新疆大田膜下滴灌技术及典型应用

（网上讲座 参考材料）

中国灌溉排水发展中心

2010 年 12 月

目　　录

第一章　　膜下滴灌技术的特点和发展概况 ..... - 1 -

1.1　膜下滴灌技术的特点 ..... - 1 -

1.1.1　什么是膜下滴灌技术 ..... - 1 -

1.1.2　膜下滴灌技术的综合效益 ..... - 2 -

1.1.3　膜下滴灌技术的适用条件 ..... - 3 -

1.2　膜下滴灌技术发展概况 ..... - 4 -

1.3　膜下滴灌技术的推广应用前景 ..... - 5 -

第二章　　膜下滴灌技术主要模式 ..... - 6 -

2.1　膜下滴灌系统的组成 ..... - 6 -

2.2　主要技术模式 ..... - 6 -

2.2.1　辅管轮灌模式 ..... - 6 -

2.2.2　支管轮灌模式 ..... - 6 -

2.3　规划设计实例 ..... - 7 -

2.3.1　棉花膜下滴灌设计实例 ..... - 7 -

2.3.2　番茄膜下滴灌工程设计实例 ..... - 8 -

2.4　施工安装 ..... - 9 -

2.4.1　管道安装 ..... - 9 -

2.4.2　阀门、管件安装 ..... - 9 -

2.4.3　安装要求 ..... - 9 -

2.5　运行管理 ..... - 9 -

2.6　维修管护 ..... - 9 -

第三章　　膜下滴灌综合生产技术 ..... - 11 -

3.1　建设沉沙池、安装滴灌首部枢纽和主管道 ..... - 11 -

3.2　农田整备和种子处理 ..... - 13 -

3.3　播种、铺毛管、覆膜、打孔、压土 ..... - 15 -

3.4 安装支管、辅管和连接毛管 - 16 -
3.4.1 连接方式 - 16 -
3.4.2 安装方法 - 16 -
3.5 灌水施肥 - 17 -
3.6 田间管理 - 17 -
3.7 设备管护 - 17 -
第四章 膜下滴灌系统工程建设 - 18 -
4.1 水源工程 - 18 -
4.1.1 沉淀池修建要求 - 18 -
4.1.2 沉淀池修建步骤 - 18 -
4.2 首部枢纽工程 - 21 -
4.2.1 首部枢纽工程的平面布置形式 - 21 -
4.2.2 首部枢纽工程布设的注意事项 - 22 -
4.2.3 首部枢纽土建工程施工 - 23 -
4.2.4 首部枢纽设备的安装 - 23 -
4.3 输水管道工程 - 28 -
4.3.1 地埋输水管道土建工程 - 28 -
4.3.2 输配水管道的安装 - 31 -
4.4 系统试运行 - 39 -
4.4.1 管道冲洗 - 39 -
4.4.2 管道试压 - 39 -
4.4.3 试运行操作 - 41 -
4.5 工程设备运行管理及维护 - 41 -
4.5.1 系统运行管理 - 41 -
4.5.2 水泵的运行管理 - 42 -
4.5.3 过滤设备的运行管理 - 43 -
4.6 工程系统维护与保养 - 51 -
4.6.1 日常维修与保养 - 51 -
4.6.2 入冬前维护 - 53 -

4.6.3 次年灌溉季节开始前准备 - 54 -

第五章 膜下滴灌技术应用典型实例选编 - 55 -

5.1 棉花膜下滴灌典型实例（实例地点：兵团农 6 师） - 55 -

5.1.1 基本情况 - 55 -

5.1.2 种植前准备工作 - 55 -

5.1.3 滴灌系统模式 - 56 -

5.1.4 滴灌模式下的栽培模式 - 57 -

5.1.5 田间管理模式 - 59 -

5.1.6 收获 - 62 -

5.1.7 膜下滴灌棉花效益 - 62 -

5.2 玉米膜下滴灌典型实例（实例地点：黑龙江省大庆市） - 62 -

5.2.1 种植前准备工作 - 62 -

5.2.2 滴灌系统模式 - 63 -

5.2.3 滴灌模式下的栽培模式 - 64 -

5.2.4 田间管理模式 - 64 -

5.2.5 收获及脱粒 - 66 -

5.2.6 膜下滴灌玉米效益 - 66 -

5.3 大豆膜下滴灌典型实例（实例地点：新疆北部地区） - 67 -

5.3.1 种植前准备工作 - 67 -

5.3.2 滴灌系统模式 - 68 -

5.3.3 滴灌模式下的栽培模式 - 68 -

5.3.4 田间管理 - 69 -

5.3.5 灌溉管理 - 70 -

5.3.6 施肥技术 - 70 -

5.3.7 大豆营养失衡症状及病虫害的防治 - 70 -

5.3.8 收获及脱粒 - 71 -

5.3.9 膜下滴灌效益 - 71 -

5.4 马铃薯膜下滴灌典型实例（实例地点：内蒙古乌兰察布市） - 71 -

5.4.1 基本情况 - 71 -

5.4.2 种植前准备工作 - 72 -
5.4.3 滴灌系统模式 - 73 -
5.4.4 膜下滴灌的栽培模式 - 73 -
5.4.5 田间管理模式 - 74 -
5.4.6 收获 - 76 -
5.4.7 马铃薯膜下滴灌效益 - 76 -
5.5 加工番茄膜下滴灌典型实例（实例地点：新疆石河子） - 79 -
5.5.1 种植前准备工作 - 79 -
5.5.2 滴灌系统模式 - 79 -
5.5.3 滴灌模式下的栽培模式 - 80 -
5.5.4 田间管理模式 - 81 -
5.5.5 采摘 - 86 -
5.6 辣椒膜下滴灌典型实例（实例地点：内蒙古通辽市） - 87 -
5.6.1 基本情况 - 87 -
5.6.2 种植前准备工作 - 88 -
5.6.3 滴灌系统模式 - 88 -
5.6.4 滴灌模式下的栽培模式 - 89 -
5.6.5 田间管理模式 - 91 -
5.6.6 采收 - 92 -
5.6.7 辣椒膜下滴灌效益 - 92 -
5.7 大田小麦滴灌典型实例（实例地点：兵团） - 93 -
5.7.1 播种与布管 - 93 -
5.7.2 灌溉模式 - 93 -
5.7.3 灌水施肥 - 93 -
5.7.4 产量情况 - 94 -
5.7.5 经济效益 - 94 -

第一章　膜下滴灌技术的特点和发展概况

1.1 膜下滴灌技术的特点

1.1.1 什么是膜下滴灌技术

膜下滴灌技术是将作物覆膜栽培种植技术与滴灌技术相结合的一种高效节水灌溉技术。滴灌利用管道系统供水，使灌溉水成滴状、缓慢、均匀、定时、定量地浸润作物根系发育区域，使作物主要根系区的土壤始终保持在最优含水状态，地膜覆盖则进一步起到了增加地温、促作物早发并减少了作物棵间水分的蒸发。将两者优势进行互补，从而形成了膜下滴灌技术，这项技术由兵团人创造的，而且在2004年获得了国家科技进步二等奖，这项技术已经在新疆地方和兵团的大田农作物中大面积应用，受到了广大农民的欢迎，取得了显著的社会、经济、生态效益。膜下滴灌系统工作时，加压或自压的水流经净化过滤设施滤“清”后，进入输水干管（常埋设在地下）、支管、毛管——铺设在地膜下方的滴灌管（带），再由毛管上的灌水器（滴头）滴入作物根层土壤中，供作物根系吸收。

通过膜下滴灌技术的推广，带动了多项农业科技的集成运用，发挥了节水灌溉的综合效益，实践证明，膜下滴灌的发展是现代灌溉技术代替传统灌溉技术的过程，更是农业生产方式发生重大变革的过程。兵团以天业集团、石河子大学、兵团农科院为技术依托，建立了国家（新疆）节水工程技术研究中心，首先从棉花、酱用番茄等经济作物入手，以膜下滴灌技术为平台，广泛应用农业六大精准技术，集成灌溉技术、农业机械技术、耕作栽培技术和田间管理技术为一体，探索出了一条现代高效农业发展的新路子。

新疆生产建设兵团近过十几年的生产实践和研究显示，采用膜下滴灌技术灌溉，与传统的地面灌溉技术相比，有以下8个方面的明显优点：

（1）省水：滴灌是一种可控制的局部灌溉，可适时适量的灌水。水滴渗到作物根层周围的土壤中，供作物本身生长所需。实施覆膜栽培，抑制了棵间蒸发。滴灌系统又采用管道输水，减少了渗漏损失。所以，在作物生长期内，比地面灌省水40％~50％。

（2）省肥：肥料随滴灌水流直接送达作物根系部位，易被作物根系吸收，提高了肥料的利用率和利用效率；亦可做到适时适量，对作物生长极为有利，平均可省肥 20％左右。

（3）省农药：水在管道中封闭输送，避免了水对虫害的传播。另外，采用滴灌技术进行灌溉，地表无积水，田间地面湿度小，不利于滋生病菌和虫害。因而除草剂、杀虫剂用量明显减少，可省农药 10%～20%以上，且杀虫效果好。

（4）省地：由于田间全部采用管道输水，代替了地面灌溉时需要的农渠及田间灌水毛渠及埂子，可节省土地 5%～7%。

（5）省工和节能：地面灌时，挖土堵口，工作条件差，劳动强度大，采用滴灌后，主要工作是观测仪表、操作阀门，工作条件好；滴灌能随水施肥、施药，由于是局部灌溉；作物行距间几乎无水，膜下及旁侧杂草难以生长，且土壤不板结，田间人工作业（包括锄草、施肥、修渠、平埂、病害治理等）和机械作业等大大减少，人工管理定额也大幅度提高。

（6）有利于利用盐碱地：膜下滴灌可使作物根系周围形成低盐区，利于幼苗成活及作物生长。由盐碱地上的试验可看出，不仅脱盐效果好，而且脱盐用水量比地面灌明显减少，还能获得较高产量，这对盐碱地的使用很有价值。

（7）有较强的抗灾能力：作物从下种、出苗起，就得到适时、适量的水和养分供给，各类生长指标均优，抵抗力强。以棉花为例；2001 年 7 月下旬，正是棉花生长的旺盛期，北疆地区突然连续几天降雨、降温，采用地面灌溉棉花产量大幅度减产，亩产仅有 180～200 公斤，而采用滴灌技术灌溉的棉花减产幅度相对较小，平均单产在 220～250 公斤。

（8）增产：由于科学调控水肥，土壤疏松，通透性好，并经常保持湿润，作物生长条件优越，作物普遍可增产 15%～30%，低产田可增产 50%以上。

（9）质量提高：膜下滴灌营造了良好的生长条件，因而，不但产量高，而且品质好。以棉花为例。棉花的成熟度好，纤维长度增加 0.4～0.7mm，纤维的整齐度高，外观光泽好。

1.1.2 膜下滴灌技术的综合效益

（1）经济效益：膜下滴灌棉花增产 20%以上，按籽棉价 3.5 元/kg，每亩增收 190 元。节省水、肥、农药、人力、机力，每亩平均节支 95 元，除去工程投

资年折旧费和年运行费每亩 215 元，则每亩净增收 70 元。若棉花价格提高，则盈利更多。

（2）生态效益：膜下滴灌节水 30%～50%，能减少深层渗漏和地面径流，能较好地防止土壤板结和土壤次生盐碱化。滴灌随水施肥、施药，既节约了化肥和农药，又减少了对土壤和环境的污染。节约下来的水可还水于生态，这对改善新疆脆弱的生态环境来说是及其需要的。

（3）社会效益：由于滴灌水的利用率提高，滴灌面积不断扩大，兵团水资源紧缺的压力开始缓解。因膜下滴灌技术适应性较强，因而，除在大田作物中大面积应用该技术外，兵团已开始利用这一技术在沙漠边缘种植经济林、草，如石河子地区在沙漠地上种植梭梭、沙棘、枸杞等耐旱植物，既会产生经济效益，又能改善生态环境。以这项技术为龙头还有效地带动了相关产业的发展，如滴灌器材、滴灌专用肥、过滤设施生产、销售等在兵团迅速发展起来。它提高了劳动生产率，解放了劳动力，有利于农业产业结构的调整和集约化经营，具有较强的综合带动效应，促进农业生产向现代化方向迈进。

1.1.3 膜下滴灌技术的适用条件

膜下滴灌种植技术是一项农业生产革命性措施，不仅在微观农业生产领域有很好的综合效益，且对宏观农业经济发展和新疆的农业综合开发都起到了极其重要的作用。在推广应用膜下滴灌时需考虑以下适用条件：

（1）适宜推广的地区：膜下滴灌的优越性在于一方面减少了株间蒸发，同时又将灌溉水集中供应根系，从而大大提高了灌溉水的利用效率。因而它最适宜应用于地面蒸发量大的干旱而又具备一定灌溉水源的地区。

（2）适宜应用的作物：凡适宜覆膜、穴播的作物应用膜下滴灌在技术上均无困难，主要是农户的经济效益。在新疆除棉花外，番茄、葡萄、辣椒、玉米、瓜果类等作物的应用效果都很好，但在使用中应该注意作物的轮作倒茬问题。

（3）适宜的生产规模和管理方式：由于膜下滴灌需要管网或渠系供水，最好具备连片条田的条件，或在一个灌溉井的范围内能统一种植和管理。

（4）适宜的设备和政策支持：需有质量保证、价格便宜的滴灌器材供应，技术服务保障，领导的重视和政策的支持均是必要的保证。在没有实现机械覆膜穴播作物的地区，应用膜下滴灌技术时应解决配套农机具的配置问题。

1.2 膜下滴灌技术发展概况

新疆地处欧亚大陆腹地，远离海洋，降水稀少，蒸发强烈，自然环境脆弱。新疆多年平均降水量为147mm，平原区蒸发强烈，潜在蒸发能力北疆一般在1500～2300mm，南疆一般在2500～3000mm。平原区干旱指数北疆为3～6，南疆为7～20。新疆生产建设兵团所辖大部分团场位于河流下游、沙漠边缘、边境山区、盐碱腹地，水资源严重匮乏，干旱缺水已成为制约兵团屯垦戍边事业发展的重要因素。要维持当地经济可持续发展，维护生态平衡，唯一的出路就是节水。由于农业用水量高达95％，因此，节水的首要对象是农业节水。为探索适宜干旱条件下的节水技术，从1998年起，在兵团科委、水利局等部门的组织下，兵团农垦科学院、兵团石河子大学、兵团农八师和农一师（地处南疆阿克苏地区）4个单位历时3年，完成了“干旱区棉花膜下滴灌结合配套技术研究与示范”课题研究工作，提出了干旱区膜下滴灌技术的应用模式。

滴灌器材，尤其是滴灌带的价格较高是阻碍该技术大面积推广应用的“瓶颈”。为了降低滴灌造价，在兵团的支持下，农八师组建了天业股份有限公司（以下简称“天业”），走“引进、消化、吸收、再创新”之路，潜心研究了国内外滴灌带的生产状况，于1998年下半年试制成功了一次性边缝式薄壁滴灌带——“天业”牌滴灌带。该种型式的滴灌带价格仅0.3元/m，使滴灌首次每亩投入下降为750元左右，农户在种植棉花时有利可图，每亩净增收150元左右。目前通过技术进步，该种型式的滴灌带价格又下降到0.2元/m以内，因此，“天业”牌滴灌带一经问世，即受到兵团广大农户的欢迎，为这项棉花膜下滴灌技术在大田作物中的推广应用打开了一条道路。

自1996年—1997年起，新疆生产建设兵团农八师试验、应用和推广棉花膜下滴灌技术取得了突破性的进展，新疆生产建设兵团开始大面积发展膜下滴灌技术，2000年达到25万亩，2001年猛增到78.42万亩，到2009年，新疆兵团膜下滴灌技术推广面积已超过900万亩，成为全国大田作物应用滴灌技术规模最大的片区。由于膜下滴灌技术应用产生了良好的经济、社会、生态效益，如今，正在全疆范围内大力推广，并辐射到周边的国家和国内二十多个省、市、自治区。

调查研究表明，棉花膜下滴灌与常规灌溉相比，单方水所创造的产值为2.88元/m^3，比常规灌溉的1.55元/m^3高1.33元/m^3；膜下滴灌加工番茄，亩产值滴灌

1536 元/亩，传统灌溉 1152 元/亩，分别减去各自投入成本 1057.89 元和 945.57 元，产生的利润为 479.00 元/亩和 206.3 元/亩，滴灌每亩地比常规灌溉人工采收亩增加效益在 272.7 元左右；膜下滴灌玉米，增产 43.37%，收益增加 247.69 元/亩，水效益比常规灌溉的 0.87 元/m^3 高 0.77 元/m^3；膜下滴灌辣椒，每亩干辣椒产量增加 213kg/亩，增产 68.71%，每亩纯收入增加 773.9 元，水效益比常规灌溉的 1.50 元/m^3 高 1.49 元/m^3；新疆哈密淖毛湖种植膜下滴灌甜瓜保苗株数增加 85%，座瓜率提高到 80%，商品率提高到 70%，每亩产量达 2.5～3.0 吨，平均增产 1.5 吨，增收 1500 元/亩。

1.3 膜下滴灌技术的推广应用前景

兵团棉花膜下滴灌技术已日臻成熟。膜下滴灌技术的推广应用范围扩展到天山南北兵团所属的各师及农场，作物对象除棉花占绝大多数外，甜菜、玉米、加工蕃茄等大田作物，果树、蔬菜、瓜类、生态林、经济林等均有应用。

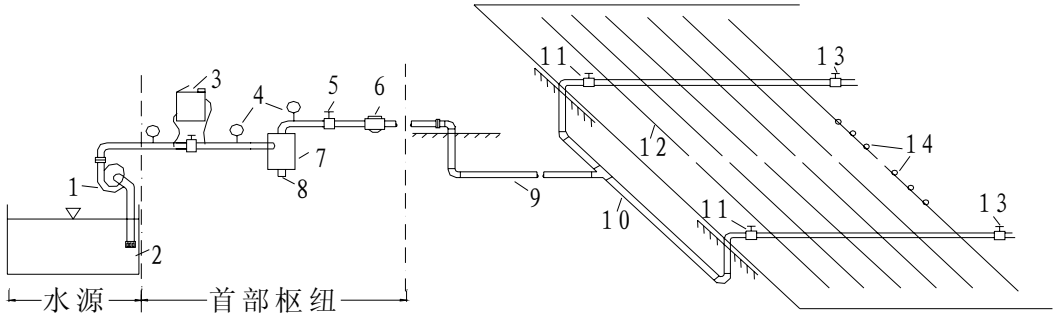
新疆气候干热少雨，蒸发量大，是典型的灌溉农业区。其土壤为风沙土，渗漏严重，耕地中盐渍化面积占 30.58％。新疆是全国最大的商品棉基地，又大量种植哈密瓜、葡萄等瓜果作物，这些条件很适合发展滴灌。因此，棉花膜下滴灌技术模式在新疆极具推广价值。

