

高效节水灌溉工程若干技术问题 题概要

西北农林科技大学

张英普

内容提要

- 1 序言
- 2 技术方案
- 3 高效节水灌溉工程的规划问题
- 4 有关蓄水池问题
- 5 浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

1 序言

□ 随着六批小型农田水利重点县及两批项目县建设、落实，我国农田水利事业、特别是节水灌溉得到极大的发展，小型农田水利设施得到极大的改善，农业生产抵御干旱灾害的能力显著提高，节水型农业已具规模。针对高效节水灌溉工程规划设计存在的误区，根据小型农田水利建设经验、工程实践和有关科研成果，就高效节水灌溉工程规划设计阶段有关技术方案确定中应当注意的一些问题予以剖析、探讨，力求对于提高高效节水灌溉工程技术的合理性，提高工程建设管理的把控能力有所裨益。本讲不讲理论问题，只探讨工程实践问题。

2技术方案

- 关于因地制宜、因水源制宜、因作物及种植方式制宜制定技术方案的问题。因地制宜说起来容易，落实好很难，其真正体现了设计者的技术水平和管理者总体把控能力。切忌根据好恶制定技术方案。下面就确定技术方案时应注意的有关问题进行探讨。

2技术方案

2.1关于因地制宜问题

- 所谓因地制宜，就是当根据我国的国情、当地地情、水资源条件、土壤条件、作物类型，制定技术方案、确定灌水技术。
- 案例：某玉米种植区，土壤为沙壤土，拟采用卷盘式喷灌机进行喷灌。对于高秆作物，采用卷盘式喷灌机必须设置机组行走走廊，浪费土地。其技术方案应该说不符合国情、地情，群众也难以接受。

2技术方案

2.2因水源制宜问题

- 根据水源类型确定水源工程技术方案。不同水源类型，其水源工程布置形式、工程组成也不相同。
- 案例：某管灌区，拟自小型河流，通过兴建壅水堰自压管灌。其取水建筑物包括壅水堰、拦污栅、进水闸。岸边进水，并直接接输水管网。出现的问题是管道进水水力条件过差、掺气过多、管道输水能力不足。其关键问题是缺少排沙设施和调压井，以保证取水口不脱流及管道进口水力条件（水深不小于最小淹没深度）。

2技术方案

2.3因作物及种植方式制宜问题

- 根据水源条件、地形地貌、自然气候，特别是作物类型、种植方式等综合因素，合理选择灌水方式。
- 案例：某日光温室蔬菜区，计划种植黄瓜、茄子、豇豆、西红柿和樱桃西红柿等蔬菜，设计拟采用悬挂式微喷灌。
- 案例分析：根据作物类型和种植条件，由于作物生育期较长，且为棚内种植，采用悬挂式微喷灌易使棚内湿度过大而诱发病虫害，灌水方式选择不当。建议采用膜下滴灌。

2技术方案

2.4有关灌水方式选择

➤ 2.4.1灌水方法

- 根据灌溉水向田间输送与湿润土壤的方式不同，一般把灌水方法分为五大类：①地面灌水方法（沟灌、畦灌、格田灌和淹灌等方法）；②喷灌灌水方法；③微灌灌水方法（滴灌法、微喷灌法、雾喷灌溉、小管出流灌水、脉冲灌溉和涌泉灌法等多种类型）；④地下灌溉灌水方法；⑤地膜覆盖灌水方法（膜上灌、膜下灌）。
- 此外还有穴灌、点灌、坐水种等群众总结发明的抗旱应急灌水方法。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤ 2.4.2灌水技术

- 灌水技术是指相应于某种灌水方法从水源至田间向灌水地块输、配水所必须采用的一系列科学技术措施。
- 常用的灌水技术包括：①渠道灌溉技术；②管道输水灌溉技术；③喷灌灌水技术④微灌灌水技术（滴灌、微喷灌、雾灌、小管出流等技术类型）。
- 其中：管道输水灌溉（简称管灌）、喷灌、微灌等灌溉技术又统称为高效节水灌溉技术。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤ 2.4.3 高效节水灌水方式的选择

- 应根据水源条件、地形地貌、自然气候，特别是作物类型、种植条件等综合因素，合理选择灌水方式，既要考虑其先进性，更要分析其适用性和实用性。
- 各种灌水方式、灌水技术的优缺点有关书籍都有详尽介绍，不再赘述。下面就高效节水灌水方式的选择中应注意的问题予以简要说明。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤2.4.3高效节水灌水方式的选择

