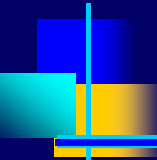


对中国特色农田水利现代化的几点认识

武汉大学水利水电学院

茆 智

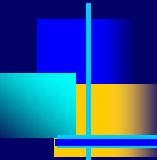
2011年4月



长期以来，党中央和国务院一贯强调要积极发展现代化农业。

《第十二个五年规划纲要》指出：“要加快发展现代化农业，坚持走中国特色的农业现代化道路”。

《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》（2011年中央1号文件）指出：“水利是现代化农业建设不可或缺的首要条件”。“要把农田水利作为农村基础设施建设的首要任务”。“努力走出一条中国特色的水利现代化道路”。



农田水利现代化是水利现代化的重要组成部分，是农业现代化的基础，要实现中国特色的农业现代化和水利现代化，首要的是实现中国特色农田水利现代化。

农田水利建设、管理、发挥效益主要在灌区，实现中国特色农田水利现代化，主要在于实现中国特色的灌区现代化。

1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

1-1 中国特色现代化灌区的特征

要具有五种特征:

(1) 民生灌区

1号文件对水利改革发展的首要基本原则是：“**坚持民生优先。着力解决群众最关心最直接最现实的水利问题，推动民生水利新发展**”。因此，现代化灌区必须首先是民生灌区。要做到：

- 安全：能防洪、涝、渍、潮灾害；避免工程本身造成的灾难
- 富裕：持续高产、高效，贫困→小康→富裕
- 健康、卫生、舒适：首要保障饮水安全

(2) 节水灌区

因地制宜地采用各类节水措施









1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

(3) 绿色灌区

是现代化灌区的重要特征，是灌区可持续发展的保证，主要是保护生态系统。 1号文件提出“水是生态之基”，并在全面加快水利基础设施建设中列出专条说明要搞好水土保持和水生态保护。

在灌区水生态方面做到防污、减污；灌区供水与用水、地下水位、盐分进与出达到动态平衡；生活、生态、生产用水之间动态平衡；保护湿地、草地、林地等。

(4) 数字灌区

广泛采用高科技，建立现代化信息管理系统，有优化配水的手段与能力，高劳动生产率

1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

(5) 和谐灌区

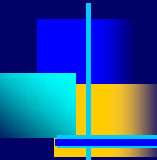
人和水和谐：以上的四种特征均有利于人水和谐

人和人和谐：农民可以得到优质供水服务：三项标准（供水的可靠性、公平性、灵活性）

为此，在组织管理方面，要做到：

- 有符合国情、行之有效的管理体制、组织与良性运行机制以及科学的决策程序，有合理的水价体系与征收办法；能做到依法管水，科学管水。
- 有一支素质较高的管理队伍，建立比较完善的灌排技术服务与推广体系。

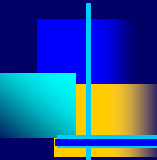
中国特色现代化灌区，实际上可以称为“**现代化节水型生态灌区**”。



1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

1-2 目标的调整

- (1) 对于田间灌排技术，从仅仅以高产、节水为主的目标，调整为高产、节水、提高肥效与保护、改善水环境相结合，达到持续高产、节水、增效、防污、减污综合的目的。
 - (2) 对于灌排系统，从输配水（灌溉渠系）和将多余的地表、地下水排除、控制地下水位（排水沟系）的目标，调整为兼顾防污、降污。亦即从只考虑输送水量，转变到兼顾水质的改善。
-



1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

1-3 国际上确定的现代化灌区的概念

现代化灌区——实行灌溉现代化的灌区。联合国粮农组织对灌溉现代化的定义是：

“与体制、制度改革相结合，在技术上与管理上改进与提高灌溉系统的过程；其目标是改进对劳动力资源、水资源、经济资源和环境资源的利用，以及改进对农民的配水服务”

