

低压滴灌系统设计探讨

新疆农业大学

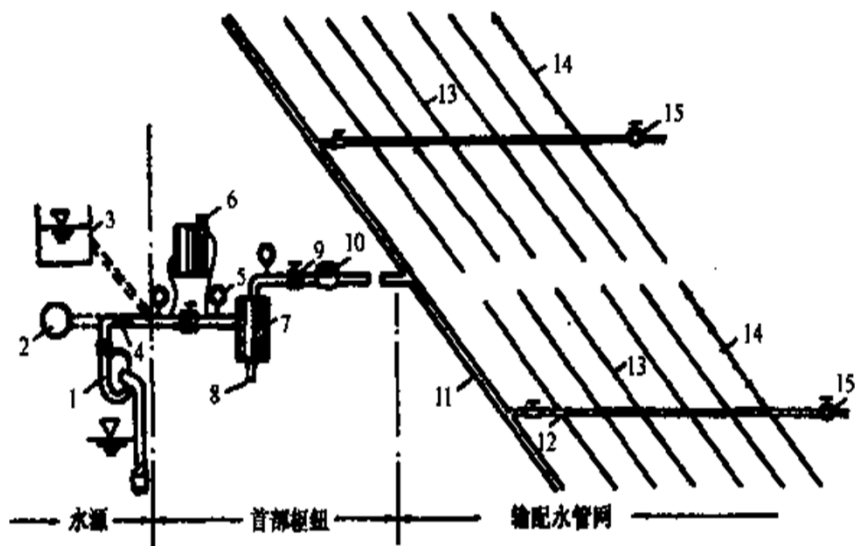
马英杰

2013.8.12

第一阶段：1996-2010年

（一）、滴灌工程技术的主要特点

- 1、水源以地下井水为主，河水滴灌为辅，且多为加压滴灌系统。
- 2、单井出水量 $100-200\text{m}^3/\text{h}$ ，滴灌面积较小，在 $500-1000$ 亩左右。
- 3、单个水源控制一种作物，作物品种单一。
- 4、滴灌带形式单一（边缝式），滴头流量偏大（ 3.0L/h ）

