



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

岩溶贫困区水土资源配套开发利用技术规范

Technical criterion for coupled exploitation and utilization between water and soil resources in poor karst areas

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2022年5月)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 总体原则	2
4.2 目标任务	2
5 岩溶水开发利用技术	2
5.1 岩溶地下河水开发利用技术	2
5.2 岩溶蓄水构造及富水块段水资源开发技术	3
5.3 表层岩溶水资源开发技术	3
5.4 岩溶区水资源高效利用技术	4
6 岩溶贫困山区土地整理技术	5
6.1 岩溶山区生态土地整理的模式	5
6.2 不同地貌部位的土地整理技术	6
6.3 坡改梯工程技术	7
6.4 平整土地工程技术	7
6.5 土地整理配套措施	8
6.6 管理与维护	8
7 岩溶土壤改良技术	9
7.1 主要思路和方法	9
7.2 岩溶土壤改良分区及其改良措施	9
7.3 有机肥改良岩溶土壤注意的问题	12
8 岩溶贫困山区水土保持技术	12
8.1 原则	12
8.2 主要思路	12
8.3 水土保持生物技术	12
8.4 水土保持工程技术	15
9 岩溶洼地内涝防治技术	16
9.1 岩溶区内涝灾害类型	16
9.2 岩溶洼地排涝工程技术	16
9.3 岩溶洼地生物与工程相结合防治内涝技术	18
9.4 岩溶洼地内涝防治辅助措施及日常管护	18
参 考 文 献	19

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（TC93）归口。

本文件起草单位：中国地质科学院岩溶地质研究所、广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所、水利部珠江水利委员会等。

本文件主要起草人：蒋忠诚、罗为群、覃小群、胡兆鑫、张标、涂纯、劳文科、杨德生、吴泽燕、刘绍华、汤庆佳、陆树华等。

岩溶贫困区水土资源配套开发利用技术规范

1 范围

本文件规定了岩溶贫困地区水土资源配套开发利用总则、岩溶水开发利用技术、土地整理技术、土壤改良技术、水土保持技术、内涝防治技术，以及配套措施、管理与维护等技术要求。。

本文件适用于我国西南岩溶贫困山区水土资源配套开发利用、生态文明建设、国土整治、石漠化综合治理、生态修复、水土保持等工作。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

岩溶动力系统 karst dynamic system

岩溶动力系统是控制岩溶形成演化，并常受制于已有岩溶形态的，在岩石圈、水圈、大气圈、生物圈界面上的，以碳、水、钙循环为主的物质、能量传输、转换系统。

3.2

表层岩溶带 epikarst zone

指在可溶岩层（体）地表面附近浅部，因岩溶动力作用相对强烈，形成地表岩溶化程度高、岩溶裂隙成网格状的岩溶发育带，以相对完整的可溶岩部分为其下界面。

3.3

岩溶内涝灾害 karst waterlogging disaster

岩溶内涝灾害是湿润气候条件下岩溶地区特有的一种与岩溶生态环境和人类活动密切相关的灾害类型。在一些溶蚀洼地、谷地和峰林平原因连续降雨或地下岩溶管道排泄受阻，经常发生内涝，且这种内涝具有周期性、多发性、突发性和群发性的特点。因内涝区的地下管道系统及其水流的补径排关系错综复杂，内涝的有效治理难度大。

3.4

岩溶土壤改良 karst soil improvement

指依据岩溶动力学原理改良岩溶土壤，主要是采取措施促进岩溶土壤中的溶蚀过程，改善土壤性质，增加土壤、土壤水、岩溶水三种载体中营养元素的含量和有效态，增加土壤中腐殖质及有机物质含量，改良土壤结构的同时涵养土壤水分。

3.5

景观生态型土地整理 landscape ecological Land arrangement

即在传统土地整理内涵的基础上，还要达到土地可持续发展、生物多样性、景观多样性以及生态平衡的目标，将传统土地整理措施与景观生态学原理相结合。土地整理设计首先必须按照生态系统的要求，进行生态景观设计，以保障生物多样性、提高土地利用率和耕地质量、有效开发利用水资源、改善生态

环境为主要方向。坚持基本农田建设与生态退耕相结合，工程措施与生物措施和景观设计相结合，景观生态效益目标贯穿土地整理的始终。

4 总则

4.1 总体原则

4.1.1 岩溶贫困山区水土资源配套开发利用要根据景观生态学的原理和岩溶区生态土地优化配置原理，在实现土地生态系统可持续利用目标的前提下，重点在保护有限水土资源的基础上充分合理利用现有的水土资源和植物资源。

4.1.2 特别强调对已有水、土资源的有效保护和充分合理利用，尽量减少土壤扰动和水土流失，发展适生的植物种类，以有效保持水土、提高水土资源的利用率。

4.1.3 主要措施以岩溶水资源调蓄利用的生物与工程建设，农用地内部结构调整、耕地整理、土壤改良以及水利建设作为重点，并与水土保持、排涝、道路建设、生态修复等工程相结合。

4.1.4 不同岩溶地貌部位匹配与地貌特点相适应的水土资源利用措施。

4.2 目标任务

4.2.1 生态恢复和重建，维护生态系统的稳定性和物种多样性，建立可持续发展的生态土地系统，保障生态安全。

4.2.2 调整土地利用结构，保证生态用地的要求。

4.2.3 改善水土资源的利用条件，提高水土资源的利用率和土地生产力，合理高效利用岩溶区有限的水土资源。

4.2.4 综合治理水土流失及石漠化，有效防治旱涝灾害，改善生态环境，确保生态土地资源安全。

4.2.5 保护好现有的耕地资源，合理增加有效耕地面积，保障粮食安全。

4.2.6 促进当地经济发展，实现农民脱贫致富。

5 岩溶水开发利用技术

5.1 岩溶地下河水开发利用技术

5.1.1 高位地下河出口引水

利用高于供水目的地的地下河出口，在地下河出口处围堵后提升地下水位，利用天然落差进行自流引水，用于居民生活、发电及农田灌溉等不同供水目的。

5.1.2 地下河天窗提水

利用地下河天窗建有一定扬程的提水泵站抽取地下水，并在比供水目的地高的有利部位修建蓄水设施，配套输水管、渠系统，利用蓄水设施与供水目的地的高差以自流引水的形式将水输送到供水目的地，作为当地居民生活、农田灌溉用水。

5.1.3 地下河堵洞成库

在地下河道中寻找合适部位建地下坝（堵体）堵截地下河，利用地表封闭性好的岩溶洼地为库容蓄水或抬高水位，用于发电或供水。在峰丛洼地区大多为封闭性较好的岩溶洼地，洼地底部常有与地下河

相通的消（落）水洞或天窗，在地下河道中的有利部位建地下坝（堵体）可堵截地下河在地表岩溶洼地蓄水成库。

5.1.4 地下河出口建坝蓄水

利用地下河出口附近下游河谷地段的有利地形作为库区，在适宜筑坝的有利部位构筑水坝进行蓄水并抬高水位后，引水发电或供下游地区各种不同用水目的使用。

5.1.5 地表与地下联合水库

利用岩溶谷地的地表空间和地下岩溶空间共同作为蓄水空间，在一些由地下河补给的河流，尤其是在明暗交替的伏流中，在地下河段堵截，利用上游的地表河槽、谷地及伏流管道等地下岩溶空间作库容蓄水构建地表与地下联合水库，抬高水位，通过隧道引水发电或供水，提高地下河水资源利用率。