目前膜下滴灌技术除新疆大面积推广外，还辐射推广到 20 多个省、市、自治区，除在棉花大面积应用外，还应用在番茄、玉米、大、小麦、辣椒等 30 余种作物上。西北地区的内蒙、陕西、甘肃、青海、宁夏的自然状况，农业生产条件和特点与新疆相类似，东北地区的黑龙江的大庆、齐齐哈尔，辽宁的朝阳、阜新，吉林的松原、白城、长春、四平等地，水资源短缺且春旱严重，因此，膜下滴灌技术也适合在这些省区推广应用。这些年，兵团“天业”在内蒙古阿善盟左旗、宁夏银川市林业研究所、甘肃定西县和陕西延安等县市进行了膜下滴灌技术种植果林、蔬菜、棉花等作物的试验性推广应用，很受农民群众欢迎。在东北地区，引进膜下滴灌技术后，得到迅速发展，到 2008 年，玉米膜下滴灌面积已达 88.6 万亩。说明这项技术在这些省区乃至北方水资源紧缺地区推广应用有着广阔的前景。同时膜下滴灌技术已成功走出国门，推广到塔吉克斯坦和巴基斯坦。

第二章　膜下滴灌技术主要模式

2.1 膜下滴灌系统的组成

膜下滴灌系统一般由水源工程、首部枢纽、输配水管网、滴头及控制、量测和保护装置等组成，如图 2.1 所示:



1、水泵　2、蓄水池　3、施肥罐　4、压力表　5、控制阀
6、水表　7、过滤器　8、排砂阀　9、干管　10、分干管
11、球阀　12、毛管　13、放空阀　14、滴头

图 2.1　膜下滴灌系统示意图

2.2 主要技术模式

可按轮灌方式分为辅管轮灌模式和支管轮灌模式两种技术模式:

2.2.1 辅管轮灌模式

辅管紧靠支管并与之平行分成若干条，从支管分水，然后再向毛管供水，由于辅管铺设长度不再受灌水小区影响，改善了滴灌系统的滴水均匀性，减少了系统投资，亩造价比支管轮灌模式少 50 元左右，但灌水小区面积较小，仅为 3～4 亩，且系统运行管理要求较高。该方式适合条田规划相对整齐的地块和农村小块地及种植作物种类较多的地块。

2.2.2 支管轮灌模式

采取毛管直接与支管相连，减少了系统的连接管件，系统的运行管理方便，灌水小区面积可增加到 15～30 亩，但系统的造价稍高，亩造价比辅管轮灌模式多 50 元左右。该方式适合条田规划整齐，路、渠、林、排碱（水）沟少的地块，

还适用于土地整块承包和作物大一连片的地块或条田。

2.3 规划设计实例

2.3.1 棉花膜下滴灌设计实例

项目位于准格尔盆地古尔班通古特沙漠南缘，新疆生产建设兵团农八师 149 团良种连。20 世纪 60 年代中期，该团场的条田、林带、交通均已初具规模，农、林、牧、工、副全面发展大大改变了沙漠的自然生态环境，建立了较为合理的人工生态系统，使万古荒原变成绿洲，成为石河子地区的粮棉生产基地之一。种植作物为棉花，行距配置为（10+66+10+66+10）+66cm，株距为 10cm，滴灌模式为一膜两管六行，滴灌带间距 90cm 与 138cm 间隔，平均间距 114cm。

滴灌系统设计结构为: 水源（渠水）→加压提水设备（水泵）→首部装置（包括沉淀池、过滤器、施肥设施等）→主干管→分干管→薄壁支管→按扣三通→毛管（滴管带），平面布置见图 2.2。

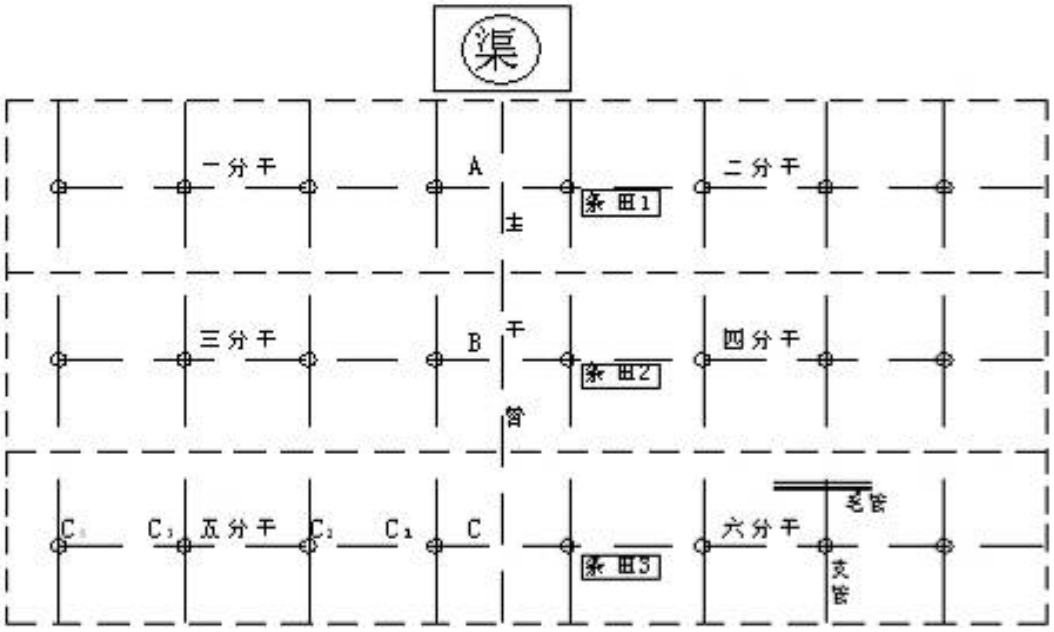


图 2.2　149 团棉花膜下滴灌管网布置图

作物需水高峰期的灌水周期 6.6 天，一次灌水延续时间 4.95 小时，轮灌组数目根据实际情况取 22 组。根据滴灌系统的布置，为保证系统持续稳定的压力，分散水流，降低管道水头损失，将系统划分 11 个轮灌区。

2.3.2 番茄膜下滴灌工程设计实例

项目位于农八师 143 团 14 连 15 号地。条田长 1126 米，宽 440 米，面积 49.3 公顷（740 亩）。土质为砂壤土，水源为井水抽水通过 U 型渠道送至系统首部的蓄水池蓄水，从而向系统供水。种植作物为加工番茄，滴灌模式采用膜下滴灌一膜二管四行的形式，种植模式宽窄行 30cm × 66cm × 30cm × 66cm，滴灌带间距 0.96m。

干管沿条田地边长边布置，干管与支管呈梳状布置，支管与毛管呈鱼骨状布置。系统结构为水源（渠水）→加压提水设备（水泵）→首部装置（包括沉淀池、过滤器、施肥设施等）→主干管→分干管→薄壁支管—辅管—毛管。

一次开 8 条支管，每条支管开 1 条辅管作为一个轮灌组，一个轮灌组每次共开 8 条辅管，共分 40 个轮灌组。每个轮灌组的灌水延续时间为 3.6 小时，取 7 天为灌水周期。每日完成灌水组数 5.5 组。轮灌方案详见平面布置图 2.3。图中 1-1、1-2 等为轮灌制度编号，前面的数字为轮灌区号，后面的数字为该组的支管序号。

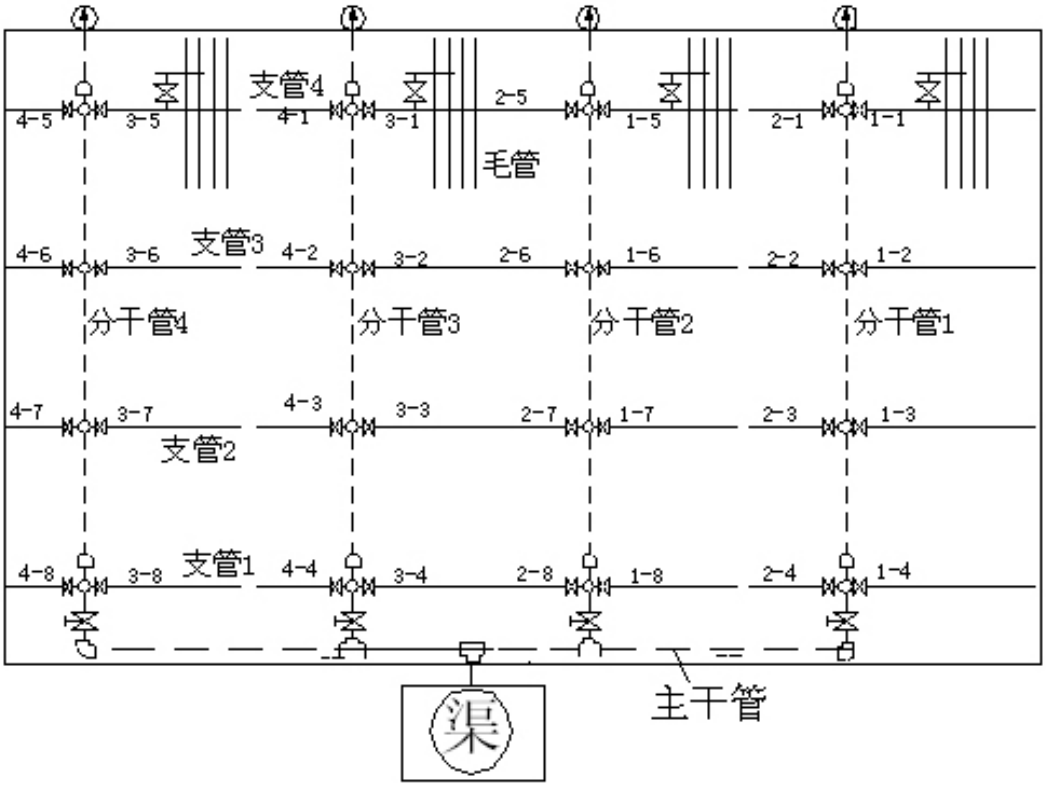


图 2.3　143 团番茄膜下滴灌管网布置图

2.4 施工安装

2.4.1 管道安装

按干、支、毛管顺序进行安装，并将管道平放入管槽内，不得悬空和扭曲；塑料管不得抛摔、拖拉和暴晒，安装期宜集中；塑料管道与道路交叉处埋深不应小于 70cm，并应加保护管。

2.4.2 阀门、管件安装

法兰中心线应与管件轴线重合，紧固螺栓齐全，能自由穿入孔内，止水垫不得阻挡过水断面；干、支管上安装螺纹阀门时，一端应加装活接头；管件及连接处不得有污物、油迹和毛刺；不得使用老化和直径不合规格的管件。

2.4.3 安装要求

要求安装人员全面了解各种设备性能，熟练掌握施工安装技术要求和方法，并在安装过程中随时检查设备质量。

2.5 运行管理

膜下滴灌系统试运行应按设计要求分轮灌组进行，试运行的水温和环境温度应为 5-30℃。在试运行过程中应随时观察管道的管壁、管件、阀门等处，如发现渗水、漏水、破裂、脱落等现象，应做好记录并及时处理，处理后再进行试运行直到合格为止。开关控制闸阀原则：先开后关，慢开慢关。

在有条件的地方，在试运行前应进行水压试验，施压的水压力不应小于管道设计工作压力的 1.25 倍，并保持稳定 10 分钟。

2.6 维修管护

（1）滴灌在使用过程中，要严格遵守各项技术规定，正确的使用各类滴灌设备，确保设备安全。

（2）进行滴灌时必须按作物的需水量进行供水，灌溉前对滴灌系统进行检查，如有漏水、阀门失灵等要及时检修。

（3）节水灌溉设备使用期间要进行检修和养护，特别对过滤器要经常检查并进行清洗，发现损坏及时更换。

（4）每年灌溉结束后，对管道及其它系统进行一次检修，并把管道内存水放空。

（5）由于灌区面积较大，应安排专职人员进行管理，掌握一定的节水灌溉技术及知识，确保节水灌溉畅通无阻。

第三章　膜下滴灌综合生产技术

膜下滴灌技术是把滴灌带铺于地表，农膜覆盖其上的滴灌技术和农膜覆盖技术有机结合的高效节水增产增效技术。由于膜下滴灌是在滴灌带或滴灌毛管上覆盖一层地膜，水流顺滴孔直达作物根部，使土壤始终保持疏松和最佳含水状态，加之地膜覆盖和配套相应的农艺和管理技术措施，不但使水分蒸发大大减少，而且在提高土地利用率、提高肥料利用率、生产率、减轻劳动强度等方面都显示出强大的优势。由此可见，膜下滴灌技术的内容主要包括三个方面：一是和滴灌带配套的首部过滤设施、供水管网、管件等组成的滴灌系统；二是在膜下滴灌条件下的各种作物增产增效栽培技术；三是运行管理。因此膜下滴灌技术不是一项单一的工程技术措施而是一个完整的综合技术体系。膜下滴灌综合生产技术按其操作应用程序如下:

3.1 建设沉沙池、安装滴灌首部枢纽和主管道

（1）修建沉沙池。形式有：1）梯形混凝土板沉沙池。2）长方形现浇混凝土沉沙池。沉沙池中设有拦污栅、稳流墙并设有预留孔，吸水池进水口预埋槽钢，留有溢流堰对缓流、沉沙、渠系的安全可起良好的作用。





图 3.1　从渠道取水的沉沙池

（2）安装首部枢纽。根据水源情况，采用不同的配置形式：①当用地表水作为水源时，先由渠道引水进入沉沙池，再采用离心泵机组、变频器、砂石过滤器、网式过滤器或叠片过滤器、自吸式施肥罐、自动不锈钢反冲洗过滤器等组成首部枢纽或采用离心泵机组、变频器、自吸式施肥罐、自动不锈钢反冲洗过滤器等组成首部枢纽。②当用地下水作为水源时，直接从机井取水，采用井泵机组、自吸式施肥罐、离心式过滤器、网式过滤器等组成首部枢纽。



图 3.2 取用地表水的首部枢纽



图 3.3 取用地下水的首部枢纽

（3）安装主管道。根据首部枢纽控制滴灌面积的用水要求，选择适合的输水管材作为主管道，一般将主管道埋入地下，并安装有连接件伸出地面（出水栓），可方便与铺设在地面的支管连接。

3.2 农田整备和种子处理

（1）清理农田的秸秆和残膜。上年作物收完后，应及时清理田地上的秸秆和残膜并进行回收，收净率要达到 90%以上，严禁将残膜翻入田间。



图 3.4 清理地块中上年度的残膜

（2）施基肥，耕翻地。施基肥应测土配方施肥，采取有机肥与无机肥相结合，根据土壤质地、土壤养分含量合理施肥。一般有机肥可施用农家肥或油渣，

无机肥可施磷酸二铵和尿素。翻垡均匀，扣垡平实，不露秸秆，不拉沟，不漏耕。耕翻后越冬凉垡。

（3）适墒整地、耢地保墒。达到“齐、平、松、碎、净、墒”六字标准。



图 3.5　机械整地

（4）化学除草。结合整地进行化学除草，用氟乐灵乳油均匀喷施。要求喷洒均匀一致，到头到边，不重不漏，喷后耙地，耙深 2 ~ 3cm。



图 3.6　喷洒除草剂

（5）种子处理。人工粒选，将破损籽、非健籽、杂质等清除。半精量播种种子发芽率在 85%以上，精量播种种子发芽率在 98%以上。

3.3 播种、铺毛管、覆膜、打孔、压土

采用集铺毛管、覆膜、打孔、播种、压土等功能为一体的相关农机具，进行机械化操作，一次完成全部作业内容。

（1）铺毛管：毛管采用一次性滴灌带，其型号应根据设计要求选用。常用的滴灌带为：直径 16mm、滴孔间距 300mm、流量 1.8 L/h 和 3.0 L/h 的迷宫式滴灌带。毛管在田间的布置，一般采用一膜一管 2～4 行模式和一膜两管 4～6 行模式，在中壤、粘性的土壤田块可采用一管 3 行模式，在中壤、粘性的土壤田块可采用一管 4 行模式，在沙性土壤田块可采用一膜两管 4～6 行模式。

（2）覆膜：粘性土壤田块为防止播种后降雨引起的土壤板结，妨碍出苗，并且可增加积温，需要覆两层塑膜，即在播种、铺管、覆膜、打孔后，在上面再覆上一层塑膜，但在作物出苗后，应及时将上层膜揭去，以利幼苗通风透光促壮。沙性土壤田块由于降雨后板结问题不大，则只需覆一层塑膜。

（3）打孔：为使种子发芽后能顺利穿膜而出，需在塑膜上打孔，打孔与播种同时进行。

（4）播种：采用精量播种技术，一穴一粒种子，不但可节约种子费用，还可减少出苗后间苗的用工。播种的行距应根据田间管理的要求，如和机采、自动化灌溉模式相适应。

（5）压土：覆膜后为防止风将塑膜刮起，需要在膜两侧和膜上纵向每隔一定距离压土固膜。



图 3.7 铺管、覆膜、播种、打孔一体机进行田间作业

3.4 安装支管、辅管和连接毛管

3.4.1 连接方式

目前田间滴灌管道系统铺设方式主要有：支管+辅管+毛管、单支管+毛管和双支管+毛管等三种方式：

1）支管+辅管+毛管方式：一般支管和辅管的直径为 de63～de75，de32 或 de40，辅管紧靠支管并与之平行布置分成若干个，从支管分水，然后由辅管再向毛管供水。

2）单支管+毛管方式：支管直径可在 de90～de110 之间，采取毛管直接与支管相连。

3）双支管+毛管方式：采用长短支管进行连接，两根支管灌水小区面积相当于“单支管+毛管的一半，系统对地下干管要求接近与支管+辅管方式。适合老系统改造和条田宽度比较宽，且采用支管轮灌方式的。

