# 第一篇

# 中国西北地区水资源开发战略

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 关于农田灌溉节水问题的几点认识

徐乾清

（中华人民共和国水利部　北京　100761）

**摘　要**　在我国干旱、半干旱地区，农田灌溉用水一般占总用水量的60%～90%，农田灌溉节约用水是社会节约用水的核心。本文分析了我国当前农田灌溉用水浪费的主要原因；指出农田灌溉节约用水必须采取综合措施；在开展农田灌溉节约用水时应注意处理好几个关系；发展灌溉要开源、节流和保护并举，三者不可偏废。

**关键词**　农田灌溉　节水　综合措施

# Discussion on the Problems of Water Saving Irrigation in Agriculture

*Xu Qianqing*

(The Ministry of Water Resources, the People's Republic of China　Be　ijing　100761)

**Abstract**　In arid and semiarid regions in our country, generally, the irrigation water are about 60～90 percents of the total water resources. So, the water Saving irrigation is the core of social water saving. The article analyzed the major reasons of water waste in field irrigation at present and suggested that we must take comprehensive measures to treat it. At the same time, we should attend the several relationship in field water saving irrigation, and combine the increasing new sources, saving the available resources with protecting the resources. We shouldn't neglect any measures of above and emphasize only one measure other than three together.

**Key words**　Field irrigation　Water Saving　Comprehensive measures

节约、高效用水是缓解水危机的关键措施，在中国北方地区尤其如此。农田灌溉用水在干旱、半干旱地区一般占总用水量的60%～90%，农田灌溉节约用水是社会节约用水的核心。节约用水涉及科学技术和社会经济的各个方面，是一个极其复杂的问题，必须全面分析用水浪费的各种原因，针对性地采取综合措施，才能收效。

## 1. 当前农田灌溉用水浪费现象的分析

（1）灌溉水源缺乏保证，难以适时适量灌水，促使农民在有水时力求多灌，避免缺水

时无水可灌的风险，在缺乏水源调节工程的灌区，尤为明显。

（2）输水渠系工程不配套，工程粗放，缺乏防渗设施，形成严重输水损失。

（3 缺乏田间配套工程，土地不平整，不能均匀灌水，只能依靠大水漫灌。

（4）地块过大，灌水时间过长，造成超量渗漏。

（5） 灌水不完全按照土壤水分状况和科学的田间灌溉定额，造成过量灌水。

（6）灌水技术落后，缺乏灌水计量设施，难以掌握灌水数量。

（7）灌区农作物布局不合理，多种作物插花种植，难于分区集中灌水，增加了输水损失和无效蒸发。

（8）灌溉水费不合理（一般偏低），对过量用水缺乏制约作用，这是当前用水浪费的关键因素。

（9） 管理粗放，自由放任，缺乏行政约束机制。

（10）农民灌溉的历史习惯很难在短期内改变。

总之，农田灌溉用水浪费是由多种原因形成的，根本原因在于对水资源的紧缺程度，对社会经济发展的影响认识不足。灌区粗放建设、粗放管理，农业生产技术落后等都需要深入研究，逐步解决。

## 2. 农田灌溉节约用水必须采取综合措施

每个灌区的自然环境和社会经济条件差别很大，用水浪费的形式亦各有不同，因此必须有针对性的因地制宜地采取以下综合措施，才能达到节水的目的。

### 2.1 技术措施

（1）提高灌溉水源的调节能力，保证适时适量灌水，特别要解决“卡脖子”旱的问题。

（2 灌区进行节水改造，尽量减少渠系输水损失。

（3 完善田间工程配套，采用先进灌水技术，提高灌溉水的利用率。

### 2.2 经济手段

（1）调整产业结构，限制高耗水、高污染产业的发展。

（2 按照农业产业化要求，作物种植合理布局，有利于集中高效灌水。

（3）把水费作为农业生产成本的重要组成部分，切实进行供水成本核算，按照农业用水政策调整水价，利用提高水价促进节水。

### 2.3 社会教育

加强宣传，树立对水资源的正确认识，改进传统用水习惯，提高全民节水意识。

### 2.4 行政措施

加强管理，健全法制，合理分配地区水资源，制订具体水量调度方案，加强执法力度，利用行政手段促进节水。

这些措施都要建立在根据当地水资源特点，按照发挥水资源总体最大效益为目标，科学地制定灌溉方式。同时，农田灌溉节水必须与农业生产技术密切配合，从农业科学技术方面寻求节水途径。如种植节水高效作物品种，减少无效蒸发的保墒措施，按照作物发育不同阶段对水分亏缺敏感性安排适量灌水，提高水分利用效率等。

## 3. 农田灌溉节水应注意的几个关系

### 3.1 农田灌溉节水与生态系统保护的关系

超出合理灌溉定额的灌水量，其中一部分属于浪费用水，但一部分却被农田以外的生态系统所利用，对保持一个地区生态平衡有一定作用，在西北内陆人工绿洲十分明显，还有一部分变为灌区回归水可重复利用。过分降低灌溉定额，对一个地区整体而言，不一定是合理的。农田灌溉节水标准，应在地区用水综合平衡的基础上加以研究确定。

### 3.2 农田灌溉节水与土地盐碱化的关系

非盐碱化土地节约用水，可以防止地下水位的升高，防止土壤次生盐碱化的发生。但在盐碱地上节水，必须考虑土壤的水盐平衡，有些土地还须考虑压盐洗碱的用水。

### 3.3 农田灌溉节水与经济效益的关系

一部分灌溉节水与用户有直接经济利益，但不少灌区的节水主要是社会效益，当地用水户并不直接受益，因此依靠当地农民投资搞节水往往收效有限。必须根据节水的目的，即节约出来的水用在哪里，确定节水资金的来源。如为了增加城市用水而搞农田灌溉节水，就应由城市负担；为了保护人工绿洲外围天然植被，就应由政府、地区财政或集体负担。灌区节水改造的骨干工程，一般规模大、投资多，国家不给予投资是很难实施的。因此，农田灌溉节水工程应纳入国家的基本建设计划，制订具体政策，促其迅速发展。

