

刘文合, 杨 闯, 管慧旭. 日光温室集雨设施研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 341–344.

# 日光温室集雨设施研究

刘文合, 杨 闯, 管慧旭

(沈阳农业大学水利学院, 辽宁沈阳 110866)

**摘要:**以辽沈 I 型日光温室作为研究对象, 结合辽沈地区近 10 年最大降雨强度并运用经验公式计算出温室集雨槽排水管径为 18 cm。运用 Penman – Monteith 公式以及联合国粮农组织推荐的番茄作物系数, 计算从 6 月开始种植, 生长期约为 4 个月的 1 年生番茄各月需水量, 结合辽沈地区近 10 年各月平均降水量, 并计算得前 1 年 12 月至当年 5 月集雨池收集到的雨水量作为初始值。生长期每月收集的降水量与上月集雨池雨水量之和减去当月消耗的水量为各月雨水量剩余值。8 月集雨池水量剩余最多, 为 72.3 m<sup>3</sup>, 即为集雨池理论经济容积, 实际容积取 80 m<sup>3</sup>。

**关键词:**日光温室; 集雨槽排水管径; 集雨池经济容积; 集雨灌溉

**中图分类号:** S625.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2014)05–0341–03

我国是水资源非常紧缺的国家。中国水资源总量丰富, 但人均占有量少。中国要用世界上 8% 的淡水维持 22% 人口的生产和生活<sup>[1]</sup>, 人均水资源占有量不足世界人均水平的 1/4<sup>[2]</sup>。全国 517 个城市中有 300 多个城市缺水。短缺的水资源严重制约着经济发展和生态恢复重建。目前, 我国农业日缺水 960 万 t, 全国每年因缺少水少产粮食约 800 亿 kg<sup>[3]</sup>。在全国总用水量中, 灌溉用水占 77% (2004 年数据), 灌溉水的有效利用率只有约 40%<sup>[4]</sup>, 即有 60% 左右的水不能被作物利用, 这无疑是一种巨大的浪费。辽沈地区属于一般旱作类型区, 年降水量 705.4 mm, 由于降水不均, 夏季和春旱经常集中发生。合理利用雨水资源, 对辽沈地区雨水进行收集, 采用温室集雨系统来解决温室作物灌溉用水已经得到充分的肯定。温室集雨灌溉, 作为节水灌溉的一部分, 对我国农业长期稳定发展具有广泛的现实意义。集雨槽排水管径与集雨池经济容积是保证温室集雨系统顺利运行的关键所在。

## 1 温室集雨系统工作原理

温室集雨系统主要包括 4 部分: 温室塑料薄膜、集雨槽、排水管、集雨池。不同的温室类型, 决定雨槽排水管径尺寸与集雨池经济容积的不同。集雨系统布置与利用如图 1 所示。

温室塑料薄膜将落在其表面的雨水汇集到集雨槽内, 集雨槽汇集收集到的雨水, 下端与排水管相连, 排水管将雨槽的雨水排入集雨池内, 集雨池存储收集到的雨水, 水泵将集雨池中的水抽送至地面, 以供灌溉利用。

## 2 集雨槽排水管径的确定

雨槽管径选择是一个重要问题, 管径太小, 不利于集雨, 管径太大又增加了建造成本。对于排水管径的选择, 可以选用经验公式来进行估算, 然后选择标准值。计算公式如式(1):

