

元谋大型灌区大首部高效节水灌溉工程过滤方式选择浅析

杨 洪¹

楚雄欣源水利电力勘察设计有限责任公司 云南楚雄 675000

摘 要: 在农业用水的各类水源中, 都不同程度地含有污物和杂质, 为保证微灌系统正常运行、延长灌水器使用寿命, 必须对灌溉水源进行严格的净化处理。灌水器出口很小, 当水源中污物和杂质较多时, 容易堵塞灌水器出口, 引起配水不均或者系统瘫痪, 从而影响农作物的生长, 给农户带来较大损失。因此选择合理的过滤器在灌溉系统中起着重要的作用, 选取滤器对于微灌系统的正常运行和农业生产都十分重要。

关键词: 首部枢纽; 微灌系统; 过滤方式

一、项目区基本情况

元谋县地处滇中高原北部, 地处金沙江干热河谷地带, 素有“天然温室”之称, 气候立体独特, 境内最低海拔898m, 最高海拔2836m, 全年无霜, 干湿季分明, 日照充沛, 年平均气温21.5℃, 多年年降雨量为672.8mm, 雨季集中在6~10月, 占全年降雨量的92.3%以上, 多年平均蒸发量3090mm, 蒸发量是降水量的4倍。元谋县被农业部列为全国首批100个无公害农产品种植业生产示范基地县, 2013年被科技部列为云南楚雄国家农业科技园区核心区以来, 建成年全省最大的蔬菜批发交易市场, 2017年冬季至2018年春季, 产销量高达45.6万吨, 产值高达50亿元, 蔬菜出口量占云南省的1/4, 被农业部列为全国商品蔬菜基地, 南菜北运基地。

二、大首部高效节水灌溉应用情况

元谋大型灌区丙间片11.4万亩高效节水灌溉项目区地处山区和坝区结合部, 输水线路途经地形起伏大, 取水口最高水位高程1310m, 灌区最低地1070m, 最大压力高达3.0MPa, 呈东南高、西北低的地势, 以麻柳、丙间两座中型水库为主供水水源, 设计最大取水流量为2.863m³/s, 若按滴灌系统最大日工作时间20h计算, 相当于要建设日处理规模20万m³的水厂(相当于一个100万人口每天城市生活用水量), 投资较大, 同时通过水厂处理后水头丢失20m以上, 导致部分灌区需要加压, 局部主管需要绕行增加管长, 增加工程投资及运行成本, 在30个分水口处将一个大的封闭管网系统分级成30个

小管网系统, 设置30套过滤系统及调压水池在分水口管首, 将减压方式由机械减压调整为自然减压, 将过滤方式由分散式的网式过滤调整为集中式的全自动反冲洗叠片过滤器, 可将一个大的封闭管网系统分级成30个小管网系统, 可减小配水干管、配水分干管、支管的压力减少减压阀的使用数量及压力等级, 取消各级管网上的网式过滤器。一方面可解决田间工程配水管网压力均衡的问题; 另一方面减小过滤系统投资。

三、大首部高效节水灌溉系统过滤情况

(一) 过滤系统选型的考量因素

(1) 水质适应性: 针对元谋大型灌区主水源麻柳、丙间水库的水质特点(硬颗粒与有机质并存), 单纯依靠一种过滤器无法满足要求, 因此采用了“离心+砂石+叠片”的多级组合模式。

(2) 系统流量与压力: 作为大型灌区, 首部系统流量大。选择的过滤器必须具备低水头损失、高抗压能力, 且能通过反冲洗功能降低运维成本。大禹节水作为社会资本方, 在设备选型上充分考虑了自动化反冲洗功能, 以减少人工清洗强度。

(3) 水肥一体化需求: 元谋灌区推广水肥一体化技术, 肥料注入系统后可能产生沉淀或未溶解颗粒。因此, 在施肥器后必须加装网式或叠片过滤器, 防止化学沉淀物堵塞灌水器。元谋灌区的运营管理中心配套了水肥一体化系统, 其过滤设备的耐腐蚀性和精密性要求更高。

