

对新疆滴灌工程设计的再认识

新疆农业大学

马英杰

2012.11.24



新疆滴灌工程设计历程



建设方案各章节的重点



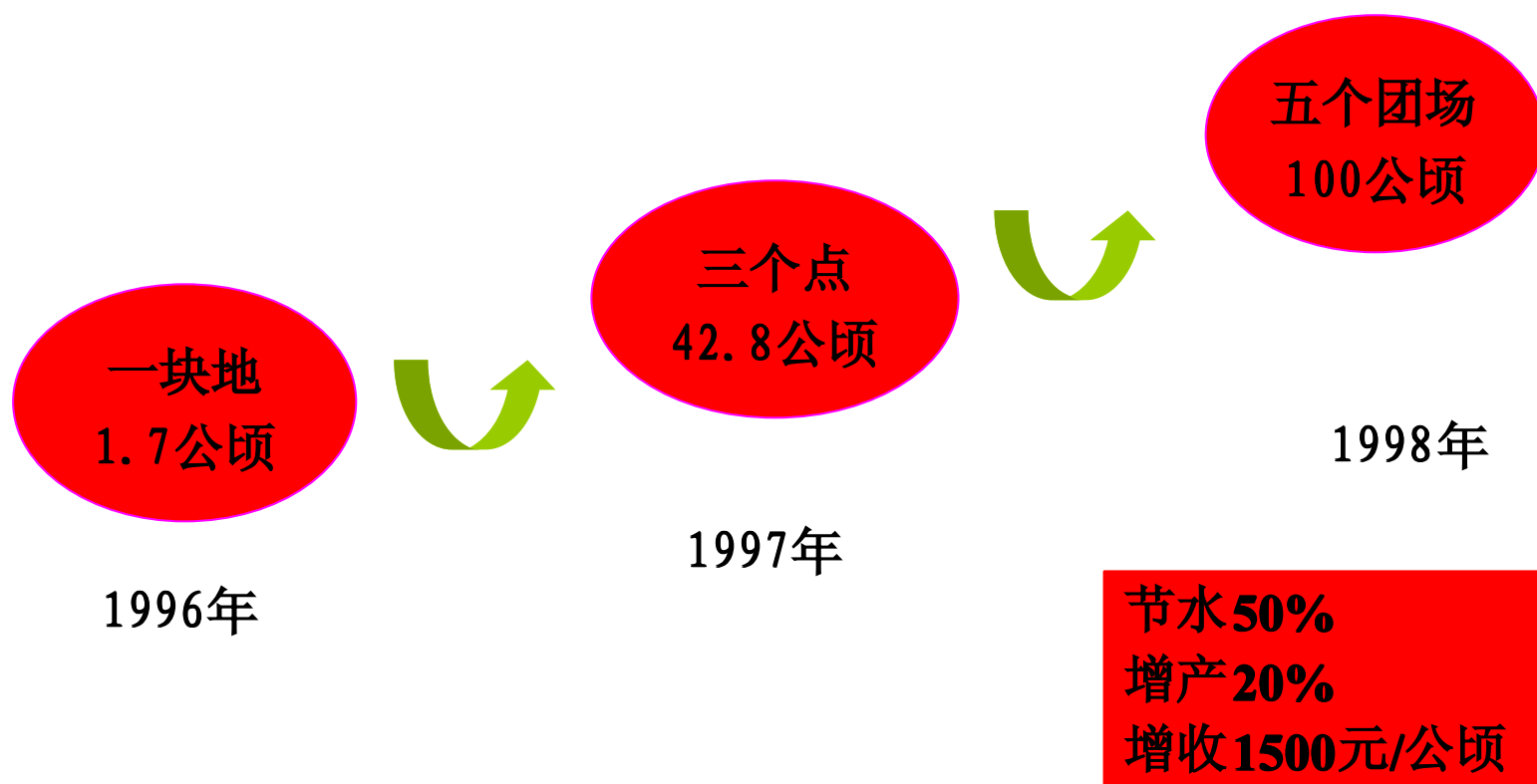
工程设计应注意的问题



滴灌工程若干研究问题

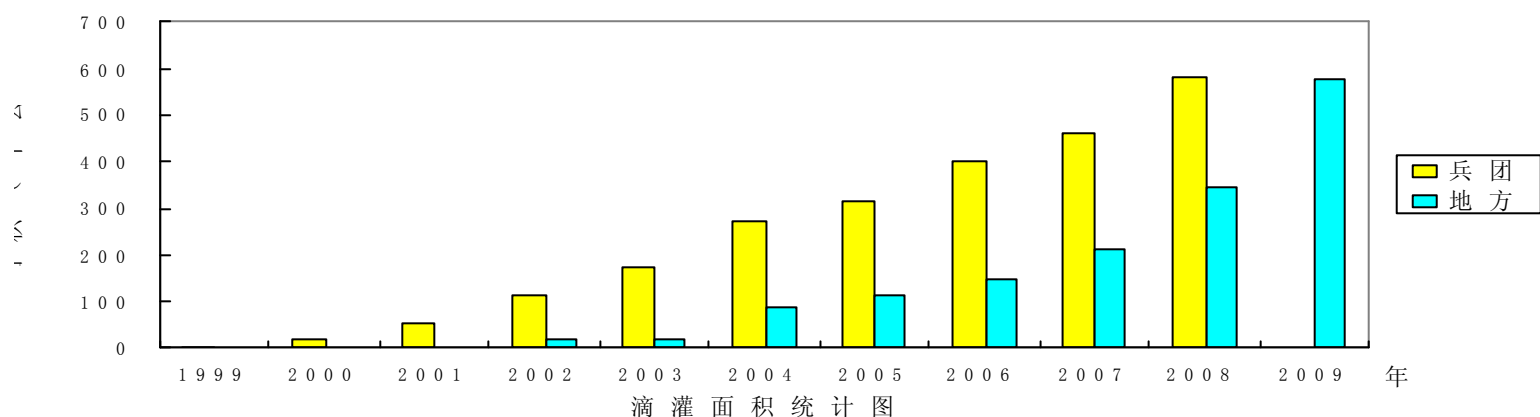
一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年