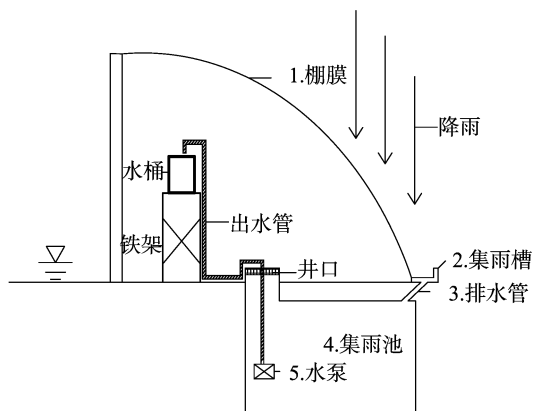


图1 集雨系统布置

$$d = 188 \sqrt{Q/v} \quad (1)$$

式中:  $d$  为管道管径(mm);  $Q$  为管道入口流量(m<sup>3</sup>/h);  $v$  为管道经济流速(m/s)。在温室工程中选择管道, 通常采用 PVC 管, 这时管道的经济流速  $v$  可以按最不利的情况选取为 1。 $Q$  计算如公式(2):

$$Q = R \times S_1 \times e_k \quad (2)$$

结合沈阳地区近 10 年降雨资料, 最大降雨强度平均值  $R$  为 66 mm/d; 以辽沈 I 型日光温室<sup>[5]</sup>为例, 棚膜有效集雨面积  $S_1$  为 360 m<sup>2</sup>; 在多次降雨条件下, 通过计算每次实际收集雨量与应收集到雨量的比值, 求得辽沈 I 型日光温室棚膜集流系数  $e_k$  的平均值近似为 0.9, 最终求得  $d$  近似值为 18 cm。

## 3 集雨池经济容积的确定

集雨池是集雨系统的重要组成部分, 经济容积确定是最主要问题。集雨池修建过大, 会提高不必要的成本; 反之则不能保证作物灌溉需求。辽沈系列日光温室集雨池容积确定目的是为了尽可能保证温室每年 8 个月的种植需水量, 即 4—11 月。集雨池经济容积由辽沈地区月降水量以及作物生长期各个时段需水量决定。作物生长期中某个月份集雨池水量的最大值, 即为集雨池的理论经济容积。

### 3.1 作物生长期需水量确定

作物需水量主要用于蒸腾作用, 结合标准参考作物<sup>[6]</sup>潜

收稿日期: 2014–01–03

基金项目: 农业部重点实验室项目(编号: FBSC2012002); 沈阳农业大学博士后基金(编号: 74741)。

作者简介: 刘文合(1971—), 男, 辽宁建昌人, 博士, 副教授, 主要从事水土工程建筑方向的研究。E-mail: wenhel@126.com。

在蒸散发量  $ET_0$ , 计算研究作物蒸腾水量, 确定作物生长期需水量。计算如公式(3)和公式(4):

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \tag{3}$$

$$W = ET_c \cdot S_2 \tag{4}$$

式中: $ET_c$  为实际蒸散发量(mm);  $ET_0$  为标准参考作物潜在蒸发蒸腾量(mm);  $K_c$  为相应时段内的作物系数, 参见联合国粮农组织推荐的作物系数值;  $W$  为作物需水量( $m^3$ );  $S_2$  为温室种植面积, 辽沈 I 型日光温室有效种植面积为  $330 m^2$ 。

3.2 利用 Penman – Monteith 公式计算  $ET_0$

Penman – Monteith 公式是具有相对较小误差的计算参考作物潜在蒸发量的方法。计算如公式(5):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \tag{5}$$

式中: $ET_0$  为标准参考作物潜在蒸散发量(mm/d);  $R_n$  为太阳净辐射 [ $MJ/(m^2 \cdot d)$ ];  $G$  为土壤热通量密度 [ $MJ/(m^2 \cdot d)$ ], 以日为时间间隔计算参照作物潜在蒸发量时, 土壤热通量变化不大, 即  $G_{day} \approx 0^{[7]}$ ;  $T$  为 2 m 高度平均气温( $^{\circ}C$ ),  $T = (T_{max} + T_{min})/2$ ,  $T_{max}$ 、 $T_{min}$  为日最高、最低气温;  $U_2$  为 2 m 高度处风速 ( $m/s$ );  $e_s$  饱和水气压 ( $kPa$ ),  $e_s = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right)$ ;  $e_a$  为实际水气压 ( $kPa$ ),  $e_a = e_s RH_{mean}$ ;  $RH_{mean}$  为平均相对湿度(%);  $\Delta$  为饱和水气压曲

