

专题报告

海水西调是西部大开发的战略性基础工程

陈昌礼

(中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 文章认为海水西调工程是西部大开发的战略性基础工程。重点阐述海水西调对内蒙古产生的效益和陇东和贵州省等生态大移民的战略效益。并再度讨论了海水西调与盐碱化问题。解释了工程取得共识需要 20 年的原因, 建议尽快进行多学科综合研究并争取早日动工, 造福西北。

[关键词] 海水西调; 沙尘暴; 西部大开发; 地下水

[中图分类号] X22; P425. 5⁺⁵ **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)10-0014-06

2002 年 12 月 27 日, 南水北调工程东线江苏、山东两段现场同时开工。南水北调工程三条引水渠道总投资 5 000 亿元人民币, 全部工程 2050 年完成。三条引水渠南北横跨长江、淮河、黄河和海河, 在我国大地上形成四横三纵巨大水系网络。该工程主要是燕山、阴山以南和贺兰山以东的北方地区受益, 故可以称作“内线战役”。其实质可以认为是一条“西水东调”工程, 是一条淡水-淡水的调水模式。

海水西调工程^[1]是从辽宁引渤海海水提升海拔 1 000 m 进入内蒙古东南部, 顺着内蒙古北纬 42 度线东西向洼槽地貌, 沿燕山、阴山以北, 出狼山向西进入居延海, 绕过马鬃山余脉进入新疆, 分三支, 北支进入北疆准噶尔盆地艾比湖, 中支进入吐哈盆地, 南支进入罗布泊盆地。其一是, 以海水代替淡水作生态水填充干涸盐湖, 永远镇压盐湖沙尘源; 二是利用西北太阳能, 将海水蒸发为水汽, 在西风带的推动下, 将水汽源徐徐推向盆地东南的天山、祁连山、阴山、燕山等高山区, 以增雨所得淡水整治西北沙漠, 海水西调工程是一条咸-咸和咸

-淡的二元调水模式, 该工程是西部大开发战略性基础工程, 实施后将有十大效益^[1]。海水西调所经路线在燕山、阴山以北, 贺兰山以西, 形成所谓“外线战役”。恰恰与三条南水北调“内线战役”形成相互补充, 并且互不干扰。海水西调工程之所以被认为是西部大开发的战略性基础工程, 因为它不仅仅是暂时解决西北缺水和治沙的需要, 更是从久远的角度缓解乃至局部逆转西北的干旱化进程, 千百年可持续发展着眼的战略性工程^[2]。

1 内蒙古全面受益

海水西调将全面改善西北和华北北部生态状况, 工程十大效益中一半以上是使内蒙古受益。海水西调工程共分三期, 总期间 100 年, 前二期在内蒙古境内, 第一期从辽宁引水至二连一线为期 20 年, 治理浑善达克沙漠, 内蒙古东南部受益。第二期从阴山以北引入居延海, 二期为时共 50 年, 在内蒙古境内横贯东西长约 3 000 km, 形成水面面积约 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 使内蒙古东中西部沙漠获得很大程度上的治理并改善气候^[1]。此外, 还有几项与

