

加工番茄膜下滴灌工程

(一管两行)

目 录

(一) 加工番茄膜下滴灌工程设计说明	151
1. 基本资料	151
1.1 位置、地形	151
1.2 气象	151
1.3 土壤	151
1.4 作物及栽培模式	151
1.5 水源	151
2 系统规划及设计参数	151
2.1 系统工程规划	151
2.2 设计参数	151
2.3 设计灌溉制度	152
3 灌水小区(毛管和辅管)水力设计	152
3.1 灌水小区允许水头偏差及其在毛管和辅管上的分配	153
3.2 毛管极限孔数和极限长度	153
3.3 辅管极限孔数和极限长度	153
4 系统管网布置及工作制度的确定	153
4.1 管网布置	153
4.2 辅管进口稳流三通的选择	154
4.3 系统工作制度的设计	155
4.4 各级管道设计流量的推算	155
5 系统管网水力计算	155
5.1 毛管和辅管水力计算	156
5.2 稳流三通进口最低压力的确定	156
5.3 支管水头损失计算	156
5.4 干管管径的确定和水头损失计算	156
6 首部枢纽设计	157
6.1 过滤器选型	157
6.2 施肥罐选型	157
6.3 水泵及动力选型	157

7	系统运行复核	157
7.1	灌水器流量偏差复核	157
7.2	水锤压力验算与防护	157
8	材料设备用量	157
(二)	加工番茄膜下滴灌工程技术设计图	158
(三)	加工番茄膜下滴灌工程浅评	158

(一) 加工番茄膜下滴灌工程设计说明

1. 基本资料

1.1 位置、地形

项目区位于新疆兵团农八师 143 团三分场。其面积 660 亩，地形东高西低，南高北低，地势平坦，平均坡度 $0.5\text{‰} \sim 1\text{‰}$ 。

1.2 气象

该区属典型的内陆大陆性气候。其特点是：冬冷夏热，温差较大，冬夏两季长，春秋两季不明显；气候干燥，光照充足，热量丰富。年平均降雨量 185.5mm，作物需水高峰期降雨不稳定；年平均蒸发量 2046mm。

1.3 土壤

滴灌规划区土质大部分为砂壤土，土壤容重 1.45g/cm^3 ，土壤田间持水量的重量比是 24%。

1.4 作物及栽培模式

本项目设计种植作物为加工番茄，一年一熟，年生长期为 4~8 月。种植方向为南北方向。采用地膜栽培，宽窄行相间种植，窄行 40cm，宽行 110cm，株距为 35cm，主要根系活动深度为 15~50cm。

1.5 水源

井水，动水位为 18m，单井出流量不小于 $100\text{ m}^3/\text{h}$ 。水质良好，含沙量极小，沙子粒径小于 0.1mm。

2. 系统规划及设计参数

2.1 系统工程规划

项目区是加工番茄采用滴灌灌溉的试验地。根据试验需要，设计滴灌区面积 600 亩，其余 60 亩地采用常规灌溉作为对照地。

2.1.1 水源工程

本滴灌系统水源为井水，机井及泵房均已建成并使用。

2.1.2 首部枢纽

首部枢纽包括潜水电泵、电机、过滤器、施肥罐等。另配套压力表、空气阀、闸阀、水表等量测保护装置。

2.1.3 输配水管网

本工程管网系统沿水流方向初拟由主干管、分干管、支管、辅管、毛

管（含灌水器）五级管道组成。主干管、分干管选用 PVC—U 管，公称压力 0.4MPa，铺设于地下；选用 de63 支管+de32 辅管；在辅管进口设置流量调节装置；毛管选用单翼迷宫式滴灌带，内径为 16mm，壁厚 0.18mm，毛管间距 1.5m。

2.1.4 灌水器

根据土壤质地、作物需水特性及毛管布置方式，灌水器工作流量在 2.0L/h 左右较为合适，因此选用额定流量 2.1L/h，滴头间距 300mm 的 WDF16/2.1—100 型滴灌带，其参数见表 5.1。

表 5.1 灌水器参数表

滴灌带型号	WDF16/2.1—100
额定工作水头 h (m)	10
额定流量 q (L/h)	2.1
间距 S_e (m)	0.3
压力流量关系式	$q=0.528h^{0.6}$

2.2 设计参数

2.2.1 水量平衡计算

项目区灌水高峰期降雨不稳定，有效降雨设定为 0，也无地下水补给，因此灌溉补充强度 I_a 即等于作物耗水强度 4.5mm/d。

又 $A=40\text{hm}^2$ ， $C=22\text{h/d}$ ， η 取 0.9，按式 (1-2) 计算项目区所需总供水流量：

$$Q = \frac{10I_a A}{\eta C} = \frac{10 \times 4.5 \times 40}{0.9 \times 22} = 90.9 \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (1-2)$$

井出流量能满足灌溉要求。

2.2.2 系统允许流量（水头）偏差率

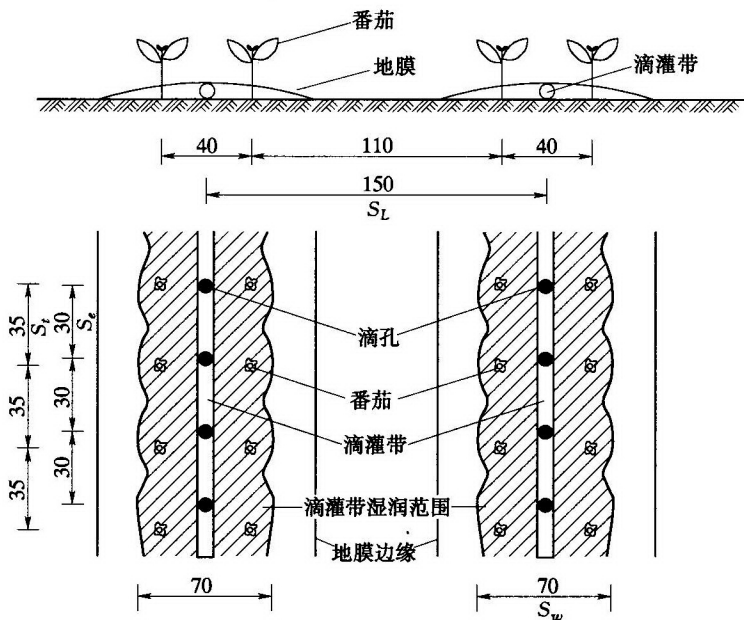
(1) 流量偏差率 $[q_v]$ ：根据《规范》3.0.9 条规定，灌水器设计允许流量偏差率应不大于 20%，系统设计在辅管进口设置稳流三通，考虑稳流三通有一定的调节误差，本工程取 $[q_v] = 18\%$ 。

