水土保持雨水集蓄建设

汪邦稳

E-mail: bangwenbest@126.com

电话：**0791-8828159**

江西省水土保持科学研究所

提纲

1. 国家需求
2. 基本概念
3. 地理位置
4. 建设理念
5. 优化设计与建设成果
6. 科学实验
7. 效益分析

一、国家需求

国家需求

目前全国灌溉状况：

- 有效灌溉面积：**8.77**亿亩，占耕地面积的**48%**，其中节水灌溉面积为**3.67**亿亩，占农田有效灌溉的**41.8%**；农业灌溉水有效利用系数从**30**年前的**0.35**提高到现在的**0.48**。

- 我国用占世界**6%**的淡水资源和**9%**的耕地，解决了占世界**21%**的人口粮食。

国家需求

面临问题：

- 当前农业缺水量严重，每年农业生产缺水量高达300多亿立方米，年均因旱成灾面积达2.3亿亩左右；加之，污染造成的水质性缺水，工业和生活用水加大，加剧了农业用水的紧张。

国家需求

新的挑战：

- 为了解决人口日益增长的粮食需求，国务院制定了《全国新增1000亿斤粮食生产能力规划》，从保障国家粮食安全出发，到2020年时需要再形成600亿立方米以上的年节水能力，全国灌溉用水有效利用系数提高到0.55，节水灌溉面积要占全国有效灌溉面积的80%以上。

国家需求

政策实施及要求：

- 中央启动了“中央财政小型农田水利重点县建设”，在“财政部、水利部关于实施中央财政小型农田水利重点县建设的意见”中，提到实施以后有效灌溉面积占耕地面积的比重提高10%-15%，或达到60%以上，节水灌溉面积占有效灌溉面积提高15%，或达到50%以上，其中高效节水灌溉面积提高5%，或达到23%。

国家需求

需求技术支持：

- ✓ 在财政部、水利部联合印发的“中央财政小型农田水利重点县建设管理办法”中明确规定：可以因地制宜地适度建设雨水集蓄高效利用和高效节水灌溉。
- ✓ 随着水资源日趋短缺和农业发展对水资源需求的大幅度增大，雨水集蓄利用越来越受到世界各国的重视。

二、基本概念

基本概念

雨水集蓄利用的概念:

广义：是指经过一定的人为措施，对自然界中的雨水径流进行干预，使其就地入渗，或集蓄以后加以利用;

狭义：则指将通过集流面形成的径流汇集在蓄水设施中再进行利用;

强调了对正常水文循环的人为干预，内容主要包括雨水收集技术、雨水储存技术、雨水净化技术和雨水灌溉技术四部分。

基本概念

水土保持的概念:

- ✓ 防治水土流失，保护、改良与合理利用水、土资源，维护和提高土地生产力，减轻洪水、干旱、风沙灾害，以利于充分发挥水、土资源的生态效益、经济效益和社会效益，建立良好生态环境，支撑可持续发展的社会公益事业。
- ✓ 其措施分为，工程措施、生物措施和耕作措施。

基本概念

水土保持雨水集蓄利用特点:

不仅要实现集蓄雨水的目的，同时还注重生态环境的保护和改善。

三、水土保持雨水集蓄建设地理位置

水土保持雨水集蓄建设示范地理位置

该项目建设区位于江西北部德安县，处于江西省水土保持生态科技园内。

地理位置图

四、建设理念

建设理念

1、涝能排、旱能灌

地形条件和土地利用类型，因地制宜、统筹兼顾、综合治理。

生态、环保型水土保持技术，加强集水系统和灌溉系统一体化建设，

把坡面紊乱、无序的径流汇集成有序、清洁的水资源，

通过实施节水灌溉技术，实现雨水的节约、高效利用。

建设理念

2、集生态建设与小型水利水保工程于一体

一是将集雨与节灌相结合;

二是将雨水集蓄利用工程与先进的水保、农艺措施相结合;

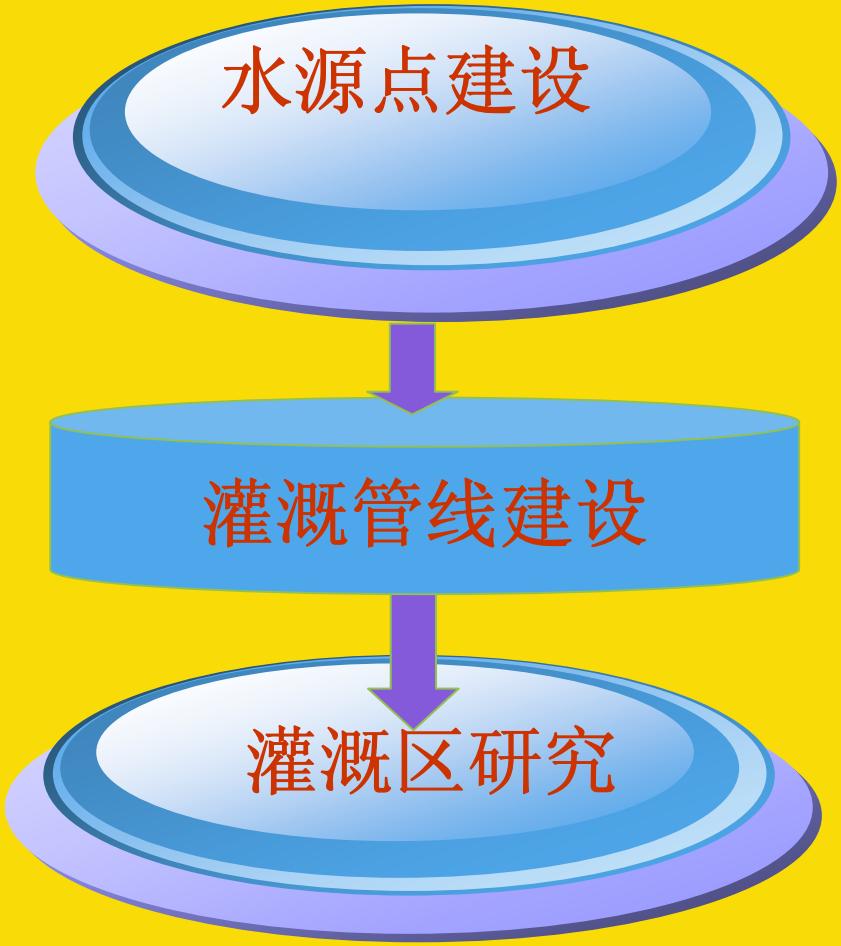
三是将工程措施与管理措施相结合;

