

自然资源综合研究文集

第三集

南水北调文集



中国科学院
自然资源综合考察委员会
国家计划委员会

一九八四年五月

自然资源综合研究文集

第三集

南水北调文集

(内部资料)

中国科学院
自然资源综合考察委员会
国家计划委员会

一九八四年五月

自然资源综合研究文集

南水北调论文集

中国科学院 自然资源综合考察委员会
国家计划委员会

×

1984年第一版 开本：787×1092 1/16

1984年第一次印刷 印张：12 1/4

印数：0001—1000 字数：30

本委书号：0003

定价：2.50元

前 言

我会水资源研究室部分同志，近年来参加了东部地区南水北调考察研究工作，陆续分别写出一些论文。为了集中反映这一方面的考察研究成果和资料，有利于进行学术交流，我们汇编这本“南水北调文集”，做为“自然资源综合研究文集”第三集。这样也更便于有关部门参考。

您对文集有何意见，敬请批评指正。

编者

一九八四年五月

目 录

1. 南水北调工程是改造黄淮海平原的战略措施·····	张有实 (1)
2. 南水北调与水资源合理利用问题·····	袁子恭 (8)
3. 试论南水北调工程的建设顺序·····	黄让堂 (15)
4. 对南水北调的两点意见·····	杜国垣 (31)
5. 农业用水与南水北调·····	苏人琮 (35)
6. 关于通盘考虑长江水资源的合理利用与南水北调·····	张天曾 (39)
7. 北京工业合理用水问题·····	袁子恭 (42)
8. 关于海滦河平原的供水问题·····	黄让堂 (49)
9. 论华北平原的水利与发展农业的途径·····	张天曾 (63)
10. 水利与黄淮海平原整治·····	黄让堂 (75)
11. 华北水利方针初探·····	李驾三 (84)
12. 管好用好现有水资源提高经济效益·····	李驾三 (91)
13. 华北平原水资源供需分析·····	陆亚洲、顾定法、唐青蔚、林跃明 (95)
14. 再论华北平原的水利与农业发展途径·····	张天曾 (106)
15. 井渠结合灌区补源灌溉需用水量的计算方法及实例·····	苏人琮 (116)
16. 对华北平原农业发展前景的估计·····	张天曾 (121)
17. 京、津、冀城市用水问题·····	袁子恭、祖玉亭 (132)
18. 如何保证北京天津城市用水·····	陆亚洲、顾定法 (145)
19. 华北平原渠灌灌溉需水量的初步探讨·····	苏人琮 (150)
20. 华北平原农业水资源评价的初步探讨·····	苏人琮 (169)
21. 河北平原黑龙港有咸水区薄层地下水开发利用效益分析·····	王 旭 (185)

南水北调工程是改造黄淮海平原的战略措施

——东线和中线是改造黄淮海平原

的统一体，中线不能代替东线

张有实

黄淮海平原有耕地约3.5亿亩，人口约2亿人，约近占我国耕地的四分之一和人口的五分之一。它是我国政治、经济、文化的中心地带。如何改造其自然面貌，发展工农业生产，具有重大的战略意义。

一、黄淮海平原需不需要调水

黄淮海平原的水热条件，从平原的南部到北部，年降水量约1000—600毫米， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温约4700—3500 $^{\circ}\text{C}$ ，年日照约2200—2800小时，年太阳总辐射量约120—140千卡/厘米²。因此，无论是黄淮海平原的南部还是北部，水热条件是优越的，可以为国家做出巨大的贡献。但是，当前的农业生产还处于较低的水平。1977年农作物复种指数大部分地区为140—160%；少部分地区为180—200%。按播种面积计算的粮食作物单位面积产量，在大多数地区，仅300斤左右，其中河北省仅220斤，天津市不到200斤。这主要是广大平原范围内，经常遭受洪涝旱碱渍的危害，其中以旱灾最为普遍。降水在年际和年内的分配不均，是造成黄淮海平原大面积旱灾的原因。从1470—1949年的480年历史史料中可以看到，出现大旱的频率，江淮地区平均约十二年一次；黄淮地区和黄河以北地区平均约五年一次。历史上，大旱时，便出现“遍野如焚，大饥大疫，人多饿死，土石皆焦，人相食”的悲惨情景。解放后，由于兴建了许多水利工程，才避免了那种悲惨情景的重现。但是，干旱缺水仍然严重地影响着今后稳产、高产基本农田的建设以及工矿企业和城市的大规模发展。广大平原迫切需要解决缺水问题，已为大家所确认。

黄淮海平原到2000年究竟需要多少水？根据黄淮海平原工农业和城市用水要求，并采用国际上当前中等偏低的每人每年的综合用水定额800—700立米，黄淮海平原工农业和城市等的总用水量至少在1300亿立米以上。其中农业用水1040亿立米，占80%；工业和城市以及其它用水260亿立米，占20%。上述的农业用水量，仅能使3.5亿亩耕地的平均综合毛灌溉定额接近300立米。这在水稻面积较大的江苏地区显然是偏小的。假设在2000年黄淮海平原的复种指数平均提高到180%，则1040亿立米的农田灌溉用水量仅能满足灌溉55%的播种面积，因而农业水利化的程度仍然也是不高的。从工业和城市以及其它用水量来看，根据国外经验，该用水量占总用水量的比重一般为40—60%，因而在我国采用20%也是偏低的。因此，黄淮海平原的总用水量1300亿立米是偏小的下限。