5.1.6 岩溶地下河联合开发

5.1.6.1 岩溶石山区常发育着一些穿越不同地貌类型的大型地下河，通常表现为：地下河的上游段主要流经峰丛地区，而中下游段主要流经峰丛谷地或峰丛盆地，最终流出峰丛峡谷或以地下河的形式大落差地流如分割高原面的深切峡谷河流。

5.1.6.2 对这种类型地下河，通常是在上游段采用天窗提水技术进行开发，在中下游段采用拦坝引水或泵站提水等技术进行开发，而在地下河出口附近采用筑坝建库的技术进行开发。以求分散、多模式地利用地下河水资源和提高地下河水资源的利用率。

5.2 岩溶蓄水构造及富水块段水资源开发技术

5.2.1 钻井

对于水文地质条件复杂、地下水位埋藏深的岩溶蓄水构造或富水块段，在对拟开发蓄水构造或富水块段进行地质分析的基础上，通过地球物理探测确定井位，采用钻井技术成井并安装提水设备抽取深部地下水，供当地及附近居民生产生活使用。

5.2.2 开挖大口井

对于地下水位埋藏较浅但地表又没有地下水露头的岩溶蓄水构造或富水块段，采用开挖大口井技术对浅埋的岩溶地下水资源进行开发，主要是寻找揭露地下水的有利部位，人工开挖大口径的浅井并安装大流量、低扬程的提水设备或采用人工直接提水用于各种用水目的。

5.2.3 直接抽提水

在地下水位埋藏接近地表面且发育分布有溶潭、竖井等地下水露头的岩溶蓄水构造或富水块段，主要是在岩溶蓄水构造或富水块段内的溶潭、竖井等地下水天然露头点，安装抽提水设备直接抽提当地的岩溶地下水并配套输水管渠系统，将水资源输送到供水目的地，供各用水目的使用。

5.3 表层岩溶水资源开发技术

5.3.1 洼地水柜山塘蓄水

在洼地周边山坡或坡脚地带的有利部位筑建水柜或在洼地底部的低洼处修筑山塘，以积蓄出露于洼地周边山坡或坡脚地带的表层岩溶泉水，供零星散布于峰丛洼地区洼地内居民的饮用和农作物灌溉水源。

5.3.2 山腰水柜蓄水、管渠引水

在峰丛山坡中上部有表层岩溶泉的地段,在表层岩泉附近修建山坡水柜山积蓄表层岩溶泉域的水资源,并通过配套的管渠系统将水资源输送到供水目的地。

5.3.3 山麓开槽截水、水柜山塘储蓄、管渠引水

针对岩溶石山地区山体坡麓地带散流状表层岩溶水系统,采取开挖截水槽聚积表层岩溶水资源,同时修建水柜或山塘进行储蓄,并配套管渠系统将水资源输送到供水目的地。

5.3.4 泉口围堰、管渠引水

针对泉域范围内植被土壤覆盖好、流量动态变化较小、出路位置较高的表层岩溶泉口,采取围堰的方式并通过配套管渠系统将水资源直接输送到供水目的地。

5.3.5 洼地底部人工浅井

针对宽缓洼地(或谷地)边缘地底部、表层岩溶带发育较均匀且表层岩溶水资源较丰富的部位,采用人工开挖浅井配套小型提水设备对表层岩溶水资源进行开发。

5.4 岩溶区水资源高效利用技术

5.4.1 农艺节水技术

主要包括种植制度优化节水技术、抗旱品种的筛选与引进、覆盖保墒技术、化学制剂保水技术。

5.4.2 节水灌溉技术

5.4.2.1 滴灌

通过安装在毛管上的滴头、孔口或滴灌带等灌水器,将水均匀而又缓慢地滴入作物根区土壤中。

5.4.2.2 微喷灌

采用低压管道将水送到作物根部附近,通过流量为50–200升/时、工作压力为100–150kPa的微喷头将水喷洒在土壤表面进行灌溉。

5.4.2.3 涌泉灌

通过安装在毛管上的涌水器或微管形成的小股水流,以涌泉方式涌出地面进行灌溉,要求在涌水器附近的地表挖小穴坑或绕树环沟暂时储水。

5.4.2.4 地下渗灌

通过埋在地表下的全部管网和灌水器进行灌水,水在土壤中缓慢地浸润和扩散湿润部分土体,属于局部灌溉。

5.4.2.5 滴灌施肥

5.4.2.5.1 利用地形条件依山建造蓄水池,同时将山脚的泉水抽到蓄水池,使水池与果园高差在十米左右,在蓄水池顶部或比蓄水池高的位置建一混肥池,并将两者出口管道连接。

5.4.2.5.2 当需要施肥时,先打开蓄水池阀门,再打开混肥池阀门,肥料则被带入管道。

5.4.2.5.3 施肥时先计算好每个轮灌区需要的肥料总量,倒入肥料池,加水溶解,或溶解好直接倒入。

5.4.2.5.4 打开主管道的阀门,开始灌溉,然后打开肥料池的管道,肥液即被主管道的水流稀释带入灌溉系统。通过调节球阀的开关位置控制施肥速度。

5.4.2.5.5 滴灌施肥必须注意采用相互间没有反应的肥料进行同时施肥，以保证不发生化学沉淀。

5.4.2.5.6 施肥后保证足够时间冲洗管道，冲洗时间与灌溉区的大小有关，滴灌一般为 15~30 分钟。

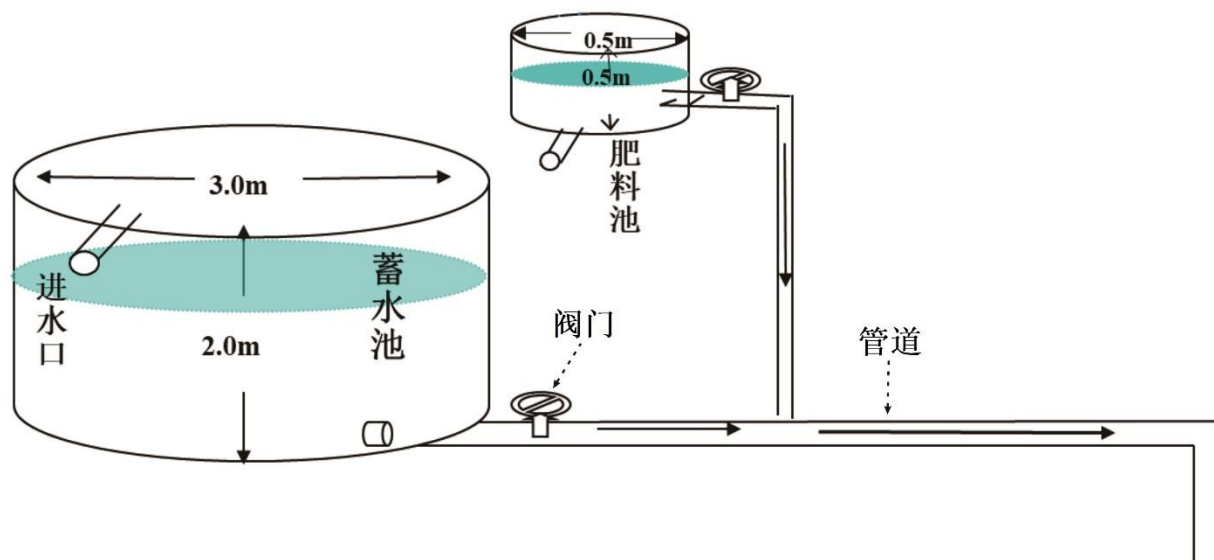


图1 滴灌施肥系统蓄水池及肥料池示意

6 岩溶贫困山区土地整理技术

6.1 岩溶山区生态土地整理的模式

6.1.1 总则

6.1.1.1 建立不同岩溶地貌类型区生态土地分类系统方案、生态土地优化配置模型、指标体系和评价方法。

6.1.1.2 在土地整理前，以岩溶流域为单元，开展生态土地优化配置评价分区。

6.1.1.3 将整个岩溶流域划分成上游、中游、下游三个土地整理区。

6.1.1.4 从宏观、中观和微观多层次建立生态土地优化配置整理模式。

6.1.2 宏观上

6.1.2.1 上游土地整理区，着重建设水源涵养生态型土地利用模式。

6.1.2.2 中游土地整理区，在保护水源、石漠化及水土流失综合防治的生态用地基础上，依据区域土地资源特点，优化配置耕地、牧草、园地、生产性林地等用地结构，适度发展经济，建设生态经济型土地利用模式。

