6年显著的正距平导致累积曲线迅速上升形成波峰;1956—1980年主要为负距平,曲线下降;1981—1984年短时间的上升之后,又是4年明显的负距平,使整个曲线降到谷底,维持到1996年又迅速地回升。

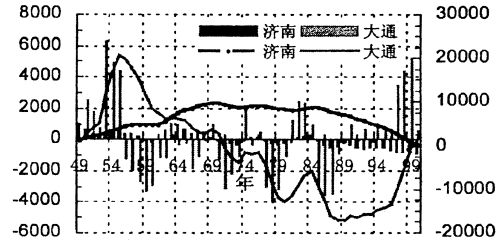


图5 3年滑动平均的年均流量距平和累积距平曲线(m^3/s)

Fig 5 The anomalies of annual mean discharge and accumulated anomalies by over three years overlapping average (m^3/s)

(2) 两条曲线的变化趋势并不一致。由该图中的直方图可见:1955年以前以及1969—1989年二者的主要距平符号相同,但1962—1968年以及1990年以后,尤其是1994年以来,二者呈反位相变化——黄河流量减少,维持低值,而长江流量迅速增加。这种不同的变化更有利于南水北调,以取长补短。由于我国气候总的特点是南方雨水较多而北方干燥、多沙尘天气,加上人类活动的影响,北方广大草场与地面植被受到破坏,繁殖再生能力因少水而差,生态环境变得十分脆弱,因此南水北调还有利于北方生态环境的改善;同时即便是在北方雨水正常或略呈正距平时,也还是干燥,再适当增加一些引来的南水也是有益且需要的。

由于兰州资料年限最长(自1935年开始),我们做了兰州年均流量的3年滑动平均距平和累积距平曲线(见图6)。由图6看到:1935—1968年基本都是明显的正距平与接近正常或弱负距平交替出现,表现出10年左右的准周期性,相应累积距平曲线一路攀升;1969—1973年的连旱后,1975—1985年连年的正距平使累积曲线升到波峰。1986年起往年的丰沛雨水风光不再,旱魃幽灵挥之不去,雄居15年延续至今^[2]。

初夏6月是农、牧业生产的关键时期。图7为黄河上、中、下游的代表站兰州、郑州、济南3年滑动平均的6月流量(a)和流量距平与累积距平曲线(b)。

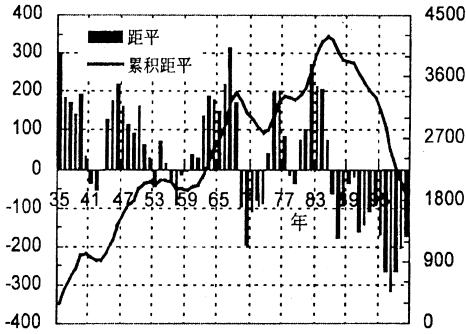


图6 兰州3年滑动平均的年均流量距平及累积距平曲线(m^3/s)

Fig 6 The anomalies of annual mean discharge and accumulated anomalies by over three years overlapping average of Lanzhou station (m^3/s)

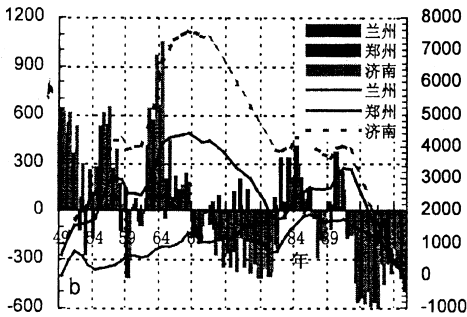
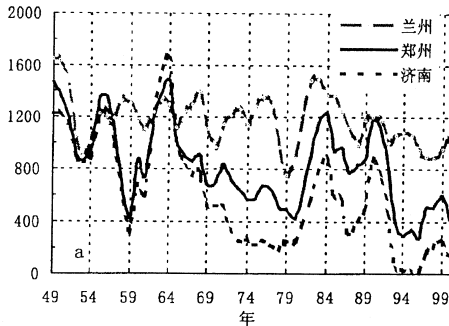


图7 3年滑动平均的6月流量(a)和流量距平与累积距平曲线(b)(m^3/s)

Fig 7 The monthly mean discharge (a) and anomalies and accumulated anomalies (b) of June by over three years overlapping average (m^3/s)

从图7a看到：上游兰州6月份流量变化振幅不大，较为平稳；1966年以前郑州、济南流量大小接近，其值在二次丰水年（1955—1956年，1963—1964年）曾超过上游的兰州。但自1965年起，黄河

中、下游流量连续下降，在70年代和90年代有2个明显的低谷。1984、1990年前后虽两度流量明显增长，但仍小于上游兰州之值，且下游济南的值最小。以至在1993—1996年连续4年的月平均流量接近或等于零。这种特征在其它月份，尤其是在夏秋季月份也存在。当然这其中也有中下游超量的截流、分流等人为原因导致。对应于黄河断流的严峻形势，陈烈庭^[3]等指出华北是我国东部干旱化最严重的地区。