四是将雨水集蓄利用与发展生产、改善生态环境相结合。

五、优化设计与建设成果

优化设计与建设成果

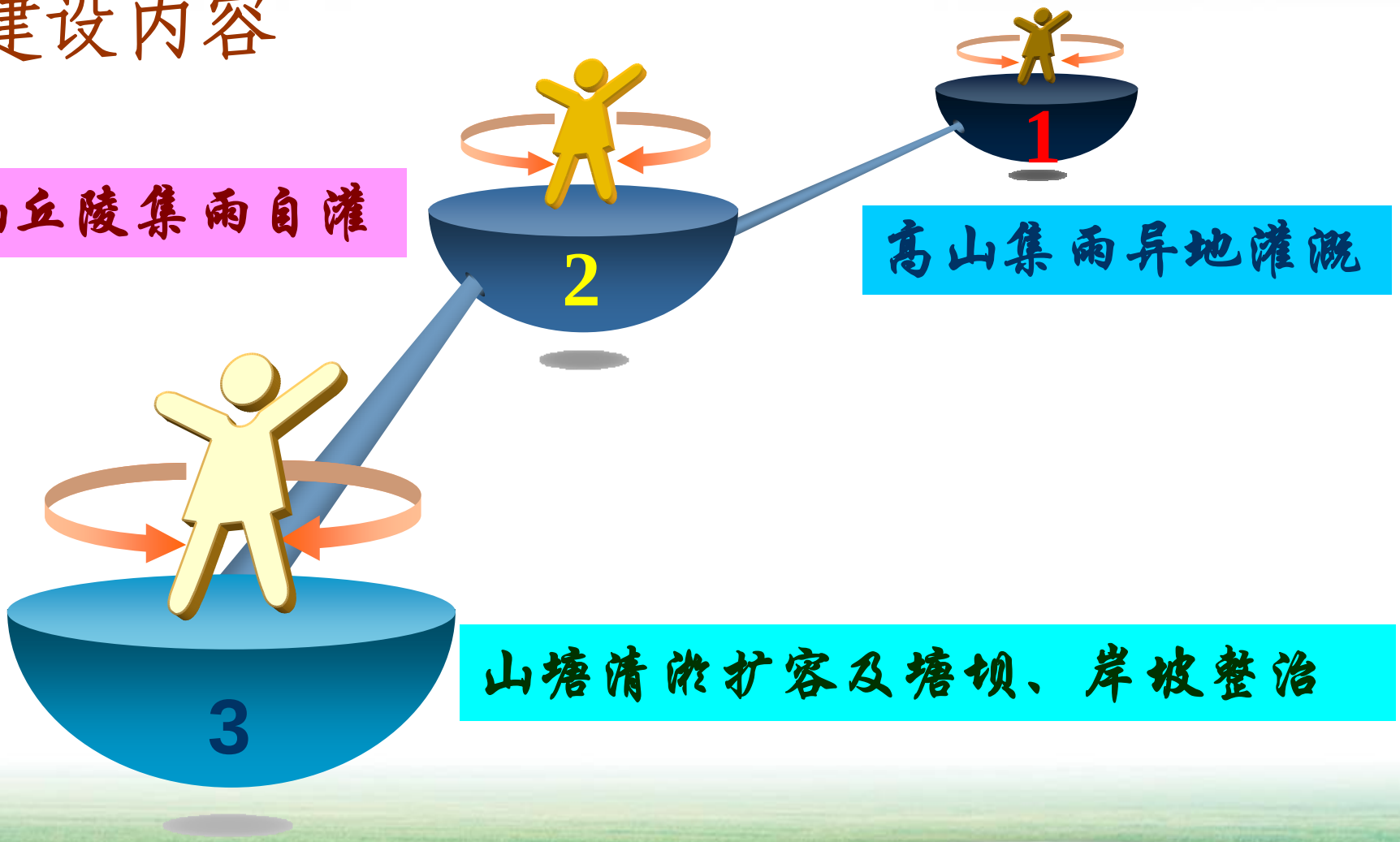
- 整体思路



水源点建设

建设内容

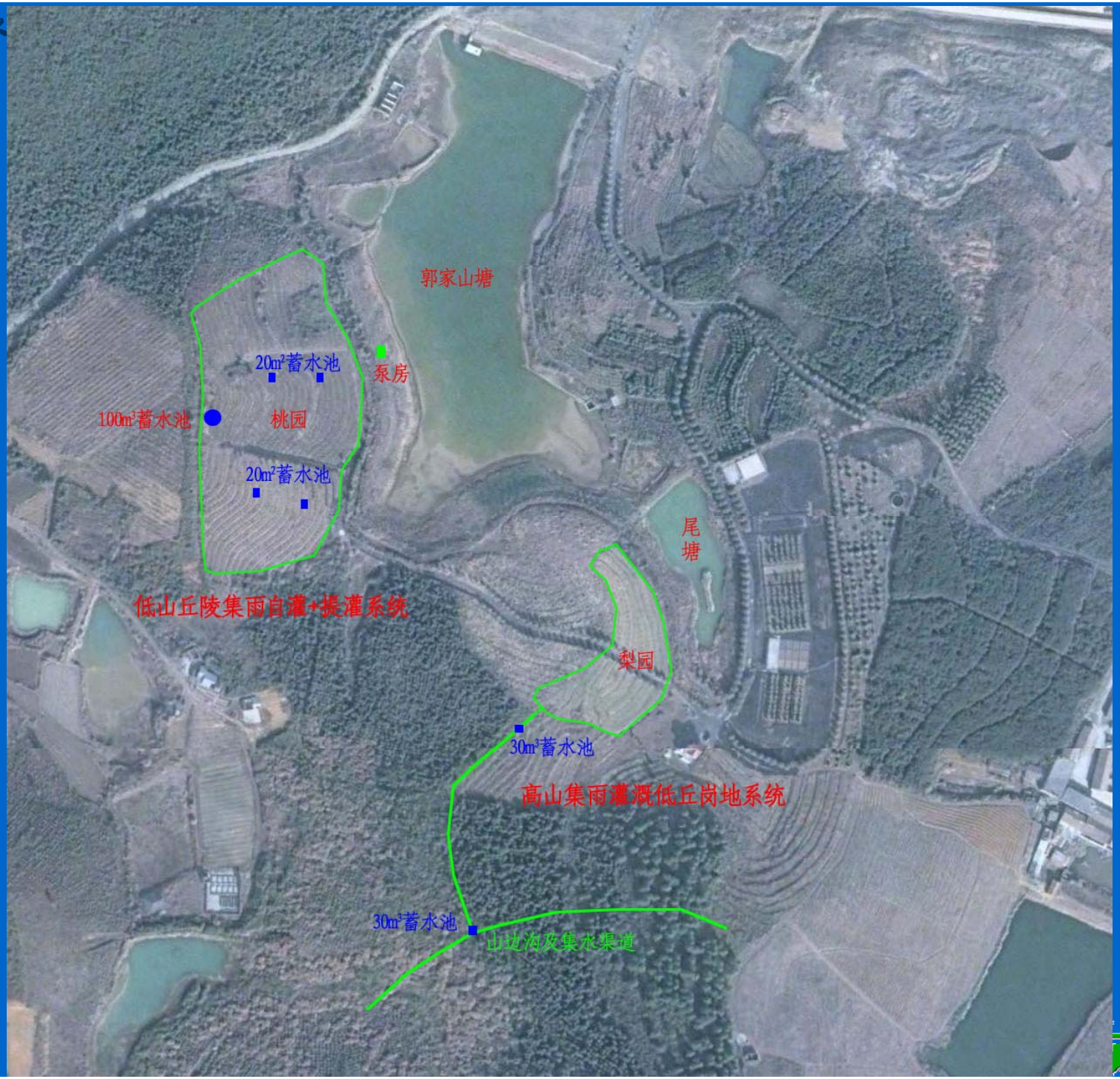
低山丘陵集雨自灌



高山集雨异地灌溉

山塘清淤扩容及塘坝、岸坡整治

建设地点示意图


郭家山塘
20m²蓄水池
泵房
100m³蓄水池
桃园
20m²蓄水池
低山丘陵集雨自灌+提灌系统
尾塘
梨园
30m³蓄水池
高山集雨灌溉低丘岗地系统
30m³蓄水池
山边沟及集水渠道

高山集雨异地灌溉建设

指导思想

充分利用江西林地资源和降雨条件，根据科技园地形特点，建设高山集雨异地灌溉系统，为解决坡地干旱提供技术推广和示范。

高山集雨异地灌溉建设

建设内容 1、集雨面选择

建设内容 2、引水系统优化选择和建设

建设内容 3、蓄水池大小、数量确定和建设

高山集雨异地灌溉建设

集雨面确定原则

根据江西地形条件和土地利用类型，本着汇水面积大、集雨多、水势高、工程容易实施的原则，选择林地为集雨面进行雨水集蓄。

高山集雨异地灌溉建设

集雨面确定结果

根据科技园的地形特点，该集雨面选择在海拔相对较高的水土保持植物优化组合区，面积3.38hm²，海拔76.9m。植被盖度达90%以上。

高山集雨异地灌溉建设

引水系统优化选择原则

1. 拦沙截流效率高
2. 对环境影响小
3. 促进综合治理
4. 工程便于建设

高山集雨异地灌溉建设

优化选择结果

山边沟是一种很好的坡面治理水土保持技术，它既可以排水，又可以作为农耕道路，尤其它的内斜式断面对径流泥沙拦截作用效果明显，所以选择山边沟作为引水渠道。

高山集雨异地灌溉建设

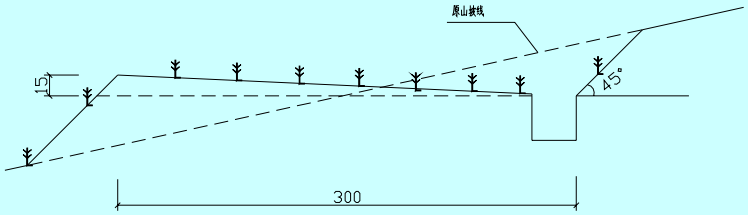
- ✓根据集雨面和项目区的降雨量用下面的公式计算洪峰流量:

$$Q=0.278KiF$$

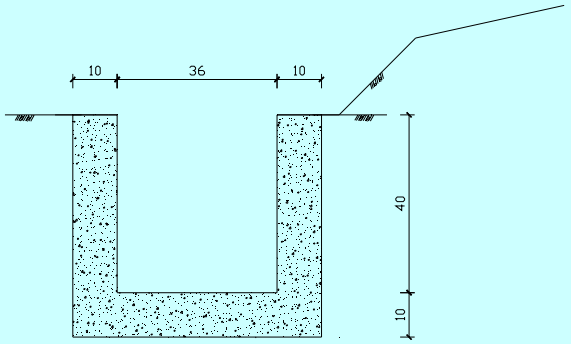
式中Q为洪峰流量，m^3/s；K为洪峰径流系数；i为30年一遇最大1小时暴雨强度，mm/h；F为集雨面积，km^2；0.278为单位换算系数。

- ✓计算**确定山边沟雨水收集排水沟的建设断面为40cm×36cm。**

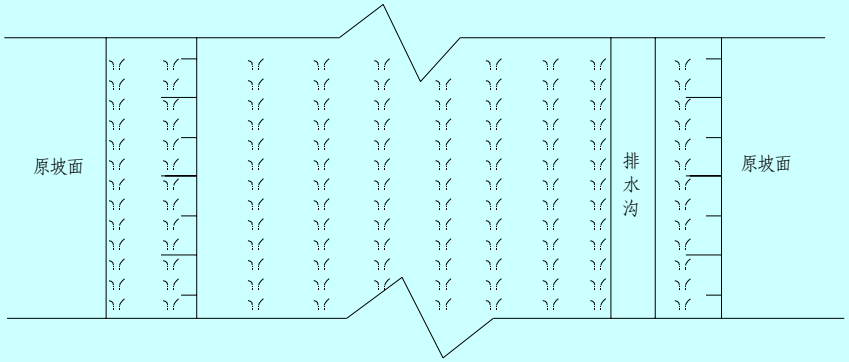
山边沟设计图



山边沟剖面图
1:100



排水沟
1:10



山边沟平面图
1:100

图例:

混合草籽（狗牙根、假俭草）

说明:

1. 本图尺寸标注均以厘米计。

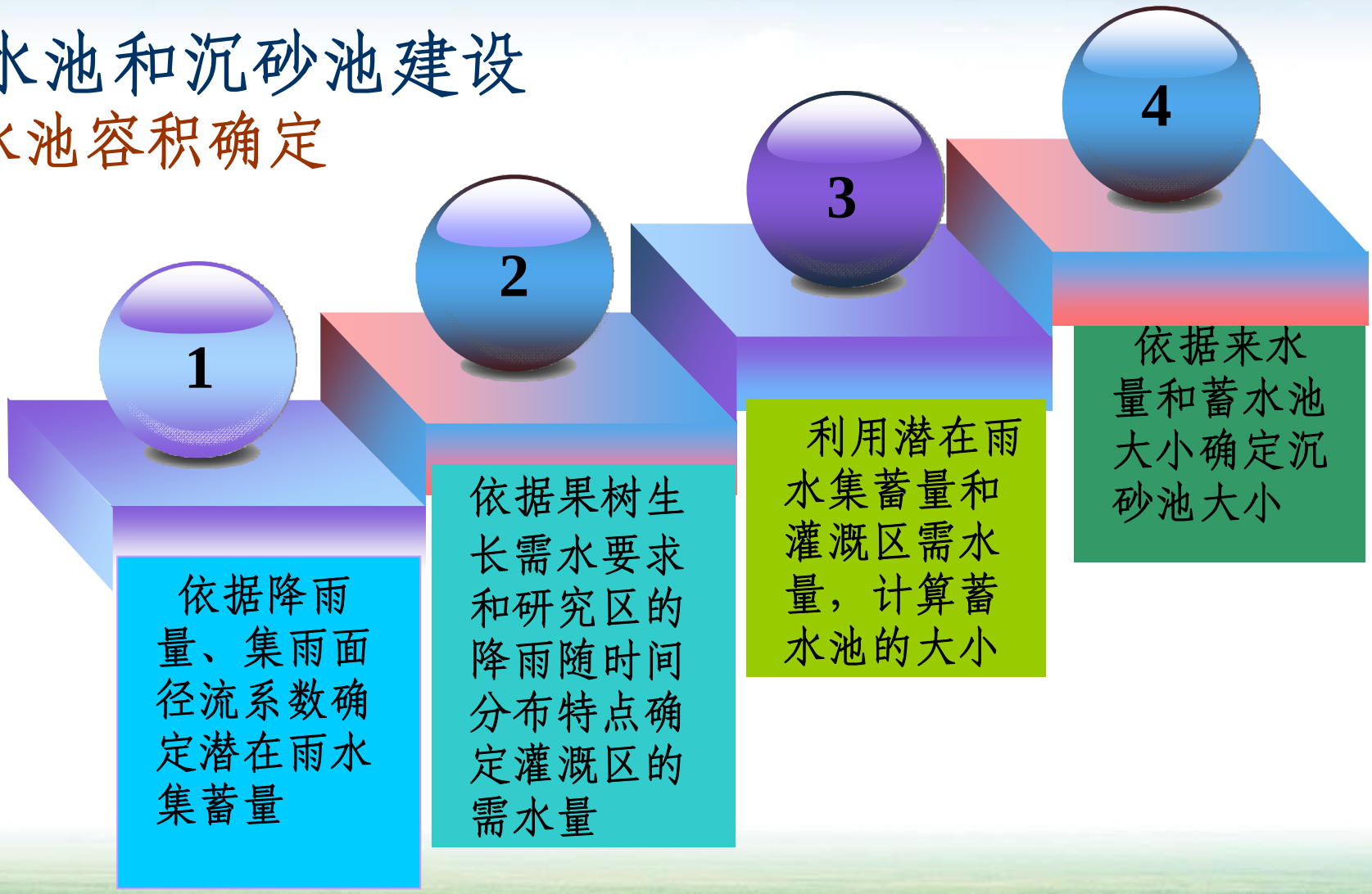
高山集雨异地灌溉建设

引水系统建设成果

高山集雨异地灌溉

蓄水池和沉砂池建设

蓄水池容积确定



高山集雨异地灌溉

集雨面的汇水量：

根据实地调查，集雨面面积为3.38hm^2，以德安科技园第3地表径流小区的观测径流数据作参考，计算该集雨面每月及年集蓄的雨水量。

高山集雨异地灌溉

集雨面的汇水量：

集雨区月集蓄雨水量表（m^3）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
集水量	19	25	22	42	79	58	64	164	5	0	24	20	522

高山集雨异地灌溉

灌溉制度的确定

灌水定额:

$$In = \beta (Fd - W0) Z \rho_w / 1000 = 40\% \times (31\% - 22\%) \times 0.8 \times 40\% / 1000 = 11.52mm$$

In——一次灌水量（mm）

β——土壤中允许消耗的水量占土壤的有效水量的比例（%），

Fd、w0——分别为田间持水量和调萎点含水量（占土体%），（Fd－w0）表示土壤中保持的有效水量，

z——微灌土壤计划湿润层深度（m），其值可查有关规范，

p——微灌土壤湿润比（%）。

高山集雨异地灌溉

单株一次净灌水量：

- **I株=灌水定额（In）× 单株灌溉面积（A）=**
  11.52 × 3 × 2.5 = 86.4L

高山集雨异地灌溉

灌水周期计算

计算公式：T=In/ETa

T为灌水周期（d）；ETa为梨树耗水强度（mm/d）。

月份	3	4	5	6	7	8	9
平均日需水量（mm）	1.7	1.83	2.63	2.37	3.48	3.52	1.73
灌溉周期（天）	6	6	4	4	3	3	6

高山集雨异地灌溉

一次灌水延续时间

本次设计采用单行毛管直线布置，滴头间距均一，采用下式计算:

$$t=I_{株}/\eta q$$

t—一次灌水时间（h）；

q—单个滴头流量（L/h），等于4.1L/h;

η—灌溉水利用系数，取0.9。

计算获取一次灌水延续时间为23h。

高山集雨异地灌溉

灌水次数：

根据对德安科技园2001-2006年降雨分布资料，依照梨树每月灌水周期，计算2001-2006年梨树生长季节每月需要灌水次数。

月份 / 年份	3	4	5	6	7	8	9
2001	2	3	4	2	3	3	2
2002	2	0	2	2	3	3	2
2003	1	0	1	4	8	8	4
2004	3	1	2	3	4	3	3
2005	2	2	3	2	4	3	2
2006	2	2	3	2	4	3	2

高山集雨异地灌溉

灌溉定额：

计算公式：

灌溉定额=I×n（I为单株梨树一次灌水量，n为灌溉次数）

2001-2006年各年灌溉定额计算结果（单位m^3）：

月份 / 年份	3	4	5	6	7	8	9	定额
2001	0.17	0.26	0.35	0.17	0.26	0.26	0.17	1.64
2002	0.17	0	0.17	0.17	0.26	0.26	0.17	1.2
2003	0.09	0	0.09	0.35	0.69	0.69	0.35	2.26
2004	0.26	0.09	0.17	0.26	0.35	0.26	0.26	1.65
2005	0.17	0.17	0.26	0.17	0.35	0.26	0.17	1.55
2006	0.09	0.26	0.09	0.09	0.35	0.35	0.35	1.58

高山集雨异地灌溉

灌溉保证率：

计算公式:

$$P = m/(n+1)$$

次序	灌溉定额（m^3）	灌溉保证率（%）
1	1.2	14.3
2	1.55	28.6
3	1.58	42.9
4	1.64	57.1
5	1.65	71.4
6	2.26	85.7

高山集雨异地灌溉

选取灌溉保证率为71.4%的灌溉定额，计算灌溉区的200株梨树（约6亩）年需灌水量。

净灌溉水量：

灌溉区各月和年需净灌溉水量（m^3 ）

月份	3	4	5	6	7	8	9	合计
净灌溉量	51.84	17.28	34.56	51.84	69.12	51.84	51.84	328.32

高山集雨异地灌溉

- **滴灌方式下的灌溉需水量：**

  在滴灌方式下，取0.9为滴灌系统水利系数，则灌溉区年需水量为364.8m^3。

月份	3	4	5	6	7	8	9	合计
滴灌量（m^3）	57.6	19.2	38.4	57.6	78.6	57.6	57.6	364.8

高山集雨异地灌溉

灌溉区滴灌方式下需灌溉水量与集蓄水量的比较（m^3）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
需水量	0	0	57.6	19.2	38.4	57.6	76.8	57.6	57.6	0	0	0	364.8
集水量	19	25	22	42	79	58	64	164	5	0	24	20	522

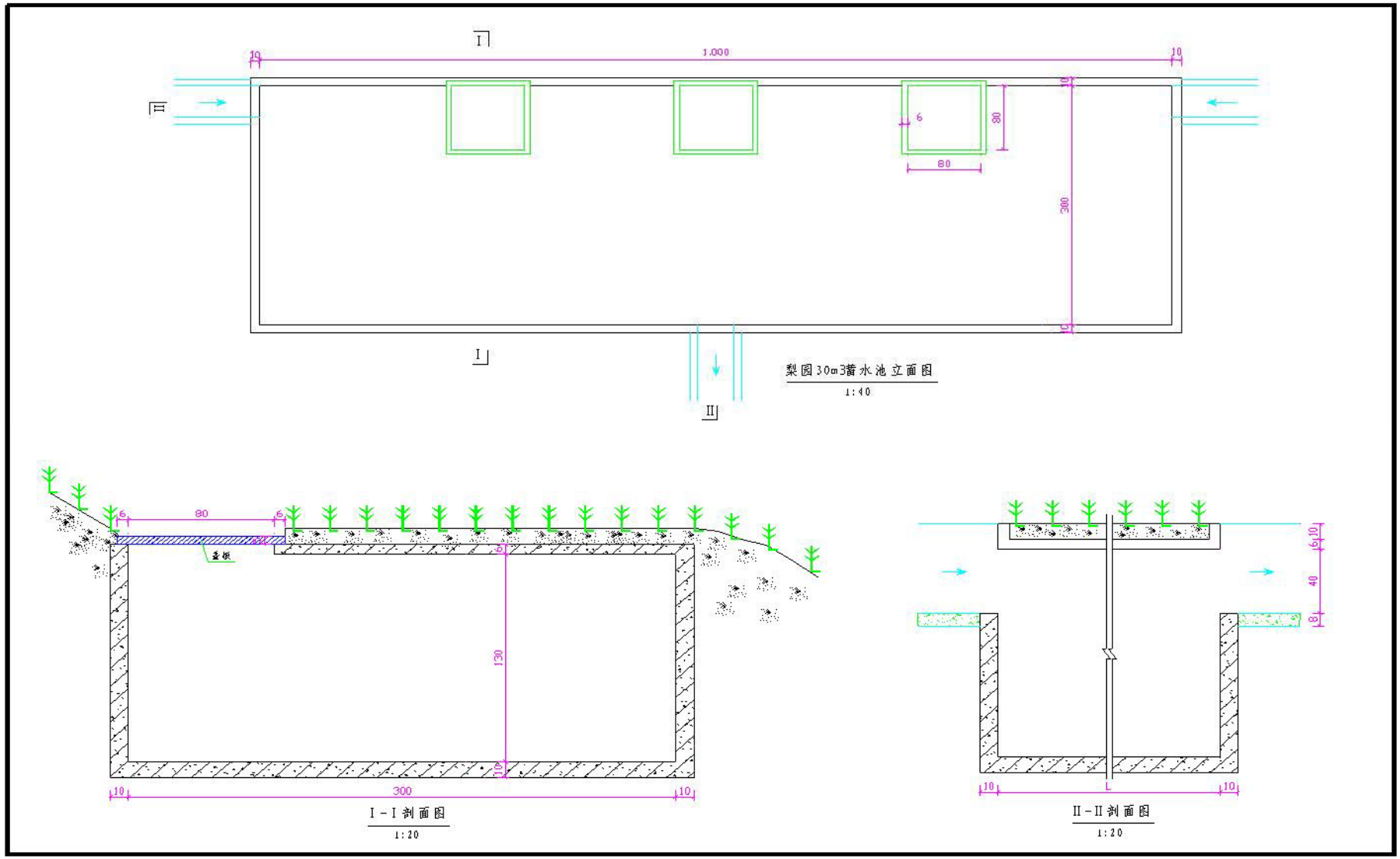
从表中可以看出，在梨树生长期，有3、7、9月份的集蓄雨水量不能满足需要灌溉量，但从总量来看，在滴灌方式下年集蓄的总雨水量能够满足年需灌溉量；所以通过雨水集蓄工程对集蓄雨水进行平衡调控，在灌溉保证率为71.4%的灌溉定额下，利用滴灌方式，设计集雨面集蓄的雨水能够满足对设计灌溉区梨树的灌溉。