1. 中国特色现代化灌区的特征和含义

对于实现灌溉现代化，国际会议与国际机构（世行、FAO、ICID、IMMI等）提出了基本观点：

（1）灌溉系统必须符合农民的需要——灌溉工程是服务于农民的，为了提高农业生产水平，重要的一条是改进或完善对农民的配水服务，配水应具有可靠性、公平性与灵活性；

（2）水量损失小，能防止水污染，环境、生态系统良好；

（3）不仅是工程方面的变化，而且也是管理方面的变化，既包括硬件（工程、设施等）方面的改变，也包括软件（理念、管理等）方面的改变；

（4）并非意味只需要复杂的设备和软件，而是需要为了达到其目标所需的恰当和适用的知识与设施，并真正应用这些知识与设施。

1-4 国际上现代化灌区评估指标体系

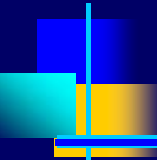
世行提出三大类42个指标，对我们仍然适用。各地、各灌区针对当地实情可提出不同的评估指标，但均应包含此三大类。

第一大类：工程及水量方面指标—共19个

第二大类：管理及财务、经济方面指标—共15个

第三大类：环境及生态方面指标—共8个

环境、生态指标	
1	灌溉水的平均盐碱度 (g/L)
2	排出水的平均盐碱度 (g/L)
3	灌溉水的平均生化耗氧量 (BOD) (mg/L)
4	排出水的平均生化耗氧量 (BOD) (mg/L)
5	灌溉水的平均化学需氧量 (COD) (mg/L)
6	排出水的平均化学需氧量 (COD) (mg/L)
7	浅层地下水的平均埋深 (m)
8	过去5年浅层地下水埋深的变化 (m) (+、-表示上升、下降)



2 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

除了我国已采用的灌区节水更新改造措施外，为防止、消减灌区的水污染，保护生态环境，宜采用以下两套措施。

- (1) 能同时减少随农田排水带走污染物数量的田间节水灌溉与控制排水措施。
 - (2) 构建灌排沟渠—小型湿地综合系统。
-

2. 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

2-1 采用两套措施的必要性与紧迫性

2-1-1 近年来灌区出现的新问题—农业面源污染严重

(1) 过量施化肥

世界平均用量: $116\text{kg}/\text{hm}^2$ 世界设置施用上限: $225\text{kg}/\text{hm}^2$

我国平均: $380\text{kg}/\text{hm}^2$ (世界平均水平的3.3倍, 为上限的1.7倍)

利用率只达30%左右 (发达国家60%~70%)

(2) 过量使用农药 (特别是高毒性农药)

全国平均施用农药量从1980年到2000年上升4倍。近年来, 每年农药施用量更以10%递速递增。一些高产地区, 为世界平均值的3~4倍。

(3) 畜禽粪便污染日益严重

我国当前每年畜禽粪便达25亿吨, 摊到18亿亩农田上, 平均每亩1.4吨, 而且还在逐年上升。大量排入水体, 导致江、河、湖、库、和近海富营养化, 而且其中各种病原体、病毒引发流行病。

2. 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

2-1-2 农业面源污染后果

(1) 严重污染水体

七大水系江河检测400多个断面，至今脏的、特脏的占50%~60%；湖泊、水库（25个）占60%~70%。

大面积地下水水质被污染

来自农业面源污染的贡献率：总氮占57%，总磷占67%

(2) 污染土壤

长期过量施化肥，特别是氮肥，结果土壤板结，肥力下降，产量和产品质量下降。

(3) 污染大气

田间不合理的施肥、施药与灌水，加重大气污染

氮（氨）挥发量可占到总施入量1/3左右。温室气体（甲烷等）排放量巨大。

2. 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

(4) 影响农产品安全质量

频繁过量施氮肥，粮食、蔬菜中硝酸盐超标。过量施磷肥，氟、镉、砷超标。

我国叶菜类蔬菜60%~70%品种硝酸盐和砷超标世界卫生组织规定标准的120%。

农药的影响更严重。检测50多类蔬菜，抽样近4000个，农药残留严重超标的近10%。

(5) 严重危害人体健康

- ① 恶性肿瘤发病率持续升高；
- ② 肠道传染病的流行加重；
- ③ 初生儿发生缺陷的比率提高。

2. 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

2-2 节水灌溉与灌排系统的问题

- (1) 田间节水灌溉着重解决高产节水问题，未同时考虑防污、减污与提高肥效问题。
- (2) 灌排系统只具备取得、输送、分配、浇灌水量的功能，不具备改善水质（防污、减污的功能）。