黄淮海平原有多少水？究竟需不需要调水？根据1969—1978年资料，黄河利津站多年平均入海水量为310亿立米。从长远来看，整个黄河流域的水土资源是很不平衡的。我

国的大西北有辽阔的农田、草原和沙漠需要改造，不会有大量的余水再能用于黄河下游的南北地区。在当前，如果利用黄河水源北调，则属危险。因为，泥沙问题不易解决。当前，利用黄河含沙量高的洪水就近向两岸淤积，改造黄河两岸，确是个改造自然、发展生产的好办法，应积极进行。但是，这与淤积后等待清水北调是两件事。修建小浪底水库蓄洪引水，本身迟早就会被泥沙淤满，水库平身是否值得修建都成问题。因此，黄河干流实际上是西线南水北调的输水干渠，其水源应用于改造大西北，而不应用于黄淮海平原。除黄河外，黄淮海平原主要河流的多年平均天然年径流量（包括山区产流），黄河以北海河水系约226亿立米，黄河以南淮河水系约500亿立米。从大数上来看，共约730亿立米。解放以来，条件较优越的控制性蓄水工程基本上都已优先建成，今后再要修库蓄水就不那么容易。因此，当地地表径流不可能全部被利用，有一部分必然要在汛期泄走。有人提出，海（滦）河水系当前就有176亿立米的水白白地东流入海，是否能够予以利用的问题。应该看到，入海水量基本上是汛期的洪水。在上述入海水量中，属滦

黄淮海平原主要河流（包括山区）多年平均天然年径流总量

水 系	流域面积（平方公里）	年径流总量（亿立米）
潮白河、蓟运河	31937	37.60
海 河	191257	166.66
徒骇河、马颊河	30627	13.10
运东平原各河	10796	8.63
海河水系合计	264617	225.99
沂 河	11555	38.60
沐 河	5709	16.90
中运河	36100	49.10
淮 河	185700	350.96
里下河各河	22400	44.88
淮河水系合计	261504	500.44
黄淮海平原（包括山区）总计	526121	726.43

河入海的约50亿立米，在今后潘家口等水库建成后能再控制利用20—30亿立米的水源，南调到海河流域的水量至多约10亿立米。属海河水系入海的约126亿立米，由于解放后在山区修建了官厅、密云以及其它较大的水库共14座，因而今后在山区进一步修建水库的可能性不大，而在平原区控制洪水更属困难。因此，解决海河平原的缺水问题，不能依靠现有的入海水量。然而，有人又提出是否可以把入海水量中的100亿立米的水储蓄在河槽水库和打渗水井储存于地下。这也是很困难的。因为在汛期开始，河道即已满槽，唯恐泄得不快；如果预报得好，只能允许在汛末修坝堵河，抓住最后一次洪水的尾巴，蓄于河槽，其潜力不会很大。利用渗水井储洪水于地下，则更困难。因为，海河平原，耕地密布，不能采用引洪漫灌入渗储水于地下的办法，要把洪水输送到每口井去，就不是一件容易的事，必须修建纵横的渠道，这样又势必把平原分割成碎块。由于有时井渠的水位较高，可能还会造成广大平原阶段性的浸润现象。的确，海河平原分布有古河道为人工回灌创造了一定条件。但是，它主要是储存枯水期北调水量之用。在汛期，回灌条件好的古河道，地下水位会因降雨迅速上升，使储蓄洪水的能力减弱；而在

海河平原大部分水文地质条件较差的地区，又由于渗水性差，从而使洪水回灌于地下的速度和数量大大减小。所以，不是所有平原地区都能回灌地表水入地下。此外，仅从打井的工程量来看，也是惊人的。如果仅设想用渗水井储藏50亿立米的洪水入地下，在渗水井利用系数（在洪水期入渗水量与井体积之比）为1—10的情况下，仅打井的总土方量即达5—50亿立米，要几倍于东线南水北调的土方工程。而且，建成后，渗水井的淤积和过滤器的堵塞是难于解决的问题。因此，在黄淮海平原，进一步控制入海水量和利用地表径流，并不那么容易。即使黄淮海平原以偏高的径流利用率75%计，则多年平均地表径流可被利用约550亿立米。此外，据有关水文地质部门资料，在黄淮海平原有开发地下水前景的地区（除苏北南部外），地下水开采储量共约有600亿立米。其中黄河以北占45%。这一数字可能是偏高的。因为其中有部分已计入在地表径流中。大规模开采地下水，会受到水文地质条件和提水扬程高等经济条件的限制。而开采一定数量的地下水是可能的，也是应该的。特别在盐碱化问题较严重的河北、山东等地，可以做到井渠结合、降低地下水位，因而也是一项有深远意义的不可缺少的措施。据国外的经验，地下水开采量占总用水量之比约为10—20%。今后，在黄淮海平原，这个比例接近20%是已够大的了，因而最多可设想开采250亿立米的地下水。其中黄河以北开采约150亿立米。由以上可见，在多年平均情况下，在尽可能地充分做好“开源”措施后，包括可利用的地表径流550亿立米和地下水250亿立米，共可解决约800亿立米的水源，至少还缺水500亿立米。在中等干旱年出现时（ $P=80\%$ ），即使用水定额和地下水开采量不变，地表径流仅减少一半（因 $C_v=0.6-1.0$ 以上），而地表径流利用率因干旱水少提高到95%，则黄淮海平原在充分“开源”后的缺水量将从一般年份的500亿立米增加到700亿立米。这本大账是在各个环节上尽量做偏低估算的结果，是黄淮海平原经过水资源供需平衡后需要调水的下限。黄淮海平原黄河以北地区，是大家特别关心的。据估算，海河平原工农业和城市等用水总量约430亿立米，在一般年份缺水约110亿立米，在中等干旱年缺水约170亿立米。这显然是十分偏低的预测（因用水定额偏低，而且只灌溉了55%的播种面积）。但是，这至少可以告诉人们海河平原在充分做好“开源”措施后是缺水的，其缺水和要求调水的下限又是多少。