一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年



2011年底，全区高效节水面积从1174万亩增加到2870万亩，其中，地方面积1770万亩，兵团面积1100万亩。

一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年

滴灌面积快速发展的主要原因：

1、滴灌带及过滤产品国产化

滴灌带由0.8-1.0元/m降到2000年的0.2元/m，2012年0.16元/m，使滴灌系统投资降低了70%。



一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年

2、政府给予政策和资金支持

政府给予农业高效节水补助**200元/亩**，提高了广大农民的积极性

3、滴灌技术的增产增收效果显著

棉花、番茄、小麦、玉米等大田作物增产**30%以上**

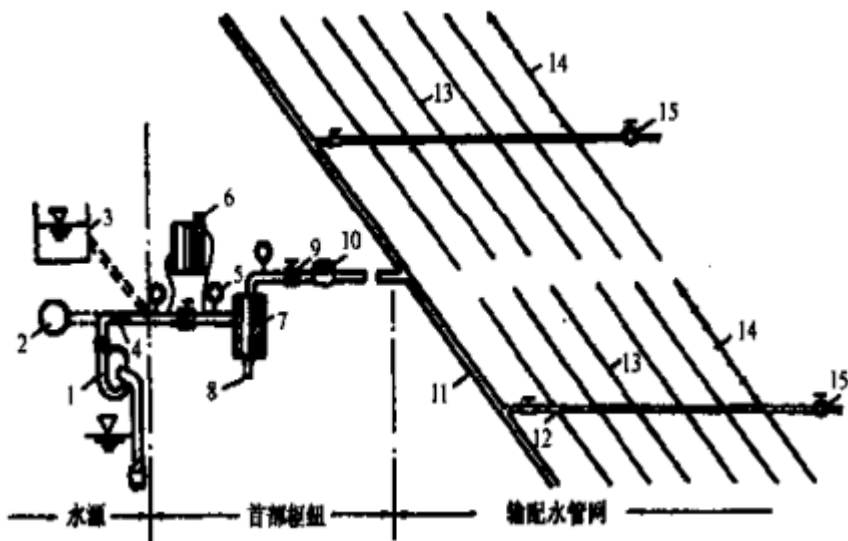


一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年

滴灌工程技术的主要特点

- 1、水源以地下井水为主，多为加压滴灌系统。
- 2、滴灌面积较小，在500-1000亩左右。
- 3、单个水源控制作物单一。

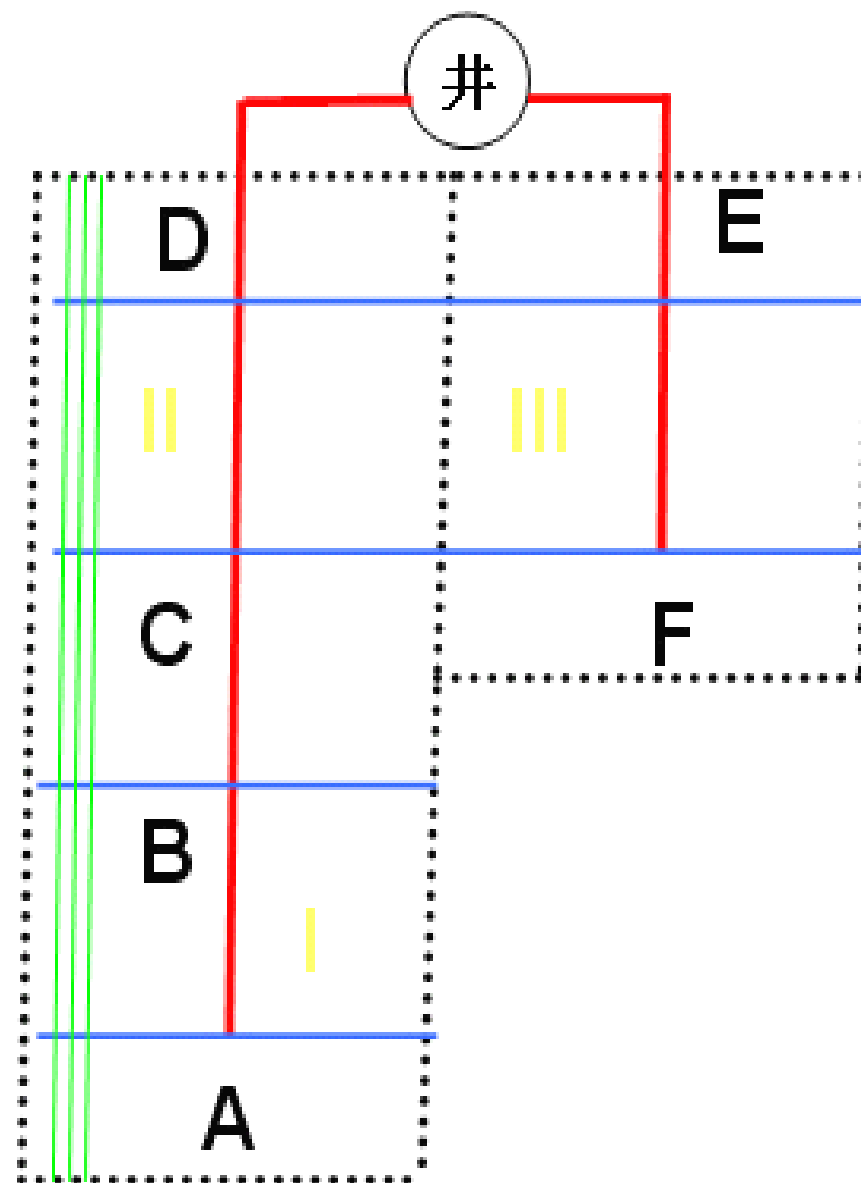


一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年

滴灌工程设计中的主要思想：降低系统投资（不（较少）考虑劳动成本）

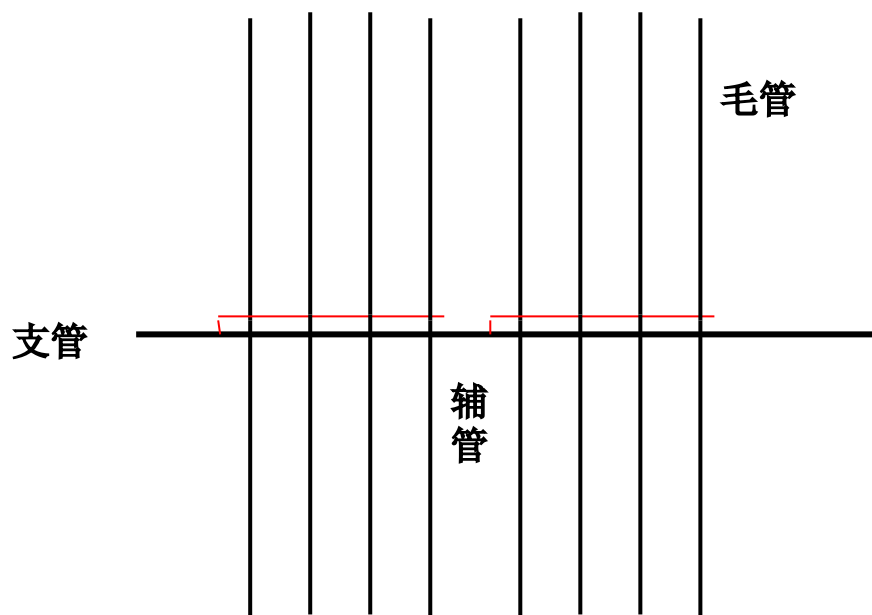
表现在：1、轮灌制度划分上，一般把两条距离较远的支管组合成一个轮灌组，或Q分管= Q支，通过减少分干管流量来改变管道直径。



一、新疆滴灌工程设计历程

第一阶段：1996-2010年

2、采用支管+辅管的设计方法，即增大灌水小区数量，分散分干管、支管的流量，减少管径。



一、新疆滴灌工程设计历程

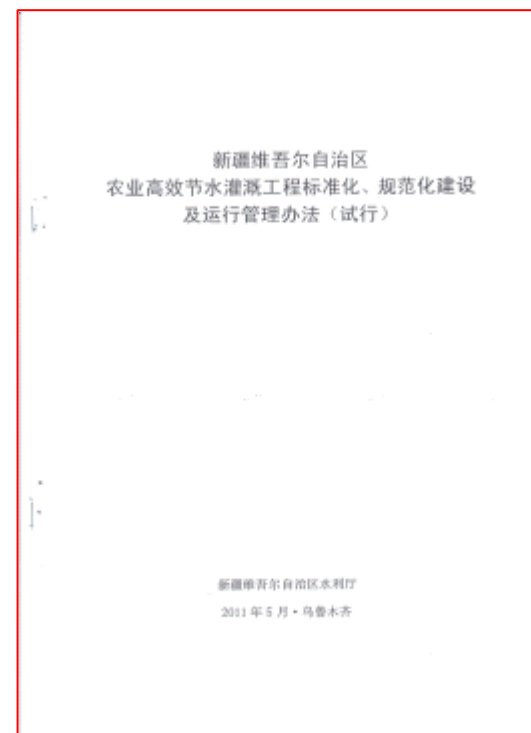
第二阶段：2011-

加大了对高效节水补助力度，**300元/亩**

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



一、新疆滴灌工程设计历程

第二阶段：2011年-

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、单一水源控制作物由单一作物增加到几种作物。
- 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）