从图7b中得知：兰州流量的距平较小，累积距平曲线上以小波动为主；郑州和济南基本是相位相变化，但济南的振幅要大得多。1949—1968年以正距平为主，累积距平曲线向上攀升，于1968年达到峰值。然后经历了2个枯水期（1969—1981年，1992—2000年）使曲线降至谷底。其间1982—1986年，1990—1991年虽出现过二度正距平，但终难以扭转整个流量减少、枯干的趋势。

4 流量每10年际的变化

图8为济南(a)和大通(b)每10年的流量(郑州、汉口情况类似，图略)，由图8a看到，对于黄河中下游而言：

(1) 每10年流量的变化主要表现在7~10月，而在11月至次年5月的枯水期，不同年代的流量变化不大。

(2) 50年代流量在6~9月均高于1950—2000年的多年平均值，尤其是8月份，高于平均值1000 m^3/s 以上，为图中各曲线的最高值。

(3) 60年代流量，除1、2月以外，其他各月均高于多年平均值，尤其是3~5月和8~10月，均明显高于多年平均值而稳占优势。

(4) 7~9月流量总的看来，是50、60年代最多，80、70年代其次，90年代最少，与黄荣辉等^[4]分析的华北干旱化趋势一致。

(5) 兰州1935—2000年每10年月平均流量分布(图略)显示：30年代(1935—1940年平均)夏秋季平均流量明显高于其它的10年平均值，而90年代流量递减则与下游济南(图8a)一致。

而在长江下游大通(图8b)只有7、8月份，90年代值偏高，其他年代各月份都相差不多。当黄河流量在90年代明显减少，尤其是夏、秋季猛降的同时(图8a)，长江流量却在90年代夏、秋季创出新高。与重庆的相应10年流量分布(图略)比较看出：长江流量的每10年变化，无论在上游还是下游，

相对都是很小的。长江的确是一个时间尺度长且丰富稳定的水资源。

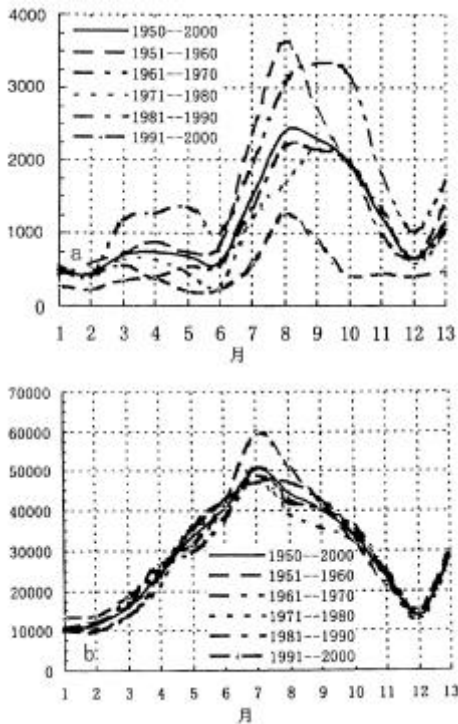


图 8 1950—2000 每 10 年代的月平均流量

Fig 8 The monthly and annual mean discharge averaged from every 10 years data from 1950 to 2000

a. 济南, b. 大通横坐标“1~12”为月, “13”为年平均值 (m^3/s)
a. Jinan station, b. Datong station, the abscissa: “1~12” month;
“13” annual mean discharge (m^3/s)

5 结 论

(1) 长江中下游的年均流量约为黄河的 20 倍, 在干旱的初夏(6 月)则接近 50 倍。长江水越往下游越大, 且变率较小, 黄河则否。例如, 就年平均值而言, 大通流量比汉口大 27%, 其标准差相应增大; 而济南流量仅为郑州的 89%, 同时标准差却比郑州大 15%。长江中下游年均流量的标准差约为累年平均流量的 23%, 黄河则为 58%。因此, 作为水资源而言, 长江是丰富而稳定, 黄河近 10 多年来则显得贫乏而多变。

(2) 黄河流量集中在 7~10 月。这 4 个月流量之和占全年的 58%, 月均为 14.5%。其他 8 个月占

42%, 月均 5.25%。尤其是春末夏初的 5~6 月, 农牧业大量需水, 而黄河却是枯水期, 矛盾尖锐突出。长江流量的月际变化较为均匀, 自 5 月份起逐渐增加, 5~10 月月均流量占全年的 12.0%, 其它各月平均占 4.7%。南水北调对解除北方的春旱特别有利。