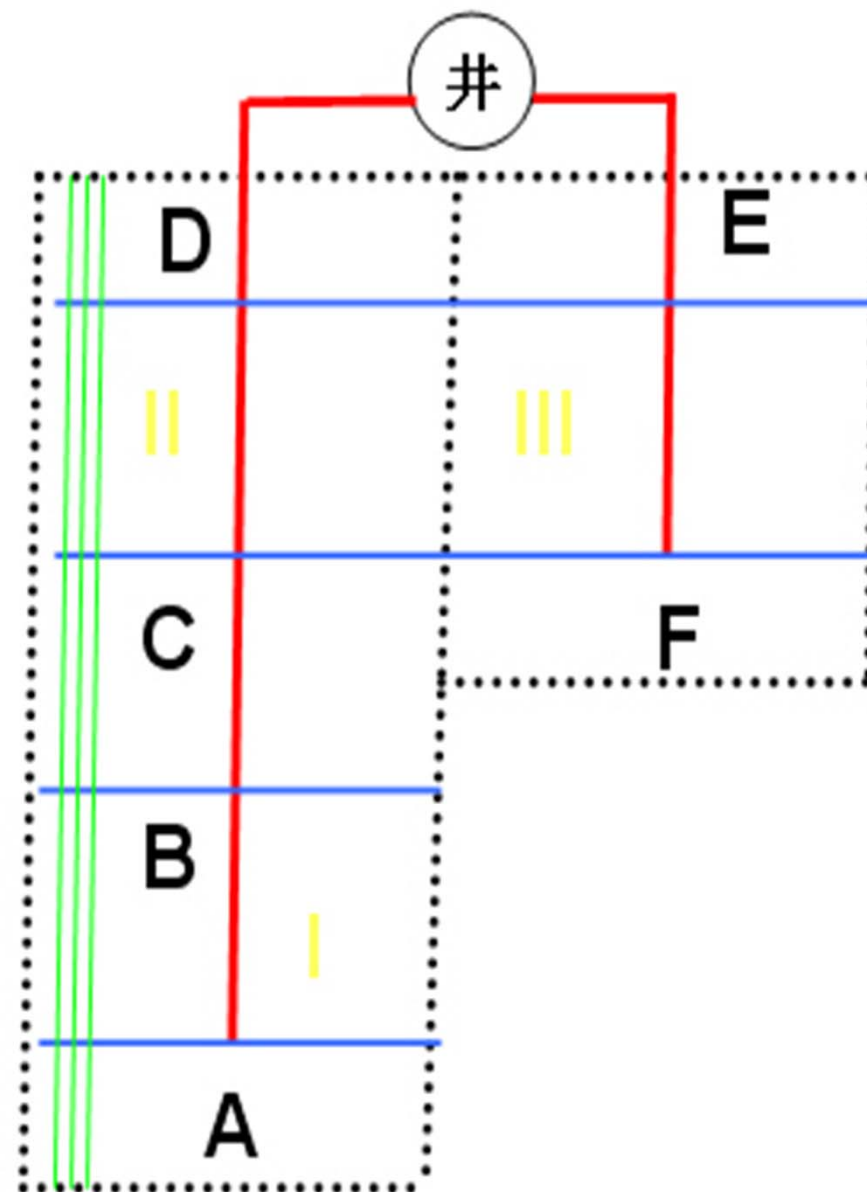


第一阶段：1996-2010年

（二）滴灌工程设计中的主要思想

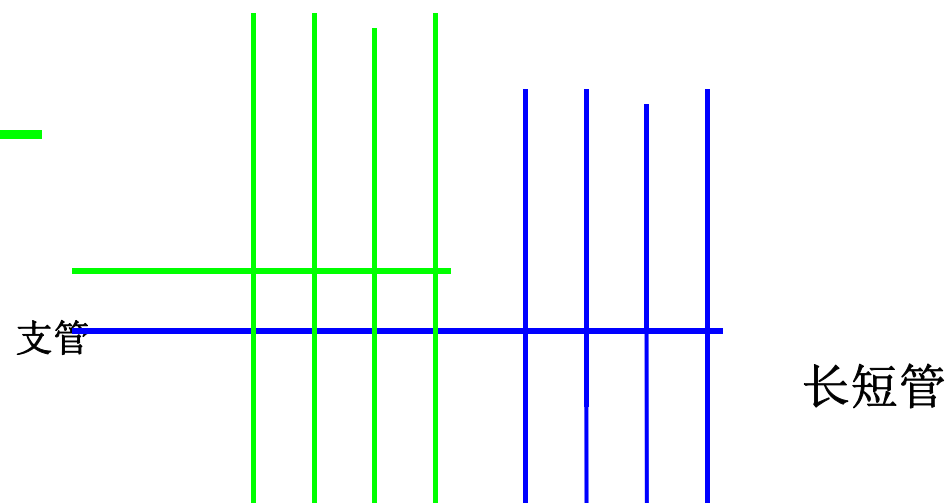
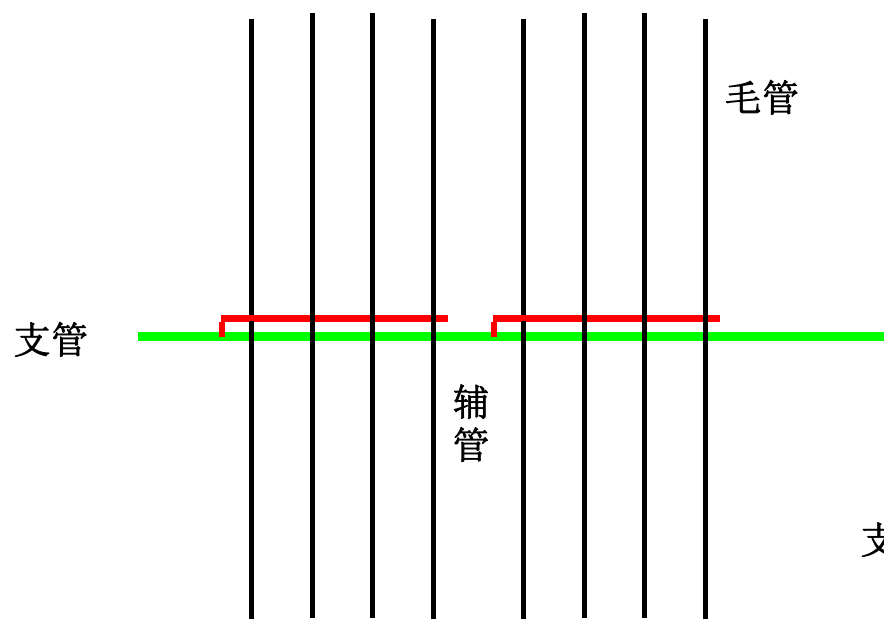
降低系统投资，（不考虑，或较少考虑劳动力成本）

