

南水北调中线工程不宜选择丹江口水库为取水口

The Danjiangkou Reservoir Isn't Suitable for Drawing Water on the Middle Line of the South-to-North Water Transfer Project

霍有光

(西安交通大学人文社会科学学院,教授

西安 710049)

今年6月初,国内几乎各大报纸都刊登了“南水北调日程表”已经排出的消息,拟于今年拿出规划思路,力争“十五”期间开工,“2010年中线通水”,“届时,北京人将坐在家中喝到长江水”。笔者认为,南水北调中线工程(以下简称中线工程),依托丹江口水库为取水口是不适宜的,为确保将来持续有水可调,必须另行选择中线调水工程的取水口!

一、中线调水不宜依托丹江口水库为取水口

中线调水工程拟依托丹江口水库为取水口,是20世纪50年代提出并开始规划的。然而,随着时代的发展、人与自然环境系统的巨大变化,可谓彼一时也、此一时也。就是说,汉水流域将面临由过去“富水”,逐渐沦为并不富水甚至缺水的地区。因此,

不超过25km,但隧洞长施工慢,技术条件要求高,还可能产生岩爆、排水等问题,影响施工进度和投资。第二方案多一级提水,还要建一个较高的面板坝。其中高扬程、大流量的水泵,可能要从国外进口;面板坝要求的质量高,施工时间长,难度也大。因此二者各有利弊,但后者的难度可能还是大些。

(2) 效益评价 此处的效益包括经济、社会和环境效益3个方面。经济效益:一方案主体工程的总投资70多亿元;二方案估计超过100亿元,后者是前者的1.4倍。后者在调水过程中可能多发出30万kW的电力。如果按0.2元一度计,年收入4.2亿元,10多年的时间才可收回投资。如果计算运行成本费,还本年限还可能增长。目前电力市场不景气,多发电不一定能多卖钱,所以从当前来看规模不宜过大。社会效益:第二方案充分利用现有地形,能较好发挥水资源的动能,能有力地支持工农业发展。如果按每度电的产值计算,社会效益也是大的。不仅如此,沿河道放水,增加地表供水量,也有利于沿途居民供水。环境效益:第二方案扩大水面面积有利于小气候变迁,对林草生长有利。

(3) 供需评价 做任何事情一般都有利有弊,但必须利大于弊。评价一件事情,必须首先衡量设计目的。如果目的达到了,其它方面虽不尽人意,但只要不影响大局,也是可以接受的。顾名思义,长江

中线调水工程已不宜选择丹江口水库为取水口。

时下中线调水规划的要旨是,加高丹江口水库的现有大坝,拦截丰水期大约140亿 m^3 的弃水,并以此为水源,沿伏牛山和太行山山前平原开凿引汉总干渠,全线自流引水,在郑州西部穿越黄河抵北京玉渊潭。全长1241km,黄河以南长466.1km,不通航渡槽10.2km;黄河以北长764.7km。沿途可居高临下自流供水到华北平原,供水范围涉及湖北、河南、河北、北京、天津五省(市),近期年均引水量145亿 m^3 ,后期拟从三峡引水,调水量累计可达220~230亿 m^3 。

汉江是一条水资源比较丰富的长江支流,中线调水水源基本形成于丹江口以西的上游地区。上游河段主要穿行于陕西境内的秦岭、大巴山之间,长约925km,集水面积9.52万 km^2 。资料表明,湖北钟祥碾盘山站年均径流量为539亿 m^3 ,年均流量1710 m^3/s 。汉江径流年际变化较大,最大最小年径流量相差

补水是补水而不是补电,近期补水100亿 m^3 完全满足了北调水量的要求,且大幅度地改善了中线方案带来的一系列水环境问题。因此,在调水量相同的情况下,应尽量选择工程难度小、投资少、施工简易的方案。所以在暂不考虑后期方案的情况下,首期工程的第一方案优于第二方案。

展望未来,如果届时能源出现短缺,则补水的目的就是既要增加水量,又要求增加有效能源,到那时二级提水可一箭双雕,就比一级提水好多了。

综合上述比较,本文中推荐首期工程中的第一方案,即一级提水300 m^3/s 。待三峡水库全部建成,综合国力和华中电网负荷进一步增加,峰谷差不断拉大后,到那时为了多利用晚上余能,再将输水线路改用两条,提水时间基本改在晚上进行,即谷电抽,峰电停;平日少抽,节假日多抽;多利用已建水库(含丹江口水库)调节,降低电网峰谷差,大幅度减少提水成本,把补水用于抽水蓄能式的电站。