- 1) 在地面坡度较大的坡地（通过土壤渗吸速度和田面比降分析）和沙土地地区，尽量不采用地面灌水方式（如管道输水灌溉），宜采用其他灌水方式。以保证灌水均匀度、灌水质量和灌水效率。
- 2) 滴灌、小管出流管只适用于稀植作物。果树灌溉应优先选择滴灌和小管出流灌。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤2.4.3高效节水灌水方式的选择

- 3) 在设施农业中，湿度过大是产生或加重棚内作物病虫害的主要诱因之一。因此，设施农业区稀植作物生产棚应选择膜下滴灌，但棚内设置移栽用水放水口；密植绿叶菜生产棚、育苗棚可采用微喷灌或畦灌。菌类生产棚可采用悬挂式微喷灌。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤ 2.4.3 高效节水灌水方式的选择

- 4) 在灌溉季节风速较大和地面坡度大于2%的地区不易采用喷灌。
- 5) 高秆作物不宜采用行喷式喷灌机组。
- 6) 土壤粘重地区尽量不采用半固定式或移动式喷灌。

2技术方案

2.3有关灌水方式选择

➤ 2.4.3 高效节水灌水方式的选择

- 7) 果树、林木不宜采用微喷灌（猕猴桃、葡萄除外）。
- 8) 水资源匮乏，采用高效节水灌溉水量不足的地区，种植稀植农作物，可采用点灌（如宁夏旱区压沙西瓜、甜瓜点灌，灌水定额 $3\sim 5\text{m}^3$ ）；果树可采用穴灌（灌水定额 $5\sim 8\text{m}^3$ ）。

3 高效节水灌溉工程的规划问题

3.1 灌溉分区问题

- 为了便于工程管理、工程设计，在规划中往往进行灌溉分区。灌溉分区除考虑水源类型、作物类型、行政隶属和地域分布外，还应考虑压力分区，采用分压控制、分区灌溉的规划模式。

3 高效节水灌溉工程的规划问题

3.2 山区、丘陵区分区分压问题

- 山区、丘陵地区具有地形变化大、地形高差大、地面坡度陡等特点。为了减少工程投资、降低运行成本，使工程布局合理，应根据地形变化情况、地形高差应采用分压控制、分区灌溉的规划模式。
- 在进行压力分区时，应结合灌水方式、灌水器工作压力、地形条件等合理分区。根据我国管材压力等级，建议分区高差20-40m。

3有关高效节水灌溉工程的规划问题

3.3关于系统规模问题

- 系统规模的大小，直接影响系统的可靠性、安全性和运行管理。实践证明：系统规模越大，其可靠性、安全性越差，运行管理越不方便。
- 案例：某高效节水灌溉工程，灌溉控制面积**2.9**万亩，为一个大系统，灌水方式、工程措施都不存在问题，但在实际运行中总是出现系统协调、子系统影响大系统、系统管控等问题。

3有关高效节水灌溉工程的规划问题

3.3关于系统规模问题

- 系统的合理规模问题目前尚无定论，水利部公益项目《扬黄工程延伸区供水技术研究》就此问题进行了初步探讨，有兴趣者可参阅。个人认为，为了保证系统的可靠性、安全性，便于运行管理，应通过工程措施（如调节池），将大系统分为若干个相对独立的子系统。子系统规模在**800-1500**亩较合理。

4有关蓄水池问题

- 在缺水地区，往往由于水源来水不能满足灌溉水量要求需修建蓄水池。钢筋混凝土结构、浆砌石结构、砖混结构的中、小型蓄水池标准图集中有，下面仅就开敞式大型蓄水池设计中应当考虑的问题简要说明。

4有关蓄水池问题

4.1蓄水池调节周期

- 应根据水源、灌溉需水量分析，确定蓄水池调节周期。调节周期分为次灌水调节、阶段调节、季调节和全生育期调节。
- 1) 次灌水调节
 - 对于水源流量不能满足、而灌水周期内总水量满足（一次或二次灌水）作物灌溉需要的区域，可采用次灌水（一次或二次灌水）调节。

