

长江流域水资源利用与保护

Utilization and Protection of the Water Resources in the Changjiang River Valley

吴俊斌
(长江流域水资源保护局 武汉 430051)

一、流域及水资源概况

1. 流域概况

长江发源于“世界屋脊”的青藏高原唐古拉山北麓、各拉丹东雪山群的西南侧，海拔 6 621 米，流域位置处于北纬 24°27′~35°54′、东经 90°33′~122°19′之间，跨越 11 个纬距、32 个经距。呈东西长、南北短的形状，北以秦岭山脉，东北以西北~东南走向的伏牛山、桐柏山、大别山与黄河流域为界，南以南岭山脉、黔中高原、大庾岭、武夷山、天目山等与珠江流域及闽浙水系各流域为界，西南以横断山脉的宁静山与澜沧江为界。干流全长 6 300 公里。

从地貌上看，长江流域西北高而东南低，横贯我国大陆三级巨大阶梯，形成一个向东南倾斜敞开，直达太平洋的狭长地带。最高一级为海拔平均 3 500~4 500 米的青藏高原；第二级为海拔平均 1 000~2 000 米的云贵高原，1 000~1 200 米的川东山地，300~700 米的四川盆地；第三级为长江中下游地区，这里除海拔 1 000 米左右的山岭外，大部分为交错起伏，海拔在 200 米以下的丘陵和平原，而长江三角洲海拔多在 10 米以下。

整个流域距东海及印度洋较近，西南季风和东南季风均可长驱直入，流域的绝大部分都有季风活动，加之流域地域辽阔，气候、地形差异较大，河流的补给条件不尽相同，使得径流的时空分布也多种多样，其中雨水补给类可分为湘赣型、秦巴型和四川盆地型三种。湘赣型为汛期来临早，以春汛为主，夏汛次之，是我国春水多、秋水少的地区，最大三个月的水量多出现在 4~6 月。秦巴型以秋汛为主、夏汛次之，并可有春汛，是我国秋水多的地区，也是长江汛期最迟的地区，常有后期洪水发生，最大三个月径流常出现在 7~9 月，也可出现在 8~10 月，个别年份最大流量在 11 月。四川盆地型，以夏汛为主，径流集中在 7~9 月。雨水融冰补给类，属青藏型，夏秋连汛，汛期内河流水位涨落缓慢，最大流量只有年平均流量的 3~7 倍，基流偏高。

长江流域面积约 180 万平方公里，跨 18 个省、市、自治区，684 个县(市)，其中整个县(市)在流域内者有 640 个。据 1994 年资料，流域内总人口 4.02 亿，其中农业人口 3.15 亿，城镇人口 0.87 亿；耕地面积 3.44 亿亩，约占全国 1/4，95%分布在宜宾以下的流域东部，中下游又占 61.5%。

本流域为我国最重要的农业生产基地，约生产全国 40%左右的粮食，棉花产量占全国 1/3 以上。成都平原、江汉平原、洞庭湖区、鄱阳湖区、太湖区是我国最重要的商品粮基地。油菜、芝麻、蚕桑、茶叶等经济作物也占重要地位，淡水鱼产量占全国 60%以上。据 1994 年资料，流域年农业总产值约 3 900 亿元。

流域内工业发达，以上海、重庆、南京、武汉等大工业城市为中心，形成了完整的体系，工业总产值占全国 40%左右。长江是我国最重要的内河航运大动脉，干支流全年水深 0.3 米以上、航程 10 公里以上且有专业船舶运行的通航里程约 7 万公里，占全国内河通航里程一半以上，年货运量占全国内河运量的 65%左右。

2. 水资源分布特征

以流域为系统的水资源分布，全国共分成 10 个一级区，长江流域是其中的一个，也是最大的一个。按主要水系长江流域又可分成三个段 11 个分区，即上游段的金沙江、岷沱江、嘉陵江、乌江，上游干流区间共 5 个二级区；中游段的洞庭湖、汉江、鄱阳湖，中游干流区间共 4 个二级区；下游段的太湖、下游干流区间共 2 个二级区。(分区面积见表 1)