上述推荐的第一方案总投资估计70多亿元。由于补水,丹江口水库正常水位可降为165m,库区少淹没约10~12万人,比原中线方案节省投资约50亿元;汉江中下游补偿工程中可省掉引江济汉工程投资20亿元。增加的投资与节省的投资几乎相当。故从经济上看中线工程增加补水方案是适合的。

(责任编辑 蔡德诚)

约 6 倍。径流主要来自汛期(7~10 月),占年径流量的 65%。丹江口水利枢纽工程位于汉江上、中游的结合部,库容 209.8 亿 m^3 ,其中防洪库容为 78 亿 m^3 ,总装机 90 万 kW 。

丹江口水库一期工程已建成的大坝,坝顶高程为 162m,最大坝高为 97m,丹江口坝下水面高程为 65m。人们之所以选择丹江口水库为取水口,其原因是汉江汛期,丹江口水库大约还有 140 亿 m^3 的弃水,如果将大坝加高 14.6m,正常蓄水位抬高 13m,达到 170m,就可把这笔“富裕”的弃水蓄起来,增加库容 116 亿 m^3 ,成为南水北调的水源。若从“坝上”调水,可以实现自流;若从“坝下”调水,要修建数十米高的提扬工程。然而,无论采取那种方案调水,依托丹江口水库为取水水源,从未来发展看,其实都是欠妥当的。

把丹江口水库作为南水北调的水源,最大缺陷是没有考虑汉江上游地区即陕西汉中、安康、商州 3 个地区的未来发展问题。丹江口水库上游的支流主要有两条:一是汉水,流经汉中、安康地区;二是丹江,流经商州地区。其中汉中地区(1 市 10 县)人口为 362.67 万,安康地区(1 市 9 县)人口为 289.6 万,商州地区(1 市 6 县)人口为 233.33 万,人口累计达 885.6 万(资料截止 1997 年)。以上 3 个地区,目前属于陕西相对贫困的地区,几乎没有像样的工业。随着西部大开发的全面展开,汉中、安康、商州国民经济全面起飞,作为上游集水区,层层拦蓄,用水量急剧增长,进入丹江口水库的水量将会锐减,丹江口水库的调水水源,将来是没有保证的。据商州的一些同志讲,童年时所见到的丹江水流很大,常常在河里捞鱼,现在看到的丹江,则往往河里没有水。此说可作为中线调水拟取水于丹江口水库的预警。

若进一步分析,以丹江口水库为取水口,还会出现如下不利因素。

1. 若从坝上调水,会闲置 90 万 kW 水电发电机组。

2. 坝上取水,必丧失坝上航线(水库装有 150t 升船机,航程在 330km 以上,可达陕西旬阳、安康、汉阴、石泉)与坝下航线。坝下取水,必丧失坝下航线(长 858km,可抵汉口),其中丹江口至襄樊 326km 可通航 150t 级船舶;襄樊至利河口 130km 可通航 200t 级船舶;利河口以下 402km 常年可通航 300t 级船舶,500t 级轮船、驳船可季节通航。丹江或汉水的航运业从此寿终正寝。若将每年因丧失航运而构成的经济代价计入调水的全成本,其水价之高恐怕绝大多数用户都难以承受。

3. 无论从坝下还是坝上调水,都将影响汉江中下游的淡水养殖业。若从坝上调水,会丧失库内的淡水养殖业。

4. 汉江将成为一条小溪,造成中下游工农业生产发生水荒。丹江口水库以下,汉水直接流经的市县有老河口市、谷城县、襄樊市、襄阳县、宜城市、钟祥市、潜江市、天门市、仙桃市、汉川县、武汉等 8 市 3 县。汉江是湖北省主要饮用水源,汉江中下游地区人口达 2 200 万,占湖北全省人口的 1/3 以上。1997 年,汉江中下游地区国内生产总值占湖北全省的 45.4%。假如汉江变成一条小溪或发生断流干涸,

仰仗汉水滋养的这些市县,工农业生产与城乡生活用水将受到致命的威胁,尤其是武汉市数百万居民,60%的生活用水(即自来水)取自汉江,武汉国民经济可持续发展亦将受到严重影响。