线斜率 ( $kPa/^{\circ}C$ ),  $\Delta = \frac{4098\left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right)\right]}{(T + 237.3)^2}$ ;  $\gamma$  为

干湿表常数, 取  $0.6 Pa/^{\circ}C$ 。

辽沈地区雨量最充沛的月份集中在每年 5—9 月。由于这 4 个月风速、太阳净辐射相对较大, 温度相对较高, 作物耗水量也相对其他月较高。查阅 2008—2012 年上述公式所涉及的气象资料, 算出每年 4—11 月各月的参考作物蒸散发量, 并得到 2008—2012 年每年 4—11 月参考作物蒸发量的平均值(表 1)。结合气象数据, 利用 Penman – Monteith 公式计算得到的 2012 年 6—9 月参考作物蒸散发量(表 2、表 3)。

表 1 平均每月收集雨水量与番茄消耗水量、集雨池蓄水量

月份	降水量 (mm)	参考作物 蒸散发量 (mm)	作物系数 ( $K_c$ )	耗水量 ( $m^3$ )	收集 雨水量 ( $m^3$ )	集雨池 水量 ( $m^3$ )
1	6.31					
2	14.20					
3	20.32					
4	50.99	82.06				
5	61.25	122.74				
6	90.40	128.80	0.60	25.6	29.3	58.0
7	160.93	125.65	1.15	47.7	52.2	62.5
8	161.88	112.30	1.15	42.7	52.5	72.3
9	46.69	87.63	0.80	23.2	15.2	64.3
10	54.20	46.01				
11	29.55	17.30				
12	14.29					54.3

