

# 灌区快速评估方法及其应用

董 斌<sup>1</sup>,张学会<sup>2</sup>,张笑天<sup>3</sup>

(1. 水资源与水电工程国家重点实验室 武汉大学,武汉 430072;2. 山西夹马口引黄管理局,山西 运城 044100;  
3. 湖北漳河工程管理局,湖北 荆门 448156)

**摘 要:**灌区快速评估方法 RAP (Rapid Appraisal Process) 是由美国加利福尼亚州立理工大学灌溉培训和研究中心 (ITRC-CalPoly) 研究开发完成的一整套灌溉系统评价方法。该评估方法不是仅对单个建筑物的检查,而是对整个运行过程进行综合检查。在短短 1~2 周时间内,就能为灌区进行现代化改造而应采取的行动提供足够的信息,是一种非常有价值的灌区评价工具,在世界很多国家推广应用。详细介绍了灌溉系统快速评估方法的内容、指标体系和标准工作表格,并在湖北漳河灌区和山西夹马口灌区进行了运用。评估结果能较好地反映两个灌区在工程管理、运行管理、组织管理和经营管理中存在的不足和问题,为灌区的现代化规划和具体措施的制定提供依据。

**关键词:**灌溉管理;评估指标;评估方法;漳河灌区;夹马口灌区

**中图分类号:** S274.3 **文献标识码:** A

目前,灌区评价方法较多,国内如茆智教授最早提出了一套比较全面的灌区性能评价指标<sup>[1]</sup>,罗金耀教授等提出了定性定量指标结合的节水灌溉工程综合评价理论、指标与模型<sup>[2]</sup>。国外诸多机构(联合国粮农组织、国际水稻研究所等)早在 20 世纪 70 年代就开展了灌溉系统性能评价的研究工作,Small 等提出了灌溉运行评估框架<sup>[3]</sup>,Molden 等确定了灌区性能评估的 9 个评价指标并对 18 个灌区进行了比较分析<sup>[4]</sup>,Malano 等编制了一套关于灌溉排水部门综合评价的运行指南并在世界上很多国家进行了应用<sup>[5]</sup>。但这些方法各有其优点和不足之处。其中存在的问题有,一是很多指标不能准确量化,仅是估计计算;二是收集数据很困难,耗用的时间过长;三是在运用的过程中数学计算过于复杂,导致工程运行人员难以理解和掌握;四是不能提供具体的建议该在哪些方面进行改进以及如何改进,对工程的管理与运行状况缺乏必要的指导作用。

然而,由联合国粮农组织 (FAO) 和世界银行 (WB) 资助,美国加利福尼亚理工大学灌溉培训和研究中心 (ITRC-CalPoly) 开发完成的一套灌溉系统评价方法——灌区快速评估方法 RAP (Rapid Appraisal Process)<sup>[6]</sup>,在很大程度上克服了以往灌区评估方法中存在的不足。快速评估方法 RAP 中的 R 表示快速,评估时间仅为 1~2 周;A 是指评估的内容涵盖技术、管理、社会经济、机构、硬件软件并结合数据资料、专家现场观察、田间采访用户;P 是指整个评估过程和术语的系统化、标准化,是对灌区运行绩效的整体评价。

收稿日期:2009-11-23

作者简介:董 斌(1969-),男,副教授,主要从事节水灌溉和农田水环境修复的研究。

灌区快速评估方法 RAP 与其他评估方法相比,其显著的特点是在评估理念上的转变,引入“灌溉现代化”(Irrigation Modernization) 概念,从单纯的灌区修复、改造、配套转向提高设施运行状况、改进现有设施的管理和改善向用水户提供的服务三者相结合。快速评估的结果一方面有助于评估人员了解工程的节水潜力、工程运行、管理、资源和硬件建设中存在的主要问题以及为改善系统运行而应该采取的具体的现代化行动,另一方面可为将来实现了现代化后的系统运行效果对比提供基准(纵向对比)或与其他类似灌溉系统进行比较(横向对比)。目前,灌区快速评估方法 RAP 已在世界 16 个国家试行和应用,其中泰国、马来西亚等国将该方法作为灌溉培训的重要内容 and 项目评估的主要工具。中国已与粮农组织 (FAO) 和世界银行 (WB) 合作正式引进该评估方法并计划在大中型灌区改造中逐步推广应用<sup>[7]</sup>。