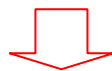


一、新疆滴灌工程设计历程

第二阶段：2011-

灌水均匀度偏低，部分设计流量偏差率40%左右；
工程规划不尽合理，系统工作效率偏低；
缺少关键控制设备的设计

问题



在滴灌工程规划、滴灌设计参数、滴灌系统水力设计、滴灌新技术新产品的使用等方面按照“标准化、规范化”实施

措施



实现农业高效节水 “提质增效”的目标

目标

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

（一）、基本情况（项目区）

1、自然地理

地理位置（东经、北纬、海拔等）、地形地貌
（地形坡度、地势高低）

2、气候条件

各月气象因素（气温、湿度、日照、风速、降水、蒸发、最大冻土深度等）

3、水资源

地表水（**75%、85%（90%）**水文年月径流、项目区分水比、悬移质含沙量（**颗分曲线**）等）

地下水（补给量、埋深、单井出水量、水化学类型、可开采量等）

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(一)、基本情况 (项目区)

4、土壤 (土壤质地、密度、田持、含盐量等)

5、地质

工程地质条件 (工程地质评价)、水文地质条

件

6、社会经济概况

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(二)、小型农田水利工程现状

1、项目区高效节水工程现状（面积、分布、类型、运行状况等）

2、项目依托的水利工程现状

地表水要有水系关系连接图（流量、高程、渠道断面、衬砌方式、渠道状况等）

地下水要有各水井的资料（水井坐标、出水流量、控制面积、属地、地下水动静水位、电机变压器功率、运行状况等）

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(三)、项目区水土平衡分析

- 1、原则与方法：现状年和设计年的**灌溉保证率**要明确；**计算节点**要明确
- 2、灌溉制度：设计年各作物灌溉制度中，**灌水定额**要与工程设计的值统一；灌溉定额与现状年不建议有较大的变化；
- 3、供需分析时，注意现状年和设计年保证率不同；要留有足够的**林地灌溉水量**。

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

（四）、工程建设内容、标准及布局

1、工程建设内容（面积、水源、系统、管道、
闸阀井数量等）

2、工程建设标准及布局（工程规模、工程级别
等）

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(五)、**工程设计方案**

1、工程设计依据和原则（各类规范）

2、灌溉方式选择（重点进行各种微灌方式的选择、滴灌带（管）的选择等）

3、工程布局（**列表**）

工程方案比选（自压、加压、水源位置、骨干管道位置等）

工程位置、系统编号、行政区属、水源（？干、？支、？斗）、面积

4、水源工程设计

地表水：沉淀池（**包括存泥深度设计**）

地下水：机井改造（洗井）

5、田间工程方案比选

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(五)、工程设计方案

6、滴灌技术设计

(1) 作物种植方式 (株行距)

(2) 滴灌带 (管) 选型 (滴灌带 (管) 参数表)

(3) 灌水器与作物种植布置关系 (滴灌带间距、布置关系图)

(4) 滴灌设计参数

土壤特性 (容重、田持、上线限)、灌溉水利用系数、设计耗水强度、土壤湿润比、系统有效工作时间、作物计划湿润层深度

(5) 设计灌溉制度

最大净灌水定额、设计灌水周期、设计灌水定额、一次灌水延续时间、轮灌组数 (各系统列表)