3.3 集雨池经济容积的确定

根据辽沈地区多年降水情况, 6 月开始在日光温室内种植番茄, 以保证集雨池容积大于不同月份种植番茄生长期各

表 2 辽沈地区 2012 年 6—7 月逐日气象资料及参考作物蒸散发量

日期 (日)	净辐射 [ $MJ/(m^2 \cdot d)$ ]		平均温度 ( $^{\circ}C$ )		风速 ( $m/s$ )		相对湿度 (%)		饱和水汽压 ( $kPa$ )		实际水汽压 ( $kPa$ )		饱和水汽压斜率 ( $kPa/^{\circ}C$ )		参考作物蒸 散发量( $mm/d$ )	
	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月
1	13.62	13.87	17.75	25.2	2.00	3.10	63	77	2.03	3.21	1.28	2.47	0.13	0.19	5.5	5.6
2	8.17	9.53	20.05	24.85	3.30	1.90	73	78	2.35	3.14	1.71	2.45	0.15	0.19	3.3	3.9
3	3.45	7.52	18.05	24.6	1.90	3.80	88	76	2.07	3.09	1.82	2.35	0.13	0.18	1.4	3.1
4	6.25	3.53	19.95	22.25	3.30	1.80	84	76	2.33	2.68	1.96	2.04	0.14	0.16	2.5	1.4
5	15.74	7.26	20.40	24.25	2.90	0.90	70	79	2.40	3.03	1.68	2.39	0.15	0.18	6.4	3.0
6	11.13	9.07	21.70	25.85	2.60	1.20	70	77	2.60	3.33	1.82	2.57	0.16	0.20	4.5	3.7
7	4.98	12.75	22.85	26.35	3.50	1.30	67	75	2.78	3.43	1.87	2.57	0.17	0.20	2.1	5.2
8	11.59	10.5	23.20	26.45	3.10	2.00	70	75	2.84	3.45	1.99	2.59	0.17	0.20	4.7	4.3
9	13.06	11.52	23.15	26.5	4.60	1.60	66	74	2.84	3.46	1.87	2.56	0.17	0.20	5.3	4.7
10	2.71	0.30	19.95	23.5	1.70	1.90	76	92	2.33	2.90	1.77	2.66	0.14	0.17	1.1	0.1
11	15.02	3.95	17.85	20.4	3.50	2.00	64	94	2.04	2.40	1.31	2.25	0.13	0.15	6.1	1.6
12	4.27	2.67	20.35	20.5	2.40	1.20	66	97	2.39	2.41	1.58	2.34	0.15	0.15	1.8	1.1
13	9.62	6.20	19.05	22.75	2.70	2.20	88	85	2.20	2.77	1.94	2.35	0.14	0.17	3.9	2.5
14	0.49	14.08	18.45	23.35	1.50	2.10	100	75	2.12	2.87	2.12	2.15	0.13	0.17	0.2	5.7
15	4.66	12.06	19.30	24.65	2.10	2.00	87	69	2.24	3.10	1.95	2.14	0.14	0.19	1.9	4.9
16	5.52	11.53	19.55	24.05	1.50	1.10	91	78	2.27	2.99	2.07	2.33	0.14	0.18	2.2	4.7
17	8.87	8.44	20.4	25.65	1.80	1.70	83	81	2.40	3.29	1.99	2.67	0.15	0.20	3.6	3.4
18	9.97	3.68	21.85	23.65	1.50	0.90	81	90	2.62	2.92	2.12	2.63	0.16	0.18	4.1	1.5
19	11.78	8.70	22.10	26.1	1.70	1.20	83	85	2.66	3.38	2.21	2.87	0.16	0.20	4.8	3.5
20	13.64	8.84	23.55	27.2	1.00	2.10	77	79	2.90	3.61	2.24	2.85	0.17	0.21	5.5	3.6
21	10.29	7.62	23.80	26.3	1.40	2.20	82	80	2.95	3.42	2.42	2.74	0.18	0.20	4.2	3.1
22	9.84	0.43	23.10	24.35	1.90	2.20	82	93	2.83	3.05	2.32	2.83	0.17	0.18	4.0	0.2
23	7.74	9.37	23.90	25.05	2.10	1.50	79	78	2.97	3.18	2.34	2.48	0.18	0.19	3.2	3.8
24	14.27	10.43	24.35	25	1.80	1.00	70	75	3.05	3.17	2.13	2.38	0.18	0.19	5.8	4.2

续表 2

日期 (日)	净辐射 [MJ/(m <sup>2</sup> ·d)]		平均温度 (℃)		风速 (m/s)		相对湿度 (%)		饱和水汽压 (kPa)		实际水汽压 (kPa)		饱和水汽压斜率 (kPa/℃)		参考作物蒸 散发量(mm/d)	
	6 月		7 月		6 月		7 月		6 月		7 月		6 月		7 月	
	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月	6 月	7 月
25	11.11	9.24	24.25	27.65	1.60	2.50	78	84	3.03	3.70	2.36	3.11	0.18	0.22	4.5	3.8
26	11.92	2.53	25.15	26.9	1.40	2.60	81	80	3.20	3.54	2.59	2.84	0.19	0.21	4.8	1
27	14.94	8.52	24.60	27.55	1.00	1.50	77	79	3.09	3.68	2.38	2.91	0.18	0.22	6.1	3.5
28	10.55	3.57	24.55	26.15	2.20	2.00	73	92	3.08	3.39	2.25	3.12	0.18	0.20	4.3	1.5
29	0.46	4.24	21.85	25.40	1.30	2.40	94	92	2.62	3.24	2.46	2.98	0.16	0.19	0.2	1.7
30	11.54	7.93	23.90	24.10	1.50	2.30	85	76	2.97	3.00	2.52	2.28	0.18	0.18	4.7	3.2
31		5.63		23.25		1.60		84		2.85		2.40		0.17		2.3
总计															112.8	95.9