表 1 长江流域水资源分区面积 单位：平方公里

上游段		中游段		下游段	
分区名称	集水面积	分区名称	集水面积	分区名称	集水面积
金沙江	490 500	洞庭湖	262 400	太湖	37 200
岷、沱江	166 100	汉江	168 900	干流区间	88 300
嘉陵江	159 600	鄱阳湖	161 400		
乌江	88 400	中游干流区间	84 800		
干流区间	100 900				
合计	1 005 500	合计	677 500	合计	125 500

流域内各省、市、自治区根据以上分区,结合各分区所应考虑的因素,又将省、市、自治区内划分为若干小的分区,分别进行水资源量估算,将各省所属同一个二级区的水资源量相加得各二级区水资源估算量,再将 10 个二级区水资源量相加得出长江流域水资源总量为 9 600 亿立方米。(详见表 2)

表 2 长江流域分区水资源量 单位:亿立方米

上 游		中 游		下 游		全流域
分区名称	水资源量	分区名称	水资源量	分区名称	水资源量	水资源量
金沙江	1 532.5	洞庭湖	1 972.9	太湖	148.5	
岷、沱江	1 051.6	汉江	612.9	干流区间	507.2	
嘉陵江	716.0	鄱阳湖	1 383.9			
乌 江	537.7	干流区间	539.2			
干流区间	597.6					
合计	4 435.4	合计	4 508.9	合计	655.7	9 600.2

按省、市、自治区计算的水资源量、单位面积产水量、人均水量、亩均水量等特征值见表 3。福建省位于长江流域的面积约 1 000 平方公里,广东省位于长江流域的面积约数百平方公里,所占流域面积的份额较小,未作统计。

表 3 长江流域省(市、自治区)水资源特征值(1993 年)

省 名	西藏	青海	云南	四川	贵州	甘肃	湖北	陕西	河南
水量(亿 m ³)	87	173	461	3 048	655	108	981	316	68
面积(km ²)	29 200	169 300	109 100	550 600	115 700	38 400	184 500	72 500	27 400
产水量(万 m ³ /km ²)	29.7	10.2	42.2	55.3	56.6	28.1	53.1	43.5	24.8
人口(万人)	17	16	1 311	10 994	2 447	308	5 567	876	1 026
人均水量(m ³)	51 176	108 125	3 516	2 772	2 676	3 506	1 762	3 607	663
耕地(万亩)	23	14	1 264	9 517	2 049	335	5 090	644	1 318
亩均水量(m ³)	37 826	123 571	3 647	3 202	3 197	2 018	1 927	4 906	515
省 名	湖南	广西	江西	安徽	江苏	浙江	上海	全流域	
水量(亿 m ³)	1 566	87	1 401	447	120	69	22	9 600	
面积(km ²)	206 100	8 340	163 400	66 400	38 900	12 700	6 340	1 800 000	
产水量(万 m ³ /km ²)	75.9	104.3	85.7	67.3	31.8	54.3	34.7	53.3	
人口(万人)	6 151	143	3 814	2 370	3 054	820	1250	40 211	
耕地(万亩)	4 836	131	3 455	2 008	2 443	612	453	34 395	
人均水量(m ³)	2 545	6 084	3 673	1 886	3 930	841	1 760	2 387	
亩均水量(m ³)	3 238	6 641	4 054	2 226	491	1 127	486	2 791	

长江流域水资源总量巨大,年均约 9 600 亿立方米,仅次于亚马逊河与刚果河,居世界第三位,相当于黄河、淮河、海河水资源总量的 5.5 倍,居全国第一位。长江流域按上、中、下游划分,中游和上游几乎各占总水量的一半(分别占 47%和 46%);按 11 个分区分析,水资源的补给量,洞庭湖区最大,20.5%;金沙江区次之,15.9%;鄱阳湖区居三,14.4%。就单位面积的产水量而言,以上、中、下游划分,中游最大,达 66.6 万立方米。按 11 个分区划分,鄱阳湖区最大,达 85.7 万立方米,金沙江区最小为 31.2 万立方米。按行政区划分,广西最大达 104.3 万立方米,青海最小仅 10.2 万立方米。

长江流域人均水资源量 1993 年为 2 387 立方米,略高于全国平均水平,约为世界人均水量的 1/4,是偏低的,且时空分布不均。青海因地广人稀,人均水量最大达 108 125 立方米,河南最小仅 663 立方米。(详见表 3)