有人又提出“节流”的问题，即在合理用水的情况下是否可以少调水或不调水？的确，在工业上，应尽可能采用循环用水；在农业上，要逐步采用先进技术，如渗灌、喷灌、滴灌等等。这些措施确有它节约用水和增产的优越性。只要技术上可能，经济上合理，都应积极逐步推广。但是，也要看到，在小面积发展时，只要有少量的资金、器材、水源和动力后，便能建成生效，似乎“多快好省”；而大规模的发展，就需要很多的资金、器材、水源和动力（例如，中压喷头的工作压力即相当30—50米提水扬程，其射程为20—40米，喷水量为10—40立米/小时），也并不是一件简单的事，因而收效并不会太快。而且，在建成若干年后，还需更换一整套新的设备，同时还要有一整套维修系统。因此，对发展新技术灌溉，应抱着积极的求实的态度。即使设想黄淮海平原有1/3—1/2的耕地发展了喷灌、滴灌和渗灌，每亩节约用水一半，工业和城市用水也节约用水一半；那么，也只能增加灌溉15%的播种面积。由此可见，大力开展节约用水后，也仅仅只能把播种面积的灌溉程度从55%提高到70%左右。因此，黄淮海平原推行合理用水、节约用水，不会对调水有什么影响，而仅仅会提高农业水利化程度。

黄淮海平原需要调水，那么是否有可能从我国工农业发达的精华地区长江流域调出水源？据长江大通站资料，在流量较小的12—3月份，其月平均流量均在10000秒立米以上，绝对最枯为6730秒立米（1963年2月）。从长江调出2600—3000秒立米，不会严重影响长江出海口的动态。在稀遇的个别枯水月份，可以少调水，甚至不调水。在今后，长江三峡水库的建成，可将三峡枯水流量从3000秒立米提高到7000秒立米以上，使其下游枯水径流相应地至少提高4000秒立米。在遥远的将来，如果长江的水真的都不够用，那么还可从澜沧江、怒江等大江大河调水到长江。此外，从长江调水到我国东部与调水到我国西部的关系又怎样呢？我国大西北缺水的深度和广度甚于我国东部地区。其缺水量估计会在千亿立米以上。应该看到，我国的大西北：虽迫切需要改造，但黄淮海平原是我国精华所在，不先去改造它，又先去改造谁呢？要改造大西北可把黄河的水先用起来。而且，西线南水北调是从青海省通天河和云南省金沙江等河流，在海拔2000到4000余米的山谷中，修建高坝、长隧洞和长距离盘山渠道，把水引到黄河上游，然后送到西北各地，工程浩大，技术复杂，也不是近期所能实现。因此，有关长江流域水资源供需平衡，调水对长江及其河口的影响，以及西部地区南水北调的有关问题可以研究起来，不应影响调水到黄淮海平原。

根据以上有关黄淮海平原总用水量 and 开源节流途径的探讨，可以得出很重要的结论：黄淮海平原缺水十分严重，应优先调水；即使充分开源节流，也还必须南水北调；在中等干旱年出现时，在低标准供水和做好节约用水的情况下，要求至少南水北调700亿立米才能保证工业和城市以及灌溉黄淮海平原播种面积的70%；如果做不到应有的开源节流，以及要求进一步提高播种面积的灌溉程度，则还得多调水。国外的经验证明，一些工农业发达的国家，由于工农业的进一步发展，已引起普遍的水荒；水源的多寡，已成为经济发展的主要制约条件。我国的南水北调是彻底改造黄淮海平原自然面貌和发展工农业生产的关键性措施，不容怀疑。

二、怎样调水到黄淮海平原

南水北调工程是全面解决黄淮海平原水源，特别是解决华北地区工农业用水、改善南北航运的一项战略性措施。在现有耕地中，即使有一半的耕地面积是从南水北调工程得到水源，那么这个灌溉系统也将有1.7亿亩。它相当于20个都江堰灌区。因此，黄淮海平原的缺水问题，必须采用多线路分散输水的办法来解决。我国东部特有的地形条件，为我们创造了分散输水的可能性。

东线南水北调是解决黄淮海平原东部海拔较低地区缺水问题的战略性工程。据有关规划，该干线是在扬州附近开始，沿京杭运河，逐级提水北送，过黄河后，继续沿京杭运河自流引水到天津。全线长约1150公里，其中黄河以南约660公里。从长江提水到黄河，净扬程约40米，总扬程约65米。初步设想从长江提水1000秒立米，灌溉面积6400万亩，其中黄河以北3000万亩。此外，可改善排涝面积2700万亩；可把古老的京杭大运河改建成一条纵贯南北的水上运输大动脉；还可为沿线的煤炭、石油等一系列重要工业基地提供水源，特别是天津市的用水将得到解决。中线南水北调是解决黄淮海平原西部海拔较高地区缺水问题的战略性工程。该线是从丹江口水库自流引水，经南阳，过汉、淮分水岭的方城缺口，沿伏牛山东麓，由郑州西侧过黄河，向北主要沿京广铁路的西侧送

水到北京;远期,可将该线的进水口伸延至长江三峡水库,以补充丹江口水库水源的不足。从三峡至丹江口,长约430公里;从丹江口至郑州,长约500公里;从郑州至北京,长约650公里。中线南水北调灌溉的范围大致是:湖北省在唐白河流域的300万亩;河南省在唐白河流域的1200万亩,在淮河流域的4500万亩;安徽省在淮河流域的1000—2000万亩(根据巢湖调水工程灌溉范围的大小而有所变化);河北省在太行山以东,东线南水北调不能控制的农田约2500万亩。以上共约1亿亩灌溉面积。中线并可向郑州—石家庄—北京、线和豫西、淮北等工矿企业提供工业和城市用水。中线南水北调供水的范围要大于东线南水北调,因而其调水量需在1000秒立米以上,即年调水量需在300亿立米以上。此外,江苏省还设想有“江水东调”方案,安徽省还设想有巢湖和驷马山调水方案,扬程不高,都是很好的调水方案。以上线路都是全面解决黄淮海平原缺水问题的组成部分,应统一起来考虑。

