

专题报告

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

中国工程院“西北水资源”项目组*

(中国工程院, 北京 100038)

[摘要] 西北地区地域广阔, 资源丰富, 民族众多, 在我国的经济建设、社会稳定和国防安全方面都具有重要战略地位, 同时又是我国极其重要的生态屏障。50多年来全区经济快速发展的同时, 出现了土地荒漠化、水环境污染等种种生态问题, 最突出的矛盾是水资源的配置问题, 严重制约了社会经济的可持续发展。根据中央确定的“西部大开发”及开发要和生态环境建设相协调的方针, 经国务院批准, 中国工程院于2001年5月启动了“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”的咨询项目。在深入调查和科学研究的基础上, “西北水资源”项目组认为, 为了保证社会经济的可持续发展, 必须确立人与自然和谐共存的发展方针, 为此必须以水资源的可持续利用, 支持社会经济的可持续发展; 要统筹全局, 合理安排生态环境建设; 坚决调整产业结构和转变经济增长方式, 建设高效节水防污的经济与社会; 在水资源可持续利用和保护生态环境的条件下, 相应地合理配置水资源; 同时必须实施适当的人口政策, 控制人口的过度增长。为此提出了加强水资源的统一管理; 退耕还牧还草; 加强农业基础地位; 发展工矿业, 推进城镇化; 建立西北地区生态环境建设的部门协调机制等10项战略对策。

[关键词] 中国西北地区; 水资源配置; 生态环境建设; 可持续发展战略

[中图分类号] TV21; X22; X171.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)04-0001-26

西北地区地域广阔, 资源丰富, 民族众多, 在我国的经济建设、社会稳定和国防安全方面都具有重要的战略地位; 同时, 由于其特殊的自然地理条件, 又是我国极其重要的生态屏障。中央确定“西部大开发”的战略并明确西北地区的开发要和生态环境建设相协调的方针后, 各方面行动积极, 但在具体工作中, 对生态环境建设应如何具体掌握, 生态环境建设与经济建设的用水矛盾应如何解决, 以及西北地区的有限水资源能否支持社会经济的可持续发展等问题, 仍存在着各种不同的看法和做法。近年来北方地区干旱严重, 沙尘暴加重, 更引起许

多议论和忧虑。为此, 中国工程院在完成“中国可持续发展水资源战略研究”后, 经国务院批准, 于2001年5月启动“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”的咨询项目, 要求以自然地理范畴的西北地区为研究范围, 以水资源为中心, 以生态环境的保护和建设为重点, 以工业、农业和城镇建设都能可持续发展和缩小东西部差距为目标, 展开跨学科、跨部门的综合性、战略性的研究, 在此基础上, 提出有针对性的可操作性的建议。

[收稿日期] 2003-02-21

* 本文是中国工程院“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”咨询项目的综合报告。该项目是由钱正英、沈国防、潘家铮三位院士主持, 在国务院有关部委, 中国科学院, 有关高等院校、科研院所和省、自治区的大力支持下, 中国工程院组织了覆盖地理、地质、气象、水文、农业、林业、草业、牧业、水利、土地、水土保持、生态、环境、城市建设、历史、考古、社会经济以及石油、天然气、煤炭、冶金等学科的35位院士和300位院外专家, 并有西北各省、自治区130多位有关领导和专家参与工作, 成立了9个课题组, 提出了阶段性报告和建议。经过多层次的实地考察及反复研讨, 在各课题研究的基础上, 并结合学习和贯彻十六大精神, 提出本项目的综合报告。项目组成员名单附后。

1 西北地区的现状和问题

1.1 自然环境格局

本项目研究的西北地区包括新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西和内蒙古等6省、自治区范围内的内陆河流域和黄河流域。

本区的自然地理边界：北和西为国界，南以昆仑山、巴颜喀拉山和秦岭山脉为界，东以大兴安岭和黄河中游段北干流为界。全区土地总面积 $345 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，跨干旱、半干旱和半湿润区，自然环境很不相同，可分为三大片（见彩插1）：贺兰山以西的内陆干旱区（简称内陆干旱区），贺兰山以东、阴山以北的半干旱草原区（简称半干旱草原区）以及半干旱和半湿润区的黄河流域（简称黄河流域区）。

1.1.1 内陆干旱区 位于贺兰山以西干旱和极干旱区，面积 $253 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。年降水量除海拔很高的山区外，都在 200 mm 以下，个别地方甚至在 10 mm 以下。除新疆北部的额尔齐斯等河是外流河外，其他都属内陆河流域，分为准噶尔盆地、塔里木盆地、吐哈盆地、柴达木盆地、青海湖盆地和河西走廊—阿拉善高原等独立单元。这些单元各为高山环抱，除青海湖盆地的中心是青海湖外，其他盆地的中心都分布着广大的沙漠。联系高山和沙漠的是一些大、中、小河流，以高山的降水与冰川积雪融水为主要水源，流经山坡下的洪积平原，归宿于沙漠中的湖泊湿地或消失于沙漠中。在盆地的主体，依据水资源状况形成的景观依次为：人工绿洲、天然绿洲、半荒漠和沙漠戈壁。我国著名的大沙漠都在本区域：准噶尔盆地中心的古尔班通古特沙漠，塔里木盆地中心的塔克拉玛干沙漠，连接塔里木盆地与河西走廊的库姆塔格沙漠，河西走廊北部的巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠以及黄河西岸的乌兰布和沙漠（见彩插2）。

1.1.2 半干旱草原区 位于内蒙古自治区境内，面积 $29 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，是以广袤草原为特点的内陆河流域。绝大部分处于半干旱区，年降水量为 200~400 mm，由西向东递增。由于四周没有像贺兰山以西内陆河流域那样的高山，不能形成长年有水的河流，只有一些分散的、季节性的溪流。其地表景观依据天然降水量，由西向东形成荒漠草原、草原、草甸草原和其中的一些湿地，以及浑善达克沙地（见彩插3）。

1.1.3 黄河流域区 位于半干旱区和半湿润区，

面积 $63 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，年降水量 200~800 mm。除昆仑山脉、阴山山脉、秦岭山脉和青藏高原的黄河河源区外，绝大部分是黄土高原，按地形地貌分为长城沿线风沙区（含鄂尔多斯闭流区 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ）、黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、黄土阶地和河谷平原，以及土石山区（见彩插4）。

1.2 社会经济的现状和问题

1.2.1 新中国成立以来的巨大发展 中华人民共和国成立时，在本区 $345 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的土地上，只有 3 300 万人口，农牧民生活贫困，交通闭塞，几乎没有现代工业和现代城市。经过 50 多年的艰苦奋斗，特别是改革开放以来的发展，到 2000 年底，人口发展到 9 178 万，为原来的 2.78 倍；耕地面积 $1.8 \times 10^7 \text{ hm}^2$ （2.7 亿亩），为原来的 1.5 倍；灌溉面积 $7.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$ （1.07 亿亩），为原来的 3.82 倍；粮食总产 $3 169 \times 10^4 \text{ t}$ ，为原来的 3.96 倍（见图1）。工业、交通和城镇的巨大发展，使二、三产业的比重达到 63%，GDP 达到 5 013 亿元，人均 GDP 为 5 461 元。从总体上说，西北地区已开始摆脱贫困，为全面实现小康奠定了初步基础。

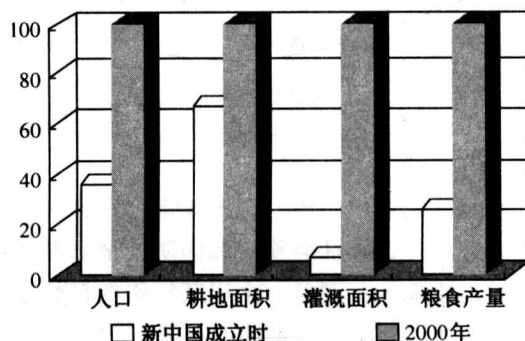


图1 西北地区新中国成立时与2000年主要经济指标对照图(%)

Fig.1 Comparison of the main economic quota of 2000 with those at the time of founding of People's Republic of China in northwest China

1.2.2 社会经济存在的问题 当前社会经济存在着两方面的问题：一方面，50多年来虽然经济发展很快，但由于各种原因，经济水平仍与我国的东部和中部有较大的差距，部分地区仍未脱贫。全区的土地面积约占全国的36%，人口占7.3%；而全区的GDP只占全国的5.7%，人均GDP为全国平均的77%；农村人均纯收入1 624元，为全国平均水平的72%；城市居民可支配收入5 150元，为全

国平均的 82%；全区有国家级贫困县、旗 126 个，占全国的 21%（见图 2）。另一方面，在社会经济的快速发展中，发生了生态环境的种种问题，有的地方甚至出现了生态环境的危机。在发展社会经济

和保护生态环境的问题中，最突出的矛盾是水资源的配置。一些经济较发达的地带，社会经济用水已挤占了生态环境的用水，并逐渐污染水环境，严重威胁社会经济的可持续发展。

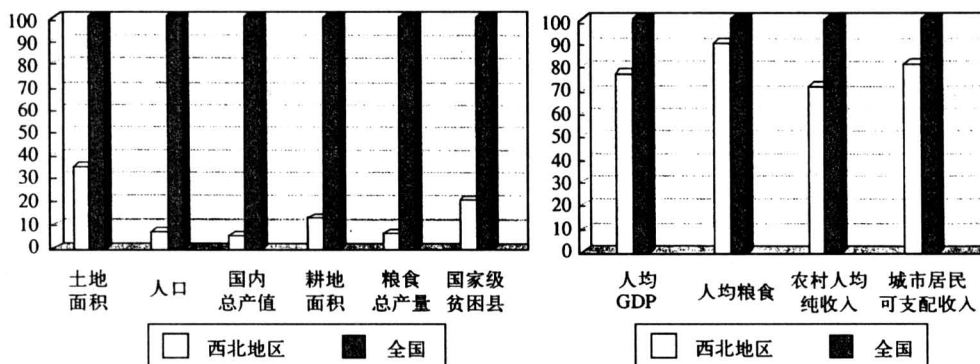


图 2 西北地区主要经济指标占全国的比重 (%)

Fig.2 Proportion of the main economic quota in northwest China to the whole country

1.3 水资源概况

1.3.1 水资源总量 全区多年平均降水 200 mm，降水总量 $6\ 900 \times 10^8\ m^3$ 。其中黄河流域年均降水 422 mm，内陆河流域 153 mm（见图 3）。

在高山地区的降水大部分形成积雪和冰川。在其他地区的降水，一部分在地表蒸发或形成地表径流；其余部分形成土壤水，除支持地表植物的生长外，渗入地下，形成地下水。

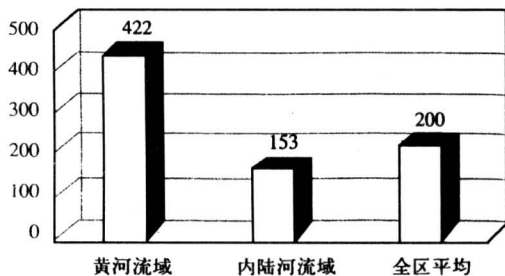


图 3 西北地区平均降水深度 (mm) 示意图

Fig.3 Scheme of the mean annual precipitation depth in northwest China

全区多年平均地表径流总量 $1\ 441 \times 10^8\ m^3$ ，地下水资源总量 $1\ 067 \times 10^8\ m^3$ ，扣除两者的重复量，水资源多年平均总量为 $1\ 635 \times 10^8\ m^3$ ，其中黄河流域为 $533 \times 10^8\ m^3$ ，内陆河流域为 $1\ 102 \times 10^8\ m^3$ （见图 4）。

以上数据是多年平均值，还应研究由于气象变化及人类活动因素对今后水资源量的影响及变化趋势。

1.3.2 人均水资源量 全区人均多年平均水资源

量 $1\ 781\ m^3$ ，其中黄河流域 $838\ m^3$ ，内陆河流域 $3\ 906\ m^3$ 。由于经济发展和人口分布的相对集中，人均水资源量的地区分布极不平衡，缺水严重的是以下地区（见图 5）：宁夏回族自治区黄河流域，人均年 $217\ m^3$ ；陕西省黄河支流渭河流域，人均年 $326\ m^3$ ；青海省黄河支流湟水河流域，人均年 $618\ m^3$ ；甘肃省河西走廊石羊河流域，人均年 $761\ m^3$ 。

1.3.3 供水量、用水量和耗水量 据统计，2000 年全区总供水量 $871 \times 10^8\ m^3$ ，其中利用地表水 $716 \times 10^8\ m^3$ ，地下水 $153 \times 10^8\ m^3$ ，污水回用及雨水利用 $2 \times 10^8\ m^3$ 。黄河流域总供水量 $293 \times 10^8\ m^3$ ，内陆河流域总供水量 $578 \times 10^8\ m^3$ （见图 6、图 9）。

2000 年的用水量与供水量一致。在总用水量中：农业用水 $778 \times 10^8\ m^3$ ，占 89.3%；工业用水 $53 \times 10^8\ m^3$ ，占 6.1%；生活用水 $40 \times 10^8\ m^3$ ，占 4.6%。全区人均综合用水量 $949\ m^3$ ，黄河流域为 $459\ m^3$ ，内陆河流域 $2\ 047\ m^3$ （见图 7、图 8）。