以上两方面问题，均是只考虑了水量，未考虑水质。

2. 构建中国特色现代化灌区两套具体措施

2-3 解决问题的途径

农业面源污染尚未得到根本的控制，它已成为：“影响进入小康社会的瓶颈”，“阻碍社会、经济、可持续发展的毒瘤”。国务院发展研究中心提出：“治理中国农业污染刻不容缓”。必须加紧、加快有效地防治农业面源污染。

如何防治

(1) 从源头防治——科学合理地施肥、施药，进行畜禽粪便无害化、资源化处理。(是基本的，但难度大，缓慢)

(2) 结合运用农田水利取得“高产、节水、减污、增效”的综合技术。

其中包括：

两套措施①田间节水灌溉、控制排水

②构建“排灌沟渠——小型湿地”综合农田水利系统。

四道防线①田间节水灌溉控制排水，②田间草沟，③小型湿地，④骨干生态沟

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

3-1 合理的田间灌排技术及其节水增产作用

以水稻为例。

◆ 节水作用

节水模式	(a) →	(b) →	(c) →	(d)
	浅湿晒	间歇	半旱栽培	蓄雨
	稍干	更干	最干	用于(a) (b) (c)
节水百分比	10%~20%	15%~30%	20%~50%	再节水5%~15%

◆ 高产作用：四种模式均可增产3%~8%

我国：大幅节水、小幅增产，灌溉水的生产率显著提高。

国外：大幅节水、小幅减产，灌溉水的生产率提高。

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

3-2 防污降污作用

- 灌溉水源的水质合格（II、III类水）——灌稻田后，流出水的水质不合格（V类、劣V类水）
- 灌溉水源的水质不合格——灌后排出水的水质更差

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

(1) 削减随渗漏及地表排水流走的氮磷，减少的幅度大多数为20%~30%。

表3 广西桂林2007年节水灌溉条件下稻田总氮总磷排放负荷下降（与长期淹灌相比）百分比（%）

稻类	总氮TN		总磷TP	
	浅湿晒灌溉	间歇灌溉	浅湿晒灌溉	间歇灌溉
双季早稻	32.0	34.8	41.3	32.8
双季晚稻	—	—	24.3	16.7

表4 浙江4个站节水灌溉条件下一季稻2006、2007年平均稻田TN、TP排放负荷下降百分比（%）

总氮TN		总磷TP	
薄露灌	间歇灌	薄露灌	间歇灌
17.6	24.5	37.6	36.0

浙江永康2004年试验，节水的薄露灌与传统灌溉相比，稻田排水中总氮（TN）、总磷（TP）分别降低了34%、37%。



3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

(2) 减少甲烷（ CH_4 ）排放

河海大学试验研究的初步结果，采用半旱栽培模式可减少甲烷排放量达39%~85%，中国土壤研究所等单位研究采用间歇灌溉模式，可减少42%~45%。

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

(3) 减少氨氮挥发量提高氮肥利用率

氮施入稻田，会因氨挥发损失30%~40%，不仅影响肥效，也污染大气。

武汉大学试验结果：与节水灌溉配合，采用基肥（总氮30%）及三次追肥（总氮量的30%、30%、20%），能减少20%左右的氮肥挥发损失。

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

(4) 减轻病虫害危害和农药污染

根据广西玉林农业气象站调查结果，在半旱栽培条件下，稻纹枯病，稻飞虱和稻卷叶虫的发生率可减少40%~70%，农药的用量减少50%左右。

2006年湖北荆门大面积稻飞虱暴发，间歇灌溉稻田虫害轻，农药量为其他稻田施用量的—半左右，每公顷使用农药费比其他稻田少300元左右。

3 第一套措施（第一道防线）——合理的田间灌溉技术及其高产节水防污增效作用

小结

推行水稻节水灌溉，不是增加工程设施，而是改革灌溉模式：把长期连续淹深水的模式，改革为各种偏旱的模式，使稻田连续淹水时间缩短，水深降低，不淹水次数增多，田干的时间加长。