表 3 辽沈地区 2012 年 8—9 月逐日气象资料及参考作物蒸散发量

日期 (日)	净辐射 [MJ/(m <sup>2</sup> ·d)]		平均温度 (℃)		风速 (m/s)		相对湿度 (%)		饱和水汽压 (kPa)		实际水汽压 (kPa)		饱和水汽压斜率 (kPa/℃)		参考作物蒸 散发量(mm/d)	
	8 月		9 月		8 月		9 月		8 月		9 月		8 月		9 月	
	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月	8 月	9 月
1	0.98	8.60	21.25	25.65	1.70	2.40	97	86	2.53	3.29	2.45	2.83	0.15	0.20	0.4	3.5
2	0.22	10.31	23.65	24.40	1.60	1.80	98	83	2.92	3.06	2.86	2.54	0.18	0.18	0.1	4.2
3	2.28	0.98	24.30	18.85	0.90	2.30	99	95	3.04	2.18	3.01	2.07	0.18	0.14	0.9	0.4
4	0.22	3.86	23.15	16.75	1.90	1.80	100	96	2.84	1.91	2.84	1.83	0.17	0.12	0.1	1.6
5	10.67	10.86	26.30	16.80	1.80	1.80	89	79	3.42	1.91	3.05	1.51	0.20	0.12	4.3	4.4
6	13.62	10.05	25.50	19.00	1.90	2.90	81	74	3.26	2.20	2.64	1.63	0.19	0.14	5.5	4.1
7	12.44	3.84	26.30	19.05	1.30	1.40	86	88	3.42	2.20	2.94	1.94	0.20	0.14	5.1	1.6
8	10.98	5.26	27.00	20.05	2.80	1.50	79	89	3.57	2.35	2.82	2.09	0.21	0.15	4.5	2.1
9	8.76	8.73	24.75	19.75	0.80	0.80	91	88	3.12	2.30	2.84	2.03	0.19	0.14	3.6	3.5
10	14.03	10.62	25.10	20.90	1.40	0.80	77	84	3.19	2.47	2.45	2.08	0.19	0.15	5.7	4.3
11	9.43	7.18	24.85	21.00	2.30	1.30	79	86	3.14	2.49	2.48	2.14	0.19	0.15	3.8	2.9
12	2.54	0.51	20.90	17.50	2.30	1.70	85	92	2.47	2.00	2.10	1.84	0.15	0.13	1.0	0.2
13	9.75	6.53	21.50	15.95	1.40	1.60	78	85	2.56	1.81	2.00	1.54	0.16	0.12	4.0	2.7
14	7.46	8.49	21.60	15.70	1.20	1.20	82	79	2.58	1.78	2.12	1.41	0.16	0.11	3.0	3.4
15	9.12	8.71	21.90	16.15	2.00	1.50	79	75	2.63	1.84	2.08	1.38	0.16	0.12	3.7	3.5
16	11.13	8.16	22.85	17.80	1.00	1.90	80	67	2.78	2.04	2.23	1.37	0.17	0.13	4.5	3.3
17	5.35	6.41	23.60	18.00	2.10	2.40	76	68	2.91	2.06	2.21	1.40	0.18	0.13	2.2	2.6
18	3.04	7.07	24.45	18.70	2.10	3.20	78	59	3.07	2.16	2.39	1.27	0.18	0.13	1.2	2.9
19	6.74	8.37	24.55	16.95	1.40	1.60	82	76	3.08	1.93	2.53	1.47	0.18	0.12	2.7	3.4
20	9.36	7.85	23.85	18.40	2.60	1.30	76	77	2.96	2.12	2.25	1.63	0.18	0.13	3.8	3.2
21	0.53	6.31	20.90	19.95	2.20	1.80	70	72	2.47	2.33	1.73	1.68	0.15	0.14	0.2	2.6
22	10.15	4.63	17.05	19.00	0.90	1.30	75	77	1.94	2.20	1.46	1.69	0.12	0.14	4.1	1.9
23	6.38	5.22	18.35	18.40	1.30	1.10	74	82	2.11	2.12	1.56	1.74	0.13	0.13	2.6	2.1
24	2.01	5.49	21.25	19.05	1.30	1.80	82	74	2.53	2.20	2.07	1.63	0.15	0.14	0.8	2.2
25	0.87	4.49	23.15	17.50	1.40	1.30	83	77	2.84	2.00	2.35	1.54	0.17	0.13	0.4	1.8
26	2.38	2.48	23.80	17.80	1.40	1.30	77	91	2.95	2.04	2.27	1.85	0.18	0.13	1.0	1.0
27	5.29	5.44	23.75	18.50	1.50	2.00	84	90	2.94	2.13	2.47	1.92	0.18	0.13	2.2	2.2
28	1.10	2.10	23.00	12.75	2.40	3.50	96	86	2.81	1.47	2.70	1.27	0.17	0.10	0.4	0.9
29	8.73	0.86	24.40	10.85	3.60	2.30	89	92	3.06	1.30	2.72	1.20	0.18	0.09	3.5	0.4
30	11.18	7.15	24.80	13.50	1.40	1.70	85	64	3.13	1.55	2.66	0.99	0.19	0.10	4.5	2.9
31	5.25		24.80		1.40		93		3.13		2.91		0.19		2.1	
总计															82.2	75.9