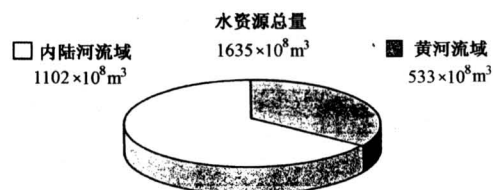


图 4 2000 年西北地区水资源分布示意图

Fig.4 Distribution of water resources in northwest China

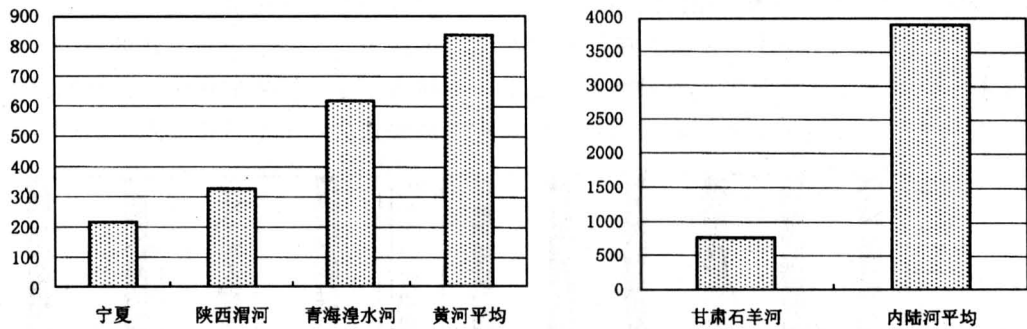


图 5 2000 年西北地区人均水资源 (m³) 分布示意图

Fig.5 Distribution of per capita water resources of 2000 in northwest China

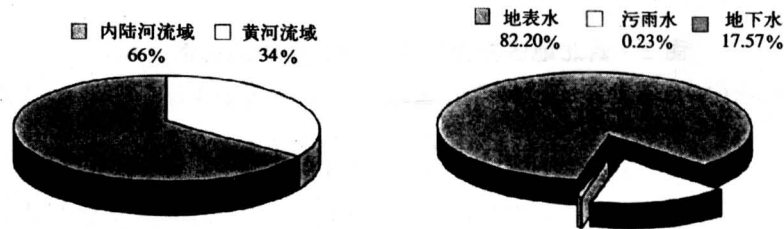


图 6 2000 年西北地区供水结构示意图

Fig.6 Scheme of the water supply structure of 2000 in northwest China

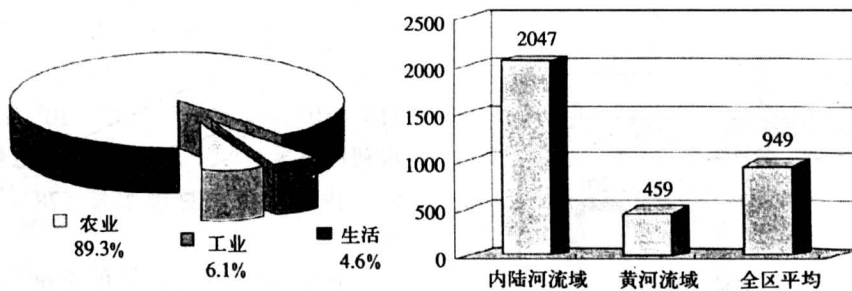


图 7 2000 年西北地区用水结构 (%) 及人均综合用水 (m³) 示意图

Fig.7 Scheme of the water use structure (%) and per capita water consumption (m³/person) of 2000 in northwest China

工农业和生活用水后都有回归水量，因此，还需要计算它们的净耗水量，简称为耗水量。2000 年全区耗水总量为 $547 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，耗水率（耗水量和用水量的比值）62.8%。黄河耗水量 $158 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，耗水率 53.9%；内陆河 $389 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，耗水率 67.2%。耗水总量中，农林牧渔耗水量占 91.8%（见彩插 5）。

1.3.4 用水效率 由表 1 看出，西北地区的农田灌溉由于客观（处于干旱和半干旱区）和主观的因素，其灌溉用水定额比全国平均大；工业用水效率与全国平均接近；在国民生产总值中，由于农业比重过大，内陆河流域的单位水 GDP 产出量远低于全国平均。

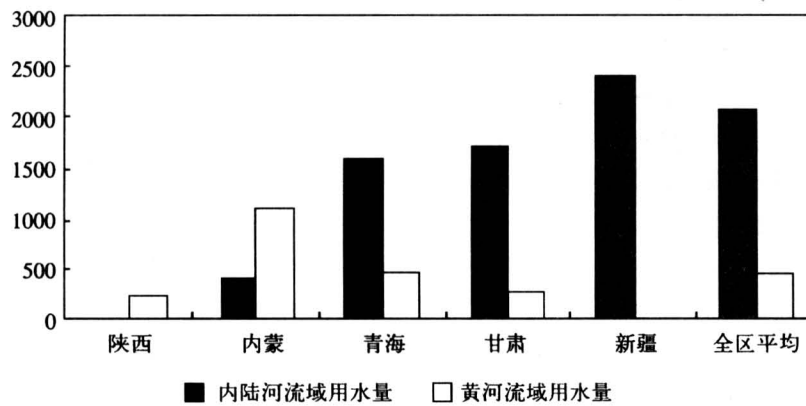


图 8 2000 年西北地区各省人均综合用水量 (m³) 示意图

Fig.8 Scheme of the per capita comprehensive water utilization amount of 2000 for each provinces in northwest China (m³/person)

表 1 西北地区 2000 年现状用水效率指标分析

Table 1 Analysis of the quota of the annual water utilization in northwest China of 2000

分 区	人均年用水量 /m³·(人·a) ⁻¹	人均年耗水量 /m³·(人·a) ⁻¹	农田灌溉实灌定额/m³·hm ⁻² (m³/亩)	万元 GDP 用水量 /m³·(万元) ⁻¹	工业万元增加值取水 量 /m³·(万元) ⁻¹	单位水 GDP 产出 /元·m ⁻³	单位工业用水 增加值产出量 /元·m ⁻³
全 国	430	236	31.9 (479)	610	288	16.4	34.7
西北地区	949	596	44.7 (671)	1736	312	5.8	32.1
黄河流域	459	249	33.6 (504)	958	322	10.4	31.1
内陆河流域	2047	1375	52.9 (794)	2941	292	3.4	34.2

1.3.5 水资源开发利用率 按 2000 年的供水量表计，全国水资源的开发利用率（供水量与水资源总量的比值）为 20.0%；西北地区为 53.3%，其中黄河流域为 55.0%，内陆河流域为 52.5%，不但高于全国平均水平，而且各地的开发利用率极不平衡，例如：甘肃河西走廊的开发利用率为 92%，其中石羊河为 154%，黑河为 112%（主要是水资源的重复利用和超采了地下水）。新疆的塔里木河为 79%，准噶尔盆地为 80%（见彩插 6）。

1.4 生态环境出现的主要危机——土地荒漠化

西北地区的生态环境在长期历史演变中出现种种问题，如干旱缺水、河湖干涸、水土流失、植被退化，等等。研究后认为，本区生态环境的主要危机综合表现为土地荒漠化。

1.4.1 土地荒漠化的界定 按 1994 年《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约》给予的定义，“荒漠化是指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和干旱的半湿润地区的土地退化”。“土

地退化是指由于使用土地或由于一种营力乃至数种营力结合使干旱、半干旱和干旱的半湿润地区的雨养地、水浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力复杂性的下降或丧失，……”

我国可能发生荒漠化的地理范围是指年降水量与潜在蒸散量之比在 0.05~0.65 的干旱、半干旱和干旱的半湿润区，总面积约为 337×10⁴km²，占国土总面积的 34.6%，其中在本项目研究范围内的约 303×10⁴km²，占研究范围的 87.8%。

国家林业局《第二次全国荒漠化监测》公布的数据：1999 年全国荒漠化土地总面积为 267.4×10⁴ km²，占可能发生荒漠化范围的 80%，其中在本项目研究范围的约 218.3×10⁴ km²。许多科学家认为，所界定的范围涵盖了在地质历史时期形成的沙漠、戈壁和荒漠，包括青藏高原的冻蚀荒漠，面积明显偏大。各方面对西北地区荒漠化土地面积有各种估计数字，相差很大。看来，如何界定荒漠化土地的面积还需认真研究。我们认为，为了有针对性地指导实际工作，应着重研究在现代气候条件

下,由于人类不合理的经济活动,使原有耕地、草地、林地退化的情况。在西北地区,主要是在干旱化的气候背景条件下,由于水资源利用不合理和土地资源利用不合理两种原因引起而又有条件可能治理的荒漠化土地。据粗略估计,总面积可能在 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$ 上下。值得注意的是,荒漠化面积仍有继续扩大的趋势。据国家林业局 1994 年与 1999 年两次调查对比,5 年间荒漠化土地面积扩大了 $5.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 年均净增 $1.04 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中沙化土地面积年净增 3 436 km^2 。这些土地退化面积的扩展主要发生在本区。

1.4.2 由于水资源利用不合理引起的土地荒漠化

1) 在内陆干旱区,由于河流上中游用水过多,造成下游河湖干涸,荒漠扩大。许多内陆河流的上中游大量引水灌溉,使下游水量减少甚至完全断流。新疆的罗布泊、台特玛湖,河西走廊石羊河下游的青土湖,黑河下游的东、西居延海以及疏勒河下游的哈拉诺尔等湖泊都先后干涸。青海省的青海湖和柴达木盆地的达布逊等湖,水面也有不同程度地缩小(见彩插 7)。由于内陆河流的下游都处于极端干旱区的沙漠中心,两岸天然绿洲和向荒漠过渡的植被都需依赖河流径流所补给的地下水,河湖干涸断绝了地下水的补给,造成天然绿洲和向荒漠过渡的植被衰败以至死亡。

2) 在沙漠边缘地区,由于超采地下水,植被枯萎,造成土地沙化。如新疆古尔班通古特沙漠边缘的奇台县、甘肃腾格里沙漠边缘的民勤县,由于中游过量用水,在河流来水不足的情况下,大量超采地下水,使地下水位大幅度下降,不但造成植被衰亡,而且使大片土地沙化。

3) 在大中型灌区,由于灌溉不当,地下水位上升,造成土壤次生盐碱化。许多灌区缺少完整的灌排渠系和科学的灌溉制度,大水漫灌,使灌区地下水位过高,造成灌区内土壤的次生盐碱化。

1.4.3 由于土地资源利用不合理引起的土地荒漠化

1) 草原牧区由于严重超载过牧,造成大面积退化甚至沙化。贺兰山以东、阴山以北的广大内蒙古草原,是我国北方的生态屏障。由于严重超载过牧,草原退化面积从 20 世纪 80 年代占草地总面积的 35%,到 90 年代已扩展到 60%,目前大约 $11.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的荒漠草原已全面沙化。一些严重地区赤地千里,寸草不长,令人触目惊心。在新

疆、青海的草原牧区,也因过牧而造成草原不同程度地退化以至沙化。

2) 在农牧交错区,由于将原来以牧为主的农牧交错区变为农区和以农为主的农牧交错区,滥垦、滥牧、滥樵、滥采,造成土地大面积退化甚至沙化。

3) 在农区,由于不合理的种植结构和耕作制度,造成一些地方的土地退化甚至沙化。

4) 在有些山区,由于滥伐滥垦,造成林地的退化。

5) 黄土高原地区,由于边治理,边破坏,土壤侵蚀总面积仍有所增加。水土流失经多年治理取得相当成绩,入黄泥沙有所减少;但边治理、边破坏,土壤侵蚀总面积仍有所增加。20 世纪 90 年代,甘肃、青海两省水土流失面积增加 $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

1.4.4 土地荒漠化是沙尘暴加重的重要原因 沙尘暴是一种自然现象,是大气不稳定的强大风力与地表沙尘相结合的产物。作为一种灾害性天气现象,沙尘暴与扬沙、浮尘天气是自然界所固有的一种自然现象,黄土高原就是主要由沙尘暴输送的尘土所形成。从自然规律的角度看,沙尘暴是不可能被消灭的。但人类不合理的经济活动破坏了一些地方的地表覆盖,也助长或促进了沙尘暴的发生和发展,加重了对人类的危害。人类应当也只能消除由人类自身引发的不利因素而减轻沙尘暴的危害。

沙尘暴发生在干旱、半干旱地区。我国沙尘暴高发区的下垫面大体分四种类型:

1) 沙漠与沙地。

2) 荒漠、戈壁与草原,其中内蒙古高原的荒漠草原是沙尘天气的高发区之一。

3) 黄土高原裸露的疏松黄土,既是历史上的风成沉积物,也是现今主要的沙尘源地之一。

4) 阴山南北的农牧交错带以及北方半干旱地带中缺乏植被保护的旱耕地。

以上四种类型的下垫面,除地质历史形成的因素外,都属于土地荒漠化的范围。因此,西北地区荒漠化土地的扩大是我国近年来沙尘暴强度增加的一个重要原因。我国沙尘暴的初始源地多数发生在蒙古国的中、南部地区,境内初始源地在中蒙边界,境内加强源地在我国内蒙古的中、西部地区、河西走廊和农牧交错带中大面积的开垦地。因此,要立足于全面保护沙尘暴源地的生态环境,大力防

治西北地区的土地荒漠化，不能寄希望于一些局部性的应急措施。

1.5 城镇工矿地区的生态环境危机

——水环境污染

在西北地区的经济发展过程中，水环境污染的问题已经出现。根据国家环保总局 2002 年资料，西北地区的污染情况可分为严重污染、中度污染和尚未明显污染三种类型。严重污染地区和中度污染地区相加，其人口已占总人口的 79.1%，其中渭河流域已成为全国污染最严重区域之一。内陆河流域没有排污入海的出路，黄河流域的排污不但危害当地，而且威胁黄河中下游的水环境安全。

1.5.1 严重污染的地区 黄河干流、渭河干流、石羊河流域、疏勒河流域以及伊犁河流域 21 个城市（地区）所在的主要河段，水质已属于 V 类或劣于 V 类，不能满足农业灌溉用水的标准，有的已经成为黑臭河段。污染严重河段的流域面积虽然仅占西北地区总面积的 13.0%，但这些地区是城镇工矿集中、人口稠密区域，也是今后城镇发展的主要区域，目前受影响人口已达西北地区总人口的 55.2%。

本区主要污染因子是 COD、BOD 和氨氮，局部河段如黄河干流甘肃、内蒙古段还发现重金属超标的现象。严重的水污染造成沿岸居民饮水安全不能保证，人民的身体健康受到危害，农作物质量也受到严重影响。水污染还造成水生生态环境的破坏，影响鱼类及其他水生生物的生存。2000 年渭河已出现千余亩农田农作物因污染绝收，农民上访索赔事件，如果不对水污染进行及时的有效控制，必将出现更大范围的严重事件。

1.5.2 中度污染的地区 新疆的乌鲁木齐市、甘肃的白银市以及陕西的铜川市等 14 个城市（地区），主要河流水质多属于 IV 类，污染河流的流域面积约占西北地区总面积的 27.2%，受影响人口约占总人口的 23.9%。其水质目前尚可满足工农业生产要求，但已不能作为饮用水源，而且基本已无环境容量，若不能控制排污，很快将成为严重污染区。