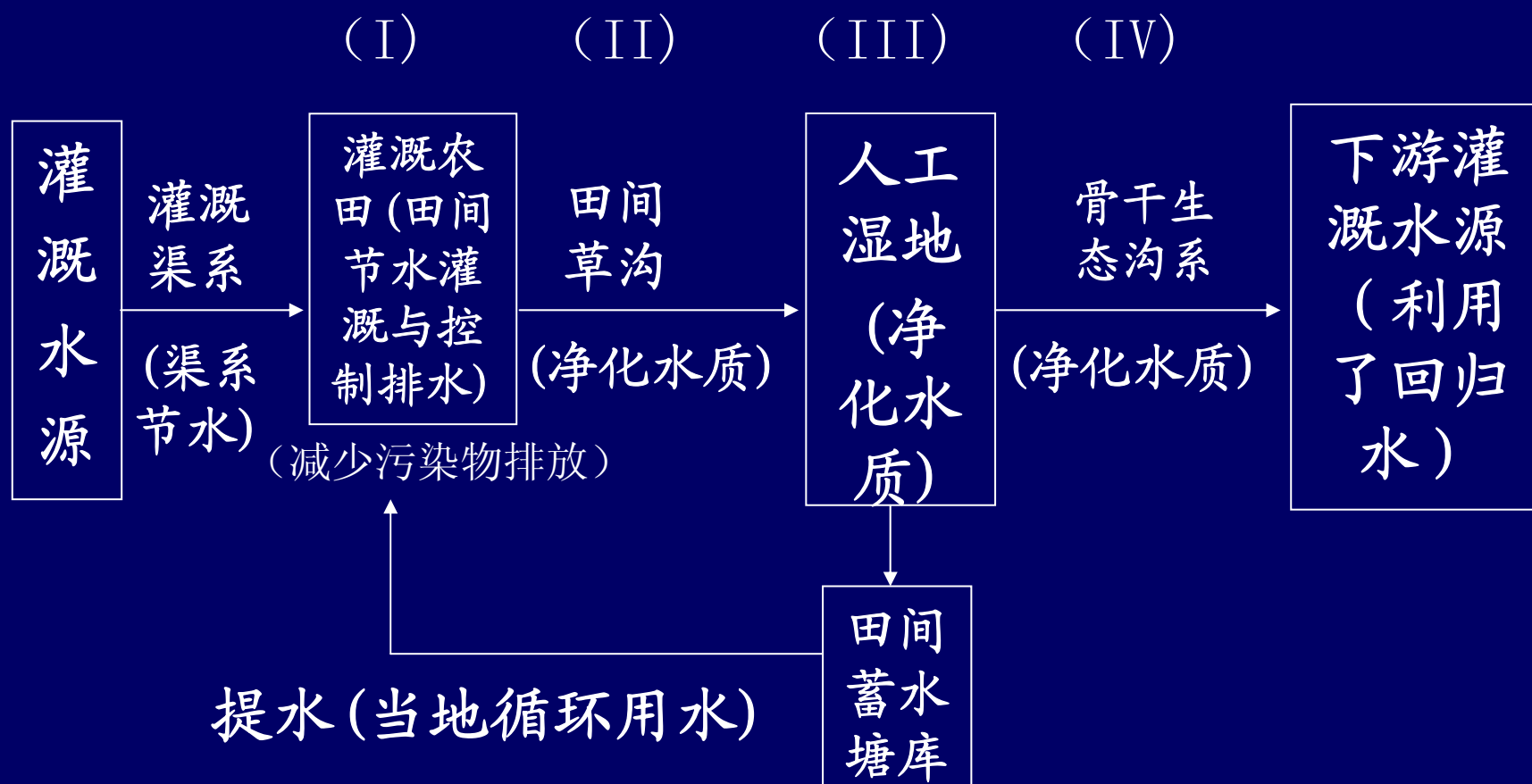
可起到四方面作用：高效节水，稳产高产，防污减污，提高肥效。从而提高我国水安全、粮食安全和环境安全的保障水平。