月剩余水量的最大值。番茄按生长期不同可分为 2 类,一类是 1 年生的,一类是无限生长类型。选择 1 年生番茄为对象,根据联合国粮农组织推荐的作物生育阶段,可知辽沈地区 1 年生的番茄生长期约为 4 个月,其中生长前期约 30 d、中期约 60 d、后期约 30 d。联合国粮农组织推荐的番茄作物系数

$K_{\text{cini}}$ 、 $K_{\text{mid}}$ 、 $K_{\text{endi}}$ (表 3)。种植开始前,集雨池内的水量为前 1 年 12 月至当年 5 月收集的雨水量之和。温室耗水量为 6—9 月。种植期各月集雨池蓄水量值见表 1。计算 6—9 月集雨池内的水量如公式(6)和公式(7)。

曹磊磊,高翔,韩江义. 拖拉机悬挂机构参数对提升速比的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):344-346.

# 拖拉机悬挂机构参数对提升速比的影响

曹磊磊,高翔,韩江义

(江苏大学汽车与交通工程学院,江苏镇江 212013)

**摘要:**在 ITI SimulationX 软件中建立拖拉机悬挂机构的物理模型,改变悬挂机构的 5 个参数,分别研究这 5 个参数的变化对提升速比的影响。结果表明:内外提升臂的长度和提升铰接点位置对提升速比有较大影响,提升杆长度及下拉杆长度对提升速比影响较小。

**关键词:**拖拉机;悬挂机构;参数变化;提升速比

**中图分类号:** S219.032.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0344-03

拖拉机悬挂机构连接各种农具,传递拖拉机对农具的提升力及牵引力。悬挂系统是拖拉机的重要组成部分<sup>[1-4]</sup>。目前对拖拉机悬挂机构的研究主要集中在瞬心位置及速度方面,关于悬挂机构参数的选取对提升速比的影响研究较少<sup>[5-6]</sup>。本研究利用动力学仿真软件 ITI SimulationX 建立悬挂机构的物理模型,直接仿真计算各点的速度及位移,对拖拉机悬挂机构参数变化对提升速比影响进行分析,旨在为提升拖拉机速比提供新方法。

收稿日期:2013-09-06

作者简介:曹磊磊(1988—),男,江苏南通人,硕士研究生,主要从事汽车及其零部件设计研究。E-mail:mcaoleilei@sina.com。

$$V = V_s + q - W \quad (6)$$

$$q = r \cdot S_1 \cdot e_k \quad (7)$$

式中: $V$  为当月集雨池水量( $\text{m}^3$ ); $V_s$  为上月集雨池水量( $\text{m}^3$ ); $q$  为当月收集到的雨水量( $\text{m}^3$ ); $r$  为当月降水量( $\text{mm}$ )。