3.4.2 安装方法

1）支管应垂直分干管方向布设，根据设计要求支管一端与干管连接。干支管对接处干管用承插三通或四通接球阀和支管相连接。支管在铺设时不能拉的过紧，应使其呈自由弯曲状态，以防止支管因温度影响长短变形，拉断毛管或脱位。厚壁支管末端必须用堵头，薄壁支管末端可以将其折叠后用铁丝扎紧。支管布置形式：一种方式是 de90 支管或 de75 支管直接连接 de16 毛管，采用支管轮灌模式；另一种方式是 de75 支管连接 de63 辅管再连接 de16 毛管，采用辅管轮灌模式。

2）辅管和支管同时并列铺设，横垄向布设，辅管的作用是连接支管并向毛管配水。辅管一端采用三通与支管连接，另一端用堵头或折叠封堵。支管、辅管在铺设时严禁在地面拖动，否则极易造成管带破损。

3）安装时在滴灌带对应的辅管上打孔，安装按扣三通，在已安装好的按扣三通处剪断滴灌带，与按扣三通承插对接拧紧，防止漏水，掉带泄压。滴灌带末端应打结止水。



图 3.8　支管+辅管+毛管连接

3.5 灌水施肥

根据作物不同生育期的需水特性、田间蒸发量计算作物的耗水量进行灌溉，或根据所在地区作物灌溉试验资料确定灌溉制度进行灌溉。

在滴灌条件下可采用变量施肥技术，根据作物生长的土壤养分条件、需要达到的目标产量、作物整个生育时期的需肥特性进行平衡施肥。

3.6 田间管理

做到“五统一”：即统一节水材料、统一灌溉制度，统一作物，统一灌水，统一施肥。膜下滴灌的田间管理要求较高，基本要求全程细致管理，主要为控制好作物的长势和降低病虫害影响。

3.7 设备管护

（1）田间管护：设备安装运行期，应有专人看护，防止丢损，影响运行。

（2）地埋出水口管护：滴灌系统的地埋出水口在不用时要用塑料袋包好埋于地下，严禁进土。

（3）储存管护：作物收获后，上冻前利用中午高温时间，拆卸首部及田间输水管，支管在回收时一定要卷收成团，清洗后缠绕捆好，运回入库。然后揭膜起带，滴灌带冲洗后缠绕成团入库。输水管及滴灌带必须吊放于库中，防止鼠损。

第四章　膜下滴灌系统工程建设

4.1 水源工程

膜下滴灌水源一般包括河流、湖泊、水库、塘堰、沟渠、井泉等。从水源取水进行膜下滴灌而修建的拦水、引水、蓄水、提水、输水和沉淀工程，以及相应的输配电工程，通称为水源工程。对于井水来说，不需要修建沉淀工程。

微灌系统引用地表水（渠）相对完整的水质净化设施主要有四部分建筑物组成：一是引水渠上控制闸室（拦污栅）；二是沉淀池（平流式、漏斗圆形式等）；三是快（慢）滤池；四是进水池（初级拦污筛，防止水面水下产生漩涡措施（吸（进）水管口隔板，十字导流板等）），其合理组合配置设计是保证系统正常经济运行的重要环节之一。加压水泵吸水管为淹没式设置效果为好，即泵房设计为干室型。

4.1.1 沉淀池修建要求

沉淀池按设计要求施工，工程质量按照《水电水利工程施工技术标准规范》检验。沉淀池修建时应满足以下基本要求:

当水中悬浮物浓度超过 200mg/kg 的情况下，应首先选择修建沉淀池对膜下滴灌用水作初级处理。

膜下滴灌系统从沉淀池中取水的位置应达到设计要求。

沉淀池必须可以清洗，在灌溉季节结束后，应放空并对其进行维护。

沉淀池应建成泥沙沉淀效果较好的窄、浅、长形。

要按照设计要求修建沉淀池。

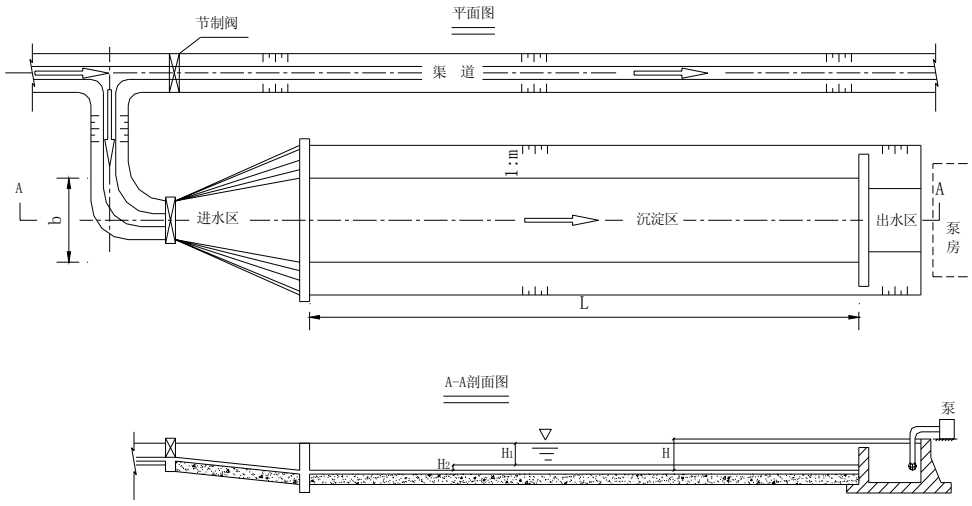
4.1.2 沉淀池修建步骤

沉淀池按横断面形状可分为矩形、梯形、漏斗形，目前梯形沉淀池应用较为普遍，基本结构见图 4.1。沉淀池修建应根据设计图纸，按下列步骤进行:

（1）施工放线、基坑开挖及基础处理：据设计图纸中技术要求测量放线，进行沉淀池的清基及基础处理工作，应做到：定出清基边线，做出明显标识；清除开挖断面和渠堤填筑范围内树根、盐碱土、淤积腐殖土、污物及其它杂物；清

基面必须平整。清基及基础处理满足要求后，进行施工放线，详细准确地放出沉淀池的开口轮廓和开挖断面。在开挖过程中应严格控制开挖线的精度，将沉淀池的底宽和上口宽边线放出，根据挖方余土断面和填方缺土断面，合理调配土方，严禁超挖和补坡，并预留 30cm 左右的保护层采用人工开挖，避免机械开挖扰动基础的原状土。回填时严格控制土料和铺料厚度，应满足设计各项指标。

（2）铺防渗膜：防渗膜的施工应在地基及基底支持层工程由技术人员现场验收后进行，必要时应在基础土中加入灭草剂进行灭草处理，并回填、夯实、修整成型后，方可铺设。铺膜时不宜拉得太紧，要留有小折皱，并排出膜下的空气，边铺膜边回填。在铺设开始后，严禁在可能危害土工膜安全的范围内进行开挖、凿洞、电焊、燃烧、排水等交叉作业；保护层要分层夯实，边坡回填时要多出 10cm，以便挂线修坡；车辆等不得碾压土工膜面及其保护层。施工中的各道工序，应严格检查验收；进行下道工序或相邻工程施工时，应对已完成工序的土工膜妥善保护，不得有任何人为损坏。



说明：1、本图为梯形沉淀池。
2、本沉淀池可供利用地表水滴灌的工程进行水的净化处理时参考，沉淀池结构可参考有关专业资料应因地制宜进行设计。
3、沉淀池沉淀区长度L、沉淀池底宽b、沉淀池总深H、有效水深H_1、存泥设计深度H_2

图 4.1　梯形沉淀池示意图（建议中间设挡泥沙坎）

（2）铺防渗膜：防渗膜的施工应在地基及基底支持层工程由技术人员现场验收后进行，必要时应在基础土中加入灭草剂进行灭草处理，并回填、夯实、修整成型后，方可铺设。铺膜时不宜拉得太紧，要留有小折皱，并排出膜下的空气，边铺膜边回填。在铺设开始后，严禁在可能危害土工膜安全的范围内进行开挖、

凿洞、电焊、燃烧、排水等交叉作业；保护层要分层夯实，边坡回填时要多出10cm，以便挂线修坡；车辆等不得碾压土工膜面及其保护层。施工中的各道工序，应严格检查验收；进行下道工序或相邻工程施工时，应对已完成工序的土工膜妥善保护，不得有任何人为损坏。

（3）砂砾料和刚性材料保护层的施工：砂砾料保护层的施工程序是：当膜料铺好后，先铺膜面过渡层，再铺符合级配要求的砂砾料保护层，并逐层插捣或振压密实。刚性保护层的施工，关键是过渡层的铺设，要特别注意防止刚性材料撞破膜料。发现膜料有孔洞或被穿破，要立即采用粘贴法修补。

（4）沉淀池池壁的施工：沉淀池池壁可采用混凝土现浇或者砖石料砌成。方法如下:

1）现浇钢筋混凝土沉淀池：①模板选型与选材。模板及其支架应根据结构形式、施工工艺、设备和材料供应等条件进行选型和选材，模板及其支架的强度、刚度及稳定性应满足设计要求。②模板安装与拆除。池壁模板可先安装一侧，绑完钢筋后，分层安装另一侧模板，或采用一次安装到顶而分层预留操作窗口的施工方法。当有预留孔洞或预埋管时，宜在孔口或管口外径 1/4～1/3 高度处分层，孔径或管外径小于 200mm 时，可不受此限制。安装池壁的最下一层模板时，应在适当位置预留清扫杂物用的窗口。在浇筑混凝土前，应将模板内部清扫干净，经检验合格后，再将窗口封闭。当为带斜壁或斜底的圆形沉淀池时，宜在池中心设立测量支架或中心轴。当木模板为竖向木纹使用时，除应在浇筑前将模板充分湿透外，并应在模板适当间隔处设置八字缝板。拆模时，应先拆内模。

2）砖石等砌体沉淀池：石料应采用料石，质地坚实，无风化和裂纹；砂子宜采用中、粗砂，质地坚硬、清洁、级配良好，使用前应过筛，其含泥量不应超过 3%；砌筑砂浆应采用水泥砂浆。砖砌池壁时，砌体各砖层间应上下错缝，内外搭砌，灰缝均匀一致。水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度宜为 10mm，但不应小于 8mm，并不应大于 12mm。圆形池壁，里口灰缝宽度不应小于 5mm。砌砖时砂浆应满铺满挤，挤出的砂浆应随时刮平，严禁用水冲浆灌缝，严禁用敲击砌体的方法纠正偏差。

4.2 首部枢纽工程

4.2.1 首部枢纽工程的平面布置形式

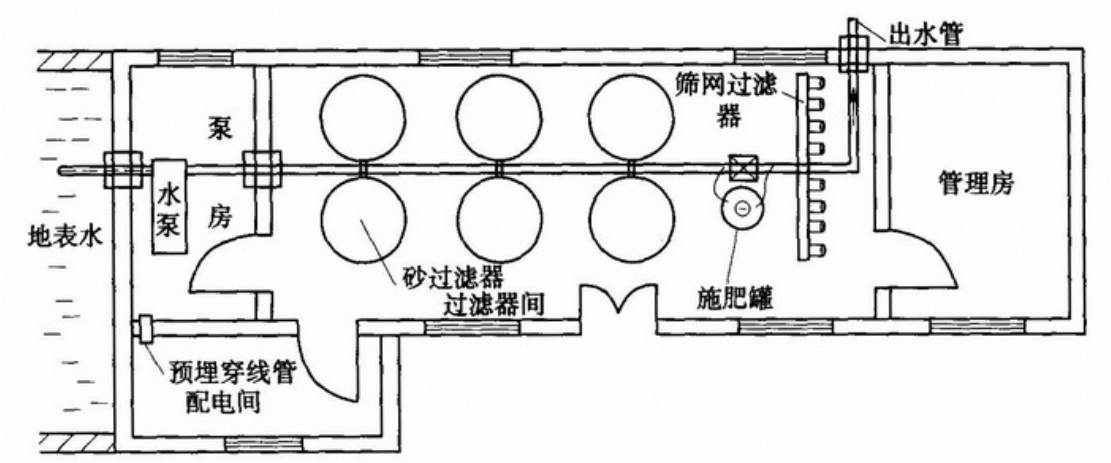
目前在工程实践中，主要有四类平面布置形式:

（l）水源为地表水、过滤设施放置于室内。此类平面布置如图 4.2 所示，建筑面积较大，工程造价较高。

（2）水源为地表水、过滤设施放置于室外。此类平面布置如图 4.3 所示，建筑面积较小，工程造价较低，但室外的设备易受风沙的影响而降低使用效果及缩短工作年限。

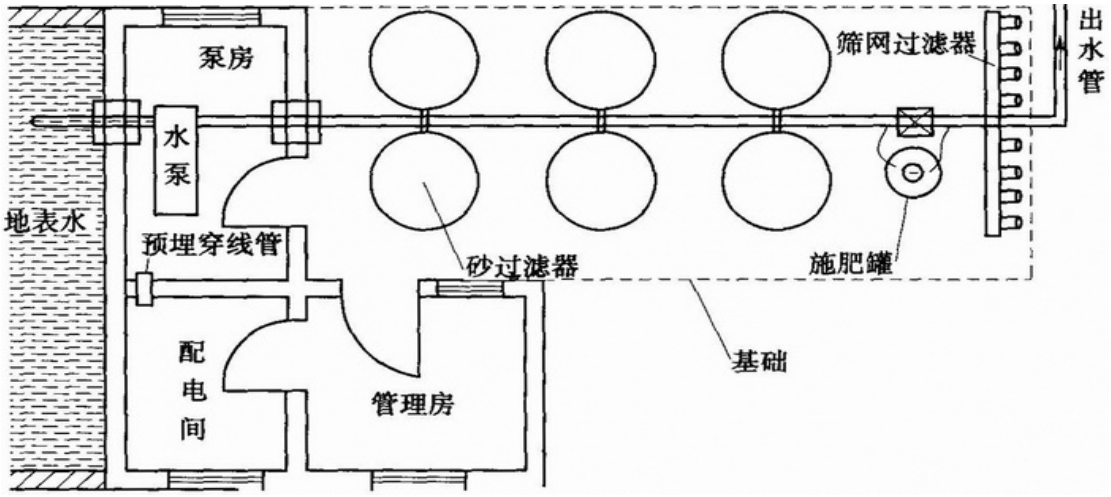
（3）水源为地下水、过滤设施放置于室内，此类平面如图 4.4 所示。

（4）水源为地下水、过滤设施放置于室外，此类平面如图 4.5 所示。



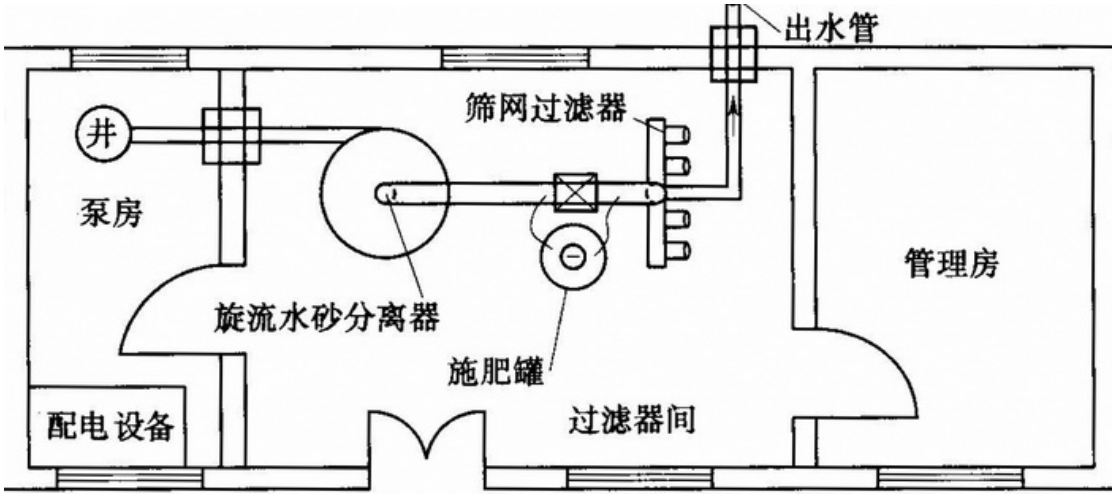
（水源为地表水、过滤器放于室内）

图 4.2 首部枢纽中各部分平面布置示意图



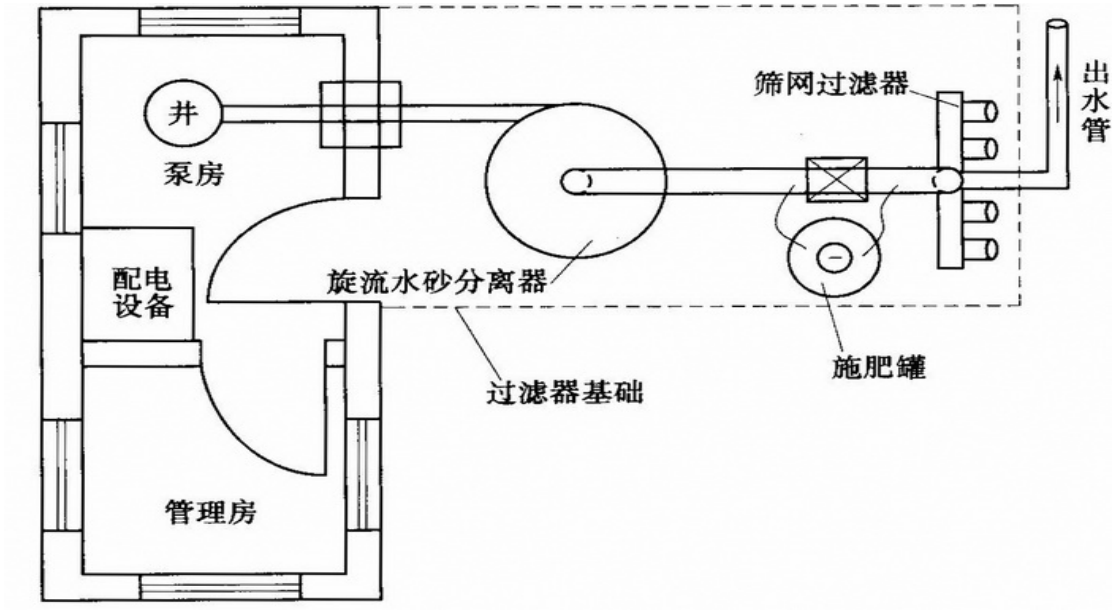
（水源为地表水、过滤器放于室外）

图 4.3 首部枢纽中各部分平面布置示意图



（水源为地下水、过滤器放于室内）

图 4.4 首部枢纽中各部分平面布示意图



（水源为地下水、过滤器放于室外）

图 4.5 首部枢纽中各部分平面布置示意图

4.2.2 首部枢纽工程布设的注意事项

合理布设首部枢纽工程，对节约工程投资，发挥滴灌工程经济效益，延长机电设备使用寿命，保证系统安全经济运行等有着重要的作用，在布设时注意以下几点:

（1）布置应尽量紧凑、合理，以节约工程投资。

（2）室内布置应力求整体有序，并留有通道，以便于操作运行及各种设备

与设施的安装和检修。

（3）当过滤、施肥等设备布置在室内时，应布设专门的排水设施，以便将过滤器等设备的反冲洗污水排到室外，避免泵房内地面积水影响运行。

（4）应满足通风、采光、散热要求。

4.2.3 首部枢纽土建工程施工

首部枢纽中的土建工程包括水泵与净化设施的基础、泵房、配电间、管理房等。水泵与净化设施的基础一般为混凝土结构，主要满足强度、刚度与尺寸要求，以承受荷载，不发生沉陷和变形。

泵房是滴灌首部枢纽土建工程中的重要构筑物之一，用来布置滴灌工程首部枢纽中的机电设备（如水泵、动力机和控制表盘等）。泵房结构应安全可靠、耐久泵房基础应具有足够的强度、刚度和耐久性；地基应具有足够的承载能力和抗震稳定性。

配电间用来布置配电设备，常常紧挨着泵房修建，离机组较近，以节省投资。配电间的尺寸主要取决于配电设备的数目和尺寸，以及必要的安装、操作与检修的空间；其地面高程应高出泵房地面高程 10～15cm，以避免地面积水使电气设备受潮。

管理房为机电设备操作人员及滴灌系统运行管理人员提供值勤、办公场所，还可放置一些检修工具等。

4.2.4 首部枢纽设备的安装

系统首部枢纽是膜下滴灌系统的控制调度中心，其施工安装正确与否，直接影响系统运行的效果。

（1）水泵安装

1）安装要求:

①水泵出厂时已装配、调试完善的部分不应随意拆卸;

②水泵安装地基基础的尺寸、位置、标高应符合设计要求;

③泵与管路连接后，应复校找正情况;

④与水泵连接的管子内部与管端应清洗干净，清除杂物，密封面不应损坏;

⑤水泵安装完毕运行前，应检查动力机的转向符合水泵的转向要求，各紧固

连接部不应松动;

⑥对于深井泵，井管管口伸出基础相应平面不小于25mm，井管与基础间应垫放软质隔离层，井管内应无油泥和污染物;

⑦在泵的取水口处安装初级过滤设施，先除去水中漂浮的大颗粒杂质，必要时选择浑水泵;

⑧按照水泵说明书要求进行安装。

2）水泵安装步骤:

①泵就位前复查。泵就位前应进行复查：水泵的生产合格证、说明书、检验报告；基础的尺寸、位置、标高应符合设计要求；设备不应有缺件、损坏和锈蚀等情况，管口保护物和堵盖应完好；盘车应灵活，无阻滞、卡住现象，无异常声音。

②泵的找平。泵的找平应以水平中开面、轴的外伸部分、底座的水平加工面等为基准进行测量。

③泵的找正与连接。主动轴与从动轴以联轴节连接时，两轴的不同轴度、两半联轴节端面间的间隙应符合设备技术文件的规定。原动机与泵（或变速器）连接前，应先单独试验原动机的转向，确认无误后再连接。主动轴与从动轴找正、连接后，应盘车检查是否灵活。泵与管路连接后，应复校找正情况，如由于与管路连接而不正常时，应调整管路。

④泵试运转。检查各紧固连接部位不应松动，润滑油脂的规格、质量、数量应符合设备技术文件的规定,有预润要求的部位应按设备技术文件的规定进行预润。润滑、水封、轴封、冷却、加热、液压、气动等附属系统的管路应冲洗干净,保持通畅。泵起动前，泵的出入口阀门应处于全开启位置，离心式泵出口阀门应全闭，其余泵全开（混流泵真空引水时，出口阀全闭）。泵在设计负荷下连续运转不应少于2小时，运转中不应有不正常的声音，压力、流量、温度和其他要求应符合设备技术文件的规定，各密封部位不应泄漏。试运转结速后，关闭泵的出入口阀门和附属系统的阀门。如长时间停泵放置，应采取必要的措施，防止设备玷污、锈蚀和损坏。离心式泵不应在出口阀门全闭的情况下长时间运转。

（2）过滤系统、施肥装置安装

1）过滤系统安装要求：膜下滴灌过滤系统一般由两种或两种以上过滤器组

合构成，安装应满足以下基本要求:

①各级过滤设施安装顺序应符合设计要求，不得随意更改。

②过滤器各组件应按水流标记方向及图纸中所处的位置进行安装。

③合理布置反冲洗管，以利于过滤器的冲洗。

④安装配备相应的量测仪表、控制与保护设备等。

⑤自动反冲洗式过滤器的传感器等电器原件，按产品规定接线图安装，并通电检查运转状况。

2）施肥装置安装要求:

①进出水管与首部管路连接应牢固，如使用软管，应严禁扭曲打折。

②施肥装置应安装在初级与末级过滤器之间。

③与施肥罐连接的进出水口不能反向安装。

3）过滤系统、施肥装置的安装步骤:

过滤系统、施肥装置的安装步骤，也主要遵循设备的复查、找平及顺序连接。首先查验过滤器及施肥装置的生产合格证、说明书，确保安装应用合格产品；在安装水泵时，应就首部的地基平台进行处理，确保过滤系统和施肥装置的水平；在安装的过程中应该按照产品的使用说明进行顺序连接，并按输水流向标记安装，不得反向，不可接错位置。过滤系统和施肥装置的安装可参考图 4.6 和图 4.7。

（3）测量仪表及保护控制设备安装

1）测量仪表和保护设备安装前应清除封口和接头的油污和杂物，安装按设计要求和水流方向标记进行。

2）检查安装的管件配件如螺栓、止水胶垫、丝口等是否完好，管件及连接处不得有污物、油迹和毛刺，不得使用老化和直径不合规格的管件;

3）截止阀与逆止阀应按流向标志安装，不得反向;

4）安装前应清除封口和接头的油污和杂物，压力表宜装在环型连接管上，如用直管连接，应在连接管上与仪表之间装控制阀;

5）法兰中心线应与管件轴线重合，紧固螺栓齐全，并能自由穿入孔内，止水垫不得阻挡过水断面;

6）安装三通、球阀等丝口件时，用生料带或塑料薄膜缠绕，确保连接牢固不漏水。

（4）电气安装

1）电气接线要求:

①电气主接线的电源侧宜采用单母线不分段。对于双回路供电的泵站，也可采用单母线分段或其他接线方式。电动机电压母线宜采用单母线接线，对于多机组、大容量和重要泵站也可采用单母线分段接线。6～10KV 电动机电压母线进线回路宜设置断路器。

②采用双回路供电时，应按每一回路承担泵站全部容量设计。站用变压器宜接在供电线路进线断器的线路一侧，也可接在主电动机电压母线上。当设置 2 台站用变压器，且附近有可靠外来电源时，宜将其中 1 台与外电源连接。

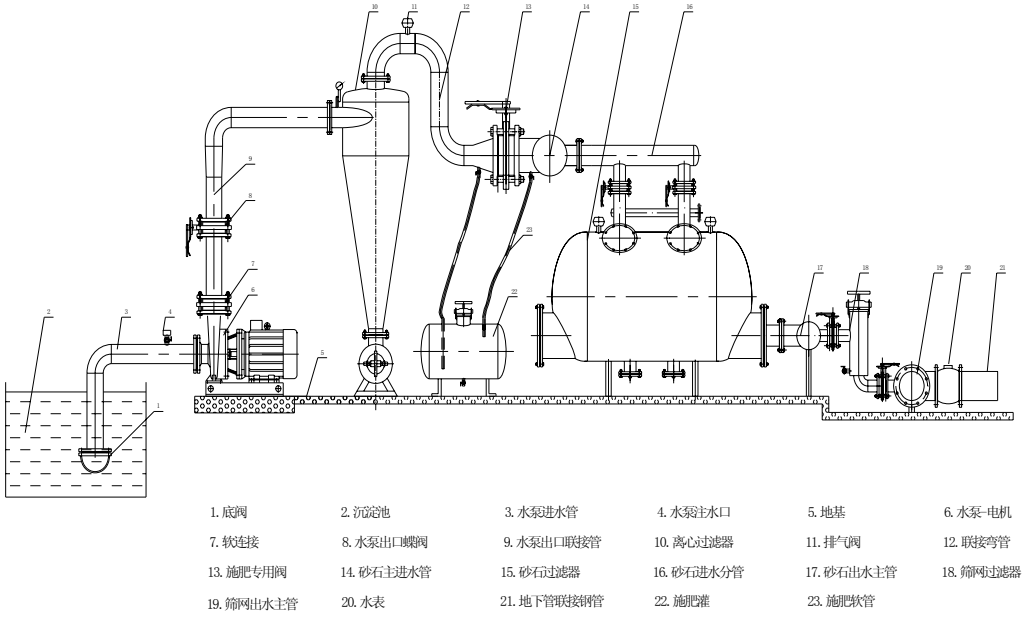


图 4.6 “离心式+砂石式+筛网过滤器”的配置模式示意图

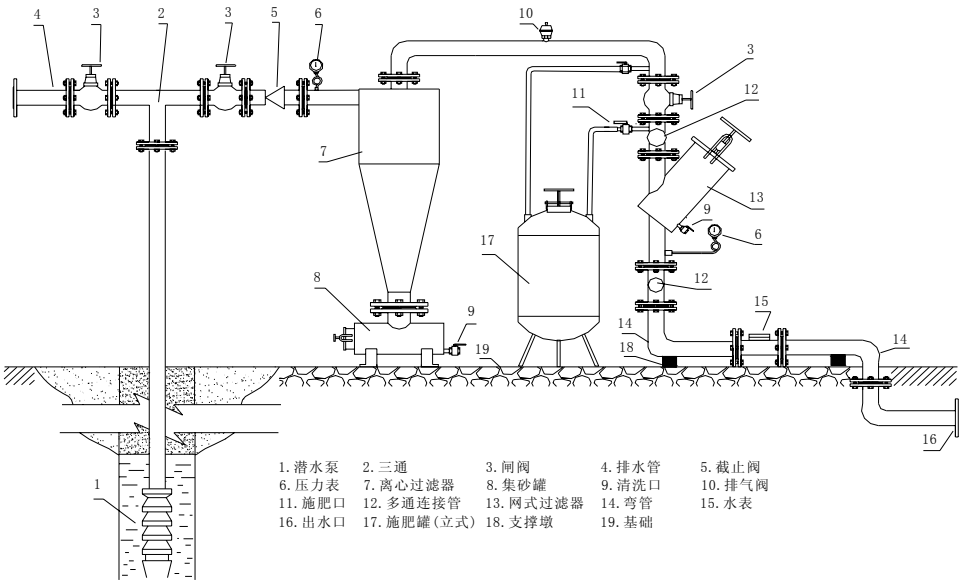


图 4.7 “离心式+筛网过滤器”的配置模式示意图

③主变压器的容量应根据泵站的总计算负荷以及机组起动、运行方式进行确定。当选用 2 台及 2 台以上变压器时，宜选用相同型号和容量的变压器。当选用不同容量和型号的变压器时，必须符合变压器并列运行条件。电压应采用 380/220V 中性点接线的三相四线制系统。当设置 2 台站用变压器时，站用电母线宜采用单母线分段接线，并装设备用电源自动投入装置。由不同电压等级供电的 2 台站用变压器低压侧不得并列运行。接有同步电动机励磁电源的站用变压器，应将其高压侧与该电动机接在同一母线段。布置应紧凑，并有利于主要电气设备之间的电气联接和安全运行，且检修维护方便。降压变电站应尽量靠近主泵房、辅机房。

2）泵房电气安装要求:

①电动机与水泵安装应按产品说明书进行安装。电动机的容量应按水泵运行可能出现的最大轴功率选配，并留有一定的余量，系数宜为 1.10～1.05。

②电动机外壳必须接地，接线方式应符合电机安装规定，并通电检查和试运行，机泵必须用螺栓固定在混凝土基座或专用架上。

③采用三角带传动的机组，动力机轴心和水泵轴心线必须平行，机、泵距离应符合技术要求。

④以柴油机、汽油机为动力的机组，排气管应通往泵房外。

⑤功率小于 100KW，通常采用一般用途的普通鼠笼型转子的异步电动机。

⑥为了避免因泵房地面积水使电气设备受潮，配电设备安装处地面应高出泵房地面 10～15cm。

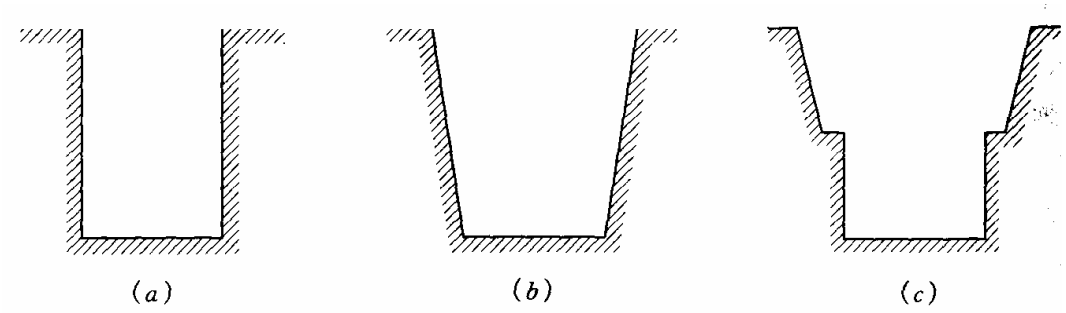
4.3 输水管道工程

4.3.1 地埋输水管道土建工程

地埋输水管道的土建工程施工包括管槽、阀门井、排水井、镇墩与支墩等施工。

（1）管槽施工：管槽是放置地下埋管的土建工程，一般膜下滴灌工程的干管和有些膜下滴灌工程的支管埋设于地表以下。

1）管槽形式：管槽的断面主要有矩形、梯形和复合式三种形式（见图 4.8）。采用哪一种形式应根据项目区土质、地下水位、管材种类和规格、最大冻土层深度施工方法确定。根据兵团经验，管道埋深一般按照管顶以上覆土 80 厘米为宜，即可以用 80+D（管径）=开挖深度，当然要放坡，以利排水，或者在首部泵房配备一台小空气泵，停水后向地下管网打压，排出积水即可。



（a）矩形断面管槽；（b）梯形断面管槽；（c）复合式断面槽

图 4.8 管槽断面图

2）管槽开挖：施工放线及管槽形式确定完毕后，进行管槽开挖。有如下要求：

①基槽应平整顺直，并应按规定进行放坡。当依靠重力排水时管沟纵坡应大于 2‰，以便将管中余水排入排水井或排水渠。

②应按施工放线轴线和槽底设计高程，开挖管槽宽不宜小于 40cm。

③地基处理。管线应尽量避开较弱、不均质地带和岩石地带，若无法避开，须进行地基处理。一般采用原土地基即可；对于松软土或填土应进行夯实，夯实密度应达到设计要求；当地下水位较高，土层受到扰动时，一般应铺碎石垫层进

行处理；对于坚硬岩石可采取超挖再回填沙土的办法处理，超挖深度不应小于10cm。

④应将管槽底部石块、杂物清除干净，并一次整平。管槽经过岩石、卵石等硬基础处，槽底超挖不宜小于 10cm；为方便安装，管槽开挖时弃土应置于管槽一边 30cm 以外。管底坡度应均匀，以便管道排空无积水。

⑤镇墩、阀门安装处的开挖宜与管槽开挖同时进行。

3）管槽回填：在管段无接缝处先覆土固定（见图 4.9），待安装完毕后经冲洗试压，全面检查质量合格后方可回填。回填前应消除槽内一切杂物，排除积水，在管壁四周 10cm 内的覆土不应用大于直径 2.5cm 的碎石和直径大于 5cm 的土块回填，应高于原地面 10cm，并应分层压实。回填必须在管道两侧同时进行，严禁单侧回填，严格按照施工要求进行填埋。采用机械回填时，应先人工覆土，覆土厚度不小于 30cm。

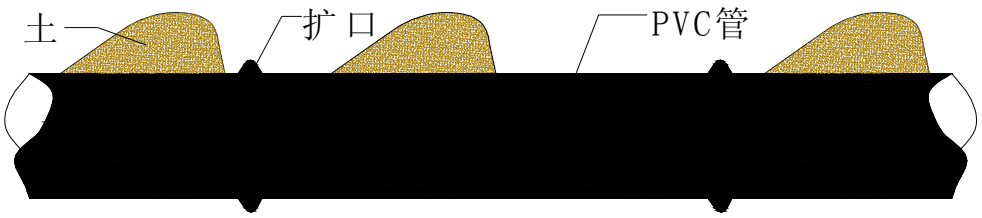


图 4.9　管道覆土固定

（2）阀门井与排水井施工：阀门井是膜下滴灌系统必需的附属设施，一般在地下管道的各种阀门（如闸阀、球阀、减压阀等）安装处均需设置，用来启闭、保护及检修阀门，其尺寸大小以便于人工操作为宜。其结构如图 4.10 所示。

排水井也是管道附属设施，其作用有：寒冻地区防冻保护。即停灌季节，在冷冻出现以前，释放管道系统中的余水，达到防冻的目的。每年清淤冲洗管道时排出污水，排水井可以防止管道中的污物沉淀等堵塞膜下滴灌系统。设置位置在管道低洼处和干管末端。图 4.11 为排水井结构示意图，排水阀一般采用 PVC—U 或 ABS 材质的球阀，以便安装与操作。