(2) 水头偏差率 $[h_v]$ ： $x=0.6$ ， $[q_v] = 18\%$ ，按式 (1-4) 计算 $[h_v]$ 。

$$\begin{aligned} [h_v] &= \frac{1}{x} q_v \left(1 + 0.15 \frac{1-x}{x} q_v \right) \\ &= \frac{1}{0.6} \times 0.18 \times \left(1 + 0.15 \times \frac{1-0.6}{0.6} \times 0.18 \right) = 0.305 \end{aligned} \quad (1-4)$$

2.2.3 土壤湿润比 p

毛管沿作物种植方向呈单行直线布置, 参见图 5.1。 $n=0.35/(0.30 \times 2)=0.583$, $S_e=0.3\text{m}$, $S_w=0.70\text{m}$, $S_t=0.35\text{m}$, $S_r=0.4/2+1.1/2=0.75\text{m}$ 。依据式 (1-5) 计算土壤湿润比 p :



2.2.4 设计灌水定额 m

$$\begin{aligned} m &= 0.17z\rho (\theta_{\max} - \theta_{\min}) / \eta \\ &= 0.1 \times 1.45 \times 0.55 \times 46.64 \times (21.6 - 15.6) / 0.9 \\ &= 24.8 \text{ (mm)} = (16.5 \text{ m}^3 / \text{亩}) \end{aligned} \quad (1-7)$$

2.2.5 设计灌水周期 T

$m=24.8\text{mm}$, $I_a=4.5\text{mm/d}$, $\eta=0.9$, 按式 (1-8) 计算 T 。

$$T = (m/I_a) \eta = (24.8/4.5) \times 0.9 = 4.96 \text{ (d)} \approx 5 \text{ (d)} \quad (1-8)$$

系统采用和计算的设计参数汇总见表 5.2。

表 5.2 系统设计参数表

序号	项 目	参数值	序号	项 目	参数值
1	灌溉补充强度 I_a (mm/d)	4.5	5	灌水小区允许水头偏差率 $[h_v]$	30.5%
2	系统初定总供水流量 Q (m^3/h)	100	6	土壤湿润比 P (%)	46.64
3	灌溉水有效利用系数 η	0.9	7	设计灌水定额 m (mm) / ($\text{m}^3/\text{亩}$)	24.8/16.5
4	灌水小区允许流量偏差率 $[q_v]$	18%	8	设计灌水周期 T (d)	5

2.3 设计灌溉制度

根据加工番茄生育期各阶段的需水特性及气候、土壤特点、系统设计基本参数, 结合近几年加工番茄采用滴灌灌溉经验, 制定出番茄灌溉制度如表 5.3 所示。

表 5.3 加工番茄灌溉制度表

项 目 \ 月 份	4	5	6	7	8	灌水期合计
灌溉次数	1	2	4	4	2	13
灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$)	10	15	16.5	16.5	12	
灌水量 ($\text{m}^3/\text{亩}$)	10	30	66	66	24	196

在作物非需水高峰期, 作物日耗水强度减小, 需水量减小, 具体灌水定额和灌溉次数视当时的气候条件、土壤墒情、作物播期并参照表 5.3 而定。

3. 灌水小区 (毛管和辅管) 水力设计

由 2.2.3 节可知, 系统允许灌水器流量偏差率为 18%, 水头偏差率为 30.5%。

本系统中, 每条辅管进口设置稳流三通, 一条辅管和由它供水的毛管

构成一个灌水小区。

初定灌水器工作水头及相应流量为： $h_d=9.2\text{m}$ ， $q_d=2.0\text{L/h}$ 。

3.1 灌水小区允许水头偏差及其在毛管和辅管上的分配

3.1.1 灌水小区允许水头偏差 $[\Delta h]$

$[h_v]=30.5\%$ ， $h_d=9.2\text{m}$ ，按式（4-10）计算灌水小区允许水头偏差。

$$[\Delta h] = [h_v] h_d = 30.5\% \times 9.2 = 2.81 \text{ (m)} \quad (4-10)$$

3.1.2 灌水小区允许水头偏差的分配

根据《规范》条文说明，在平坡条件下按 $[\Delta h]$ 的 0.55 分配给毛管是经济的。本系统辅管和毛管分配比例取 0.45 和 0.55。按式（4-12）、式（4-13）计算毛管和辅管的允许水头偏差。

毛管允许水头偏差 $[\Delta h_2]$ 为

$$[\Delta h_2] = 0.55 [\Delta h] = 0.55 \times 2.81 = 1.55 \text{ (m)} \quad (4-12)$$

辅管允许水头偏差 $[\Delta h_3]$ 为

$$[\Delta h_3] = 0.45 [\Delta h] = 1.26 \text{ (m)} \quad (4-13)$$

3.2 毛管极限孔数和极限长度

3.2.1 毛管极限孔数 N_m 计算

$[\Delta h_2]=1.55\text{m}$ ， $d=16\text{mm}$ ， $k=1.1$ ， $S_e=0.3\text{m}$ ， $q_d=2.0\text{L/h}$ ，按式（4-14）计算 N_m 。

$$\begin{aligned} N_m &= \text{INT} \left(\frac{5.446 [\Delta h_2] d^{4.75}}{k S_e q_d^{1.75}} \right)^{0.364} \\ &= \text{INT} \left(\frac{5.446 \times 1.55 \times 16^{4.75}}{1.1 \times 0.3 \times 2.0^{1.75}} \right)^{0.364} = 252 \text{ (个)} \end{aligned} \quad (4-14)$$

3.2.2 毛管极限长度 L_m

$S_e=0.3\text{m}$ ， $N_m=252$ ，按式（4-22）计算得

$$L_m = S (N_m - 1) + S_0 = 0.3 \times 251 + 0.15 = 75.45 \text{ (m)} \quad (4-22)$$

3.2.3 毛管适宜铺设长度

本地块作物沿南北方向种植，毛管铺设与其同向，南北向距离为 400m，毛管铺设长度应尽量按滴灌带极限长度铺设，考虑毛管在支管两侧

成对布置, 故此 400m 按 6 条毛管长度划分较合适, 即每条毛管适宜长度为 $400/6=66.7\text{m}$, 毛管上出流孔数为 222 个, 据此, 按灌水器设计工作流量 2.0L/h 计算, 一对毛管流量为 $222\times 2.0\times 2=888\text{ (L/h)}$ 。