1.5.3 尚未明显污染的地区 西北地区尚有 27 个地市，其主要河流水质基本保持在 II ~ III 类，尚未受到明显污染。虽然这些水质良好区域的面积占西北地区总面积的 59.8%，但大部分处于荒漠地带，其人口只占总人口的 20.9%。

2 确立人与自然和谐共存的发展方针

如何解决发展社会经济和保护生态环境的矛盾？根本的原则只能是：坚决确立人与自然和谐共存的发展方针。只有在与自然和谐共处中，人类才能得到持续发展。在西北地区，这个方针具有十分迫切的现实意义。如果不认真和及时地贯彻这个方针，西北地区的社会经济发展将不可能持续。

2.1 生态环境危机的深层次原因

西北地区生态环境危机的深层次原因是：人类占用了过多的自然资源。由于人口增加过快，而生产方式落后，造成对自然资源主要是水、土、林、草等过度利用以至破坏。在过去长期的历史进程中，西北地区实际是通过频繁发生的各种天灾和人祸，遏制人口的无计划增长，虽然生产方式落后，但因人口不多，对自然资源的掠夺程度有限。从 20 世纪以来，人口从 20 世纪初的大约 1 400 万增至 20 世纪中期的 3 000 多万，至 20 世纪末已将接近 1 亿人。在相对落后的生产方式下，为了供养不断增长的人口，不得不依靠破坏性地掠夺自然资源（包括污染自然资源），从而造成生态环境的严重破坏。

2.2 人与自然和谐共存方针的现实可行性

在当前严峻的生态环境危机下，很少有人否认人与自然和谐共存方针的必要性。问题在于，此项方针在西北地区有无现实可行性？尤其令人关注的是，仅凭西北地区有限的水资源，有无可能兼顾生态环境用水和经济发展用水？由于对这种可能性的怀疑，引出两种极端的态度：一种是认为西北不可能大发展，需要及时收缩规模；另一种是认为经济发展和保持生态事实上不可能兼得，只能不顾后果地继续按现有方式干下去，或寄希望于“大西线”调水工程。

我们认为，生态环境的人口容量是相对的。在生产力提高、资源消耗逐步减少的条件下，人类对环境的适应能力得到提高，从而可以扩大环境的人口容量。相反，如果人口的发展超过当时当地生产力可以达到的环境容量，人类就将在这个地区衰亡以至消失。人类在各地的兴衰进退，都可以作证。在水资源制约人类发展的条件下，如果生产力的发展能提高水的利用率，人类就可以继续发展，在当今世界，以色列就是一个例证。西北地区的问题在于，在人口增加和经济规模增长的过程中，生产力

水平没有相应提高,生产方式仍限于传统、粗放的外延型,特别是没有抓住水资源这个制约因素,相应地提高用水效率。只要认真解决这个问题,并合理安排生态环境建设,人与自然和谐共存的发展方针在西北地区是现实可行的,在水资源可持续利用的基础上,可以实现社会经济的可持续发展,也有条件在10年内使生态环境建设取得突破性的进展。

2.3 人与自然和谐共存方针的主要内容

必须以水资源的可持续利用,支持社会经济的可持续发展。为此必须:

统筹全局,合理安排生态环境建设。

坚决调整产业结构和转变经济增长方式,建设高效节水防污的经济与社会。

在水资源可持续利用和保护生态环境的条件下,相应地合理配置水资源。

与此同时,还必须实施适当的人口政策,控制人口的过度增长。

这些都是西北大开发中至关重要的问题,也是本项目所要研究的主要问题,现分别论述于后。

3 合理安排生态环境建设

3.1 生态环境演变的历史背景

在西北地区,生态环境经历了漫长的历史演变过程,需要从全球变化的历史回顾中研究今后的生态环境建设。

3.1.1 自然历史背景 第三纪早期开始的印度板块和欧亚大陆板块的碰撞以及后来青藏高原的持续隆起,改变了亚洲地区的大气环流与地理格局,将北半球 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的纬向干旱带,在里海以东到大兴安岭的范围内,向北推进了大约10个纬度,在我国范围内,从长江和珠江流域北移到北方地区。由于高原逐步隆起,在约2200万年前形成了西北干旱区的基本格局,并形成和加强了西南季风和东南季风,在我国北方造成东部湿润与西部干旱的东西向分异。西北地区的干旱化趋势以及地理环境的格局,都是在以上自然历史演变过程中形成的。

距今2万~1.4万年的末次盛冰期和8500~4000年的全新世气候适宜期,代表了最近的最劣和最佳的两种极端状况,现代气候介于这两种极端状况之间,但更接近于全新世适宜期。末次盛冰期时,温度比现在平均低 $6^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$,降水量总体上比现在少,奠定了我国现代沙漠和沙地的基本格局(见彩插8)。全新世适宜期温度比现在高 2°C 左右,

多数地区的降水量比现在大,使末次盛冰期在西北半干旱区发育的一些沙漠表面上,形成了薄层土壤和草原景观(见彩插8)。

1万年来,黄土高原的原始植被类型明显受地貌单元的影响,厚层黄土分布的塬面上没有稳定的大面积森林生长;但在黄土高原南部沟谷和土石山区,在气候适宜期可以发育森林。

3.1.2 2000多年来人类活动的影响 全新世是最近1万年以来人类文化大发展的时期。随着人类生产力的逐步提高,人与自然的关系从被动地适应自然,逐渐发展到主动地改造自然。

在西北地区,人类大规模改造自然的活动是从2000多年前加剧的。经过秦汉、隋唐和清代三个中央政权的鼎盛时期,经济和文化得到很大发展。在“屯垦戍边”和“移民实边”的政策下,大力推进的农耕文化,使贺兰山以东自然条件适宜于牧业的草原、草地,发展成为今天农区、牧区和农牧交错区的格局。在气候的自然波动背景下,不合理的农垦破坏了草原、草地的植被,也破坏了全新世适宜期时在半干旱区沙漠表面发育的薄层土壤,导致了类似末次盛冰期的荒漠景观在一些地区出现(见彩插8)。在气候干旱化自然过程中迭加的人类活动,也使黄土高原在变牧区为农区的过程中,天然植被遭到破坏,水土流失日益加重。在贺兰山以西的干旱区,由于当时的条件限制,只能建设有限的人工绿洲,总体上对自然环境尚未产生明显的负面影响。

3.1.3 最近50多年来人类活动的影响 西北地区的高速发展是在新中国成立以后。由于人类改造自然的能力增强,进一步改变了生态环境的空间格局。在贺兰山以西的内陆河流域,一些河流的中游修建了平原水库,基本控制了河流的径流,虽然扩大了灌溉面积,但由于缺乏对下游生态用水的认识,平原水库建成之日,往往就是下游断流之时。这是造成两岸植被衰亡,终端湖泊干涸的主要原因。在牧区生产发展中,仍沿袭传统的生产方式,片面追求牲畜头数的增长,使草原超载达 $1/3\sim 1$ 倍,而致普遍退化。在传统的农牧交错区和牧区,进一步大规模地开荒种地,使土地沙化更加扩展。

3.2 生态环境建设的内涵和基本目标

3.2.1 生态环境建设的内涵 人类文化发展到现在,必须进入人与自然关系的第三个时期,从改造自然转变为与自然和谐共存。在西北地区,经过社

会经济的长期发展,人类已经占用了大量的水资源和土地资源,有些地方的自然生态环境遭到了严重的破坏,威胁到社会经济的可持续发展。因此,迫切需要进行恢复重建,虽然不可能完全恢复到原始的状态,还是应该按照自然规律,尽可能地修复改善,使社会经济有可持续发展的条件,由此提出了生态环境建设的任务。

生态环境建设的含义很广泛,可理解为一切旨在保护、恢复和改善生态环境的行动的总称。对于生态环境建设的基本任务,必须从对生态系统的科学认识出发来认知。一个自然生态系统,不论是在全球、地区或局域的层次上,都是复杂的生物群落与它所处的环境(包括大气、水、土、岩,等等)相互依存和制约,相对稳定和有自组织功能的一个系统。外来干扰因素,包括人类活动在内,即使打破其系统的平衡,只要不超过一定限度,在干扰因素削弱或消失后,该系统仍具有恢复到接近于原来平衡状态的自我修复功能。

生态环境建设的核心正是要限制或取消那些引起生态系统退化的各种干扰,充分利用系统的自我修复功能,适当施加人为措施,达到恢复和改善生态环境的目的。因此,生态环境建设的基本任务应当是保护和恢复重建自然的生态环境,而不是脱离原来的自然基础,去盲目地建设一个新的生态环境。根据西北地区生态环境的特殊性和脆弱性,以及曾经遭受长期严重破坏而导致的恢复重建的艰巨性,生态环境建设首先要防止对现有生态环境的继续破坏,并尽可能恢复重建已被破坏的自然生态环境,达到适应当地自然条件并能保持相对稳定和良性发展的程度。如果不顺应自然规律,仅凭人们的主观愿望,去建设一个不符合当地自然条件的人为的新的生态系统,则往往事与愿违,不仅收不到预期效果,而且不能持久延续,系统将最终崩溃。当然,对于一个人工绿洲、一个城镇或一个小地区来说,可以建设一个有别于当地自然生态环境的新的子系统,但是这些人工子系统的建设必须以不破坏天然生态大系统的整体性为原则,否则,仍将招致失败。

当前,对西北地区生态环境建设的认识,仍存在一些误区。其中较普遍的误解是,简单化地以为生态环境建设就是绿化造林,增加森林覆盖率。调查中看到,在西北干旱和半干旱地区的一些不适合种树(指乔木)的地方,也都在费尽心力地植树造

林,年年植树不见树;有的地方,勉强将树栽活,但多年后仍是一片小老头树;有的地方,为了植树造林,超采地下水,影响周围植被,“绿了一条线,黄了一大片。”这种简单化的认识和做法,都应以改正和防止。

总之,为了保证社会经济的可持续发展,必须保护和适当恢复、重建符合当地自然条件的生态环境,使社会经济和自然环境和谐共存地保持良性循环。为此,不但要合理规划社会经济建设,节制和规范社会经济对水土资源的需求;也要合理规划生态环境的建设,规范生态环境建设对水土资源的需求。

3.2.2 生态环境建设的基本目标及分区 本地区生态环境建设的基本目标是防止荒漠化土地的继续扩大,并尽可能治理由于在现代气候条件下,人类不合理的经济活动所造成的荒漠化土地,以及不属于荒漠化范围内的土地退化,同时防治水环境的污染。根据生态类型组合特点与治理方向,本报告将西北地区划分为8个生态环境建设区(见彩插9):

1) 干旱荒漠-绿洲生态环境建设区。即贺兰山以西内陆河流域的平原区,以保护人工绿洲和周边的天然绿洲及荒漠植被为重点。

2) 内蒙古草原生态环境建设区。即贺兰山以东、阴山以北的内陆河流域,以治理草原退化为重点。

3) 长城沿线-阴山山麓生态环境建设区。即农牧交错带,以治理风沙与水土流失为重点。

4) 黄土高原生态环境建设区。以治理水土流失为重点。

5) 黄河沿岸平原生态环境建设区。主要是宁夏与内蒙古的河套灌区及其他引黄、扬黄灌区,以治理次生盐碱化和防止土地沙化为重点。

6) 渭河平原生态环境建设区。即陕西省的关中平原,以治理污染及河道淤积为重点。

7) 青藏高原黄河河源区。以保护草原、湿地和湖泊为重点。

8) 山地生态环境建设区。包括本区各山脉,以保护森林、草地,提高水源涵养能力为重点。

在各分区的生态环境建设中,都需考虑合理的植被建设布局,并保护和适当恢复天然河湖。

3.3 合理的植被建设布局

根据天然植被的分布规律,西北地区各生态环境建设区的植被类型由温带半湿润向极干旱地区推

移,依次为森林、草原(草甸草原、典型草原、荒漠草原)和荒漠。

本区内森林分布不多,主要在黄土高原的土石山区、内陆盆地周围的高山以及河流两侧的冲积地带,具有巨大的水源涵养及防止土地荒漠化的作用,非常珍贵。天然林保护工程在这个地区极为必要,且已取得明显实效。今后应继续加强保护天然林的各项措施,扩大森林更新,提高林分质量,实施森林的可持续经营。

近年来推行的退耕还林政策,坚决改正了过去盲目的以粮为纲、陡坡开荒及毁草种地的错误做法,积极开展林草植被建设,是改善西北地区生态环境的重大举措,也成为当地农民增加收入的途径之一,应当继续坚持下去。但在执行退耕还林政策中,还有一些不符合客观规律之处,需要注意修改。主要问题在于西北地区的生态环境十分复杂,退耕还林必须因地制宜。植被建设应当宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草,以至宜荒则荒,这是各方面都公认的原则,但在实际执行中,乔、灌、草的适宜界限掌握不准,对发展草的限制过严,而本地区的大部分天然植被为草原。经大量调查后认为,在西北的干旱和半干旱区,年降水量在400 mm以下,应明确规定以灌、草为主(干旱区以灌为主,半干旱区以草为主)的植被建设方向,并应充分利用草原生态系统的自我修复能力,只有在有条件的地方才可发展乔木林。调查中多处看到,在一些退耕或休牧后封育三、五年的退化土地,灌草植被盖度可恢复到0.6以上,大面积有效地遏制了土壤侵蚀和土地沙化。许多地方的实践证明,退耕休牧后用顺应自然规律的封育措施,结合围栏、飞播及局部人工种草等办法,可以大面积恢复灌草植被,不必要在所有地方都采取必须人工植树后才能兑现退耕补助的政策。

在干旱和极干旱的荒漠、半荒漠地带,植被建设更应以天然封育为主,辅以人工措施,恢复和重建内陆河流两岸的胡杨林及荒漠上的沙生及盐生灌草植被。至于人工绿洲内及其周边的旨在防止风沙侵害、保护灌溉农田以及城镇绿化美化的植被建设,应在总结既有经验的基础上,进一步扩大选用乔灌木树种范围,多用节水和抗病虫害的乡土乔灌木树种,利用多树种混生的优势,提高植被的生态及美化功效。

3.4 天然河湖的保护与恢复

内陆河流的下游,延伸到沙漠的腹地。河流两岸由地下水支持的天然绿洲,以及河流终端的湖泊、湿地和周边植被,都起着分隔和限制沙漠的不可替代的作用。考虑到现实的水资源情况,在坚决保持现有河湖格局的基础上,应尽可能地增加入湖水量,将20世纪60年代以后消失和萎缩的湖泊,加以不同程度地恢复,从而恢复河流的原有长度,并恢复河湖水质。具体建议:

1) 准噶尔盆地:使西端的艾比湖水面恢复到接近原有水面,中部的玛纳斯河延伸到玛纳斯湖,要坚决制止地下水的超采。

2) 塔里木盆地:适当恢复塔里木河终端台特玛湖的水面。

3) 河西走廊:适当恢复黑河终端东居延海的水面;调整疏勒河的开发规划和进程,使疏勒河目前的终端西大湖不再萎缩,下游的地下水位不再下降;对石羊河采取压缩灌溉面积、生态移民和适当调水等措施,争取适当恢复其终端的青土湖。

4) 柴达木盆地:保持目前的河湖格局不再萎缩。

5) 青海湖:通过控制和减少流域内用水,争取湖水位逐渐稳定。

6) 渭河:通过节水、治污和调水,并改变三门峡枢纽运行方式,逐步解决中、下游河道的严重污染和淤积问题。

7) 黄河干流:尽快解决周边城市、工矿和农牧业的污染问题,保证流域用水安全。

8) 保护绿洲、草原和沙漠(地)内尚存的湿地。

3.5 防污减灾对策

3.5.1 水环境污染的主要原因 西北地区水环境污染的主要来源和全国情况相同,也是来自工业废水、城市污水和农村面源污染,其主要问题为:

1) 工业排污量大。2000年统计资料显示,西北地区工业废水排放量占全部废水量的46%,COD排放量占全部排放量的62%,重金属类排放量超过全部排放量的80%,是西北地区水环境污染的主要来源。西北地区主要行业包括造纸、冶金、制药、食品酿造、矿山开采、化工、化肥、纺织印染、火力发电等,其中主要排污行业为造纸、化工、矿山开采。由此可见,产业结构造成的污染是西北地区工业污染的主要特征。同时值得注意的是,近年来很多小型工业,如造纸厂,从东部地区

搬迁到西部，加剧了西北地区的工业污染。

2) 城市污水处理率低。西北地区城市废水处理设施严重滞后，废水处理达标率不足10%，远远低于全国平均水平。

青海和宁夏至今没有一座正在运行的城市污水处理厂。几个主要城市的废水都呈自由排放状态。

甘肃省河西走廊还没有一座城市污水处理厂。城市废水大部分未经处理排放到市区外的渗坑向地下自然渗透，相当一部分污水还直接用于浇灌农田和城市绿地，造成二次污染。

内蒙古包头市的新市区有两座污水处理厂，但均为一级处理，处理量仅为全市污水产生量的30%，其他污水未经处理就直接排放；旧市区没有污水处理设施。

渭河污染严重的重要原因是大量城市污水不经处理直接排入河。目前仅有两座污水处理厂在运行中，宝鸡、咸阳、渭南、铜川等大城市至今没有一座污水集中处理厂。

3) 农业面源污染比重高。根据对内蒙古河套灌区的调查，灌区排出的总氮约占输入乌梁素海总量的60%~80%，总磷15%~20%（溶解态）。宁夏灌区也类似。渭河流域农业面源氮氮污染贡献率达70%。

3.5.2 制定适合当地特点的水污染防治的技术经济政策 西北的最大特点是水资源极为宝贵，而且污水排泄将影响中下游的用水。应切实执行环境影响评价制度，对经济发展和城市建设的规划及项目进行环境影响评价。要确立以下技术政策：

1) 加强节约用水：节约用水不仅可缓解水资源短缺，也是减轻水污染的根本措施。农业、工业和城市都要提高用水效率，从源头削减污水排放量和污染负荷。

2) 推行清洁生产：坚决实施《清洁生产促进法》，特别应防止引入东部地区已淘汰或禁止的导致污染的项目或设备。争取在2010年前后实现有毒、有害物质的零排放，并实现工业废水排放量的零增长、工业污染排放总量的逐步削减。

3) 实施污水处理后回用：对工业废水和城市污水，要进行处理，处理后尽量回用，不仅可减少排污负担，也可缓解水资源的紧缺，应制定政策大力推行。

4) 采用适合当地特点的废水处理工艺与技术：除少数地方外，西北的大部地区都是地广人稀，可

以尽量利用土壤的净化能力，采用效果好、费用低的废水生态净化系统。

5) 制定适合各地特点的水污染防治的控制指标：对已污染严重地区，要实行与内地统一的严格的方针政策；对于待开发的缺水地区，应核定当地环境容量与环境局部标准；并加强对高原地区水资源污染控制对策的专题科技的研究开发。

6) 实行“污染者付费、受益者补偿”等经济政策。

7) 重视工业废水处理回用技术的开发和成套设备的制造供应：目前许多城市及单位全盘从外国引进设备，成本太高，应加强管理和引导。

4 建设高效节水防污的经济与社会

4.1 总体目标——建设高效节水防污的经济与社会

水资源是西北地区社会经济发展和生态环境保护的主要制约因素。本地区的社会经济发展必须考虑水资源的支持能力和生态环境的人口容量，应以建设高效节水防污的经济与社会为总体目标，其基本途径是：

1) 根据提高总体用水效率的需要，规划一、二、三产业的比例，逐步调整产业结构，提高二、三产业的比重，并在此基础上，积极推进城镇化。

2) 在建设现代农业、控制并逐步压缩农业用水的目标下，将目前以农为主的结构尽快调整为农牧结合的合理结构，建设高效节水防污的现代农业体系。

3) 全面提高人民素质及科学技术水平，建设高效节水防污的城镇和乡村。

4.2 建设高效节水防污的现代农业体系

4.2.1 西北地区农牧业的主要问题是低投入、低产出、高资源消耗 西北地区占有全国18%的耕地，19%的水资源，除生产了全国31%的棉花外，其他农产品的份额都较低，仅生产了全国8.8%的粮食，6.7%的肉类。全区拥有草地 1.75×10^8 hm² (26.3亿亩)，占全国草地总面积的64%，而牧业产值仅占全国的7.5%，牛奶占全国的30%（见图9）。

农牧业低产出、高资源消耗的直接原因，除了降水稀少、积温不足等自然因素外，在人为因素方面，主要是由于农业结构性的错位和掠夺式经营。

农牧业与水土资源之间结构性错位：全区农牧业结构中，种植业占70%左右，畜牧业比重仅为

28.5%左右,这种产业结构与本地区水资源贫乏而草地资源丰富的资源结构严重错位。在种植业内部,高耗水的粮食作物比例偏大,经济作物和饲草料面积偏小;粮食作物结构中,夏粮面积偏大,秋粮面积偏小,也和天然降水的时间分布不协调。牧区和农区相互分隔,不能形成区域优势互补的农牧空间布局。

农牧业低产出、高资源消耗的深层次原因是农牧业的低投入。无论农区还是牧区,仍然沿袭传统的掠夺式利用资源和粗放型的经营方式。西北六省区万亩以上灌区1100多处,多数建于20世纪50

~70年代,输配水系统老化失修,配套程度低,田间灌水技术落后,大部分灌区仍沿用粗放管理的模式,农田灌溉水利用系数平均仅0.3~0.4,水资源粮食生产效率 0.58 kg/m^3 ,仅及全国平均水平的44%。由于干旱缺水加剧和灌溉效益不高等原因,不少地方的实际灌溉面积呈现缩减趋势。2000年耕地亩均化肥施用纯量13 kg,粮食实播亩产140 kg,都不及全国平均的1/2。多年来对草地重取轻予,草地年均亩投入只有0.02~0.03元,目前草地生产力比50年代下降了1/3~1/2。

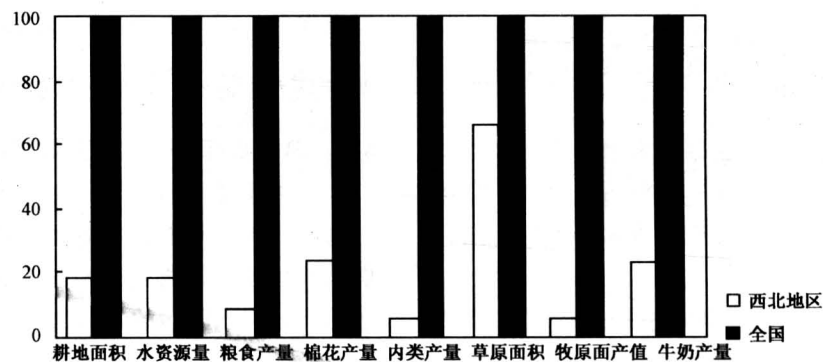


图9 西北地区农牧业主要经济指标与全国的比较 (%)

Fig.9 Comparison of the main economic quota of the agriculture and husbandry in northwest China with the whole country (%)

以上情况表明,西北地区的水土资源主要为农业特别是粮食种植业占用消耗,因此,推动西北地区经济增长方式转型的核心是:要用高投入、高产出、资源低消耗型的现代农业逐步取代低投入、低产出、资源高消耗型的传统粗放型农业,大力加强农牧业的基础建设。应当指出,如果不增加资金、技术和智力的投入,转变是不可能的。

4.2.2 现代农业体系的目标和基本途径 基于上述分析,建设西北地区高效节水防污的现代农业体系的实质是:通过加大资金、技术和智力的投入,优化产业结构,改变生产增长方式,使资源高耗型的传统农业向资源节约替代型的现代农业转变。

1) 目标。转变增长方式,高效、节约、可持续利用水土资源。在农业用水不增加并逐步减少、耕地和灌溉面积总体上不增加、农区面源污染减少、草原生态环境逐步恢复改善的条件下,稳定提高农业综合生产能力,大幅度提高畜牧业和加工业比重,优化产业结构,农牧业总产值逐步增长,农牧民生活逐步提高,贫困地区逐步脱贫致富。

2) 基本途径。建立面向市场与资源双重约束的现代农业体系。为此,要改变单一性的生产结构为农牧加(工)复合结构;改变农区与牧区分隔为农区与牧区协作;发展现代节水灌溉农业和现代旱作农业;建设高标准基本农田和基本草牧场,退耕休牧,变广种薄收为少种精种多收,变过牧超载为以草定畜、草畜平衡。未来30年内,要求灌溉水利用系数提高0.15~0.2,旱作水分生产效率每公顷提高 $1.5\sim 3\text{ kg/mm}$ ($0.1\sim 0.2\text{ kg/mm}\cdot\text{亩}$),草地干物质生产水平提高到 2700 kg/hm^2 (180 kg/亩)。粗略估计,相应的农牧业基础设施投资约需1000亿元。

4.2.3 建设高效节水防污的现代农业体系

1) 培育具有比较优势的草地农业和特色农业。在西北地区很多以草地植被为主体的地方,建设以草畜生产为核心,种(植)养(殖)加(工)高度综合、经济与生态功能同步增进的现代可持续发展的草地农业系统,充分发挥区域的比较优势。同时,独特的生态地理条件形成了西北地区棉花、杂

粮杂豆、瓜果、名贵中药材等一批享誉海内外的优质特色农产品。要以市场为导向，兼顾生态环境保护目标，延伸产业链，建设各种类型的、适度规模化、可持续发展的特色农产品基地。

2) 建立粮、经、饲料三元种植结构。变人畜混用粮为人畜分用粮，为养畜种植，把饲料饲草作为专门的产业来发展。通过大量生产优质牧草和饲料，改变粮、经二元结构为高效节水的粮、饲、经三元种植结构，使粮食作物、饲料作物、经济作物各占1/3左右，以支撑草地农业的发展。

3) 加快发展农产品加工业。发展农产品加工业是农业增效、农民增收的重要措施。要加快发展西北地区的农产品加工业，使产加销一体化，实现初级农产品的多次转化增值，吸纳农村富余劳动力，推动西北地区农牧业的跨越式发展，并相应优化全国农产品加工业的总体布局。

4) 因地制宜，分区推进农牧业结构调整。黄河水系灌区，以发展高效节水粮食生产为重点，配套发展农区畜牧业和特色农业。

草原牧区，发展为牧业服务的种植业，选择有水源条件或降水量在400 mm以上的地方，建设人工饲料基地，弥补冬春草料的不足，实施半牧半养的现代草原畜牧业，抢救遭受严重破坏的生态环境。

农牧交错区，退耕种植灌草，改变以农为主为以牧为主的农牧结合。

黄土高原区，建设基本农田，加大退耕力度，因地制宜还林还草；优化林果业结构，提高果品质量和产业化经营水平；农牧结合，发展草畜业；调减粮食种植面积，发展优质小杂粮、专用马铃薯、药材等特色产品。

绿洲区，改变粮棉比重过高、用水量过大的农业结构，发展草业、畜牧业及其加工业，提高畜牧业比重，实现农牧并举、农牧结合。

4.2.4 以巩固完善现有灌区为主，提高用水效率

近年来，由于种种原因，不少地方的实灌面积呈现缩减的趋势。因此，西北地区灌溉工作的重点，要转向巩固完善现有灌区，提高灌溉水的效率和效益。陕西泾惠渠灌区原有灌溉面积 $8.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (126万亩)，20年来减少了 $1.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (20万亩)，但由于农业生产综合能力提高，水分生产效率由 0.8 kg/m^3 提高到2000年的 1.72 kg/m^3 ，粮食总产量反而增加，这突出说明了灌区的潜力所

在。

考虑到水资源的现实条件，灌溉总面积应基本保持在1亿亩左右的水平，要压缩水稻、小麦等高耗水作物的面积，发展高产出、低水耗的农牧业。在水资源严重超用、生态环境恶化的石羊河、黑河流域、天山北坡的奇台县等地区，应压缩灌溉面积；在水资源供需基本平衡的地区，应控制灌溉面积的发展；在水资源开发利用尚有潜力的地区如新疆的伊犁河、额尔齐斯河、黄河流域的大通河、洮河等流域，可在本流域或通过调水到其他流域，适当扩大灌溉面积。