6.1.2.3 下游土地整理区，主要是在作好石漠化及水土流失综合防治、保证生态系统不退化的前提下发展经济，建设生态防护经济型峰丛洼地系统。

6.1.3 中观上

6.1.3.1 主要依据不同地貌类型区光、温、水、土等资源的分异规律和石漠化及水土流失的空间分布规律，利用 GIS 等技术手段对研究区进行生态环境敏感性评价及农用地内部耕地、园地、牧草地、生产

性林地适宜性评价,优化配置区内生态用地和农用地,在农用地内部优化配置耕地、园地、牧草地和生产性林地。

6.1.3.2 优化配置为生态用地的土地单元,土地整理主要是生态修复和保护。

6.1.3.3 优化配置为农用地的土地单元,在不同地貌单元,在农用地内部优化调整用地结构,针对不同土地利用类型的用地需求和障碍因子,采取不同的土地整理措施,改善利用条件,提高土地生产力,如在岩溶峰丛洼地石山区,从峰坡、陡坡、垭口、缓坡、洼地分别采取相应的土地整理措施,建立岩溶峰丛洼地生态土地立体配置模式。

6.1.4 微观上

6.1.4.1 在园地、牧草地、生产性林地的整理过程中,充分利用岩溶区土面、石面、石窝、石沟等组合的多样性小生境,合理配置不同生态位植物群落结构组合,在水平和垂直空间上形成多格局和多层次,促使生态系统生物多样性的形成,提高生态系统生产力。

6.1.4.2 侧重于具体土地单元的利用方式,强调可操作性,立足土壤空间分布与岩石空间组合特征以及土面、石面、石窝、石沟等小生境特点,充分利用水、土、光、温、小生境资源,在农林牧各用地内,因地制宜地设计多熟制作物种植、林果药草等生态立体种植模式。

6.2 不同地貌部位的土地整理技术

6.2.1 生态土地优化配置评价分区

在详细调查整理区土地资源特点的基础上,进行生态土地优化配置评价分区,将坡面土地划分成生态用地和农用地,在农用地内部又划分成耕地、园地、牧草地、生产性林地。

6.2.2 上坡部位

上坡部位一般配置为生态用地。生态用地除造林种草外,尽量减少扰动,土地整理主要是封山育林,或见缝插针、或采用客土人工造林恢复植被。造林整地采取的措施:

- a) 石缝(石窝)土壤造林,首先采用浆砌块石或混泥土料石混合物堵住土壤可能流失的岩石裂缝或缺口,砌体厚 5-10cm,在土壤周围有明显岩面产流冲蚀的岩面砌筑小型截水沟,截留岩面产流排出;
- b) 造林时尽量少扰动原位土壤,种树浇水后即采用草、圈肥、秸秆等有机肥覆盖 5cm 厚;
- c) 在无土的裸露基岩地段,采用客土填充溶窝、溶槽、岩石裂缝等溶蚀空间,或者爆破坑填充客土造林,爆破坑大小 0.5-1.0m²,深 30-50cm;
- d) 为减少爆破震动影响,爆破坑宜在所有造林整地工作之前完成,要求采用小规模爆破;
- e) 在填充客土之前,采用浆砌石堵住坑内大的裂缝和缺口,采用碎石堵塞细小裂缝,底层垫上草、秸秆、圈肥等有机肥后,填充客土,土层厚大于 20cm,植树后用有机肥覆盖土表。

6.2.3 中坡部位

中坡部位通常优化配置为生态用地或农用地,农用地内以园地、草地、生产性林地为主。优化配置为生态用地和生产性林地的土地整理方法同6.2.2。

生产性林地内可种植多年生牧草,实现林+草立体种植。种植方式如下:

- a) 在土壤斑块中间预留内径 50cm 左右的空地覆盖有机肥,围绕空地四周种植牧草,1-2 年后再在空地上植树;
- b) 在土壤斑块四周种植藤本植物,中间种植多年生牧草。

优化配置为园地和牧草的土地,土地整理措施主要为:

- a) 石漠化中等的土地，土地整理前，岩坡面向下，每间隔 5-8m，沿等高线方向修建梯形地地埂，地埂高约 50cm-100cm，建成坡式梯地，在地埂内侧种植宽 50cm 左右的牧草、灌木、藤本植物条带，用作植物篱笆；
- b) 待植物篱笆基本形成后，爆破清除地块内的石芽、碎石，依据地形起伏特点，归并地块，分段求平采用浆砌块石建设梯形地，回填客土，平整土地；
- c) 回填客土前，用碎石垫底，铺上秸秆等有机肥；
- d) 小于 1m² 土壤斑块作园地时，爆破取石扩穴至大于 2m²，碎石垫底，铺秸秆等有机肥，回填客土；
- e) 岩石裸露率高，难以客土整地的石缝地地段，采用浆砌块石堵塞大的裂缝及缺口后，种植类似金银花的藤本植物覆盖裸岩；
- f) 园地四周及果树（茶树等）间隔空地上，距离果树 50cm，种植牧草。

6.2.4 下坡部位

下坡部位土地整理优化配置主要为耕地、园地、牧草地。配置为园地和牧草的土地，其土地整理参照 6.2.3，坡改梯参照 6.3。配置为耕地的土地整理直接参照 6.4。

6.2.5 洼地（谷地）

洼地（谷地）主要优化配置为耕地，对于淹水时间短，短期内无法治理的低洼部位，优化配置为园地和牧草地。土地整理主要是清除石碓、石芽，归并地块，平整土地，建设排灌渠系和田间道路，改良土壤。

6.3 坡改梯工程技术

6.3.1 总则

坡改梯工程主要是对缓坡地沿等高线修筑阶梯式梯地，按照地形变化，大弯就势，小弯取直，修筑各种类型的梯地。坡耕地梯化主要是针对坡度小于 25° 的坡耕地进行。对于重度石漠化坡耕地采用牧草或饲料灌木建设坡式梯地，中度石漠化坡耕地改造成隔坡梯地，轻度石漠化坡耕地整理成水平梯地。

6.3.2 水平梯地设计

6.3.2.1 在水平梯地设计规格上，设计梯级间高差 1-2m，梯地水平宽度分大于 2.5m 和小于 2.5m 两种，沿等高线分段修筑石坎梯地。

6.3.2.2 对水平宽度小于 2.5m 的梯地或石脊地，清地块内的面积小于 1.5m² 石芽及碎石，保留面积大于 1.5m² 的石芽，但石芽四周种上类似金银花等藤本植物覆盖石芽。