## 1 灌区快速评估方法

### 1.1 灌区快速评估的指标体系

快速评估方法的指标体系包括外部指标和内部指标。外部指标描述灌区运行的总体情况,侧重于整个系统水量平衡的计算和分析,包含与工程预算、用水量、产量相关的效率指标。内部指标反映系统如何准确运行以及与整个系统的水控制有关的关键因素,确定向各级渠道和用水户提供的服务水平、评价水的控制和输送过程中所使用的硬件设施、管理技术和方法及其过程等。

外部指标中的一些关键参数能表明灌区是否可以通过改进水管理来实现节水和改善环境,但对如何改进系统运行没有给予指导或指导很少。而内部指标正好弥补了外部指标的不足。

足。设置的内部指标一方面可以了解灌溉工程所使用的运行的程序和硬件设施中采用的方法以及灌溉工程的输配水服务水平,另一方面可以帮助评估人员制定现代化行动计划(即具体的系统改进方案),并最终对外部指标进行改进。因此,内部指标是灌区实现现代化目标的关键性指标,是评价供水质量、确定工程改造、改善水量控制的关键因素。

1.2 外部指标

外部指标主要包括有效灌溉面积范围内的外部和内部水源、输配到用水户的灌溉水量、净灌溉需水量以及灌水效率和输水能力指标;复种指数、外部和内部灌溉供水量、总供水量、净灌溉需水量、田间灌水效率、渠道相对输水能力和渠道实际相对流量。

由于在测量或评估过程中不可避免地会产生一定的误差或不确定性,从而导致不能准确地知道用来计算如“灌溉效率”等指标所需的水量的真实值或正确值。所以,需要根据测量或计算的结果对这些水量进行估计,赋以置信区间,以表明在收集资料和计算的过程中存在一些不确定因素。

1.3 内部指标

内部指标包括灌区管理机构、灌区职员、用水户协会、干渠、支渠、斗渠、农渠共 7 个方面的内容。在每个内容中设置相关的主指标和子指标(见表 1),每个子指标都被赋以权重系数,且每个子指标赋以 0 - 4 的值(0 表示最差的或最不需要的,4 表示最好的或最需要的)。根据子指标评估结果,主指标由各子指标的权重系数计算得出。最后,根据这七个方面的内容汇总得出快速评估的内部指标。

表 1 快速评估中的评估内容以及相关的主指标和子指标

评估内容	主指标名称	子指标名称
服务和 社会 秩序*	向农户或用水户协会提供的实际供水服务	水量量测、灵活性、可靠性、公正性
	管理部门规定向农户或用水户协会提供的服务	水量量测、灵活性、可靠性、公正性
	灌区职员操作的末级配水点处的实际供水服务	此点下游灌溉田块数量、水量量测、灵活性、可靠性、公正性
	灌区职员操作的末级配水点处规定的供水服务	此点下游灌溉田块数量、水量量测、灵活性、可靠性、公正性
	干渠向支渠实际提供的供水服务	灵活性、可靠性、公正性、流量控制
	管理部门规定的干渠向支渠提供的供水服务	灵活性、可靠性、公正性、流量控制
	由灌区职员管理的渠系中社会“秩序”状况	遵守取水制度的程度、是否未经授权从渠道分水、是否存在故意破坏水利设施行为
干、支、斗渠	干、支、斗渠节制闸	操作难易程度、维护水平、水位变动情况、本级渠道流量变化所需的运移时间
	干、支、斗渠分水闸	操作难易程度、维护水平、过流能力定位及数量的适宜性、运行效率、蓄水容量/调节容量的适宜性、维护水平
	干、支、斗渠上的调节水库	

续表 1 快速评估中的评估内容以及相关的主指标和子指标

评估内容	主指标名称	子指标名称	
干、支、斗渠	干、支、斗渠的通讯状况	与上、下级沟通的时间间隔、设施的可靠性、溢流点远程监测、沿渠道道路的可用性 维护水平、渗漏情况、维护渠道的设备和人员的可用性、维护中路上所需最长时间	
	干、支、斗渠的基本情况	对反馈信息的反应时间、输水与实际需水的吻合和输水效率、指令的准确性、整条渠道检查的时间间隔并向管理机构汇报	
	干、支、斗渠的运行情况		
工程预算	工程预算	征收的水费占工程运行和维护费的比例、现状条件下能否维持系统的运行和维修、用于现代化改造的资金充足程度	
	工程预算、职员、用水户协会	灌区职员	培训、权利、解雇、奖励、工资
		用水户协会	财力、地位、配水能力、配水比例
以上未计算的有关指标	运行管理员的机动性和工作效率	管理员数量与分水闸数量的比值	
	计算机用于制定渠道运行制度和记录管理	计算机在制定运行制度和记录管理的范围	
	计算机用于渠道控制	用于渠道流量控制的范围	
不具有 0 - 4 级别值的特别指标	向供水单元提供输配水服务的能力	水量测量和控制、灵活性、可靠性	
	支持有压管道灌溉需要采取的措施	供水程序和供水管理、硬件改造	
	接收和使用反馈信息的情况	对主要监测点流量信息的反馈和使用情况	
分水闸密度	分水闸密度	灌区职员操作的分水闸下游用水户数量	
	不具有分水闸/运行管理员	灌区职员操作的分水闸数量/操作职员数量	
	干渠提供服务水平的差异	实际提供的服务水平 / 陈述提供的服务水平	
支渠提供服务水平的差异	支渠提供服务水平的差异	实际提供的服务水平 / 陈述提供的服务水平	
	田间提供服务水平的差异	实际提供的服务水平 / 陈述提供的服务水平	