### 3.4 农田灌溉节水与地区水资源供需平衡的关系

过去编制农田节水规划时，计算出的节水量很大，有些部门和地方不加分析的将其全部纳入地方或部门的水资源供需之中，这是十分危险的。灌溉节约出来的水，一部分用于提高本灌区的灌溉保证，一部分可用于本灌区内部扩大灌溉面积，能够用于本灌区以外扩大灌区或城市工业用水只是其中一部分。因此，在地区水资源供需平衡中对节水量要有分析论证，合理确定可参与供需综合平衡的节约水量。

## 4. 发展灌溉要开源、节流和保护并举，三者不可偏废

在厉行节约用水的情况下，从总体上看，灌溉用水总量可以保持在现有的水平上，但由于水资源分布的不均衡，各地开发水资源的条件不同，部分地区缺水是客观存在的，特别是新建灌区还须开发新水源。完全依靠节水解决灌溉发展是不现实的。发展灌溉还是要开源、节流和保护并举，不可偏废。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 黄河流域水资源开发利用发展战略探讨

刘万铨　郑新民

（水利部黄委会黄河上中游管理局　西安　710043）

**摘　要**　黄河流域水资源十分短缺，已成为流域经济发展和西部大开发的主要制约因素。本文针对黄河水资源的特点与问题，指出黄河流域水资源合理开发利用是一个复杂的系统工程问题，必须上、中、下游兼顾，近、中、远期结合，开源与节流并重，降水资源、地表径流与河川径流统筹开发利用，才能收到良好的效果。

**关键词**　黄河流域　水资源　开发利用　发展战略

# Discussion on the Water Resources Development Strategy in Huanghe River Watershed

*Liu Wanquan　Zheng Xinmin*

(Bureau of the Upriver and Middle-River Management in Huanghe River, Committee of Huanghe River, Ministry of Water Resources　Xian　710043)

**Abstract**　The serious deficiency of water resources in Huanghe river watershed has became the main factor to restrict the watershed economy development and west region development. Based on the features and problems of water resources in Huanghe river, the authors pointed out that the reasonable development of water resources in Huanghe river is a complicated system engineering. The upriver, middle-river and the lower reaches of river should be considered jointly. The long term, middle term and the near future plan should be combined. The new resources development and old resources saving should be carried out at the same time. The precipitation resoureces, the surface runoff and river runoff should be developed reasonably.

**Key words**　Huanghe river watershed　Water resources　Development and utilization　Development strategy

## 引言

黄河流域水资源十分短缺，已成为流域经济发展和西部大开发的主要制约因素；特别

是 20 世纪 90 年代以来，黄河下游日趋严重的断流现象，引起了中央领导、国家主管部门和学术界的高度重视，采取多种措施，积极研究对策。我们认为，解决黄河流域的水资源短缺及其合理地开发利用，是一个复杂的系统工程，必须针对黄河水资源的特点与问题，上、中、下游兼顾，近、中、远期结合，开源与节流并重，降水资源、地表径流与河川径流开发利用并举，才能收到良好的效果，以这样的指导思想来研究其发展战略问题。

## 1. 黄河流域的水资源特点与问题

黄河流域的水资源包括大气降水、地表径流、河川径流与地下水。地表径流是暴雨期间的超渗水量，河川径流与地下水都是由大气降水补给，可以说“降水是水资源之母”。一般研究黄河水资源问题都首先侧重干流的河川径流，而对黄土高原降水资源和地表径流的开发利用及其对干流河川径流的影响，则重视不够， 亟需进行观念的转变。黄河上中游的黄土高原面积约 64 万 $km^2$，占黄河流域面积 75 万 $km^2$ 的 85%，黄河流域河川径流的诸多特点与问题，都与黄土高原的降水特点与问题密切相关，主要有以下五方面：

### 1.1 降水量少而蒸发量大，影响到河川径流短缺，供需矛盾十分突出

黄土高原大部是干旱、半干旱地区，年降水量从 200～300mm 到 400～500mm，而年蒸发量为 1500～2000mm，是年降水量的 4～5 倍或更多。黄土高原总降水量 2400 亿～3200 亿 $m^3$，而产生的天然河川径流只有 200 亿～300 亿 $m^3$，约为降水量的 10%，是黄河流域河川径流短缺的主要原因。根据 1919～1975 年 57 年水文资料，黄河多年平均实测河川年径流量 470 亿 $m^3$（考虑灌溉引用和水库拦蓄，还原为天然年径流 580 亿 $m^3$）。黄河流域面积占全国土地面积的 8%，而水量只占全国径流总量的 2%，过去历年平均缺水近 27 亿 $m^3$；严重影响了工农业生产和城乡居民生活用水，供需矛盾十分突出。

### 1.2 降水资源地区分布不均，影响到河川径流地区分布不均

黄土高原的降水资源，从南向北呈递减趋势。南部约 15%的面积年均降水 600～700mm，中部约 60%的面积年均降水 400～500mm，北部约 25%的面积年均降水 200～300mm 黄土高原上的黄河支流，南部年均径流深 50～60mm，中部年均径流深 30～40mm，北部年均径流深 10～20mm。黄河干流兰州站以上和三门峡至花园口区间，年均径流深分别为 145mm 与 146mm，二者面积占黄河总面积的 35.1%，而水量占全河总水量的 66.1%，是水量相对较多地区。兰州到三门峡区间（是黄土高原主体部分）面积占全河的 61.9%，而水量只占全河的 30.0% （包括兰州到河口镇区间有负值为一 1.7%），是水量最少地区。

### 1.3 降水资源年际分布不均，影响到河川径流年际分布不均

黄土高原各地的降水资源，多雨年为平均年的 1.4～1.7 倍；少雨年为平均年的 40%～50%，影响到黄河干、支流的水量；丰水年是枯水年的 2～4 倍。黄土高原经常出现连续的少雨年，影响到黄河干、支流出现连续的枯水年。黄河干流曾出现 1922～1932 年连续 11 年和 1969～1974 年连续 6 年的枯水年。

### 1.4 降水资源年内季节分布不均，影响到河川径流年内季节分布不均

黄土高原年降水的 60%～75%集中在汛期（6～9 月），而汛期雨量又主要集中在几次大暴雨，使黄河干流年水量中 60%左右集中在汛期，一般以洪水形式出现；许多支流甚至 70%～80%水量集中在汛期，而往往集中在几次大洪水中。如黄河中游主要支流黄甫川，

