文章编号: 1672-3031 (2003) 04-0270-05

全国 300 个节水重点县节水灌溉技术推广应用

龚时宏[1], 高占义[1], 王晓玲[2], 董雁飞[3]
(1. 中国水利水电科学研究院 水利研究所, 北京　100044; 2. 水利部 农水司, 北京　100053; 3. 水利部 外资办, 北京　100053)

摘要: "九• 五" 期间, 全国 300 个节水重点县建设取得了显著的经济、社会、环境效益, 并有力地推动了节水技术的全面推广应用。本文总结了推广应用的 12 项节水灌溉技术及应用实绩, 包括水土资源优化配置技术、多水源优化和联合调度技术、渠道及管道高效输配水技术、高效喷灌及微灌技术、集雨节灌技术、管理技术及农艺技术等。

关键词: 节水重点县; 节水灌溉技术; 推广应用
中图分类号: S275　　文献标识码: A

针对我国农业用水日趋紧张的状况, 1996 年初中央农村工作会议决定 "九• 五" 期间国家安排贴息贷款, 用于支持节水灌溉建设。1996 年 9 月国务院正式批复 "关于大力发展节水灌溉有关问题的请示" 及 "在全国建设 300 个节水增产重点县的意见", 在水利部牵头组织实施下, 300 个节水重点县的建设取得了显著的经济、社会、环境效益, 并有力地推动了节水技术的全面推广应用。使 "九• 五" 期间节水灌溉工程面积新增 766.7 万 hm^2, 是 "八• 五" 期间完成量的 1.9 倍, 其中喷微灌面积 159.1 万 hm^2, 渠道防渗灌溉面积 423.1 万 hm^2 (防渗渠道 2.3 万 km), 管道输水灌溉面积 184.4 万 hm^2 (输水管道 13 万 km), 全国平均单位灌溉面积用水量从 1995 年的 7140m^3/hm^2 下降到 2000 年的 6585m^3/hm^2, 减少了 555m^3/hm^2, 多数地方灌溉水利用系数从 "八• 五" 末的 0.30~ 0.40 提高到 0.40 以上。在 300 个节水重点县的实施过程中, 除注重单项技术创新外, 更注重以提高水资源的利用率及利用效率、保持水土资源平衡的综合节水技术措施, 通过多项节水技术的有机组合, 发挥技术的综合优势。技术集成包括以下 12 个方面。

1　以提高水资源承载能力为基础的水土资源优化配置技术

其核心是在有限的水资源条件下通过工程措施及农业措施等, 充分提高农业用水效益及水利用率。在 300 个节水重点县的建设过程中, 研究并推广了以可持续发展为目的、水资源平衡为基础、以节水和种植结构调整为手段的水土资源优化配置技术。其技术创新突出体现在水土资源优化配置是以节水灌溉技术应用及节水管理为前提, 即建立节水灌溉条件下的水土资源平衡及优化配置。

山东省桓台县是一个纯井灌区, 在广积雨水、深耕蓄水、充分利用天然降雨的基础上通过调整作物的种植结构, 并结合渠道防渗、小畦灌溉等工程措施及选育耐旱品种、配方施肥等农业技术措施, 同时加强水资源的统一管理等, 使农业灌溉水资源得到优化配置, 灌溉水利用率达 0.85 以上, 并实现了地下水资源的采补平衡。烟台、威海、青岛、淄博、潍坊五地区, "九• 五" 期间节水灌溉工程面积从 77.8 万 hm^2 增加到 104.4 万 hm^2, 粮经作物种植比例从 6.4∶3.6 调整到 6∶4, 农业产值从 695 亿元增加到 839 亿元, 农民人均收入从 2 255 元提高到 3 436 元; 甘肃省河西走廊的武威、张掖、酒泉地区, "九• 五" 期间粮经作物种植比例从 7∶3 调整到 5.5∶4.5, 农民人均收入从 1588 元提高到2 713 元。

该项技术在我国雨水充沛的南方地区也得到有效的推广应用。如广东省蕉岭县大力推广水稻

收稿日期: 2003-06-20
作者简介: 龚时宏 (1961-), 男, 湖北天门人, 研究员, 博士, 主要从事节水灌溉理论及技术研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