5. 假如汉江上游来水锐减,汉江中下游工农业污水、生活污水汇入汉江后,水环境将难以维系自净能力,水质将发生严重的恶化,汉江所剩的水资源从此根本无法利用。据《科学时报》1999 年 8 月 9 日转引《长江日报》公布的最新调查资料显示,汉江湖北段 8 条支流已有 5 条大部分断面水质超过五类水体标准,丧失了使用功能。而汉江武汉段现有工业及生活污水排放口 17 个,年污水排放量达 4425.3 万 t,数度发生水体浮游植物疯长,产生类似于海洋赤潮的“水华”现象,水体变为深褐色。

《中国环境报》、《西安晚报》2000 年 3 月 18 日报道:汉江自 2 月 25 日起,水体开始发生变化,藻类急剧繁殖,截止 3 月 2 日,藻类含量已由过去平均每升 300 万个骤增至 4 400 万个,水体成为褐色,呈现“水华”的江段长度达 300 多 km,以武汉江段最为严重。武汉 4 家以汉江为取水水源的自来水厂,不得不采取紧急措施,不惜成本做净化处理。3 月 8 日至 9 日,湖北省环境监测中心站对汉江中下游江段进行监测,结果表明,硅藻和绿藻各占 40%左右,蓝藻、裸藻、甲藻和隐藻约占 20%,多数藻类属中污型,说明汉江干流污染严重,富营养化程度逐渐加剧。因水藻呈几何倍数增长而导致的所谓“水华”,通常出现在静止的湖泊或死水之中。汉江作为一条流动的大河,开始频繁发生水华现象,实质是为国人预警了上游用水日益增长再叠加汉江水资源大规模外调后必将出现的生态景象,届时汉江势必彻底丧失饮用、灌溉、养殖、观赏旅游等使用功能。

6. 未考虑气候变化即干旱年份丹江口水库的实际供水能力。据北京气象学院章淹等先生^[5]提供的数据,丹江口水库多年平均入库水量为 383.4 亿 m^3 ,平均年蒸发量为 2.213 亿 m^3 ,保持正常蓄水位的相当库容量为 174.5 亿 m^3 。通过对丹江口水库的来水量进行建模分析,保证率大于或等于多年平均来水量的年份仅占 43%,10 年一遇的大旱年入库水量为 218.4 亿 m^3 ,百年一遇的特大旱年入库水量为 133.0 亿 m^3 。

遇到持续旱年时,丹江口水库来水量将会锐减,中下游用水将出现短缺。例如,1965~1966 年,汉江和南阳(有唐白河水系汇入汉江)一带出现范围较大的中等干旱,到 1966 年,丹江口水库的入库来水量剧跌了 78%,只剩下 179.1 亿 m^3 ,不足多年平均量的 1/2,仅稍高于维持水库自身正常蓄水位的水量。又如,1976~1978 年汉江上游汉中、郧县等地出现干旱,1991~1995 年汉江上游安康、汉中出现持续干旱,水库的来水量跌至 300 亿 m^3 以下,其中 1995 年入库水量为 217.14 亿 m^3 。不难看出,用丹江口水库多年平均入库水量(383.4 亿 m^3),减去中等干旱年份实际来水量(小于 300 亿 m^3),干旱年份丹江口水库入库水量比正常年份大约要减少 83~166 亿 m^3 。可见,若出现中等持续干旱的年份,丹江口水库实际上也没有多少水资源可供外调。

二、中线调水以湖北长湖作为取水口的优越性

以往考虑从丹江口水库调运大约 145 亿 m^3 的“南水”，是在原先汉江上游流域生产力水平比较低下，设想工农业水平与人口数量维持现状、用水量不大的前提下进行规划论证的。中线方案的局限性是未能考虑汉江流域的工农业用水量与经济、人口同步增长问题。通过以上分析，至少有 3 点启示。(1) 为了避免丹江口水库将来无水可调，必须另选取取水口。(2) 长江中游虽然污染较严重，但从中游干流取水，比东线江都取水，可避免受纳长达 1200 km 干流中汇集的点状、面状、线状污染物。此处“南水”的水质，比东线污染程度要轻得多。如果加强宜昌以上长江集水区污染整治工作，水质控制到二级至三级水准，那么调水还有一定的意义，至少可供农业灌溉使用。(3) 为了保证取水口有充足的水源，调水的起点应始于长江干流。总之，只有依托具有强大蓄水（包括汛期与非汛期之来水）功能的三峡水库，充分利用滞留洪水形成的时间差，在非汛期向华北调水，中线调水才具有可行性与安全性。