长江流域耕地的亩均水量 1993 年为 2 791 立方米,也因各地耕地量和产水量的不同,地区间的差异较大,青海最大达 123 571 立方米,上海最小仅 486 立方米。(详见表 3)

二、水资源利用

1. 概 况

长江流域水资源利用种类按用水特点共三类。第一类为耗水用水,如农业用水、工业用水、生活用

水等,其特点是需有供水工程保证供给,用水的一部分(工业用水约 90%、农业用水约 50%)向江、河、湖、库回归,回归水可导致江、河、湖、库水质的恶化。第二类为不耗水用水,如旅游用水、航运用水、生物用水等,其中旅游和航运用水可导致水域水质恶化,水质和水文状况的变化则可导致水生生

物区系及结构的变化。第三类为跨流域调水,在缓解外流域水资源不足的同时,对本流域取水点下游的用水和水环境都可产生程度不同的影响。

当前的实际年耗水用水约 1 640 亿立方米,水资源利用率为 17%,总的说来,基本上可以做到以需定供,满足国民经济各需水部门的需水要求。

随着人口增加及人民生活水平的提高,国民经济的进一步发展,流域内的需水量将同步增加,为此将新建或改建一批蓄水、引水和提水工程,大规模、跨流域调水工程也将付诸实现。但在规划年内水资源总量仍可满足需水要求。

2. 水资源利用

——农业用水 长江流域现有有效灌溉面积约 2.2 亿亩,实际灌溉面积约 1.9 亿亩,遍布全流域各省、市、自治区。其中四川省的有效灌溉面积和实际灌溉面积均名列前茅,分别为 4 290 万亩和 3 660 万亩。农业用水取决于灌溉面积和灌溉定额,当前年实际用水量约 1 000 亿立方米,居各用水户之首。预测随着农业生产的发展,实际灌溉面积将逐年增加,但增长率不会很高。

——工业用水 是本流域的第二用水大户,当前的年实际用水量约 410 亿立方米,占总用水量的 25% 左右。工业用水取决于工业产值、工业结构及工艺的科技含量等。需水量将逐年递增,其年均递增率约 3~4%。

——城镇生活用水 城镇生活用水量取决于城镇人口和人均耗水量,按当前的人均用水量 200 升/日计算,全流域城镇年生活用水约 64 亿立方米。预测 7~8 年,需水量就将增加 1 倍。

——环境用水 美化、净化环境,采用人工措施创造水流、水域的用水称环境用水。总的说来,环境用水的水量有限,但随着人们对环境质量的日益重视,其用水范围和用水量也在逐渐扩大。

——跨流域调水 北方水少、南方水多的基本事实,在经国务院批准的《长江流域综合利用规划报告》中就明确了长江有向其它流域调水的任务。目前在湖北、江苏等地建有调水工程,并有一定水量外调。正在论证中的南水北调中线工程,规划年均调水量约 150 亿立方米。

——航运用水 长江水系通航里程约 7 万余公里,占全国内河总通航里程的 70%,是我国内河航运最发达的河流。航运不耗水,但可影响水质,因排污、海损、沉船等原因已对长江水质造成了不容忽视的影响。

——旅游用水 长江流域旅游水体众多,且知名度高,如长江三峡、太湖、洞庭湖、滇池等,随着旅游条件的改善新的旅游水体还在逐步形成,如清江等。忽视管理,旅游也可污染水质。

——生物用水 长江是我国水生物种和资源

的宝库。水产量占全国淡水水产总量的 50%,有鱼类 300 余种,其中 1/3 为特有种类,还有包括白暨豚等在内的 9 种国家重点保护水生生物。此种状况与长江流域丰富多样的水环境息息相关,在开发利用长江水资源的同时,必须高度重视水生生物与水环境的依存关系。

3. 水资源利用设施

水资源的有效利用必须有一定的水利设施予以保证,为此长江流域兴建了大量的水库和堰塘用于拦蓄水资源,泵站用于提水,渠道用于引水,从而基本保证了各用水户的需水要求。

水利设施提供的供水能力就流域内几个分区而言,太湖区的供水能力最大,其蓄、引、提水量占当地多年平均径流量的 90% 以上;其次为长江下游干流区和长江中游干流区,均在 30% 以上;金沙江区的供水能力最低,约 3%。