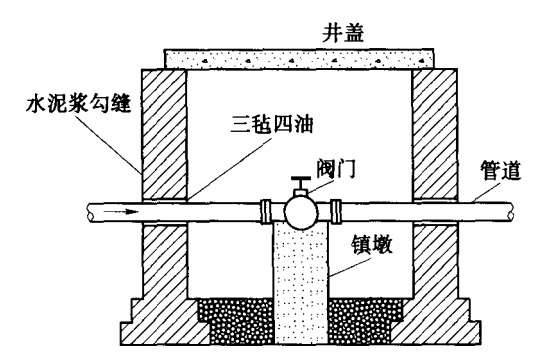


图 4.10 阀门井结构示意图

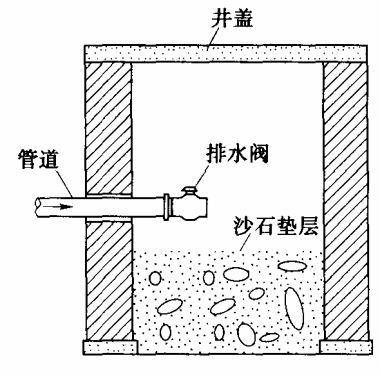


图 4.11 排水井结构示意图

（3）镇墩施工:

1）镇墩的结构形式：镇墩是指用混凝土、浆砌石等圬工砌体定位管道，借以承受管中由于水流方向改变、管道自重和温度变形等原因引起的推、拉力。镇墩可分封闭式和开敞式两种。封闭式结构简单，对管道固定和受力较好，应用较普遍；开敞式易于检修，但镇墩处管壁受力不均匀，用于管道对镇墩作用力不大的情况。

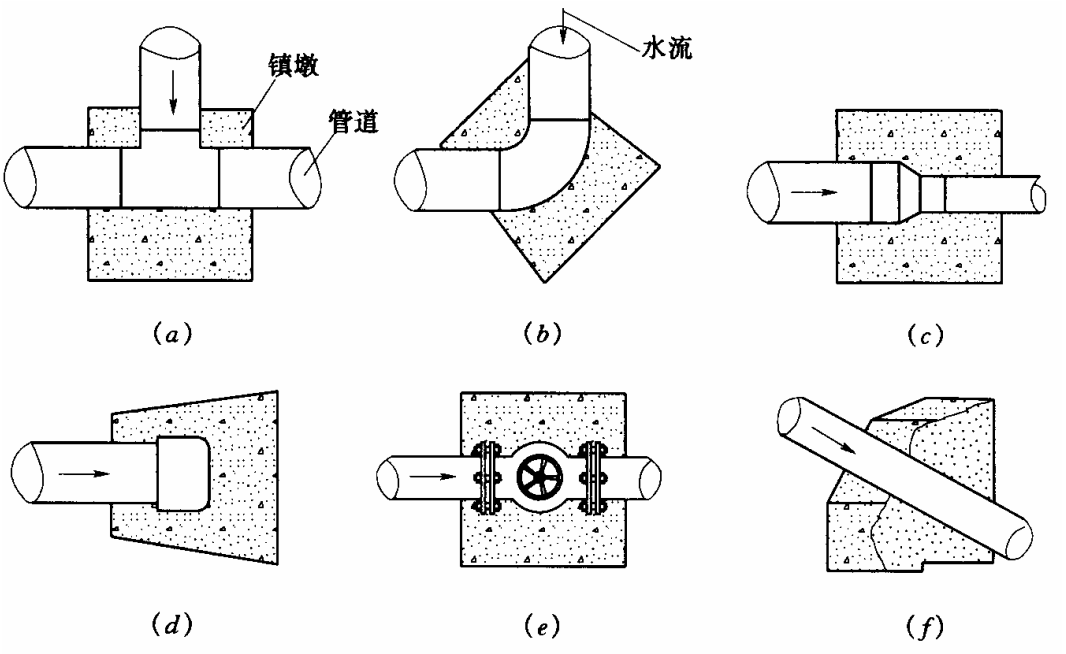
2）镇墩设置位置：镇墩设置要考虑传递力的大小和方向，并使之安全地传递给地基。一般在管道分岔、拐弯、变径、末端、阀门位置和直管处，每隔一定距离设置镇墩，可参照图 4.12。

3）镇墩技术要求:

1）镇墩设计内容包括镇墩自身的强度、校核镇墩抗滑和抗倾稳定性、验算地基强度及稳定性等，陡坡管段还要考虑管道自重、管内水重的分力，由稳定计算确定镇墩大小。

2）封闭式镇墩必须将管道包于其中，厚度不小于 20cm。

3）混凝土镇墩标号不小于 C15，现场浇注，48h 后才能进行部分回填。



（a）管道分叉；（b）管道拐弯；（c）管道变径；

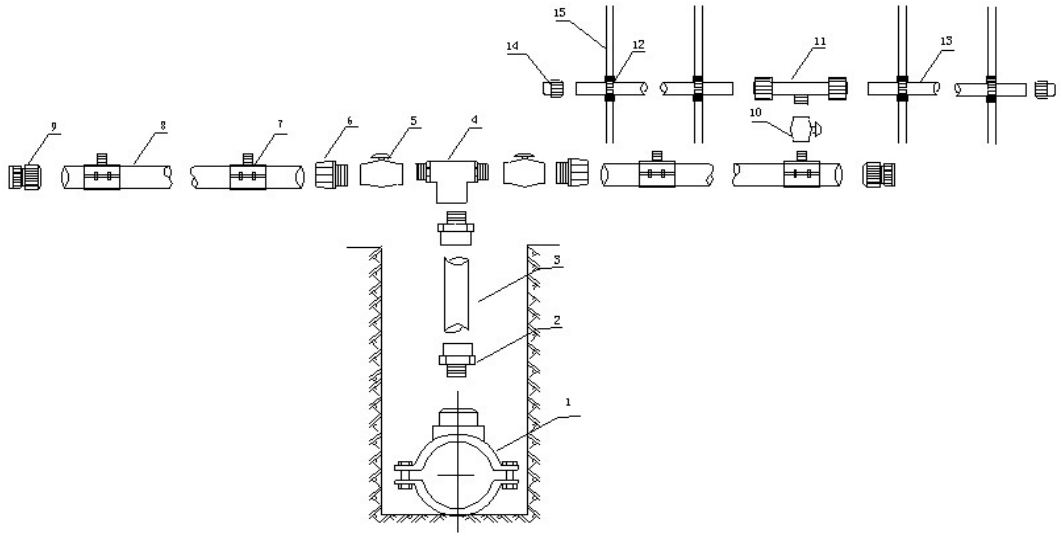
（d）管道末端；（e）阀门位置；（f）陡坡管段

图 4.12 镇墩设置位置示意图

4.3.2 输配水管道的安装

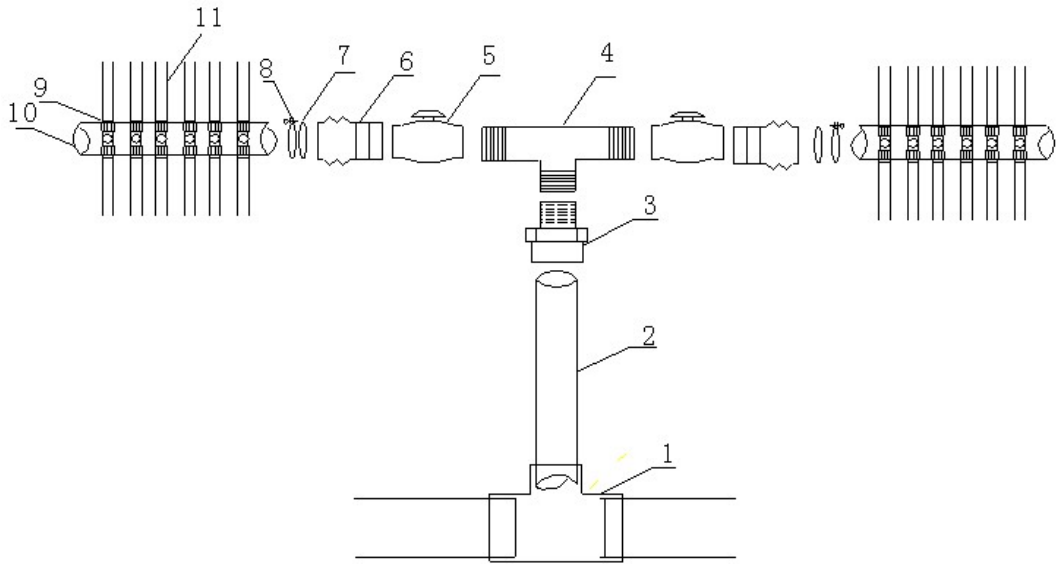
输水管网施工是膜下滴灌工程施工安装的主体工程，工作量大，施工环节多。本节主要介绍地下干管、分干管及地面支（辅）管、毛管及灌水器的安装要求及安装方法步骤。根据膜下滴灌工程分类的不同，组成地面输水 PE 软管管径及各管件的种类也不同，应按照施工安装图纸进行安装。这里我们着重讲一下两种膜下滴灌系统地面输水管网的安装方式，如图 4.13、4.14 所示。

目前，基本上不采用钢卡连接方式，而是采用拉扣式连接方式。



1—增接口　2—2"外丝　3—de63PVC 出地管　4—2"阳 x2"阴 x2"阳三通　5—2"PVC 球阀　6—Φ63 阳纹承插直通　7—de63x1"阳纹鞍座　8—de 63PE 厚壁管　9—de63 堵头　10—1"PVC 球阀　11—de32x1"x32 中心阳纹三通　12—de16 按扣三通　13—de32PE 管，14—de32 堵头　15—de16 膜下滴灌管（带）。

图 4.13　干、支、辅、毛管安装示意图



1—变径三通　2—de90PVC 出地管　3—de90 内丝　4—de90 阳三通　5—de90 球阀　6—de90 阳纹承插直通　7—de90 止水胶圈　8—de90 钢卡　9—按扣三通　10—de90PE 管　11—膜下滴灌管（带）

图 4.14　干、支、毛管安装示意图

（1）地下干管、分干管安装

膜下滴灌系统输水管的地下干管、分干管一般采用硬聚氯乙烯（U—PVC）

管。管槽开挖完成并检查质量合格后，进行管道安装，一般过程为管材放入沟槽、连接、部分回填、试压、全部回填。应重点检查管材外划擦伤痕问题。

1）管道安装要求:

① 管道安装前要认真复测管槽，管槽基坑应符合设计图纸要求。

② 管道安装施工过程中，及时填写施工记录，并分施工内容进行阶段验收，尤其对一些意外情况的处理应及时填写清楚。

③ 管道上的附属设备（如闸阀、水表等）与管道进行连接时，应垫置加固支撑，避免设备的重量加压在管道上。

④ 管道安装时，如遇地下水或积水，应采取排水措施。

⑤ 管道穿越公路、沟道等处时，应采取加套管、砌筑涵洞。

⑥ 对暴露管线采用防腐蚀处理。

⑦ 管道安装工作间断期间，应及时封闭敞开的管口，以免老鼠等小动物钻入。

⑧ 塑料管承插连接时，承插口与密封圈规格应匹配。

⑨ 在干管与支管连接处设置闸阀井，在干管的末端设置排水井。

2）硬聚氯乙烯管道安装：硬聚氯乙烯管道安装主要有两种方式，一种是承插式，一种是粘接方式。

① 承插式管安装步骤:

a.在辅设管道前要对管材、管件、橡胶圈等进行外观检查，不得使用有问题的管材、管件、橡胶圈。

b.管道穿越公路时应设钢盘混凝土套管，套管直径不小于硬聚乙烯管道直径+60mm。

c.清除承接口的污物。

d.将橡胶圈正确安装在管道承接口的胶圈槽内，橡胶圈不得装反或扭曲。

e.用塞尺顺承插口量好插入的长度，不同管径管道插入长度见表 4.1。

表 4.1 管道接头最小插入长度(mm)

公称外径	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	280	315
插入长度	64	67	70	75	78	81	86	90	94	100	112	113

f.在插口上涂上润滑剂（洗洁精或洗衣粉水剂）。

g.用紧绳器将管插口一次性插入到尺寸。

h.插进以后，用塞尺检查胶圈安装是否正常。

② 粘接管道安装步骤:

a.管道切割。选用细齿锯、割刀或专用 PVC-U 断管具，将管道按要求长度垂直切开（见图 4.15），用板锉将断口毛刺和毛边去掉，然后倒角（锉成坡口），如图 27b 所示。

b.确定插入深度。粘接前应将两管试插一次，便插入深度及配合情况符合要求，并在断面划出插入承口深度的标线，管端插入承口深度根据表 4.2 中的数据确定。

表 4.2 粘接时管道和管件插入长度(mm)

公称外径	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160
插入长度	16.0	18.5	22.0	26.0	31.0	37.5	43.5	51.0	61.0	68.5	76.0	86.0

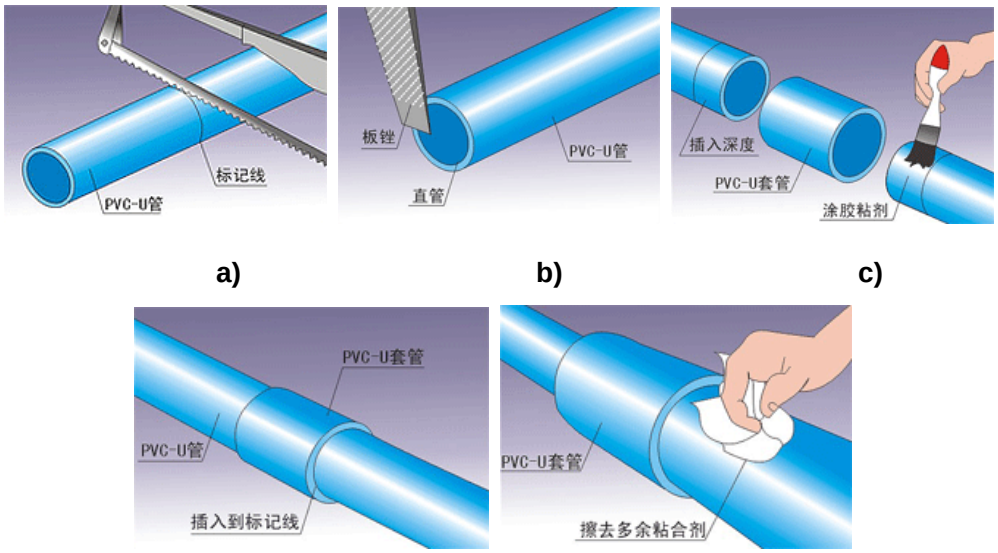
c.胶粘剂涂抹。在涂抹胶粘剂之前，用干布将承插口外粘接表面残屑、灰尘、水、油污擦净。用毛刷将胶粘剂迅速均匀地涂抹在插口外表面和承口内表面，如图 27c 所示。

插入连接。将两根管道和管件的中心找准，迅速将插口插入承口保持至少两分钟，以便胶剂均匀分布固化如图 4.15 所示。

保持固化（见图 4.15）。承插接口连接完毕后，用布擦去管道表面多余的胶粘剂，连接完后，十分钟内避免向管道施加外力，固化 24h 后可进行试压、使用，固化时间见表 4.3。

表 4.3 粘接管道或管件静止固化时间(h)

公称外径(mm)	管道表面的温度	
	5～18℃	18～40℃
63 以下	20	30
63～110	45	60
110～160	60	90



a)　　b)　　c)

d)　　e)

a) 管道切割 b) 接口清理 c) 胶粘剂涂抹 d) 插入连接 e) 保持固化

图 4.15　PVC 管胶粘连接示意图

（2）出地管安装：出地管如图 4.16 所示，安装按以下步骤进行:

1）根据图纸确定出地管的位置。

2）在干管上用打孔器打孔，打孔器要垂直于干管轴线打孔，不得歪斜，打孔后的塑料片不得掉入管道中；将增接口的鞍座对准孔口固定位置，并套好防水胶圈，将增接口上的螺钉进行固定。

3）分别将出地管两端和外丝内壁打毛并涂胶水，快速将出地管与外丝进行连接，出地管下端与增接口进行连接，上端与三通相连

4）上外丝、内丝和球阀时，必须缠绕密封带。



图 4.16　出地管

（3）地面支管、辅管的安装

1）地面支管、辅管安装要求:

①应按设计要求由上而下依次安装。

②管端应剪成平口，不得有裂纹并防止混进杂物。

③厚壁支管连接前应清除杂物，将辅管套在旁通口，气温低时对管端预热。

④支管、辅管铺设时应留有余量，呈“S”形铺设，以避免热胀冷缩造成滴灌带和管件脱落。

2）地面支管、辅管安装步骤:

①支管安装：目前，膜下滴灌系统中使用的支管有薄壁和厚壁两种，薄壁支管居多，支管在铺设时都不宜拉的过紧，应铺设 1～2 天后使其呈自由弯曲状态，并在当地时间早上 8 点钟前后测量打孔或截断。支管连接参照以下步骤进行:

a.薄壁支管连接（见图 4.17）: 连接出地管上三通与球阀、阳纹承插直通——将支管进口断面剪切平齐，钢卡套在薄壁支管上，再将薄壁支管承插到带有矩形止水胶圈的阳纹承插直通乘插口端，卡紧钢卡——支管末端可以将其折叠后用铁丝扎紧或用一小段支管环套紧折叠部分，以封闭末端。

b.厚壁支管连接：切断支管，并保证支管断截面处的平直，与出地管的快接三通连接后，用弓形扳手紧固——支管与辅管按设计要求在支管上标出孔位，用小于管件外径 2.5～3mm 手摇钻或专用打孔器打孔，钻孔不能倾斜，钻头钻入深度小于管径的 1/2——支管末端用堵头连接。

②辅管安装（见图 4.17）:

a.测量并确定辅管安装位置，截断薄壁支管;

b.将钢卡套在薄壁支管上，将薄壁支管承插到带有矩形止水胶圈的承插三通两端，最后将钢卡卡紧;

c.在承插三通上安装球阀、三通;

d.根据图纸要求截取相应的辅管长度，将辅管与三通进行连接，辅管的末端安装堵头。



a)　　b)



a) 安装胶圈　b)承插三通插入支管　c)承插三通与支管连接　d) 支管、辅管连接

图 4.17 支、辅管连接示意图

（4）毛管（滴灌带）的安装：滴灌带是大田膜下滴灌系统的核心，其铺设与安装质量直接决定了滴灌系统运行的效果。必须按照滴灌带施工的要求和步骤进行施工，保证滴灌带的铺设与安装质量。