中线南水北调线路的高程较高。三峡水库运行水位的海拔高程为170—200米,丹江口水库的运行水位的海拔高程为150—170米。沿线的地面海拔高程,南阳为150米,黄河为100米,良乡为46米。中线南水北调工程的供水范围应以黄河以南的河南为主,并兼顾安徽西部、河北西部以及湖北省的唐白河流域。如果中线不去供水高程较高的本应由它去负担的地区,而去供水海拔高程在40米以下的较低的东线范围,那就要违反“高水高用”的原则,而造成真正的绝大浪费。而且,中线便无多水去解决黄淮海平原西部本身的缺水问题。企图以一条中线集中解决全部黄淮海平原的缺水问题,则无论在水量上、工程上,还是在管理上,都是不可能的。如今东线最高点黄河的海拔高程为40米。东线从扬州提水到黄河的净扬程仅约40米,考虑输水损失后的总扬程也仅约65米;提水到黄河以南(黄河以南,有1900万亩净扬程小于15米,有1500万亩净扬程为15—40米),或提淮水北调,其总扬程还小于65米。如果东线南水北调,利用级级提水,从扬州提水到海拔高程较高的地方,直至囊括中线南水北调的范围,则这样才会真正出现“明明可以自流,而偏偏要去提水”的不合适作法。然而,东线南水北调并非如此。东线提水是“低水低提”。这却避免了从中线丹江口水库或三峡水库自流引水到东线范围到达同样目的而损失更大的落差。因此,用中线代替东线,是不合理的。东线解决黄淮海平原东部的缺水问题,中线解决黄淮海平原西部的缺水问题,两者结合起来,再加上巢湖、驷马山调水以及“江水东调”等线路的配合,便构成彻底改造黄淮海平原的宏图。这是采用“三野打华东,四野打中南”,并配合一些地方部队,来全歼“敌人”的办法。因此,东线和中线是改造黄淮海平原的统一体,各有各的任务,两者不能相互代替。

但是,近来有关报刊登载了一些以中线代替东线的看法。其主要理由是中线水源丰沛,能够自流,运行成本低,工程量不大,经济合理,切实可行。其实不然。据有关单位计算,在丹江口水库未改建前,中等于旱年仅能北调90亿立米的水量,与要求的调水量相差太远。为了获得较丰沛的水源,必须扩建丹江口水库。丹江口水库扩建后,中等于旱年也仅能北调188亿立米的水量,不能满足中线黄河以南的需要,黄河以北还是无水可用,更谈不到再伸延到东线范围。从三峡水库调水补充丹江口水库,因葛洲坝水电站下游尾水位为39米,损失落差达130—160米,不宜输水到东线范围,在必要时可考虑调出少部分水量解决黄淮海平原西部中线范围内的缺水问题。至于从其它流域(例如嘉陵江上游等)调水到丹江口水库,则损失电能更大,工程更为困难,而可调水量也有限。

水源丰沛而有保证的恰恰是东线。中线虽能自流,但却损失电能。应该看到,丹江口水电站上游平均运行水位将高于160米,下游尾水位约为86米,北调每立方米的水将损失水头至少在70米以上。如果按有人建议的从中线丹江口水库北调水量300亿立米,则丹江口水电站保证出力基本为零,损失电能约50亿度,要求修建补偿电站约100万千瓦,汉江下游航运和灌溉以及其它用水会遭受破坏。而东线提水300亿立米,要求兴建电站装机100万千瓦(其中部分为备用容量),年耗电量为30—50亿度。此外,无论在东线兴建电站,或在中线修建补偿电站,都要投资。由于丹江口水电站已建成,无论在中线干渠上或其它地方修建补偿电站,仅能补偿电力系统电力、电量的不足,并不能弥补丹江口水电站每年少发电、少收入所造成的经济上的巨大损失。因此,不能仅看到东线需要投资建站,每年要付电费;而不看到中线也要投资建站,每年也要损失很多电能,并减少相应的国家收入。有人认为,在中线南水北调后,丹江口水电站本身还能发出一定的电量,渠道电站能补偿一部分电能损失,因而丹江口水电站调水后的“损失”很小。其实,丹江口水电站还能发出一定的电量是因为调水量较小的缘故;而在渠道上修建补偿电站,需要重新投资,并不能弥补丹江口水电站少发电所造成的经济上的损失。因此,丹江口水电站在大量引水后,“损失”是很大的。此外,中线全部为新挖渠道,工程要比东线艰巨,投资不会比东线少。至于其它许多问题(例如,对长江河口的影响问题、盐碱化问题、干渠阻水问题、沿线的调蓄问题、血吸虫病问题等等),其中有的问题,东线、中线都同样存在;而有的问题,中线不比东线好。应该看到,无论是从丹江口,还是从扬州,调走同样数量的水,由于区间径流不会起补偿作用,影响基本上是一样的。只有在稀遇的枯水月份,调水才会对长江口有较大的影响,而此时可少调水或不调水;在一般情况下,影响不会很大。盐碱化问题,无论是东线还是中线,只要用输水渠道把水送到灌区,其产生的结果都是一样的,问题是如何防治它。其实,这个问题已有回答。如果用水不当,有灌无排,必然会引起次生盐碱化;如果合理用水,有灌有排,把引、蓄、灌、排、抽以及地表和地下几个关系处理好,加上农业措施,不仅可以防止次生盐碱化的发生,而且还可以加速改良原有盐碱地。现各地都有反复证明了的而行之有效的经验。荷兰都能围海造田,造了小半个国家,并能防治盐碱,我们就不能?因此,不能因噎废食,怕盐碱化而否定东线南水北调。关于干渠阻水问题,东线是如何进一步做好排除洪涝的工程问题;中线的阻水,不仅是需要排泄洪水的问题,而且引水工程还有被凶猛洪水所冲毁的危险,问题显得还要复杂,相应所需的工程措施也艰巨得多。因此,不能因京杭运河起了一定阻水的作用,而否定东线南水北调。恰恰相反,要改造京杭运河,建设一条标准较高的统一航道。关于沿线的调蓄问题,东线和中线都同样存在,而中线更为突出,都需进一步研究。在未找到足够的调蓄库容时,非灌溉期北调水量得不到充分储蓄,将会影响东线和中线效益的发挥。此外,关于血吸虫病北移问题,主要是由于淮河以北的气候条件不适合钉螺生存,所以血吸虫病止于宝应。应该看到,阿斯旺高坝下游地区是亚热带气候(开罗的纬度相当杭州,约为北纬 $30^{\circ}15'$),是不同于淮河以北的暖温带气候。因此,东线南水北调建成后不会出现阿斯旺高坝建成后加剧了血吸虫病的类似条件。显然,通过以上分析,还得出要否定东线的结论;更不应以上述问题为理由,用中线代替东线。应该指出,中线是改造黄淮海平原西部的一条好线路,只是它不是现实可行,而是将来可行。