- a) 人均耕地面积低于 0.4 亩的区域，优先设计为旱作耕地；
- b) 人均耕地面积大于 0.4 亩的区域，优先设计为药材、林果、茶园梯地或牧草梯地。

6.3.2.3 梯地内宽度大于 2.5m 的梯地，尽量清除地内碎石块和石芽，回填客土补坑，整理成水平梯地，根据用途设计为旱作梯地、经济作物梯地。

6.3.3 坡耕地梯化工程

坡耕地梯化工程中，整个坡面的梯地逐台从下向上修，先将地坎修好后，在靠近梯埂内侧留出约 10cm 宽，梯埂内侧从下往上，沿等高线方向，随梯埂弯曲方向，结合分层挖沟法改良土壤，去除碎石和石芽用作梯坎修筑材料，以 300kg/100m² 的比例混硅质沙土，平整土地。

6.4 平整土地工程技术

平整土地主要是针对岩溶洼地或岩溶谷地中坡度小于 8° 的耕地、中轻度石漠化耕地。

- a) 对洼地底坡度小于 8° 的耕地、乱石缝地，根据土层厚度，在不破坏土层下主要基岩面的前提下，去除碎石和石芽，回填客土，以 $300\text{kg}/100\text{m}^2$ 的比例混硅质沙土，平整土地，局部低洼地段以秸秆、绿肥、有机肥垫底，表层盖土，总体整理高效旱地。
- b) 面积小于5亩的小型洼地，调整各地块的权属，尽量整理成单块面积大于1亩的土地，在条件允许的条件下将整个洼地底整理成一块土地，洼地四周沿山脚结合排水沟，排水沟采用浆砌石，剖面宽深均为20cm左右。土地权属调整困难需分割成多个地块的时候，清除各地块间的石砌，以宽约20cm的牧草带分割各地块。
- c) 面积大于5亩小于100亩的中型洼地，在调整权属尽量整理单块面积大于1亩的大块土地，结合排水沟工程，尽量沿洼地中间修建联接落水洞与汇水沟的排水沟，排水沟剖面内径宽深均为50cm左右。

6.5 土地整理配套措施

6.5.1 在进行土地整理时，可以利用客土增加土层厚度，并按1:3的比例混少量沙土，改善土壤物理结构。梯地修平后应在挖方部位多施有机肥，质地粘的土，施用适量的硅质沙土，促进生土熟化，改良土壤结构。

6.5.2 利用附近糖厂的滤泥、甘蔗渣或者稻草秸秆改良土壤，在进行土地整理时，将表层土壤翻到一边，挖沟约15-20cm，垫上甘蔗渣或秸秆，盖上底土与客土混合土，施上其它有机肥料，最后覆盖表层土壤，地面覆盖薄层甘蔗渣、秸秆或有机肥料。

6.5.3 在有表层岩溶带泉出露的岩溶地区，依据泉水流量、灌溉耕地面积大小及灌溉需水量设计修建蓄水水柜，引泉蓄水，并通过配套的管渠自流引用。

6.5.4 在地下河浅埋的岩溶地区，利用竖井、天窗等地下水天然露头，依据地下河水流量及需水量大小，修建提水站，将地下水提到高处储蓄，修建多个联接的蓄水水柜，提水站通过引水管道直接与主水柜相连，分支水柜通过引水管道与主水柜连接，便于自流灌溉。

6.5.5 无表层岩溶带泉出露且地下河深埋的岩溶区，在石山自然汇水沟的坡麓地带修建截集水槽和蓄水池，截取坡面流和分散的表层岩溶带裂隙水，或者通过修建集雨水柜、集雨水池、塘堰等积蓄雨水，以解决峰丛山区居民的饮水和部分农作物的灌溉。

6.5.6 在峰丛洼地与峰林平原交界地带地下水集中排泄区，在地下河和岩溶泉口处修建大型山塘或蓄水池，同时配套提水站，将地下水提到高处储蓄后自流引用。

6.5.7 在坡面径流、沟排水等进入蓄水池、水柜、山塘之前的上游附近布设沉沙池，使排水沟水先进入沉沙池沉淀后，再将清水排入水池或水柜中。

6.5.8 沉沙池的具体位置根据当地地形和工程条件确定，可以紧靠蓄水池，也可以与蓄水池保持一定距离。

6.6 管理与维护

6.6.1 施工期应注意混凝土、砂浆在规定养护期内的保温、保湿，以增强建筑物的结构强度，提高建筑物的使用年限；

6.6.2 使用期限要求使用者加强管理，如水柜内至少保持10cm左右的水量，防止底板被晒裂。

6.6.3 加强泉域水源地植被的保护，人工促进水源地植被的恢复，确保泉水流量动态稳定。

6.6.4 加强巡视工作，对水柜运行不利的各种隐患要及时清除和补救，以延长水柜的使用期限，每年汛后和每次大雨后，要对梯地区检查，发现地坎有缺口、穿洞等损坏现象，及时进行修补。

6.6.5 梯地面平整后，地中原有浅沟处，雨后产生不均匀沉陷，地面出现浅沟集流的，在作物收割后，及时取土填平。

- a) 坡式梯地的地埂，应随着埂后泥沙淤积情况，用土石加高地埂；
 - b) 隔坡式梯地的平台与斜坡交接处，如有泥沙淤积，应及时将泥沙均匀摊在水平地面，保持地面水平。
- 6.6.6 水柜和沉沙池建成后应及时清除杂物并清洗干净，以后每隔 3 年清洗 1 次水柜。
- 6.6.7 集体的大水柜，要制定出切实可行的管理制度，加强工程管理，充分发挥工程效益。

7 岩溶土壤改良技术

7.1 主要思路和方法

依据岩溶区土壤资源的特征，岩溶土壤改良主要从以下几个方面来进行：

- a) 改善生态环境，提高植被覆盖度，涵养水源，提高土壤水分含量，减少蒸发损失；
- b) 采用客土增加土壤层厚度，调节土壤沙粘比例和土壤 PH 值，改进操作方法；
- c) 改善土壤的物理性质，提高土壤蓄水保肥的能力；
- d) 防治水土流失，尤其防治水土及土壤营养元素的地下漏失；
- e) 改进有机肥及化肥的施用方式，提高肥料的利用效率，防治污染地下水；
- f) 针对不同的地貌类型区，采取不同的适宜当地特点的土壤改良技术。

7.2 岩溶土壤改良分区及其改良措施

7.2.1 土壤改良分区

7.2.1.1 依据岩溶区的地貌类型及土壤资源特点，将岩溶区主要划分为：岩溶峰丛洼地区、岩溶峰林（峰丛）谷地区、岩溶平原区、岩溶丘陵区 4 个土壤改良大区。

7.2.1.2 在每个大区内，依据地貌部位、土壤分布特点、石漠化程度、水土流失特点、旱涝灾害等为依据，进一步划分成若干个土壤改良子分区。

7.2.1.3 在前期研究的基础上，将每个土壤改良大区划分成：荒地裸岩区、石旮旯地、坡耕地、梯形地、平地 5 个土壤改良子分区。

7.2.2 各分区改良措施及步骤

7.2.2.1 荒地裸岩区

该区主要是结合人工造林，在封山育林的基础上，利用客土植树或种草。改良措施及步骤：

- a) 植树前，在石缝、石窝等低洼溶蚀空间内填上碎石块，以堵塞住相对较大的溶蚀空间；
- b) 采用浆砌块石堵住缺口部位，防止土壤随缺口流失；
- c) 将运来的客土与适量发酵后的有机肥料混合堆放 10-15 天；
- d) 在树坑填充的碎石块表面覆盖秸秆、杂草、木屑、发酵后的蔗渣粉、发酵后的糖厂滤泥、沼渣等有机肥料，用 500 倍生物腐植酸液喷洒一遍；
- e) 覆盖上堆放后的客土，保证土壤层平均厚度在 20cm 左右；
- f) 种树浇水后，在土壤表层覆盖地膜或木屑、杂草、秸秆等，防止降雨溅蚀土壤和土壤水分的蒸发；
- g) 覆盖土后，直接种上速生牧草；
- h) 为了防止填充的客土斑块周围裸露基岩产流的冲蚀，植树或种草后，采用浆砌小块石截留主要岩面产流；