1954～1975 年平均径流量 1.86 亿 $m^3$，其中汛期水量占 72.8%；1972 年 7 月的一次洪水就占全年径流量的 69%。

**1.5 黄土高原汛期降水多为暴雨，强度大，水土流失严重，影响到黄河干支流洪水含沙量高，不利于开发利用**

黄土高原的汛期暴雨强度常达 1mm/min，历时 30～60min，造成坡、沟严重水土流失，一般年均侵蚀模数 5000～10000t/$km^2$，有的甚至高达 20000～30000t/$km^2$，居世界各河之首。一般干流洪水含沙量 100～200 kg/$m^3$，支流洪水含沙量 300～500kg/$m^3$，个别甚至高达 1000 kg/$m^3$。

## 2. 河川径流的开发利用

### 2.1 河川径流的供需矛盾与基本对策

**2.1.1 开发利用现状与供需矛盾问题。** 黄河干流的河川径流目前已开发利用 307.24 亿 $m^3$（其中农业灌溉 283.93 亿 $m^3$，工业用水 14.45 亿 $m^3$，农村人畜饮用 5.05 亿 $m^3$，城镇生活用水 3.81 亿 $m^3$）。根据治黄规划，到 2010 年需水 410 亿 $m^3$，2030 年需水 520 亿 $m^3$，2050 年需水 600 亿 $m^3$，分别缺水 40 亿 $m^3$、150 亿 $m^3$ 和 230 亿 $m^3$，供需矛盾十分突出，是黄河水资源利用上存在的主要问题。1972～1995 年的 24 年中，黄河下游利津水文站有 24 年发生断流；1997 年断流时间达 226 天，断流长度达 704km。

**2.1.2 供需矛盾的原因分析。** 客观上看，黄河流域大部分是干旱、半干旱地区，降雨量少，水资源短缺，是根本性的因素。从工作上看，缺乏统一的管理体制和有效的监督机制，用水管理粗放，水资源无偿使用和水价偏低，导致部分地区浪费水的现象十分严重（特别是农业灌溉），加剧了供需矛盾。

**2.1.3 解决供需矛盾的基本对策。** 总的方针是开源与节流并重。当前首先搞好水资源统一管理，加强取水许可的监督管理，促进节约用水，使有限的水量满足经济发展用水的需要；同时积极修建控制性工程，开展南水北调的前期工作，由东、中、西三线自长江调水，力争在 21 世纪前期有效地解决黄河水资源短缺问题。指导思想是：水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护六个方面，当前要特别重视优化配置和节约、保护。

### 2.2 加强黄河水资源的统一管理

**2.2.1 实施黄河水资源统一管理的依据。** 1998 年 12 月，经国务院批准，国家计委和水利部联合颁发了《黄河可供水量年度分配及干流水量调度方案》和《黄河河水量调度管理办法》，授权黄河水利委员会统一调度黄河水量。《管理办法》规定，黄河水量实行统一调度，总量控制，以供定需，分级管理，分级负责。黄委会主要承担以下职责：根据来水预报，编制年度水量分配和调度预案，经水利部批准后，编制和发布月和旬的调度计划，同时根据情况变化，适时发布调度指令，检查监督黄河水量调度计划的实施。与此同时，各省（区）的水调部门与水利枢纽管理部门，作为一级水调中心，承担调度计划和调度指令的贯彻执行。

**2.2.2 实施黄河水资源统一管理的基本措施。** 实施取水许可制度是加强水资源统一管理的基本措施。根据国务院颁布的《取水许可制度实施办法》和水利部的授权，黄委会对黄河干流和主要跨省（区）支流的取水许可实施全额管理或限额管理。并着重进行以下主要工

作。

（1）组织开展大规模的取水许可的登记和发证。 1994～1996 年，在沿黄省（区）各级水行政部门的配合、支持下，共发放取水许可证 1984 套，许可取水量 276 亿 $m^3$。

（2）做好取水许可证的年度审验工作。 1996～1999 年，黄委会有关管理机构和工作人员，采取书面审查与现场核实结合的方法，根据年审的各项内容，对每一取水单位的取水用水情况逐一进行审验；并深入到取水口，现场检查量水设施、节水设施及污水处理设施情况，对不合要求的，责令限期改正。

（3） 严格取水计划的审批及其监督管理，加强对取水设施的监督管理，建立取水统计上报制度。督促用水单位坚持计划用水，并采取节水措施。对取水单位上报的年度计划报表不认真或不规范和量水设施不完善的，责令及时改正，保证按黄河水资源的统一配置方案取水。

（4） 严格审批新建、改建、扩建工程的取水许可申请。坚持以水定产，以水定规模，适当控制发展速度。对申请单位，着重审查其申请水量与用水定额和生产规模是否相符，量水设施与节水设施是否完善，退水水质是否符合要求。对不合要求的申请单位，不发取水许可证。

**2.2.3** 实施黄河水资源统一管理的效果。

（1）将全流域的取水用水初步纳入计划用水的轨道，促进了节约用水工作的开展。各省（区）根据黄河可供水量的指标，制定了本行政区域的具体分配方案，各取水单位按照批准的用水计划进行取水，各个层次都开始注意采取节水措施。

（2）开始扭转了黄河下游断流的局面。 1999 年入春后，黄河流域降雨稀少，黄河主要来水区的来水量较多年平均值偏少 10%～70%；3 月份以来下游沿黄地区降雨较多年同期均值偏少 80%～90%，为新中国成立以来同期的最小值。大风天气多，气温高，作物需水量大，下游水资源供需矛盾十分突出。在此情况下，黄河下游没有出现断流，比较合理地给治黄各省（区）各部门分配了水量，得到国家主管部门和公众的好评。主要原因是实施了黄河水资源的统一调度。在此过程中，黄委会加大了工作力度：一是做好调度的预案，二是搞好了与各省（区）各部门的协商，三是加强了水量调度的实时安排筹划，四是加强对用水的督察，保证了调度计划的顺利实施。

**2.3** 采取多种措施，促进节约用水

**2.3.1** 实行黄河水资源有偿使用制度，加强经济手段在水资源配置中的调控作用。具体措施是：

（1）建立健全黄河水资源费征收管理办法。根据取水水源的不同，分季节并照顾到地区经济条件的差异和用水户承受能力的不同，制定不同行业具体的征收标准，规定国家和地方征收的范围。