内蒙古有关的重大效益，现补充如下：

1.1 居延海—祁连山水汽交换系统对内蒙古西部的效益

居延海—祁连山水汽交换系统在海水西调工程各水汽交换系统中规模最大，将使祁连山从东到西的增雨量迅速提高。其中黑河流量将达到 $28 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，比当前径流量多 2.5 倍，由于河西走廊平原降水量也普遍增大，所以黑河 $28 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的流量将可以完全补给额济纳旗三角洲及其周边湖泊，是当前规定输入量的 4 倍；除居延海引入的是海水外，三角洲东缘古鲁乃斯湖以及西缘各小型干盐湖都将成为淡水湖。额济纳旗三角洲面积约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，如有 $28 \times 10^8 \text{ m}^3$ 淡水流入，加上本地增加的降水量 50~100 mm，将使三角洲产水量达到 $10 \times 10^4 \sim 12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。这样的水资源量完全可以将额济纳旗三角洲整体建成胡杨林和梭梭林自然保护区，在水资源有利地区还可以开发特种种植业和养殖业；更重要的是三角洲全面绿化以后可以消除沙尘源，而且可以阻滞西北风，三角洲风速降低后将大大减少巴丹吉林和腾格里沙漠的沙尘暴发生频率和强度。丰富的水汽源将使巴、腾两大沙漠地区降水量从 50~80 mm，增加到 100~150 mm；将改善两大沙漠的水文条件，增加两大沙漠腹地数百个小淡水湖的水资源量。两大沙漠北有拐子湖及引水河湖系统，西有古鲁乃斯湖，东有丰富的水汽源增加贺兰山西坡降水量，和南缘的走廊北山北坡增加的降水量，这两条山脉降水量的增加将很大程度上改善阿拉善左旗和右旗旗府所在地周边生态条件，避免了阿拉善左旗和右旗的娄兰化；从而在所谓“外围内攻”的战略下治理巴、腾两大沙漠，将大大降低西路沙尘暴的强度。

1.2 取冰制淡水

据介绍渤海北岸冰层经两次结冰—融水过程后可获得微咸水，这种微咸水资源可供农业使用。这项研究一旦成功，可向内蒙古大面积推广。若以冰层厚度 0.5 m，水面面积 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 计算，总冰量达 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的微咸水资源。如果结冰期 5 个月，每月取冰一次，则每年可取 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 微咸水资源。对内蒙古的荒漠化地区具有极大效益。

只要将当前退耕还林还草的政策落实到沿河两岸各 30 km 以内地带进行绿化工程，将两岸各 30 km 宽的平原承包给沿线牧民绿化，甚至于号召企业投资经营，若干年后将形成宽 60 km、长 3 000

km 的我国北方第一道防护林带。这种微咸水适合何种林、灌、草，可以通过调查选择适合微咸水的品种后试验实施。至于微咸水盐碱化问题不必顾虑，因为两岸地势高于湖河水面，年灌溉水都将渗入引水河湖内，而不会累积盐碱化。

1.3 林、水生态效益

横贯内蒙古东西长 3 000 km 的水渠，水面面积 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的河湖系统，和宽度 60 km，总面积达 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 防护林带，其生态和经济效益目前尚难全面估价，但至少有以下几点：

- a. 它是我国北方第一道防风林带。
- b. 引水渠道影响内蒙古气候。
- c. 沿线河湖可建数百个养殖场，使大量牧民转牧从渔，脱贫致富，减少草原压力。
- d. 绿化带如以每户承包经营 2 km² 计算，可安排 10 万户牧民转牧从事林草业。
- e. 防护林带影响内蒙气候。当前内蒙冬季暴风雪将大部分干雪向南方吹去，而春季地面溶雪时地下却是冻土，形成地表“翻浆”现象，水分不能下渗却被蒸发。绿化带形成以后，林灌草可以阻挡吸纳暴风雪，暗黑色调的林灌草可以吸收大量太阳能，提前溶雪而入渗土壤，形成江南的所谓“润物细无声”的境界，从而大大地减少蒸发量。
- f. 大面积林、水区将增加生物多样性。

1.4 国际合作

我国沙尘源有很大部分来自于蒙古国，为了更好地治理沙尘暴，我国已与蒙古国合作，目前合作主要在信息交流和草原保护方面，将来可增大调水形成中蒙大海子，对两国都有利。对蒙古国可以镇压沙尘源，调节气候，大海子可顶托山区淡水，还可取冰制微咸水。中蒙大海子水气东南吹，增加燕山和阴山的降水量，将大大减轻北路沙尘暴强度。海水西调工程中蒙合作治理土地沙漠化和沙尘暴乃是双赢的世纪工程。

2 海水西调与西北农业

西北有 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$ 沙漠和荒漠草原，经海水西调治理后，西北和内蒙古北部滋润出 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 绿地，特别是河西走廊、东天山北坡和河套两岸将提供广阔的生存空间，农业也将有很大发展余地，可供生态移民。因此这里讲的农业问题不是一般意义上的农业，而是涉及我国广义的人口资源环境的战略性问题。