- i) 为更好的改良和利用客土资源, 优先种植类似金银的藤本植物, 待藤本植物基本覆盖裸露基岩后, 可在土壤斑块内在种上速生树种。

7.2.2.2 石穴地土壤改良

7.2.2.2.1 人地矛盾突出的岩溶石山区:

- a) 坡度大于 25 度全部退耕;
- b) 在地形坡度小于 25 度、石漠化强度以上时, 土壤改良主要是在退耕还林还草, 在裸露基岩部位选择低洼的溶蚀空间, 利用客土植树种草, 方法同荒地裸岩区;
- c) 地形坡度小于 25 度、石漠化中度以下时, 在土地整理炸石砌埂坡改梯的基础上, 采用客土种草或绿肥改良。

7.2.2.2.2 人地矛盾相对缓和的岩溶区:

- a) 坡度大于 15 度全部退耕;
- b) 坡度小于 15 度的、石漠化强度以上时, 土壤改良主要是在裸露基岩部位选择低洼的溶蚀空间, 利用客土种草, 方法同荒地裸岩区;
- c) 地形坡度小于 25 度、石漠化中度以下时, 在土地整理炸石砌埂坡改梯的基础上, 采用客土种草或绿肥改良。

7.2.2.2.3 改良措施及步骤:

- a) 土地整理炸石砌埂, 石旮晃地改成梯地;
- b) 在地块适当低洼的部位修建小型的发酵池, 提前 1 个月将畜禽粪便、沼水、滤泥、酒精厂和糖厂废液放入发酵池, 按 1kg/30m³的比例加上生物腐植酸粉剂, 肥料与水 1:2 的体积比加水, 采用简易薄膜等覆盖防雨发酵;
- c) 待肥料发酵后, 将石旮晃地表层肥土集中在一起, 覆盖客土, 直到将地块内的裸露基岩全部覆盖为止, 平整土地, 喷洒一次发酵后的肥液;
- d) 再将原有的表层肥土覆盖, 平整土地;
- e) 新整理好的土地, 优先种植牧草, 或者第一年种植绿肥后, 第二年开始种植果树、粮食作物等。

7.2.2.3 坡耕地土壤改良

主要是在退耕还林还草或坡该梯平整土地搞好水土保持的基础上, 配套施用厩肥、堆肥、种植绿肥以及客土改良土壤的方法改良土壤。改良措施及步骤:

- a) 土地整理坡改梯;
- b) 采用条带分层挖沟法改良土壤, 采用蔗渣粉、糖厂废液和酒精厂废液发酵后的浓缩物进行改良;
- c) 坡改梯后 1-2 年内宜种植牧草或绿肥作物, 在此基础上再采用分层挖沟改良土壤;
- d) 采用生物腐植酸将有机肥发酵后施用;
- e) 土地整理时, 在地边选择天然的石窝、石坑修建简易的有机肥发酵池, 将有机肥与化肥一起混合发酵;
- f) 挖沟法改良土壤前, 宜在地块四周种植或则预留 2 排根系发达的牧草或绿肥植物, 如狼尾草、桂牧 1 号象草等, 防治水土流失;
- g) 在多表层带裂隙水排泄的区域, 不宜采用挖沟法改良土壤;
- h) 挖沟法改良土壤必须先修好截水沟和排水沟, 避免上游坡面水及裂隙突水冲蚀土壤流失和漏失;
- i) 在地块内石芽较多的情况下, 不宜采用条带分层挖沟法, 可采挖窝穴改良法, 在清除石芽后, 在石芽间的土壤斑块内挖窝穴, 改良步骤与条带分层挖沟法类似;

- j) 挖窝穴改良法，注意在岩土接触面保留大于 10cm 厚的土壤层不扰动，采用糖厂滤泥改良土壤时，当季作物尽量种植在窝穴周围，避免发酵烧伤植物根系。

7.2.2.4 梯形地土壤改良

主要针对以石坎垒砌的标准较低的梯形地土壤进行改良。改良措施及步骤如下：

- a) 清除地块中的碎石和石芽；
- b) 对于土壤层厚度小于 30cm 的耕地，采用客土法改良土壤，对于土壤层厚度大于 30cm 的耕地采用条带分层挖沟法或挖窝穴法；
- c) 客土法改良土壤，首先将耕作层土壤挖开集中堆到一边，然后重新采用浆砌块石砌筑地埂；采用生物腐植酸辅助发酵后的有机肥与客土混合堆放 10-15 天后，将混合客土均匀覆盖地块，平整土地，再均匀覆盖上耕作层土壤；
- d) 在修建排水沟，防止冲刷土壤的同时，在集中汇水或排水的部位修建小型蓄水池或水窖，供土壤改良有机肥发酵及绿肥植物灌溉用；
- e) 梯形地客土改良后，宜种植多年生牧草或绿肥植物，覆盖地块的同时，根系及分泌物改良土壤，茎叶养畜，过腹后改良土壤；
- f) 绿肥植物种植 2-3 年后，可该种粮食、经济作物及作果园。

7.2.2.5 平地土壤改良

主要针对岩溶洼地和谷地开展土壤改良技术。改良措施及步骤：

- a) 首先进行洼地排涝工程，修建排水沟、沉沙池和落水洞坊；
- b) 采用沙性客土改良土壤粘性，按每 100m²3 吨的比例混合施用；
- c) 增施有机肥，种植绿肥植物改良土壤，测土平衡施肥。

7.2.3 种植绿肥改良土壤

7.2.3.1 岩溶区绿肥植物的选择

适宜岩溶区种植的绿肥植物较多，如：美洲菊苣 (*Cichorium sp.*)、杂交狼尾草、高丹草、类玉米 (*Euchlaena mexicana*)、柱花草 (*Stylosanthes guianensis*)、黑麦草 (*Lolium perenne*)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)、三叶草 (*Trifolium repens*)、肥田萝卜、苕子、银合欢等，具体选择方法如下：

- a) 豆科绿肥植物与农作物、果树等间作时，宜选择耐贫瘠、耐旱、耐隐蔽等特点的绿肥植物，如苕子、菊苣等；
- b) 在坡面及梯形地种植果园中，宜选择耐旱、耐瘠薄、耐酸碱的绿肥植物，如肥田萝卜、菊苣、黑麦草等；
- c) 在石缝地、梯形地、坡耕地中，宜选择耐旱、耐瘠薄、耐钙、根系发达的多年生绿肥植物，如：桂牧 1 号、狼尾草、木豆、紫花苜蓿等；
- d) 易涝洼地，宜选择耐涝的绿肥植物，如：桂牧 1 号、象草、狼尾草、银合欢等。

7.2.3.2 绿肥聚垄种植玉米技术

选择冬季休闲地上种植短期绿肥植物，在玉米种植前 1 个月，按照玉米种植的间距，将绿肥条带状翻压聚垄，注意控制土壤水分，待发酵后，沿聚垄种植玉米，在玉米行间套种短期绿肥植物，如饭豆等。

7.2.3.3 绿肥施用方式

绿肥施用方式主要有鲜草直接翻压、干草切碎翻压、过腹还田、腐熟利用，具体施用方式如下：

- a) 绿肥翻压时，喷上微生物菌剂或 500 倍生物腐植酸液，再覆土，促进绿肥快速腐化；
- b) 过腹还田或腐熟利用，需要与糖厂绿泥、牲畜粪便、沼渣等混合，在 300 倍生物腐植酸液的作用下发酵产生大量低分子有机酸后利用；
- c) 绿肥施用，可适当与无机肥配合施用。