（2）建立适应市场经济原则的水价体系， 对现 行引黄水价重新核定，并制定科学合理的水价政策。目前流域平均水价只占供水成本的 30%～40%，严重偏低，致使供水管理简单再生产难以为继，也不利于促进节约用水，亟需进行改革，使之达到或接近供水成本。

**2.3.2** 采取有力措施，搞好大型灌区的节水改造，加强工业和城市的节水工作。

（1）搞好干渠和支渠的防渗衬砌和骨干建筑物的配套，提高渠系水的利用率。

（2）深化灌区的体制和机制改革，加强用水管理。

（3）因地制宜地推广各种行之有效的节水灌溉方法（如喷灌、滴灌、微灌、管灌等）。据黄委会有关部门调查分析，按照现阶段的节水灌溉技术，全流域灌区普遍推广实施，每年可节约水量 50亿～60亿 $m^3$。

（4）依靠科技进步，对现有企业进行节水技术改造；组织耗水量大的企业开展水平衡测试工作，拟定行业用水定额与节水标准，对企业节水实行目标管理。推广使用节水新技术和新工艺，逐步淘汰耗水大、技术落后的工艺、设备。

**2.3.3** 严格执行取水许可制度，强化节水的监督管理。

（1）对已达到用水指标的省（区），不再审批新的引黄取水工程，必须依靠本省（区）节水求发展。

（2）对新建、改建、扩建取水工程的取水许可审批，要严格按照项目的主体工程与节水措施“三同时”（同时设计、同时施工，同时投产使用）的要求进行，没有用水指标或节水措施的不予审批。

（3）对已建的取水工程，要求做到“四到位”，即用水计划到位，节水目标到位，节水措施到位，管水制度到位。

（4）在年审或日常监督管理时，要特别注意节水情况的审查。对造成水资源严重浪费的用水户，要依法给予处罚或核减其用水量。

**2.3.4** 抓紧节水规划与标准的编制，加强对节约用水的领导。

（1）提出黄河流域节水的目标，潜力和各部门、各行业、各类作物的用水定额。

（2）坚持以水定产，以水定发展规模，引导工业布局和产业调整，适当限制发展高耗水产业。

（3）大力发展节水农业，改变大面积漫灌等粗放的耕作方式，推动农业耕作制度向集约经营发展。

**2.3.5** 采取节水措施的效果。

（1）调整水价促进节水灌溉，立竿见影。宁夏引黄灌区，过去由于水价偏低，灌溉用水浪费严重。今年 4月，自治区政府作出决定，每立方米水价自流灌区由 0.006元调为 0.012元，扬水灌区由 0.05元调至为 0.08元和 0.1元。用水者和管水者都开始重视节水，改变了过去大水漫灌现象，采取了多种节水技术。仅 4、5、6 三个月，全灌区实际引水量 37.3亿 $m^3$，比去年同期少引 5.3亿 $m^3$；支斗渠实际用水量 31.3亿 $m^3$，比同期少引水 5亿 $m^3$，节水 13%。

（2）“水从门前过，不淌（引水）也有错”。水价调整后，群众认为“少淌水就少淌钱”。“节约用水就等于增加收入”。水价调整后，管理部门大力加强渠道砌护，推广节水技术，同时积极改革管理办法，组建农民用水者协会，推行水务公开，建立轮灌制度，对支斗渠进行承包经营，采取凭票供水，划小量水范围等新路子，保证了节水灌溉的落实。

**2.4** 黄河中游干流修建控制性水库，增强河川径流的调蓄能力

**2.4.1** 必要性与可行性。

（1）由于黄河河川径流有年际分布不均和季节分配不均的特点，多雨年和汛期洪水峰高量大，加剧下游灾害威胁，大量水资源白白送入东海；而少雨年和非汛期，又痛感水资

源短缺，影响经济建设和群众生活。针对这个问题，在黄河中游干流适当位置，修建大型控制性水库，对黄河水量进行多年调节，拦蓄多雨年和汛期洪水，供少雨年和非汛期使用，既可减轻下游洪水威胁，又可使宝贵的水资源不白流入海，除害兴利，一举两得。

(2) 在黄河中游干流上修建大型控制性水库，遇到的最大障碍是：由于水土流失严重，泥沙淤积太快。为了对付泥沙淤积而加大坝高和库容，将使工程造价太高，经济上不合算。解决的办法是：加快黄河中游多沙粗沙区的水土保持综合治理，特别是其中的沟道坝系建设（淤地坝和治沟骨干工程），能迅速拦截小流域坡沟泥沙，为黄河干支流水库减淤，效果十分显著，同时为面上梯田林草充分发挥减沙作用争取了时间；在水土保持综合治理中，治坡治沟紧密配合，在近期和远期都可以有效地为黄河干支流的水库减淤，促进大型控制性水库顺利兴建并发挥其调蓄作用。

**2.4.2** 治黄规划中确定的控制性水库。

(1) 碛口水利枢纽工程。位于黄河中游晋陕峡谷的中部，水库总库容 125.7 亿 $m^3$，有效库容 27.9 亿 $m^3$；规划安排水库初期拦沙运用 30 多年，汛期拦蓄洪水，可使枯水期流量保持在 400 $m^3/s$ 以上。

(2) 古贤水利枢纽工程。位于黄河中游晋陕峡谷的下段，总库容 153 亿 $m^3$，有效库容 48.5 亿 $m^3$；进一步调节径流，可为黄河龙门灌区的开发提供水源保证。

**2.5** 积极开展南水北调工程

黄河流域是资源性缺水，目前水资源短缺与流域经济社会快速发展之间的矛盾逐步上升；从长远看，即使充分挖掘节水潜力，也满足不了实际需要，因此，实施南水北调工程，势在必行。南水北调，分东、中、西三条路线，经过有关专家多年的研究和论证，目前国家主管部门已基本确定，东线和中线，均于 2010 年以前完成；西线正积极进行前期工作，力争 2050 年以前完成。