3.3 辅管极限孔数和极限长度

辅管也为多孔出流管, 其极限孔数和极限长度的计算同毛管。

3.3.1 辅管极限孔数 N_m 计算

$[\Delta h_3]=1.26\text{m}$, $d=28.8\text{mm}$, $k=1.1$, $S_L=1.5\text{m}$, 出水孔流量即按已定毛管流量为 $q=888\text{L/h}$ 。同理按式 (4-14) 计算辅管极限孔数为 7 个。

3.3.2 辅管极限铺设长度计算

一条辅管极限铺设长度为

$$L_m = [(7-1) \times 1.5 + 0.5 \times 1.5] \times 2 = 19.5 \text{ (m)}$$

4. 系统管网布置及工作制度的确定

4.1 管网布置

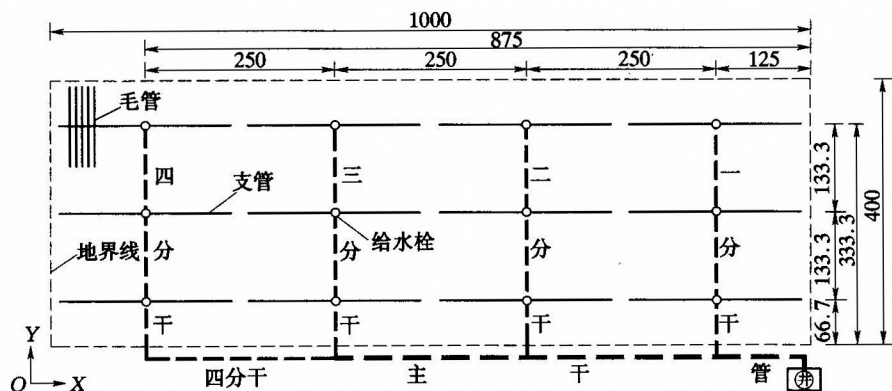
本地块实施滴灌的部分为矩形, 南北向宽 400m, 设为 Y 坐标, 是作物种种植方向; 东西向长 1000m, 设为 X 坐标, 机井在东南角。管网系统布置是与水源、地形等诸因素紧密相关的多方案反复比选的过程。

4.1.1 主干管和毛管

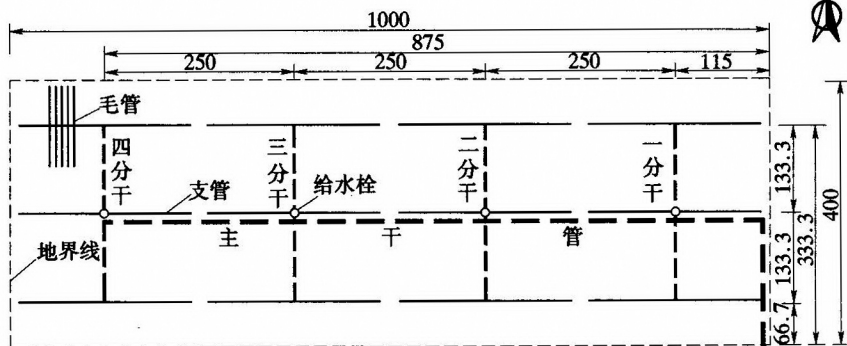
本系统沿水流方向两端可以先定, 即:

(1) 起端, 水源位置已定。可供比选的主干管走向有两个方案。方案一见图 5.2 (a)。主干管在地块的最南端, 沿 X 方向布设, 然后沿线向分干管供水。分干管与之垂直, 分干管列数由支管铺设长度决定, 假定采用 4 列; 方案二见图 5.2 (b)。主干管在地块的最东侧先沿 Y 方向布设, 然后再沿 X 方向在地块中间向与之正交的分干管供水, 分干管的方向、列数与方案一相同。

方案一干管 (主干管和分干管) 总长为 $875 + 4 \times 333.3 = 2208.2\text{ (m)}$, 方案二干管总长为 $1075 + 133.3 \times 8 = 2141.4\text{ (m)}$ 。方案二干管总长略小于方案一, 但方案二的主干管布设在地块中间, 控制阀井等也将布置在地块中间, 不便于农作和系统的运行操作及管理, 因此方案一的管网布设更为合理。



(a)



(b)

图 5.2 干管与分干管布置方案 (单位: m)

(a) 方案一; (b) 方案二

(2) 终端, 即毛管。其铺设方向要与作物种植方向同向, 即沿 Y 方向。根据土壤、作物等农业技术要求, 毛管的间距已定为 1.5m 。这样, 本地块毛管的总列数和总长度即成为定值, 它不会随干、支、辅管的布局而变化。即沿 Y 方向毛管理论长度为 400m , 沿 X 方向有 $1000/1.5 \approx 667$ 列毛管, 整个地块毛管理论总长度为 $667 \times 400 = 266800 (\text{m})$ 。

4.1.2 支管的布置

支管垂直于毛管沿 X 方向布置。布置几列支管是管网布置的一个重要环节。本设计 3.2.3 节中已初步论述, 在地块 Y 方向, 布置三对毛管 (共 6 条) 较合适, 则一条毛管长度为 66.7m, 一对毛管长度是 133.3m。若在 Y 方向布置 2 列支管, 则可布置两对毛管, 一条毛管长度为 100m, 超过毛管的极限长度 75.6m, 此长度不能成立。同理, 若在 Y 方向布置 4 列支管, 则一条毛管长度为 50m, 远小于毛管极限长度, 这样增加了支管的列数, 显然是不可取的。由此可定出, 在 Y 方向布置 3 列支管是经济合理的。这样, 本地块支管的总长就是定值, 其理论长度为 $3 \times 994\text{m}$, 它将不受分干管布置的制约。

4.1.3 分干管的布置

由 4.1.1 可知, 主干管在地块最南端沿 X 方向布置是适宜的。由此可选定与之垂直的分干管应沿 Y 方向布置, 见图 5.2 (a)。在平坡地形设计时, 一般在分干管两侧双向布置支管, 因此, 分干管的间距实际是由支管的铺设长度决定的。支管长, 分干管之间的距离就大, 分干管的列数就减少。根据近几年大田滴灌设计和工程布置实践经验, de63 支管的适宜铺设长度为 100~150m。由此, 本工程按 4 列分干管布置, 这样, 分干管一侧的一条支管长度为 $1000 / (4 \times 2) = 125 \text{ (m)}$, 满足上述要求。若将分干管列数改成 3 列或 5 列, 则一条支管的长度就是 166.6m 及 100m, 前者对运行不利, 后者造成分干管列数增多, 将使投资明显增加, 故不采纳。