7.2.3.4 种植绿肥改良土壤应注意的问题

种植绿肥改良土壤应注意以下问题：

- a) 冬季休闲地上种绿肥必须以水资源的开发利用为前提保障。
- b) 绿肥翻压宜采用条带间隔翻压，作物沿翻压条带两侧种植，或者作物种植前半个月翻压，采用生物菌剂或生物腐植酸液促进快速发酵。
- c) 绿肥采用过腹和腐熟发酵利用效果最佳，在条件成熟或交通不便的地方，可采用腐熟发酵后改良土壤。

7.3 有机肥改良岩溶土壤注意的问题

采用有机肥改良岩溶土壤应注意以下事项：

- a) 有机肥改良土壤必须结合土地整理及水土保持工程同时进行；
- b) 土地整理改良土壤后，有机肥改良土壤宜发酵后作液体肥施用或追肥施用效果好；
- c) 宜采用生物腐植酸促进有机肥发酵；
- d) 有机肥作追肥施用，以常规穴施和条施改良效果好；
- e) 肥料单次用量不宜过大，采取“少吃多餐”的施肥法；
- f) 甘蔗渣价格昂贵，可以采用圈肥、蔗渣粉、糖厂废液和酒精厂废液发酵后的浓缩物替代。

8 岩溶贫困山区水土保持技术

8.1 原则

8.1.1 岩溶区水土保持需要针对岩溶区水土流失的特点，采用适宜于岩溶区不同地貌部位、不同环境类型条件下的水土保持生物与工程技术。

8.1.2 岩溶区水土保持必须以解决水土流失导致的各项危害，并与石漠化的综合防治结合进行。

8.2 主要思路

岩溶贫困山区水土保持技术主要是结合石漠化的综合防治，依据不同地貌部位、不同环境类型区水土流失的主要途径，采取相应的生物和工程技术，截断地表、地下流失的主要途径，过滤泥沙，发展水土保持水源林，改良土壤，提高生态环境调蓄水资源和保持水土的能力。

8.3 水土保持生物技术

8.3.1 不同地貌部位水土保持林的建设

8.3.1.1 山顶部位

主要以发展水源涵养林为目标。封山育林的同时，注重景观异质性的创造，人工配置多种树种，营造常绿落叶阔叶混交林，并在混交林下部，种植灌丛林带，阴性树种与阳性树种混交。形成林灌草立体群落结构。

8.3.1.2 陡坡部位

利用石缝中的土壤资源，发展水土保持林，在土壤极缺的严重石漠化坡面，采用客土填充溶沟、溶槽、溶洞等后，种植以藤本常绿植物，尽量兼顾以采摘花果及嫩芽为主的经济型藤本植物，如金银花、赤苍藤、薜荔等。

8.3.1.3 缓坡部位

水平方向上，在修建多级水平沟的同时，沟埂外侧种植豆科类乔灌木林带，内侧种植豆科类灌草，根据坡度大小，在满足种植需要的条件下，间隔一定距离适当流出一定宽度梯地用作灌木林防护缓冲带，主要种植豆科类灌木，构成“绿色篱笆”。

8.3.1.4 洼地或谷地底

具体措施如下：

- a) 在落水洞、竖井及天窗周围建设林灌草缓冲区；
- b) 在排水沟、截水沟的两侧种植种植银合欢、扶芳藤、木豆、金银花等灌木，或者种植根系发达多年生牧草，如桂牧1号、象草、狼尾草等；
- c) 洼地或谷地严重石漠化地段或经常受淹水的低洼部位，种植任豆树、银合欢等豆科速生树，配套种植牧草，实施牧草+树的立体种植。

8.3.1.5 植物种类选择

尽量选择乡土种类，乡土种类不能满足要求时，建立苗圃进行试验，引进外来物种，保水林尽量选择常绿匍匐藤本植物。植树种草时需区分阴坡和阳坡，在阳坡、半阳坡选择阳性植物，在阴坡和半阴坡选择耐阴性植物。优先选择根系发达的常绿树种和多年生牧草。

8.3.1.6 注意事项及措施

注意事项及措施如下：

- a) 优先将表层岩溶泉流域系统划分成水源林恢复与保护区，重点发展金银花、赤苍藤、薜荔等藤本植物覆盖裸露基岩，在此基础上，种植速生乔灌木；
- b) 水保林的建设顺序为：牧草—藤本植物—灌、乔木；
- c) 客土与有机肥混合发酵后填充，填土后在土表覆盖草、秸秆、圈肥或薄膜，防治土壤水分骤变或降雨对土壤的溅蚀；
- d) 填充客土前，采用浆砌块石堵住缺口和大的裂缝，用粗纤维质有机肥堵塞小的裂缝；
- e) 在填充土壤斑块周围基岩面上，采用浆砌小块石砌成小截水沟截留岩面产流；
- f) 水保林的建设以不破坏原有植被为前提；水保林建设初期，以种植采集花、果、嫩芽的特色经济植物为主；
- g) 在石缝地或土层较薄的土地种植水土保持林时，尽量减少动土，可采用营养钵育苗整体种入土壤，或采用种子、发酵后的有机肥、土壤混合物散播在土层表面，辅以适量的草、圈肥覆盖。

8.3.2 水土保持植物篱技术

8.3.2.1 薜荔植物篱技术

具体措施如下：

- a) 针对岩溶区地埂为块石简单垒成的低标准梯形耕地，在地埂内侧或外侧种植单行薜荔，种植间距 20-30cm，形成匍匐于块石地埂的植物篱笆。
- b) 在裸露基岩表面的石缝、溶洞、溶孔等填充 1 斤左右的土壤，并且采用少量混泥土砌块石拦住土壤，在填充的土壤中种植 1-2 棵薜荔植物，裸露基岩上的薜荔植物种植密度为每平方米的基岩面种植 2-3 棵。

8.3.2.2 裸露石芽植物篱

具体措施如下：

- a) 在裸露石芽表面的石缝、溶洞、溶孔等填充 1 斤左右的土壤，并且采用少量混泥土砌块石拦住土壤，种植红背山麻杆，种植密度为每平方米的石芽面种植 4-5 棵；
- b) 沿裸露石芽的周围土块，或者填客土种植类似金银花、赤苍藤的常绿藤本植物覆盖，种植密度为每 2 平方米石芽裸露面积种植 1 棵。

8.3.2.3 砌墙保土地埂植物篱

在水土保持砌墙保土地埂的内侧或外侧，种植单行金银花、赤苍藤等藤本植物，植物覆盖地埂，形成篱笆，种植间隔80-100cm；在地埂内外侧种植双行桂牧1号、象草、狼尾草等牧草形成篱笆。