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(五)、工程设计方案

6、滴灌技术设计

(6) 灌水小区设计（允许水头偏差、支毛管水头差分配、支毛管极限铺设长度计算、支毛管实际铺设长度确定、支毛管进口水头计算）

(7) 系统流量计算

(8) 系统水力计算

(9) 节点压力均衡验算

(10) 首部枢纽设计

(11) 水泵、变压器、变频器选型

(12) 水锤压力验算

(13) 土建工程设计

二、建设方案各章节重点

--小型农田水利专项工程建设方案

(六)、施工组织设计

(七)、工程管理

与业主沟通，一起提出田间工程运行管理方式

(八) 环境影响评价

(九) 投资概算

(十) 经济评价

(十一) 结论

三、工程设计应注意的问题

1、微灌工程灌溉设计保证率

《规范》**4.0.1**中，要求不应低于**85%**。

灌溉设计保证率：灌溉用水量在长期内得到充分满足的概率。

一般以降雨为资料，确定设计代表年。

也可以是水源来水量，因此，微灌工程要推求**85%**的水源来水过程。

三、工程设计应注意的问题

2、微灌设计土壤湿润比

《规范》**4.0.2**中，列出了主要作物的设计湿润比。如果树、乔木**25-40%**；粮棉油**60-90%**，并指出干旱地区宜取上限值。

在报告中，建议按照《滴灌工程规划设计原理与应用》（张志新编）**P224-228**的公式对土壤湿润比进行计算，并与《规范》中的值做对比。

在果树滴灌设计中，尤其要注意对比。

$$P_W = \frac{N_P S_e W}{S_P S_r} \times 100 \%$$

$$P_W = \frac{N_P S_e W}{S_P S_r} \times 100\%$$

$$P_W = \frac{N_P S_e (S_e + W) / 2}{S_P S_r} \times 100\%$$

三、工程设计应注意的问题

3、设计耗水强度

《规范》**4.0.3**中，列出了主要作物的设计耗水强度。

建议采用参考作物腾发量公式计算，即：

$$ET_d = K_r \times K_c \times E_0$$

ET_d 作物需水量 E_0 参考作物需水量

K_r 覆盖率影响系数 K_c 作物系数

三、工程设计应注意的问题

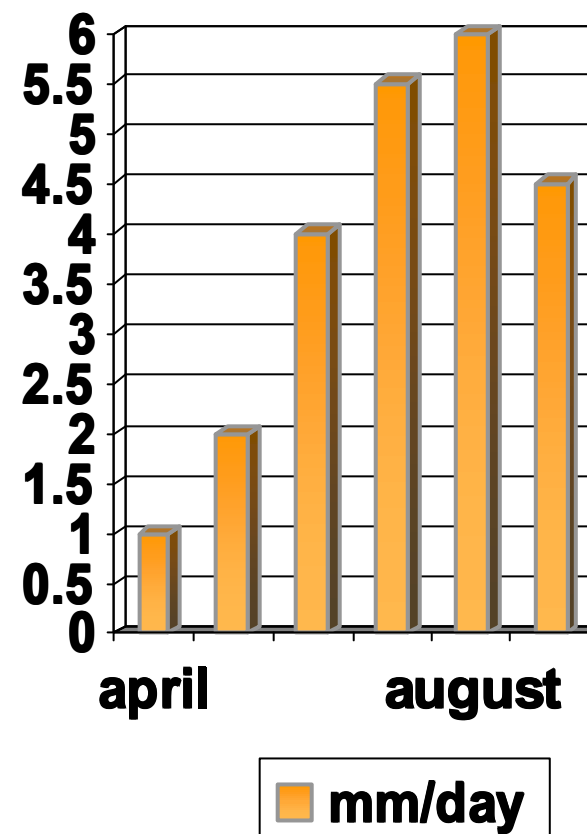
E_0 计算最大腾发量月均参考作物腾发量, mm/d

$K_r = (0.1 + Gc)$ 或 **1**, 取两者小值

$$K_r = Gc + 0.15(1 - Gc)$$

G_c 最大腾发量时作物覆盖率

K_c 作物生长中期作物系数,
一般在**1.15-1.25**



三、工程设计应注意的问题

3、设计灌水率图

在地面灌溉和喷灌方式下，当灌区面积较大（一般在万亩以上），灌溉作物较多（在3种以上）时，为了确定续灌干支渠道（管道）的设计流量时，一般采用设计灌水率法。

以往滴灌工程规模较小（一口井控制），灌溉作物单一，因此，无需采用设计灌水率确定干管流量。

目前，水源为地表水，面积较大（万亩以上），但却是由若干子系统构成的一个相对集中的项目区，每个子系统控制作物相对单一时，可以不用绘制灌水率图。

但是，如果项目区面积较大，作物较多，水源集中时，为了确定输水干管的流量，应采用设计灌水率法。

例：某灌区面积为 ω 万亩，种植一种作物，滴灌灌水定额为 m ($m^3/\text{亩}$)，灌水周期为 T (天)，每天工作时间为 t (小时)，灌水利用系数为 η ，设计耗水强度为 I (mm/d)，求系统设计流量？

第一种方法： $Q=10IA/\eta t$ (m^3/h)

第二种方法： $Q=q\omega/\eta=$

$$\frac{\frac{\alpha m}{0.36tT} \times \frac{\omega}{\eta}}{\eta} = \frac{m\omega}{0.36tT\eta} = \frac{I\omega}{0.36 \times 1.5t\eta} = \frac{IA \times 15}{0.36 \times 1.5t\eta \times 10000} = \frac{10IA}{t\eta} \quad (m^3/h)$$

三、工程设计应注意的问题

4、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

$$h_a = (20 - 40) x \Delta z$$

h_a 滴头设计水头 (m)

x 滴头流态指数, **0.5**

Δz 田面高差 (m)

滴头设计水头与灌水小区田面高差有关

如滴灌带顺逆坡长度之和为**L**，则滴灌带的铺设坡度

$$i = \Delta z / L$$

一般 **$L < 200\text{m}$** ，所以 **$i = 0.25\text{--}0.5\%$** ， $h_a = 10\text{m}$

$i = 0.13\text{--}0.2\%$ ， $h_a = 5\text{--}8\text{m}$ 。

三、工程设计应注意的问题

5、灌水小区计算

(1) 灌水小区进口及毛管进口未设调节设备时

a、 确定流量偏差率[**qv**],计算水力偏差率[**Hv**]和允许水头偏差[**Δ h**]

b、 支毛管各按**50%**分配水头偏差

c1、 平坡条件下, 按公式 (4.3.6) 计算毛管极限孔数**Nm**和极限铺设长度**Lm**。

先确定支管管径, 然后按公式 (4.3.6) 计算支管极限孔数**Nz**和极限铺设长度**Lz**。

$$N_m = INT \left(\frac{5.446 [\Delta h_2] d^{4.75}}{k S q_d^{1.75}} \right)^{0.364}$$

三、工程设计应注意的问题

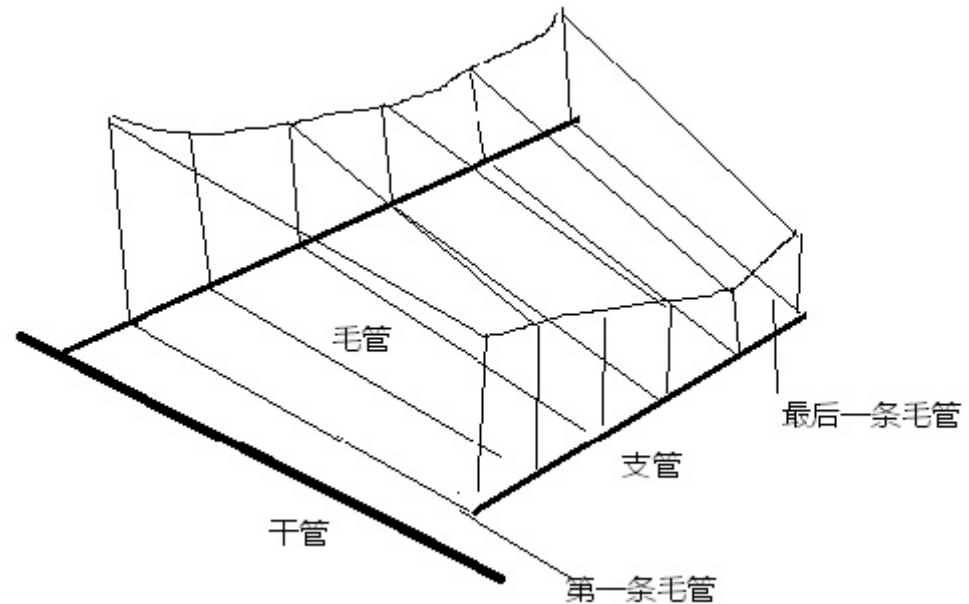
确定毛管和支管的实际长度。

按公式 (C14,C15) 计算毛管和支管的进口水头
(J=0) (注意在计算支管的首孔水头h1时, 公式
(C15) 的hd可为毛管进口水头h0)

$$h_1 = h_d + R\Delta H - 0.5(N-1)JS$$

$$\Delta H = \frac{Gh_d(N-0.52)^{2.75}}{2.75}$$

$$h_0 = h_1 + \frac{kfS_0(Nq_d)^{1.75}}{d^{4.75}} - JS_0$$



三、工程设计应注意的问题

c2、均匀坡条件下，按附录C计算毛管极限孔数Nm和极限铺设长度Lm。

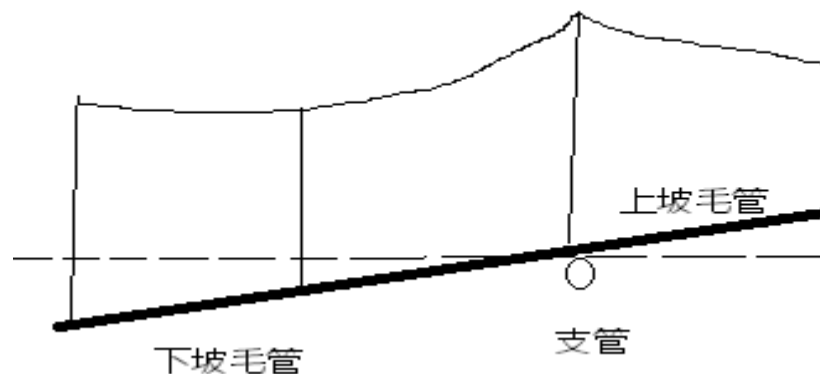
先确定支管管径，然后按附录C计算支管极限孔数Nz和极限铺设长度Lz。

确定顺逆坡毛管和支管的实际长度（可取计算长度的**0.8-0.9**）。

三、工程设计应注意的问题

已知顺逆坡毛管的总长度和总孔数，按照**顺逆坡毛管上最大压差相等**的原则，通过试算计算毛管的顺逆坡孔数，并计算毛管进口水头

也可按公式 (**C14,C15**)直接计算毛管和支管的进口水头（注意在计算支管的首孔水头 h_1 时，公式 (**C15**) 的 h_d 可为毛管进口水头 h_0 ）（见例）