\* 农渠和灌区管理机构中的相关内容并入此部分; \*\* 灌区管理机构中的相关内容并入“工程预算”中。

1.4 快速评估的标准工作表( EXCEL 表格)

快速评估中外部指标中水平衡数据和效率计算、内部指标中子指标的评估内容、评价标准、权重系数以及主指标等全部内容都集中在一套标准的 EXCEL 工作表中。标准的 EXCEL 工作表中含有 10 个电子表格:输入 - 水平衡资料、外部指标、灌区管理机构、灌区职员、用水户协会、干渠、支渠、斗渠、农渠和内部指标。输入相关的评估数据后,该标准工作表将自动计算出外部指标和内部指标的数值。

## 2 快速评估方法的应用

### 2.1 应用的步骤

快速评估方法的应用一般分为三个步骤,即评估人员的培训、田间调查、评估结果分析以及灌区现代化改造方案设计。合格的评估人员是成功使用快速评估方法的重要因素,因此,在开始评估之前,要对评估人员进行充分的培训,包括灌溉和快速评估技术方面的培训,时间为5~7天。田间调查一般按灌区管理机构、用水户协会、干渠、支渠、斗渠和农渠的次序对灌区进行逐级考察。由于灌区渠道较多,选择哪条渠道进行考察是评估人员面临的一个挑战。通常是从运行、硬件设施、维护水平都很相似的同级别的渠道中选择一条。渠道考察要求评估人员必须从水源开始,一直走到渠道下游末端。虽然不必对每一个建筑物都要进行分析,但是评估人员必须沿着整个渠道检查一些关键的建筑物,多拍照片,多记笔记;同时还要求评估人员与具体建筑物的操作人员进行交谈,查看记录,了解操作人员对运行操作的认识,因为快速评估不是仅对某个单独的建筑物进行检查,而是对工程的整个运行过程进行的综合检查,其中的建筑物只是行使一定功能的灌溉系统的组成部分。田间调查完成后,将所有评估结果输入标准 EXCEL 工作表中相应栏目,计算出关键的内部指标和外部指标;然后比较不同小组同一评估内容的分值,若有差异需经各小组成员充分辩论后确定该项的最终评估分值并完成对整个灌区的评估结果。随后,重点分析评价结果中的内部指标,找出灌区在各方面存在的问题和不足,依照存在问题的轻重缓急、改造资金的多少并结合灌区的规划等,制订灌区现代化改造方案(短、中和长期),确定灌区现代化改造具体措施的优先次序。

### 2.2 快速评估方法在灌区的应用和结果

根据国家水利部的安排,由联合国粮食与农业组织的官员和专家于2006年5月9~12日在湖北荆门对来自国内的灌溉专家、漳河灌区和山西夹马口灌区的技术人员进行了快速评估内容的培训,随后分别于13~17日和20~24日完成了对位于长江流域的漳河灌区和位于黄河流域的夹马口灌区的快速评估工作。

快速评估的外部指标侧重于灌区水量平衡的分析,主要指标有输配水效率、灌溉效率,根据两个灌区2005年数据计算的指标值见表2。而内部指标是评价供水质量、确定工程改造、改善水量控制的关键因素。两个灌区主要内部指标的评估结果见表3和表4。评估指标赋以0~4的值(0表示最差的或最不需要的,4表示最好的或最需要的)。

从快速评估的外部指标计算结果看,由于夹马口灌区地处黄河流域,水资源缺乏,骨干渠道衬砌多,故输配水效率较高;主要灌溉作物为旱作物,其灌溉效率与漳河灌区的水稻相比略低。总体而言,与同类型灌区相比,漳河灌区和夹马口灌区在

表2 漳河灌区和夹马口灌区外部指标计算结果(2005年数据)