(二) 过滤系统选型的基本计算和参数

在灌溉系统的使用过程中, 悬浮固体颗粒经常在流道出口处形成弧形堆积带, 进一步造成灌水器堵塞。为了解决这个问题, 防止弧形堆积带的形成, 对于微灌

作者简介: 杨洪(1980—), 男, 汉族, 云南牟定人, 高级工程师, 从事水利水电勘察设计相关工作。

系统中，过滤器必须将大于1/7喷嘴直径的杂质全部滤出；对采用长流道滴头的滴灌系统，过滤器必须将大于1/10滴孔直径的杂质全部滤出。对于不同的微灌系统，过滤器的滤孔直径计算公式如下：

微喷系统： $dL=dP/7$

滴灌系统： $dL=dD/10$

式中： dL 为滤孔直径（mm）， dP 为喷头喷嘴直径（mm）； dD 为滴头滴孔直径（mm）

网式和叠片式过滤器的过滤能力通常以目数表示，设计中可参考表3-1中滤孔直径与滤网目数。过滤砂的标号表示过滤能力，在使用中必须先查出目数，然后在从表3-2中查出对应该目数的过滤砂的标号。

表3-1 滤孔直径与滤网目数的对应关系

滤孔直径 dL (mm)	目数	滤孔直径 dL (mm)	目数 (目)
0.105	150	0.771	20
0.089	180	0.42	40
0.074	200	0.18	80
0.053	270	0.152	100
0.044	325	0.125	120

表3-2 不同型号过滤砂的过滤效果

过滤砂型号	有效粒径 (mm)	砂质种类	相应过滤效果 (目/mm ²)	过滤能力 (目)	消除能力 (um)
NO: 8	11.5	花岗岩碎砂	16-22	100-140	>125
NO: 11	0.78	花岗岩碎砂	22-31	140-180	>74
NO: 12	1.2	花岗岩碎砂	22-31	130-140	>74
NO: 16	0.66	石英碎砂	22-31	150-200	>74
NO: 20	0.46	石英碎砂	31-39	200-250	>50

经过分析总结，不同水质条件下的常用过滤器型式见表3-3。由于过滤器的主要作用是过滤水源中的杂质，因此表中把水质作为主要影响因素。

表3-3 不同水质下的常用过滤器型式

有机物含量 (mg/L)	无机物含量 (mg/L)	常用过滤器形式
≤ 5	≤ 5	手动冲洗网式过滤器
	5—10	手动冲洗叠片式过滤器
	≥ 10	自动冲洗网式或叠片式过滤器
5—10	≤ 5	自动冲洗网式或叠片式过滤器
	5—10	手动反冲洗砂石过滤器
≥ 10	≥ 10	手动反冲洗砂石过滤器
		自动反冲洗砂石过滤器

(三) 常用过滤器的类型和初步结论

过滤器的类型较多，在施工过程中应该结合实际情

况加以选用，目前常用的过滤器主要有：网式过滤器、叠片式过滤器、砂石过滤器和离心式过滤器。

1. 网式过滤器

网式过滤器结构简单，一般由承压外壳和缠有滤网的内芯构成，用于处理水体中的无机杂质最有效。网式过滤器分为手动冲洗和自动直冲网式过滤器，为获得较好的过滤效果，在实际应用中用多个网式过滤器并联来提高过滤系统的容量。

2. 叠片式过滤器

叠片式过滤器，采用多个环形塑料薄片叠装而成，薄片间缝隙可以通过薄片组两端施加压力大小进行调节，过滤器通过薄片间的缝隙和细小纹路将水中杂质滤出，一般过滤能力在40-400目之间。

3. 砂石过滤器

在我们应用的过滤器中，砂石过滤器效果最好，不但过滤效果好，这种过滤器存留杂质的能力也很强，可不间断供水。在使用过程中，砂石过滤器是我们优先选用的过滤器。过滤罐呈圆柱状（直径0.6-1.2m）；罐内滤料厚（25-50cm）。操作过程中允许次过滤器滤料表面淤积数厘米厚杂质。实际使用过程中，砂石过滤器系统用一组罐中滤后的水来反冲其他罐中的杂质，过流量越大需要并联运行的罐也越多也就是我们通常采用的多罐联合运行。

4. 离心式过滤器

离心式过滤器（旋转式水砂分离器），主要是利用水流环流离心力的工作原理分离水中沙粒，由于去污能力有限和与水源中含砂量的大小有关的特点，从而导致接近水比重的杂质不能被分离。次过滤器优点：没有内部滤网，维护保养方便，自动连续排砂，省去了停机冲洗的环节，缺点：系统启动与停机的時候会出现系统管道流速下降和过滤效率下降，对有机物、比水轻杂质无法进行分离过滤。过滤器是高效节水灌溉系统中不可缺少的组成部分，每一种过滤器都有自身适应的范围，在实际选型过程中，通过多方案比较，选择符合实际情况的过滤器，才能使灌溉系统保持长期、稳定、可靠运行。