表现在：1、轮灌制度划分上，一般把两条距离较远的支管组合成一个轮灌组，或 Q 分管= Q 支，通过减少分干管流量来改变管道直径，降低投资。



第一阶段：1996-2010年

2、采用支管+辅管，或长短管的设计方法，即增大灌水小区数量，分散分管、支管的流量，减少管径，降低投资。

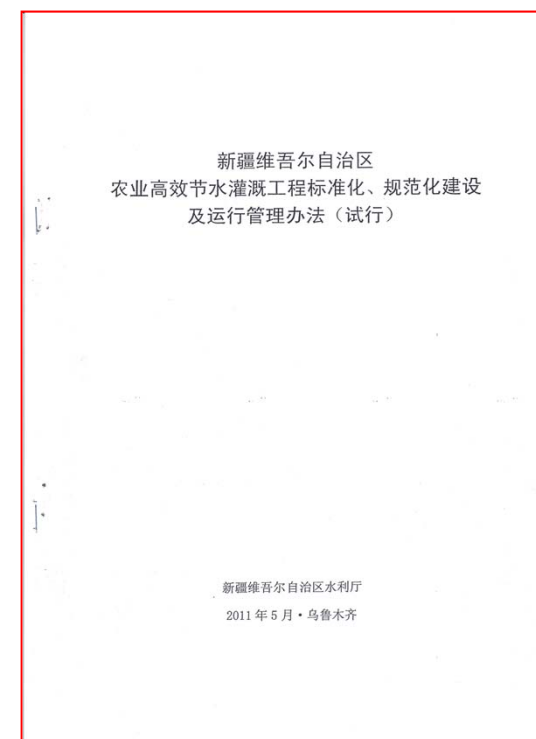


第二阶段：2011- （提高滴灌工程质量和效率）

标志1、标准化、规范化建设（2011.5）

标志2：“提质增效”（2012.5.20）

对农业高效节水灌溉工程提出了更高的要求，
从前期规划设计、中期项目实施、后期运行管理都要严格按照有关《规范》来操作



加大了对高效节水补助力度，
300元/亩

滴灌工程技术的主要特点

- 1、水源以地表河水为主，多为渠道加压滴灌系统，自压滴灌系统面积越来越大。
- 2、滴灌面积较大，集中连片，3000-20000亩。
- 3、地表水源控制作物由单一作物增加到数种作物。
- 4、滴灌灌溉作物除一年生作物外，增加了多年生作物（牧草、果树）
- 5、滴灌面积在灌区所占比重越来越大，最大达到80%以上
- 6、毛管形式多样化，滴头流量趋小，支管以带代管





低压滴灌系统的含义



影响滴灌系统的关键因素



降低系统压力的措施分析



低压滴灌系统优缺点

一、低压滴灌系统含义

目前微灌灌水器的流量和工作压力

1、微喷灌：50—200L/h，15—20m

2、涌泉灌：4-20L/h，10m

3、滴灌：1.8-3.2L/h，8-10m

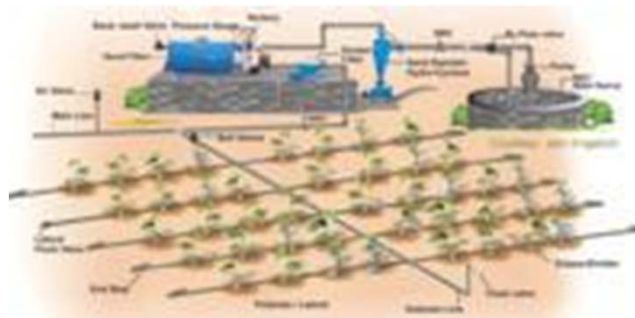


山东莱芜丰源节水灌溉设备有限公司

低压滴灌系统概念产生的背景

政策原因：《节能环保产业发展规划》于**2010**年获批，国家大力倡导“节能环保、绿色经济”。如按滴灌系统降低**5m**的工作压力计，将节余电能**10%**，新疆**3000**万亩滴灌面积，每年约节省**10**亿度电。