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

- 节水灌溉起到20%~30%的防污作用，余下70%~80%污染物（氮磷）仍未消减，还未能有效的解决农业面源水污染的问题。
- 还必须构建有助于解决水质问题的新式农田水利系统——经我们2004年对国外考察，引进和改造了灌排沟渠—小型湿地综合系统，该系统能够高效的削减农业面源污染。

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

4-1 灌排沟渠—小型湿地综合系统组成











21 5:26PM



4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

4-2 田间排水草沟（第二道防线）减污作用 江苏观测试验的田间草沟降污效果

	2003 年		2004 年		2005 年	
	TN	TP	TN	TP	TN	TP
进水样(mg /L)	1.69	0.22	12.9	0.65	20.0	0.61
出水样(mg /L)	0.82	0.10	4.74	0.14	9.16	0.28
去除率（%）	51.5	54.6	63.3	78.5	54.3	54.1
河水样 (mg/L)	1.31	0.20	3.57	0.28	5.78	0.26

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠—— 小型湿地综合系统及其防污作用

湖北荆门观测试验的田间草沟降污效果（2009）

污染物类别		TN	TP
平均浓度 (mg/L)	沟首	2.044	0.172
	沟尾	1.667	0.109
总量 (g)	沟首流入	435.9	36.6
	沟尾流出	271.2	17.7
去除率 (%)		37.8	51.6

8月2日至16日6次观测平均值。

沟首至沟尾距离230米。

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

4-3 小型人工湿地（第三道防线）减污作用

2006～2009年在桂林和荆门的观测试验，初步
成果为，水流经过湿地：

总氮除去率为35%～52%

总磷除去率为27%～35%

我国以及国外许多报道的结果也与这些资料接
近。

4 第二套措施（第二~第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

人工湿地降污作用

试验观测地点	TN除去率 (%)	TP除去率 (%)
云南滇池流域	35.5	24.4
云南呈贡县	76	
山东日照市	38	
美国马里兰州、伊利诺伊州、衣阿华州综合	68	43