(四) 过滤设备选型

1. 水源水质特征

项目区以麻柳、丙间两座中型水库为供水主水源，取水高程位于水库中上部，含泥沙量较小，根据两座水库水质化验报告，主要参数如下：

表3-4 过滤器优缺点及适用条件表

过滤器	优点	缺点	适用
离心式过滤器	能连续过滤高含砂量的灌溉水	不能除去比重较水轻的有机质等杂物,水泵启动和停机时过滤效果下降,水头损失也较大。	含砂量较大的水质作为初级过滤器与其它过滤器配套使用
砂石过滤器	滤除有机质的效果很好	价格较贵,对管理的要求较高,不能滤除淤泥和极细土粒	水源很脏,含污物水源做初级过滤使用
网式过滤器	能很好地清除滴灌水源中的极细砂粒	当藻类或有机污物较多时,容易被堵死,需要经常清洗	多作为末级过滤器使用
叠片式过滤器	小巧、可随意组装、冲洗方便、安全可靠		初级过滤和终级过滤均可使用

表3-5 取水水源水质化验主要指标表

水源名称	有机物含量 (mg/L)	无机物含量 (mg/L)
麻柳水库	2.4	0.75
丙间水库	3.0	0.95

2. 水源泥沙特征

水库具有良好的澄清作用,过滤器在每个分水口设置一套,过滤精度根据灌水器孔口尺寸及水库泥沙砂质类型和有效粒径确定,详见下表:

表3-6 取水水源水体泥沙主要特征表

水源名称	泥沙砂质类型	泥沙有效粒径
麻柳水库	石英碎砂	0.66
丙间水库	石英碎砂	0.56

3. 过滤精度的确定

项目区以种植蔬菜为主,项目区土质为砂质粘土,适用采用滴灌,且当地农户目前使用的滴灌带均为滴头间距0.3m,流量3L/h,滴头滴孔直径0.7mm,滤孔直径与滤网目数的对应关系就算成果见下表:

表3-7 滤孔直径与滤网目数的对应关系

滴头滴孔直径 dD (mm)	滤孔直径 dL (mm)	目数
0.7	0.07	200

4. 过滤设备的选择

水库通过过滤方式比选,根据对取水水源点水质、泥沙特征分析对比,水源点有机物及无机物含量均小于5mg/L,水源点泥沙砂质类型为石英碎砂,有效粒径较小,根据灌水器孔口尺寸计算过滤精度为200目,确定11.4万亩项目过滤方式以叠片式过滤器为主,在配水干管首(即30个主管分水口)设叠片式过滤器。

结论

元谋大型灌区大首部高效节水灌溉工程的过滤方式选择,是基于当地干热河谷气候、水库水源特征及滴灌系统高精度要求而做出的科学决策。通过采用“沉淀预处理+离心除砂+砂石介质过滤+叠片精滤”的多级屏障体系,有效解决了地表水滴灌易堵塞的难题。这不仅保障了31.31公里主管道和数百公里田间支管的安全运行,也为元谋灌区实现农业节水2158万立方米、灌溉水利用系数提升至0.9的显著成效提供了关键技术支持。这种因地制宜的组合过滤模式,对同类大型灌区高效节水项目建设具有较强的借鉴意义。

参考文献

- [1]GB/T 50485.微灌工程技术标准[S].北京:中国计划出版社,2020.
- [2]何文瑞.推广高效节水灌溉技术 促进节水高效农业发展[J].智慧农业导刊,2022,12(13):89-90+93.
- [3]郑长娟,朱德兰,张锐等.过滤孔径可调的叠片过滤器设计及其水力性能[J].农业工程学报,2024,40(21):64-71
- [4]袁寄望,朱德兰,孙少博等.滴灌系统叠片过滤器结构参数优化[J].农业工程学报,2024,40(7):133-141.-2-3
- [5]郑和祥,李和平,刘海全等.鄂尔多斯黄河南岸灌区大首部滴灌设计及应用[J].人民黄河,2018,40(11):158-162.