4.2.5 改进灌区排水条件，治理土壤次生盐碱化

灌区的节水改造要与改造盐碱化的中低产田密切结合。像西北这样的干旱和半干旱区，灌溉农业发展的最大威胁是次生盐碱化。在中外历史上，许多灌溉文化最终因次生盐碱化而消亡。宁夏青铜峡灌区、内蒙古河套灌区、新疆的许多灌区，不同程度的次生盐碱化耕地比例都在1/3以上。灌区土壤次生盐碱化是造成灌区大量中低产田以至撂荒地的主要原因，也是种植高耗水的水稻（可压盐）和大水漫灌（为了压盐洗盐）的重要原因。在当前，西北绝大多数灌区的最大潜力在土壤次生盐碱化的防治。基本措施是切实改善排水条件，控制灌区的地下水位。应因地制宜地采用渠井结合的灌溉模式或渠井结合的灌排模式，实行地表水和地下水的联合利用和统一管理。

4.2.6 利用降水资源，发展现代旱地农业 本区耕地的一半以上是没有灌溉设施的旱耕地，旱地农业是高效节水防污农业体系的重要组成部分，特别在大型灌区建设成本日渐攀升、水资源日益紧缺的形势下，更应注意发展现代旱地农业。

要采取生物、工程和农艺相结合的综合措施，提高降水利用率和利用效率，突出生产与生态目标的统一。旱作农业的建设重点是：优化种植结构，扩大人工草地；坡改梯，建设基本农田，增加降水就地入渗；以秸秆、地膜等材料覆盖土壤，降低无效蒸发；修建水窖等集雨设施，发展抗旱补灌；开展作物抗旱品种选育及其配套栽培技术推广工作。

4.3 建设高效节水防污的工矿业

西北地区应和全国一样，坚决走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。根据西北地区的特点，应避免发展用水量大的产业。本

区工业的主要基础是能源、矿产和农牧产品加工, 现对能源和矿产的用水现状和对策加以分析。

4.3.1 能源工业的用水现状和今后对策 石油天然气是西北地区的重要支柱产业, 其 2000 年产值占本区工业总产值的 23.78%。西北地区又是我国石油、天然气、煤炭工业的重要战略接替地区, 在未来的 20 年中将有较大发展。把油气、煤炭的资源优势转变成经济优势, 不仅对西北的大开发, 而且对全国的发展都具有重大战略意义。能源开发还将有利于解决农牧民因燃料短缺而滥伐滥樵的环境破坏问题, 因此, 应确保西北地区能源工业的用水。

石油、石化和煤炭工业的用水总量在西北地区的总用水量和工业用水量中都占较小比重。2000 年西北地区石油、石化企业的新鲜水用量为 $3.92 \times 10^8 \text{ m}^3$, 煤炭工业的新鲜水用量为 $1.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。石油石化工业用水仅占本区总用水量的 0.4%, 是用水效率很高的产业。预测石油石化企业至 2005 年和 2015 年的新鲜水用量分别为 $4.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $5.6 \times 10^8 \text{ m}^3$; 煤炭企业分别为 $2.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $3.7 \times 10^8 \text{ m}^3$; 两者合计分别为 7.2×10^8 和 $9.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 应确保其需要。

石油石化企业要进一步做好水源建设, 推行节水减污的清洁生产技术, 将污染从源头削减, 并加强污水处理关键技术的应用和工艺设备的技术改造, 加强节水工作, 促进油田开发和石化生产与环境保护协调发展。对耗水量很大的有关技术, 建议进一步论证其合理使用的范围。煤矿开采和生态环境应协调发展; 要把矿井水和其他污水资源化, 把地表水和地下水、大气降水联合调度使用, 并切实防止在开采中因疏干地下水而导致周边生态环境的破坏。国家应从政策上鼓励企业进行水利设施建设和污水处理回用, 并注意油、气、煤矿开采中可能诱发的地质灾害。

4.3.2 矿产开发的用水现状和对策 西北地区矿产资源丰富, 在全国已探明储量的 157 种矿产资源中, 西北有 37 种超过全国储量的一半, 其中具有重要经济和战略意义的优势矿产资源有稀土、镍、钴、铍、铂族金属、盐湖钾盐、镁盐和锂盐等 8 种。这些矿产资源的开发不仅对西北开发而且对全国都有重要战略价值, 应加强地质勘探, 加大扶持力度, 同时加强开采管理, 使矿产开发成为本区的又一支柱产业。

据推算, 西北地区 2000 年矿业用水量为 8.44

$\times 10^8 \text{ m}^3$, 占西北工业用水总量的 14.5%, 其中钢铁工业用水 $3.46 \times 10^8 \text{ m}^3$, 有色金属 $3.80 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是工矿业中最大的用水行业。2005 年和 2010 年, 矿业用水量将增至 10.10×10^8 和 $12.50 \times 10^8 \text{ m}^3$, 数量相对不大, 但需加强防治污染。钢铁工业是本区废水排放量最多的工业行业之一, 需要继续注重治理。有色金属工业的影响要引起重视, 其废水排放达标率、废气排放处理率大多低于全国平均水平, 特别是小型矿山和小型冶炼厂, 由于生产工艺落后, 难以进行环境治理, 很多小金矿和小黄金生产企业, 严重破坏生态环境。对恶化生态环境, 存在安全隐患而又不能改造者, 应坚决贯彻国务院规定, 予以关闭取缔。

在非金属工业中, 青海柴达木盐湖在开发钾资源时, 将镁、锂、硼等重新排回盐湖, 将使盐湖资源品位发生重大变化, 最终导致盐湖钾资源无法利用, 因此, 应解决提取钾盐后的卤水排放和处理问题。

总的说来, 从水资源供需总量的平衡看, 矿产开发对水的需求不构成压力, 但由于矿产和水资源的分布不协调, 个别矿山可能因取水造成生态环境严重破坏, 如新疆的雅满苏铁矿自 80 km 外的绿洲抽取井水, 使井水位持续下降, 将影响绿洲的生存。如不能采用合理开采措施, 要研究这类企业是否有继续开发利用的价值。

4.4 建设高效节水防污的城镇体系

4.4.1 城镇化发展明显滞后 改革开放以来, 西北地区的经济发展特别是工业化进程滞后于全国, 其突出表现是产业结构不合理。与全国平均水平相比, 第一产业 (20%) 比全国高 4 个百分点, 第二产业 (43%) 低 8 个百分点, 其中工业占的比重低 12 个百分点。

与此相应, 本区城镇化发展也明显滞后, 反映在数量和质量两方面。从数量上看, 与全国平均水平相比, 2000 年的非农产业增加值占 GDP 的比重低 4.24 个百分点, 非农业人口占总人口的比重低 2.5 个百分点, 地级建制市数占地级区划数的比重 (39.7%) 低 38.1 个百分点, 县级建制市数占县级区划数的比重 (12.6%) 低 6.7 个百分点。在 21 个地级城市中, 第二产业比重超过 50% 的只有 12 个; 第三产业比重超过 50% 的只有呼和浩特、西宁和乌鲁木齐 3 个省会城市。而克拉玛依、金昌、嘉峪关、延安等典型的工矿城市, 第三产业比重只

有 20% 左右。

从质量上看，西北城市各项设施的平均水平均低于全国平均水平。此外，城市居民受教育水平和居民的可支配收入等也都低于全国。

4.4.2 城市水务基础设施不协调 基础设施不协调的主要表现为：供水系统不完善；污水处理严重滞后。

在供水方面，一是厂网建设不配套，供水厂建设明显超前，而管网建设则相对滞后，降低了供水设施的利用效率和服务水平；二是配水系统老化，供水管网漏损严重，并有逐渐加重的趋势，既浪费水资源又影响供水质量；三是公共供水普及率低，仅为 54%，近半数城市人口的饮用水仍依赖单位自建设施供给，水质安全缺乏基本保障。

在污水处理方面，首先是污水处理设施建设严重滞后，污水处理率低。2000 年 60 个设市城市的污水处理率仅 26.8%，达到二级处理标准的估计不超过 10%。其次是厂网建设不配套，已建设设施的平均利用率仅为 60%。许多污水处理厂建成后收集不到足够的污水，处理能力“吃不饱”，从而加大了运行成本，降低了运行效率。除厂网不配套外，造成设施利用率偏低的另一个重要原因是污水处理收费太低，污水处理厂缺乏足够的运行经费。

4.4.3 城镇化发展及用水增长趋势 西北地区的人口增长如不加以控制，预测 2030 年可能达到 1.3 亿，如果做好各方面工作，有望控制在 1.2 亿之内。预测城镇化率 2010 年将接近 40%，2030 年将超过 50%，但整体上仍将略低于全国平均水平。

城市供水需求压力将明显增加。总的趋势是：人均生活用水量将缓慢上升，人均工业用水量将逐步下降，人均综合用水量呈稳中有降趋势，城市用水的总需求到 2030 年将增长近一倍，约需 $70 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

随着城市用水的增长，污水排放量势必增加。若以 0.75 和 0.7 分别作为西北地区 2010 年和 2030 年的城市污水排放系数，届时污水排放量将分别达到 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右。其中，60 个设市城市将分别达到 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右。

4.4.4 制定符合当地特点的城镇化规划 城镇是西北开发的战略高地，城镇化与实施农业现代化和推进工业化是相辅相成、相互促进的关系。但西北地区的生态环境比较严峻，城镇发展要严格遵循与自然条件相协调的原则，充分考虑生态环境条件的可能；要顺自然、依水源、靠全局、有重点、重质量，因地制宜地做好区域城镇体系规划。在城镇化过程中，还应处理好人口、产业、土地和水源等四个“农转非”之间的相互关系，促进城乡共同发展。

经过数千年的发展，特别是最近半个世纪的建设。西北地区已形成“四带一环”的城镇格局。“四带”是指四条以省会特大城市为中心的城市带，包括沿渭河分布的西安—宝鸡城市带、沿黄河干流分布的呼和浩特—包头—银川—石嘴山—乌海城市带、兰州—河西走廊城市带和以乌鲁木齐为中心的天山北麓城市带（见图 10）。“一环”是指沿塔里木盆地边缘分布的城市群。

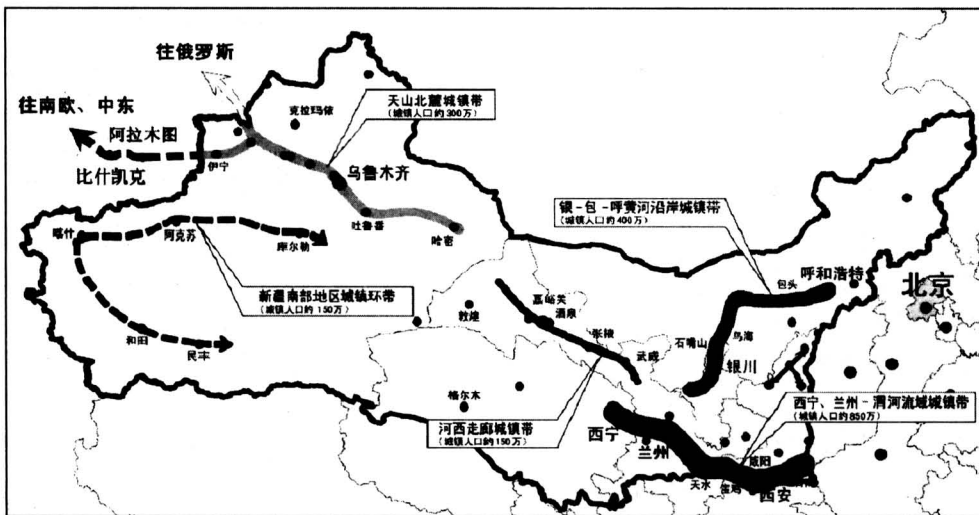


图 10 西北地区城市带发展格局示意图

Fig.10 Scheme of development pattern of the city zones in northwest China

由于受生态环境和水资源的限制,这种基本格局在未来的几十年内不会也不应有大的改变。城市和城市带分布的一般规律是依傍河流水资源,如果城市发展规模超过了当地水资源供应的可能,就将陷入困境。实践证明,过去单纯依托工矿资源,建设工矿城市,并不是成功的选择。今后在开发工矿资源时,可考虑将生产基地与生活基地分开进行布局,或预先考虑替代产业。对已建的少数条件十分窘迫的工矿城镇,应及时加以调整。

4.4.5 建立城市水系统良性循环机制 人们从水源取水,将水净化后供给用户,用户使用后将污水又排入水域或渗入地下,组成了一个城市水循环系统。这个系统每循环一次,水量就可能减少20%~30%,水质也会随之恶化而变为污水,若将污水排入环境,又会进一步污染水源,从而形成恶性循环。因此,必须贯彻“节水优先、治污为本、多渠道开源”的方针,建立城市水系统的良性循环机制。现在的问题是,没有认识到城市水系统良性循环的重要性,规划不完整,建设不配套,管理不统一,措施不落实,对此应予足够重视和改正。

另外,本区的城镇防洪问题虽然不像东部地区那么严重,但也不可疏忽大意。一方面,防洪工程标准低、达标率低、质量差和不配套等现象普遍存在;另一方面,各自为政,盲目围占河滩,陷入与洪水争地的困境,最终被大洪水毁灭的事故也多次发生。这两种偏向都应防止。

5 合理配置水资源

5.1 水资源的变化趋势和展望

5.1.1 近年来气候与水资源的变化趋势 在全球气候变暖的背景下,我国气候也趋于变暖,但具有明显的地区性和波动性。根据现有统计资料,西北大部分地区在20世纪的30~40年代温度最高,50年代初开始迅速下降,60和70年代为相对低温期,70年代末开始波动上升,直到2002年。

降水量变化有更大的区域性差异,其变化趋势不如温度明显。近50年来西北各地降水量的变化,呈现东降西升的趋势,其分界线大致在河西走廊东部。此线以东的各省、自治区,20世纪50~60年代降水量较多,70~90年代减少,90年代最少。此线以西的新疆,总趋势是增加,特别是近10年来(1986~1997年)增加明显,较多年平均值偏多3.6%~22.7%,但增加的绝对值并不大。

径流量的变化一般与降水量一致,但变化的幅度与降水量不完全一致。黄河流域径流量减少的幅度比降水量大。内陆河流域径流量有所增加,估计是由于在气候变暖的情况下,冰川融水有所增加。