**2.5.1** 东线和中线调水工程。

(1) 东线工程。从江苏扬州附近的长江北岸，在原有引水量的基础上，年均增加引水约 150亿 $m^3$，其中过黄河约 90亿 $m^3$，利用和扩建京杭运河及其平行的部分河道，送水到天津，另建分干线到胶东半岛。

(2) 中线工程。从加高后的丹江口水库引水，年均引水量约 130 亿 $m^3$，其中过黄河约 70 亿～75亿 $m^3$，建设专用的输水渠道，沿京广路西侧，送水到北京；沿途可解决河南省中部与东部、河北省中部经济最发达地区的缺水问题。

东线和中线调水的共同特点是：水量重点供应北京、天津、华北和黄淮海地区，不能根本解决黄河流域的缺水问题，但由于满足了黄河下游流域外 266.7 万多 $hm^2$ 灌区用水（原来引用黄河水量），可将省出的这部分水量，调剂给中、上游使用。

**2.5.2** 西线调水工程。

(1) 引水方案。已经研究并初步确定的有通天河、雅砻江、大渡河三种方案，每年可引水量分别为 100 亿 $m^3$、45 亿 $m^3$ 和 50亿 $m^3$，引水路线长分别为 288 km、131 km 和 33 km，工程都十分复杂和艰巨。

(2) 有利条件。一是居高临下，有利于促进黄河治理开发；二是源头调水，水质优良；三是利用黄河大水库调节，可以增加水资源的有效利用；四是调水工程地处偏僻，社会问

需要全本请访问 www.ertongbook.com

题少，对促进西部地区经济发展最为直接。

目前，黄河水利委员会已建立南水北调的专职机构，加强有关的前期工作，为工程的早日开工创造条件。

## 3. 降水与地表径流的开发利用

黄河上中游黄土高原地区，从青海龙羊峡到河南桃花峪，面积 64 万 $km^2$，占黄河流域总面积 75 万 $km^2$ 的 85%,是西部开发的重点。这个地区 2/3 以上面积是丘陵、高塬和山地，地形破碎，千沟万壑，前述河川径流的各项开发利用措施，都不能受益，是典型的“雨养农业”区，水资源的开发利用，主要是靠大气降水和汛期暴雨中形成的地表径流。在千百年生产实践中，当地农民群众创造了许多利用降水和地表径流的措施和经验；新中国成立以后，特别是 20 世纪 90 年代以来有许多新的发展，为这一地区水资源开发利用的发展战略，提供了依据。

这些措施的共同特点是增加降水就地入渗，或将地表径流就近拦蓄；在开发利用水资源的同时，还减轻了土壤侵蚀，拦蓄了坡沟泥沙，为河川径流的开发利用创造了有利条件。

### 3.1 坡面降水资源的开发利用

**3.1.1 主要措施及其功能。**黄土高原各地，汛期降雨除土壤入渗部分可被农作物吸收利用外，其超渗径流则不能被利用。将坡耕地修成水平梯田，在荒地或退耕地上造林、种草，是利用降水资源及其超渗径流，提高农、林、牧业生产的有效措施。据黄土高原各地水土保持试验站的科学观测：坡耕地每年每亩流失水量 20～30 $m^3$，流失土壤 5～10 t；荒坡每年每亩流失水量 30～40 $m^3$,流失土壤 3～6 t。坡耕地修成水平梯田后，可减少水土流失 90%～95%或更多，荒坡造林、种草、建果园后，可减少水土流失 40%～60%。减少流失的水量，增加了土壤入渗，直接利用了降水资源。黄土高原现有梯田 400 多万 $hm^2$,造林、种草 1000 万 $hm^2$，每年直接利用降水资源共 30 多亿 $m^3$。

**3.1.2 提高降水资源利用率的有效措施。**

(1) 水平梯田。由于黄土高原气候干旱，土地蒸发量大，田面直接接收的降水资源不能全部被作物吸收利用，影响到作物产量不能进一步提高。近年来，许多地方采用地膜覆盖，减少蒸发，提高了水的利用率，相应地提高作物产量 30%左右，效果十分显著。甘肃陇东地区，陕西关中地区等都正积极研究推广。

(2) 造林，采用工程整地，特别是隔坡水平沟整地，能有效地提高降水的利用率。一般水平沟宽 1.0～1.5 m，沟边土埂高 0.3～0.4 m 上下两条水平沟之间，留一带宽 3～5 m（水平距）的斜坡。暴雨中斜坡上的径流为水平沟所拦蓄，增加了沟中土壤水分，有利于提高林木的成活率、保存率和生长量。修一公顷水平沟（净面积）可以承接和利用 4～6$hm^2$ 降水资源，有利于加快控制荒坡的水土流失。据各地水保科研单位观测，采用隔坡水平沟造林，可减少水土流失 70%～80%。90年代中期以来，黄土高原水土保持世行贷款项目区内，大量推广这种作法，收到了良好效果，林木成活率一般都在 80%以上。

**3.1.3 发展前景。**根据规划，到 2050 年，黄土高原各地将原有的坡耕地，除退耕还林(草)外,将共修成水平梯田 800 万 $hm^2$，除直接利用降水外，还可利用原来坡耕地产生的超渗径流约 24 亿 $m^3$。各地造林、种草、建果园的面积将达 3000 万 $hm^2$，除直接利用降水

外，还可利用原来荒坡和退耕地上的超渗径流约 90 亿 $m^3$。

### 3.2 村庄、道路地表径流的开发利用

黄土高原各地汛期暴雨中，村庄、道路的径流系数较大，一般 0.5～0.8，而且水流集中，破坏力较强。在村旁、路旁修建水窖、涝池，拦蓄地表径流，可供人畜饮用和点浇抗旱增产，而且可减轻水流对地面的冲刷和破坏，除害兴利，一举两得。

#### 3.2.1 主要措施与功能。

(1) 涝池。高塬沟壑区的塬面分布较多，一般修在路旁地势较低洼处，面积与容量随地形而异，大小不等，一般直径 30～50 m，深 1～2 m，容量 1000～2000 $m^3$。个别特大的如甘肃西峰市东郊的大涝池，容量 8 万 $m^3$，承接该市市区全部地表径流；池周种植各类树木，绿化美化，供市民休憩游玩，称“东湖公园”。黄土高原现有涝池近 30 万个，总容量 2.3 亿 $m^3$。涝池蒸发量大，多数不能长期稳定蓄水，一般只供牲畜饮用，不能有效地解决居民饮水和点浇问题。