“浅、湿、晒”节水技术，同时调整农业生产结构，根据不同的地形地貌、水源条件，采取不同的节水灌溉形式，从而打破了传统的以高耗水量水稻为主的单一农业结构模式，达到既减少了农业用水量，又使当地土地资源得到了充分的利用。

2　以提高降雨利用率为代表的多水源优化和联合调度技术

井渠结合是高效利用灌区水资源防治涝碱的成功技术，在我国干旱半干旱地区井渠结合有普遍的推广应用意义。井渠结合为灌区水资源的水文循环创造了必要条件，使降水得以蓄存和再利用。以灌代排，季节性调控地下水位，汛前腾空地下水库容，最大限度承纳降雨，减轻涝渍灾害。已有研究表明，在北方地区，地下水位汛前控制到 5m，在日降雨量 150mm 的条件下，基本上不出现地表径流，并且可大大减少潜水蒸发。如石家庄和德州试验站观测资料显示，地下水从 1m 降到 4m，潜水蒸发系数减少了 8 倍至 22 倍之多。山东茌平和禹城、北京廖公庄、太原等地试验站资料显示，当地下水位从 1m 降到 3m，潜水蒸发系数减少 5 倍至 15 倍之多。在蒸发强烈的北方地区，把蓄水藏于地下可大大提高降雨利用率。

黄土高原陕西省泾惠渠灌区合理调控地表水、地下水，在春灌期，采用群井汇流，井渠间灌，防止返盐；在夏灌期，以井灌为主，降低地下水位，预防渍涝；冬灌期，河水充足，渠灌洗盐。年平均开采地下水 1.1~ 1.3 亿 m^3，遏制了地下水位的上升，次生盐碱化得到控制，促进了农业增产。

3　以渠道防渗为主要内容的高效输水、配水技术

除采用普通的混凝土防渗外，300 个节水重点县进一步开展了防渗新材料的应用研究，如土工膜料、防渗预制件、保温材料、抗冻涨材料、土壤固化剂等，同时研制及推广了渠道防渗机具。其技术创新主要为新材料的使用及新工艺的推广应用。

如黑河中游的盈科灌区在渠道防渗中为保证混凝土的浇筑质量，解决预制件运输和吊装的不便，避免混凝土连续浇筑过程中对前仓混凝土的扰动破坏，施工中采用了混凝土浇筑分块跳仓施工法。同时为解决防渗的冻胀问题，采用了弧底梯形及反拱重力墙断面，实践表明这种结构形式抗冻胀效果良好。

机织模袋护坡是 20 世纪 70 年代国外兴起的一种新型混凝土护面工艺技术，其技术特点是以化纤织物制成的大面积模袋在斜坡上构成全封闭透水不漏浆模具，流动混凝土（或砂浆）在软模具内依靠压力充胀成型。形状和结构随模袋的型式而变，可以形成褥垫型不透水或带反滤排水点的刚性整体混凝土板块，也可形成锁结型非刚性混凝土块群，护坡外形整齐美观，施工机械化程度高，用工少，速度快。1997 年沈阳市浑蒲灌区总干防渗工程采取了此项技术，大大提高了防渗体的抗冻胀能力。

4　以低压管道输水为主要内容的高效输水、配水技术

4.1　筛选、完善并推广应用系列化 PVC 管及管件　低压管道输水灌溉在“七•五”、“八•五”期间得到了一定的发展，其代表管材主要为当地材料管材和一些小口径的 PVC 管。针对各种管材的实际应用状况，“九•五”期间，在 300 个重点县管道输水灌溉技术应用过程中，对各种管材进行筛选比较，确立了以 PVC 管为代表的管材开发利用，特别是中大口径 PVC 管及管件的开发和完善，为大规模发展创造了条件。

4.2　开发并推广应用较大口径的 PE 管及管件　推广 PVC 管道的同时，为进一步提高施工效率、降低管道系统投资，开发并推广应用了 Φ90~ 250mm 口径的 PE 管及管件，丰富了管灌材质的可选范围。