4 第二套措施（第二~第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

美国俄亥俄州两个农庄“地下排灌—湿地—蓄水塘库系统”降污效果

2001~2004年4年水的平均浓度（mg/L）

	硝态氮NO ₃ N	总磷TP
湿地进口	1.87	0.52
湿地出口	0.45	0.29
降低率%	76	44

4 第二套措施（第二~第四道防线）——灌排沟渠—— 小型湿地综合系统及其防污作用

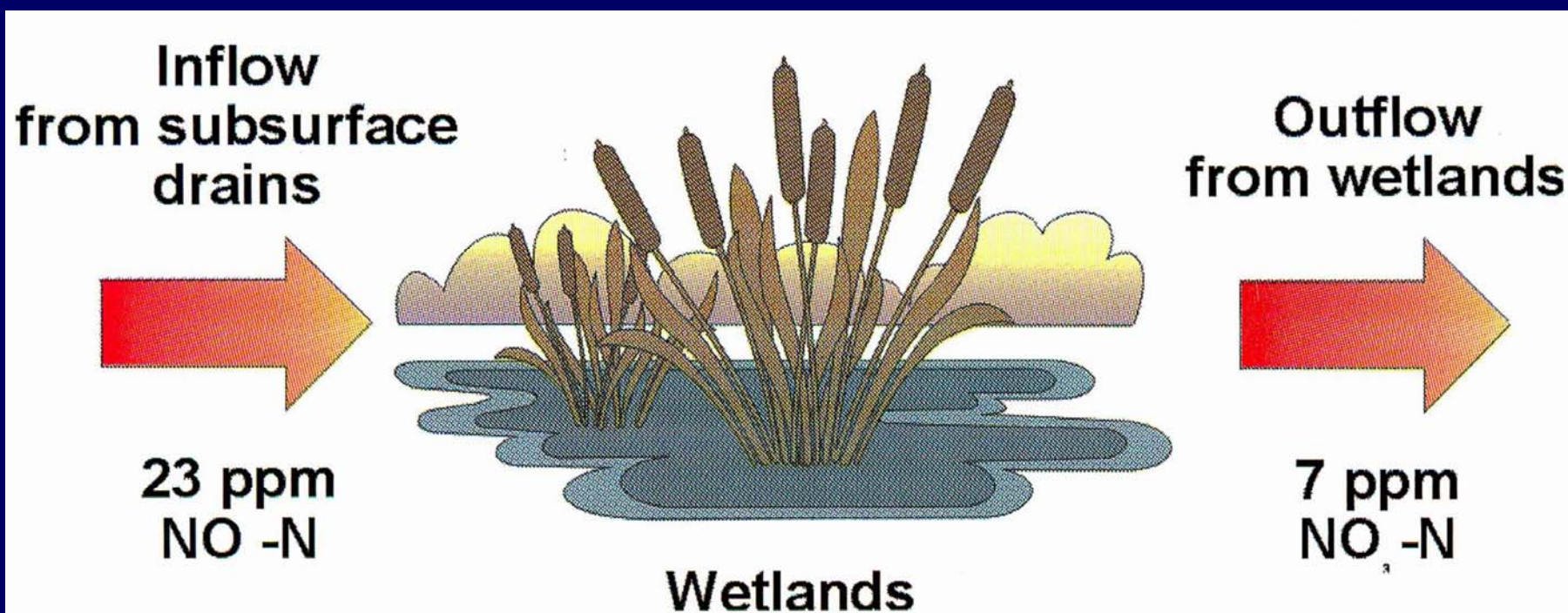


Figure 6. Wetlands reduce nitrates in drainage water. (Iowa)

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

人工湿地防污综合效果:

对总氮和总磷降低率分别为35%～70%和24%～76%。

多为40%～60%，平均为50%左右。

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠—小型湿地综合系统及其防污作用

4-4 骨干生态沟系防污降污作用

（1）桂林试验站观测结果

生态沟沟长68m、宽3m、深0.5m，主要种荷叶。2008年早稻季节（5月10日～7月14日）每隔6天观测一次，共测13次，观测成果平均值为如下：

水中污染物质含量 (mg/L)			
污染物	入沟处	出沟处	削减 (%)
总氮	3.41	2.80	17.9
总磷	6.70	4.25	36.6



4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠— 小型湿地综合系统及其防污作用

（2） 武汉环境科学研究院试验成果

2006年试验，沟长60m、宽4-6m，深0.5m种水生植物，设隔离膜(防浮游物)，总氮含量减少30%，总磷含量减少10%-20%。

根据国内外报导，生态沟的除氮磷效果多在15%-30%范围内，视沟长、沟结构、沟中植物以及水流特性而定。

4 第二套措施（第二～第四道防线）——灌排沟渠—小型湿地综合系统及其防污作用

4-4 四道防线的综合防污减污效果

第一道防线：采用合理的田间灌排技术，去除氮、磷20%～30%。

第二道防线：水经过田间草沟，可减少氮磷15%～20%

第三道防线：湿地净化作用，去除氮、磷40%～60%。

第四道防线：水经过骨干生态沟，可减少氮、磷15%～30%。

总之，在水稻地区，采用“排灌湿地—人工湿地综合系统”和田间节水技术，经过四道防线可以去除水中氮、磷约70%～85%，从而有效地降低水污染，保护水环境。

4 第二套措施（第二~第四道防线）——灌排沟渠—小型湿地综合系统及其防污作用

4-5 四道防线的综合节水增肥效效果

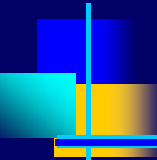
第一道防线：田间节水灌溉与控制排水，节水20%-40%，提高肥效20%-30%。

第二、三、四道防线综合：由于湿地与生态沟净化了水质，使大量回归水可再度利用，按50%的回归水被利用计，可再节水20%~30%。

四道防线综合可节水30%~50%，增肥效20%~30%。

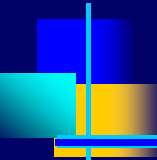
谢 谢!