4.1.4 辅管的布置

辅管与支管平行, 即与支管同向同列。需要确定的是一条支管上设置辅管的条数和一条辅管上所带的毛管对数。根据支管布置长度 125m 及滴灌带铺设间距 1.5m 可得, 每条支管上可带 84 条毛管。因辅管单侧极限分流孔数为 7, 一条辅管最多可带 14 条毛管, 当一条辅管带 14 条毛管时, 一条支管上恰好带 $84 / 14 = 6$ (条) 辅管。因此确定支管上布置的辅管数及各辅管上的毛管数为: 每条支管上布置 6 条辅管, 每条辅管上带 14 对毛管。每条辅管实际铺设长度为 19.5m, 等于辅管极限铺设长度。

管网各部分布置详见彩色插页图 5-I-5-1。

4.2 辅管进口稳流三通的选择

本工程在辅管进口设置稳流三通。根据初定的灌水器设计流量 $q_d =$

2.0L/h, 和毛管适宜铺设长度 66.7m 确定一对毛管流量为 888L/h, 1/2 辅管长度带 7 对毛管, 流量为 $888 \times 7 = 6216$ (L/h)。选用单侧出口的额定流量为 6000L/h 的稳流三通与此流量最接近。其规格参数见表 5.4。

表 5.4 稳流三通参数表

型号	ZLP-6000
规格 (mm)	φ32
额定压力 (kPa)	100~500
额定流量 (L/h)	6000
平均偏差 (%)	5

4.3 系统工作制度的设计

4.3.1 终设参数的核定

(1) 灌水器流量、压力。由辅管和毛管的布置可知, 一条辅管双侧布设 14 对毛管, 辅管进口稳流三通流量为 $2 \times 6000 = 12000$ (L/h), 据此推算一对毛管流量为: $12000/14 = 857.14$ (L/h), 每条毛管进口的平均流量为 428.57L/h。毛管实际铺设长度为 66.7m, 分流孔数为 222 孔, 则灌水器平均流量为 $428.57/222 = 1.93$ (L/h), 相应工作水头为 8.67m。

(2) 一次灌水延续时间 t 。 $m = 24.8\text{mm}$, $S_e = 0.3\text{m}$, $S_l = 1.5\text{m}$, $q_d = 1.93\text{L/h}$, 按式 (1-9) 计算 t :

$$t = \frac{m S_e S_l}{q_d} = \frac{24.8 \times 0.3 \times 1.5}{1.93} = 5.8 \text{ (h/组)} \quad (1-9)$$

(3) 灌水小区允许水头偏差及辅管、毛管允许水头偏差: 将灌水器工作水头 8.67m 代入公式 (4-10)、式 (4-12)、式 (4-13), 计算的灌水小区允许水头偏差为 2.64m, 毛管允许水头偏差 $[\Delta h_2]$ 为 1.45m, 辅管允许水头偏差 $[\Delta h_3]$ 为 1.19m。

将 $[\Delta h_2]$ 和 $[\Delta h_3]$ 分别代入式 (4-14), 所得的毛管极限分流孔数 252 孔, 大于毛管实际分流孔数 222 孔; 辅管极限分流孔数为 7 孔, 等于辅管单侧实际分流孔数。这表明毛管和辅管的实际铺设长度均在允许范围内。

4.3.2 轮灌组的划分

由管网布置可知系统有 4 条分干管, 每条分干管上布设 3 列共 6 条支管、每条支管上布设 6 条辅管。为了尽量降低系统造价并保证系统安全稳定运行, 确定系统采取以下方法运行: 运行时同时开启不同分干管上数条支管, 每条支管上仅开启相同位置的一条辅管。因辅管进口采用 6000L/h

的流量调节器，其额定压力为 $100 \sim 500 \text{ kPa}$ ，如果忽略其本身的偏差，且所有进口压力均在其额定压力范围内，则调节后一条辅管流量为 $12 \text{ m}^3/\text{h}$ 。根据系统流量及辅管流量将系统划分为 18 个轮灌组，每个轮灌组一次有 8 条支管（辅管）同时运行。

4.3.3 轮灌制度

已定轮灌周期为 5 天，一次灌水延续时间 5.8 h ，设计系统每天工作 22 h ，计算系统允许的最大轮灌组数为： $N = CT/t = 22 \times 5 / 5.8 = 19$ （组）。系统初步划分轮灌组数为 18 组，符合系统允许最大轮灌组数，则按此划分轮灌组。具体轮灌次序方法参见彩色插页图 5-I-5-2。

4.4 各级管道设计流量的推算

按照系统轮灌组的划分，可判断第 12 轮灌组运行时产生水泵最大出口压力，其水流线路为 $O-A-C-D-D_2-D_3-(4-6)$ 支管— $(4-6-6)$ 辅管—毛管—灌水器。节点字母的位置见彩色插页图 5-I-5-1。

第 12 轮灌组运行时， $4-6-6$ 辅管进口流量为 12000 L/h ；成对毛管流量为 $12000/14 = 857$ （ L/h ）；灌水器流量见 4.3.1 为 1.93 L/h ； $4-6$ 支管流量等于辅管流量，即 12000 L/h ； D_2D_3 段流量是一条支管流量 12000 L/h ，即 $12 \text{ m}^3/\text{h}$ ， CDD_2 段流量是两条支管流量 $24 \text{ m}^3/\text{h}$ ， CA 段流量是 5 条支管流量 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ， OA 段流量是系统总流量为 $96 \text{ m}^3/\text{h}$ ，小于系统供水流量 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

各级管段及支管、辅管、毛管、灌水器流量见表 5.5。

表 5.5 第 12 轮灌组运行时各级管道流量

灌水器 流量 (L/h)	成对毛管 进口流量 (L/h)	4-6-6 辅 管进口流 量 (L/h)	4-6 支管 进口流量 (L/h)	四分干 (m^3/h)			主干管 (m^3/h)	
				D_3D_2	DD_2	DC	CA	AO
1.93	857	12000	12000	12	24	24	60	96

5. 系统管网水力计算

为确定系统水泵所需的最大扬程，管网水力计算从第 12 轮灌组运行时离水源最远的一条毛管算起。

5.1 毛管和辅管水力计算

毛管、辅助支管沿程水头损失按多孔管水头损失公式计算。

5.1.1 毛管的水头损失 $h_{\text{毛}}$

$d=16\text{mm}$, $N=222$ 个, $S_e=0.3\text{m}$, $S_o=0.15\text{m}$, $q_d=1.93\text{L/h}$, 代入式 (4-28):

$$\begin{aligned} h_{\text{毛}} &= \frac{kfSq_d^m}{d^b} \left[\frac{(N+0.48)^{m+1}}{m+1} - N^m \left(1 - \frac{S_o}{S_e} \right) \right] \\ &= \frac{1.1 \times 0.505 \times 0.3 \times 1.93^{1.75}}{16^{4.75}} \left[\frac{(222+0.48)^{2.75}}{2.75} - 222^{1.75} \left(1 - \frac{0.15}{0.3} \right) \right] \\ &= 1.0 \text{ (m)} \end{aligned} \quad (4-28)$$