有人认为,作为南水北调第一期工程,以采用中线和东线的混合方案——中东线方案比较妥当。中东线方案是利用中线的南段,接东线的北段(南运河)到天津。如果按中东线方案来解决黄淮海平原的缺水问题;那么,东线黄河以南地区的缺水问题又怎样解决呢?事实上,东线的南段已部分实现了南水北调,东线的缺点不在南段,无需避开,而大家所关心的存在问题较多的恰恰是东线北段(前已谈到,东线北段的问题也是可以解决的)。如今中东线方案建议在黄河以北走东线,那岂不正说明整个东线方案是可行的?此外,中东线方案还提到将来中线扩大引水的广阔前景(引黄河水和长江三峡水库的水),引过黄河的水量将超过目前东线过黄河水量的好几倍。这种广阔的前景是不存在的,而且也无需。有关中东线方案涉及的问题,在前面已做了论证,不再赘述。因此,采用中东线方案解决全部黄淮海平原的缺水问题是不可能的,也是不合理的。

东线南水北调具有水源丰富、灌区平坦成片以及扬程不高等三个主要特点。其技术经济指标,包括单位灌溉面积投资(干渠主体工程和田间配套工程投资)、年运行成本和单位千瓦灌溉面积等,应该认为是好的。由于效益大,所以投资高,这是很自然的事。正由于投资高,就要根据国家财力、物力,逐步实施,务求做好配套,切实生效。至于年运行成本,从“钱”上来看是不算低。但是,完全用“钱”来反映也不够合理,因为,工农业产品的价格本身也都存在着不合理的现象。如果从中线自流引水,实际上国家每年也要损失丹江口水电站本可获得的电能和相应的电费收入,两者也不相上下。要改造黄淮海平原东部地区,这笔投资是要花的,也是值得花的。特别是,东线主要是利用旧有河道,各省(市)都已做了不同程度的工程迎接南水的到来,而江苏已部分实现了南水北调。因此,东线南水北调,经济合理,现实可行,应逐步推进,做好配套,积极稳步优先兴办。

三、东线南水北调值得注意的其它几个问题

东线南水北调也还有值得注意的其它几个问题。穿黄是关键性工程,要输水过船。是否可不采用在基岩打深的竖井和隧洞来输水,而采用导流明挖,在软基上打桩埋管或涵洞多条的方法来输水,并采用预制钢筋混凝土构件,便于施工,以争取在短期完成。至于过船,是否可不从天上过渡桥,而从黄河底下通过。此外,要防止水污染,确保好水北调。要节约用水,减少蒸发渗漏,并充分考虑不可避免的蒸发渗漏损失,以确保灌溉期有足够的水量过黄河。要重视调水与当地洪水的关系,弄清每年究竟有多少时间能够调水,调水后又不会与沿线各河的洪水相遭遇,不致加重当地的洪水灾害。要确定科学的既安全又经济的原则和方案,以指导南水北调,而自动化控制技术仅仅是实现先进调度方案的一种手段。

南水北调工程是我国水利建设史上前所未有的。全国人民都很关心这件大事。以上是我对南水北调主要问题的一些不成熟看法。由于南水北调涉及的问题十分广泛,自己水平有限,此文仅供参考和讨论。我深信,宏伟的南水北调工程会取得最优方案,并积极稳步实现。

主要参考文献

- (1) 肖秉钧:试论中线调水方案的优越性——也谈南水北调。光明日报,1979年2月25日。
 - (2) 陈益秋:谈南水北调中东线方案。光明日报,1979年3月25日。
- (本文写于1979年4月,参加“南水北调学术讨论会”,刊登于“自然资源”,1979年第一期。)

南水北调与水资源合理利用问题

袁子恭

水是一种宝贵的自然资源，它不仅是人们所必需的生活资料，也是发展工农业生产所不可缺少的物质基础。随着工农业生产的进一步发展，人口的不断增长和城市建设的日益扩大，用水量大幅度地增长。自然界的水资源虽然非常丰富，但有94%是海水，由于含盐量高，目前海水还不能大量地被直接利用。陆地水资源中有很大部分是冰川和深层地下水，开发利用条件相当困难。实际上，比较容易开发利用的，对人类生活和发展工农业生产关系最为密切的淡水资源，即积极交替带的浅部地下水、土壤水、淡水湖泊和河川径流，仅占地球总水量的千分之一，而且在地区上分布的又极不均匀，有些地区水资源充裕，有些地区则严重缺水，不能满足用水需要。世界上许多国家的历史经验表明，近年来水源保证问题的重要性和尖锐性越来越突出地显示出来，水资源的合理利用与保护，已成为地区开发的中心问题和经济发展的主要制约条件。为了保证我国社会主义建设事业迅速发展，尽快实现四个现代化，做好水资源的合理利用与保护工作，是摆在我们面前迫切需要解决的一项重要任务，必须认真对待。