5.1.2 对未来气候和水资源的展望 对未来50年西北地区气温的变化趋势,各方面专家都估计为变暖。对增温幅度有各种预测,不完全一致,大约到2050年在1.0~4.2℃之间。对降水量的预测,各方面有很大不同,有的估计将向暖湿气候过渡,降水量有所增加;有的估计,在前30年将减少,后20年有所增加;有的估计,新疆等地将有所增加,但黄河流域仍将趋于减少。总的说来,对于西北地区在温度升高的情况下,降水量是否增加,有较大分歧,有的认为,许多预测多是在考虑温室气体增加和存在大气硫化物气溶胶,其他条件与现在相同的情况下获得的,没有考虑气候系统本身不同尺度的周期性变化,以及温度和降水的变化可以是不同步等情况。研究后认为,对降水量预测的不确定性比气温更大,由于基本资料、科学研究和技术水平的限制,目前还很难取得较为明确的变化可能性的结论。

2002年11月,中国科学院施雅风院士主编的《中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估》的研究报告,引起各方面的重视。现将报告中关于从暖干向暖湿转型范围和程度的示意图转引于彩插10。该图按转型程度,将西北地区划分为:基本转型区、轻度转型区和未转型区。对此,我们组织了反复研究,初步认为,三个区域的划分,基本符合90年代以来的降水变化趋势,但对于这种变化是属于西北全区转型,还是属于西北的西部地区转型;是属于长期的时间上的变化,还是仅属于年际的、十年的波动;仍有各种不同意见。对于新疆一些河流径流量的增加,是由于山区降水量的增加,还是由于冰川的加速融解,或两种因素都有,目前也缺乏足够的资料加以判断。我们和施先生一致认为,即使转为“暖湿型”气候,也不可能根本性改变西北地区干旱气候区的基本状况。

研究后认为,从战略角度研究,应考虑各种可能的不确定因素和可能的不利情况,将实际工作的立足点置于“向最好方向争取,从最坏可能准备”,尽可能使今后工作处于主动地位。在目前河流径流量较大的新疆地区,应抓紧当前河流丰水的有利时机,加大修复生态环境的力度,同时防止盲目加大

社会经济的用水规模；在河西走廊的疏勒河流域、柴达木盆地、青海湖等径流量增加尚不明显的地区，仍需作最大努力，加强各方面的节水工作，保护和改善现有的生态环境；在河西走廊东部的黑河和石羊河流域以及广大的黄河流域，都属于报告中的“未转型区”，也是目前生态危机最严重的地区，必须立足于可能的不利情况，加强工作，决不可存侥幸心理。特别是黄河流域，要注意防范在气候波动中，干旱年份特别是连续干旱年份可能发生的水资源危机。在宣传报导西北地区气候转型问题时，要注意到气候转型只是一种趋势，增加降水的数量有限，原来的自然面貌并未根本改变，要避免宣传报导中的片面性，防止给人以盲目乐观的错觉。新疆有的地方又在积极筹划垦荒，值得引起注意。

对于在西北地区实施大范围人工增雨的宏观效果，各方面的专家有不同看法，我们认为，应积极加强实地研究和作业试验。

5.2 水资源配置的总要求

西北地区水资源配置的总要求是：在保证生态环境建设必要用水和社会经济合理用水的同时，还要保持水资源的可持续利用，并留有适当余地。

为此，不但要统筹兼顾河流的上中下游，而且还要充分考虑地表水和地下水的复杂转化，以及地下水的可持续利用。

本区三大片不同的自然环境，在生态环境用水、社会经济用水和水资源可持续利用三方面的关系上，有各自不同的特点，需要分别加以分析并规定水资源配置的具体要求。

5.3 内陆干旱区

本区水资源配置的主要问题是：保证河流下游生态环境的耗水，使下游的生态环境和上中游的社会经济系统合理分享水资源。

5.3.1 水资源分配的总框架 综合各有关课题的研究成果，在西北内陆干旱区，生态环境和社会经济系统的耗水以各占50%为宜。

生态环境耗水是指人工绿洲、灌区、城镇范围以外的山地林草、天然绿洲和荒漠植被以及河流、湖泊的生态耗水。人工绿洲、灌区、城镇的各种防护林以及绿化、美化建设，都应包含在它们各自区域的社会经济耗水指标中。

按社会经济平均耗水率为用水量的70%折算，今后内陆河流按用水量的最高开发利用率应不超过70%。根据2000年的实际资料，除新疆的国际河

流额尔齐斯河、伊犁河，以及柴达木盆地的无人区河流外，其他河流的开发利用率都已接近或超过70%。因此，从总体上说，贺兰山以西内陆河流域的社会经济用水总量应基本控制在现有规模，不再增加。超过规定限额所挤占的生态环境耗水，或通过从外流域调水补足，或坚决加以压缩，一定要保证生态环境的耗水不低于水资源总量的50%。社会经济用水的内部配置：农田灌溉用水应大力节约并逐步压缩；城镇和工矿发展必需增加的用水量除少数地区由外流域适当调水外，大部地区原则上由农业用水有偿转移，并提高水的回收利用率。

5.3.2 水资源的具体配置 内陆河流域各自分隔，自成体系。各流域水资源的配置，主要是在本流域范围内，统筹上、中、下游社会经济系统和生态系统的用水需要，并充分考虑地表水和地下水之间的转化，监控合理的地下水位。

跨流域调水的可能性：准噶尔盆地已开始北水南调，塔里木河有从其他河调水的可能性；河西走廊由于祁连山阻隔和地势较高，只可能从黄河支流大通河自流引水以及兰州以下的黄河干流高扬程抽水，调入少量水源；青海湖有从大通河调水的可能性；柴达木盆地在可预见的未来，没有从外流域调水的可行性。

5.4 半干旱草原区

本区水资源配置的主要问题是：防止因地下水超采而影响草原的天然植被。

本区绝大部分属于半干旱区，天然降水形成的土壤水和地下水，可以维持草原的天然植被，但不能形成可集中开发的地表或地下径流。目前水资源的开发利用率只占水资源总量的11%，今后也没有更多的开发利用空间。因此，只可在一些降水量超过400mm及个别有引水条件和地下水丰富的地方，适当建设人工饲料基地，少量用于发展社会经济。

现在有的地方打井抽取地下水。如果只是为了解决人畜用水，抽取的水量有限，是可以容许的。但必须强调指出，如果没有可靠的地质勘探资料，证明有可以再生的地下水资源，不能盲目大规模抽取地下水进行社会经济建设或植树造林；否则，可能使周围大面积的天然植被因地下水位下降而衰亡，也可能由于动用了地下水静储量而使深层地下水枯竭。

5.5 黄河流域区

本区水资源配置的主要问题是：如何缓解干旱

年份的水资源危机。

5.5.1 水资源形成机制和生态环境用水 黄河在本区居于最低的部位，干流和支流的绝大部分河段都深处峡谷，和黄淮平原上居高临下的悬河形势迥然不同。流域内的降水首先为当地的植被耗用，剩余的才形成可供开发的地表径流和地下水。水资源配置的自然顺序是：当地植被耗水；当地社会经济用水；最后形成黄河干支流出境的径流。就水资源的配置来说，当地天然植被只受天然降水的制约，基本不受人为因素的影响。

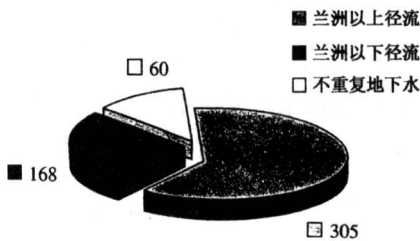


图 11 西北地区黄河流域水资源组成示意图 (单位: 10⁸ m³, 总量 533 × 10⁸ m³)

Fig. 11 The composition of water resources in the Yellow River basin in northwest China (10⁸ m³, total amount: 53.3 billion m³)

黄河径流量大体上由两部分组成：一部分是兰州以上干流源流区和湟水河、洮河等支流，这部分的径流量比较稳定，多年平均为 305 × 10⁸ m³；另一部分是兰州以下发源于土石山区和黄土高原的各支流，径流量的年际变化很大，多年平均为 168 × 10⁸ m³。以上两者加地下水资源，由西北地区产

生的黄河流域水资源年均总量为 533 × 10⁸ m³ (见图 11)。1952~1979 年的年出境水量 (以三门峡入库水量表示) 为 413 × 10⁸ m³, 占年均总水量的 77%, 供给西北地区以外的黄河中下游主要是黄河下游使用。1980~2000 年, 本地区社会经济的年均总引水量为 293 × 10⁸ m³, 实际耗水量为 158 × 10⁸ m³; 再加上生态环境耗水所减少的径流量及沿河补给地下水的消耗共约 75 × 10⁸ m³, 剩余的年均出境水量大约 300 × 10⁸ m³, 占年均总水量的 56% (见图 12)。

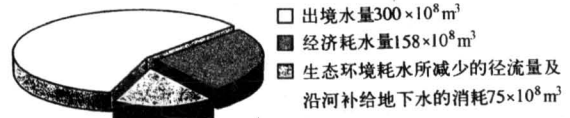


图 12 西北地区黄河流域水资源分配示意图 Fig. 12 The distribution of water resources in the Yellow River basin in northwest China (10⁸ m³, total amount: 53.3 billion m³)

兰州以下的黄河流域处于我国的半干旱和半湿润区，年际降水量的变化幅度很大 (见彩插 11); 遇干旱年特别是遇连续干旱年时，其径流量的减少幅度比降水量的减少幅度更大，如渭河流域 (见图 13)。20 世纪 90 年代以来，由于以上因素和上游地区用水量的增加，兰州以下各支流的下泄水量大幅度减少，不仅影响到支流下游的社会经济和河道的生态用水，而且使黄河 90 年代出境的平均年水量降至 225 × 10⁸ m³, 其中 1997~2002 年更降至 200 × 10⁸ m³ 以下，严重威胁到黄河下游的社会经济用水和河道的冲沙用水 (见图 14)。

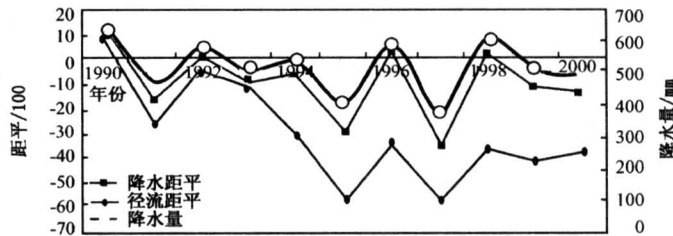


图 13 1990~2000 年渭河流域年降水量和径流量距平与降水量曲线对照图 Fig. 13 Comparison of the precipitation and runoff for 1990 and 2000 with the anomaly precipitation and runoff curves in Wei River basin

因此，必须考虑今后干旱年份受各种因素影响下黄河流域的水资源危机。

5.5.2 水资源的合理配置 兰州以上黄河径流总量 305 × 10⁸ m³, 除用于沿黄两岸的灌溉和城市工

业用水外，今后还需从北岸支流大通河 (湟水河支流) 和南岸支流洮河，调水接济青海湟水河下游、甘肃陇中地区和陕西的渭河下游。

兰州以下各支流入黄的径流总量 168 × 10⁸ m³

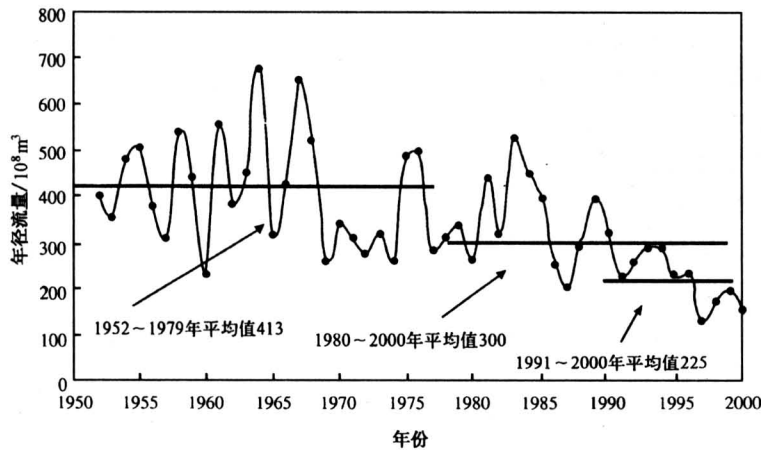


图 14 黄河三门峡站实测径流量过程线

Fig. 14 The hydrograph of the measured annual precipitation and runoff at Sanmenxia hydro station on the Yellow River

中，今后由于天然植被的改善和社会经济用水的增长，将大量耗用于当地。

黄河干支流增加的用水都将进一步减少向黄河下游出境的水量，从而加重干旱年份黄河水资源的危机。因此，一方面，本区黄河流域的社会经济建设应强调高效节水防污，生态环境建设也要合理安排，主要是依靠天然降水恢复植被，而不是依靠灌

溉进行大规模的植被建设。从长远看，为了缓解黄河水资源的危机，还需要通过西线南水北调，适当补充黄河水量。

5.5.3 西线南水北调的必要性和局限性 据规划，西线南水北调可能的调水量约为 $150 \times 10^8 \sim 170 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，主要用于补偿西北地区所需增加的耗水量（见图 15）。

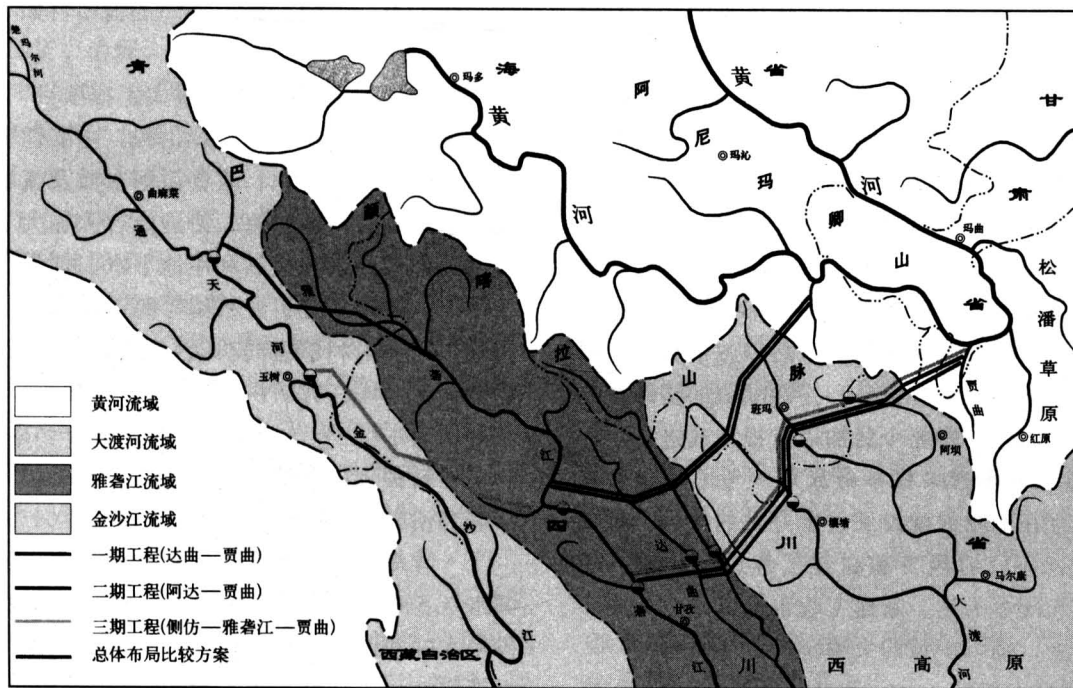


图 15 西线南水北调工程布局示意图

Fig. 15 Scheme of the layout of engineering projects of the west route for the South-to-north water transfer project