1）滴灌带铺设装置：滴灌带田间铺设装置主要为大田膜下滴灌覆膜、播种、铺管联合作业机，其有以下几部分组成：机架部分、滴灌带铺设装置、铺膜装置、播种装置、镇压整形装置和覆土装置。作业时，一次完成膜床整形→铺管→铺膜→膜边覆土→膜上点播→膜孔覆土→镇压等多项工序。机具与滴灌带接触部位应顺畅平滑，转动灵活，不能有毛刺或外加摩擦力，以免对滴灌带造成损伤。滴灌带铺设装置结构如图 4.18 所示。

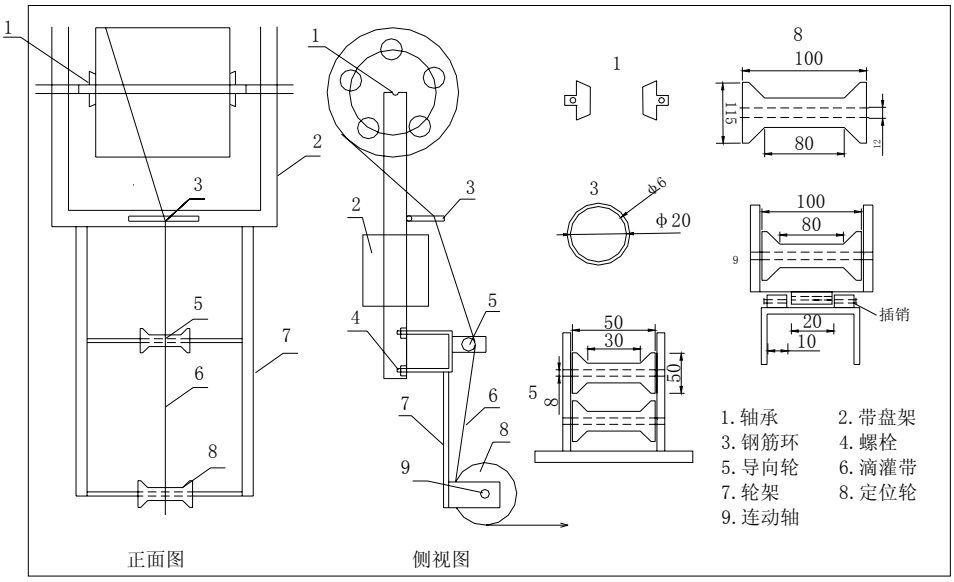
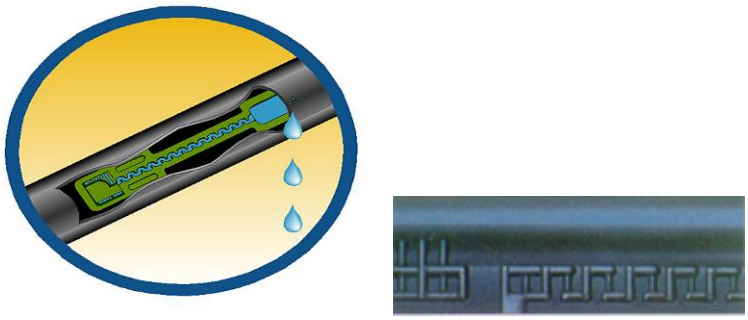


图 4.18 滴灌带铺设装置示意图（单位：mm）



2）滴灌带田间铺设:

① 滴灌带田间铺设要求：铺设滴灌带的装置，导向轮应转动灵活，导向环要光滑，最好用薄膜缠住，使滴灌带在铺设中不被挂伤或磨损；滴灌带铺设，不要太紧，留有一定的富余便于自由伸缩，防止铺设过紧造成安装困难，同时，也不能太松，造成不必要的浪费；单翼迷宫式滴灌带铺设时应将流道凸起面向上；内镶式滴灌带要将内镶贴片面（滴孔）向上（见上图），滴灌带铺设装置进入工作状态后，严禁倒退；在铺设过程中，对于断开位置及时用直通连接，避免沙子和其他杂物进入，造成后期的管理运行不便；滴灌带连接应紧固、密封，两支管间滴灌带中间应扎紧，末端应封闭，以阻断水流。

② 滴灌带田间铺设步骤：检查播种机改装是否合适——将滴灌带架设于滴灌带铺设装置上，流道凸面朝上——滴灌带与定位轮呈 90° 夹角，使播种机在张力均衡状态下自然播种——机具进入工作状态后，不得倒退。田间铺设如图 4.19 所示。



图 4.19　覆膜、播种、铺管联合作业

3）滴灌带与支、辅管连接:

① 滴灌带与支、辅管连接要求：铺设滴灌带时，在地两边应留有 1.0～2.0m 的伸缩余量；滴灌带与支管、辅管连接的管端应剪成平口；严禁滴灌带与支管、辅管连接时打折。

② 滴灌带与支、辅管连接步骤：滴灌带铺设完毕，将支、辅管按要求安装好后，进行滴灌带与支、辅管的连接。按以下步骤进行：在支管或辅管上打孔，孔眼位置要与滴灌带铺设位置对准，当采用按扣三通连接时，孔眼朝上，将按扣三通承插端按入孔内。当采用旁通连接时，孔口朝向滴灌带铺设的一侧，且于地面平行。孔眼打好后，将旁通插入支管，将滴灌带与支、辅管连接处用剪刀或小刀剪裁成平口状，将滴灌带与支、辅管上的按扣三通或旁通连接。滴灌带与支管连接可参考滴灌带与辅管连接方法进行。

4.4 系统试运行

4.4.1 管道冲洗

管道冲洗的主要目的是，将安装过程中产生的废料及管道中进入的泥土等杂物冲出管道，以免造成系统运行中管道或滴灌带的堵塞，保证系统正常运行。

（1）冲洗前检查：首先要检查仪器、仪表、设备是否配套完好、操作灵活，滴灌系统的压力表精度不低于 2.5 级，阀门开关灵活、排气装置通畅、管道连接紧密。

（2）管道冲洗程序：管道的冲洗应由上至下逐步进行，按干管、支管、辅管和毛管顺序冲洗，支管和毛管应按轮灌组冲洗，冲洗过程中应该及时检查管道情况，并做好冲洗记录。冲洗的步骤和要求为:

1）打开系统枢纽总控制阀和待冲洗管道的阀门，关闭其他阀门，然后启动水泵，对干管进行冲洗，直到干管末端出水清洁为止，并关闭干管末端阀门。

2）打开一个轮灌组的各支管进口和末端阀门，进行支管冲洗；然后关闭支管末端阀门冲洗毛管，要求支、毛管末端出水清洁为止；最后再检查下一个轮灌组的冲洗。

4.4.2 管道试压

在滴灌系统管网安装完成后和试运行前，要对各连接处进行检查和试压，确

保滴灌系统在运行过程中不出现问题。

（1）试压前检查:

1）对系统首部枢纽进行检查，确保系统首部各设备都能够正常工作。

2）对试压设备、压力表、放气管及进水管等设施进行检查，检查管道能否正常排气及放水，保证系统的密封性及其功能。

3）对管道接口、镇墩等其它附属设施外观以及回填情况进行认真的检查，并及时检查阀门、弯头及三通等支撑是否牢固。

（2）试压程序及要求:

1）进行管道严密性性试验，缓慢地向试压管道中注水，排除管道中的空气，管道充满水后，在无压情况下，至少保持不小于 2h。

2）进行管道严密性水压试验，管道内注水水压试验的静水压力值达到设计工作压力的 1.25 倍，并保持试压 10 分钟为合格，检查各部位是否有渗漏或其它不正常现象。为保持管内压力，可向管内补水。在严密性试验时，若在 10 分钟中无渗漏现象为合格。

强度试验规范没有规定，对大面积自压滴灌系统管网采用分段水压试验的静水压力不得小于 0.8MPa

3）严密性试压合格后进行强度试验，管内试验压力不得超过设计工作压力的 1.5 倍，且最小不得低于 0.5MPa，并保持 2h 或满足设计的特殊要求。每当压力降低 0.02 MPa 时，则应向管内补水，为保持管内压力所增补的水为漏水量的计算值，根据有无异常和漏水量来判断强度试验的结果。在强度试验时，若漏水量不超过表 4.4 中所规定的允许值，则试验管段的强度试验合格。

表 4.4 不同管径每千米管段允许漏水量

管道外径（mm）	每千米长管段允许漏水量（L/min）	
	粘结连接	橡胶圈连接
63～75	0.2～0.24	0.3～0.5
90～110	0.26～0.28	0.6～0.7
125～140	0.35～0.38	0.9～0.95
160～180	0.42～0.5	1.05～1.2
200	0.56	1.4
225～250	0.7	1.55
280	0.8	1.6
313～400	0.85	1.7

4.4.3 试运行操作

膜下滴灌系统试运行是对系统安装是否合格的检验。试运行时，应按设计要求分轮灌组进行，并严格按照系统设计制定的运行方案执行，否则将造成系统压力不平衡，灌水不均匀等不良后果。主要步骤如下:

（1）首先根据田间管网运行要求，打开田间滴灌系统的一个轮灌组各灌水小区控制阀门和相应输水管道的控制阀门。

（2）关闭系统首部枢纽过滤装置的进水阀门。

（3）开启水泵后，再缓慢打开系统首部过滤装置的进水阀。

（4）待一个轮灌组试运行结束后，先开启下一个轮灌组各控制阀门，再关闭试运行结束的轮灌组各控制阀门，对下一轮灌组进行田间管网的试运行。

4.5 工程设备运行管理及维护

4.5.1 系统运行管理

膜下滴灌系统在运行管理前，首先要清楚系统各部分要达到的运行管理目标，以利于按照系统运行管理质量进行操作。

（1）沉淀池（蓄水池）的运行管理

1）运行管理要求：对沉淀池（或蓄水池）等水源工程应经常检查，发现损坏情况及时维修，对其内的沉积物要定期清洗。在灌溉季节结束时应放掉存水，以免因冬季寒冷冻坏水池。

2）运行管理方法:

①系统运行前先清除沉淀池中脏物。当水质较混浊时，应关闭沉淀池进水口，待水清后再进入沉淀池，以免沉淀池过滤负担过重，并在沉淀池进水口设置栏污栅。

②检查沉淀池各级栏污筛筛网边框，使之与沉淀池边壁结合紧密；若有杂物或泥土堵塞筛网网眼，应及时清洗筛网；对破损的筛网应及时更换。

③离心式水泵进水管需用 50～80 目筛网罩住，筛网直径不小于泵头直径 2 倍。水泵开启前，应认真检查筛网是否干净，对有破损的筛网应及时更换。当 30～80 目筛网被泥糊住，导致筛网两侧水位差达到 10～15cm 时，应换冼筛网。

4.5.2 水泵的运行管理

1）离心式泵的运行操作:

①启动前准备:

a.检查试验电动机转向是否正确，从电动机顶部望泵为顺时针旋转，试验时间要短，以免使机械密封干磨损。

b.打开排气阀使液体充满整个泵体，待充满后关闭排气阀。

c.检查水泵各部位是否正确。

d.用手盘动水泵以使润滑液进入机械密封端面。

②启动操作:

a.合上配电柜内空气开关（该开关设有短路过流保护）；通过面板切换开关和电压表检查三相电压是否平衡，且均为 380V（如不平衡可检查三只熔断器是否熔断），否则严禁起动设备。

b.泵体是否充满水（排气检查），严禁无水运行；若电流检查及水泵充水正常时，可将“手动/自动”切换开关切于“自动”；按“启动”按钮，注意观察配电柜上的仪表变化和水泵的工作状态。

c.当水泵“启动”运转 10～12S 左右渐平稳时，由时间继电器自动将“启动”转为“运行”工况，此时，若无用水量，压力表应指示为 0.5MPa。“手动”运行时也应遵循这一原则。

d.如果一次启动失败，则需经过 7min 左右的时间后方可进行第二次启动操作，否则易造成设备损坏。

e.应时常注意检查电动机温度和异常噪声，如发现异常可按“停止”或“急停”按钮，禁止电动机运转时切断电源。

f.应注意电压过低运行时，电动机会过载运行（Ig≤0.5%），当其连续运行时间 t≤4h，待冷却一段时间再投入运行。

g.检查轴封漏情况，正常时机械密封泄露应小于 10ml/hr。

h.检查电动机轴承处温升≤70℃。

i.非经专业人员及设备管理人员指导和许可，严禁他人擅自改变设备参数及操作设备。

j.设备管理人员应熟知设备工作原理及熟练各项操作。

所有以上操作及维护工作都必须严格执行国家有关电气设备工作安全的组织措施和技术措施之规定，确保自身和他人及电气设备不受损害。

2）潜水泵的运行操作:

①水泵安装后用 500 V 遥表测电动机对地电阻不低于 5 MΩ。

②检查三相电源电压是否符合规定，各种仪表、保护设备及接线正确无误后方可开闸起动。

③电动机起动后，慢慢打开阀门使水泵调整到额定流量，观察电流、电压应在铭牌规定的范围内，听其运动声有无异常及震动现象，若存有不正常现象应立即停机，找出原因并处理后方可继续开机。

④电动机第一次投入运转 4 h 后，停机速测热态绝缘电阻。

⑤电动机停车后，第二次起动要隔 5 min，防止电动机升温过高和管内水锤发生。

4.5.3 过滤设备的运行管理

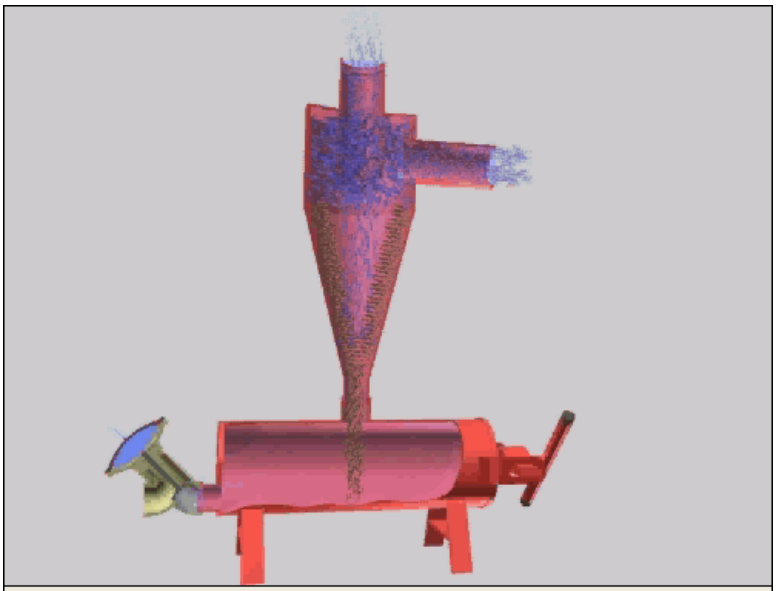
1）运行管理要求：过滤器在每次工作前要进行清洗；在膜下滴灌系统运行过程中，应严格按过滤器设计的流量与压力进行操作，严禁超压、超流量运行，若过滤器进出口压力差超过 25% ~ 30%，要对过滤器进行反冲洗或清洗；灌溉施肥结束后，要及时对过滤器进行冲洗。

2）各种过滤器的工作原理及冲洗方法:

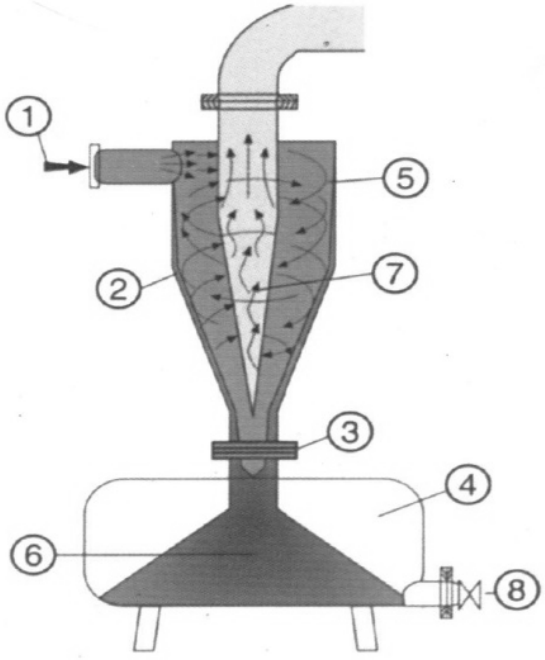
①离心过滤器。水由进水口以切线方向进入离心式体内，在旋转产生的离心力和重力的作用下，推动泥砂及其他密度较高的固体颗粒向管臂移动，形成旋流，向下沉淀汇集到储污罐中，清水则上升并通过分离器顶部的出水口进入灌溉管道，即完成了第一级的水砂分离，如图 4.20 所示。

当膜下滴灌水源中含砂量较大时，离心过滤器一般作为初级过滤器与筛网过滤器或叠片过滤器配套使用。离心过滤器只有在其工作流量范围内，才能发挥其作用，过滤器的前后压力差在 0.035 ~ 0.07MPa 范围内时较为适宜。

离心过滤器集砂罐设有排砂口，工作时要经常检查集砂罐，定时排砂，以免罐中砂量太多，使离心过滤器不能正常工作。



离心过滤器工作



①进水口　②不锈钢外壳 ③与集砂罐连接法兰 ④集砂罐

⑤旋转水流 ⑥沉积泥砂 ⑦流出水流 ⑧排砂阀

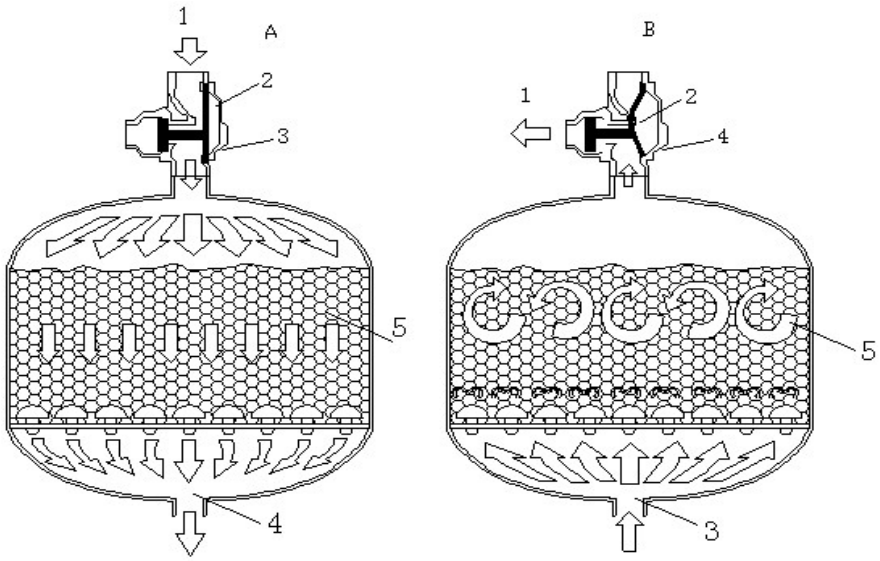
图 4.20 离心过滤器冲洗过程

②砂过滤器。砂过滤器是利用砂石式介质间隙进行过滤，常采用石英砂或花岗岩碎砂石式为过滤介质，介质的粒度、厚度和其空隙度分布情况决定过滤效果的优劣，需严格按过滤器的设计流量操作。砂过滤器是膜下滴灌水源很脏情况下，使用最多的过滤器，它滤除有机质的效果很好，但不能滤除淤泥和极细土粒，一般用于水库、明渠、池塘、河道、排水渠及其他含污物水源作初级过滤器使用。