4.3　出水口（给水栓）的定型化和系列化开发应用　“九•五”期间，开发应用了种类繁多的出水口，如螺杆活塞式、球阀半固定式、丝盖式、地上混凝土式、自动升降式、杠杆压盖型、提升盖板

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

型、旋转圆台式、浮球移动式、翻板式、自封压开式、销钉盖板型等，增加了结构的合理性，并形成系列化、定型化生产应用。

4.4　建立管道输水的标准化体系　突出的技术特点为工程加田间沟畦规格改造相结合，单位面积管道用量不低于 90m/hm^2、畦长小于 100m[1]。

5　以发展经济作物和城郊农业、实行区域种植和规模经营为特色的喷灌技术

300 个重点县因地制宜，根据灌溉对象，重点对经济作物、城郊农业、集中连片种植区，推广使用轻小型机组、半固定喷灌、卷盘式喷灌机及自动化喷灌技术等。

轻小型机组在我国保有量较大，但存在的主要问题是柴油机组的配套性较差，系统效率较低。因此在推广使用过程中注重进一步提高机组的配套性，改进泵出口与管道的连接形式，推广使用高效自吸泵，降低整机重量，提高整机效率。同时结合生产实际开发应用了新型汽油喷灌机组，如开发的 2.94kW 汽油喷灌机组控制面积可达 3.3hm^2，4.41kW 机组控制面积达 5.33hm^2 以上。

卷盘式喷灌机是 300 个重点县喷灌技术推广中引进及国产化的一种机型，保有量数千台。其主要技术创新表现为多种机型的开发生产及应用，如钢索牵引及软管牵引、单喷头及桁架多喷头等，同时开发了多种形式水驱动装置，实现了耐磨 PE 管国产化。

6　以发展棉花、果树、设施农业、高效农业、创汇农业等为特色的微灌技术

300 个重点县对经济作物、设施农业与创汇农业普遍推广应用滴灌及微喷技术，特别以棉花膜下滴灌、设施农业滴灌及自动化微灌技术为代表。

棉花膜下滴灌其创新性表现在一次性薄壁滴灌带与覆膜栽培相结合，实现了灌溉技术与农艺技术的有机结合。一次性薄壁滴灌带的使用与作物生长季节同步，播种、铺膜、铺管等可通过机械一次性完成，从而改变了传统的农作方式并促进了农业组织形式的改变，促进了家庭农场的诞生与发展。新疆建设兵团农八师推广棉花膜下滴灌表明，可节水 47.9%，增产 14.5%。同时能够防止土壤次生盐渍化，改善土壤的通气性，使土壤肥力明显提高。

此外，自动化微灌技术在 300 个节水重点县经济作物灌溉中也得到了一定的推广应用，对提高节水灌溉自动化水平，降低灌溉劳动强度，提高作物产量起到了作用。如北京市昌平区在崔村镇大辛峰果园建立果树节水灌溉（微喷灌）自动监控系统，自动监控田间水分及果树生长状况，控制果树灌水量、灌水时间、阀门启闭等。使田间水利用率达到 90% 以上，同时调节了果园小气候，减少了果树病虫害的传播，使果品的质量、产量都有了明显提高。

7　以发展庭院经济、建设抗旱基本农田为主的集雨节灌技术

我国西北地区气候干旱少雨，多年平均降雨量为 235mm 左右，而水面蒸发量却高达 1000~2600mm，水资源总量只占全国的 8%，是世界上干旱缺水最严重的地区之一。西南地区虽气候湿润，水资源丰富，但山高坡陡、水低地高，水资源开发利用程度低，有 56% 的耕地缺水灌溉。在 300 个重点县建设过程中，在西北地区、西南石山区、东部沿海地区重点推广了集雨节灌技术。其中西南地区主要依靠天然集流，北方地区采用人工集流场或天然集流场与人工拦截措施相结合；蓄水工程形式北方地区以窖、窖、旱井为主，南方地区以水池、水窖、塘坝为主；节水灌溉的方法有坐水种、点浇、管道输水灌溉、滴灌、渗灌、喷灌及精细地面灌等，普遍采用了地膜覆盖及其它综合农业技术措施，有力地促进了农村种植结构的调整。西北及华北集雨节灌区，种植结构由传统的糜、谷等低产低效作物调整为杂交玉米、杂交高粱、豆类、果树、蔬菜等；西南地区由过去的一季玉米调整为一季玉米+一季水稻，耕作方式也由广种薄收的粗放经营变为良种良法的精种高产，从而促进了生态环境建设。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