造价原因：发展自动化滴灌技术，需要电磁阀、**RTU**等设备，如按传统滴灌设计布置支毛管，每亩约增加**500**元的自动化设备投资，因此，需要找到降低自动化滴灌系统的方法。如增加毛管铺设长度，降低支管数量。



低压滴灌系统的理论基础

张国祥等对滴灌设计水头取值做了分析：

(1) 田面高差： $\Delta Z = \Delta Z_1 - \Delta Z_2$

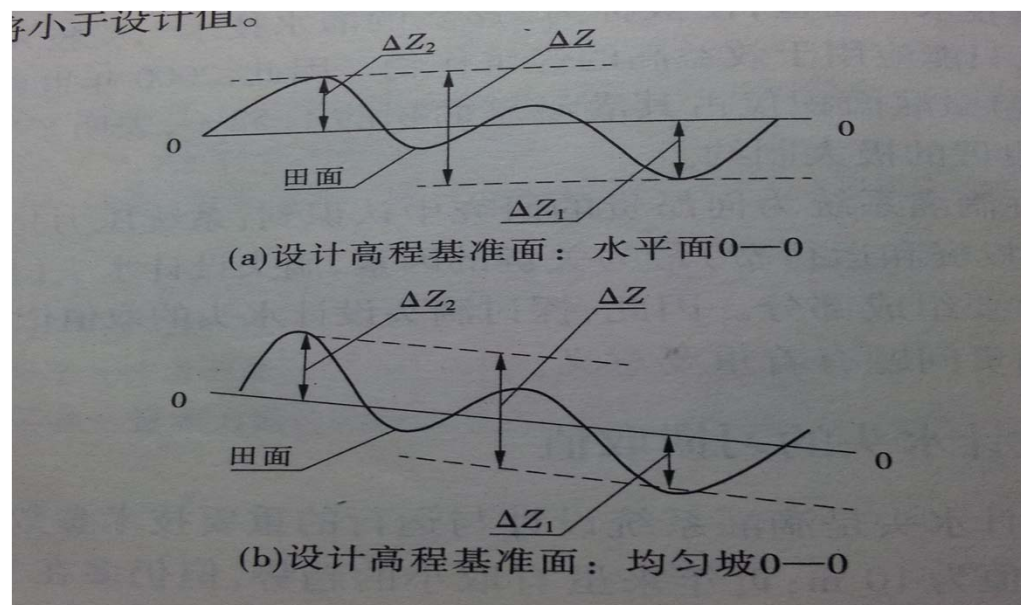
ΔZ_1 ：高程偏差的最大值 ΔZ_2 ：高程偏差的最大值

(2) 高差流量偏差率： $q_{zv} = \frac{x\Delta Z}{h_d}$

x ：滴头流态指数

ΔZ ：田面高差

h_d ：滴头工作水头



(3) 田面高差对灌水质量的影响分析

滴灌区类别	Δz (m)	$\Delta z/h_d$	q_{zv}	评判
温室、大棚	≤ 0.05	≤ 0.005	≤ 0.0025	影响可忽略
平原区水浇地	0.05-0.25	0.005-0.025	0.0025-0.0125	影响可忽略
丘陵区平整耕地	0.25-0.40	0.025-0.04	0.0125-0.02	影响很小
山丘区果园	0.5-1.0	0.05-0.1	0.025-0.05	可接受

❑ 在滴头设计水头取**10m**，对于平原区和经过平整的丘陵区，特别对温室、大棚，是不必要的

❑ 仅对山丘区高差超过**1m**时，是可接受的

❑ 在大多数平原灌区，取**10m**设计水头将会有出现不同程度的闲职能力，且由此付出了高投资和高运行费（电费）

滴头设计水头取值

滴灌设计中，滴头设计水头取值按下式计算

$$h_d \geq 20 \times \Delta z$$

h_d 滴头设计水头 (m) $\times$ 滴头流态指数

Δz 田面高差 (m)

滴头设计水头与灌水小区田面高差有关

当田面高差 $\leq 1.0\text{m}$ 时， $h_d=10\text{m}$ ；当田面高差 $\leq 0.50\text{m}$ 时，
 $=5\text{m}$

低压滴灌系统的含义

由于滴灌灌区多数属于 $\Delta z \leq 0.4\text{m}$ 的范围，因此称 $\leq 4\text{m}$ 的滴头为低压滴头，使用低压滴头的滴灌系统成为低压滴灌系统。