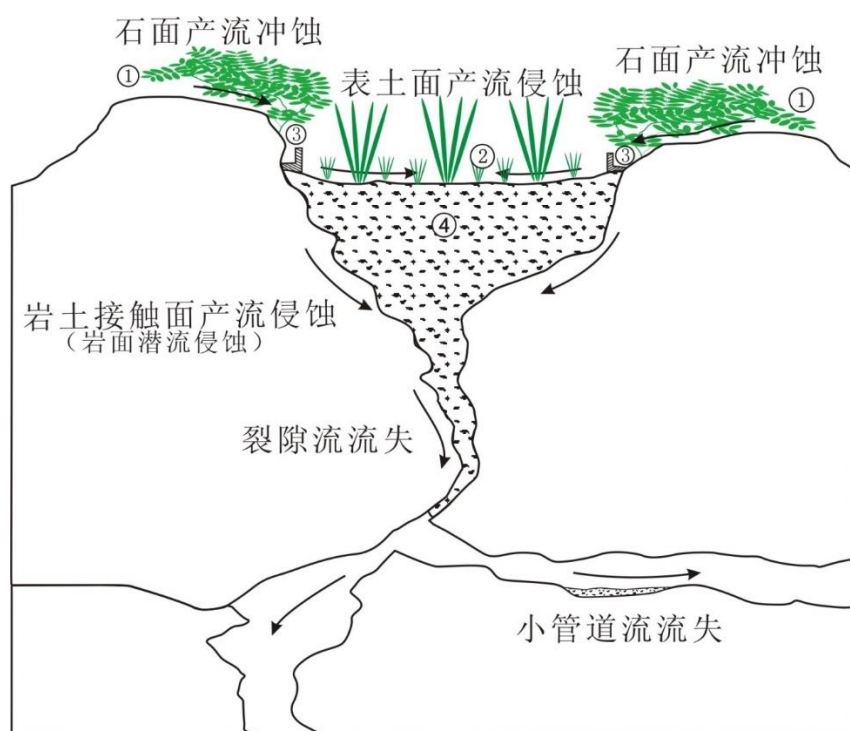
8.3.2.4 隔坡式植物篱

在坡度较陡、梯级较多、采用块石垒砌的低等级梯形地，沿坡面向下，每隔10-15米的距离，选择相对狭窄的地块，岩等高线方向种植牧草、金银花等植物，形成条带状植物篱笆。

8.3.3 微地貌单元水土保持技术

针对如图所示微地貌单元水土流失的途径采取如下相应的水土保持措施：

- a) 对于岩面产流，主要采取种植常绿藤本植物覆盖，截留降雨，或者直接清除石芽，或者浆砌块石建小截留沟的方式拦蓄岩面产流。如牧草+金银花、牧草+火龙果、牧草篱、扶芳藤+果、山麻杆+果等微观生态土地优化利用模式。
- b) 对于岩土接触面产流，主要是采取改良土壤、清除石芽以及改善周围小气候环境。
- c) 对于裂隙流流失及干裂流失，主要是改进种植结构，尽量种植多年生根系发达的植物，少耕或免耕，减少对土壤的扰动，同时改良土壤、改善周围小气候环境，避免土壤斑块的水分骤变产生干裂。



①藤本植物覆盖 ②改进种植结构 ③截流沟 ④改良土壤

图2 岩溶区微地貌单元水土流失过程及水土保持措施剖面

8.3.4 坡面植物梯化技术

采用藤本或草本植物沿坡面间隔 5-10 米，沿着等高线对坡面进行梯化种植，包括：

- 坡面牧草+金银花梯化种植技术, 牧草+金银花的组合种植模式，金银花靠土壤斑块的外侧单行种植，内侧种植牧草；
- 坡面牧草+火龙果梯化种植技术, 在石漠化中度以下的坡面上, 设计火龙果+牧草组合种植模式，火龙果单行种植在土壤斑块内侧，外侧种植牧草。

8.4 水土保持工程技术

8.4.1 坡面治理工程技术

主要措施如下：

- 对于坡度较缓的坡耕地，清除石芽，采用浆砌块石作地埂，整理土地成水平梯地；
- 在石缝地土壤斑块周围基岩面采用浆砌块石修建小型截水沟；
- 从垭口到洼地修建排水沟，排水沟大小视汇水面积及降雨量大小而定，沟壁采用浆砌块石，沟底只需敲掉突出的石芽整平即可；
- 沿排水沟向下，在自然跌水部位及与截水沟相交部位修建沉沙池，沉沙池内径约 1 米；
- 在坡面陡坡与缓坡转换部位，梯形地与退耕地之间交汇部位，修建截水沟，截水沟材料同排水沟；
- 在截水沟较低部位修建小型蓄水池或水窖，单个蓄水池容积 10-30 立方，单个水窖容积 8-10 个立方，均采用混泥土盖板盖顶，减少水分蒸发，在水流进蓄水池或水窖之前修建内径 1 米的沉沙池；

- g) 在土被覆盖相对连续的坡面汇水沟地形自然自然转换部位修建多级拦沙坝或谷坊，采用浆砌块石结构；
- h) 在季节性或雨后短暂排水的表层带泉水集中排水口修建蓄水池，蓄水池因水量大小而定，一般单个容积大小控制在 30-100 立方。

8.4.2 洼地（谷地）治理工程技术

主要措施如下：

- a) 洼地沿降雨径流沟，修建排水沟，沟底尽量挖深见基岩，清除沟底石芽，保持沟底水力坡降为 5-8%左右，沟壁采用浆砌块石，高出地面 30-50cm；
- b) 汇水面积较大的洼地（谷地），在洼地（谷地）底四周，修建排水沟，并与下山排水沟正交，最终排入落水洞，沟深以尽量深挖，依据最大汇水量设计沟深、沟宽；
- c) 在物探的基础上，清理堵塞落水洞的泥沙和碎石，开挖土石扩充落水洞口，以水泥砂浆砌石筑成近圆形洞壁，洞口大小视最大来水量而定，洞壁高出地面约 30cm-50cm，沿洞口外侧种植灌草隔离带；
- d) 排水沟水进入落水洞前，距离落水洞 5-10 米处修建沉沙池和拦枯枝落叶网，沉沙池大小视汇水量大小而定，通常长、宽 2 米，深度尽量大于 2 米或见基岩面；
- e) 在自然汇水沟近洼地（谷地）部位修建拦水（沙）坝，防止水流冲蚀洼地耕地；
- f) 对于洼地耕地面积超过 100 亩的大型洼地，在上述措施无法解决涝灾的情况下，考虑修建排水隧道，将洼地积水排到洼地系统以外，从而达到治理目的。

9 岩溶洼地内涝防治技术

9.1 岩溶区内涝灾害类型

岩溶内涝灾害类型主要有峰丛洼地内涝、峰丛（峰林）谷地内涝、岩溶平原内涝、岩溶区与非岩溶区接触过渡带内涝。

9.2 岩溶洼地排涝工程技术

9.2.1 岩溶小洼地排涝工程技术

9.2.1.1 完全封闭的洼地内涝

主要步骤如下：

- a) 采用物探技术探测落水洞及地下河找到堵塞的瓶颈部位；
- b) 依据物探结果制定排涝技术方案；
- c) 清理落水洞内的泥沙、碎石，依据 50 年一遇降水量大小扩大落水洞口，修建落水洞坊并采用浆砌石围筑洞壁高出地表 0.5m；
- d) 在洼地沿自然汇水沟修建拦沙坝拦蓄水；
- e) 修建排水沟直通落水洞，排水沟剖面内径依据汇水面 50 年一遇暴雨的来水量大小设计，尽量修建深沟；
- f) 在排水沟距离进入落水洞前 6-10 米处修建沉沙池，在各条排水沟的交汇处修建沉沙池，沉积沙池内径按 2 米×2 米×1 米；
- g) 材料采用块石混凝土结构；
- h) 以整个岩溶洼地系统和岩溶流域系统为单元，配套相关生态恢复措施和其它水土保持工程措施。