4有关蓄水池问题

4.1蓄水池调节周期

➤ 2) 阶段调节

- 对于水源水量满足灌溉需水量要求，灌水高峰期流量不能满足作物灌溉需要的区域,通过错峰蓄水，进行阶段调节。

➤ 3) 季调节

- 对于以大型泵站为水源设施农业区，泵站停运期仍需灌溉，通过错峰蓄水和灌溉间歇期蓄水，进行季调节。

4有关蓄水池问题

4.1蓄水池调节周期

➤ 4) 全生育期调节

- 对于水源流量和时段水量均不能能满足作物各阶段灌溉需要的区域，通过前期蓄水，采用全生育期调节。

4有关蓄水池问题

4.2蓄水池容积的确定

- 蓄水池设计中分为有清淤措施和不考虑清淤两类。有清淤措施的，其容积按有效容积+无效容积确定；无清淤措施的按淤积年限法确定。
- 蓄水池的容积确定包括蓄水池有效容积、死容积、水面蒸发量、渗漏损失量四部分内容。

即： $W=W_{\text{有效}}+W_{\text{死}}+W_{\text{蒸}}+W_{\text{渗}}$

式中： W —蓄水池容积(m^3)；

$W_{\text{有效}}$ 、 $W_{\text{死}}$ 、 $W_{\text{蒸}}$ 、 $W_{\text{渗}}$ —分别为蓄水池有效容积、死容积、水面蒸发量、渗漏损失量。

4蓄水池

4.2蓄水池容积的确定

- 蓄水池有效容积、死容积、水面蒸发量、渗漏损失量应根据调节周期、作物需水量、泥沙含量、气象资料和防渗衬砌标准计算。其各计算方法和计算公式可参见水利部公益项目《扬黄工程延伸区供水技术研究》报告等有关文献。

4蓄水池

4.3蓄水池结构与构造

➤蓄水池结构

- 蓄水池池体多采用倒台形。池深可根据实际地形、地质条件灵活确定，一般为3-10m。在确定蓄水池形状尺寸时，应尽量实现挖填平衡。在冻胀地区，为了防止防渗衬砌体的冻胀破坏和减少渗漏损失，其结构形式多采用柔性防渗膜料加保护层的复合结构形式。

4蓄水池

4.3蓄水池结构与构造

➤蓄水池防渗结构形式

- 根据保护层设置的不同，其防渗结构形式分为五种形式：
- 1) 池底及池壁均采用复合土工膜加**40cm**厚土石保护层的结构形式。调蓄池考虑清淤、风浪较大、存在池壁冲刷时，不宜采用此种形式。
- 2) 池底采用复合土工膜+砂砾石+预制混凝土板、池壁采用复合土工膜+砂砾石的结构形式。该结构形式利于清淤、抗风浪和抗冲刷能力差，抗冻胀能力强。
- 3) 池底复合土工膜加**40cm**厚土石保护层、池壁采用复合土工膜+砂砾石+预制混凝土板的结构形式。不利于清淤；抗风浪和抗冲刷能力好。

4蓄水池

4.3蓄水池结构与构造

➤蓄水池防渗结构形式

- 4) 池底及池壁均采用复合土工膜+砂砾石+预制混凝土板的结构形式。利于清淤、抗风浪冲刷能力强；抗冻胀能力差。
- 5) 池底及池壁均采用复合土工膜加40cm厚土料保护层的结构形式。不利于清淤；抗风浪、抗冲刷能力差。

高位蓄水池照片1



高位蓄水池照片3



2014/05/03 10:01

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

- 以多泥沙的地表水为水源的输水管道系统称为浑水管道系统。与清水管道相比，浑水管道系统具有灌溉控制面积大，流量大，管网系统庞大，特别是输送的流体为浑水等特点。存在管道淤堵、管材管径、渠道（水源）与管道衔接、管网系统配置与系统模式、浑水管道水力计算等诸多理论、技术问题。现根据有关管道水沙运动规律和管道防淤堵的试验研究成果，简介浑水管道输水灌溉系统防淤堵技术。

5 浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.1 管道淤堵成因

- 管道淤堵问题是制约管道输水技术在渠灌区特别是浑水渠灌区推广应用的主要因素，根据渠灌区管道输水灌溉失败与成功工程实践分析研究，造成淤堵原因包括水源问题、规划设计问题和运行管理问题。
- 5.1.1 水源问题
 - (1) 水源存在有机漂浮物
 - (2) 水源泥沙含量超限