三、工程设计应注意的问题

5、灌水小区计算

(2) 毛管进口设调节设备时

a、确定流量偏差率 $[qv]$,计算水力偏差率 $[Hv]$ 和允许水头偏差 $[\Delta h]$

b、允许水头偏差全部分配给毛管

c、按照平坡或均匀坡情况, 计算毛管极限孔数 N_m 和极限铺设长度 L_m 。

确定毛管和支管的实际长度。

计算毛管进口水头

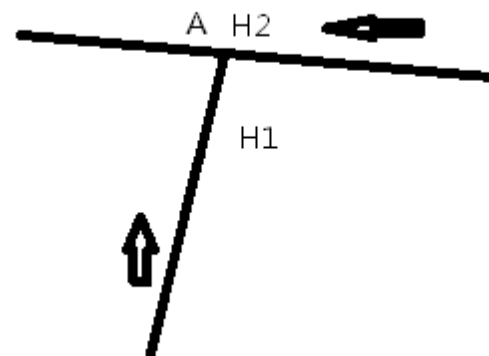
支管进口水头应在毛管进口水头基础上再加上5m的调节设备水头损失。

支管管径可在满足毛管入口压力条件下, 合理选择。

三、工程设计应注意的问题

5、灌水小区计算

根据规范**5.4.1**和**5.4.2**有关“节点压力均衡”的规定，从同一节点取水的各条管线同时工作时，应比较各条管线对该节点的水头要求。通过调整部分管段直径，应是各管线对该节点的水头要求一致，也可按该节点最大水头要求作为该节点的设计水头，其余管线进口应根据节点设计水头与该管线要求的水头之差设置调压装置。



三、工程设计应注意的问题

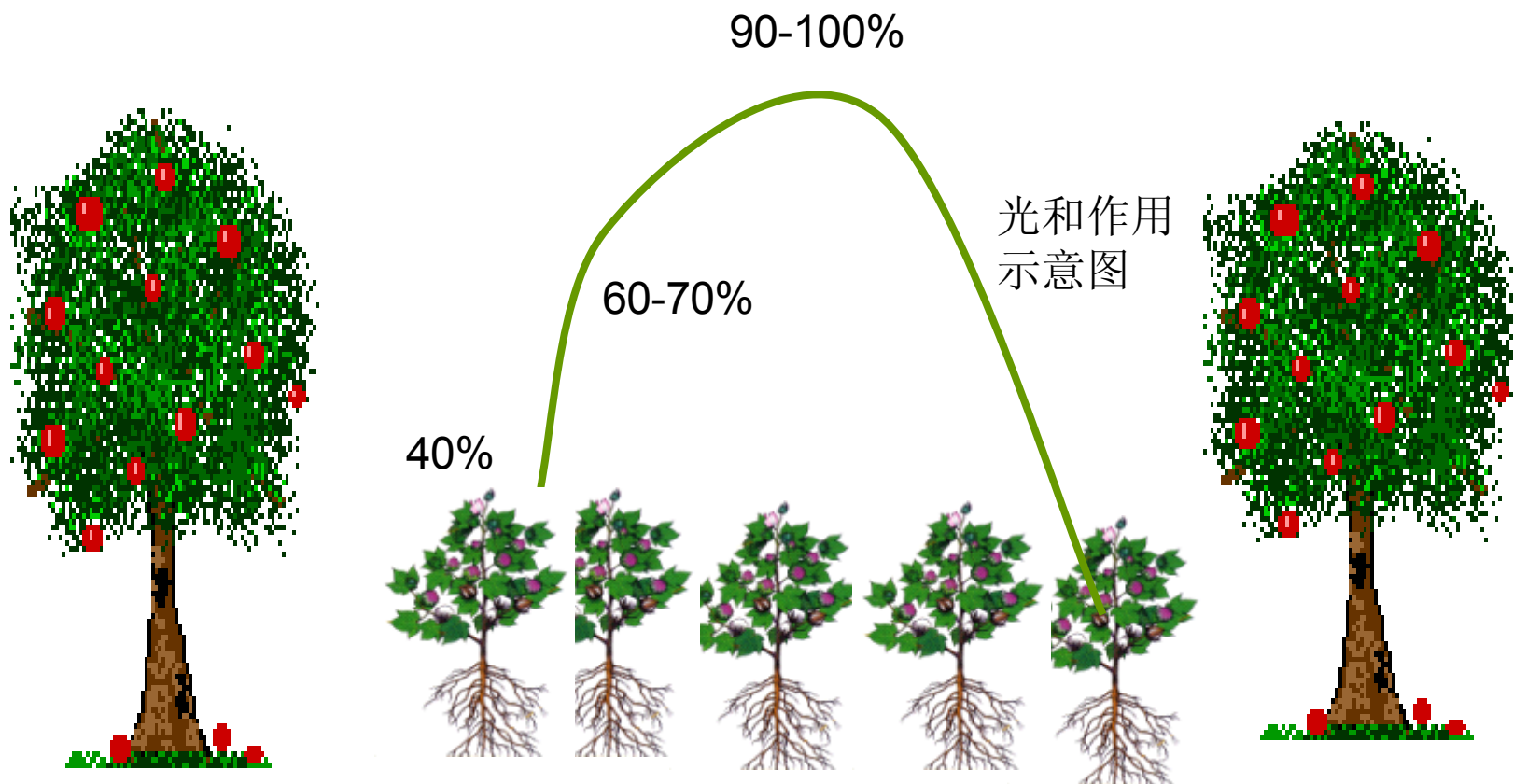
6、作物轮作倒茬

部分农田为了保持土壤肥力和减少病虫害，需要轮作倒茬，比如小麦收后种植玉米。由于小麦毛管间距为**0.7m**，玉米毛管间距为**1.0m**，单位面积小麦所需流量较大，因此，通常以小麦为典型作物进行滴灌系统设计。但在报告中应同时对玉米也要做完整的设计，包括设计参数、灌溉制度、工作制度、灌水小区计算、水力计算、节点压力验算等，如果玉米滴灌所需流量和压力远小于已选定的水泵型号，就需要配置变频设备。

三、工程设计应注意的问题

6、果棉（果粮）套种耗水强度

在南疆有很多农田中种植果树和棉花（或小麦），称为农林复合系统。一般认为棉花等矮秆作物对果树这类高秆作物影响较小，但果树却对棉花有较大的遮光作用。根据文献，一般约**1/3**最靠近果树的农作物，光合作用下降**60%**左右，在果树中间行约**1/3**的农作物光合作用基本没有下降，其余**1/3**农作物下降约**30-40%**，而且果树种植是东西向的，要比果树种植是南北向的影响更严重。