应该指出的是，中线调水线路从总体上看还是可取的。主要有 3 点。(1) 自唐河以北的选线是比较理想的。(2) 从工程投资、施工难度、运行成本等因素来考察，中线调水是以往南水北调诸方案中，仅逊于东线调水的理想工程。它的投资相对较少，工期相对最短，水价相对较低，收益相对较大。(3) 若从供水区受益面积来考察，由于它的地理位置高于东线工程，故自流覆盖的地域比东线要广。所以，为了保证中线未来有水可调，合理布置调水线路，避免未来走弯路，只需对取水口稍做改动即可。

笔者建议中线工程的调水线路应该修改为：长湖（取水口兼调蓄库，位于荆州市北）—钟祥—襄樊—方城—郑州。到郑州以后，调水线路可分为两支：一支为原中线线路，过黄后经河北抵北京玉渊潭（终点）；另一支入黄，利用黄河河道自流到位山，然后入运河抵天津（终点），与原东线方案在位山过黄后的调水线路一致。（参见图 1）

修正后的中线调水线路，最大优点是突破了丹江口水库供水数量的限制。把取水口改为直接从长江引水，既干扰汉江流域未来发展对淡水的需求，也对富水的长江中游河段，不会产生大的影响。尽管由全线自流改为先提扬大约百米然后再全线自流，但这是我国目前国力能够承受的。更具体地说，其优越性有以下 9 点。

1. 可利用三峡工程形成的巨大库容，在长江丰水期，尽量储蓄上游来水，发电设施则从容地利用全部库存水源来发电。

2. 以葛洲坝下游荆州市北的长湖（海拔 30.5 m ）为取水口，且长湖有三峡水库作为水源调节库，为中线实现常年不间断调水提供了可靠的水源保证。长湖是湖北第三大湖，面积 $122 \sim 150 \text{ km}^2$ ，库容为 2.71 亿 m^3 。长湖经综合治理，挖掘了四湖总干渠，建有泄水闸，南岸筑有长湖库堤，堤顶高 34.5 m ，顶宽 6 m ，设计洪水水位 33.11 m 。如果能在此基础上

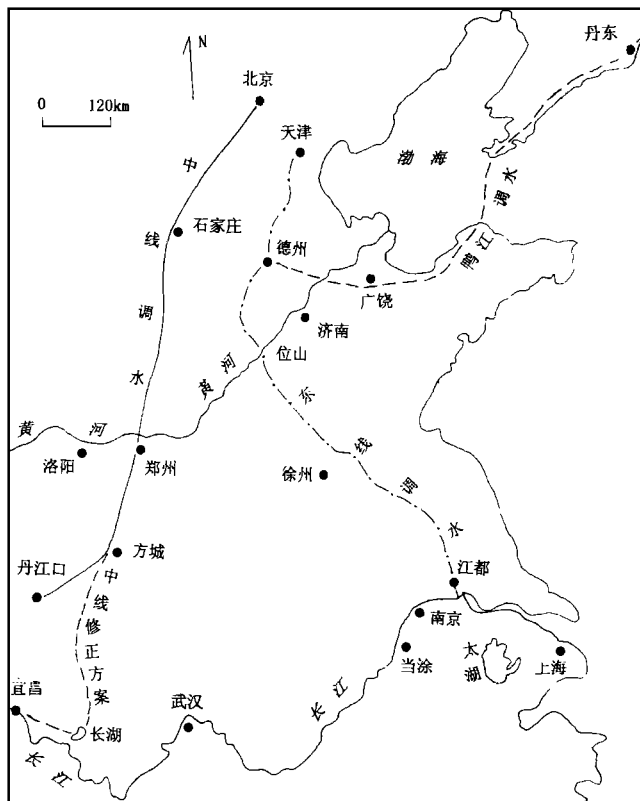


图 1 南水北调中线方案及修正方案示意图

进一步加高加固大堤，由枝江（或江陵、宜昌）引水入长湖，使正常水位达到 33 m ，比原正常水位高出 2.5 m ，则可将提扬高度减少 2 m 。三峡水库建成后，防洪库容可达 221.5 亿 m^3 ，最大库容达 393 亿 m^3 ，最大坝高 183 m ，最高水位 175 m 。选择长湖作为取水口，可尽量容纳来自三峡、葛洲坝两级大坝拦蓄发电后的弃水，实现 3 个梯级水库拦蓄，长江水资源从而可得到充分的利用。