根据滴头流量与压力的关系

$$q = kh_d^x$$

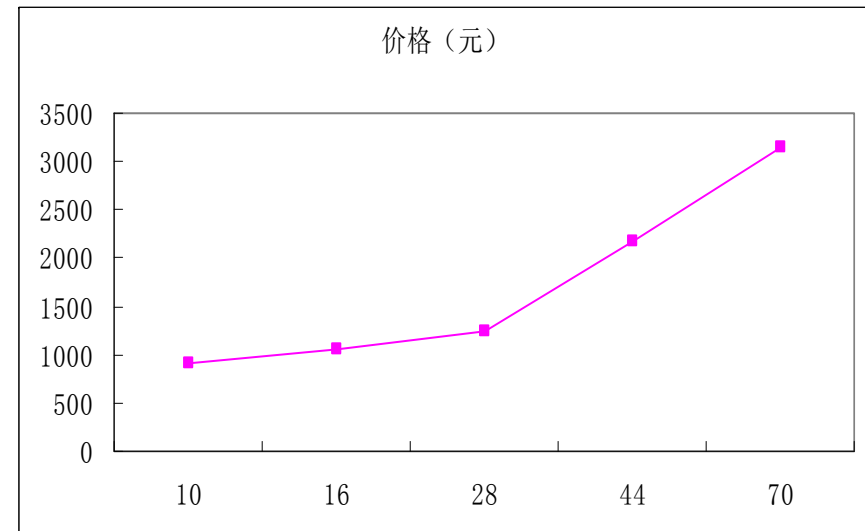
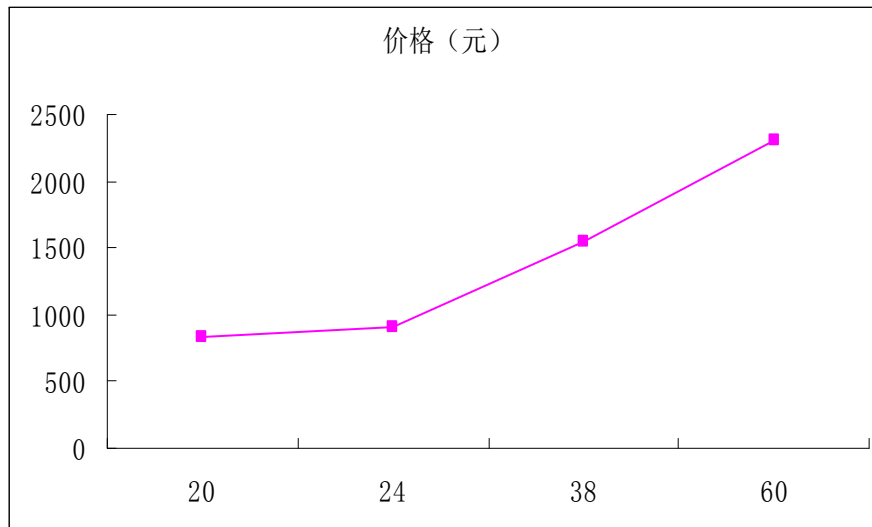
几种常见滴头在不同压力时的流量，见下表：

灌水器序号	压力—流量关系	10m 水头流量 (L)	4m 水头流量 (L)
1 号	$3.794h^{0.5}$	12	7.6
2 号	$0.5024h^{0.6}$	2	1.2
3 号	$0.8 h^{0.7}$	4	2.1