2.1 三片大移民

西北黄土严重水土流失地区和西南石漠化地区人口压力甚重，急需生态移民，使这些移民在西北新绿洲发展经济由贫穷直接跨入富裕小康阶段。以河西走廊而言，它的面积为中亚的费尔干纳盆地的2.5倍，而人口却是它的1/2.5，以此计算未来河西走廊可容纳3 000万民众^[2]。由于西北属地形平坦的平原区，只要有了水，则可发展大规模种植业，建设公路铁路网和中心城镇。黄土高原中等以上水土流失地区和西南石漠化山区人口压力沉重，可以向西北绿化最佳地区进行生态移民，从而进行农业成片开发。黄土切割和石漠化严重地区经大量移民后可进行全面规划，使之成为自然保护区、旅游区、生物多样性特殊保护和开发区，使保留下来的当地群众转向山区特殊种植业，养殖业和旅游业，减少了人口压力，使这两个地区的生态环境得到良好的保护和建设。

1) 黄土高原中等以上水土流失地区居民大部分迁出，使黄土切割区划为黄土塬人工保护区，再造几个以陇东为中心绿色黄土塬，可以使陕北在原有两个天然黄土塬基础上，向西延伸至兰州，使陕甘宁黄土高原平顶山都变成绿色的高原和草原休牧保护区，黄土塬顶成为绿色黄土塬。

2) 贵州的人口压力很大，可将深山区群众大量有序向外移居，移民后将贵州省部分山区特别是石漠化山区列为自然保护区和旅游区，缓解石漠化速度。

3) 内蒙古绿化以后可以进行自治区内部生态移民人口调节。例如库布齐西段建“第二引黄灌区”^[3]；内蒙古从东到西长3 000 km，两岸各宽30 km防护林带种植和保护区，增加百万个种树护树工人就业；引水渠道沿岸地区可开辟数百个海水养殖场，可以增加几万渔户。渔业加林业，沿线可以形成上百个人口过万的小城镇，如此将在很大程度上减轻草原压力。

2.2 粮食外交

西北四大沙漠是四大平原，其总面积达 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海水西调百年后绿化 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中一部分地区可开发为农田。我国有 $1.27 \times 10^8 \text{ hm}^2$ （19亿亩）耕地，扣除近年退耕部分，再减去油、棉、果、蔬耕地外，真正种粮的耕地也不过 $0.8 \times 10^8 \text{ hm}^2$ （12亿亩），也就是说我国人均一亩地供给人口^{万亩荒地}。如果西北经海水西调改善生态

环境并从中可以开发出 $0.33 \times 10^8 \text{ hm}^2$ （5亿亩）新耕地，其粮食产量足够整个非洲5亿人口食用；即使用 0.067 hm^2 （1亿亩）地种粮食供应非洲，也可补充其20%的粮食缺口。非洲生态环境恶化严重，地球气候变暖，干旱化将更加严重，人口更加膨胀；著名作家海明威作品歌颂过的非洲乞力马扎罗山（海拔5 895 m）的雪帽比当年（1912年）已缩小81%，据估计15年后将消失。西部产粮后，我国可以进行粮食外交，以粮换物，以粮换友谊。大米白面出口以后，剩下的可以加工饲料，这样可在西北形成数百个粮食加工业城镇，其副产品可供畜牧业，所产牛羊肉还可向中西亚穆斯林地区出口，这样整个西北成为中西亚和非洲粮肉供应基地。可以吸收东部劳动力。联合国粮农组织驻中国办事处有关官员对此设想表示很有兴趣，希望进一步交谈。

3 西部大开发要严格保护地下水水资源

西部大开发的方针是重点进行西部基础建设和生态建设，工农业上项目必须是低耗水的项目并严格进行节水。然而近二年许多媒体不断报道西部地下水开发的新闻，这种新闻十分令人担忧。中国工程院于2003初向国务院提交有关西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究报告，提出十大措施，其中水资源合理配置是十大措施之首，这项措施和建议是非常正确的。以往50年来，西北水资源的过度开发导致西北湿地消失一半，华北地区70年代也由于地下水过量开发形成 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 地下水漏斗等，两大教训都值得回顾。