为了满足日益发展的需水要求,今后还将兴建大量的专用供水工程和综合利用水利工程,如金沙江提水工程、岷江水系的紫坪铺水库、嘉陵江水系的亭子口水库等。

三、水资源利用的水质效应问题

1. 基本特点

水资源利用的水质效应是指用水及其回归水对水体物理性质和化学性质的影响。

在长江流域的所有用水中,农业用水是最大用水户,其向江河回归的水量也最大。由供水工程向农田供水时,除作物吸收及蒸发消耗的水量外,其余部分潜入地下,再向江河回归。实验证明,灌溉用水最终进入江河时,其对水体水质的影响,总的说来并不显著。城镇工业及生活用水,由于其污水量大、处理率低、排放集中(成点状),目前是造成长江流域部分江、河、湖、库水质污染的主要因素。航运业在长江流域所属航道发展不平衡,部分主航道由船舶沿途(成线状)造成的油污及任意排放的垃圾和废水对水质的影响已日益受到人们的关注。

2. 水质现状

根据长江流域 680 余个县及县以上城市统计,全流域近年的年度污水排放量为 142.38 亿吨。其中,工业废水量 106.54 亿吨,占 75%;生活污水量 35.84 亿吨,占 25%。流域涉及的 18 个省、市、自治区中,湖北、江苏、四川、湖南、上海、江西六省、市的废污水排放量为 120.53 亿吨,占流域总量的 84.6%,是废污水的主要产生地。工业废水的处理状况各省、市、自治区间的差别很大,处理率介于 36.0~74.0% 之间,达标排放率介于 33.6~65.7% 之间,随废污水外排的主要污染物质为悬浮物、化学耗氧量、石油类、挥发酚、氰化物、硫化物、汞、镉、

铬、铅、砷等。

长江干流沿岸工农业生产发达、城市化程度较高,自攀枝花市以下 3 600 公里干流两岸,分布有 21 个城市,是长江干流的主要污染源。据统计上述城市的废污水总量为 63.22 亿吨(约占流域废污水量的 44%),其中工业废水 45.98 亿吨,占 73%;生活污水 17.24 亿吨,占 27%。在 21 个干流城市中,上海市排放废污水量 19.58 亿吨,武汉 11.47 亿吨,南京 10.07 亿吨,重庆 5.6 亿吨。四市累计排放的废污水量占上述城市废污水量的 73.4%。

在上述工业及生活废污水及其它因素的影响下,根据实测资料统计,全流域丰水期和枯水期水质,满足 I~II 级的河长占评价河长的 64.40~69.46%,III 级占 24.82~21.41%,IV~V 级占 10.78~9.13%。

总的说来,长江流域水质尚好,满足 I~II 级水质的评价河长占 2/3 左右。干流中泓水质尤好,系长江水量巨大、江面宽阔、河流稀释自净能力较强所致。但长江干流局部岸边水质较差,形成岸边污染带,部分支流主要城镇江段严重污染,部分湖泊富营养化的问题十分突出。在长江干流 21 个城市江段中,污染带总长 452.3 公里,其中南京长 122.8 公里、武汉 77.3 公里、上海 52.3 公里、岳阳 29.5 公里、重庆 27.4 公里、镇江 21.2 公里,六城市累计污染带长度占长江干流污染带总长的 73%。若干支流段也常常成为污染水体。湖泊中的太湖、滇池、巢湖严重富营养化,湖泊的原有功能严重丧失,被列为国家重点治理对象。

3. 水质预测

决定长江流域水体未来水质的因素很多,其中最为直接的因素有:水质状况、用水状况、自然环境状况和管理状况。

目前长江流域的径污比为 68:1,说明长江流域的仍具有一定的水环境容量可以利用。亦即从目前的水质状况分析,长江流域有合理利用其水环境容量,有条件地进一步接纳废污水的可能。但随着工农业生产的发展和人口的进一步增加,城市化水平的进一步提高,以及从我国水资源分布的具体状况分析,有可能将耗水量较大的产业侧重安排于长江流域,因此用水量还将逐年增加,废污水量的增加也将是难以逆转的趋势。