高山集雨异地灌溉

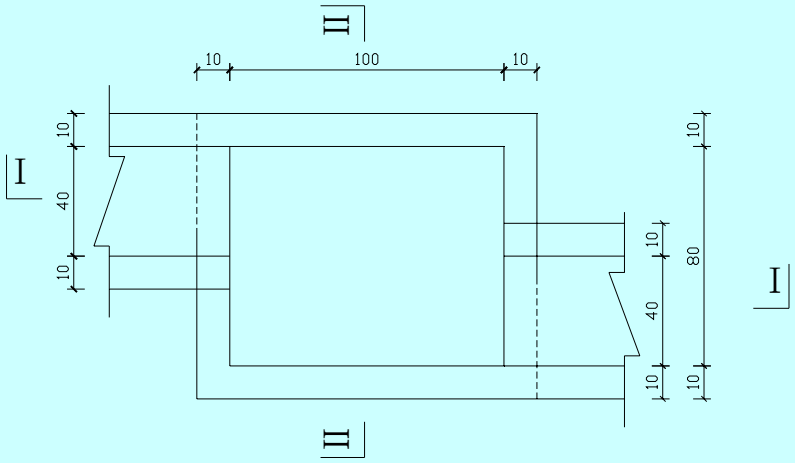
蓄水池数量与类型

根据对集雨区与灌溉区的每月来水与需水平衡计算，满足高山集雨异地灌溉区需求的蓄水池大小为60m^3，结合地形和耗材最省原则，设计修建两个30m^{3}的蓄水池。

梨园沟渠式蓄水池（30m³）设计图

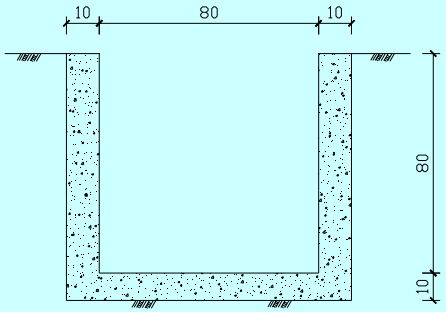


梨园灌溉集水区沉沙池设计图



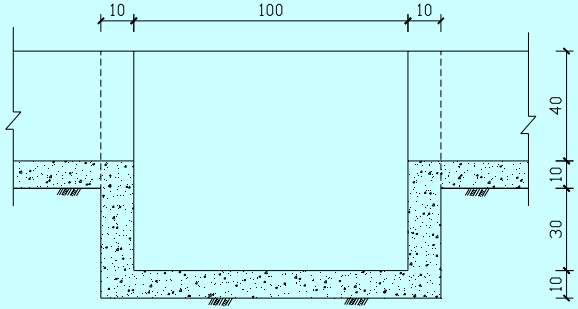
沉沙池平面图

1:20



沉沙池 II－II 剖面图

1:20



沉沙池 I－I 剖面图

1:20

说明:

1. 本图尺寸标注均以厘米计。
2. 排水沟和沉沙池全部采用C20砼浇筑。

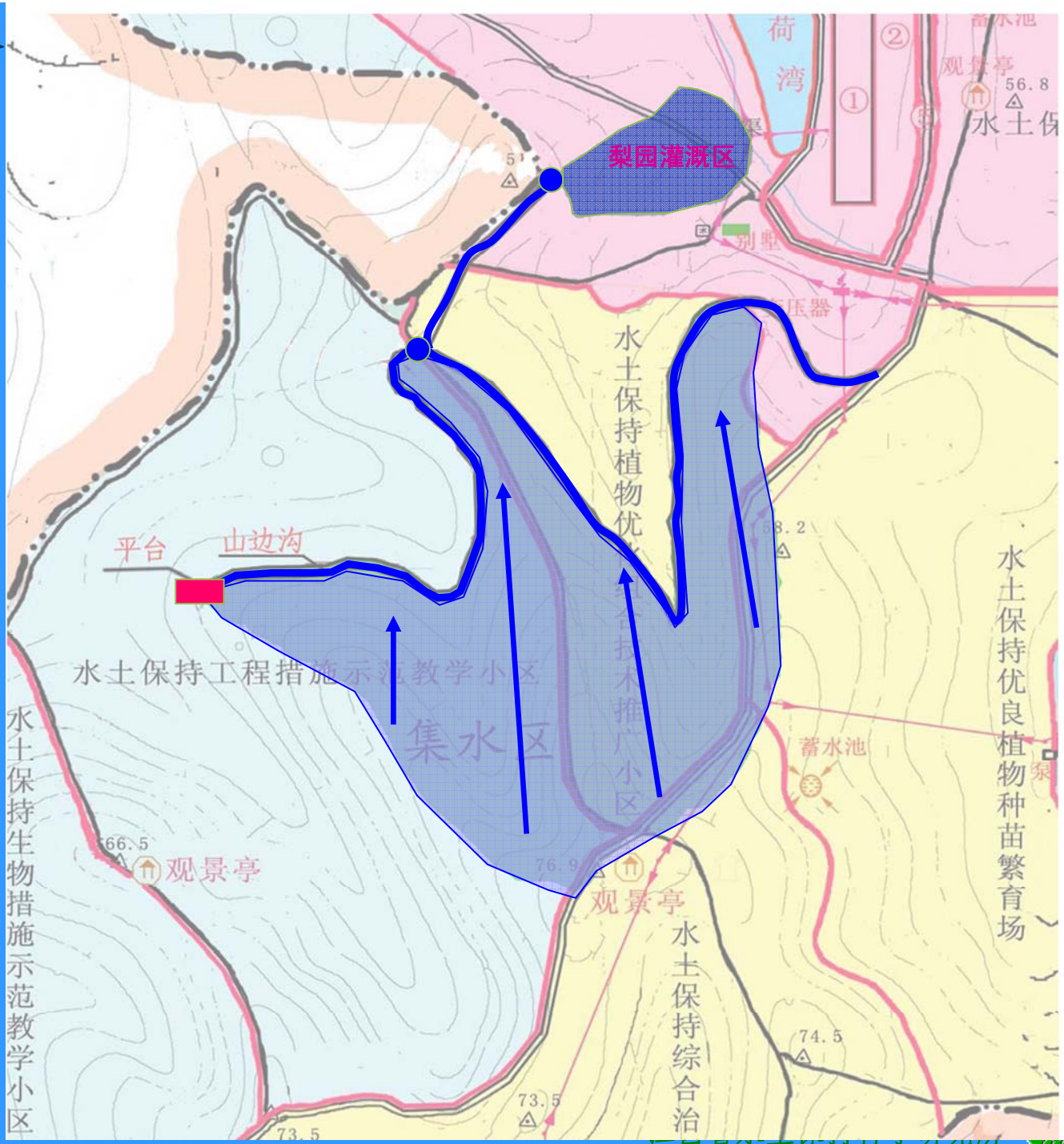
高山集雨异地灌溉

蓄水池与沉砂池建设成果

沉砂池

30m³蓄水池

高山集雨异地灌溉工程布局



高山集雨异地灌溉

创新点：

- “山边沟+百喜草+沉砂池+引水渠+蓄水池”的引流蓄水系统，把水土保持技术与雨水集蓄工程有机的结合在一起，既实现了集蓄雨水的功能，又起到了水土流失防治、保护和改善环境的目的。

低山丘陵集雨自灌

指导思想

坡地是江西农业的重要用地，为解决坡耕地的季节性干旱，利用水保工程进行雨水集蓄自灌是解决江西季节性干旱的重要可行途径。所以建设低山丘陵集雨自灌系统可以为雨水集蓄推广提供可行的技术方法和示范。