5.1.2 毛管进口工作压力 $h_{0\text{毛}}$

根据平坡毛管压力分布特点按式 (4-29) 计算毛管进口工作压力水头:

$$\begin{aligned} h_{0\text{毛}} &= h_d + 0.73 \times \frac{kfSq_d^{1.75} (N-0.52)^{2.75}}{2.75d^{4.75}} + \frac{kfS_o (Nq)^{1.75}}{d^{4.75}} \\ &= 8.76 + 0.73 \times \frac{1.1 \times 0.505 \times 0.3 \times 1.93^{1.75} \times (222-0.52)^{2.75}}{2.75 \times 16^{4.75}} \\ &\quad + \frac{1.1 \times 0.505 \times 0.15 \times (222 \times 1.93)^{1.75}}{16^{4.75}} \\ &= 8.67 + 0.73 + 0.01 = 9.41 \text{ (m)} \end{aligned} \quad (4-29)$$

5.1.3 辅管沿程水头损失

$d=28.8\text{mm}$, $N=7$ 个, $S_L=1.5\text{m}$, $S_o=0.75\text{m}$, $q=857\text{L/h}$, 代入式 (4-28):

$$\begin{aligned} h_{\text{辅}} &= \frac{kfSq_d^m}{d^b} \left[\frac{(N+0.48)^{m+1}}{m+1} - N^m \left(1 - \frac{S_o}{S_e} \right) \right] \\ &= \frac{1.1 \times 0.505 \times 1.5 \times 857^{1.75}}{28.8^{4.75}} \left[\frac{(7+0.48)^{2.75}}{2.75} - 7^{1.75} \left(1 - \frac{0.75}{1.5} \right) \right] \\ &= 1.0 \text{ (m)} \end{aligned} \quad (4-28)$$

5.1.4 辅管进口工作压力水头 $h_{0\text{辅}}$

辅管为多孔管, 其压力分布也符合平坡毛管的压力分布特点, 因辅管

分流孔数为 7, 由《规范》表 C1 查得 $R=0.677$ 。以毛管进口工作压力作为辅管分流孔平均压力。按式 (4-29) 计算辅管进口工作压力水头:

$$\begin{aligned} h_{0\text{辅}} &= h_d + R \times \frac{k f S_1 q^{1.75} (N-0.52)^{2.75}}{2.75 d^{4.75}} + \frac{k f S_0 (Nq)^{1.75}}{d^{4.75}} \\ &= 9.41 + 0.677 \times \frac{1.1 \times 0.505 \times 1.5 \times 857.14^{1.75} \times (7-0.52)^{2.75}}{2.75 \times 28.8^{4.75}} \\ &\quad + \frac{1.1 \times 0.505 \times 0.75 \times (7 \times 857.14)^{1.75}}{28.8^{4.75}} \\ &= 9.41 + 0.55 + 0.2 \approx 10.2 \text{ (m)} \end{aligned} \quad (4-29)$$

因而, 辅管进口处所设的稳流三通进口压力水头应不小于 10.2m。

5.2 稳流三通进口最低压力的确定

所选稳流三通大气出条下测定的工作压力范围是 100~500kPa, 即 10~50m 水头, 单侧出口额定流量是 6000L/h。现第 12 轮灌组运行时最远端辅管进口所需压力水头为 10.2m, 则稳流三通进口最低压力水头为 10+10.2=20.2 (m)。

5.3 支管水头损失计算

已知 $d=61.2$, $Q=12000\text{L/h}$, $L=118\text{m}$, 按管道沿程水头损失公式即公式 (4-30) 计算支管水头损失:

$$h_{\text{支}} = \frac{k f Q^m}{d^b} L = \frac{1.1 \times 0.505 \times 12000^{1.75} \times 118}{61.2^{4.75}} = 2.9 \text{ (m)} \quad (4-30)$$

5.4 干管管径的确定和水头损失计算

5.4.1 干管管径的计算: 根据系统一个轮灌组一次开 8 条支管 (辅管) 的轮灌制度, 系统设计流量 $Q=12000 \times 8=96000 \text{ (L/h)}=96 \text{ (m}^3/\text{h)}$ 。

根据灌水器最终设计流量和各轮灌组运行时主干管和分干管最大流量按公式 (4-31)、式 (4-32) 计算校核管径。式中: $t_n=1300\text{h}$, $x_n=0.4$ 元/(kW·h), $Q=96\text{m}^3/\text{h}$, Y' 按 PVC—U 管当时价格定为 8000 元/t, 计算管径结果见表 5.6。

$$D' = 10 (t_n x_n)^{0.15} Q_{\text{干}}^{0.43} \quad (4-31)$$

$$D = (3900/Y')^{0.15} D' \quad (4-32)$$

表 5.6 主干管、分管管径计算表

管径 (mm) 最大流量 (m³/h)		计算管道内径	选择管道外径	选择管道内径
主干管	96	161.8	160	152.6
分管管	36	107	160	152.6
	24	89.2	110	105

5.4.2 干管水头损失的计算

按式 (4-33) 计算:

$$h_{\mp} = \frac{k f Q_{\mp}^m}{d^b} L \quad (4-33)$$

系统第 12 轮灌组运行时, 相应管网流量和水头损失见表 5.7, 各管段节点位置及压力参见彩色插页图 5-I-5-4。

表 5.7 第 12 轮灌组运行时相应管网水头损失计算表

管 段 \ 分 项		管道外径 (mm)	管道内径 (mm)	管段流量 (m³/h)	管段长度 (m)	管段水头损失	
						沿程水头损失 (m)	总水头损失 (m)
毛 管		——	16	0.429	66.7	0.9	1.0
辅 管		32	28.8	6	9.75	0.9	1.0
支 管		63	61.2	12	118	2.6	2.9
干管 (主干管、分管管)	D ₂ D ₃	110	105	12	133.3	0.2	0.3
	DD ₂	160	152.6	24	200	0.2	0.2
	CD	160	152.6	24	250	0.3	0.3
	AC	160	152.6	60	500	2.6	2.8
	OA	160	152.6	96	100	1.2	1.3
	干管水头损失小计					4.9 m	
稳流三通进口压力水头 (m)			20.2				
主干管进口压力水头 (m)			20.2+2.9+4.9=28				