环境保护是我国的基本国策,保护水环境的管理力度正在进一步加强。当前正在执行对 15 种污染严重的小型企业实行强制关停的政策,进一步将实行污染物总量控制的政策,这必将有利于水环境质量的改善。

长江流域的未来水质,大致可分成三类。第一类为维持现状型,主要分布于人类活动相对薄弱的地区,如干流和部分支流的源头区、峡谷区等,水质

一般较好。第二类为改善型,当前已经严重污染的重要水体,湖泊中如太湖、巢湖、滇池等,支流如黄浦江、秦淮河、大运河等,随着治理力度的加大,水质逐步好转,原有环境功能逐步得到恢复。第三类为恶化型,主要分布于污水量还将增加,污染物质没有得到有效控制的地区。

四、水资源保护问题

水资源保护应该包括水量和水质两个方面。

1. 水量保护问题

尽管长江水资源丰沛,即使遇到枯水年,也有 6 000 亿立方米以上的入海水量,但从用水角度分析同样存在缺水问题。缺水问题在性质上可分三类。即工程性缺水,由普遍存在的供水设施不足或老化形成;季节性缺水,由枯水年降水不足造成;地区性缺水,因水资源在区域间分布不均形成。工程性缺水是伴随需水不断增加而经常发生的问题。因此提倡节水是保护长江水资源最具意义的措施之一。应该通过开发节水技术、加强节水管理、运用经济手段等将节水工作真正落到实处。季节性缺水既可以是年内缺水,也可以是年际缺水,但都可以通过兴建规模不同的蓄水池(水库)将水资源储存起来,以丰补欠为用水户服务。对于地区性缺水,又难以利用蓄水措施解决需水要求的地区,在工业上主要应以发展耗水量不大的产业,农业上应以发展旱作等调整产业结构的方式,保护珍贵的水资源。

2. 水质保护问题

水质污染问题在长江流域的部分水域已经严重存在,并有进一步恶化的趋势。人们的环境意识日益提高,对优美环境的要求越来越高。这些原因决定了水资源保护的重点应为水质保护,应加强下列工作。

——水质监测 全流域现有水质监测站 551 个、监测断面 680 个,监测项目 20~36 项,为全面了解长江水质提供了重要的基础资料,但尚不能适应管理要求,不能反映污染物种类不断增加的趋势,必须加强区界(包括省界和地、市界)水质的监测,并顺应工农业发展的情势,调整监测项目。

——水域功能区划 目前长江流域仅在部分水域开展了水域功能的研究并作出了相应的区划。但全流域的工作还极为薄弱,有目标、有计划、分步骤地完成全流域的功能区划已到了必须尽早实施的阶段。

——水环境容量研究 从可持续发展的角度考虑,合理利用部分水体的环境容量是促进地区经济持续发展的客观需要。因此应在经批准的水域功能区划的基础上,就水环境容量进行充分研究,提出合理利用的意见。

——水资源保护规划 从流域的角度分析,现有规划缺乏宏观指导,内容须进一步具体,提高可操作性。重点一方面应放在污染水体如何治理,另一方面应放在水域功能如何保护上来。

——管理体制 现有水资源管理实行的是以块块为主的模式,这固然为保护块块内的水资源起了积极作用,但极易忽略上、下游,左、右岸,江、湖,用水和排水之间的矛盾。因此应该吸收国内外水资源保护方面的经验和教训,实行流域指导下的块块分工负责的管理模式。

——法制建设 现有法规业已发挥重要的作用,但从长江流域的特点出发,还应在现有法规的基础上,制定针对保护长江的《长江法》。

——管理机构 顺应以块块为主的管理模式,目前在管理上实际起作用的是以省、地(市)为主的地区性机构,这就不可避免地出现了由局部带来的种种问题。为了顺应流域管理为主的管理模式,必须明确和强化流域水资源保护机构的法律地位及管理职责。

(责任编辑 刘先曙)

彩图说明

试管繁殖植物的各种生殖器官

陆文樑

(中国科学院植物研究所,研究员 北京 100093)