8　以出苗、保苗为目的的抗旱点浇技术和行走式注水、补水技术

点浇技术也称点灌、即在春耕时为了保全苗，采用机械或畜力水箱、水袋拉水，在播种时进行点灌，以解春旱的灌水方法。这种方法费用低，简单易行，用水量少（用水量仅75~ 150m^3/hm^2），是一种有效的节水增产方式。“九•五”期间，该项技术在黑龙江、辽宁、吉林等地得到普遍推广应用，特别与农机结合，具有较强的生命力。如吉林省乾安县推广了2种行走式机具，一种是牵引式单体播种机，一次可完成开沟、浇水、下种、施肥、合垄；一种是侧向补水机，在作物苗期一次性完成侧向开沟、浇水、覆土。推广表明通过机械坐水种，出苗率高，且苗齐、苗壮。与人工坐水种相比可增产粮食450~ 750kg/hm^2，苗期一次灌水60m^3/hm^2，可维持幼苗生长20~ 30d，连续灌溉2次，就可维持到6月中下旬多雨天气的来临。

9　以“浅、薄、湿、晒”灌溉[2]等为代表的水稻节水灌溉技术

我国南方及北方的一些水稻灌区大力推广了水稻节水灌溉技术，包括水稻的“浅、薄、湿、晒”灌溉技术、水稻薄露灌溉技术等。如太湖稻区绝大部分为老稻区，“九•五”期间通过试验、筛选，重点推广了浅湿灌溉技术。实测资料表明，浅湿灌溉比常规的浅水灌溉渗漏量平均减少25%左右。据常熟水科所实测，浅湿勤灌抽穗以后的叶面蒸腾强度为204~ 310g/hm^2，比浅水勤灌减少12%~19%，棵间蒸发在总耗水量中所占比例较小，日均蒸发强度在1~ 2mm，尤其在浅湿灌溉情况下，大部分时间处于湿润状态，水面蒸发被土壤蒸发所取代，蒸发速率比水面蒸发降低5%~ 8%，在生育后期植株叶面荫蔽程度亦优于常规灌溉，降低了棵间蒸发。

10　以用水计量和信息处理为基础的灌溉用水管理技术

灌区量水作为节水灌溉和灌区科学管理的基本手段，正日益受到人们的重视。我国地域辽阔，灌溉面积居世界之首，灌区量水工作面大量广。因此，对量水设备的性能加以研究比较，研制出一些经济适用的技术和设备加以推广，是当前灌区量水工作应迫切注意的问题。300个重点县从立项开始，注重选择及推广灌区量水，开发新型测控设备及管理软件。如天津塘沽区研制安装了高标准稻田遥测计量系统[3]，该系统设中心站、子站，遥测计量系统能够自动得出各渠道的瞬时流量、累积流量，按操作人员指令显示、打印，完成对渠道流量遥测计量。实现了微机遥测计量和分析，为按方收取水费提供了技术支持。同时，最大限度地发挥了渠道输水能力，缩短了轮灌时间，节约了水源。