(2 水窖。在高塬区、丘陵区、土石山区等各地分布较广，修在地下，且有防渗措施，能长期稳定蓄水。每窖蓄水容量 30～50 $m^3$，村庄、道路的地表径流入窖以前，先经澄沙池过滤，保持水质清洁。一般每户有 1～2 窖，可以满足全年人口饮用；有的还利用窖水点浇小片农作物或果园、蔬菜，抗旱增产，效果十分显著。陕西省横山县 1998 年新建水窖 3.5 万眼，蓄水能力 179 万 $m^3$（平均每窖容量约 50 $m^3$），在解决人畜饮水的同时，还发展点浇水地 0.12 万 $hm^2$，促进 3 万农民摆脱了贫困。黄土高原各地现有水窖近 250 万个，总容量约 1 亿 $m^3$。

#### 3.2.2 水窖工程的新发展。

水窖在黄土高原历史悠久，建国后有很大发展，主要用于解决人畜饮水问题。20 世纪 90 年代中期以后，各地还利用水窖蓄水，进行节水灌溉，起到抗旱增产的显著作用，使这项事业更加蓬勃发展。宁夏西海固地区称集雨工程，陕北榆林地区称甘露工程，甘肃省称“121”工程，在集雨和点浇技术上，有许多改进。

(1) 为了提高集水效果，不少农户把窑顶（屋顶）、院场和部分集流路段用水泥抹面，降雨时增加地表径流量。

(2) 山西省芮城县北靠中条山，南临黄河，地势北高南低，坡面缓而长，群众在山坡雨水汇集处修建拦水堰，堰内蓄水，堰前安装分水管道，利用自然落差，把水分别送到农户家中的水窖存蓄。每个水窖都设有阀门控制，再接上塑料管，埋入地下深 0.5 m 左右，一直接到果园、菜地、农田，进行点浇，有的还接到庭院、厨房。由于地势北高南低，水窖的集流和使用，都利用自然坡降，自流入窖，自压渗灌，自来用水。

(3) 甘肃省结合水窖集雨，安装节水灌溉配套设施，收到了显著的增产效果。1996～1997 年，该省在实施“121”工程中，建立了 1760 个科技示范户，兴建水窖 3280 眼，其中 1588 眼安装了节灌配套设施，灌溉小麦 158.5$hm^2$、玉米 215.6$hm^2$、粮果经济带田 38.4$hm^2$。全示范区滴灌粮田 477.1$hm^2$，共增产粮食 65.9 万 kg，平均单产 5115 kg/$hm^2$，增产率 27%；滴灌果园 64$hm^2$，总产值达 251 万元，增产 77 万元。1996 年 9 月，全国首届及东亚地区雨水利用学术讨论会在甘肃省召开现场会，水窖集雨节灌技术受到国内外专家的一致好评。

#### 3.2.3 进一步发展需解决的问题。

(1) 以乡、村或小流域为单元，搞好具体实施规划，根据地形、降雨、地表径流的实

际情况，逐个研究确定水窖的具体位置和容量。防止盲目修建，修了水窖蓄不上水，劳民伤财，挫伤群众积极性。

(2 搞好节水配套设施，提高水资源利用效率。据甘肃省有关专家测算：在该省中部干旱地区，一般年景，农作物只需在春季补灌 2～3次就可以保苗，获得好收成。补灌每公顷如用滴灌需水 150 $m^3$，喷灌需水 300 $m^3$，畦灌需水 450 $m^3$，大水漫灌需水 1200 $m^3$；如在高温暖棚内比室外耗水可减少约 1/4。

(3 选种优质、高产、高效的作物品种，提高经济效益。根据市场信息，一般以种植蔬菜、果园等经济收益较高。

**3.3 小流域沟道水资源的开发利用**

黄土高原地区有大小沟壑约 27 万条，每条沟道小流域是一个天然集水区，汛期暴雨洪水和非汛期的常流水，都通过沟道下泄到黄河支流和干流。在沟中修建各种类型的坝库，拦蓄洪水与常流水，为当地群众生产、生活和改善生态环境服务，是黄土高原水资源开发利用的一项重要的战略任务。

**3.3.1 沟中蓄水的必要性和重要性。**

(1) 由于沟道水流集中，能用少量坝库工程较快地集中拦蓄整个小流域的大部分洪水和常流水。小流域内坡面梯田、林草和村旁、路旁的水窖、涝池虽能拦蓄部分降水和地表径流，但数量有限，只占总量的 10%～20%，不能满足生产、生活和生态用水需要。小流域内 80%～90%的洪水和常流水都集中在沟道，必须在沟中修建坝库，把这些可贵的水资源留在当地，为发展农村生产服务，才能适应西部大开发的新形势。在黄土高原的千沟万壑中，增产粮食、果品需水，造林、种草需水，发展乡镇企业和建设小城镇都需水。这些水量，不可能指望黄河干流（及其主要支流）河川径流的各种开源节流措施来解决，只能依靠在千沟万壑中修建坝库，就地蓄水来解决。

(2) 沟中坝库不仅蓄水而且削洪、拦泥、制止沟蚀。黄土高原各地沟道侵蚀十分严重，特别是丘陵沟壑区和高塬沟壑区，由于水流冲刷，导致沟底下切，加剧沟岸扩张（以崩塌、滑塌、泻溜等形式），致使小流域侵蚀模数高达 5000～20000 $t/km^2$。其中沟蚀量占 50%～60%至 80%～90%。沟中坝库拦蓄洪水的同时，也拦蓄了泥沙，为黄河干支流减轻了洪水泥沙危害。而且泥沙淤积成坝地，巩固并抬高沟床，相应地稳定沟坡，减轻了沟蚀。

(3) 千沟万壑蓄水，有利于改善生态环境，建成秀美山川。黄土高原要改善生态环境，建成秀美山川，在大力造林种草、绿化山坡的同时，必须在千沟万壑中大力兴建蓄水工程，不仅能满足生产、生活用水，而且能改善小气候。山川秀美的基本要求是“山青水秀”；只有山青，没有水秀，不是理想的秀美山川。甘肃省西峰市南小河沟在水土保持综合治理中，注意了沟中修库蓄水，其流域中游水库中碧波荡漾，两岸山坡上绿树成荫，到此参观者都感叹说：“这就是西北地区秀美山川的雏形”。