辽沈地区近 10 年平均每月降水量、参考作物蒸散发量以及番茄生长期集雨池蓄水量情况见表 1。

通过计算得到,在番茄生长期集雨池水量最大值为  $72.3 \text{ m}^3$ 。辽沈地区月最大降水量出现在 8 月,平均值为  $161.88 \text{ mm}$ ,根据该月降水量值来确定集雨池容积大小,则集雨池容积为  $52.5 \text{ m}^3$ 。 $52.5 \text{ m}^3$  小于计算值  $72.3 \text{ m}^3$ ,不能满足番茄生长要求;若 7 月种植集雨池雨水量最大值为  $120.1 \text{ m}^3$ ,故  $72.3 \text{ m}^3$  不但满足需要,且是最小值。所以在种植 1 年生番茄条件下,辽沈 I 型日光温室集雨池经济容积为  $72.3 \text{ m}^3$ ,取近似值  $80 \text{ m}^3$ 。运用此方法可计算辽沈系列其他类型温室集雨池的经济容积。

## 4 结论

通过计算得出辽沈 I 型日光温室集雨系统雨槽排水管的直径为  $18 \text{ cm}$ ;运用 Penman-Monteith 公式算出辽沈 I 型日光温室 6 月种植 1 年生番茄,生长期的需水量约为  $140 \text{ m}^3$ ,结合气象资料最终得出辽沈 I 型日光温室种植番茄集雨池经济容积为  $80 \text{ m}^3$ 。经验证该结论数值切实可行。运用此方法可

## 1 影响拖拉机悬挂机构性能的主要参数

图 1 是拖拉机悬挂机构的运动简图<sup>[3]</sup>。机构共有 12 个参数,液压缸中心线与水平线初始夹角(图中  $\alpha_1$ )、外提升臂与机体的铰接点位置坐标(图中  $C$  点)、上拉杆与机体的铰接点位置坐标(图中  $J$  点)、下拉杆铰接点位置坐标(图中  $K$  点)、内提升臂长度( $CB$  长)、外提升臂长度( $CD$  长)、内外提升臂夹角、提升杆长度、下拉杆长度、提升杆和下拉杆连接点(图中  $E$  点)与下拉杆机体铰接点(图中  $K$  点)距离、上拉杆长度、农具立柱长度。根据设计要求,液压缸初始位置一般为水平卧式。外提升臂与机体铰链点、上下拉杆与机体铰链点受总布置所限,可选择范围不大。内外提升臂夹角一般为固定值。上拉杆的长度根据立柱的高度可以调节。本研究仅

计算不同地区、不同类型日光温室种植不同作物时的集雨池经济容积。

本方法计算作物需水量所提及的参考作物蒸散发量是露天环境下的,并非温室内参考作物。风速是影响  $ET_0$  的主要因素,温室内温度、湿度等都与露天环境不同,所以计算出的番茄需水量大于温室内番茄实际需水量,导致计算集雨池经济容积偏小。因此,在计算  $ET_0$  时应当引入温室系数,从而保证计算结果的精确性。

## 参考文献:

- [1] 李科. 我国农业水资源可持续利用的对策研究[D]. 成都:成都理工大学,2007.
- [2] 边志明,张蕾. 中国水资源存在的主要问题及合理开发利用新理念[J]. 环境科学与管理,2011,36(10):147-153.
- [3] 刘昌明. 二十一世纪中国水资源若干问题的讨论[J]. 水利水电技术,2002,33(1):15-19.
- [4] 陈家琦,王浩. 水资源概论[M]. 北京:水利水电出版社,1996.
- [5] 王铁良,白义奎. 辽沈系列日光温室类型与应用[J]. 新农业,2011(2):29-30.
- [6] 刘丙军,邵东国,沈新平. 参考作物腾发量计算方法适用性分析[J]. 灌溉排水学报,2006,25(3):9-12.
- [7] 王昊,许士国. 扎龙湿地芦苇沼泽蒸散发计算与分析[J]. 水利水电技术,2005,36(2):22-24,28.