6. 首部枢纽设计

首部枢纽设计主要包括过滤器、施肥罐及水泵的选型。

6.1 过滤器选型

因为系统水源为井水, 且水质较好, 含沙量极小, 故选用单级筛网组合过滤器 (100m³/h) 即可, 过滤能力为 120 目。根据厂家提供资料, 其

水头损失取 6m。

6.2 施肥罐选型

本项目滴灌规划面积为 600 亩，选用 100L 施肥罐。

6.3 水泵及动力选型

第 12 轮灌组运行时，系统所需流量为 $96\text{m}^3/\text{h}$ ；主干管进口需要压力水头为 28m；过滤器水头损失 5m；首部管件水头损失 1m；系统机井动水位为 $h_{\text{动}} = 18\text{m}$ ；机井管路损失 2m，要求水泵的总扬程为： $28+5+1+18+2=54$ （m）。

由此确定系统选用 250QJ100—54 型潜水电泵，额定流量 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，额定扬程 54m，配套电机功率 25kW。

7. 系统运行复核

本系统每一轮灌组运行时，每条支管上开启一条辅管，辅管进口设置稳流三通，需验算产生水泵最大出口压力的轮灌组运行时灌水器流量偏差率是否符合《规范》要求，并对该轮灌组运行时的水锤进行计算，以确定系统是否需要水锤防护。

7.1 灌水器流量偏差复核

第 12 轮灌组运行时，忽略稳流三通的调节误差，灌水器最大压力水头出现在 1—2—6 号辅管上离辅管进口最近的一条毛管首端，为 10.16m，相应流量为 2.13L/h，灌水器最小压力水头出现在 4—6—6 号辅管上，离辅管进口最远的一条毛管末端，为 8.2m，相应流量 1.87L/h。系统流量偏差率 $q_v = (2.13 - 1.87) \div 1.93 = 13.47$ （%），小于设计允许流量偏差率 18%。

7.2 水锤压力验算与防护

本工程地面管为微灌专用聚乙烯管材，不用进行水锤压力验算，分干管水量较分散，也不用进行水锤压力验算，仅对主干管进行水锤验算。

主干管是 0.4MPa 的 PVC—U 管，外径 $D=160\text{mm}$ ，壁厚 $e=3.7\text{mm}$ ，弹性模量 $E_s=2800\text{MPa}$ ，按《规范》4.5.2 和 4.5.3 进行计算。

经计算， $C=250.9\text{m/s}$ ， $V_{\text{初}}=1.46\text{m/s}$ ， $V_{\text{末}}=0\text{m/s}$ ， $\Delta V=1.46\text{m/s}$ ， $\Delta H=37.4\text{m}$ 。计入水锤后的主干管工作压力为 $37.4+28=65.4$ （m），大于 $40 \times 1.5=60$ （m），因此需在主干管上安装安全阀，型号为 A49X—10—65。

8. 材料设备用量

本滴灌系统所需主要材料及设备用量详见表 5.8。对易耗材料增加 2%

~5%损耗量，滴灌带增加 10%的损耗量。

（二）加工番茄膜下滴灌工程技术设计图

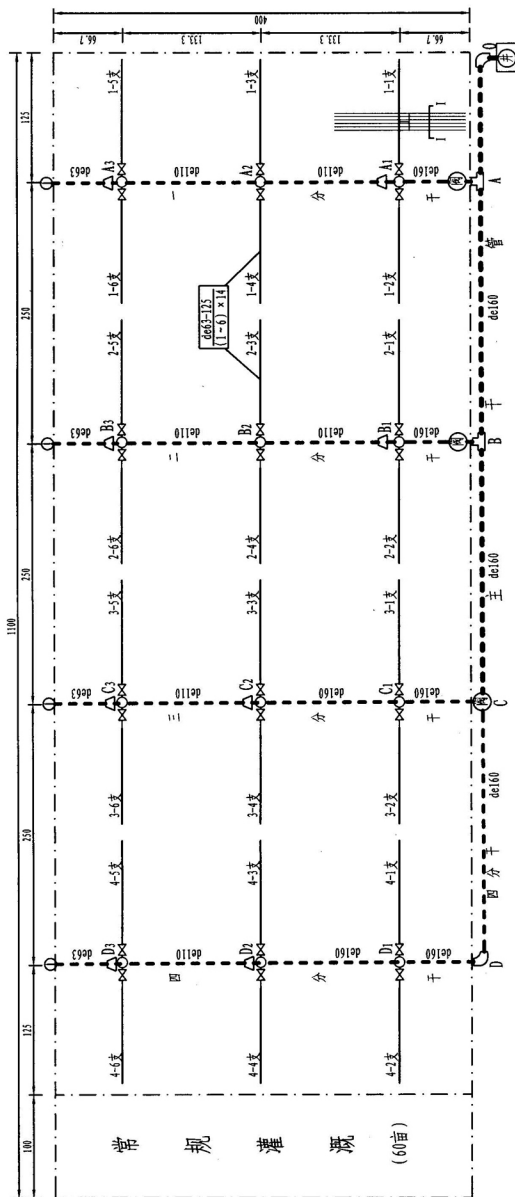
加工番茄膜下滴灌工程技术设计图见彩色插页图 5-I-5-1~彩色插页图 5-I-5-4。

（三）加工番茄膜下滴灌工程浅评

本工程是新疆天业集团 2002 年所建的加工番茄大田滴灌栽培、机械采收试验及示范项目，总面积 660 亩。为了寻求加工番茄膜下滴灌栽培模式的特点及优点，项目区设置了 600 亩地做滴灌栽培，余 60 亩地采用常规灌溉做对照。通过试验，滴灌区在增产、增效等方面有明显优势。滴灌区比对照区增加产量 20%，节约肥料及农药等用量 25%，减少机耕作业费用 8~12 元/亩，人均管理定额由常规灌溉的 25~30 亩增加到 50~80 亩，充分体现了加工番茄采用滴灌栽培的适用性及优越性。