低山丘陵集雨自灌

1、坡面引水系统确定和水系网建设；

2、蓄水池大小确定和建设。

低山丘陵集雨自灌

坡面水系网建设原则

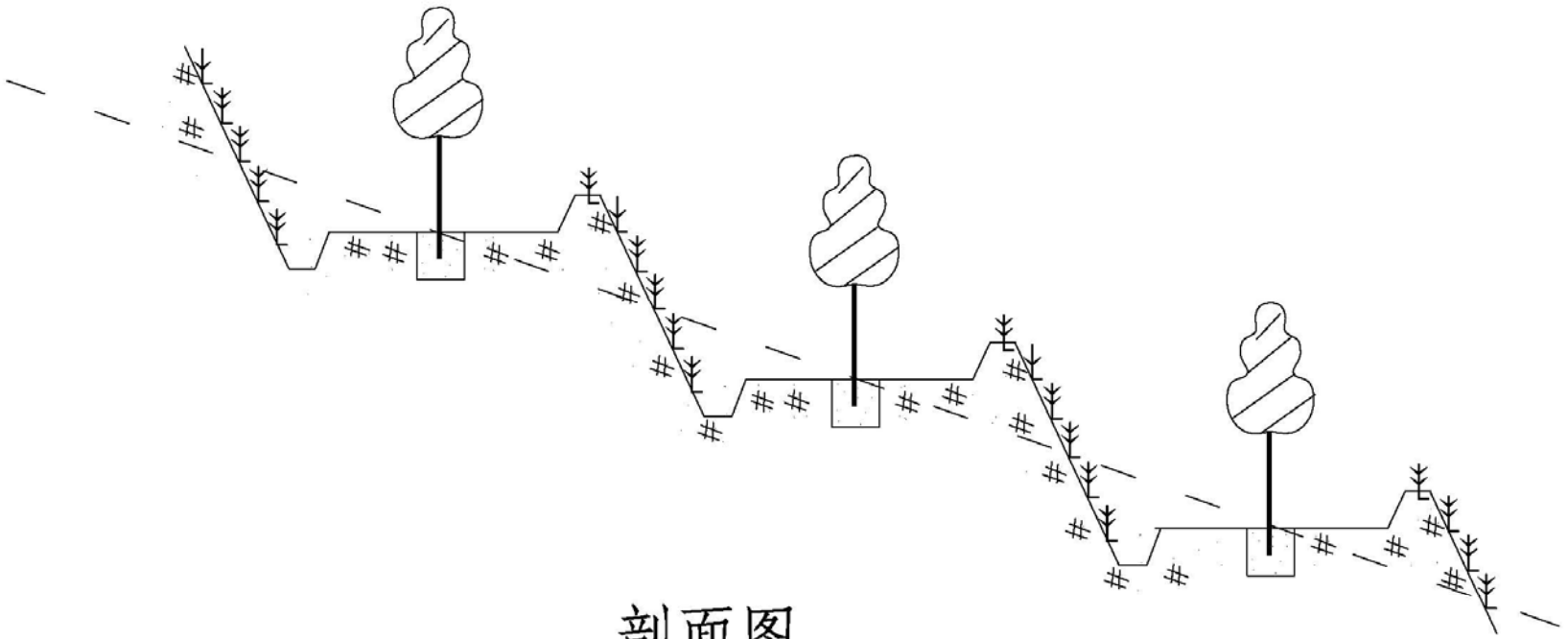
1. 因地制宜
2. 综合治理
3. 涵养和净化水源

低山丘陵集雨自灌

坡面水系技术选择结果

水平台地、梯壁植草和坎下沟等水土保持综合治理措施对调节径流优化水源效果明显，所以本研究选择“水平台地+梯壁植草+坎下沟”的水土保持技术进行坡面水系网建设。

水平台地+梯壁植草+坎下沟

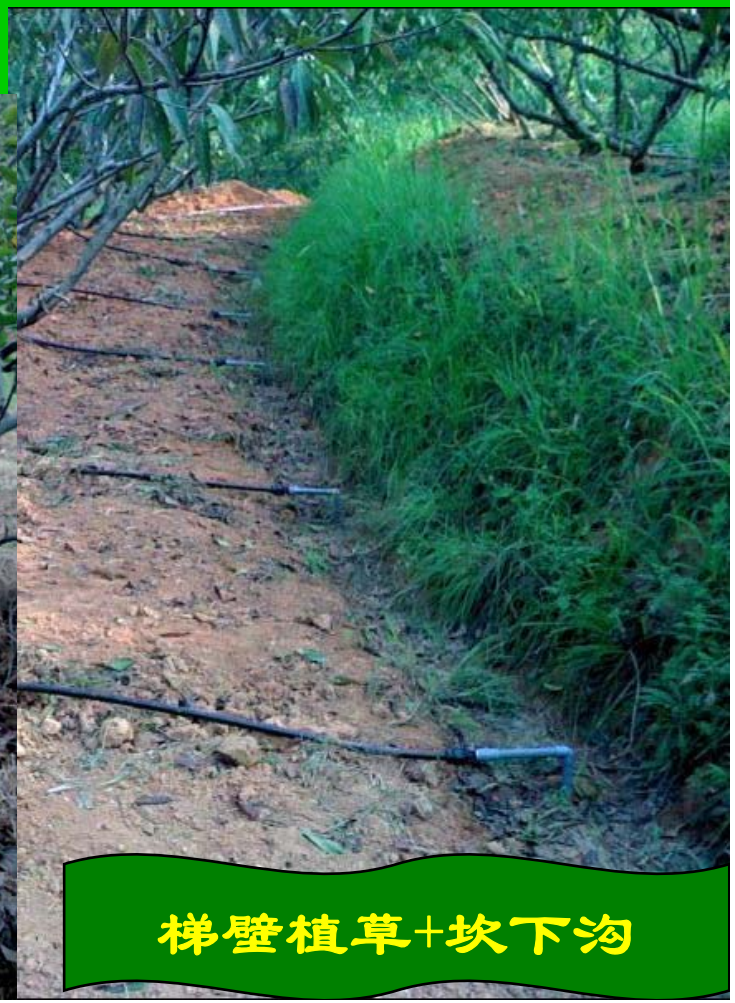


剖面图

低山丘陵集雨自灌

坡面水系技术建设成果

水平台地+枯落物覆盖

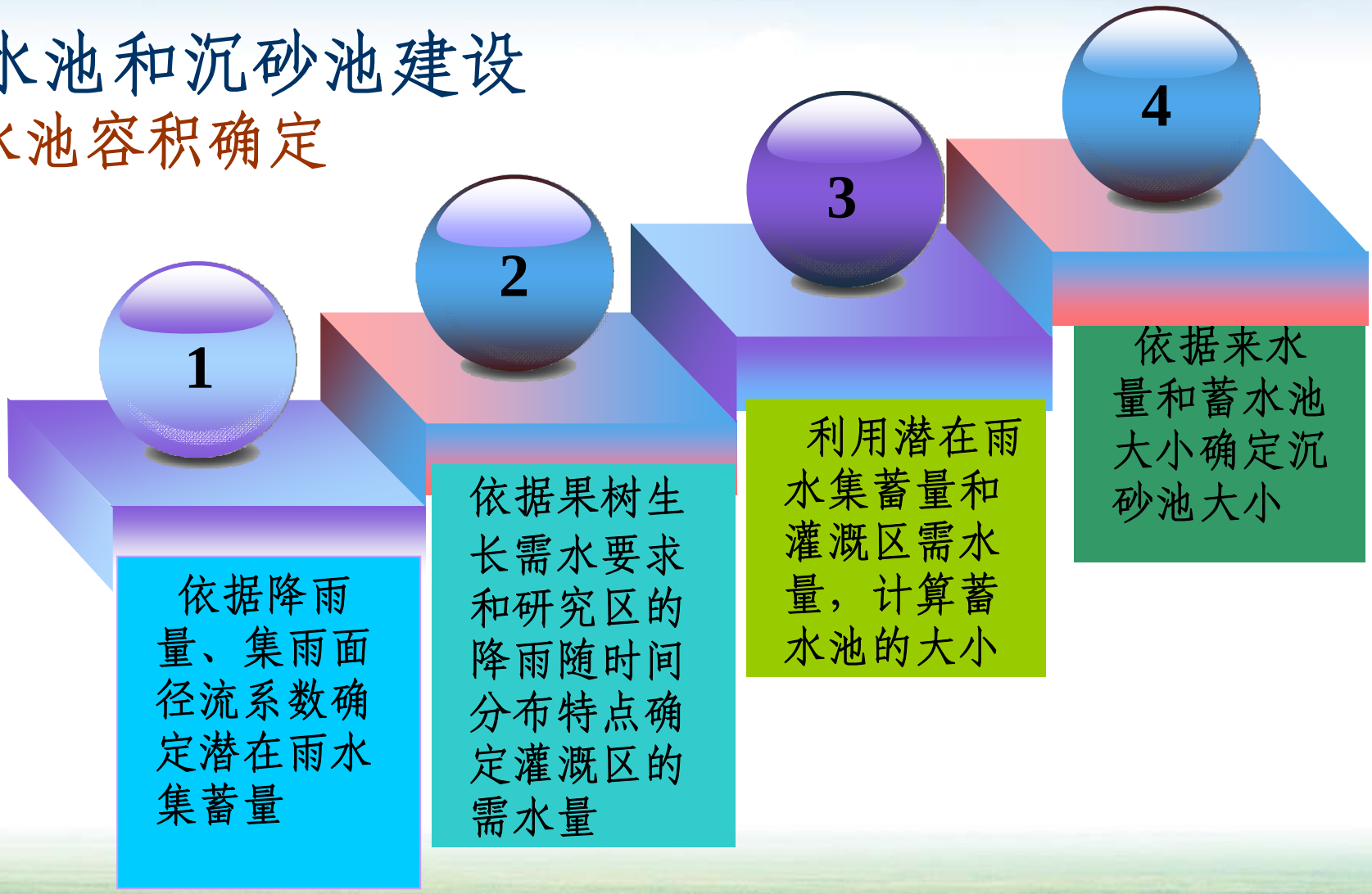


梯壁植草+坎下沟

低山丘陵集雨自灌

蓄水池和沉砂池建设

蓄水池容积确定



低山丘陵集雨自灌

灌溉制度的确定

灌水定额:

$In=\beta(Fd-W0)Z\rho_w/1000=60\%\times(31\%-22\%)\times0.8\times40\%/1000=17.28mm$

单株一次净灌水量：

I株=灌水定额（In）× 单株灌溉面积（A）= 17.28 × 3 × 2.5 = 129.6L

低山丘陵集雨自灌

灌水周期计算

计算公式：**T=In/ETa**

T为灌水周期（d）；ETa为桃树耗水强度（mm/d）。

计算结果:

月份	3	4	5	6	7	8	9
平均日需水量（mm）	1.7	1.83	2.63	2.37	3.48	3.52	1.73
灌溉周期（天）	10	9	6	7	5	5	10

低山丘陵集雨自灌

一次灌水延续时间

本次设计采用单行毛管直线布置，滴头间距均一，采用下式计算:

$$t=I_{株}/\eta q$$

t—一次灌水时间（h）;

q—单个滴头流量（L/h），等于4.1L/h;

η—灌溉水利用系数，取0.9。

计算获取一次灌水延续时间为35h。

低山丘陵集雨自灌

灌水次数：

根据对德安科技园2001-2006年降雨分布资料的分析，依照桃树每月灌水周期，计算2001-2006年桃树生长季节每月需要灌水次数 。

月份 / 年份	3	4	5	6	7	8	9
2001	0	0	1	0	3	2	2
2002	0	0	0	1	2	3	0
2003	0	2	0	1	4	2	1
2004	0	0	1	1	2	0	1
2005	1	0	2	0	4	2	2
2006	1	0	1	0	4	2	1

低山丘陵集雨自灌

灌溉定额：

计算公式：

灌溉定额=I × n（I为单株桃树一次灌水量，n为灌溉次数）

2001-2006年各年灌溉定额计算结果：（单位：m^3）

月份 / 年份	3	4	5	6	7	8	9	定额
2001	0	0	0.13	0	0.39	0.26	0.26	1.04
2002	0	0	0	0.13	0.26	0.39	0	0.78
2003	0	0.13	0	0.13	0.52	0.26	0.13	1.17
2004	0	0	0.13	0.13	0.26	0	0.13	0.65
2005	0.13	0	0.13	0	0.52	0.26	0.26	1.43
2006	0.13	0	0.13	0	0.521	0.26	0.13	1.171