**3.3.2 主要措施与功能。**

在小流域沟道中，从上游到下游，从支毛沟到干沟，根据沟道水文与地形条件，科学地部署谷坊、淤地坝、小水库、治沟骨干工程，形成完整的坝系，能充分合理地利用水资源与泥沙资源。

(1) 谷坊。主要修在支毛沟上游沟底比降较大、沟底下切侵蚀比较活跃的沟段。一般

坝高 3～5m，库容 500～1000$m^3$。主要功能是巩固沟底，稳定沟坡，制止沟蚀。每坊淤地面积一亩左右，由于经常过水积水，一般种植喜水耐水性树木（如杨树等），既有生态效益，又有经济效益。

(2)淤地坝。主要建在沟道中下游沟底比较开阔的沟段，一般坝高 10～15m，库容 10 万～20 万 $m^3$，每坝淤地 0.7～1.3$hm^2$ 亩。大多是 3～5 年就淤平。在坝未淤平以前，短期内可蓄水利用。由于坝地水肥条件较好，一般单产 3750～4500 kg/$hm^2$。增施肥料科学种田，单产可达7500 kg/$hm^2$ 以上，一公顷坝地的产量能顶 5～8$hm^2$ 坡耕地。特别在天旱时，坡上作物严重减产，而坝地仍能保持平产或高产。群众说"家有三亩坝，天旱也不怕"。坝地能抗旱，是利用水资源的一种特殊形式。黄土高原各地现有坝地近 26.7 万 $hm^2$，每年可增产粮食 12 亿 kg。根据调查与测算，平均每淤成一亩坝地可拦蓄泥沙 3000 t。黄土高原现有坝地已拦泥约 120 亿 t。

(3) 小水库。主要修在沟中有泉水露头的沟段。根据水源情况和沟道地形，坝高和库容差异很大。较小的坝高 10～20m，库容 20 万～30 万 $m^3$ 较大的坝高 30～40m，库容 100 万～500 万 $m^3$。建国以来，黄土高原各地在小流域沟道中修建小水库数千座，由于水土流失严重，有的 3～5 年，有的 8～10 年，就淤平失效，被迫改为淤地坝使用。这个问题影响了许多基层水利部门，不敢再去沟中修小水库。但是也有些地方，采取修"连环坝"的方法，有效地解决了这个问题。具体作法是：在沟中有泉露头的沟段修小水库，水库回水末端上游，紧接着修大型淤地坝或治沟骨干工程。暴雨中上坝拦洪拦泥，保护小水库安全，雨后放清水给小水库存蓄。这样小水库就能长期稳定蓄水。陕北榆林县峁沟、米脂县对岔沟等地，采取这种作法，收到了小水库稳定蓄水的良好效果。

(4)治沟骨干工程。在小流域沟道中均匀分布，根据不同地区的侵蚀模数，每 3～5$km^2$ 或 8～10$km^2$ 一座。一般坝高 25m 以上，单坝总库容 50 万～100 万 $m^3$，个别可达 500 万 $m^3$。总库容中 70%左右为拦泥库容（设计淤积年限为 20 年），30%左右为滞洪库容（防御 50 年一遇洪水）。其主要功能是提高整个沟道坝系的防御标准，保护淤地坝和小水库安全生产。在拦泥库容未淤满以前，短期内（20 年以内）可以蓄水利用，但拦泥库容淤满后，就不能再蓄水了。由于其拦泥量大而且见效快，在黄河中游水土流失最严重的多沙粗沙地区有计划地兴建，是减少入黄泥沙，减轻下游河道淤积的迅速而有效的措施。1986～1999 年黄河上中游管理局主持，在黄河中上游水土流失严重地区共建成治沟骨干工程 895 座，保护了 180 多条小流域的近 1.2 万 $hm^2$ 坝地、川台地安全生产和小水库安全运行，库中蓄水近 1 亿 $m^3$，可发展灌溉面积约 0.8 万 $hm^2$；同时还可拦泥 6.8 亿 $m^3$，淤地 1.1 万 $hm^2$，每年可增产粮食近 5000 万 kg，解决约 2 万农村人畜饮水困难。

**3.3.3** 问题与障碍。在沟中"修连环坝稳定蓄水"这样一种简而易行的好办法，为什么现在未能大量推广？据我们了解，主要由于存在以下的问题与障碍。

(1) 基层水利部门有实际困难。修连环坝，一座小水库要修两座坝，工程投资增加一倍，由于经费和制度等限制，上报的计划很难批准。因为小水库上游这座拦泥坝，不是水利部门的任务，没有这笔经费。

(2) 水保部门的沟道坝系建设，不能稳定蓄水。目前黄委水保机构主持的沟道坝系建设，只有淤地坝和治沟骨干工程，没有小水库。淤地坝主要是拦泥淤地，不能蓄水。治沟骨干工程库容量虽大（100 万 $m^3$ 左右），但只有拦泥库容和滞洪库容，没有蓄水库容 在拦

泥库容未淤满以前，短期内可暂时蓄水利用，淤满以后就不能再蓄水。

（3）在水保部门主持的沟道坝系建设中增加小水库也遇到困难。由黄委水保部门主持的沟道坝系建设，按总体规划，在约 20万 $km^2$ 严重水土流失区内，将修建淤地坝 20 多万座，治沟骨干工程 2 万多座，由国家拨专款支持。从技术上看，在众多的拦洪拦泥坝下游，修建适量的小水库，只需在小流域坝系规划中科学地作好部署，就可顺理成章地解决。但水保主管部门也感到有困难。问题在于：沟中修小水库是水利部门的任务，如果水保部门“越俎代庖”，涉及到部门间的关系与建设经费等复杂问题，因而对此好事也只能止步不前。

（4）“两不管”状况长期继续下去，将带来严重的不良后果。首先是黄土高原数十万 $km^2$ 水土流失地区，今后沟中将永远没有稳定蓄水的小水库（因为都成了淤地坝和泥库），干旱威胁将长期制约千沟万壑中农村经济的发展。同时，沟中原有泉水露头本应修小水库的沟段，淤成坝地后，将出现严重的盐碱化，影响粮食产量，甚至不能耕种。目前，黄土高原许多地方的坝地中有 30%左右面积盐碱化，就是前车之鉴。