三、工程设计应注意的问题

7、果棉（果粮）套种耗水强度

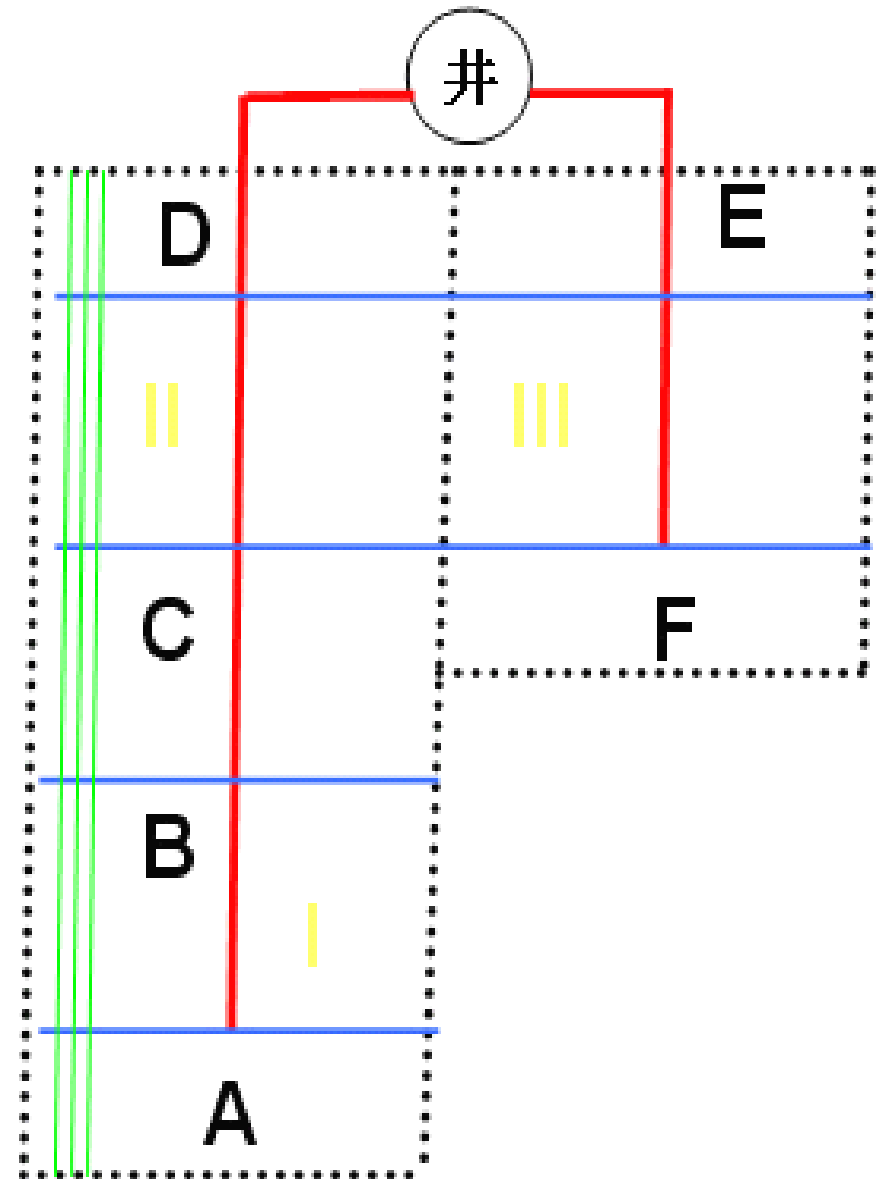
据此，在计算果树耗水强度时，可按前述方法计算，为计算准确，应收集果树树冠、树高等资料。在计算农作物时，可在计算大田作物耗水强度基础上乘以**0.6-0.7**的系数。

在计算农林复合系统灌溉用水量时，建议按照果树+农作物所占面积权重的方法来计算用水量。

三、工程设计应注意的问题

8、轮灌制度的确定

为了提高人工效率，减少用水施肥产生的矛盾以及病虫害的传播，在轮灌制度划分上，建议把同时工作的支管尽量安排在一条或相近的两条分干管上，每条分干管上同时工作的支管也尽量靠近。分干管沿程不变径，直径可控制在**200mm**，水头损失控制在**5-6m/1000m**。

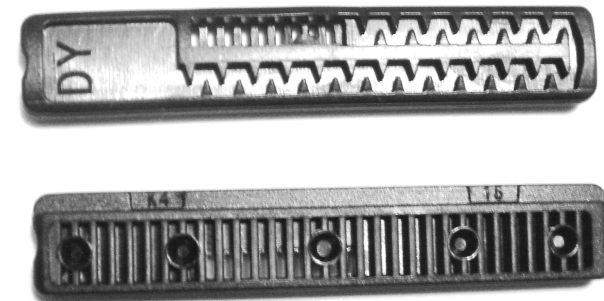
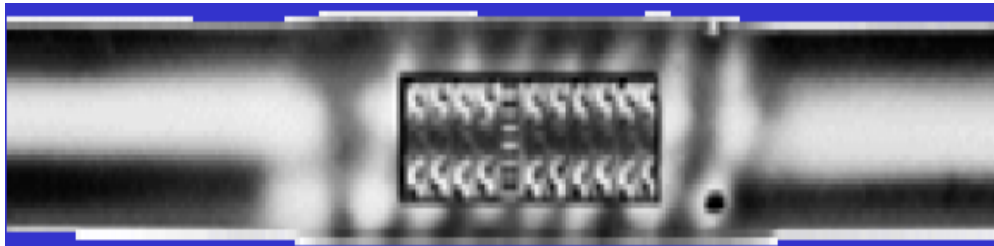


三、工程设计应注意的问题

9、灌水器和支管管径选择

业界普遍认为滴灌将向“低压小流量”方向发展，通过实践表明，小流量滴灌带可以铺设更长距离，单位面积支管数量和阀门数量将大大减少，同时流态指数 X 较小的滴灌带，可在压力较小情况下出水更均匀，对作物生长更有利。

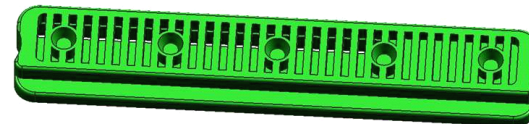
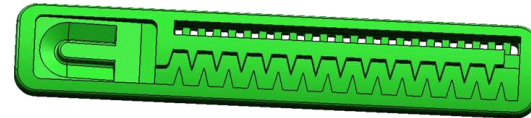
为了实现在满足灌水小区允许水头差条件下支管能带更多滴灌带，以减少分干管数量，建议支管管径选择 ϕ 110-125。



三、工程设计应注意的问题

10、牧草滴灌技术

根据牧草生长特性，结合吉木乃等经验，一般是将滴灌带浅埋入土中**5-10cm**，滴灌带间距**0.6m**。浅埋滴灌与地表滴灌没有本质区别，可以按地表滴灌系统设计方法进行设计。但为了减少因为“负压吸泥”和“根系入侵”等对滴灌带的影响，建议采用有防负压的滴灌带。



四、滴灌工程若干研究问题

1、滴灌系统规模确定

滴灌系统规模的大小与其投资密切相关。一般系统越大，管网级数越多、管径越大，设备等级越高，投资越大。滴灌系统太小，设备所占比重相对较大，单位面积投资较大。

因此，应有一个合理的工程规模，在投资和运行费用上最小。

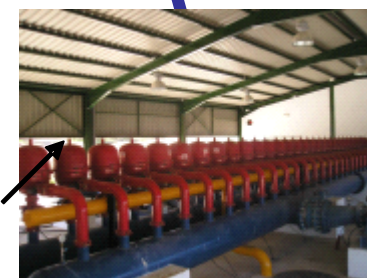
一个大的系统，其下应分成若干小的系统，从运行管理，管道直径大小、首部设备等方面分析，小系统的规模宜在**1000亩**左右，系统的流量在**200m³/h**左右，干管管径在**200-250mm**，人员相对好管理。