文献[1]指出，以北疆艾比湖面积退缩率而言，农业大垦荒时代的湖水面积退缩率为自然退缩率的1 000倍，农业稳定时期的湖面退缩率为自然退缩率的100倍！以往50年新疆湿地退缩一半。

华北平原地下水水资源比西北丰富，70年代华北地区掀起群众打井抗旱高潮，五省二市打井100万眼，每年提水量相当于黄河年径流量，一时冀鲁京津等华北平原似乎为农业找到了无穷水源。十年后形成了 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的地下水漏斗，导致大量水井报废。这 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 地下水漏斗也许100年都不可能恢复，也许永远无法恢复。

西北单位国土面积水资源量比华北平原要贫乏得多，许多地区地下水水资源是河流和湖泊的补给源，过量开采地下水，将导致下游河流干涸，湖泊

退缩干涸。例如南疆库车冲积扇，地下水资源开发就值得忧虑。由于油气开发和人口增加库车冲积扇水资源开发强度已达到很高程度，再强化开发，势必影响对塔里木河的补给。若断绝对塔里木河补给，必将增加塔河下游生态危机，又需增加从博斯腾湖的水资源的输出量，从而严重影响博斯腾湖生态状况。笔者认为，广大西北地区对地下水资源开发应由政府主管部门严格把关，除个别地方人畜饮水困难之处外，许多地区已到了应基本停止打井，加强地下水保护的时候了，不要等到十年后危机严重时，再总结教训。所以笔者认为在西北，现在已经是应该提出对西北地下水资源“停止打井，加强保护”的口号的时候了，媒体更不必对个别打井打到淡水大加宣传。

地下水开发程度与节水程度密切相关，而西北许多地方官员为发展地方经济，声称本地区地下水资源十分丰富，说本地地下水资源储量相当于黄河径流量；一些学者鼓吹西北人均水资源量高于全国人均水资源量等等，这些言论实质上是在鼓吹西北地下水大规模开发。地下水是三水（大气降水，地下水和地面水）转化的一个重要的中间环节。地下水的开发量要有大气降水和河湖补给，如果补给不足而开采过度，必将破坏下游生态环境。我们十分担心借西部大开发之名，实施对西北地下水大开发，许多事情是不以人们的意志为转移的，尽管今天提出警示，要严格控制地下水的开发；然而一些地方官员只图任期内的所谓“政绩”，只顾发展地方经济，而置生态环境于不顾，不会接受华北地区和西北地区两次水资源过度开发的经验教训，照此下去，20 年后西北的生态环境将会进一步恶化，将有更多的地方出现罗布泊化和萎兰化。到了那时候，人们将广泛地认识到海水西调势在必行。

4 再论海水西调盐碱化问题

笔者在文献 [2] 中对盐碱化问题作了较详细说明，其要点：

1) 辽西 150 km 提水段采用在水系支流上建百座小型水库逐级上提，支流人口稀少，移民量不大，小水库建设简易，出事故容易解决，特别是上水库渗透有下水库接纳，最下的水库渗漏在当前水利检测漏点技术和堵漏技术十分成熟。

2) 内蒙古北部边境，东西 3 000 km 基本上沿干枯盐碱洼地或盐湖进行，两岸也都是荒漠地区。

3) 海水西调最终注入三个尾闾：艾比湖、艾丁湖和罗布泊，由于含盐水与含泥沙水沉积机理不同，绝大部分盐将随水流带入三大尾闾，盐水必须达到临界饱和度才会结晶，因此即使 1000 年在三大尾闾也不会发生盐结晶，1 万年以后结晶盐的体积也是很小的，更不要说内蒙新疆大段水流区是不会发生盐类的结晶。

4) 内蒙古新疆沿河海水顶托两岸淡水，可以增加两岸淡水资源量，只要不过量开发地下水，不会发生沿河海水入侵。

但是近年来也有学者提出“东水（渤海）西调”方案（简称东水方案）与笔者的海水西调方案（简称本案）都从渤海向西北调海水，但两个具体方案大不相同，笔者本不拟公开讨论两方案差异，但是水利学者忧虑海水西调将会产生“盐水失衡”问题。这是个十分重要的问题，因此有必要对水利专家的疑虑加以特别说明，提出自己的认识，同时也是向提出“东水方案”的学者请教。