不断有人建议：扩大西线南水北调水量，从雅鲁藏布江调 $1000 \times 10^8 \sim 2000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 甚至更多的水量，以为这样可以在西北大开荒、大移民，“变沙漠为江南，再造一个中国”。在中国工程院 2000 年提出的《中国可持续发展水资源战略研究》咨询报告中，已就社会上广为流传的“大西线”的调水设想，进行了具体分析，指出其技术和经济的不可行性。事实上，不论所谓的“大西线”设想，或正在进行前期工作的西线南水北调，它们的终端都只可能在龙羊峡以上进入黄河峡谷，其作用只可能补充黄河水源，而不能自流引水到任何内陆河流域的上游。

5.6 水利工程布局

5.6.1 对现有水利工程的评价 经过 50 多年来各级领导和广大群众的努力，基本建成了开发利用西北地区水资源的工程系统，支持了西北地区社会经济的迅速发展，水利工程的成绩是有目共睹的。但是，由于历史原因和认识上的局限，没有把水资源的合理配置、高效利用和生态环境保护作为水利工作的首位任务，以致西北地区的水利工程存在两大问题：一是工程建设和管理的粗放，二是水资源开发的过度。

水利工程建设和管理的粗放造成农田灌溉粗放，水资源浪费，并造成部分灌区土壤的次生盐碱化。很多水利工程未达到原定的设计标准，存在不同程度的质量问题，灌排渠系配套不全，维修缺乏资金，工程老化失修，有的淤积严重，有的被洪水冲毁后无力修复，许多工程带病运行。在水利计划中，有钱兴建新工程，而无钱维修改造老工程。另一方面，不少河流存在水资源过度开发利用的现象，在塔里木河、黑河和石羊河，都发生中游人工绿洲和下游绿洲的此长彼消，最后导致下游人工绿洲、天然绿洲乃至荒漠植被和终端湖泊的萎缩甚至消亡。这些问题，需要今后加以重视和改进。

5.6.2 近期的水利工程布局原则 考虑到过去水资源工程存在的粗放建设和过度开发的问题，近期的水利工程应以对现有和在建工程进行调整、更新、改造和配套为主，新建工程也应以地方的中小型工程为主，辅以少数的大型工程。

1) 对现有的大、中、小型灌区工程进行以高效节水防治盐碱化为中心的更新改造。这是压缩农业用水从而控制总用水量的主要措施。

2) 开展牧区水利建设。建设饲料基地和基本

农田，支持退耕休牧还草和退耕还林。

3) 黄土高原的水土保持。这是防治黄土高原水土流失和治理黄河下游河道泥沙淤积的根本措施。

4) 各种形式的扶贫工程。包括各种小型饮水工程、集雨节灌工程、以至大型的扬黄扶贫工程。

5) 工矿城镇的水源工程。

6) 有经济和技术可行性的跨流域调水工程。

7) 对现有和拟议兴建的调蓄水库要根据实际情况，分别处理：

- 成效显著的要巩固，有安全问题的要除险加固。

- 一些不利于下游生态和蒸发损耗很大的平原水库，要调整功能，有的应予废除或以山区水库替代。

- 三门峡水库在小浪底建成后应调整其功能，尽量减少对黄河潼关水位的影响，为渭河整治创造条件。

- 对拟议中的大型水库，要广泛听取各种意见，在慎重考虑生态影响和经济效益评价的基础上，决定是否兴建，何时兴建。

5.6.3 重大工程项目 根据上述布局原则，考虑国家和地方的财力，经研究提出有条件在近期开工或可列入中、远期实施的重大工程项目如下（见彩插 12）：

1) 近期有条件开工的重大工程项目

- 陕西的渭河综合治理工程：主要任务为缓解关中水资源紧缺现状，改善渭河水质及流域生态环境，治理下游河道水患。治理内容除加大节水改造力度、合理开采和控制利用地下水、加强污水处理回用外，还需兴建引洮济渭等跨流域调水工程，并调整三门峡水利枢纽的功能，应研究废除三门峡水电站，使水库在无防洪任务时长年敞泄，尽可能不壅高坝前水位。

- 新疆天山北坡水资源综合开发工程和塔里木河综合治理工程。

- 青海的引大济湟工程：从湟水河支流大通河调水 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 入湟水河的黑泉水库，补充西宁市用水并建设湟水河两岸灌区。黑泉水库已建成，近期实施湟水河北干渠工程。

- 甘肃的河西走廊综合治理工程和陇中引洮工程：河西走廊综合治理包括黑河、疏勒河和石羊河等三条河的生态环境治理，其中：黑河的生态环境

治理规划已经批准，正在逐步实施；疏勒河原规划的灌溉面积和安置移民数量偏大，需要修订；目前急需制定石羊河的综合治理规划，建议甘肃省抓紧前期工作，争取2003年立项。陇中引洮工程是从洮河引水 $5.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，到定西缺水地区的供水工程，已经国务院批准，要抓紧实施。

• 宁夏的扬黄扶贫工程和青铜峡灌区更新改造工程：扬黄扶贫是从黄河抽水建设灌区，规划灌溉面积 $13.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ （200万亩），安置南部山区的贫困人口100万。第一期红寺堡工程已经开始，并已取得一定成效，需要总结经验，修订原来的规划，适当调整减少灌溉面积和移民数量，继续完成。青铜峡灌区更新改造工程，可减少引黄水量，提高用水效益，应抓紧进行。

• 内蒙古的草原区综合治理水利工程和河套灌区更新改造工程：草原区综合治理水利工程的任务是通过现有灌溉设施的更新改造和在有水资源条件处新建灌溉工程，为改变牧区生产方式、实现退耕休牧还草提供保障。河套灌区节水改造工程，可减少引黄水量，提高用水效益，应抓紧进行。

• 陕蒙地区黄河多沙粗沙区的水土保持工程：陕蒙接壤区的皇甫川等两川两河和10条小支流（简称“十大孔兑”）流域是黄河下游河道淤沙的主要来源，因而是黄河水土保持的重点，要求通过综合治理、集中治理，使该区恢复植被，拦蓄泥沙。

2) 需在中、远期考虑实施的重大工程项目

• 西线南水北调工程：从长江上游干支流调水入黄河上游，规划分3期进行，调水最终调水 $150 \times 10^8 \sim 170 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。工程规模巨大，问题复杂，需抓紧进行前期工作。

• 新疆向塔里木河调水工程。

• 黄河黑山峡水利枢纽和大柳树灌区工程：可作为西线南水北调的反调节水库，综合效益很大，应与西线南水北调统筹安排。开发方式有一级开发和两级开发两种方案，有关方面意见不一致，需进一步分析协调，结合西线南水北调工程的进展作出决策。

• 黄河中游水利枢纽和两岸灌区工程：具有防洪、减淤、供水、灌溉及发电等综合效益。工程规模巨大，技术问题复杂，应根据黄河总体规划，视需要和可能，分期安排建设。两岸灌区的发展规模要根据西线南水北调的进展和黄河流域水资源的供需平衡研究确定。

6 十项战略对策

对于在西北地区如何贯彻人与自然和谐共存的发展方针，已分别论述了有关生态环境建设、社会经济建设和水资源配置的问题。现综合以上各方面的分析，对西北地区可持续发展的战略对策提出十项建议。

6.1 加强水资源的统一管理

对水资源实施统一管理，是国家《水法》所规定，在西北地区尤为必要。但直到最近，在水资源最为紧张的新疆天山北坡、甘肃河西走廊的石羊河以及陕西的渭河，都还没有实施统一管理。在新疆，需要对新疆生产建设兵团和有关地方实行水资源的统一管理；在甘肃，需要对跨越两个县以上的河流实行上一级政府的统一管理；在陕西，需要对有关部门的用水实行统一管理。

统一管理的主要任务是通过全面综合规划，对水资源进行合理配置，量、质并重，城、乡兼管，促进水资源的高效利用，而不是单纯地开发和修建水利工程。为此，需要调整现有的水利投资机制，满足为合理配置水资源所需的资金，改正现在的一些不合理现象，如：建成了各种供水的主体工程，但因无力配套而不能发挥效益甚至极大地浪费水资源；有钱建成工程，却无钱管理运行；新建工程可以得到巨大投资，但更新改造现有工程却无法得到资金等等。

根据西北地区水资源的特点，必须对地表水和地下水实施统一管理。在干旱区的荒漠和沙漠边缘，地下水位过低将造成地表植被的衰亡；在灌区，地下水位过高将引起灌区的次生盐碱化；在有些地方，深层地下水的盲目开发，将使地下水的静储量枯竭。对正在开发地下水资源的地区，要对地下水资源进行评价，并建立对地下水位的监控机制。

6.2 干旱区和半干旱区的植被建设以封育为主，退耕退牧还林还草

年降水量在400 mm以下的地区，应明确规定以灌、草为主的植被建设方向，并充分利用草原生态系统的自我修复能力。要据此修订和完善有关地方在执行退耕还林政策中一些不符合客观规律和当地实际情况的做法。

退耕还林和退牧还草的成败关键是：在退耕还林和退牧还草后，能否真正建成替代的、可持续发

展的生产条件。目前,在已退耕还林的地区,群众普遍担忧的问题是:“八年(补偿政策期限)以后怎么办?”据调查,大体有三种可替代的生产条件:(1)高产稳产的基本农田;(2)高产稳产的人工饲料基地和相应的舍饲畜牧业;(3)高产稳产的经济林果业。如果不能及时建成可替代的生产条件,在补偿政策到期后,“退耕还林”仍将演变成“退林还耕”,这是一个十分尖锐而不可回避的问题。

当前的问题是,西北地区退耕还林的陡坡地,绝大多数是低产田,土质差,也无水利条件,在这种土地上种树,成本高,不易收效。应当打破部门界限,统一规划,让一些条件不好的退耕地恢复天然植被。与此同时,在条件较好的土地上,集中使用农、林、水等各方面的资金,综合建设经济林果基地、饲料基地或基本农田。

退牧还草必须与草场建设的其他有效措施,如围栏、轮牧、小水利、人工草场等措施相结合。还必须做到可以贷款买畜,改良畜群,建设棚舍,发展畜牧业,才能巩固退耕休牧的成果。

如不能满足以上条件,则需考虑适当外迁人口,实行生态移民,使人口与环境容量相适应。

6.3 防沙治沙的重点是防治原有耕地、草地、林地的沙化

沙漠在地球上有其存在的必然性。地球上各种生态系统相互支持和制约,组成了全球的大生态系统。人类与沙漠的正确关系应当是:人与沙漠和谐共存,既要避免“沙进人退”,也不要盲目地“向沙漠进军”。“人进沙退”只有在原先因不合理的土地利用、而造成土地沙化的局部地方,采取合理的恢复重建措施,才有可能。相当多的地方,总结多年来防沙治沙的正反面实践经验则是:“人进沙进,人退沙退”。人类利用一些外来水源,可以在沙漠周边建设一些人工绿洲,但从总体上说,不当也不可能消灭沙漠或“征服”沙漠。防沙治沙应定位于防治原有耕地、草地、林地的沙化。

现在有一些关于通过植树造林,“人进沙退”的典型,需要考虑水资源可持续利用的原则,加以分析,防止误导。如果是在本来可以长树的沙化土地上植树造林,恢复原来已退化的土地,当然值得宣传。如果在天然沙漠的边缘,利用外来水源植树造林,新建或扩大绿洲,当然也可以成功,但应注意到不挤占对邻近地区和下游的生态供水。如果在天然沙漠的生态系统条件下,抽取当地的地下水

源,依靠灌溉,植树造林,其后果将是造成大范围的地下水漏斗,使相邻地区的地下水位逐渐降低,导致相邻地区的天然植被衰亡,最终将威胁到自身的可持续发展。如果利用沙漠边缘沙层中多年积存的少量土壤水,植树造林虽然可以成活并在一定期间成长,但在积存的水量耗竭后,不仅树木衰亡,而且将造成很深的干土层,使土壤沙化。这些“人进沙退”的经验都不应宣传推广。

6.4 加强农业基础地位,增加对农牧业的资金投入

为了贯彻中央提出的人与自然和谐共存的发展方针,不仅需要控制今后水土资源的开发,而且还需适当退还一部分过去不合理开发的水土资源。西北地区的水土资源主要为农牧业所消耗,过度的不合理的水土资源开发,是造成生态环境恶化的主要原因。为了改变这种状况,最主要的是调整农业结构,转变农业生产的生长方式,将低投入、低产出、高资源消耗的传统农业转换到高投入、高产出、低资源消耗的现代农业的轨道。这是一项十分艰巨的历史性任务,需要大规模的资金、技术、智力的投入。必须看到,为了保护和修复生态环境,不仅要进行生态环境建设和合理配置水资源,而且还要从破坏生态环境的源头上解决问题,加强农牧业的基础建设。近年来,国家大量增加了林业和水利方面的投资,这对西北地区都是十分必要的,也已取得了显著效益。今后,还需大量增加农牧业方面的投资,才能与林业、水利的投入相互配套,达到预期的目标。