值得一提的是，1998 年长江大洪水之后，中国地质大学殷鸿福院士等（1999）^[4]建议开挖“江陵—长湖—潜江北—汉水”运河，在中游洪水威胁最大的荆江河段，对长江进行分流。此线路曾是长江故道，新开这条分洪河道，可以消减荆江洪水，实现错峰削峰，使荆江洪水可以提前到达武汉。运河串联了长湖，把长湖作为调蓄水库，这一设想与中线调水修正方案相结合，可以获得调水与分洪并举的双重效益。

3. 可避开江、淮、海地区大致同步进入汛期的涨水季节。以长湖作为中线提扬工程的起点，总扬程约在 100 m 以内（按：东线江都水利枢纽工程总扬程为 65 m ），利用较为平缓的汉水谷地与唐河谷地，经钟祥—襄樊（东津镇）—方城，穿越分水岭，主要非汛期可为华北地区供水。如果每年调运 500 亿 m^3 江水，大约需要装机 390 万 kw 。按目前我国现有国力与葛洲坝的发电实力（总装机 1820 万 kw ），以水（发电）养水（工农业用水），显然是能够承受的。

有必要指出的是，1998 年 4 月，长江水利委员会黄伯明等先生在《科技日报》发表《关于解决黄河断流东部缺水的建议》一文中，提出从三峡水库上游的支流——大宁河提水，注入湖北堵河（丹江支流），自流入丹江口水库，与中线调水线路相接，向

华北调水。该工程除必须开凿 19km、26km 长的两条隧道外,还需提扬 500m,比由长湖提水,扬程多出 400m。也就是说,从长湖提水所消耗的电价,只有从大宁河提水所耗电价的 1/5,调水的运行成本低。

4. 利用获得的 130 多米的水位高程,自流调水抵郑州西部过黄、入黄,可兼顾中线与东线方案,而水质比东线调水要好得多。一是过黄,可与河南、河北拟建的中线线路相符合,通过开凿运河,自流调水至北京。二是入黄,可利用现有黄河河床顺流而下,提供了刷黄水量,并为黄河两岸分布的引黄工程增加了水源,扩大了获益面积,沿线地下水漏斗将得到较大的补给。据水利部水文司 1995 年 12 月对黄河水质的评价表明,4 级以上的污染河段已占评价河长的 71.3%,刷黄水量亦兼有清洗黄河河道、稀释入河污水的作用。三是顺河而下抵山东位山后,能够直接引入鲁北运河,然后经鲁北运河、南运河一路自流入天津。部分淡水仍继续下流,可解决位山以下沿黄两岸的用水问题,从而可实现东线调水的设想。

由于突破了调水数量的限制,约可调运 500 亿 m^3 的水资源,分解为 200 亿 m^3 抵京;300 亿 m^3 入黄刷沙,其中 200 亿 m^3 到位山后,入运河抵津。调运 500 亿 m^3 的水资源,只需增加黄河以南的运河宽度,提扬总量则可分若干阶段逐步到位。

5. 修改后的路线与唐、白河河谷平行,避免了斜穿白河水系及大部分唐河水系,减少了洪水对调水设施构成的威胁。因为若从丹江口水库调水,要斜穿南北走向的唐、白河水系,白河有流域面积 100 km^2 以上的支流 29 条,上游山区河流落差大、地形陡峻。

6. 不妨碍丹江口水库加高工程。大坝加高后,近期新增蓄水量多发的电力,可用于长湖提扬工程。

7. 不影响汉江航运业,不影响汉江中下游工农业、城乡生活可持续发展对淡水的需求,可保证武汉市有稳定的淡水水源。

8. 充分考虑了未来陕西经济可持续发展的实际。丹江口水库所蓄之水,主要来自陕西的汉中、安康、商洛(或秦巴)地区,集水区内长期交通不便,区域经济较为落后,人民生活相对贫困。然而,陕南时逢前所未有的机遇。一是西安—安康、西安—商洛—南阳—南京两条铁路建成后,与境内原襄渝线、阳汉线构成铁路网,汉中、安康、商洛 3 个地区将迎来经济全面振兴的新时期,乡镇企业将大发展。二是陕西省自身也存在关中、陕北水少而陕南水多的问题。由陕南向关中调水,要翻越高耸的秦岭,难度与投资太大,但调整陕西工业布局却比调水容易得多,对耗水量大的企业,可以搞北厂南建、北厂南移工程,实现南水南用,就地多用南水。