东水方案的思路与本案在盐碱化方面有以下不同点，供有兴趣的学者特别是水利学界对照参考：

1) 东水方案基本思路是引海水浸泡沙漠，使沙漠不会产生沙尘暴。这个方案的不妥之处在于沙漠乃系风成，许多沙漠之下的基础地貌往往是斜坡，例如浑达善克沙漠、巴丹吉林沙漠、库布齐沙漠等，若使这些沙漠浸入海水，那么其另一侧洼地将成一片海水汪洋，且一旦沙漠被海水浸泡则此片沙漠永无绿化之日矣。

本案基本思路，一是海水西调沿东西向盐碱洼地流动，永远镇压干枯盐湖的沙尘源；二是利用西北太阳能将海水蒸发成水蒸气，在西风带推动下，进入祁连山—天山等三面向西北开口的八字形高山山脉冷凝系统增加降水，所获之水为淡水，最终是以淡水治沙。

2) 东水方案属于“内线作战”方案。管道提水有三条：其中第一条沿海河—永定河—洋河提水到坝上，第二条沿滦河上提海水入内蒙古东南部。此方案不妥之处在于：第一，国家已经着手海河整治，从永定河、潮白河等三河汇合口到渤海为整治重点，投资 500 亿元人民币，这段已不可能允许开挖埋管输送海水。第二，永定河—洋河中间为官厅水库、官厅水库为北京重要水源地，国家将重点治理后作为北京备用水源地，海水管道沿此水系，埋入官厅水库之下，对北京水资源安全问题将构成严

重威胁。第三，滦河是唐山和天津水源地生命线，海水管道若沿此河上提也将严重影响两大城市水源地安全。

3) 东水方案提出在包头附近采用管道从黄河底下进入鄂尔多斯高原治理毛乌素和库布齐沙漠。此方案更为不妥，最大关键问题是沙漠下伏地貌为斜坡，海水尚未漫沙即已从沙漠之下流入黄河。

关于毛乌素沙漠和库布齐沙漠治理问题笔者已在1999年提出利用本地淡水全面治理方案设想^[3]，其要点是合理利用本地降水和地下水治理两大沙漠。在鄂尔多斯高原建造三条防风骨干林带和白于山森林保护区。包头—兰州为我国300 mm年降水量线，此降水量线将高原从东北至西南划为二片，东南片包括毛乌素沙漠和库布齐沙漠东段，年降水量400~450 mm；西北部包括库布齐沙漠西段和盐池荒漠草原，年降水量200 mm以下。建议：a. 在鄂尔多斯高原建造三条防风骨干林带和白于山森林保护区。b. 毛乌素和库布齐沙漠东段降水量和地下水丰富，且基本为淡水，可利用降水和地下水、在节水条件下，引入外部资金，全面系统开发治理此二沙漠。c. 库布齐沙漠西段年降水量虽为200~300 mm，但可引黄取水，将内蒙古河套灌区节省的 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水资源指标用于开发库布齐沙漠西段，加之建设“补天林”林网以堵狼山和贺南山之间的风口，可将库沙西段建立内蒙古第二农灌区，以达到治理库布齐沙漠西段的目的。d. 300 mm降水量线以西如盐池等大片荒漠草原，除局部地下水丰富地区建设牧区外，其余地区则列为草原休牧保护区。

4) 本案是从辽宁提水进入内蒙古东南部低洼处，并沿燕山和阴山以北流入居延海，形成所谓“外线作战方案”，与南水北调各条渠道以及黄河海河均不相交，互不干扰，相互补充。客案将东水（渤海）西调与当前国家决策的三条南水北调东中线和黄河、海河多次相交或重叠，影响南水北调东中线和海河、黄河的水资源安全。