二、影响滴灌系统的关键因素

(1) 压力对加压机组投资的影响

系统压力的大小决定着水泵的扬程和动力机功率的高低。在同一流量下，加压机组的投资与系统压力大小成正相关。

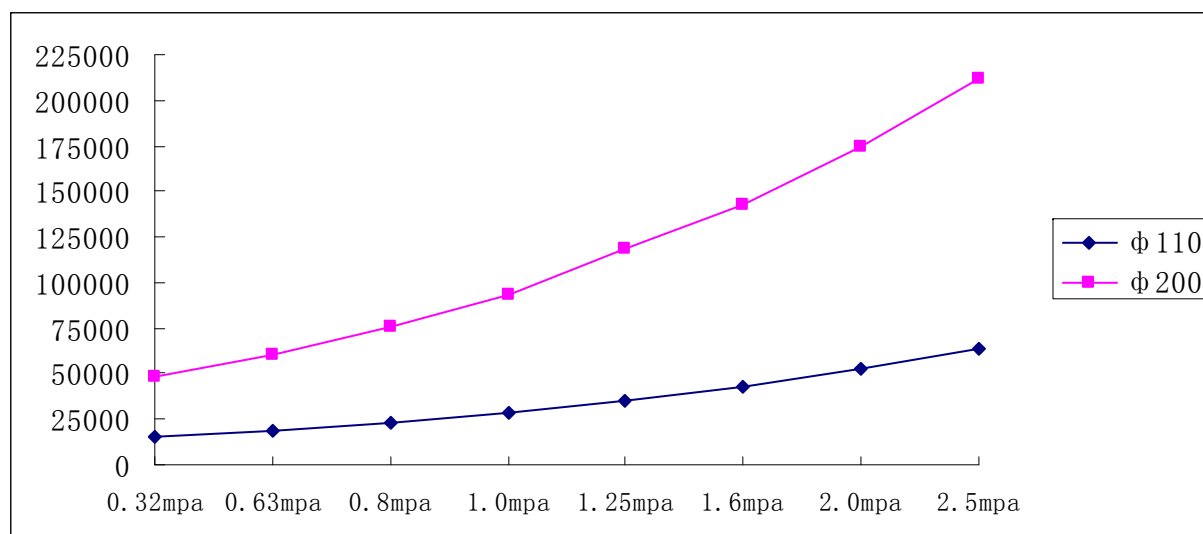


(2) 压力对管道费用的影响

单位长度管材消耗塑料的体积可按下式计算：

$$V = \frac{2 \times 10^{-6} \pi D^2 P [\sigma]}{(2[\sigma] + P)^2} \propto P$$

管材消耗塑料的体积V基本与压力P在成正比。管道投资与消耗塑料体积成正比，因此，各级管道的投资与其设计压力的大小成正比。



二、影响滴灌系统的关键因素

(3) 压力对系统运行费用的影响

能耗是系统运行费用的主要部分，系统能耗与系统压力成正比，显然压力越大，系统运行费用越高

通过压力与水泵、管材费用、系统运行费用的关系分析，**压力**对滴灌系统投资与能耗影响极大，是个最关键的因素。

三、降低系统压力措施分析

(1) 滴灌设计水头取值

$$h_d \geq 20 \times \Delta z$$

- 在温室、大棚中滴头设计水头可取1.0m，甚至0.5m
- 在田面高差小于0.5m的田块，滴头设计水头可取5—6m
- 在田面高差小于1.0m的田块，滴头设计水头取10m



三、降低系统压力措施分析

(2) 减少干管水头损失

在管道材质、管长、流量已定时，减少水损的唯一措施是加大管径。

$$H_f = \frac{fLQ^m}{d^b}$$

管径加大一方面会增加投资，一方面却能降低水损，使用压力等级低的管材。因此，需要经济判别。

其判别式是 $\alpha_D^2 \alpha_p \leq 1$

$$\alpha_D = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\alpha_p = \frac{P_2}{P_1}$$

(2) 减少干管水头损失

如 **a**: 0.4Mpa, $\phi 200\text{mm}$ 管材壁厚为4mm, **b**: 0.3Mpa, $\phi 225\text{mm}$ 管材壁厚为3.4mm

二者 $\alpha_D = 1.125$, $\alpha_p = 0.75$, $\alpha_D^2 \alpha_p = 0.949$

说明**b管道**可节省材料 $1 - 94.1\% = 5.1\%$ 。

另外, $\phi 225\text{mm}$ 的水损只有 $\phi 200\text{mm}$ 水损的54.3%, 减少了45.7%, 如以 $\phi 200\text{mm}$ 干管水头损失16m计, $\phi 225\text{mm}$ 的水损为8.7m, 减少了7.3m。

➤ 干管进口如能降低一个压力级, 同一管径投资和水损都能减少

➤ 通过经济判别, 可选用大一级管径, 压力降一级的管道, 以节省投资或运行费用。

(3) 加大毛管管径

在毛管2和毛管1铺设长度和滴头流量相等的条件下

$$\frac{V_2}{V_1} = \alpha_p^{0.579} \quad \alpha_p = \frac{P_2}{P_1}$$

由于毛管2比毛管1压力低，管径大，故 $\alpha_p < 1$ 。说明通过加大毛管直径、压力降低的方法，可使投资减少。

滴头设计水头 (m)	0.5	1.0	1.6	2.6	4
毛管质量减少 比例	82.4%	73.6%	65.4%	55.2%	41.2%

在极限孔数，滴头流量相同条件下，与滴头设计水头10m毛管相比

四、低压滴灌系统的优缺点

优点

(1) 降低系统投资、降低系统能耗

(2) 提高滴灌系统抗堵塞性能 ($q = k_1 a^2 h^x$)