离体条件下成功地诱导植物各种生殖器官的直接再生,在器官分化的机理研究和实际应用上都具有重要意义。在机理研究上,生殖器官直接再生的成功突破了组织培养 70 多年来只能诱导营养器官直接再生的禁区,表明植物的所有器官都可以直接分化形成。从这些器官诱导再生的共同点和不同点中找到的规律有可能揭示植物组织培养诱导器官分化的内在机理。在实际应用上,试管中大量繁殖植物的雌、雄生殖器官将使工厂化生产真正的种子和人工果实成为可能。由于免去了从种子萌发到生殖器官分化的整个过程,获得这样的种子和果实的时间将大大缩短。同时,诱导试管中的组织块直接分化各种生殖器官将成为非常好的实验系统。用它来研究生殖器官分化和发育的必须条件、环境条件对性细胞发生和发育的影响,对受精过程和胚胎发育的影响,以及环境因子对生殖器官发育特异基因表达的调控,将是十分理想的。

近 10 年来,在国家自然科学基金的支持下我们成功地诱导了外植体直接分化的小穗、花芽、雄蕊、雌蕊、花柱、柱头、胚珠及果实。雌、雄性器官和小穗的直接分化是本世纪初开始植物组织培养以来第一次成功,从而使我国控制生殖器官再生的研究居世界领先地位。

本期刊出的彩图是我们在 10 年左右的时间内获得成功的各种试管生殖器官。

封二图 1、图 2 从花粉发育时期处于单细胞的风信子花蕾中分离的小块花被外植体在培养中直接形成花芽并开花。图 1 为在 MS 附加玉米素 0.1mg/L 和 2,4-D 0.001mg/L 的培养基上培养 1 个月以后直接形成的许多密集在一起的幼花蕾,图 2 为将这些有幼花蕾的外植体转移到 MS 附加玉米素 0.1mg/L 和 2,4-D 0.001mg/L 的培养基上后逐渐开花,同时花被转变成兰色。

封二图 3 从花粉处于 2 细胞中期的风信子花蕾上

分离的花被外植体在 MS 附加 6-BA 2mg/L 和 2,4-D 0.001mg/L 的培养基上培养 2 个月后,转移到 MS 附加玉米素 0.2mg/L 和 NAA 0.005mg/L 的培养基上,雄蕊大量分化。

封二图 4 从花粉发育处于 2 细胞晚期的风信子花蕾上分离的花被外植体在 MS 附加 6-BA 2mg/L 和 2,4-D 0.01mg/L 的培养基上培养 14 天后,转移到 MS 附加 6-BA 0.1mg/L 和 2,4-D 0.01mg/L 的培养基上,诱导了胚珠的直接分化。再生胚珠是直立的而自然状态下的风信子胚珠是倒生的。

封三图 1、图 2 从 24mm 长的番红花花芽上分离的花被外植体可以诱导花柱和柱头的直接分化。图 1 为 LS 附加 K5mg/L 和 NAA 4mg/L 的培养基上花柱大量形成。图 2 为在 LS 附加 6-BA 7mg/L 和 NAA 9mg/L 的培养基上柱头大量分化。在柱头表面可观察到乳突。

封底图 1~3 从直径 8mm 的番茄幼果上分离的组织块可以在离体培养中分化果实状结构并发育成熟。图 1 为在 MS 附加 6-BA 2mg/L 和 NAA 0.01mg/L 的培养基上外植体分化了 3 个小番茄。图 2 为小番茄长大。图 3 为小番茄成熟,转变成红色。

封三图 3、图 4 和封面 从花粉发育处于减数分裂的小麦小花中分离稃片作为外植体,在 MS 附加 2,4-D 2mg/L 和 6-BA 0.1mg/L 的培养基上先诱导愈伤组织形成然后转移到 MS 附加不同浓度的外源激素的培养基上诱导雌蕊和小穗的形成。图 3 为转移到 MS 附加 6-BA 1mg/L 和 2,4-D 0.01mg/L 的培养基上诱导雌蕊的大量形成。雌蕊具羽毛状柱头,在光照下子房转变成绿色。图 4 为转移到 MS 附加 2,4-BA 2mg/L 和 6-BA 2mg/L 的培养基上,由愈伤组织直接分化出不同发育时期的小穗。封面为小穗发育成熟。

(责任编辑 王宏章)