5 20年取得共识

自从笔者关于海水西调治理沙漠和沙尘暴的文章^[1,2]发表后引起多方面兴趣。由于海水西调治理沙漠和沙尘暴这项设想的巨大工程，涉及国土、水利、气象、海洋、湿地、治沙、林学、地貌、水文及水文地质等8个学科。两年来，特别2002—

2003年来与相关学科专家广泛接触和交流，各相关学科的一些学者有如下维议：

1) 国土资源学者认为海水西调工程是国土宏观治理的大工程，希望进一步论证，特别是资金和盐碱化问题。并将报告制作的多媒体上网以供公开讨论，网址是 www.cgs.gov.cn。

2) 海洋学家特别支持海水西调工程。不仅因为海水西调导致渤海海水大循环，大大地改善渤海生态环境，有不可替代之功效，更重要是海洋学者普遍认为海水西调十大效益均可视为海水直接利用的效益。

3) 湿地专家完全赞同“西北湿地退缩和消失是西北土地沙漠化和沙尘暴形成的深层次因素”这一科学论断。国际湿地组织赞助的《湿地通迅》（中英双语版）2002年第5期摘要转载了文献[1]中的相关章节。

4) 林业和沙漠学科的学者20年来护林工程和治沙措施进展很大，但是也忧患沙漠化发展仍未得到有效控制，并有发展趋势。20年后，必然要考虑水资源的来源问题。认为海水西调如果增加降水值得探索。

5) 水利专家中有人认为这是继三条南水北调工程之后又一项巨大调水工程，将造福西北；也有人认为海水西调会引起西北盐水失衡。

笔者曾提出海水西调方案^[1]只是一个设想，一个框架，取得共识就要20年。以上是近两年来各相关学科学者的维议尚不能说已是广泛共识。为什么提出取得共识就要20年，有以下原因。

1) 海水西调方案提出，虽然笔者认为最终是可行的且利大于弊，投资大、效益更大。并对盐碱化问题、水气东逸问题、资金和能源问题及冬季运行等问题，作了较详细解释，但是恐怕需要20年从政府高层领导到水利、气象等各相关学科众多专家对这些问题才能有广泛共识，因而应专门立项尽快进行多学科的综合研究。

2) 由于西北自然干旱化进程缓慢而深刻，且是不可逆转的。对前50年干旱化导致生态恶化的自然和人为因素虽已有基本的广泛认识；但对今后严重恶化的前景却思想准备不足。西北自然干旱化进程由于自然和人为作用，再过20年西北生态必有较显著恶化，加上西部大开发，如若掌握不好，变成地下水大开发，将进一步加速西北干旱化进程，20年后沙尘暴强度与频率度可能比现在严重。

得多，感到迫切性的人多起来了才能有广泛共识。

3) 20 年后，我国经济发展第三步战略取得巨大成就，人均 GDP 达到 3 000 美元，到那时，每年固定资产投资，这驾马车将比现在增加 4 倍，水电能源开发将增目前开发总容量的 70.8%，三条南水北调工程基本都已工程过半，其中两条并已取得巨大效益，水利部门才可以腾出手来，考虑海水西调的外线战略研究，进行工程的详细论证。

4) 从另一个角度看，20 年后我国 GDP 水平提高了，许多重大基建工程已经完工，需要新的基建项目拉动国民经济发展，这时海水西调这项西部大开发的战略性基建工程将会成为首选，作为那时拉动我国 GDP 增长的三驾马车中的一匹骏马。

6 结论与建议

海水西调属于外线作战，为开发大西北服务；南水北调属于内线作战，为华北东部，特别是京津地区经济发展服务；二者相互补充，互不干扰。海水西调工程全长 5 000 km，形成西北 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 水面镇压沙尘源，同时利用西北太阳能蒸发成淡水，在西风带推动下进入三套八字形高山冷凝系统，增加山区降水，使海水淡化。工程分为三期，第一期引水至二连一线，为期 20 年，第二期引水至居延海。一、二期共 50 年，第三期引水入南、中、北疆，为期再需 50 年，三期总共 100 年完成。工程有十大效益，最主要是改善西北气候，大幅度增加降水治理沙漠和沙尘暴、绿化西北、促进渤海大循环等，工程有盐碱化、水气东逸、能源和资金以及冬季运行等四大问题，并对这些问题提出了相应的对策。