6.5 因地制宜地保证粮食供需平衡

在我国这样一个人口众多的大国,为了确保社会稳定和人民健康,必须保证充裕的粮食供应。对国家的粮食安全问题,决不可掉以轻心。但是,对各地的粮食自给要求,还需实事求是地加以分析。就西北地区来说,存在两方面的实际问题:一方面,粮食在某种意义上是水资源的载体,1 kg 粮食一般需水 1 t,从区外调粮等于调水。目前农业用水量所以居高不下,甚至继续增加的原因,除了节水不力外,还由于各地从粮食自给的要求考虑,都不敢进一步放松对粮食种植面积的调减,并仍在计划增加粮食面积。另一方面,西北由于区位的劣势,在全国卖粮难的情况下,西北地区卖粮更难。在伊犁等产粮有潜力的地区,由于运输和生产成本高,不仅在内地的粮食市场没有竞争力。甚至

在青海这样的邻近地区也不能与内地运来的粮食竞争。因此，在西北目前情况下，过分强调粮食自给，不仅增加水资源需求的压力，也不利于农民的脱贫致富。

通过对西北地区 2010, 2030 年人口、粮食需求、供给情况进行预测，未来粮食供求基本平衡，但各省之间存在差异，其中陕西、甘肃、青海等省存在不同程度的粮食短缺。根据以上情况，建议进一步解放思想，不强求这三个省自给。从粮食安全出发，首要的是提高粮食综合生产能力和商品率，通过市场调剂来解决一部分地区的缺粮问题。按市场规律，只要粮价上涨，在那些有条件的地方，农民会自动调整种植结构。因此，只要保持土地的生产能力，粮食供应不致有很大风险。为保证安全，建议将黄河规划中的宁夏大柳树灌区，作为未来的粮食战略储备区，如有需要，可在实施西线南水北调工程后，通过引黄灌区建设，开垦 $40 \times 10^4 \sim 66.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (600 万亩 ~ 1000 万亩) 农田，作为西北甚至是全国的粮食后备基地。

6.6 发展工矿业，推进城镇化

发展工矿业、推进城镇化，这不仅是西北地区经济社会发展的新亮点，而且是实现人与自然和谐共存方针的重要组成部分。

推进工业化和城镇化，实际上是通过提高社会生产力的水平，提高水和土地资源的利用效率和效益，从而在宏观上扩大生态环境的人口容量。不能误认为，似乎西北地区的生态环境已经超负荷承载，不能再发展工矿业和推进城镇化了。其实，工矿业和大中小城镇所需的人均水土资源，比农牧业少得多；每立方米水量产出的经济价值，比农牧业大得多。西北地区只有发展工矿业和推进城镇化，才能吸纳农村富余劳动力，减轻农牧业人口对水土资源的压力，并从财力和装备上支持农牧业的现代化，这是人类社会前进的规律。

当然，在发展工矿业和推进城镇化中要防止盲目性。在发展工矿业中，一定要贯彻高效节水防污的原则，要防止低水平的重复建设，决不可建设那些破坏资源、污染环境、无市场前景、为外国或外地淘汰的企业。

在城镇化的发展中，要制定适合西北地区特点的目标，防止脱离当地情况，盲目攀比城市化率的倾向。必须根据水资源的条件，决定城镇建设的布局 and 规模，并贯彻“节水优先，治污为本，多渠道

开源”的方针，建立能保护水环境的良性循环机制。

6.7 在加快发展经济的同时，坚决防治污染

防治污染是西北地区可持续发展的重要条件之一。我国东部地区的不少地方，都受害于“先污染，后治理”的错误。由于治污需要大量资金，当地人民至今未能摆脱污染的危害，群众总结他们的痛苦代价为：“房是新的，钱是多的，水是脏的，命是短的。”西北地区的水环境容量远比东部地区小，资金远比东部地区少，决不允许重复东部地区的这种错误。当前，我国也有条件使西北地区不再重复这种错误，因为现在已经是 21 世纪，我国不但有技术、有资金，而且有经验、有教训，使西北地区走上一条新型工业化的道路。关键在于有关各级领导真正地提高认识，制定正确的发展规划，加强对新建项目的管理，杜绝污染项目的包庇，并加大对污染防治资金的投入，严格实施《环境影响评价法》、《清洁生产促进法》等环境保护法规。对已经受到污染的水环境，应坚决及时地进行治理，以免将来付出更高的代价。从某种意义上，防治污染的成绩将决定西北地区工业化和城镇化的前景。

6.8 实施少生快富的人口政策，消除贫困

生态环境建设必需与正确的人口政策结合，才能取得成功。上个世纪以来对生态环境的种种破坏，其首要原因当然是由于缺乏可持续发展的认识，但其中一个带有根本性的因素是由于人口大量增长而生产方式落后，最终导致长期的贫困，并与生态环境破坏形成恶性循环。从积极的意义上，全国实现全面小康的关键在西部地区，特别在西北地区；西北地区实现全面小康的关键在西北的贫困地区。因此，在研究推行生态环境建设和发展经济的各项措施时，还需要同时研究推行相应的各项社会措施，达到控制人口增长，提高人口质量，合理调整人口布局，最终消除贫困现象。主要措施如下：

制定“少生快富”的有关政策，在少数民族中推行计划生育。

加大教育投入，保证贫困地区尽快普及九年制教育。

鼓励和支持西北地区以各种方式，输出劳力、引进人才。

将宁夏西海固等一些全国最贫困地区列为“十五”扶贫攻坚项目，加大综合措施的力度。

在规划的自然保护区和一些没有发展前景的地

方, 实施生态移民。

培育地方财政实力, 逐步建立长期稳定的开发资金渠道。

6.9 抓紧前期工作, 建设南水北调的西线工程

警惕黄河水资源的危机, 抓紧准备南水北调的西线工程。建议在 2010 年前完成包括生态环境评估的工程前期工作和开工准备, 争取在 2015 年第一期工程通水, 2030 年前后完成二、三期工程。

6.10 建立西北地区生态环境建设的部门协调机制

综上所述, 西北地区的生态环境建设需要综合各有关部门的工作, 特别是农、林、水和城建、环保、扶贫等部门, 统一规划, 通力合作, 使国家和社会的投入, 发挥最大的效益。为此建议: 在国务院或国家计委加强生态环境建设的部门协调机制, 在有关省和自治区, 也建立相应的协调机制。

结语

西北是我国最干旱的地区, 生态环境极其脆弱。经过两千多年的疆土开拓, 特别是新中国成立以来 50 多年经济的快速发展, 不少地方的水土资源已经过度开发, 生态环境出现了很多问题, 有的地方已呈现生态危机。在今后的大开发中, 如何在保护和重建生态环境的条件下, 使社会经济得到持续发展, 对于西北地区来说, 是极大的挑战。经过对水资源、生态环境和社会经济各方面的现状、问题、对策研究后认为, 只要坚决贯彻人与自然和谐共存的发展方针, 坚决转变经济增长方式, 大力调整产业结构, 建设高效节水防污的经济与社会, 并

合理安排生态环境建设, 是可以在水资源可持续利用的基础上, 支持社会经济的可持续发展, 也有条件在十年内使西北地区的生态环境建设取得突破性的进展。为此, 提出了十项战略措施, 其中最核心的问题是提高用水的效率与效益。

在《中国可持续发展水资源战略研究综合报告》中, 提出了中国水资源战略的核心问题是提高用水效率。我们认为, 这个问题对西北地区更为迫切, 这是解决发展社会经济和保护改善生态环境之间矛盾的根本途径。西北地区的生态环境必须也只能在一个高效节水防污的社会中得到保护和重建; 西北地区的社会经济必须也只能在一个良好的生态环境中得到持续发展。为此不但需要在社会经济建设中更新观念, 调整结构, 提高水平; 也需要在生态环境建设中端正认识, 调整规划, 完善政策。很明显, 这不是一个或两个部门所能完成的任务, 而是各级政府的总体任务, 需要政府各个部门的通力合作; 也不仅是西北地区的任务, 需要全国和社会各界的大力支持。

本报告的目的, 是希望就以上问题, 推动各方面取得共识, 为西北地区生态环境建设和社会经济建设的双胜利进一步创造条件。

我们相信, 在中央和国务院以及西北各级党委和政府的领导下, 在社会各界的支持下, 西北地区的生态环境建设和社会经济发展, 在今后十年内必将取得突破性进展, 一个人与自然和谐共存, 生产发展、生活富裕、生态良好的大西北, 将为我国的社会主义建设做出伟大贡献。

Strategic Study on Allocation of Water Resources, Conservation and Upgrading of Eco-environment and Sustainable Development in North-west China

Water-resources-in-northwest-region Task Group of Chinese Academy of Engineering
(Chinese Academy of Engineering, Beijing 100038, China)

[Abstract] The northwestern region of China is a vast territory rich in resources and dwelt by many ethnic groups. It is of strategic importance so far as economic development, social security and national defense are concerned and is also an extremely important ecological buffer zone of China. In the last fifty some years, commensurate with the rapid economic development of the region, such environmental problems as land desertification and water pollution have also come into being. Of all problems, that of water resources allocation is the most crucial. It imposes a serious constraint on the sustainable development of the local society and

economy.

Pursuant to the directives issued by the Central Government on “the development of China’s west” in harmony with that in ecology and environment, Chinese Academy of Engineering, on approval by the State Council, launched a strategic study on allocation of water resources, conservation and upgrading of eco-environment and sustainable development of the northwest region. On the basis of detailed investigations and scientific research, this group has come to realize that, in order to ensure sustainable development of economy, it is imperative to insist on observing the co-existence between human being and nature as the peremptory guideline of development. In this connection, sustainable development of social economy must be supported by sustainable utilization of water resources. Rational plans must be drawn up for the overall upgrading of the regional ecology and environment. The structure of industry and the way to effect economic growth must be revamped. A society with its economy based on resources saving, efficient and pollution-proof use of water should be developed. Under the condition of sustainable utilization of water resources and protection of eco-environment, water resources should be rationally allocated. A suitable policy of population control must be enforced, in order to prevent excessive growth in population. Ten strategic measures are proposed including unified administration of water resources, development of manufacturing and mining industries, acceleration of urbanization, establishment of coordinating mechanism for the conservation and upgrading of eco-environment and others.

[Key words] northwestern China; allocation of water resources; conservation and upgrading of eco-environment; strategy of sustainable development

项目组成员名单

- 组长：**钱正英 中国工程院院士，全国政协原副主席
- 副组长：**沈国舫 中国工程院院士，中国工程院副院长
潘家铮 中国科学院院士、中国工程院院士，中国工程院原副院长，兼西北地区水资源重大工程布局研究课题组长
- 顾问：**张光斗 中国科学院院士、中国工程院院士，清华大学教授
师昌绪 中国科学院院士、中国工程院院士，中国科学院咨询委员会原主任
王淀佐 中国科学院院士、中国工程院院士，中国工程院副院长、中国工程院咨询委员会主任
徐乾清 中国工程院院士、水利部原副总工程师
- 成员：**陈志恺 中国工程院院士、中国水利水电科学研究院水资源所原所长、研究员，西北地区水资源及其供需发展趋势分析课题组长
王浩 中国水利水电科学研究院水资源所所长、研究员，西北地区水资源及其供需发展趋势分析课题副组长
刘东生 中国科学院院士、中国科学院地质与地球物理研究所研究员，西北地区自然环境演变及其发展趋势课题组长
李泽椿 中国工程院院士、国家气象中心原主任，西北地区自然环境演变及其发展趋势课题副组长
丁仲礼 中国科学院地质与地球物理研究所所长、研究员，西北地区自然环境演变及其发展趋势课题副组长
刘昌明 中国科学院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员，西北地区生态环境建设区域配置及生态环境需水量研究课题组长
王礼先 北京林业大学水土保持学院原院长、教授，西北地区生态环境建设区域配置及生态环境

需水量研究课题副组长

- 张宗祜 中国科学院院士、中国工程院院士、中国地质科学研究院原水文地质与环境地质研究所所长、研究员，西北地区生态环境建设区域配置及生态环境需水量研究课题组顾问
- 石玉林 中国工程院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员，西北地区土地荒漠化与水土资源利用课题组长
- 任阵海 中国工程院院士、中国环境科学研究院总工、研究员，西北地区土地荒漠化与水土资源利用课题副组长
- 雷志栋 清华大学原水利系主任、教授，西北地区土地荒漠化与水土资源利用课题副组长
- 石元春 中国科学院院士、中国工程院院士、原北京农业大学校长，西北地区土地荒漠化与水土资源利用课题组顾问
- 任继周 中国工程院院士、甘肃省草原生态研究所原所长，西北地区农牧业可持续发展与节水战略课题组长
- 唐华俊 中国农业科学院资源区划所所长、研究员，西北地区农牧业可持续发展与节水战略课题副组长
- 卢良恕 中国工程院院士、中国工程院原副院长，西北地区农牧业可持续发展与节水战略课题组顾问
- 贾大林 中国农业科学院灌溉所原所长、研究员，西北地区农牧业可持续发展与节水战略课题组顾问
- 周干峙 中国科学院院士、中国工程院院士，建设部原副部长、高级顾问，西北地区城镇发展及水务对策研究课题组长
- 邵益生 中国城市规划设计研究院副院长、研究员，西北地区城镇发展及水务对策研究课题副组长
- 李东英 中国工程院院士、原中国有色金属公司常务董事兼科技部主任，西北地区工矿资源开发的用水对策研究课题组长
- 胡见义 中国工程院院士、中国工程院能源学部副主任、中国石油勘探开发研究院原院长，西北地区工矿资源开发的用水对策研究课题副组长
- 邱定蕃 中国工程院院士、北京矿冶研究总院副院长，西北地区工矿资源开发用水对策研究课题副组长
- 卢耀如 中国工程院院士、中国地质科学院研究员，西北地区工矿资源开发用水对策研究课题组顾问
- 钱 易 中国工程院院士、清华大学教授，西北地区防污减灾对策研究课题组长
- 汤鸿霄 中国工程院院士、中国科学院生态环境研究中心研究员，西北地区防污减灾对策研究课题副组长
- 宁 远 水利部水利水电规划设计总院院长、研究员，西北地区水资源重大工程布局研究课题副组长
- 吴以鳌 水利部水利水电规划设计总院原副院长、研究员，西北地区水资源重大工程布局研究课题副组长

项目办公室：谢冰玉 中国工程院土木、水利与建筑工程学部办公室主任、高级工程师
孙雪涛 全国政协秘书、高级工程师
王振海 中国工程院土木、水利与建筑工程学部办公室高级工程师