表 5.8 加工番茄滴灌工程主要材料用量表

序号	分项	材料名称	规格	单位	材料用量	序号	分项	材料名称	规格	单位	材料用量
1	首部	潜水电泵	250QJ100—54	台	1	24	地下管及管件	PVC 胶	1kg/瓶	瓶	9
2		筛网过滤器	Q=100m ³ /h, 120目	台	1	25		增接口	φ160×63	套	6
3		施肥罐	100L	套	1	26		外丝	φ110×63	套	6
4		配电柜	与水泵配套	套	1	27		阴三通	2"阳×2"阴×2"阳	套	28
5		挠性接头	与水泵配套	套	1	28		球阀	2"	套	28
6		水表	与水泵配套	个	1	29		球阀	1"	套	144
7		空气阀		套	1	30		阳纹承插直通	2"阳×63	套	24
8	地下管及管件	PVC 管	de160, 0.4MPa, L=10m	根	144	31	地面管及管件	中心阳纹承插三通	φ63×1"阳×63	套	144
9			de110, 0.4MPa, L=10m	根	82	32		稳流三通	φ32	套	144
10			de63, 0.4MPa, L=6m	根	46	33		矩形胶圈	φ63	个	360
11		PVC 出地管	de63, 0.6MPa, L=6m	根	2	34		钢卡	φ63	套	360
12				根	3	35		堵头	φ32	套	288
13		双扩	de110	根	2	36		按扣三通	φ16	套	2050
14			φ160	个	150	37		按扣堵头	φ16	套	20
15		止水胶圈	φ110	个	86	38		承插直通	φ63	套	24
16			φ63	个	46	39		直通	φ32	套	18
17		法兰	φ160	套	5	40			φ16	套	1200
18		闸阀	φ160	套	5	41			φ32, 0.25MPa	m	3150
19		90°弯头	φ160	个	3	42			φ63, 0.25MPa	m	3150
20		正三通	φ160	个	3	43			φ16/2.1—100	万 m	29.3
21		异径接头	φ160×110	个	4	44					
22			φ110×63	个	4	45					
23		安全阀	A49X—10—65	套	1						



作物种类	播种期
作物种植模式: 窄行距 + 宽行距 (1 × 0.35 m)	(0.4 + 1.1) × 0.35
土壤质地	砂壤土
计划灌溉总深度 (cm)	55
设计土壤湿度 (%)	46.64
设计土壤湿度范围 (%)	1.45
设计土壤含水率 (%)	90/65
设计土壤含水率上下范围 (%)	74
设计灌水定额 (mm)	24.8 (16.6 ~ 31.1)
设计日耗水量 (mm)	4.5
灌溉系统应用系数	0.5
灌溉周期 (d)	5
灌溉频率 (一次灌水连续运行 (h))	5.8
水日平均运行小时数 (h)	20.9

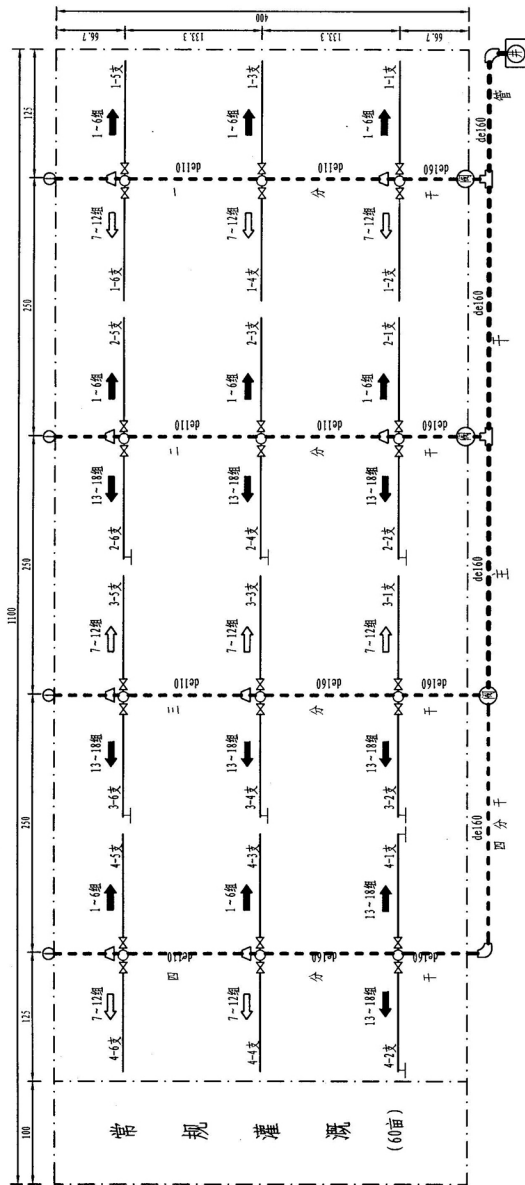
一畝苗，二行，畝行(0.4+1.1)×株距0.35m

主 干 管		首 部	
分 干 管		给水 性	
支 管		支 召 接 头	
转 弯 管		排 水 井	
毛 管		闸 门 井	
水管 球阀		管 头	
条 田 渠 线		三 通	

说明: 1. 图中尺寸除管径单位以mm计外, 其余均以m计。

- 项目已获国家环保部批复，其环评报告采用最新标准对照，项目土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中Ⅱ类标准，土壤检测数据符合《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中Ⅱ类标准，毛竹种植区符合《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中Ⅱ类标准，项目所在地土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中Ⅱ类标准。