低山丘陵集雨自灌

灌溉保证率：

计算公式:

$$P = m/(n+1)$$

次序	灌溉定额（m^3）	灌溉保证率（%）
1	0.65	14.3
2	0.78	28.6
3	1.04	42.9
4	1.17	57.1
5	1.171	71.4
6	1.43	85.7

低山丘陵集雨自灌

净灌溉水量：

选取灌溉保证率为71.4%的灌溉定额，计算灌溉区的880株（约20亩）桃树年需灌水量。

灌溉区各月和年需净灌溉水量（m^3 ）

月份	3	4	5	6	7	8	9	合计
净灌溉量	114.05	114.05	114.05	0	342.14	228.10	114.05	1026.4

低山丘陵集雨自灌

滴灌方式下的需灌溉水量：

用滴灌方式灌溉，取0.9为滴灌系统水利系数，则灌溉区年需水量为1140.5m^3。

月份	3	4	5	6	7	8	9	合计
滴灌量（m^3）	126.7	126.7	126.7	0	380.2	253.4	126.7	1140.5

低山丘陵集雨自灌

集雨面的汇水量：

根据实地调查，集雨面面积为**1.1006hm²**，以德安科技园第**12**地表径流小区的观测径流数据作参考，计算该集雨面每月及年集蓄的雨水量。

低山丘陵集雨自灌

集雨面的汇水量：

集雨区月集蓄雨水量表（m^3）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
集水量	9.4	30.5	37.4	268.7	93.2	59.3	42.7	3.8	21.7	7.7	6.6	8.4	589.4

低山丘陵集雨自灌

灌溉区滴灌方式下需灌溉水量与集蓄水量的比较（m^3）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
需水量	0	0	126.7	126.7	126.7	0	380.2	253.4	126.7	0	0	0	1140.5
集水量	9.4	30.5	37.4	268.7	93.2	59.3	42.7	3.8	21.7	7.7	6.6	8.4	589.4

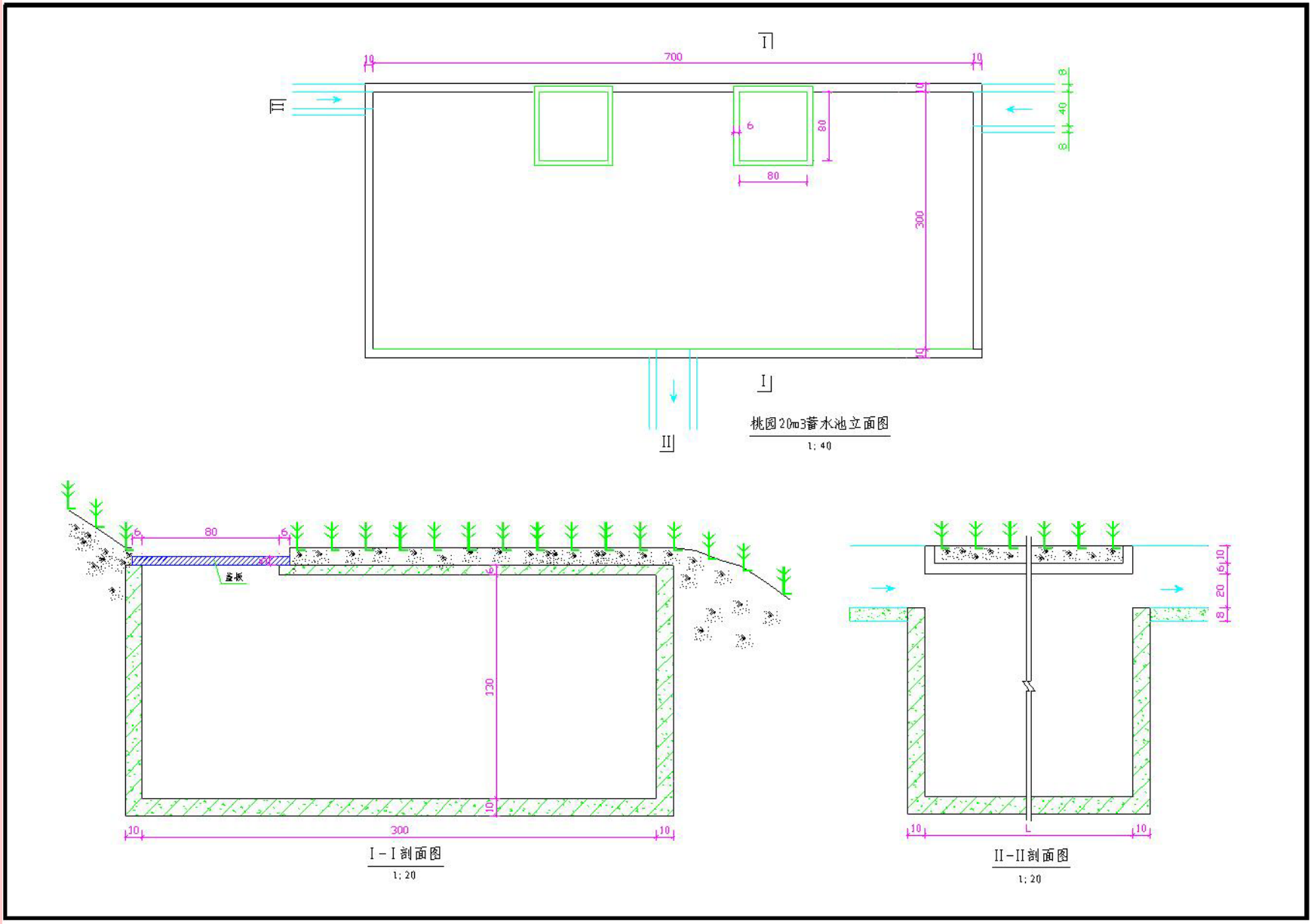
从表中可以看出，在桃树生长季节只有**4**和**6**月份集蓄的雨水量能够满足需要灌溉量外，其它月份的集蓄雨水的量不能满足灌溉区桃树的需求灌溉的量；从总量来看，通过雨水集蓄工程对集蓄雨水进行平衡调控，在灌溉保证率为**71.4%**的灌溉定额下，利用滴灌方式，设计集雨面集蓄的雨水只能满足灌溉需水量的**51.7%**，剩下的**551.1m³**灌溉需水量需要通过提灌来补充。

低山丘陵集雨自灌

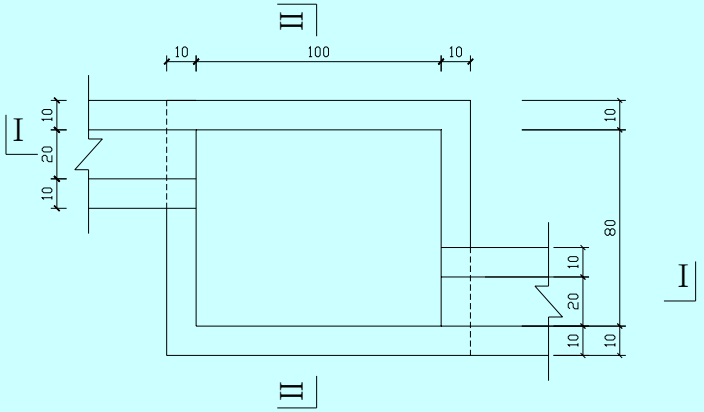
蓄水池数量与类型

根据对集雨区与灌溉区的每月来水与需水平衡计算，为充分利用雨水，满足需求的集雨蓄水池大小为80m^3，提灌蓄水池大小为100m^3，结合地形和减少耗材，设计修建4个20m^{3}的长方形蓄水池和一个100m^{3}的圆形蓄水池。

20m³矩形蓄水池设计图

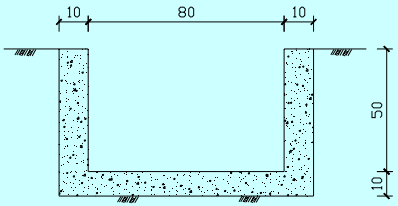


沉沙池设计图



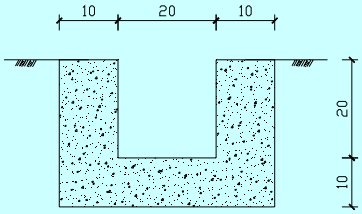
沉沙池平面图

1:20



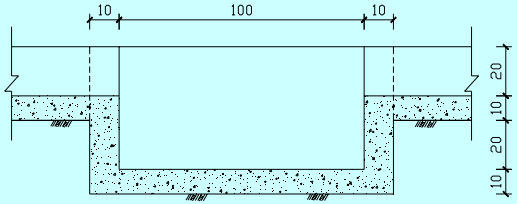
沉沙池 II－II 剖面图

1:20



排水沟

1:10



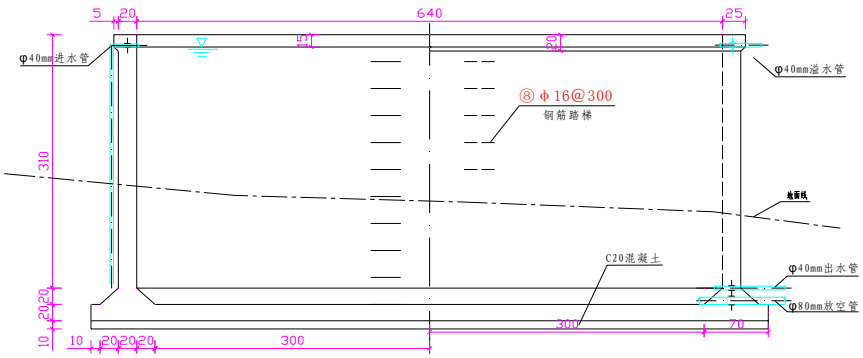
沉沙池 I－I 剖面图

1:20

说明:

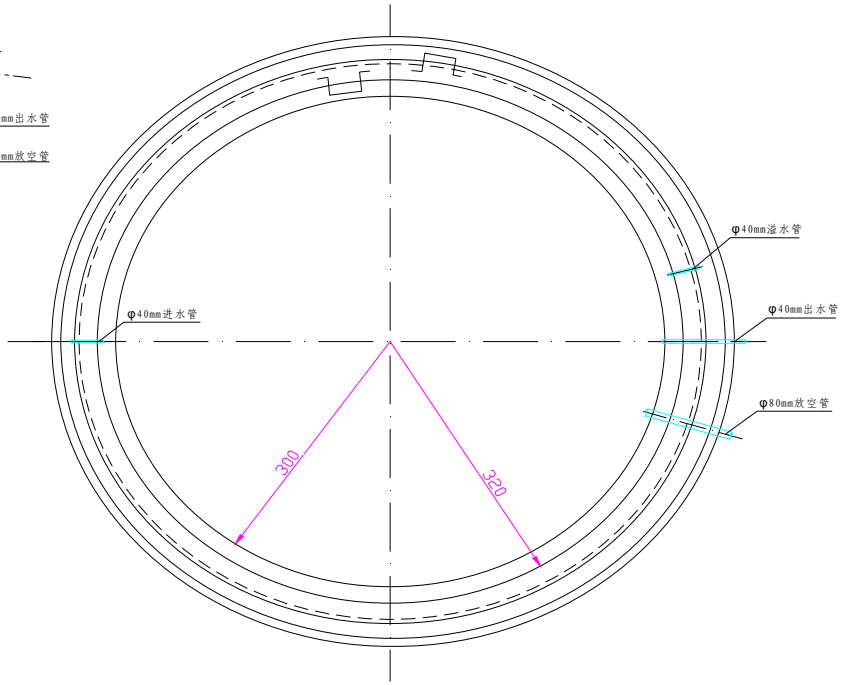
1. 本图尺寸标注均以厘米计。
2. 排水沟和沉沙池全部采用C20砼浇筑。

100m³圆形蓄水池设计图



100m3蓄水池立面图

1:50



100m3蓄水池平面图

1:50

1、本图单位为厘米，钢筋尺寸为mm。
2、池底板厚20cm，侧壁厚20cm，垫层C15砼厚15cm。
3、池体为C20钢筋砼浇筑，清水模标准，振捣密实，不予粉刷。
4、池底排水坡i=5‰，坡向出水管和放空管。
5、池底板与池壁交接处的施工缝，应由环向止水带作密封处理，各埋设钢管与池壁间密封应优先采用金属止水环，否则才可考虑橡胶套环，但不能无止水。

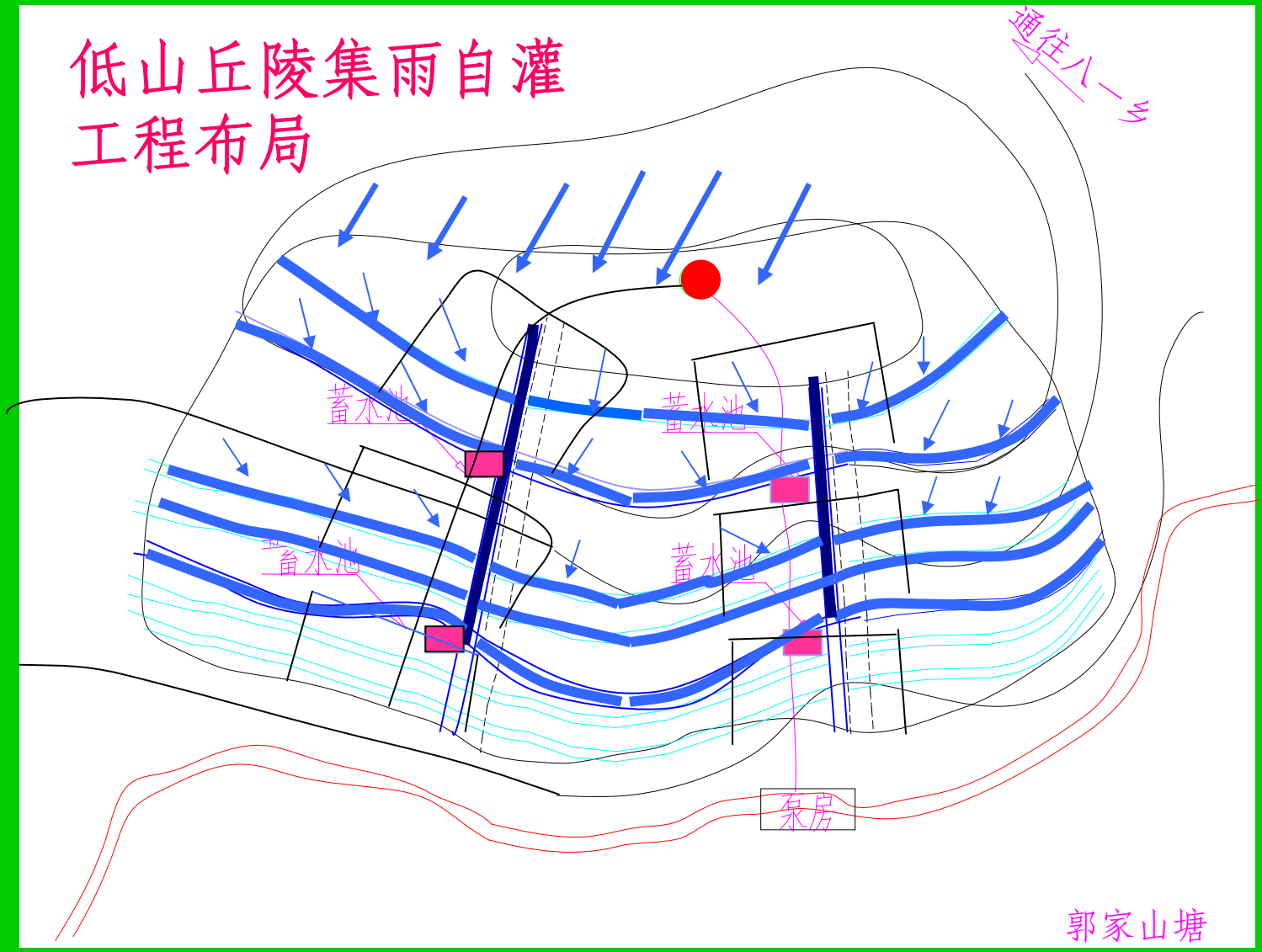
低山丘陵集雨自灌

蓄水池建设成果

100m³蓄水池

20m³蓄水池

低山丘陵集雨自灌工程布局



低山丘陵集雨自灌

创新点：

- “反坡台地+梯壁植草+坎下沟+引水渠+蓄水池”的引流蓄水系统，把水土保持措施、农艺技术与雨水集蓄工程相结合，既实现了坡面整治与雨水集蓄，同时又起到了净化水源、保护生态的作用。

山塘清淤扩容及塘坝、岸坡整治

建设内容

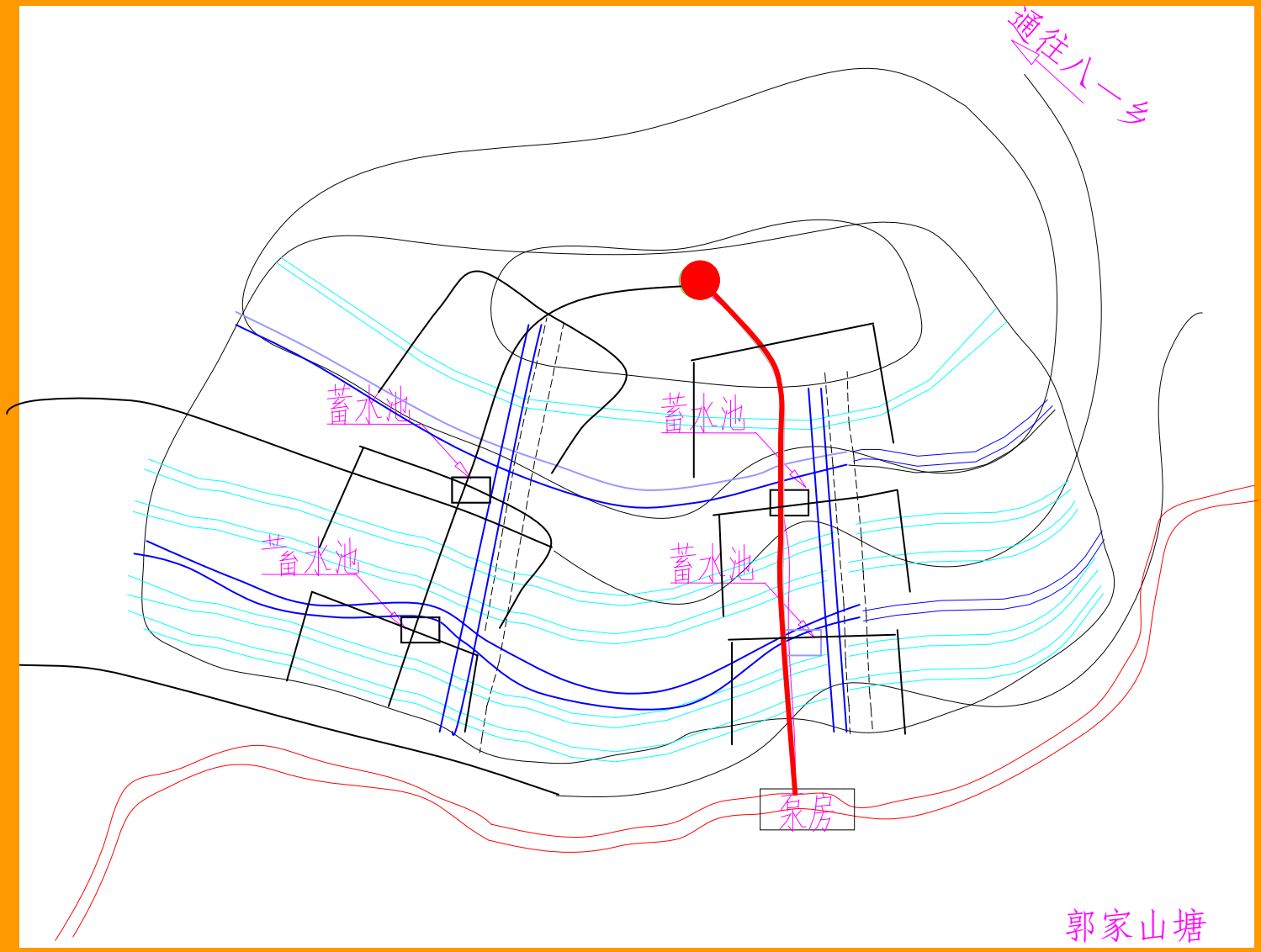
1、对郭家山塘清淤扩容，

2、对郭家山塘坝坡及山塘岸坡进行整治，塘坝迎水坡坡比1:2.0，采用干砌石护砌，背水坡坡比1:1.5，采用种草防护。山塘库岸采用种草护坡。

山塘清淤扩容及塘坝、岸坡整治

建设成果

山塘清淤及塘坝岸坡整治


通往八一乡
蓄水池
蓄水池
蓄水池
蓄水池
泵房
郭家山塘

灌溉管线建设

建设内容

管线布设

滴灌管线主要有干管、支管和毛管组成，干管布设是从蓄水池接出平均分布于蓄水池控制区，支管从干管接出沿等高线布设，毛管从支管接出分布到每颗树底，在树根下的毛管上安装补偿式滴头。为了防止老化干管和支管都是布设在地底。