滴头设计水头 (m)	0.5	1.0	1.6	2.6	4
X=0.5	2.11	1.78	1.58	1.41	1.26
X=1.0	4.47	3.16	2.50	2.00	1.58

在滴头流量相同条件下，与滴头设计水头10m毛管相比

(3) 降低滴头制造难度

低压滴头流道尺寸显著加大，相同机加工精度带来流道断面尺寸相对误差减小，从而降低滴头的制造偏差，降低加工成本

四、低压滴灌系统的优缺点

缺点（新问题）

(1) 田面高差对灌水质量影响不可再忽略

前面已分析，在滴头压力取10m时，田面高差（小于0.4m）对灌水流量偏差率很小，可忽略。

但滴头压力取小后，由于田面高差引起的流量偏差率可达5%，该影响已不可忽略。

四、低压滴灌系统的优缺点

缺点（新问题）

（2）对毛管铺设长度的影响

灌水小区允许水头偏差为

$$[\Delta h] = [h_v] \cdot h_d$$

由于设计水头减少，将使灌水小区允许水头偏差减小。

根据水平坡毛管极限孔数公式计算Nm将减少，增加支管数量，有可能加大投资。

$$N_m = INT \left(\frac{5.466 \beta_1 [\Delta h] d^{4.75}}{k S q_d^{1.75}} \right)^{0.364}$$

算例1：平坡，毛管管径16mm，

$q=0.5024h^{0.6}$, $k=1.1$, $S=0.3m$, $q_v=20\%$, $\beta_1=\beta_2=0.5$, 计算滴头压力为10米和4米时，毛管极限孔数 N_m

(1) 滴头工作压力10m时, $q=2L/h$.

$$h_v = \frac{q_v}{x} \left(1 + \frac{0.15(1-x)}{x} q_v \right)$$

$$[\Delta h] = [h_v] \cdot h_d$$

$$N_m = INT \left(\frac{5.466 \beta_1 [\Delta h] d^{4.75}}{k S q_d^{1.75}} \right)^{0.364}$$

$$[h_v]=0.34, [\Delta h]=3.4m, N_m=261$$

(2) 滴头工作压力4m时, $q=1.2L/h$.

$$[h_v]=0.34, [\Delta h]=1.36m, N_m=259$$

算例2：平坡， $q=0.5024h^{0.6}$ ， $k=1.1$ ， $S=0.3m$ ， $q_v=20\%$ ， $\beta_1=\beta_2=0.5$ ，
 计算(1)滴头压力为10米，毛管管径16mm， $q=2L/h$ ；(2)滴头压力为4米，毛
 管管径16mm时， $q=2L/h$ ；(3)滴头压力为4米，毛管管径20mm时， $q=2L/h$
 三种情况下的毛管极限孔数Nm

$$h_v = \frac{q_v}{x} \left(1 + \frac{0.15(1-x)}{x} q_v \right)$$

$$[\Delta h] = [h_v] \cdot h_d$$

$$N_m = INT \left(\frac{5.466 \beta_1 [\Delta h] d^{4.75}}{k S q_d^{1.75}} \right)^{0.364}$$

工作压力	滴头流量	毛管管径	$[h_v]$	$[\Delta h]$	Nm
10	2	16	0.34	3.4	261
4	2	16	0.34	1.36	187
4	2	20	0.34	1.36	275
4	1.2	16	0.34	1.36	259

An aerial photograph of a vast, flat landscape. The foreground and middle ground are dominated by a patchwork of green agricultural fields, likely rice paddies, separated by thin, light-colored lines representing roads or irrigation canals. A prominent, slightly curved line of trees or a different type of vegetation runs diagonally across the lower half of the image. In the far distance, a large, calm body of water, possibly a lake or a wide river, stretches across the horizon under a pale, overcast sky. The overall scene conveys a sense of a well-managed, fertile agricultural region.

谢谢大家！