外部指标名称	计算值	
	漳河灌区	夹马口灌区
输配水效率	0.65	0.78
灌溉效率	0.64	0.61

表3 漳河灌区、夹马口灌区供水服务、预算、职工和用水户协会评估结果

指标名称	评估值(0~4)	
	漳河灌区	夹马口灌区
灌区向农户实际提供的输水服务	1.8	3.1
由灌区人员操作的系统最下游点处实际提供的输水服务	2.8	3.1
干渠向支渠实际提供的输水服务	3.2	3.2
灌区预算、水费回收与执行	2.8	3.2
职工培训、奖惩及工资状况	1.8	2.3
用水户协会状况及影响	2.2	2.9

表4 漳河灌区、夹马口灌区渠道评估结果

指标名称	干渠		支渠		斗渠	
	漳河	夹马口	漳河	夹马口	漳河	夹马口
	灌区	灌区	灌区	灌区	灌区	灌区
节制闸运行与维护	2.1	1.4	1.5	3.4	1.1	1.1
分水闸运行与维护	2.7	3.7	2.7	3.7	0	0
调节水库运行与维护	3.3	0	0	0	2.0	0
通讯设施与沟通质量	2.4	3.3	3.0	3.3	2.7	3.2
渠道概况与维护	2.0	3.2	3.0	3.2	1.9	2.8
运行调度与调节	3.5	3.2	3.5	3.6	3.0	3.3

输配水效率和灌溉效率的数值上均较高。

表3中的外部指标评估结果表明,夹马口灌区向用水户提供的输配水服务水平高,管理制度完善,水费回收率高,职工认识明确服务意识较强,农民用水协会在用水管理中发挥了积极的作用。相比而言,漳河灌区在以上各方面略逊一些,而且在向农户实际提供的输水服务、职工培训、奖惩及工资状况方面较一般。

表4灌区渠道评估结果表明,漳河灌区和夹马口灌区渠道水工建筑物等硬件设施维护质量较高,信息化系统建设水平亦较高,运行调度合理,而漳河灌区由于灌溉面积大,渠线长,与夹马口灌区相比稍差。除漳河灌区干渠和斗渠上有水量调节设施外,总体上两个灌区由于输配水渠道及其配套建筑物缺乏(如调节水库、斗渠分水闸)或设备老化运行可靠性差(如干、斗渠节制闸),一方面导致部分渠道渗漏严重、存在输水安全隐患,另一方面制约了输配水的灵活性、可靠性的进一步提高。

快速评估综合评价结果说明漳河灌区和夹马口灌区管理制度完善,管理人员素质较高,在有限的工程设施条件下,最大限度地为灌区农民提供了较好的服务。灌区整体灌溉效率、灌溉水利利用系数、灌溉水分生产率较高,灌溉效益明显。灌区管理部门与农民用水组织协作密切,水费征收率高。近年来实施的灌区节水改造项目效果显著。目前灌区存在的问题是干支渠配套建筑物缺乏影响了输配水调度实施和管理效益的发挥,而斗农渠道衬砌差,输水效率低且缺少建筑物配套、整体维护差。这需要各级政府加大对灌区基础设施建设的投入。用水户协会存在的普遍问题是经济自立能力弱、管理人员素质有待提高且用水户参与程度有待进一步提高。

快速评估中各项内部和外部指标的完成只是整个快速评

估的一部分,下一步需要分析评价结果,找出灌区在哪些方面存在缺陷并进行灌区现代化改造方案的设计。现代化改造的总体目标是通过短期方案、中期方案、长期方案逐步改善灌区的运行管理水平,提高灌溉服务质量,促使灌区可持续发展,最终实现灌溉现代化。由于现代化改造方案设计需要的数据和材料较多而本文篇幅有限,故此省略。

### 3 结 语

灌区评价是随着国家对灌区进行续建配套与节水改造而发展起来的新兴研究领域,其目的是科学评价灌区现状与存在的问题,为灌区改造的资金分配和灌区改造的先后顺序提供指导方向,将有限的资金用于迫切需要改造的灌区及综合效益较高的项目。

快速评估方法在我国南方典型水稻灌区和北方典型旱作灌区的应用表明:该套评估方法和相应的评估指标能较好地反映灌区在工程管理、运行管理、组织管理和经营管理中存在的不足和问题,采用定性和定量评价相结合,是对灌区现状进行分析和判断的科学的方法。但考虑到我国地域辽阔、气候地理、经济发展等条件差异大,快速评估方法中也有些指标目前还不适合我国实际情况,也有一些不完善的地方,比如环境指标中的很多数据在我国灌区无监测,还如黄河流域的引黄提水灌区,取水枢纽工程是泵站,而在这个评价体系中并没有得到体现,无法对泵站进行评价。这就要求我们对快速评价系统进行必要的修改和充实,以适合我国的灌区评价工作。