一、南水北调的规划研究工作，已经提到议事日程

我国水资源比较丰富，河川平均年径流量2.7万亿立米，仅次于巴西和苏联，居世界第三位。但是，如果按单位人口平均径流量计算，我国约为2800立米/人（按9.7亿人口估算）。这个数字不仅次于巴西和苏联，而且也低于新西兰、加拿大、澳大利亚、美国、巴基斯坦、墨西哥、日本等国家。我国水资源在地区上分布的极不均匀，南方湿润地区水分充裕，而北方的干旱、半干旱地区则严重缺水。长江流域平均年径流量近1万亿立米，约占全国径流总量的37%。黄河流域的径流量却很少，在全国径流总量中所占比例还不到2%，仅为长江水量的1/20。海滦河流域和淮河流域的径流量也仅仅分别占全国径流总量的1%多。长江流域有耕地4亿亩，人口3亿多，平均每亩耕地有水量2300立米，每人有水量3100立米。黄河、淮河及海滦河流域合计有耕地7.5亿亩，占全国耕地面积的50%，为长江流域耕地面积的187%；而平均每亩耕地有水量仅100多立米，只占长江流域的5—7%。黄河、淮河及海滦河流域合计有人口3亿多，与长江流域相近；而平均每人有水量300—400立米，仅占长江流域的10%或稍多一些。除地区分布不均匀外，河川径流在时间上的分布也不均匀，而且越是北方的河流，径流量在年内及年际之间的变差越大，实际上可能开发利用的水量比上述的平均径流量还要少。

解放以来，我国的水利建设事业取得了伟大成就，修建了数千座大中型水库和数万座小型水库，基本上控制了旧中国遗留下来的严重洪涝灾害，开发利用了大量的地表水资源和地下水资源，一般来说满足了工农业生产和城市建设的用水要求。目前，全国灌溉面积已达到占耕地面积的45—50%，但是，由于水资源在地区上和时间上分布差异很大，有些灌溉面积保证程度还不高，有些地区缺水还比较严重。我国华北和西北地区发

展农业的不利因素之一是缺水，如果水的问题解决，则粮食和其他作物可大幅度增产。华北地区河北、山西、内蒙古三省（区）的旱作水浇地面积占耕地面积的比例，分别为53%、28%、25%，粮食单产分别为339、298、144斤/亩。西北地区陕西、甘肃、宁夏三省（区）的旱作水浇地面积占耕地面积的比例，分别为28%、24%、8.4%，粮食单产分别为333、228、189斤/亩。（根据1977年资料）。再以河北省为例，1974年石家庄地区的水浇地占耕地面积的85%，水利条件较好，全区粮食平均亩产达到741；沧州地区水浇地只占耕地面积的32%，而且保灌程度较低，粮食平均亩产只有257斤。当然，农业生产还受到土壤、肥料、气候、作物品种与布局、田间管理等多方面的影响，但对华北、西北广大地区的农业生产来说，缺水是主要的不利因素之一。同时，在我国缺水的北方地区，又是工业生产发展比较快的地区，工业用水量也很大，而且要求的保证程度更高。每逢干旱年份，由于水源不足，常引起工农业之间的用水矛盾，有时为了保证工业和城市用水，不得不压缩农业的用水量。近年来由于天旱缺水，有些地区已经发展起来的大面积水稻田被减少了。如著名全国的天津小站稻，1970年发展到100多万亩，比解放初期约增加一倍。但是，1972年以来连续干旱，严重缺水，稻田面积大幅度缩减，到1976年只有约10万亩，1977年约20万亩，对天津的粮食产量影响极大。有时遇到严重干旱情况，就连工业生产的某些部门和城市生活供水也要受到很大的影响。

要使我国北方广大地区的工农业生产进一步发展，并适应城市建设的需要，当地水资源不足的矛盾就显得十分突出。解决这一矛盾，需要从开源和节流两个方面采取各种措施，其中从大区域的全局和远景发展来看，进行南水北调，对地区上分布极不均匀的水资源进行再分配，使之适应工农业发展的用水要求，实现各地区水资源供需平衡，是一项很重要的途径。这项全国人民所关心的宏伟的水利建设工程的规划研究工作，已经正式提到了议事日程。

二、全面安排 统筹规划

跨流域调水是对调入水和调出水两个流域都有密切关系的问题。这就首先需要对两个流域水资源的数量、质量及其分布特点进行综合评价，应将地表水、地下水或其它可利用水体结合起来，统一考虑。其次是结合气候、土壤、地貌等不同自然条件和考虑各种作物布局与耕作制度，按不同类型地区分析研究农业合理用水标准，估算农业用水量；同时分析研究工业及城市合理用水标准，估算工业及城市用水量。然后，在此基础上结合国民经济发展远景，做出两个流域内不同类型地区的水资源综合供需平衡，这样再进一步确定出合理的调水量。南水北调问题，一方面要充分考虑华北和西北地区的严重缺水状况，尽可能调水满足这些缺水地区的用水需要；另一方面更重要的是分析研究长江流域国民经济发展远景，对长江流域水资源的远景需要量做出预测。长江流域有耕地4亿亩，人口3亿多，又有许多大中型城市和工矿企业。二、三十年后或更远一些时期，随着工农业的发展，城市建设的扩大，以及广大农村人民生活水平的提高，长江流域的用水量也必然会大幅度地增长，还能有多少水外调，这是从长江调水的基本前提条件。日本的年径流量5200亿立米，人口近1亿，平均每人年径流量5200立米；美国的年径流量2.4万亿立米，人口2亿多，平均每人年径流量11000多立米。我们知道，由于各种条件的限制，天然的径流资源不可能全部开发利用。以美国为例，1965年全国人口平均实际