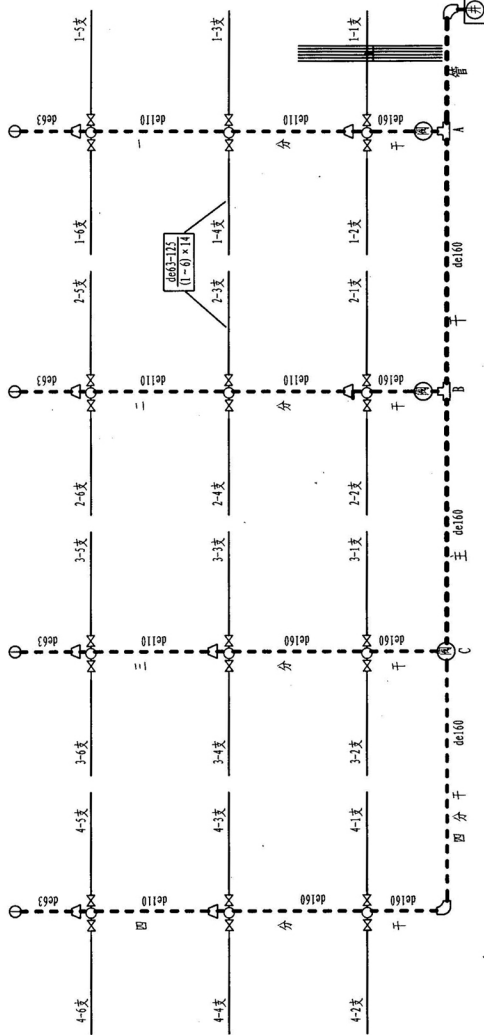
图5-1-5-1加工番茄下滴灌工程系统平面布置图



轮灌运行表

工作日期	轮灌组编号	工作管编号	设计工作时间	工作日期	轮灌组编号	工作管编号	设计工作时间
第一天	1	1-1-1	1-1-1	2-1-1	2-1-1	2-1-1	2-1-1
	2	1-1-2	1-1-2	2-1-2	2-1-2	2-1-2	2-1-2
	3	1-1-3	1-1-3	2-1-3	2-1-3	2-1-3	2-1-3
	4	1-1-4	1-1-4	2-1-4	2-1-4	2-1-4	2-1-4
第二天	5	1-1-5	1-1-5	2-1-5	2-1-5	2-1-5	2-1-5
	6	1-1-6	1-1-6	2-1-6	2-1-6	2-1-6	2-1-6
	7	1-1-7	1-1-7	2-1-7	2-1-7	2-1-7	2-1-7
	8	1-1-8	1-1-8	2-1-8	2-1-8	2-1-8	2-1-8
第三天	9	1-1-9	1-1-9	2-1-9	2-1-9	2-1-9	2-1-9
	10	1-1-10	1-1-10	2-1-10	2-1-10	2-1-10	2-1-10
	11	1-1-11	1-1-11	2-1-11	2-1-11	2-1-11	2-1-11
	12	1-1-12	1-1-12	2-1-12	2-1-12	2-1-12	2-1-12

说明: 1. 图中: 箭形符号为水流方向, 管上横管按水流方向, 其余同前。
2. 图中: 箭头符号为水流方向, 管上横管按水流方向, 其余同前。
3. 图中: 箭头符号为水流方向, 管上横管按水流方向, 其余同前。
4. 图中: 箭头符号为水流方向, 管上横管按水流方向, 其余同前。



- 说明: 1. PVC-U主干管
2. PVC-U分支管
3. 止水阀
4. 正三通
5. 闸阀
6. 法兰
7. 堵接口
8. 外丝
9. PVC出地管
10. 阳纹三通
11. 2"球阀
12. 阳纹承插直通
13. 矩形波圈
14. 铅卡
15. de63PE管
16. $\phi 63 \times 1.1$ 中心阳纹承插三通
17. 1"球阀
18. ZLQ-6000潜流三通
19. de32PE辅管
20. $\phi 32$ 堵头
21. $\phi 16$ 接扣三通
22. WDF16/2.1-100耐滴管
注: 图中管径尺寸单位及图例同前。

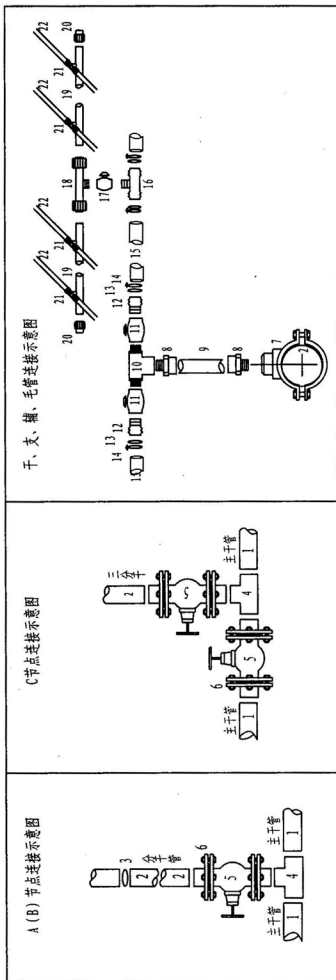


图5-1-5-3加工番茄膜下滴灌工程系统管网连接图



节点压力图例

AI — 节点符号

26.5 — 节点压力水头(m)

23.6 — 淹没三通进口压力水头(m)

10.2 — 淹没三通出口压力水头(m)

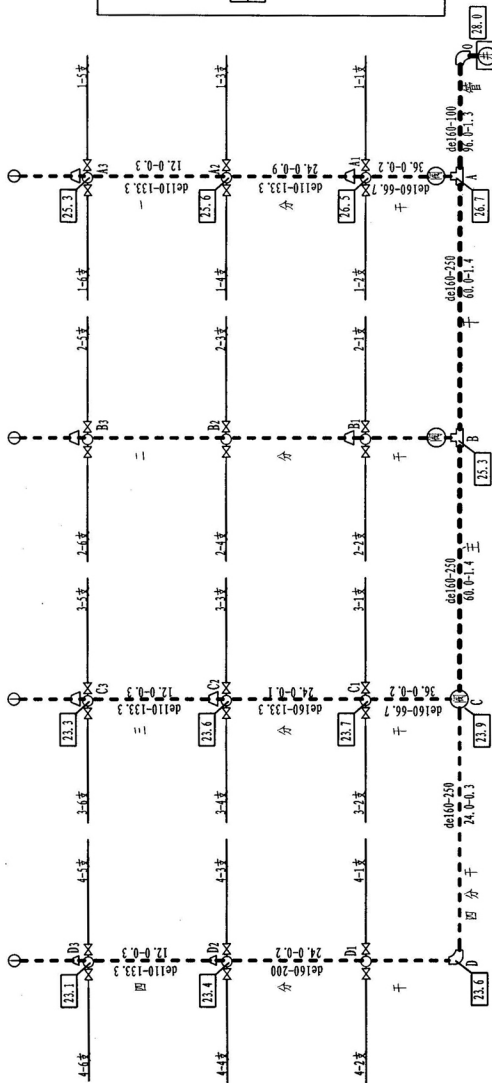
del10-133.3

24.0-0.9

管径外径(mm) 管长(m)

流量(m³/h) 水头损失(m)

注: 水头损失=沿程损失+局部损失



滴灌技术参数表

型号	WDF16/2.1-100
滴水器额定工作压力水头(m)	10
滴水器额定工作流量(L/h)	2.1
滴水器设计工作压力水头(m)	8.67
滴水器设计工作流量(L/h)	1.93
接管直径(mm)	16
滴水器间距(m)	0.3
压力流量关系式	$Q=0.320h^{0.5}$

说明: 1. 本图为第12轮灌组运行时的压力分布情况, 此轮灌组工作时, 系统水头损失最大, 用以推算系统所需最大扬程。

2. 图中水头损失所标28.0m为主干管出口压力水头。

3. 局部水头损失扩大系数取值为1.1。

4. 因地形坡度很小, 推算节点压力时地形高差忽略不计。

第12轮灌组运行时4-6辅管、1-2-6辅管节点压力图