30-40米水头



管径>800mm



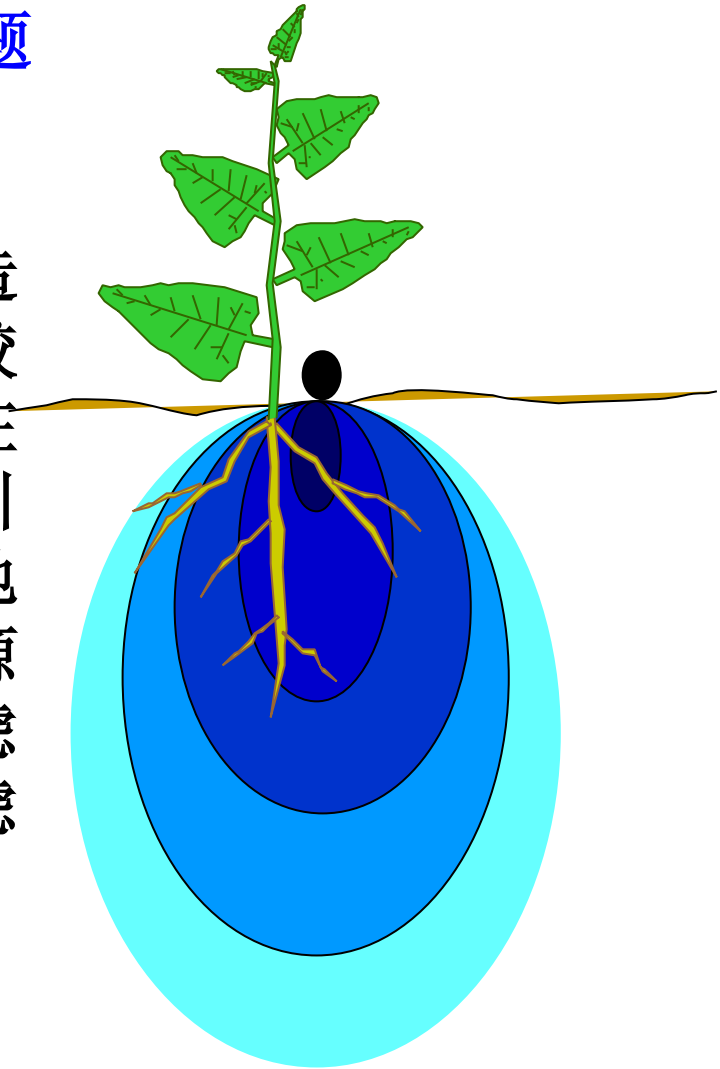
组合过滤系统

田间过滤和施肥系统

四、滴灌工程若干研究问题

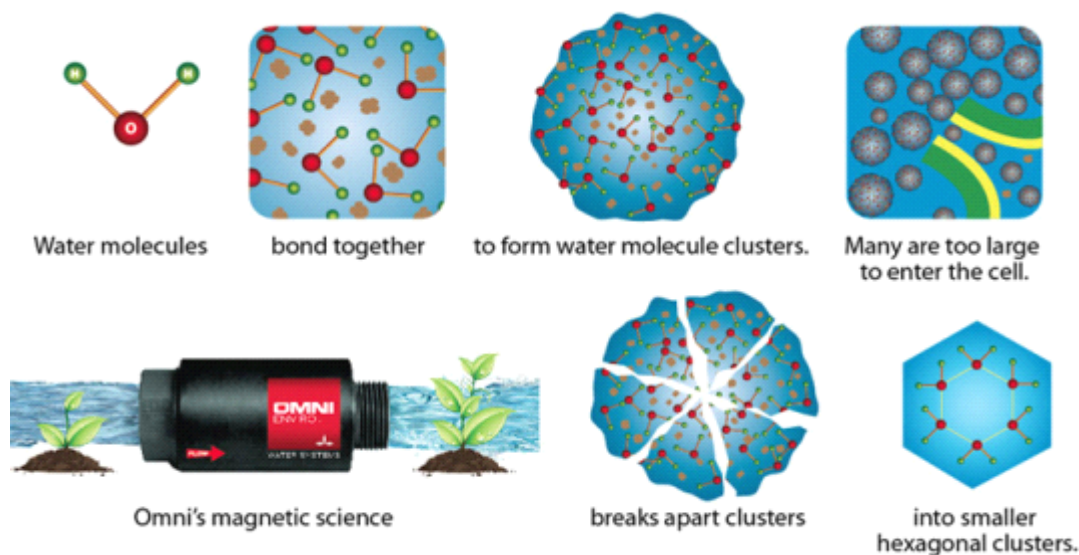
2、滴灌产生潜在的土壤盐碱化问题

滴灌会是土壤盐分积累在湿润区边缘，盐分的集聚会对来年农作物出苗造成危害，在南疆成土母质含盐量相对较高，蒸发强烈，而降水稀少，此类潜在危害会更紧迫，目前，南疆多在冬季引水洗盐压盐，这一方面会要求有一套地面灌溉系统，另一方面，会加剧水资源紧缺。在滴灌灌溉制度确定时，要考虑此部分用水量，同时，应在设计时考虑使用低压管道技术洗压盐。