快速评估的现状评估结果能快速地确定灌区需要改造和改善的关键地方,帮助评估人员和管理人员正确了解和认识灌区的节水潜力和提高为农民服务水平方向所在,为制定现代

化目标和具体措施提供依据。同时,也可用来确定对不同灌溉工程投资的优先次序,以及确定各个灌溉工程现代化改造具体措施的优先次序,对改善灌区的运行管理水平,提高灌溉服务质量,加快我国灌区现代化改造具有重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] Mao Zhi. Identification of cause of poor performance of a typical large-sized irrigation scheme in south China. Asian Regional Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Scheme [M]. Published by Hydraulic Research. Wallingford, England; Asian Development Bank and National Irrigation Administration of the Philippines. 1989.
- [2] 罗金耀, 陈大雕, 王富庆. 节水灌溉综合评价理论与模型研究 [J]. 节水灌溉, 2004, (4): 1 - 5.
- [3] Small L E, Svendsen M. A framework for assessing irrigation performance [R]. International Food Policy Research Institute Working papers on Irrigation Performance No. 1. Washington D. C.: International Food Policy Research Institute. 1992.
- [4] Molden D, Sakthivadivel R, Perry J, et al. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report 20 [R]. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 1998.
- [5] Malano H, Burton M. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector [J]. Knowledge Synthesis Report No. 5. IPTRID-FAO, Rome. 2001.
- [6] Burt C M. Rapid Appraisal Process and Benchmarking [M]. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California, USA. 2001.
- [7] 中国灌溉排水发展中心, 世界银行学院编著. 灌溉现代化理念与灌区快速评估方法 [M]. 北京: 中国水利出版社, 2007.

(上接第 40 页)

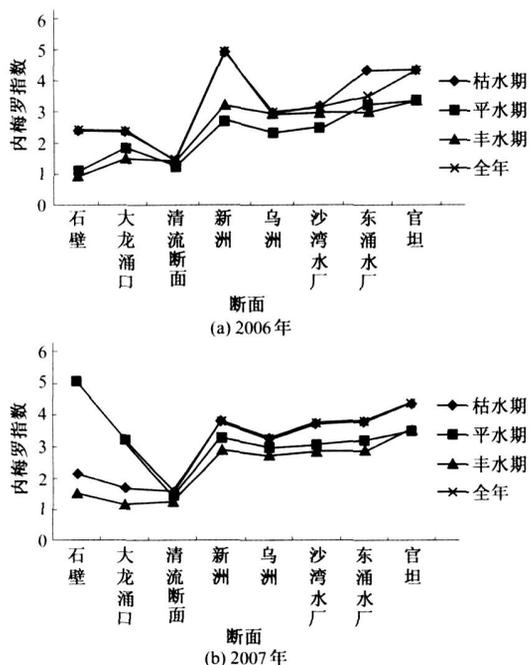


图 7 2006 - 2007 年市桥河流域各断面各水期内梅罗污染指数变化曲线

### 5 结 语

(1) 市桥河流域表现出以有机类 (COD、BOD<sub>5</sub> 等)、营养类 (NH<sub>3</sub>-N、TP) 污染为主的典型特征,与居民生活污水和企业员工生活污水为主的污染源特征相吻合。

(2) 市桥河流域中游断面由于接纳了该流域各镇街的大量废水,水质最差。

(3) 根据对市桥河流域污染源的统计调查,该流域电镀、印染洗水等重污染、高耗水行业和劳动密集型行业比重大,产业链关联性小且布局分散、档次低,废水排放量较大。总的来说,该流域产业格局型和结构型污染比较突出,故产业结构调整是该流域水污染整治工作的重中之重。

(4) 从总体上看,市桥河流域水污染程度逐年加重,水环境保护的前景十分严峻,开展水环境综合整治已迫在眉睫。

#### 参考文献:

- [1] GB3838-2002, 地表水环境质量标准 [S].
- [2] 陈润羊, 花明, 涂安国. 长江流域水质评价的几种方法 [J]. 东华理工大学学报 (自然科学版), 2008, 31 (2): 146 - 151.
- [3] 李建军, 冯慕华, 喻龙. 辽东湾浅水区水环境质量现状评价 [J]. 海洋环境科学, 2001, 20 (3): 42 - 45.