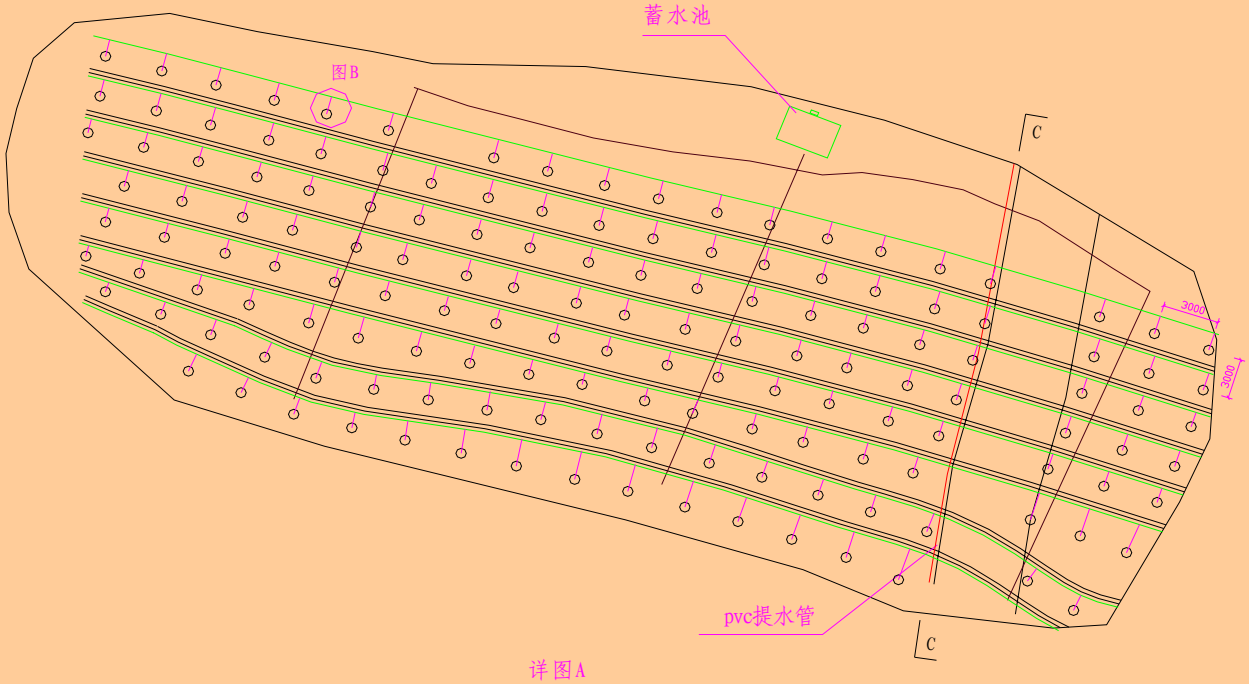
灌溉管线布设图

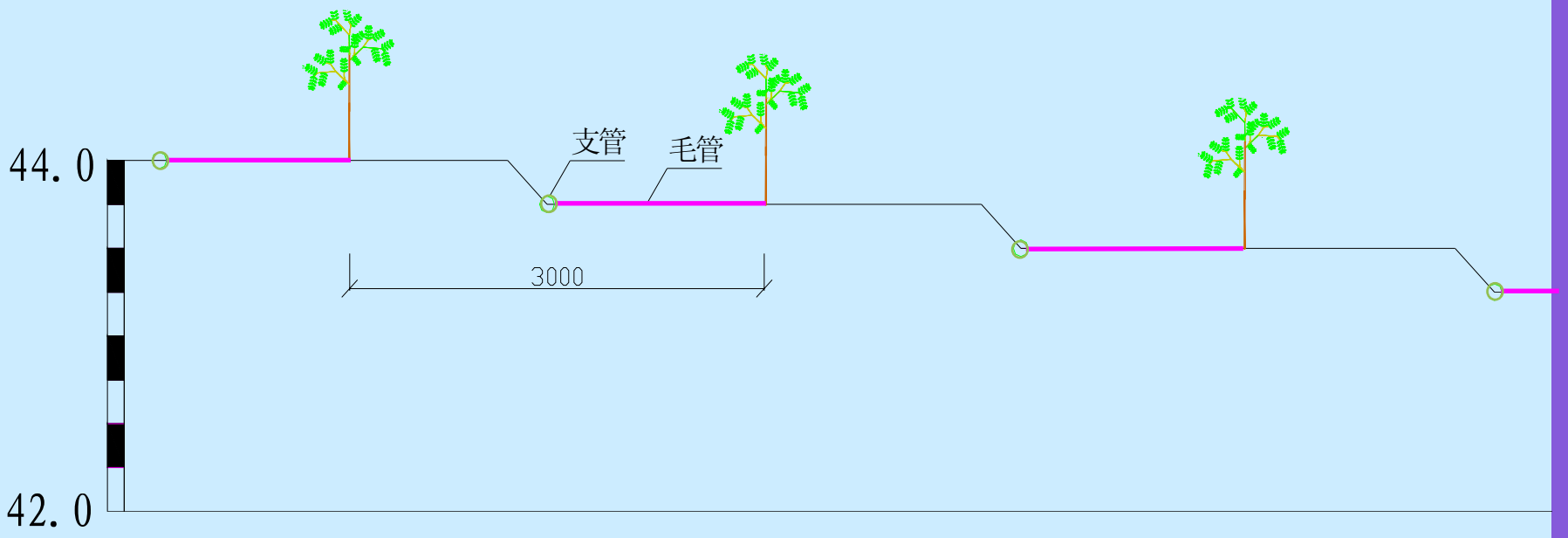
干管

支管

毛管

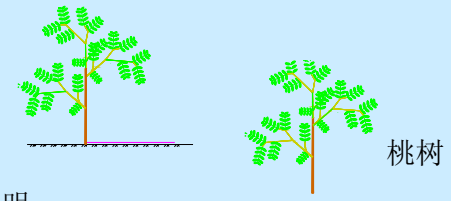
果树





滴灌带布设示意图(图B)

滴灌带直线布置



说明：

1. 本图单位尺寸以毫米计。
2. 桃树株行距为3×4(m)。灌溉支管沿台地内侧布置，从每株桃树根部引毛管灌溉。该栽植区管路干管采用PVC110管，支管采用PVC75管，毛管采用PE20管；滴头采用10L/h稳流器。
3. 在三通、变径、弯头处设镇墩。

灌 溉 区
管 线 布 置 剖 面 图

江西省水土保持科学研究所

滴灌管线建设

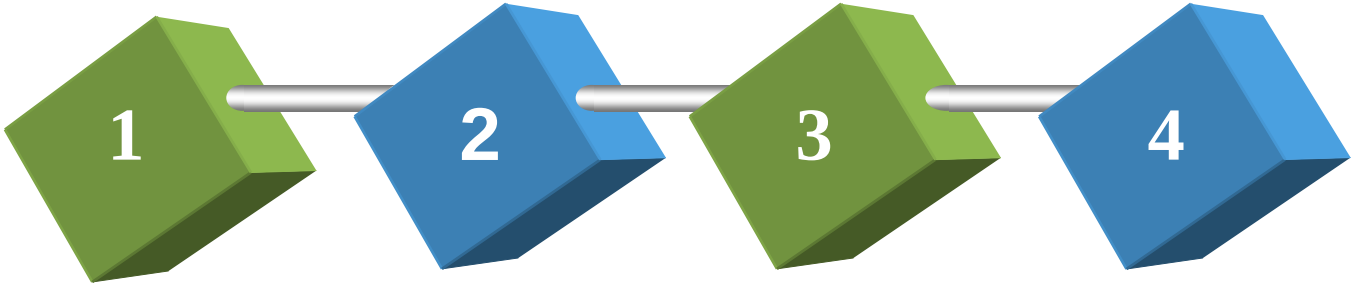
建设成果

滴灌系统

六、科学实验

科学实验

科学问题



1	2	3	4
分析乔灌草林地和梯田果园在不同降雨条件下的径流系数变化规律；	分析水土保持雨水集蓄系统的集水过程和集水效益；	科学分析果园土壤水分变化特征；	科学分析雨水集蓄工程和灌溉系统的灌溉效益和灌溉保证率。

科学实验

仪器设备

自记水位计

用于记录采集次降雨的蓄水过程和次灌溉的需水过程

土壤水分探头

主要用于监测土壤水分变化和控制自动灌溉

水表

主要用于记录采集次灌溉每棵果树的用水量。

七、效益分析

效益分析

雨水集蓄效益分析

- 高山雨水集蓄系统，集雨面3.38hm^2，集蓄雨水522m^3；低山雨水集蓄系统，集雨面1.1hm^2，集蓄雨水589.4m^3。

- 按江西有林地面积871.7万hm^2，果园面积46.7万hm^{2}估算，林地和果园地雨水集蓄潜力分别可达13.5亿m^{3}和2.5亿m^3。

- 共蓄水16亿m^3，相当于1个大（1）型水库的库容，用这些水可以灌溉150万亩农田，生产15亿斤粮食。这为国家提出到2020年全国平均每年要增产80-100亿斤粮食提供了潜在保障。

谢谢大家