四、滴灌工程若干研究问题

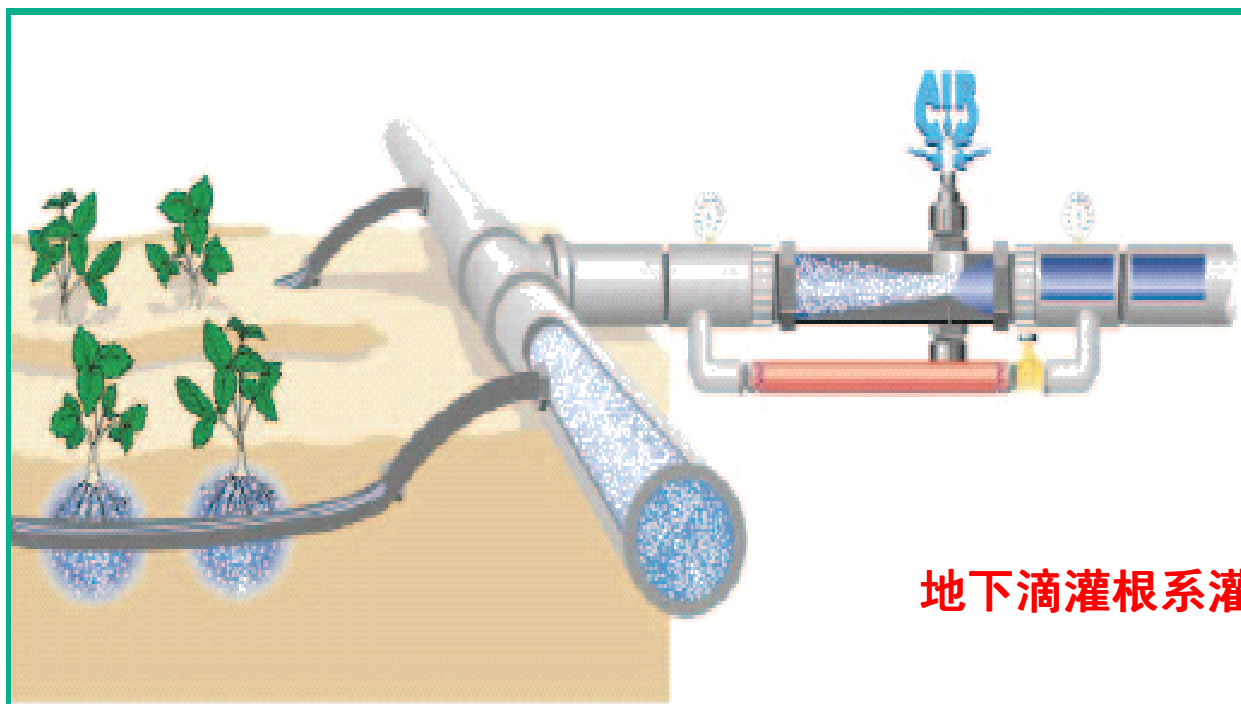
3、滴灌技术对“提质增效”的作用



磁化水处理灌溉

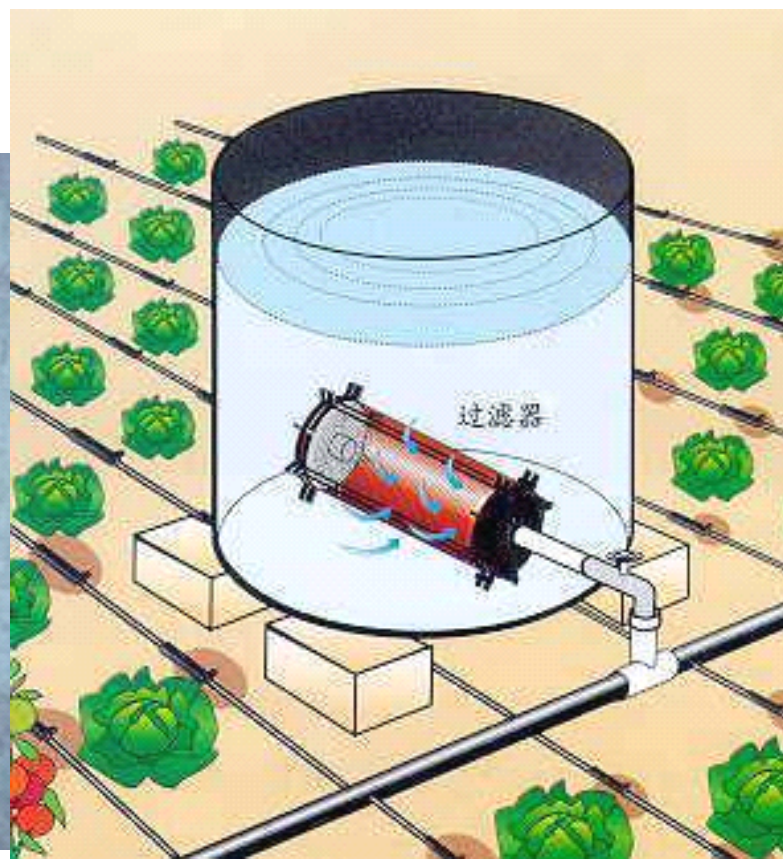
增产10-30%

四、滴灌工程若干研究问题

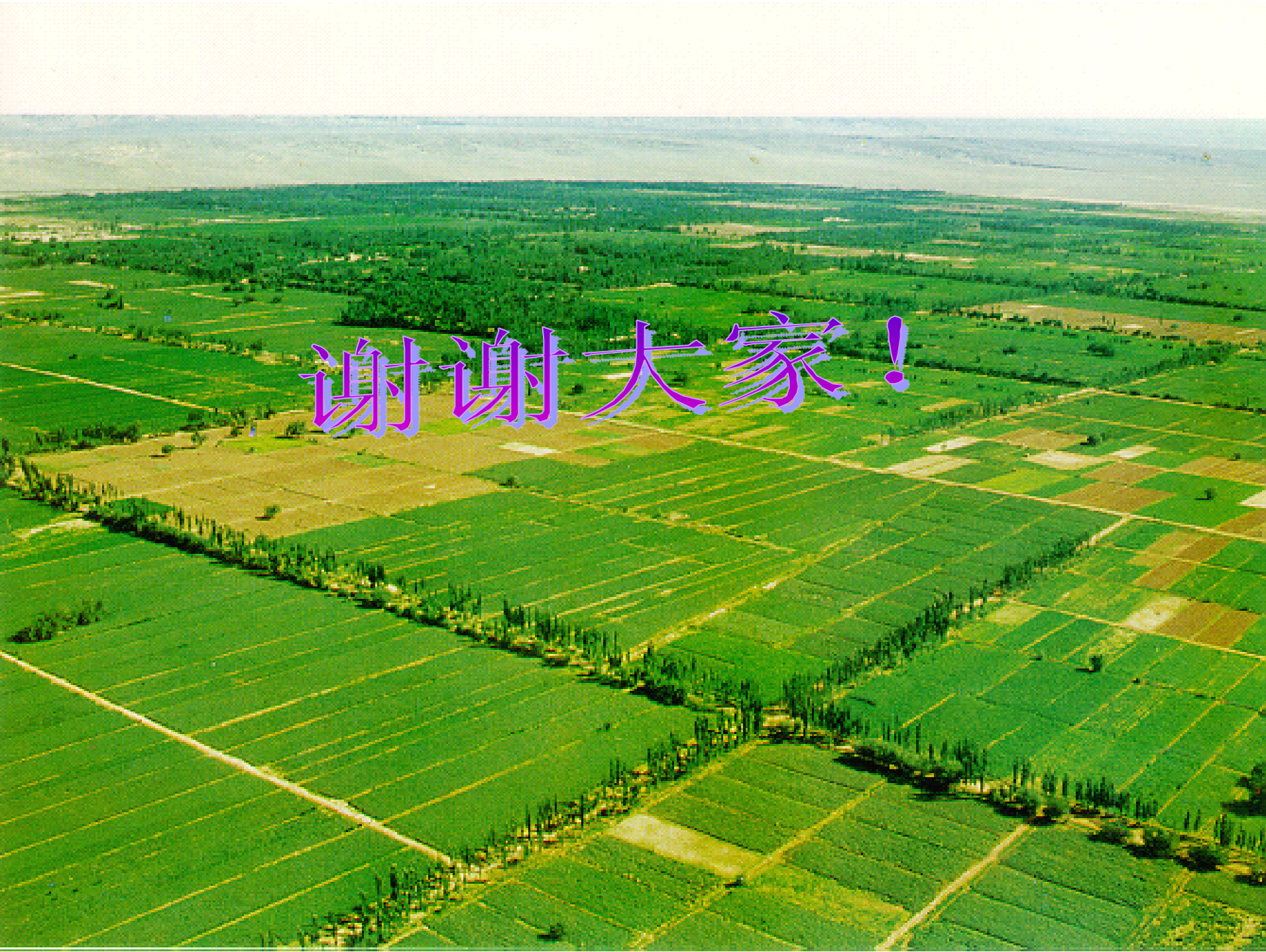


地下滴灌根系灌气技术

四、滴灌工程若干研究问题



温室加温灌溉系统

An aerial photograph of a vast agricultural landscape. The foreground and middle ground are filled with a patchwork of green and brown rectangular fields, separated by thin lines of trees and roads. A prominent diagonal line of trees runs from the bottom left towards the center. In the far distance, a large body of water, likely a lake or a wide river, stretches across the horizon under a pale sky. The text "谢谢大家!" is overlaid in the center of the image.

谢谢大家!