笔者提出海水西调的十大效益^[1]，那是一眼就明白的实实在在的效益；但是从战略眼光看，她是西部大开发的最大的战略性基础性工程，是创建西北秀美山川的战略工程，是缓解甚至于局部逆转西北干旱化进程的战略性工程，是对全球生态环境有一定影响对东亚环境有深远影响的战略工程，是为我国千百代子孙造福的战略工程。海水西调与南水北调将成为我国 21 世纪前半叶和后半叶分别为

西部大开发和东部华北地区经济发展的两项具有战略性的宏大水利工程。

为了比较详细描述海水西调工程的全貌，建议国家立项进行多科学研究，吸收气象、水利、国土、海洋、地貌、沙漠、林业多学科专家进行综合研究，首先建立四大研究课题。

1) 气象模型。研究我国西风带对西北干旱化影响，伊犁盆地水气交换模型及其在西北三套八字形高山冷凝系统的推广意义，水气东逸损失率等。

2) 数字高程模型。模拟海水西调沿线地形地貌，调水自流动态模型，以及从中发现可能需要动用工程土方的局部地方，为详细编制预算提供资料。

3) 沿线盐碱化影响。海水西调线路虽然基本在外线荒漠地区的干枯盐碱地，但是局部地区可能影响牧场，需要详细调查论证其局部影响，并提出改善措施。

4) 渤海海水大循环模拟研究。每年从渤海西北角提取 $1000 \times 10^8 \sim 2000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 海水，从东南角山东半岛至辽东半岛之间引入黄海海水，从而使渤海生态环境在海陆源污染治理基础上得到进一步改善。

鉴于海水西调工程是 21 世纪对世界生态环境具有一定的影响和贡献，对东亚生态环境有很大影响和贡献的战略性工程，建议我国政府在多学科专家综合研究取得初步共识的基础上，向联合国环境署、联合国开发署和世界银行以及东亚有关国家通报并共商科学论证和资金筹措。

致谢：本文撰写过程中得到李成樽高级工程师的协助，谨在此表示感谢。

参考文献

- [1] 陈昌礼. 海水西调与我国沙漠和沙尘暴的根治[J]. 中国工程科学, 2001, 3(10):13~12
- [2] 陈昌礼. 海水西调是西北和华北北部可持续发展的需要[J]. 中国工程科学, 2003, 5(1):48~55
- [3] 陈昌礼. 面向 21 世纪将鄂尔多斯高原建成西北生态屏障[J]. 科技导报, 1999, (10):18~24

(下转第 26 页)

- [3] 张炳汉. 浅析深港两地港口优势互补共同发展 [J], 中国港口 2002 (4):14~15
- [5] 李川. 深圳集装箱吞吐量突破 700 万箱 [J], 中国港口 2002 (12):14
- [4] 周天麟. 深圳港口发展及其与周边港口的关系 [J], 中国港口 2002 (9):8~9

Container Port Development in Shenzhen

Weng Keqin

(China Development Bank , Beijing 100037 , China)

[Abstract] This paper gives an introduction about the facilities , production and sea routes connecting container port in Shenzhen , and a brief analysis of experience of port construction. It also discusses the interdependent relationship between ports in Shenzhen and Hong Kong , and describes the future development of container port in Shenzhen.

[Key words] Shenzhen ; container port ; current situation ; future development

(cont. from p. 19)

Introducing Sea Water from Bohai Sea to West China is a Basic Strategy Project for Developing West China

Chen Changli

(China University of Geosciences , Beijing 100083 , China)

[Abstract] It is a basic strategy project for developing west China to introduce sea water from Bohai Sea to west China , comparing to the project on introducing fresh-water from Yangtze River to north China. Some efficacy for Inner Mongolia area and saltization in areas involved in the project were discussed in the paper. As it may take 20 years to get a common view about the project conducting some related scientific research and striving to begin earlier the project were suggested.

[Key words] introducing sea water from Bohai Sea to west China ; developing west China ; sandstorm ; groundwater