用水量(包括工业、农业及生活)每人全年为2000立米。1975年估计用水量为每人全年约为2500立米。六十年代开始,尤其是七十年代以来,美国的用水已经出现了紧张状况,而实际上已开发利用的水量只有5000多亿立米,为天然径流量的20%多。根据远景预测研究,美国等许多国家预计2000年的用水量将比现在增长两倍多。我国将要在本世纪末实现四个现代化,用水量的增长规模有多大,要根据工农业生产所要求达到的指标及生活用水水平提高的程度而定。当然,我们有自己的特点,用水情况不能完全和国外相同。但是,二、三十年后,包括长江流域在内,各地区的用水量都将要有大幅度增长,这是发展的必然趋势,也是值得认真研究的问题,需要根据我国的具体条件进一步分析研究长江、黄河、淮河及海滦河流域的水资源远景供需平衡,只有在这个基础上才能确定南水北调从长江流域调水的规模。

南水北调的可能引水路线,有从长江上游、中游和下游调水的几种方案。大规模跨流域调水是一项十分艰巨和复杂的任务。它不仅涉及到许多重大的工程技术问题,而且与国民经济各方面的发展有密切联系。从远景发展来看,要想彻底解决华北、西北广大地区的缺水问题,为灌溉大面积的现有耕地和可能扩大的新耕地,以及为草原、沙漠和戈壁的大自然改造提供必要的水源,同时为现有的和未来的新兴工业基地和城市提供可靠的充足水源,上游、中游和下游引水方案都十分重要。水资源在自然界的分布,一方面有区域性的特点,同时各区域之间又有密切的联系。一条河流虽有上、中、下游之分,但上、中、下游也有相互联系,不能截然分开,南水北调是需要考虑百年大计的宏伟工程,对于这样一个重大问题,应该结合我国国民经济远景发展要求,进行全面安排,统筹规划。

三、南水北调应以充分合理利用当地水资源为基础

南水北调要与水资源合理利用问题密切地结合起来。关于水资源的合理利用问题,包含着很广泛的内容。首先,根据自然界各种水体本身所具有的特点,某些水体可以进行多种目标的开发利用。因此,在开发利用这些水体时,要考虑综合利用,使水资源的开发利用充分发挥出综合效益。例如,许多河流的开发利用,涉及到灌溉、防洪、发电、航运、供水、渔业等各方面问题,这就需要从发展国民经济的总体利益出发,全面考虑,合理规划,以达到获得最大的综合效益。有些湖泊的水资源,也同样具有多种目标的综合利用效益。进行跨流域调水,通过水利工程措施调节水资源在地区上分布的不均匀性,也是实现合理利用水资源的重要措施之一。

但是,从另一方面来看,水资源的合理利用问题,在很大程度上也与各用水部门的用水是否合理有直接的关系。目前,许多国家积极开展大规模跨流域调水可能性的研究工作,例如美国为解决西南和中部地区的缺水问题,拟定有从北部阿拉斯加经加拿大调水方案;苏联拟定有调北方大河的水到伏尔加河流域和中亚地区的方案;印度拟定有调北部恒河水到南方地区的方案;澳大利亚有人设想,将东南部多余的水调到中部和西南地区等等。国际上除积极开展大规模跨流域调水可能性的研究工作外,在开源方面还积极开展海水淡化、盐水灌溉、污水利用、地下水人工回灌,勘探新地下水源等课题的研究。同时在节流方面也十分重视工农业的节约用水、合理用水问题。关于各部门合理用水标准的分析研究,应从现实的实际情况出发,充分考虑到今后科学技术的发展水平和

广泛采用新技术，实现节约用水、合理用水的可能性。就拿农业来说，这是一个很大的用水部门。现代化农业灌溉用水方面，应该采用现代化的合理灌水技术，根据气候、土壤、肥料、作物品种、作物发育阶段的生理特点等多方面因素综合地分析研究，精确地制定合理的灌溉水量和选定最优灌水时间，实行计划用水，使水在作物生长发育中充分发挥作用，有利于作物生长，既能做到节约用水，又能获得较高的产量。

例如：采用喷灌方法，比传统的地面灌溉方法能够节约用水30—50%，特别是渗透性强的砂质土壤，能够节约用水70%。喷灌不仅能节约用水，而且有利于作物生长，能够提高产量。根据我国北方一些地区试验资料，喷灌小麦比畦灌能增产15—30%。根据国外资料，朝鲜民主主义人民共和国的喷灌玉米、大麦和小麦，比地面灌溉增产20—30%，蔬菜增产50—100%。

近年来我国的喷灌事业发展较快，1974年全国有部分地区进行试点，喷灌面积约有20万亩。到1977年全国喷灌面积达到290万亩，相当1974年的十四倍。国际上喷灌最初是二十年代在德、意、美等少数国家开始的，至三十年代后期虽然发展到许多国家，但喷灌面积还只有150万亩左右。第二次世界大战后，喷灌发展较快，1960年达到3750万亩，大约每年增长10%。1973年全世界喷灌面积已超过一亿亩。1975年朝鲜的喷灌面积450万亩，占灌溉面积的33%。1976年美国的喷灌面积9400万亩，占灌溉面积的28%。

目前看来，发展喷灌存在的主要问题是需要相应的器材设备，基本投资和运行成本比较高。但是，根据现有资料各地区发展喷灌的投资与效益也有很大差异。每亩单位面积投资有的地区达到一、二百元或更多，有的地区达到几十元。也有一些地区，结合当地条件，发扬自力更生精神，就地取材，土洋结合，每亩单位面积投资仅有十几元或半元左右，一次投资当年的增产效益就可收回。南水北调这样艰巨而复杂的工程并不是近期内就很容易实现的事。随着科学技术的不断提高和工业生产的迅速发展，为发展喷灌所具备的条件必定会大大改善。“1977年全国喷灌技术经验交流会纪要”中指出：“今后，要高速度地发展农牧业，大幅度的增产，必须解决八亿亩低产旱地和缺水草原饲草饲料基地的灌溉问题。如果完全按照一般的灌溉方法，投资大，费用多，难以快速发展。国内外的经验都证明，发展喷灌是解决上述问题的一个重要措施。”应该研究不同类型地区，特别是华北、西北缺水地区大面积发展喷灌所需要的各种条件及其增产效益，国家是否可在投资和器材方面给以相应的照顾。这样就能够做到节约用水，又获得增产效益，也为研究制定南水北调水资源利用远景规划提供科学依据。