5 浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.1 管道淤堵成因

➤ 5.1.2 规划设计问题

- (1) 规划设计中未进行流速校核，或临界不淤流速计算公式采用不当，管道实际流速小于管道临界不淤流速。
- (2) 泥沙含量大于管道挟沙能力，而设计时未采取泥沙处理技术措施。
- (3) 由于地形条件，输水管道有时会出现较长的倒虹吸管，而未设排水设施，将造成静水淤堵。
- (4) 管网系统未设排水设施，或排水设施设置不当，停灌后泥沙沉积，而系统流速又小于泥沙启动流速，长此以往，致使管道淤堵；

5 浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.1 管道淤堵成因

➤ 5.1.2 规划设计问题

- (5) 管网系统存在盲管，在轮灌间息和停灌后，盲管处水流流速近于零，导致盲管淤堵。
- (6) 在较大系统的管网中，由于种植结构的原因，局部作物灌水次数悬殊，而在管网设计时分水、控制、设施设置不当，长此以往，会导致部分支管的淤堵。
- (7) 系统进口未布设拦污排污装置，或拦污排污装置设置不当，造成有机漂浮物堵塞。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.1 管道淤堵成因

➤ 5.1.3 运行管理问题

- (1) 忽视、缺乏管道系统防淤堵运行管理制度。
- (2) 轮灌中，支管闸阀长期开启，以给水栓代替支管闸阀启闭，形成人为盲管，致使非灌溉组别支管产生静水泥沙沉积。
- (3) 系统停灌后，未打开排水阀进行系统排水排沙。
- (4) 管网系统超沙限引水运行。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.2 管道淤堵类型

- 管道淤堵类型分为有机质堵塞和泥沙淤堵
- 有机质堵塞主要是水源中柴草进入管道造成的堵塞。
- 泥沙淤堵包括静水淤堵和动水淤堵
- 静水淤堵是由于停水后，泥沙在管道、特别是倒虹管段的沉积，而管内流速又小于泥沙启动流速造成的淤堵。
- 动水淤堵是由于管内流速小于浑水管道临界不淤流速，在动水条件下泥沙沉积造成的淤堵。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.3浑水管道系统防淤堵技术措施要点

- 根据浑水管道输水系统水沙运行规律和淤堵机理的研究和工程实践分析，管道系统防淤堵技术措施应从工程规划设计和运行管理两方面着手解决。
 - (1)通过水力计算，选择合理管径，并通过管路调节使管内流速不小于浑水管道临界不淤流速。
 - (2)根据灌区设计引水含沙量上限-沙限及泥沙组成，进行流速校核。管道流速应满足不淤流速条件。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.3浑水管道系统防淤堵技术要点

- (3)在管网系统规划布置中，综合考虑管网防淤堵问题，合理布局，合理走线，尽量避免易产生管道淤堵的布局因素。
- (4)在管网倒虹吸管最低处、盲管末端、系统末端和系统低洼处设置排水排沙设施。
- (5)选择、配置合理的分水、控制装置。
- (6) 制定合理的防淤堵运行管理制度。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.3浑水管道系统防淤堵技术要点

- (7)渠道（或水源）与管道之间应布设衔接建筑物，衔接建筑物应包括衔接段、进水池、调压井、拦污排污装置等，必要时应设拦沙坎。
- (8)当泥沙含量大于管道挟沙能力，通过管路调节不能满足不淤条件时，应利用地形条件，设泥沙处理建筑物，如沉沙池等。

5浑水管道输水灌溉系统防淤堵问题

5.3浑水管道系统防淤堵有关说明

- 有关浑水管道系统的水沙运行规律、防淤堵技术及阻力损失规律、临界不淤流速计算公式参见国家863计划项目《渠灌区管道输水系统防淤堵技术研究报告》；或网搜索“浑水管道防淤堵技术”。
- 浑水管道不淤流速较渠道不淤流速大，不能采用渠道的不淤流速计算公式校核管道的不淤流速。
- 有关临界不淤流速计算公式适用于含沙率不大于12%（混合比）的灌区。

感谢各位领导、各位专家
不妥之处敬请批评指正！

谢谢！