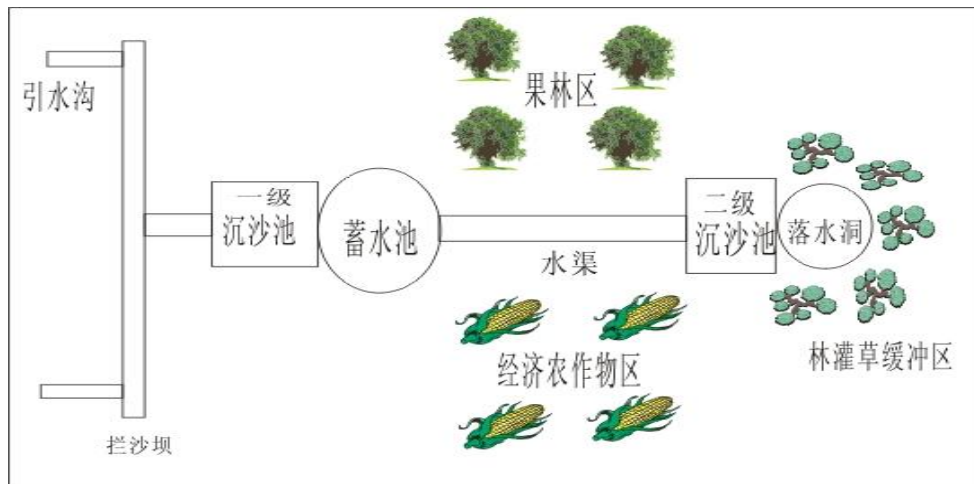


图3 完全封闭洼地排涝工程平面示意图

9.2.1.2 一端有开口的洼地内涝

主要步骤如下：

- 清理落水洞修建落水洞坊，或者直接将淤塞的落水洞建成沉沙蓄水池；
- 修建拦沙坝拦蓄自然汇水沟径流；
- 修建排水沟联接拦沙坝和落水洞坊或沉沙池；
- 修建连接洼地开口和落水洞的排水沟；
- 在排水沟的联接部位修建沉沙池；
- 有条件的地方，可以在洼地开口部位修建大型蓄水池，蓄积部分洪水，用于下游地区的灌溉；
- 材料采用块石混凝土结构；
- 以整个岩溶洼地系统和岩溶流域系统为单元，配套相关生态恢复措施和其它水土保持工程措施。

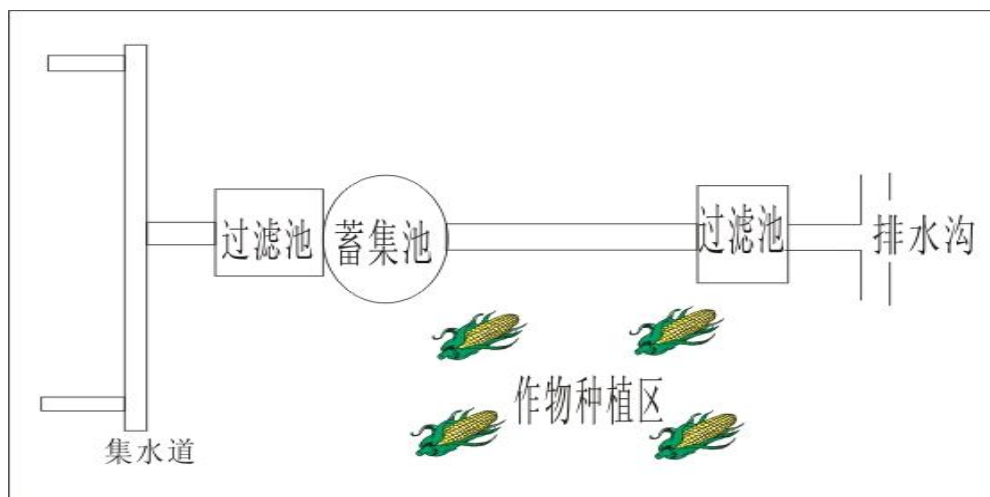


图4 一端开口洼地排涝工程平面示意图

9.2.2 岩溶大洼地（谷地）排涝工程技术

岩溶大洼地内涝灾害淹水时间较长，水深几米至几十米不等，通常当演水时间超过15天时，危害严重，面积大。对于这类型洼地内涝，采取挖排水明沟或排水隧洞的方法进行排水，配套进行其它水土保持工程措施和生态恢复措施。

9.3 岩溶洼地生物与工程相结合防治内涝技术

9.3.1 总则

在没有条件修建排水明沟和排水隧洞的洼地系统,应采取水利工程措施和生态环境措施相结合的科学治理方法,根据高峰丛洼地系统和低峰丛洼地系统的水文地质条件、居民点和耕地的分布情况,治理工程的投资效益比分别采取合适的治理措施:

- a) 高峰丛洼地内涝防治应以生态环境工程措施主,水利工程措施为辅。
- b) 低峰丛洼地内涝在全面实施普适性措施中应特别强调处理好上下游之间的关系,内涝严重、居民较少的漏斗状洼地实施生态移民,应以水利工程为主,生态环境工程为辅。

9.3.2 高峰丛洼地内涝防治技术

9.3.2.1 生态环境工程措施

除退耕造林、封山育林等普适性措施外,着重解决好作物的时空分布格局。

- a) 在水平布局上,地势最低的地方种植牧草,地势略高、土层较厚、土壤肥力相对较好的地方退耕种桑养蚕,地势较高(正常年分不受内涝影响)种植玉米和果树,坡地全部退耕还林。
- b) 在时序布局上,根据内涝发生特点,选择适宜的种植方式,尽量避免内涝对作物生长的影响。

9.3.2.2 水利工程措施

高峰丛洼地系统的洼地中普遍分布3-5 m厚的土层,因此在较严重的高峰丛洼地内涝区域建立溶洼成库,调蓄洪涝。

9.3.3 低峰丛洼地系统内涝防治技术

9.3.3.1 生态环境工程措施:

- a) 在做好退耕还林、作物时空合理布局的基础上,引进一些避涝和耐涝品种,改进栽培技术措施,减轻内涝对作物生长的危害;
- b) 对玉米常规栽培技术进行改进,通过提前播种和覆盖薄膜育苗技术相结合,将玉米成熟期提前20-25天,调节到6月15日之前,成功地避开了洪涝灾害。

9.3.3.2 水利工程措施:

充分利用已有的水利工程,清除其排洪渠道中淤污,使其行洪顺畅,减少工程挖方量,在此基础上,对内涝特别严重的区域重新修建排洪渠道工程。

9.4 岩溶洼地内涝防治辅助措施及日常管护

9.4.1 预防措施:

- a) 洼地内涝治理首先坚持以预防为主,分析其具体的致灾因子,找出其发展规律,做好灾害的预测预报工作;
- b) 杜绝不合理的平整土地,防止有意或无意的把落水洞堵填而造成洼地内涝;
- c) 避免固体废弃物(如塑料垃圾、枯枝落叶等)随意倾倒,造成落水洞堵塞和地下河堵塞而导致内涝。

9.4.2 生态环境措施:

加强地下岩溶管道入口处的封山育林和保持水土工程,以防止泥石流流入岩溶管道造成地下堵塞。

参 考 文 献

- [1] GB/T 16453.1-2008 水土保持综合治理 技术规范 坡耕地治理技术
- [2] GB/T 16453.4-2008 水土保持综合治理 技术规范 小型蓄排引水工程
- [3] GB/T 19231-2003 土地基本术语
- [4] GB/T 30943-2014 水资源术语
- [5] GB/T 21010-2007 土地利用现状分类
- [6] GB/T 15218-1994 地下水资源分类分级标准
- [7] SL 461-2009 岩溶地区水土流失综合治理规范
- [8] SL/T 238-1999 水资源评价导则
- [9] DB45/T 1055-2014 土地整治工程 第 1 部分：建设规范
- [10] 蒋忠诚等著. 广西岩溶山区石漠化及其综合治理研究. 科学出版社, 2011