(3) 黄河中下游年均流量在 1968 年以前主要为正距平, 1969—1985 年正常少变。自 1986 年起一直为负距平, 而且下游流量比上游剧减更迅猛, 导致下游在 90 年代连年断流。1997 年断流日数达 226 天^[2]。长江中下游流量在 1955 以前为显著正距平, 1956—1989 年以缓慢下降为主, 其间仅 1981—1984 年有连续 4 年的流量偏高, 90 年代以来逐渐增长, 1997 年以后有一个迅猛上升。

(4) 每 10 年流量的变化黄河主要表现在 7~9 月。从 30 年代至今总的说来是逐渐减少, 到 90 年代则出现一次猛降, 而长江每 10 年的流量变化相对很小, 只有中下游 7、8 月份在 90 年代因连年正距平而形成 50 年来的峰值, 相应是 1991—1998 年中的几次大洪水。

总之, 从以上分析得出: 长江水源丰富稳定, 黄河近 10 多年来则是水枯甚至断流, 这种差异对比在两江的下游更为显著。加之华北地区经济发达, 人口集中, 水资源短缺形势最为严峻。“南水北调”确是一个有利的战略决策。而且, 看来从东部调水更为有利。需要注意的是要恰当处理遇长江干旱, 特别是严重连旱年时, 在保证长江需水的同时, 其可调水量如何? 以及调水沿线分段的水量分配问题, 以促进南北的长期共同发展。至于水污染问题, 这是随着经济的发展, 不管从哪路调水都会遇到的困难, 只有伴随整个环境的治理与法制化管理来逐渐解决。

参考文献(References):

- [1] Sun Anjian, Gao Bo. A diagnostic analyses of serious flood/drought during summer season in the North China plane[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2000, 24(3): 393-402.
[孙安健, 高波. 华北平原地区夏季严重旱涝特征诊断分析[J]. 大气科学, 2000, 24(3): 393-402.]
- [2] Jiang Jianmin, You Xinglan, Gu Xianqian. 1998, The drought background of zero streamflow in the Yellow River in recent years and related suggestions[A]. In: Collection of Papers on the Weather Forecast Technology[C]. Beijing: Meteorology Press, 1999. 187-191. [江剑民, 游性恬, 谷湘潜. 近年来黄河断流的干旱背景及其对策[A]. 见: 天气预报技术论文集[C]. 北京: 气象出版社, 1999. 187-191.]
- [3] Chen Lieting. Regional Features of interannual and interdecadal variations in Summer precipitation anomalies over North China

- [J]. Plateau Meteorology, 1999, 18(4): 477-485. [陈烈庭. 华北各区夏季降水年际和年代际变化的地域性特征[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 477-485.]
- [4] Huang Ronghui, Xu Yanhong, Zhou Liantong. The interdecadal

variation of summer precipitations in China and the drought trend in the North China[J]. Plateau Meteorology, 1999, 18(4): 465-476. [黄荣辉, 徐彦红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 465-476.]

THE DISCHARGE VARIATION IN THE TWO MAIN RIVERS OF CHINA DURING THE RECENT HALF CENTURY AND THE RELATIONSHIP WITH THE SOUTH-TO- NORTH WATER TRANSFER PROJECT

YOU Xing-tian, ZHU He

(Chinese Meteorological Administration Training Center, Beijing 100081, China)

Abstract The monthly average discharge variations of Yellow and Yangtze River have been studied from the accumulated data in recent more than 50 years. Some interesting results have been shown that the interannual average discharge in the middle and low reaches of the Yangtze River is about 20 times of that in the Yellow River. The monthly flow of Yangtze River in the early summer (June) is about 50 times of that in the Yellow River. The significant flow of the Yellow River mainly appears from July to October. Comparison with other 8 months, the monthly mean discharge in each of these 4 months is about 14.5% of its total annual discharge, and in each of other 8 months, is only about 5.25%. The river flow of Yangtze River increases from May. The monthly average discharge from May to October is about 12% of its total annual discharge, out of this period, is only about 4.67%. In recent 50 years, the annual discharge anomalies of the lower reaches of the Yellow River was positive before 1968, was about normal from 1969 to 1985 and was negative from 1986. This negative anomalies tendency has been aggravated partly by the human behaviors, especially in the ninety's, it has resulted in the river flow sharply down and even led to interrupt the river flow frequently in the lower reaches of the Yellow River. Comparatively, there were a significant positive anomalies around 1953 to 1955 in the middle and lower reaches of the Yangtze River, after that it slowly decreased, then it was back to increase in the ninety's. An obvious increase appeared in 1997 to 1999, and was associated with several severe floods in the ninety's. All the evidences have shown that the Yangtze River has more water resource and more stable than the Yellow River. And the water resource in the Yellow River is varied and deficit, especially in the recent decade. So that the South-to-North Water Transfer Project is necessary and is a possible way to solve the water shortage in the North China, especially in the Spring and the early Summer.

Key words: Discharge; Anomaly; Water resources; The South-to-North Water Transfer Project; Yellow and Yangtze river.