减少和防止无益蒸发及渠系渗漏损失，适当发展滴灌和渗灌，开展盐水和咸水灌溉等等，也是节约农业用水，合理利用水资源的重要课题。在北非和阿拉伯沙漠地区，利用盐水灌溉排水条件较好的轻壤质土地，已经有数百年历史。从二十世纪三十年代开始，世界上许多国家进行科学实验，研究有效利用盐水灌溉农田的可能性。突尼斯、阿尔及利亚、摩洛哥、印度、意大利、美国、德意志民主共和国、德意志联邦共和国、瑞典、苏联和西班牙等国家，都在开展这方面的研究工作。从上述国家可以看出，这个研究课题并不只有局部的意义，不仅关系到干旱地带，而且涉及到湿润地带。有些实验工作分别利用地中海水（含盐量为9克/升）、比斯开湾海水（33克/升）、波罗的海水（6克/升）和北海水（33克/升）进行灌溉，均有成功的实例。意大利、美国、法国、印度等国家正在研究利用盐水灌溉各种没有盐碱化的土壤和盐碱化土壤的可能性。突尼斯利

用盐水灌溉有悠久的历史,实验证明在良好的排水条件下,利用盐水灌溉盐碱土壤,经过几年时间可以显著地降低盐碱化程度。意大利利用轻度含盐地下水灌溉的面积有几万公顷,首先是灌溉葡萄。西班牙在比斯开湾沙土海岸利用海水灌溉,几年期间成功地种植了各种粮食、饲料和经济作物,产品质量比利用淡水灌溉还好。近几年来,以色列在4000多公顷耕地上采用滴灌方法,对盐水灌溉的不同方式进行对比研究。结果表明,采用滴灌方法各种作物产量高于喷灌和沟(垄)灌,有时作物增产一倍或更多。由于影响的因素非常繁多,盐水灌溉的方法和科学理论的探索,是一项十分复杂的任务。解决这一任务,必须考虑土壤的机械组成和物理化学特性、透水性、地下水的埋藏深度、降水量和季节分配、蒸发强度等。同样还须注意到农作物的特性、灌溉季节性、灌水次数和灌水定额、土壤耕作方法、灌溉水的含盐量、盐分的化学成分等等。根据有关资料,在淡水资源缺乏的河北省,咸水储量很大,仅沧州地区矿化度2—5克/升的咸水储量就有10多亿立方米,如果能够合理利用,就可以节省大量的淡水资源。近年来,沧州地区采用各种办法,开展咸水利用的研究,扩大了水源,增加了灌溉面积。试验研究初步结果表明,利用咸水进行咸淡水混浇,不仅有利于改善当地水质,克服咸水和碱性淡水的有害影响,而且又可降低地下水位,腾出地下“库容”,有利纳蓄雨水,抗涝防渍,防止返盐。根据沧州、南皮等地的试验,利用咸水抗旱浇麦,在好地和轻度、中度盐碱地上,用3—5克/升咸水浇灌,比不浇水的旱地小麦,可增产20—30%,以至50%或一倍。河南省有关部门,从1972年开始,五年来利用矿化度3—5克/升的地下咸水在5500多亩面积上作灌溉试验,粮食每亩平均增产26.5%,最高增产60.8%。这些事例说明积极开展盐水和咸水灌溉的实验研究工作,对解决某些干旱地区的供水矛盾问题是有重要的意义。

关于工业及城市生活合理用水问题,主要是实现工业用水的合理化,对城市生活用水也要提倡合理用水,避免一切浪费,但城市生活用水在总用水量中所占比重较小。二十世纪以来,全世界农业用水量增长了七倍,而在工业方面增长了二十多倍。特别是从六十年代开始,随着科学技术的突飞猛进,出现了许多耗水量很大的新兴工业,在全世界用水量的增长速度更加显著。六十年代以来,大约经过十五年的时间,世界上有不少国家用水量增长一倍。欧洲和美国等一些工业比较发达的国家,需水总量中的大部分是用于工业,而在亚洲和非洲的一些发展中国家,用水量的大部分则是用于农业。七十年代初期欧洲各国(苏联除外)的需水量已达到每年1300亿立方米,其中52%用于工业,31%用于农业,17%满足生活用水需要。苏联的总需水量约为欧洲各国用水量总和的二倍,最近几年(1971年到1975年)苏联的需水量增加20%。

工业用水量很大,其中约70%以上是冷却用水。如果对冷却用水或其它能回收利用的水量,采取重复利用和循环利用方式,则工业部门的耗水量可以大大地减少。近年来,世界上工业比较发达的国家,都在大搞工业循环用水。西德1969年工业循环用水率达到64%,日本1962年为20%,1970年为52%,1975年达到58%,预期1980年再提高到70%。美国1960年为51%,1968年为57%,预期1980年可提高到67%。苏联1971年工业循环用水率为54%,预期到1980年现有工厂循环用水率提高到75—80%,新建企业提高到80—95%。目前我国有些城市工业用水的重复利用程度达到了50%左右或更高,但也有些城市工业用水的重复利用程度不高,只有20—30%,或甚至更低。有些地区和城市,一方面水源不足,供水紧张;另一方面却有许多水浪费掉,可以回收重复利用而不进行