9. 可为开发大西北增水约 200 亿 m^3 。这是因为增加了引江济黄的调水数量,其中的一部分“南水”就可替代“200 亿 m^3 的刷黄用水”,这部分为冲刷黄河河道泥沙预留的黄河水资源可配置到黄河中游地区(甘肃、宁夏、内蒙、陕西、山西)使用。

前水利部部长钱正英院士(1998)指出:“黄河花园口多年平均天然径流量为 560 亿 m^3 ,加上花园口以下支流来水 20 亿 m^3 ,共为 580 亿 m^3 。规划中除必

须保持输送泥沙入海的汛期水量 200 亿 m^3 外,可供工农业和城乡生活的水量为 380 亿 m^3 。”可以看出,如果把郑州“花园口以下支流来水 20 亿 m^3 ”(即自产水量)除外,那么黄河花园口站获得的 560 亿 m^3 “多年平均天然径流量”,应该大部分来自黄河中上游地区。有了中线工程调来的 300 亿 m^3 刷沙用“南水”,那么完全可替代钱正英院士所谓的 200 亿 m^3 的“必须保持输送泥沙入海的(黄河)汛期水量”。

所谓用水刷黄,就是利用一定流量与流速的黄河水力,挟沙以入海,减轻河床淤积之患。当然,如何利用水资源使黄河刷沙获得最佳效果,是一个比较复杂的科学问题。在此,笔者提出两点建议。一是利用中线所调客水,制造“人工洪水”,在郑州稍下河段聚水以刷沙(仅为设想,以供探讨)。河南境内黄河河床一般宽约 10km,最宽可达 20km。在每年黄河断流期间,可利用宽阔的河道与干涸河床上丰富的沙土资源,采取机械化推土堆坝、渐渐合拢的方法,把中线调入黄河的客水储存起来,形成一个临时性水库。当蓄积够一定水量时,用炮火炸开土坝(或预先在土坝下埋设定向爆破装置,实施定向爆破),使之形成人工溃坝,通过“人造洪水”,挟沙入海。确定“人造洪水”的安全线,可采用计算机模拟方法,经过充分论证后再付诸实施。这一做法,可在悬河的不同地段,自下而上分段进行。二是人工拓深下游河床,促进溯源侵蚀。在每年汛期来临之前,可预先在河口地段,沿黄河河床干流走向,预先串珠状深埋定向爆破装置,待汛期洪峰经河口入海时,起爆定向爆破装置,炸出宽深的河槽断面,凭借洪水之力,疏浚河道,把更多的泥沙挟带入海,成倍增大拓深河床的效率。定向爆破宜自下而上分段实施,以免松动的泥沙数量太多,壅塞河道。

我国北方水资源严重不足,必须向南方借水。中线工程向北方调水是长期行为,选择取水口关系到未来调水工程能否发挥最佳效益。笔者认为关于中线调水口选择什么地方较好,尚需通过不同观点的争鸣才能使百年大计更为周密。

参考文献

- [1] 陆正明、许以黎. 南水北调日程表排出. 文汇报, 2000-6-6
- [2] 钱正英. 中国水利的发展方向. 科技导报, 1998(8): 3-10
- [3] 任美镔. 黄河下游断流引起的环境问题及其防治措施. 科技导报, 1999(2): 3-6
- [4] 殷鸿福、李长安. 从地质角度谈长江中游防洪. 科技导报, 1999(6): 23-26
- [5] 章淹. 南水北调中线重大水旱变化及其影响. 科技导报, 2000(2): 16-20
- [6] 宋宗忆. 我国荒漠化如何走出困境. 科技导报, 1999(10): 30-33
- [7] 黄伯明、刘崇熙等. 关于解决黄河断流东部缺水的建议. 科技日报, 1998-04-06
- [8] 霍有光. 调水济黄方案应精心策划. 科技导报, 1998(7): 38-42
- [9] 霍有光. 水资源配置战略与调整陕西产业结构及布局. 西安电子科技大学学报(社科版), 1999(4): 7-12
- [10] 霍有光. 策解中国水问题. 陕西人民出版社, 2000 (责任编辑 王宏章)