防止灌溉工程引起的人畜伤亡问题

- 问题现状及其重要性的调查与分析
 - 造成人畜伤亡责任的法律问题
 - 预防人畜伤亡的技术与设施
-

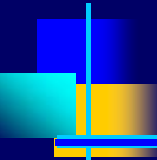


《21世纪水资源研究的问题》

美国国家水科学与技术理事会

（归美国科学院、工程院所属的国家研究委员会管辖）

2001



三方面问题

- 一、可用水
 - 二、水资源利用
 - 三、水资源管理体制
-

一、可用水

1、了解——基础研究

- (1) 物理的、化学的和微生物的污染物之危害及传输机制
- (2) 土地利用变化对水污染的影响及防止污染最佳管理措施的依据
- (3) 污染物与生态系统功能的关系，污染物对生态系统中生物指标和高级有机物的影响
- (4) 环境对污染物的吸收能力和污染恢复时间

一、可用水

1、了解——基础研究

- (5) 水质风险评价和风险管理的科学基础
- (6) 启动国家尺度水文测量计划的内容及必要性
- (7) 灾害天气（洪水和干旱）的频率和原因
- (8) 洪涝和干旱灾害增加的情况及原因
- (9) 全球气候变化对水文的影响

一、可用水

2、开发——技术创新

(10) 增加水供应能力的创新技术

(11) 防止污染的创新技术

(12) 控制面污染技术

(13) 测量水流量和水质的新技术（包括遥感技术）

(14) 为改进水资源预测与管理所需的实时数据采集和传输技术

一、可用水

3、改进——技术改造与更新

(15) 现有增加水供应技术（废水处理、脱盐、地下水调蓄库）

(16) 提高作为饮用水安全的废水处理技术

(17) 饮用水供应系统

(18) 一定地区与时间尺度的水文循环预测技术

二、水资源利用

1、了解——基础应用

(19) 农业、居民、商业、公益和工业部门水资源利用的决定因素

(20) 农业用水与气候、作物类型以及可用水量之间的关系

(21) 影响灌溉农业可持续性的水的有关因素及相互影响

(22) 水生生态系统的演变规律、作用及对水的需求

(23) 作为加强流域管理依据的水生和陆地生态系统相互关系

二、水资源利用

2、开发——技术创新

(24) 水的利用效率更高和利用回报率最大的作物

(25) 适用于旱地农业的作物品种

3、改进——技术改造与更新

(26) 增加和恢复水生生态系统多样性的技术

(27) 控制水质参数以及维护和增强水生栖息环境的技术

三、水资源管理体制

1、了解——基础研究

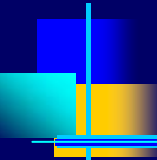
(28) 具有公益性的水管理内容与作用

(29) 照顾土著人的水权以及联邦所保留与水权有关权利的不确定性

(30) 各类水法和管理体制的比较

(31) 为保护公益性水资源价值的经济制度及其运用

(32) 水的价格作用、价格结构和水需求价格弹性



三、水资源管理体制

1、了解——基础研究

(33) 私有部门在服务于水的有效供应和废水处理利用中的作用

(34) 影响有关水的风险信息交流和决策过程的关键因素

(35) 由用户组织的水分配的管理体制（如合作社、专门的管理区、互助性公司等）及其作用

(36) 水资源利用有关的文化和道德因素

(37) 过去的水政策和项目的优点和弱点（事后的研究与评价）

三、水资源管理体制

2、开发——技术创新

- (38) 促进地下水管理和地表、地下水联合利用的立法
- (39) 不同条件下的适应性管理体制与制度
- (40) 估算水资源非市场属性价值的方法
- (41) 有效的水市场和类似于市场的管理机制
- (42) 制定政策和计划过程中获取代理人意见的方法

3、改进——技术改造与更新

- (43) 现有水管理法律平等性)