当被过滤的混浊水中的污物、泥砂堵塞空隙时，需要进行反冲洗。过滤器使用到一定时间（砂粒损失过大、粒度减小或过碎），应更换添加过滤介质。

砂过滤器的冲洗是其正常工作的保证，需用过滤后的清洁水进行反冲洗，要控制好反冲洗的水流量。当过滤器进出口间压力差超过预设压力差 0.02MPa 时，就要立刻进行反冲洗。在冲洗过程中，可关闭一组过滤器进水中的一个蝶阀，同时打开相应排水蝶阀排污口，使由另一只过滤器过滤后的水由过滤器下出水口向上流入介质层进行反冲洗，泥砂、污物可顺排砂口排出，直到排出水为净水无混浊物为止（每次可对一组两罐进行反冲洗），如图 4.21 所示。



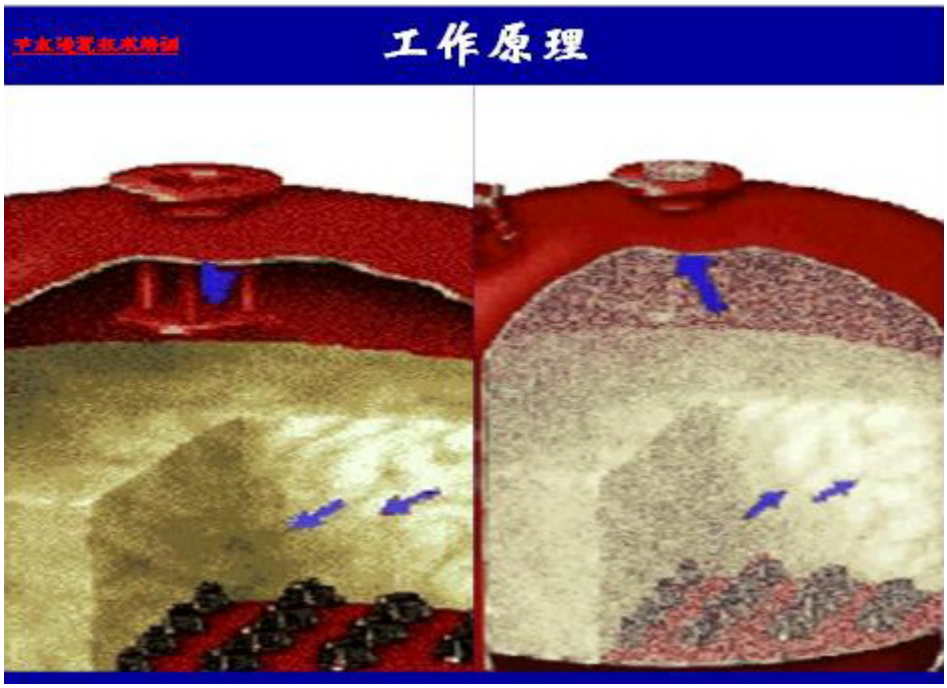


A　过滤状态　　B 反冲洗过程

1—过滤水流　2—回洗阀　3—进水口　4—出水口　5—过滤介质

图 4.21 砂过滤器反冲洗过程

过滤器过滤工作　　过滤器反冲洗工作



冲洗方法:

a.手动反冲洗过滤器操作步骤。调整首部总阀的开启度，以获得足够的反冲洗压力；缓慢打开反冲洗控制阀和排污管上的反冲洗流量调节阀；检查水流，当发现有过滤物被冲出时，立刻将反冲洗流量调节阀锁定在此位置不动。

b.自动反冲洗洗过滤器操作步骤。确定过滤器通过洁净水时进出口水压差，差值不大于 0.03MPa；在系统运行初期，仔细观察每次反冲洗效果，为防止罐底部集水装置被细小的滤料堵塞，可适度增加反冲洗的频率；定期检查排污管排出的水是否洁净，若发现在反冲洗结束时排出的水仍含有需排出的杂质，应适当增加反冲洗的时间; 从一个罐反冲洗控制阀关闭到另一个反冲洗控制阀完全打开之前，必须预留一定时间，并使罐内压力回升到有足够的反冲洗压力。

③筛网过滤器（见图 4.22）。筛网过滤器主要是容器内的滤网起作用，滤网一般用尼龙丝、不锈钢或含磷紫铜（可抑制藻类生长）制作，筛网孔径的大小（即网目数）应根据灌水器流道尺寸而定。滤网过滤器能很好地清除膜下滴灌水源中的极细砂粒; 灌溉水源比较清时使用它非常有效。但是当藻类或有机污物较多时，容易被堵死，需要经常清洗。滤网过滤器多作为末级过滤器使用。



图 4.22　筛网过滤器示意图

当水中悬浮的颗粒尺寸大于过滤网上孔的尺寸，就会被拦截，在网上积聚了一定量的污物后，过滤器进出口间就会产生压力差，当进出口压力差超出0.02MPa 时，应对网芯进行清洗。清洗方法:

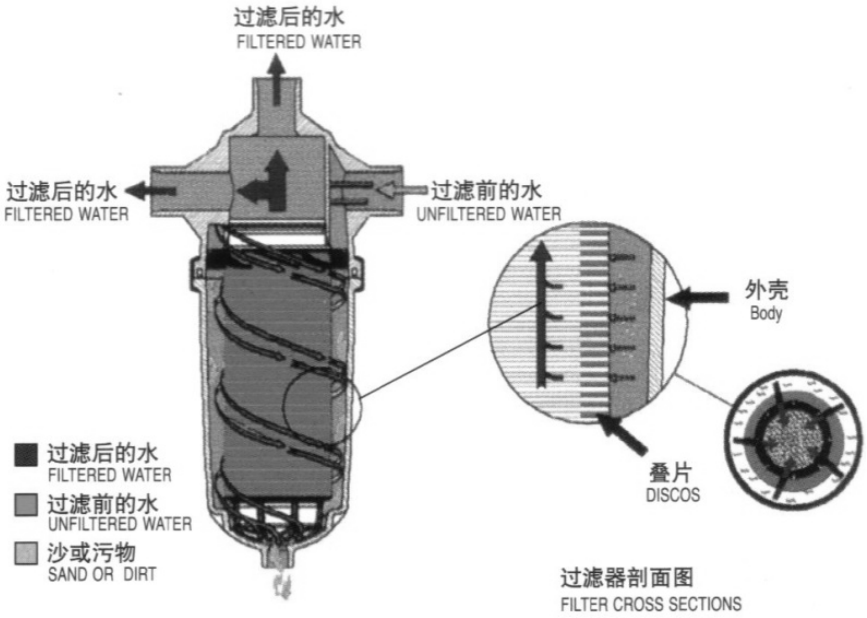
a.打开封盖，将网芯抽出清洗，两端保护密封圈用清水冲洗，也可用软毛刷刷净，但不可用硬物。

b.当网芯内外都清干净后，应将过滤器金属壳内的污物用清水冲净，由排污口排出。

c.按要求装配好，重新装入过滤器。

④叠片过滤器（见图 4.23）。叠片过滤器的过滤介质由很多个可压紧和松开的带有微细流道的环状塑料片组成。压紧环状塑料片时其复合内截面提供了类似于在砂过滤器介质中的彻底过滤，需要冲洗时打开回流阀松开环状塑料片即可。叠片过滤器可提供高水平的过滤而无杂质泄漏进入灌溉管网的危险，过滤精度远高于筛网过滤器。

叠片过滤器正常工作时，叠片是被锁紧的，当要手动冲洗时，可将滤芯拆下并松开压紧螺母，用水冲洗即可。在过流量相同时，它比筛网过滤器存留杂质的能力强，因而冲洗次数相对较少，冲洗的耗水量也较小。在自动冲洗时叠片式必须能自行松散，因受水体中有机物和化学杂质的影响，有些叠片式往往被粘在一起，不易彻底冲洗干净，需多次冲洗。


过滤后的水
FILTERED WATER
过滤后的水
FILTERED WATER
过滤前的水
UNFILTERED WATER
外壳
Body
叠片
DISCOS
过滤后的水
FILTERED WATER
过滤前的水
UNFILTERED WATER
沙或污物
SAND OR DIRT
过滤器剖面图
FILTER CROSS SECTIONS

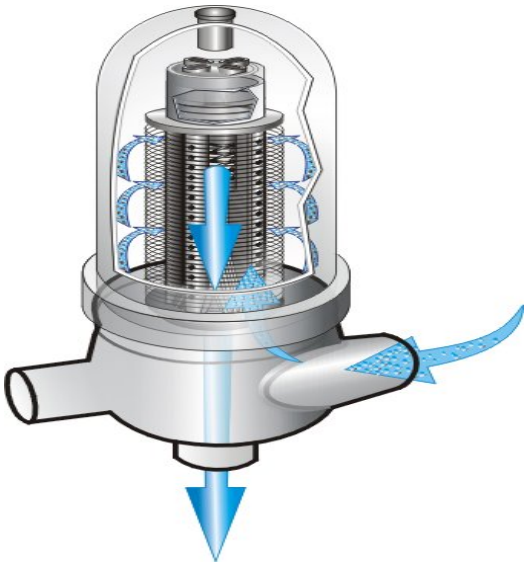






图 4.23　叠片过滤器

3）过滤设备运行操作程序:

①在系统运行前认真检查过滤器各部位是否正常，抽出筛网过滤器网芯检查，有无沙粒和破损，并对过滤站系统进行冲洗。确认系统首部各阀门此时应处于关闭状态后启动水泵。

②水泵开启后运转 3～5 min，待系统中空气由排气阀排出，完全排空后打开压力表旋塞，检查系统压力是否在额定的排气压力范围内，当压力表针不再上下摆动，无噪音时，可视为正常，过滤站可进入工作状态。

③打开通向各个过滤器进水的阀门，缓慢开启泵与砂过滤器之间的控制阀，使阀门开启到一定位置，不要完全打开，以保证砂床稳定，提高过滤精度。

④缓慢开启砂过滤器后面的控制阀门与前一阀门处于同一开启程度，使砂床稳定压实，检查过滤站两压力表之间的压差是否正常，确认无误后，将第一道阀门缓慢打开，开启第二道闸阀将流量控制在设计流量 60%～80%，一切正常后方可按设计流量运行。

⑤过滤站运行中，应对其仪表进行认真检查，出现意外事故，应立即关闭水泵检查，对异常声响应查明原因后再工作。

⑥过滤站工作完毕后，应缓慢关闭砂过滤器后的控制阀门，再关水泵以保持砂床的稳定，也可在灌溉完毕后进行反复的反冲洗，直到过滤器冲洗干净，以备

下次再用。

（4）施肥（施药）装置的运行管理

1）运行管理要求：施肥罐中注入的固体肥料（或药物）颗粒不得超过施肥罐容积的 2/3。

2）运行管理方法：目前膜下滴灌中常用的是压差式施肥罐，其操作步骤为：

①打开施肥罐，将所需滴施的施肥倒入施肥罐中，注入的固体颗粒不得超过施肥罐容积的 2/3。

②打开进水球阀，进水至罐容量的 1/2 后停止进水，并将施肥罐上盖拧紧。

③滴施肥时，先开施肥罐出水球阀，再打开其进水球阀，稍后缓慢关两球阀间的闸阀，使其前后压力表相差约 0.05MPa，通过增加的压力差将罐中肥料带入系统管网之中。

④滴肥的速度根据灌水小区灌水时间以及罐体容积大小和肥料量的多少，通过调整两球阀间主管道上的闸阀控制。滴施肥约 20 ~ 40 min 左右即可完毕，具体情况根据经验以及罐体容积大小和施肥量的多少判定。

⑤滴施完一轮罐组后，将两侧球阀关闭，应先关进水阀后关出水阀，再将罐底球阀打开，把水放尽，再进行下一轮灌组施滴。

（5）田间管网的运行管理

1）运行管理要求：

①每年灌溉季节开始前，应对地埋管道进行检查、试水，保证管道畅通，闸阀及安全保护设备应启动自如，阀门井中应无积水，裸露地面的管道部分应完整无损，量测仪表要盘面清晰，指针灵敏。灌溉季节结束时，对管道应冲洗泥沙，排放余水，对系统进行维修，阀门井加盖保护，在寒冷地区，阀门井与干支管接头处应采取防冻措施；地面管道应避免直接曝晒，停止使用时，存入于通风、避光的库房里，塑料管道应注意冬季防冻。

②定期检查系统管网的运行情况，如有漏水要立即处理；系统管网在每次工作前要先进行冲洗，在运行过程中，要检查系统水质情况，视水质情况对系统进行冲洗。

③严格控制系统在设计压力下安全运行；系统运行时每次开启一个轮灌组，当一个轮灌组结束后，必须先开启下一个轮灌组，再关闭上一个轮灌组，严禁先

关后开。

④系统第一次运行时，需进行调压，可使系统各支管进口的压力大致相等，维持薄壁毛管压力 1kg 左右，调试完毕后，在球阀相应的位置作好标记，以保证在其以后的运行中，其开启度能维持在该水平。

⑤系统运行过程中，要经常巡视检查灌水器，必要时要做流量测定，发现滴头堵塞后要及时处理，并按设计要求定期进行冲洗;

⑥田间农业管理人员在放苗、定苗、锄草时应避免损伤灌水器。

2）运行管理方法：输配水管网系统的正常运行是膜下滴灌系统灌水均匀的保证，其操作步骤如下:

①管网系统在通水前，首先要检查各级管道上的阀门启闭是否灵活，管道上装设的真空表、压力表、排气阀等设备要经过校验，干管、支管必须在运行前冲洗干净。

②根据设计轮灌方式，打开相应的分干管、支管、辅管或毛管进水口的阀门，使相应灌水小区的阀门处于开启状态。

③启动水泵，待系统总控制阀门前的压力表读数达到设计压力后，开启闸阀使使水流进入管网，并使闸阀后的压力表达到设计压力。

④检查地面管网运行情况，若辅管或毛管出现漏水情况，可先开启邻近一个球阀，再关闭对应球阀处理，支管漏水需关闭其控制球阀进行处理。

⑤灌水时每次开启一个轮灌组，当一个轮灌小区结束后，先开启下一个轮灌组的各级阀门，再关闭当前轮灌组的相应阀门，做到“先开后关”，严禁“先关后开”。

⑥每年灌溉季节结束后，应将地埋干管、分干管等管道冲洗干净，并排净管内余水。对铺设于地表的支管、辅管要及时回收，防止在回收和运输过程中损坏管道。

4.6 工程系统维护与保养

4.6.1 日常维修与保养

对膜下滴灌系统设备进行日常维护和保养是正常运行的重要保证，需要有懂膜下滴灌技术和责任心强的固定管理人员开展这方面的工作，并在此基础上建立

健全科学的维修保养制度。

（1）水源工程

需定期对蓄水池内泥沙等沉积物进行清洗排除，由于开敞式蓄水池中藻类易于繁殖，在灌溉季节应定期向池中投入硫酸铜（绿矾），使水中的绿矾浓度在 0.1～1.0mg/L 左右，防止藻类滋生。

（2）系统首部

1）水泵:

①在水泵每次停止工作后，应擦净表面水迹，防止生锈。

②用机油润滑的新水泵运行 1000h 后，应及时清洗轴承及轴承体内腔，更换润滑油；用黄油（钙酸脂）润滑的，每年运行前应将轴承及轴承体清洗干净，运行期内定期（一般为四个月左右）给电动机轴承加黄油。机械密封润滑剂应无固体颗粒，严禁机械密封在干磨情况下工作。

③离心式式水泵运行超过 2000h 后，所有部件应进行拆卸检查，清洗，除锈去垢，修复或更换各种损坏零件，必要时可更轴承，机组大修期一般为一年。

④经常起动设备会造成接触“动/静”触头烧损，应不定期检查并用砂纸打磨，触头接触面严重烧损的，触头应该及时更换。

2）过滤器:

①筛网过滤器。其滤网要经常检查，发现损坏应及时修复或更换。灌水季节结束时，应取出过滤器的网芯，刷洗凉干后备用。

②砂过滤器。视水质情况应对介质每年进行 1～6 次彻底清洗。对于因有机物和藻类产生的堵塞，应按一定比例在水中加入氯或酸，浸泡过滤器 24 小时，然后反冲洗直到放出清水，排空备用。同时检查过滤器内石英砂的多少，是否有砂的结块或有其他问题，结块和粘着的污物应予清除，若由于冲洗使砂减少，则需补充相应粒径的砂子，必要时可取出全部砂石式过滤层，彻底冲洗后再重新逐层放入滤罐内。

3）施肥装置。每年灌溉季节结束时对铁制化肥罐（桶）的内壁进行检查，看是否有防腐蚀层局部脱落的现象，如果发现脱落要及时进行处理，以杜绝因肥液腐蚀产生铁的化合物堵塞毛管滴头。

4）量测仪表。每年灌溉季节结束后，对首部枢纽安装的量测仪表（压力表、

水表等）应进行检查、保养和调试。

（2）系统管网

应对管道进行定期冲洗，支管应根据供水质量情况进行冲洗。灌溉水质较差的情况下，毛管要经常进行冲洗，一般至少每月打开尾端的堵头，在正常工作压力下彻底冲洗一次，以减少灌水器的堵塞。