**3.3.4 基本对策与发展前景探讨。**

（1）由水保部门主持，与水利部门结合，协商研究，取得共识，统一规划，合作完成。在水保部门主持的沟道坝系建设规划中，以小流域为单元，淤地坝、小水库、治沟骨干工程，合理部署，统筹安排。其中关于小水库的修建问题，充分吸取水利部门的意见，但必须坚持“修连环坝，稳定蓄水”的要求。规划的实施和工程的管理使用，对库容小于 10万 $m^3$ 的小水库（塘坝）由水保部门统管；对库容大于 10万 $m^3$ 的小水库，由水利部门负责其修建与管理使用。这样小水库有了上坝拦洪拦泥的保障，可以长期稳定蓄水；淤地坝和治沟骨干工程可以在不增加任何负担情况下，继续完成其拦泥、固沟等原定任务。

（2）重点试办，稳步前进，取得经验，逐步推广。当前，黄委水保主管部门，可以在已开展的重点支流治理和试验示范区等与地方水利水保部门工作联系密切而且有国家经费支持的项目区内，重点修建“连环坝”小水库，保证稳定蓄水。进行试办，在技术上和部门关系上取得成功经验后，逐步向黄土高原各地推广。

（3）发展前景展望。根据黄委水保部门编制的总体规划，治沟骨干工程和淤地坝主要分布在约 20万 $km^2$ 的严重水土流失区。在此范围内，设想每 $10km^2$ 左右修一座小水库，单坝总库容 50万 $m^3$，其中有效库容 30万 $m^3$。这样，共可修小水库 2万座，获得总库容 100亿 $m^3$，有效库容 60亿 $m^3$，当地的暴雨径流可以满足水库蓄水的需要；2万座小水库分布在千沟万壑，可以满足当地农村生产、生活和生态用水，对促进西部大开发和实现山川秀美，将起到关键性的推动作用。

## 4. 地下水的开发利用

### 4.1 地下水资源情况

根据地矿部的研究成果，黄河流域（包括内流区）地下水资源总量 453亿 $m^3$。上游的宁、蒙平原引黄灌区，中游汾、渭河谷盆地，下游的伊洛河、汶河、金堤河流域等，地下水资源比较丰富。

### 4.2 开发利用现状

目前，黄河流域内共开发利用地下水 96.56亿 $m^3$，其中农业灌溉用水 58.73亿 $m^3$，工

业用水 22.15 亿 $m^3$，农村人畜用水 9.34 亿 $m^3$，城镇生活用水 6.35 亿 $m^3$。用水的地区分布大致情况是：上游地区 23亿 $m^3$，中游地区 54亿 $m^3$，下游地区 20亿 $m^3$。地下水利用较多的支流主要有汾河、渭河、涑水河、汶河的支流的河谷盆地。工业和城乡生活用水大部分以开采地下水为主。

**4.3 主要问题**

一些地方地下水开采过量，在城市附近形成沉降漏斗。如山西的太原、临汾、运城，陕西的西安、富平，河南的温县、孟县、濮阳等地，都因地下水开采过量，出现大面积沉降漏斗。

**4.4 基本对策**

当前主要是厉行各项节水措施，严格控制地下水开采量。从长远看，通过黄河干流及其主要支流上水资源的合理调配，兴修多年调节大型水库，以及南水北调等工程，从总体上增加地表水（河川径流）的开发利用，对已过量开采地下水地区减轻对地下水的利用程度，制止沉降漏斗的发展。

**4.5 对地下水开发潜力较大地区，仍应科学地积极进行开发利用**

如陕北风沙区，修“塑料多管井”开发利用地下水，改造碱滩地，建设高产稳产小片水地，费小效宏，值得研究推广。

## 5. 水土保持对河川径流开发利用的促进作用

水土保持各项治理措施，除直接利用降水资源和坡沟地表径流为解决当地生产、生活、生态用水服务外，还对黄河干、支流河川径流的开发利用起到积极的促进作用，主要有以下三方面。

**5.1 拦蓄暴雨径流，削减洪峰、洪量，增加常流水，有利于引用河川径流发展灌溉**

**5.1.1** 发展灌溉，企盼洪水量减少，常水量增多。黄土高原农民群众，历史上就有利用黄河支流的常水径流浇灌农田的经验，建国以后更有较大的发展。如陕北无定河流域有榆惠渠、织女渠，关中泾河、洛河、渭河有泾惠渠、洛惠渠、渭惠渠等，都是在河中修滚水坝，抬高水位，自流引水浇灌沿河两岸川地与平原地区农田，每处受益面积数万亩到数十万亩。由于黄土高原降水季节分布不均，河道中汛期洪水暴涨暴落，非汛期常水流量较小，许多地方正当春季农田需水时，河道的常水流量不能满足要求，影响了灌溉工程效益更好地发挥。解决这个问题的主要途径之一，是依靠水土保持汛期削减洪水，非汛期增加常流水。

**5.1.2** 水土保持综合治理中的沟道坝系工程能显著地削减洪水，增加常流水。由于黄土深厚，坡面梯田、林、草拦蓄的雨水就地入渗后，很难增加沟中常水流量；而沟中坝库拦蓄洪水后，通过沟床两岸和沟底渗漏，则能增加常水流量。陕北绥德韭园沟小流域，面积 70.7$km^2$，50 年代初期开始治理，到 1994年，坡面梯田、林、草等措施治理程度达 58.8%，沟中建成以淤地坝为主的各类坝库 263座，总库容 2940 多万 $m^3$，建坝密度 3.73座/$km^2$。据绥德水土保持试验站观测分析，历年减少洪水流量 60%，增加常水流量 26%。

**5.1.3** 大面积成片造林后，当树冠郁闭较好、且地面有较厚枯枝落叶层的，在减小洪水流量、增加常水流量方面，有显著作用。黄委会西峰水土保持试验站在子午岭西麓选两条邻近小流域进行对比观测。1962年汛期 6次暴雨中，无林的党家川小流域（面积 45.7$km^2$）洪

需要全本请访问 www.ertongbook.com