11　以覆盖保墒、配方施肥等为代表的农艺、化控节水技术

除工程措施外，300个节水重点县的建设同时注重农艺节水技术的推广应用，推广的主要技术包括覆盖保墒、作物蒸腾抑制、土壤保水、配方施肥等。(1) 覆盖保墒技术：主要推广了秸杆覆盖、地膜覆盖技术。如河北省推广秸杆覆盖表明冬小麦水分生产率可提高20%以上、夏玉米提高14%以上，河南清丰推广秸杆覆盖表明土壤0~ 20cm的孔隙度提高2.7%~ 4.0%，改善了土壤性状，加大了土壤蓄水能力[4]。(2) 作物蒸腾抑制技术：主要推广应用FA旱地龙。FA旱地龙含有植物所需的多种营养元素和16种氨基酸，是一种集抗旱、营养功能于一身的高科技产品，被水利部推荐或指定在全国20多个省（市、区）推广。(3) 土壤保水技术：主要推广深翻耕、深松耕等农业技术措施及施用保水剂等生物技术措施。推广表明深翻耕等可打破犁底层，使土壤容重降低0.1~ 0.2g/cm^3，孔隙度增加3%~ 5%，土壤持水量增加2%~ 7%，既增加了蓄水量，也有利于作物根系生长。(4) 配方施肥技术：配方施肥不仅增加土壤养分，而且可促进微生物活动，实现土、水、肥相互交融，提高土壤的保

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

肥、供肥、保水能力。因此 300 个重点县积极推广配方施肥，具体是增施有机肥、科学施用化肥，在有机肥较少的示范区推广非腐解有机物（秸秆）还田，结合轮作倒茬培肥地力等，从而提高了土壤水分利用效率。

12　改进地面灌水技术

地面灌溉历史悠久，由于其投资少、耗能低、工程及设备简单、技术容易掌握，是世界各国广泛采用的灌溉方式。目前我国地面灌溉占灌溉总面积的 95% 以上，在今后相当长的时期内地面灌溉仍将是我国的主要灌溉方式。只要采用合理的灌溉及配套技术并加强管理，其田间水利用率可以达到 70% 以上[5]。因此，“九•五”期间重点改进灌水沟畦规格，推进小畦灌溉及宽行作物沟灌。如河南省内黄县在管道输水灌溉工程建设的基础上，为进一步提高田间水利用率，对田间全部实行小畦改造，畦宽 1~ 1.5m，畦长 30~ 50m。山东桓台结合土壤特点，田间灌溉采用窄短畦，将畦长由原来的 70~ 100m 改为 40m 左右、将畦宽由 2.2m 改为 1.55~ 1.65m。同时，注重土地平整并结合其它农艺措施，使灌溉水利用率得到了大幅度提高。

综上所述，“九•五”期间，300 个重点县根据各自特点，对各项节水技术进行了集成应用，取得了良好的经济及社会效益，随着节水型社会的普及，节水灌溉将会得到更大的发展。

参　考　文　献：

[1]　水利部农村水利司．节水灌溉技术规范（SL207－98）[M]．北京：中国水利水电出版社，1998.
[2]　水利部农村水利司．水稻节水灌溉技术 [M]．北京：中国水利水电出版社，1998.
[3]　天津市水利局．建设流量遥测计量节水示范区促进农业计量收费模式早实现，节水灌溉－“九五”回顾 [R]．北京：水利部农村水利司，2001.
[4]　康绍忠，蔡焕杰．农业水管理学 [M]．北京：中国农业出版社，1996.
[5]　许迪，蔡林根，王少丽，等．农业持续发展的农田水土管理研究 [M]．北京：中国水利水电出版社，2000.

Extension of water-saving irrigation technologies in 300 national key water-saving counties

GONG Shi-hong[1], GAO Zhan-yi[1], WANG Xiao-ling[2], DONG Yan-fei[3]
(1. *Department of Irrigation and Drainage, IWHR, Beijing* 100044, *China*;
2. *Department of Irrigation, Drainage and Rural Water Supply, Ministry of Water Resources, Beijing* 100053, *China*;
3. *Department of International Cooperation, Science and Technology, Ministry of Water Resources, Beijing* 100053, *China*)

Abstract: Significant economic, social and ecological benefits were obtained by means of constructions of 300 national key water-saving countries during the period of the Ninth Five-Year Plan. The constructions promoted a nation-wide extension of water-saving technologies. This paper summarized 12 water-saving technologies used in the construction, including optimal deployment of water and land sources, optimal and unified uses of various water sources, efficient water conveying technology through pipes and canals, sprinkler and micro-irrigation technology, rainwater harvest technology, management technology and agronomic technology, etc.

Key words: national key water-saving counties; water-saving irrigation technologies; extension

（责任编辑：吕 斌秀）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net