4.6.2 入冬前维护

北方冬季寒冷，需在膜下滴灌系统结束运行后，对膜下滴灌系统进行全面的维护，以确保来年的正常运行。

（1）水源工程

当灌溉季节结束后，在寒冷地区应放掉蓄水池内存水，否则易冻坏蓄水池。

（2）系统首部

1）水泵。在灌溉季节结束或冬季使用时，停车后应打开泵壳下的放水塞把水放净，防止锈坏或冻坏水泵。

2）过滤系统:

①叠片过滤器。先把各个叠片式组清洗干净，然后用干布将塑壳内的密封圈擦干放回，开启集砂罐一端的堵头，将膛中积存物排出，然后将水放净，再将过滤器压力表下的选择钮置于排气位置。

②砂过滤器。打开过滤器罐的盖子和罐体底部的排水阀将水全部排净。将过滤器压力表下的选择钮置于排气位置。若罐体表面或金属进水管路的金属镀层有损坏，立即清锈后重新喷涂。

③砂过滤器+叠片过滤器。在重复步骤 2 的基础上将叠片式清洗干净并擦干壳内的密封圈。

④自动反冲洗过滤器。在反冲洗后将叠片式彻底清洗干净后放回（必要时需用酸洗，例如用醋酸、草酸等）。

3）施肥系统。在进行维护时，关闭水泵，开启与主管道相连的注肥口和驱动注肥系统的进水口，排去空气。

①注肥泵。用清水冲净注肥泵，按照相关说明拆开注肥泵，取出注肥泵驱动活塞，用润滑油进行正常的润滑保养，然后拭干各部件后重新组装好。

②注肥罐。仔细清洗罐内残液并晾干，清洗软管并置于罐体内保存。每年在

施肥罐的顶盖及手柄螺纹处涂上防锈油，若罐体表面的金属镀层有损坏，则清锈后重新喷涂。并注意不要丢失各个连接部件。

（3）田间系统管网

入冬前需对整个系统进行清洗，打开若干轮灌组阀门（少于正常轮灌阀门数），开启水泵，依次打开主管和支管的末端堵头，将管道内积攒的污物冲洗出去，然后把堵头装回，将毛管弯折封闭。北方用户需注意，在冬季来临前，为防止冬季严寒将管道冻坏，及时进行以下处理:

1）田间阀门。把田间位于主支管道上的排水底阀（小球阀）打开，将管道内的水尽量排净，将各级阀门的手动开关置于开的位置，冬季不必关闭。

2）灌水器（管）。在田间将各条膜下滴灌管线拉直，勿使其扭折，若冬季回收也注意勿使其扭曲放置。

3）回收阀。应将所有球阀拆下晾干后放入库房或置于半开位置（包括过滤器上的球阀），防止阀门被冻裂。

4.6.3 次年灌溉季节开始前准备

（1）将系统设备重新安装连接。检查泵及动力设备连接是否正确。

（2）检查过滤器各部件是否完好，连接是否正确，紧固所有的螺钉。

（3）检查肥料罐或注肥泵的零部件和与系统的连接是否正确，清除罐体内的积存污物以防进入管道系统

（4）检查所有的给水栓，是否有折损应进行修理。

（5）关闭主支管道上的排水底阀，打开相应阀门，开启水泵进行系统冲洗，依次进行主、支管道及毛管的冲洗。

第五章　膜下滴灌技术应用典型实例选编

5.1 棉花膜下滴灌典型实例（实例地点：兵团农 6 师）

5.1.1 基本情况

新疆是我国棉花主要的种植区，新疆地广人稀，土地较平整，集中连片，光热资源丰富，水资源条件好，适宜农作物的生长。我们选取兵团农六师的棉花种植区为典型实例分析。农六师地处天山北麓、准噶尔盆地东南缘，东邻哈密地区，西接石河子市，南与吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州毗连，北与塔城、阿勒泰地区接壤，距乌鲁木齐市 30km。

（1）土壤情况：土壤有机质含量 3.32%　5.51%之间，土层厚 1m 左右。

（2）气象水文：是典型的大陆性气候，日照时间长，年均日照为 2743～3226h。昼夜温差大，平均为 11.3℃。晴天多，云雾少，对农作物生长十分有利。垦区内山脉融雪形成天山水系的 15 条内陆河，拥有 17 座水库及湖泊，地下水可采量 5.4 亿 m^3。全年平均降水量 150 多 mm。

（3）水源情况：灌溉用水基本全部采用地下水。

5.1.2 种植前准备工作

（1）整地施肥：秋收结束后，及时灭茬，进行深耕，耕地深度达到 28cm，并做到不漏耕，不拉沟，深浅一致。耕后平地，为翌年春播打好基础。翌年春，耕层土壤解冻后及时进行平地、整地，整好后喷施除草剂。除草剂可以用氟乐灵每亩用药 100g，夜间喷洒防止光解，降低效率；也可以用都尔，每亩用药 120g；还可以用禾耐斯，每亩用药 100g。不管用什么药剂，喷洒都要均匀一致，到头到边，不重不漏。喷药后要用钉齿耙耙一遍，深度 4cm 即可，但要均匀一致。通过整耙后的土壤要求达到平、齐、净、松、碎。平：地要平整，无高洼不平现象。齐：作业要到头到边，整齐方正。净：土壤表面要干净利落，无杂草无残膜。松：下实上虚，表层土壤疏松。碎：土壤要细碎，无大土块。

（2）种子处理：

1）选用良种：根据生态条件，因地制宜选用高产、优质、适应性及抗病性

强的优良品种。

2）精选种子：需用量 46kg/亩，要购买经硫酸脱绒后包衣的种子。而且要一、二代原种，标准：干燥饱满，纯度 96%以上，发芽率 85%以上，健子率 80%以上。

3）种子处理：种子购回后，要放到干燥通风的库房保管。播种前还要进行晾晒，并做发芽试验。

5.1.3 滴灌系统模式

（1）系统组成：滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成（见图 5.1）。

1）水源为井水，控制面积按照单井出水量确定，就是以水定地。过滤系统采用离心+网式的组合过滤器，过滤精度 120 目，施肥装置采用压差式施肥罐，容积根据系统地块大小而定。

2）输配水管网：干管一般采用 de160、de110 的涂塑软管或消防软带，支管铺设在地面，为可拆卸薄壁软管，灌溉时连接软管通水灌溉，灌溉结束后可拆下运回仓库保管。毛管选用单翼迷宫式滴灌带，规格为 de16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。



图 5.1 膜下滴灌水源及首部

（2）系统投资：膜下滴灌按一膜一管棉花滴灌模式进行分析，包括系统首

部、干管、支管、毛管及安装费用等一次性投入为 565 元/亩，考虑折旧，年均投入 170 元左右。详见表 5.1。(采用地表水的，系统投资需要增加 60 元左右，因为需要建设沉沙池、需要换成砂石过滤器或碟片过滤器)。

特别说明: 现在有些公司或企业说，新建设一亩滴灌的投入在 350～400 元，那是不可行的。在新疆，要使用合格节水灌溉器材和设备，从变压器以下，首部设施、地下管网、地面管网、闸阀井等能保证系统正常工作的情况下，采用地表水的系统亩投入应该在 600-～650 元左右，最少也在 550 元，井水系统可以减少 50 元左右。那些所谓 350 元左右的，是减小地下管网的管径，增加水损，减少滴灌带的用量，不计算土方开挖等一些偷工减料或使用质量差的产品来施工的，工程使用寿命短，所以，在这个宣传材料上，一定要强调要使用合格产品、优质产品或通过国家节水产品认证的产品，这样才能保证系统正常运行，否则，系统很难按照设计压力工作，同时还要承担较高的能耗损失。供参考。

表 5.1 棉花滴灌系统投资表

项目	数量	一次性投入金额(元/亩)	折旧年限（年）	年均投入（元）
1.首部装置	1 套	55	10	9.5
2.地下干管及管件	18.5kg	162	20	8.1
3.地面支管及管件	8kg	104	5	20.8
4.毛管	670m	120	1	120
5.安装费	土方及安装	60	10	6
6.其它费	阀井镇墩等	64	10	6.4
合计		565		170.8

滴灌带是按照 0.18 元计算的。

5.1.4 滴灌模式下的栽培模式

人工采棉: 行株距配置和铺设滴灌带方式，膜宽 110cm，膜上两个边行 20cm，中间行 40cm，膜间结合部 60cm，株距 10cm，滴灌带铺设在地膜正中间，见图 5.2 所示。铺设的田面情见图 5.3。(现在基本上都是机采棉模式，人工采收的也

是这个模式，即 10+66+10+60+10+66+10+60+10，株距 9～11 厘米。下面模式很少用了。且在新疆全部采用高密度栽培技术，亩理论株数在 16000～18000 株，高的还有 20000 株，使用品种很重要。

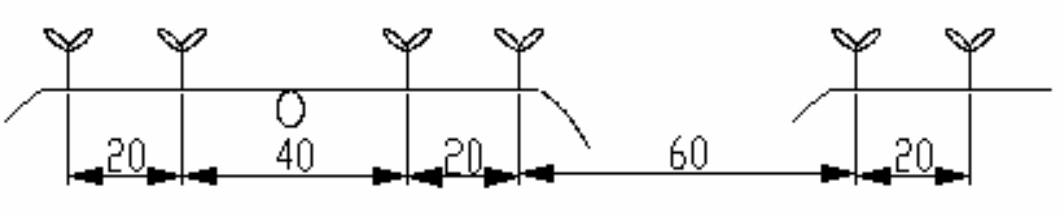


图 5.2　棉花加工番茄种植及滴灌带铺设模式





图 5.3 棉花种植及滴灌带铺设的田面情况

播种模式：机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成。

滴灌设施：首部要进行检查和维修。管道系统播种完毕要紧接着安装支管、

辅管、接通滴灌带、试水。膜下 5cm 地温 L 到 14℃时要及时灌水出苗。

农机具要进行认真的检查、维修和保养，并在播种半个月前，做好安装调试，做到完整洁净，运转灵活。特别注意铺滴灌带装置的可靠性，注重检查托带轮和压带轮光滑无毛刺、无锐角，防止滴灌带被挂破损坏（见图 5.4）。

5.1.5 田间管理模式

（1）施肥管理

1）施肥原则：按目标产量，实施测土平衡施肥，标准施肥，发挥肥料生产效率，保证高产，厉行节约。根据多数土地肥力情况，亩产 500Kg 籽棉，化肥施用纯量，氮、磷、钾合计 25Kg 左右，比例按 1:0.35:0.35，如果用新疆兵团农科院生产的滴灌专用肥 42Kg 左右，另加 8Kg 尿素。

2）施用原则方法：实施少吃多餐，按棉花生长发育不同时期对养分的需要，分别对待，随水滴施，水肥同步，除最后两次灌水不滴肥，其他每次灌水都滴肥。

3）施肥时间和施肥量：出苗水（4 月）随水滴尿素 4Kg，滴灌专用肥 1kg/亩。



图 5.4 机械铺膜、铺带

（2）化控

采用膜下滴灌、高密度栽培、水肥同步供应技术，使棉花生长发育进程加快，稍有不慎，高产目标就会落空,因此化学调控是膜下滴灌棉花高产优质的核心技术。

1）调控原则方法：实施水调化控相结合，以化控为主，早调轻控。促使棉

苗早发不旺长，早发果枝，早现蕾，使主茎节间由下到上逐步变长，长相好，株型紧凑，有一个好的植株形态特征。

2）调控目标：棉花第一果枝生在第 4 片叶腋上，距地表高度 15-20cm，后之第 1~4 节的节间长度<5.0cm，1~12 节的节间长度为 5.0~7.0cm。8 个果枝打顶，自然高度不超过 70cm，站在地头看，大行见缝，小行通风不郁蔽，个体生长发育健壮，群体整齐一致。

3）化调时间和用药量：①采用缩节胺：全生育期化控 4~5 次，原则为前轻后重。苗期 2~3 片叶时每亩喷 0.3~0.5g；7~8 片叶时喷 0.6~0.8g；初花期 10~11 片叶时喷 1.5~2.0g；打顶后化控两次，第 1 次在打顶后 1~7d 喷 1~6g。第 2 次在 7 月底喷 6~8g。②采用多效唑：多效唑内吸效果好，随水滴施用量低，经多年观察，对后茬作物没影响，出苗水多效唑随水滴施，亩用药量 0.5~0.7g，土壤有轻微盐碱的，用 0.5g，砂壤土或土壤肥力好又没有什么盐碱的用 0.7g。5 月下旬，棉花初蕾时，随水滴多效唑 3~5g/亩，土壤肥力差有轻微盐碱的用 3g；土壤肥力好又没有什么盐碱的用 5g。6 月底，7 月初，棉花进入初花期，可以根据棉花生长发育情况亩用药量 8~10g。如果采用叶面喷洒的，当棉苗大部分出土时，用多效唑（商品量）10 万分之 3 的药液进行叶面喷洒；棉花初蕾期，用多效唑万分之 1.5 药液，进行叶面喷洒，初花期用多效唑万分之 3~5 药液进行叶面喷洒。

（3）定苗、打顶

1）定苗：终霜期过后，棉花出齐苗，见真叶开始定苗。严格定苗质量，去小、弱苗，留大、壮苗，每穴留一株，缺三株以上的小断条，两头留双株。定苗时发现地膜、点种穴覆土不好，要重新将土盖好，防风防草。

2)打顶：棉花打顶 7 月上旬进行。当棉花果枝达到 8 个，自然高度超过 60cm 时，以“枝到不等时，时到不等枝”的原则尽早打顶。要只去除生长点，不要带大叶，见顶就打，一次完成，打顶时发现叶枝旺长，要从基部摘除。打顶时要带上拾花袋，将打下的棉顶装袋，带出棉田，挖坑掩埋，防止有虫卵转移。

（4）病虫害防治

要预防为主，综合防治，在有土传播病害的棉田，要种抗病性品种，并要用药剂拌种和包衣。既要防止病虫害又要防止烂种。虫害防治，一定要注意生物、物理和农药防治。虫害发生要点片防治，防止扩散，虫害达到防治指标再用药剂

防治。不管是蚜虫、叶螨还是棉铃虫，在盛蕾或初花期，膜下滴灌用久效磷好。久效磷可以随水滴施，内吸效果好，棉花在蕾期、始花前，用久效磷 150~200g/亩，随水滴施，既杀了害虫，又不伤天敌，用的适时，一次防治即可。

（5）灌溉管理

①滴灌溉方式：是浸润型局部灌溉，能保持土壤团粒结构、土壤里的氧气，利于好气性微生物活动，分解有机质，给棉花提供养分。同时膜间结合部可以保持干燥，既减少了行间无效水的蒸发，又使土壤 L 温快，为棉花出苗、生长、发育提供了有利条件。

②灌水原则：膜下滴灌棉花，采取勤浇、少灌、适度调亏的灌水原则，既要保证棉花出苗、生长、发育各阶段对水分的需求，特别是需水高峰期（花铃期），经常保持田间正常持水量，又要控制好灌水量，防止棉花旺长。

③灌水制度：为了保证灌水质量，确立灌水制度，一定要严格执行。

根据水源流量和滴灌带滴头流量制定小区轮灌制度．对轮灌小区的面积、轮灌方法进行了设置和说明。棉花灌水时，出苗水起始顺序在生长阶段也一定保持这个顺序，这叫“依次不变制度”。

④灌水量：根据目标产量和棉花不同生育期需水规律确定。例如苗期日耗水量 $1m^3$ 左右，而花铃期即需水高峰期日耗水量要 $3m^3$ 左右。按需供应，多了无益有害，少了不能满足需要。全生育期除出苗水和最后一次茬灌水以外，其余每次滴水量都要根据气候、降雨、作物长势情部适时适量进行灌溉，让湿润体在每次滴水后基本保持一样的状态，使棉花根系有一个稳定的生长环境。

⑤出苗水：要保证苗全、苗齐、苗壮、苗匀，一定要滴好出苗水。出苗水滴水量要视土壤墒情而定。从感官上看，滴水进行时，膜上两个边行点种穴上覆土三分之一湿润即可，少了不能保证全苗，多了土壤过湿，通透性减弱，地温降低，烂种，因此一定要滴好出苗水。

⑥生长期滴水：根据客观情况，每次滴水量 25 m^3/亩，滴水间隔时间排序，按照 4 月 10 日播种要求：第一次滴水 5 月 26 日；第二次滴水 6 月 12 日；第三次滴水 6 月 27 日；第四次滴水 7 月 6 日；第五次滴水 7 月 14 日；第六次滴水 7 月 22 日；第七次滴水 8 月 1 日；第八次滴水 8 月 10 日第九次滴水 8 月 20 日；第十次滴水 9 月 1 日；第十一次滴水 9 月 15 日（茬灌滴水量 35 m^3/亩）。全生育

期滴水总量控制在 300m^3/亩左右（包括茬灌）。

一般情况下，是按照作物生长期制定灌溉制度，正常年份下，北疆地区棉花生育期灌水 10~12 次，南疆干旱区灌水 12~14 次。一般情况下灌溉周期 5~7 天为宜，灌溉周期不宜大于 10 天（苗期除外）。

5.1.6 收获

大面积收获棉花基本在每年 9 月 10 号左右，棉花收完后进行一次茬灌，保证平整土地顺利。茬灌结束后将滴灌系统的支管、辖管、闸阀拆收。干支管及配件拆收后及时冲洗干净，盘卷入库以备下年使用。

5.1.7 膜下滴灌棉花效益

亩均产量籽棉可由原来 250kg 达到 400kg（见图 5.5）。

通过投入和节支对比表明，膜下滴灌技术年均设备投入费为 86~90 元/亩，节支费用为 81~109 元/亩。与常规灌相比，通过节约水、电、机力、提高肥料利用率、省工等每亩可节省成本 81.8 元左右



图 5.5 棉花丰收景象

5.2 玉米膜下滴灌典型实例（实例地点：黑龙江省大庆市）

5.2.1 种植前准备工作

（1）整地施肥

选择前茬未使用长残留农药的大豆、小麦、马铃薯或玉米等茬口地。实施松、翻、耙结合，翻深 20cm ~ 23cm，做到无漏耕、无立垡、无坷垃，翻后耙、耱、

镇压，严防跑墒，清除杂草根茬，结合施足底肥。

（2）种子处理

1）选用良种：根据生态条件，因地制宜选用高产、优质、适应性及抗病性强的优良品种，本实例选用生育期 135d 左右的品种。

2）精选种子：为保证播种的质量，播前必须选种，一般采用穗选和机械、风力粒选等。种用的玉米必须保持较低的含水量，北方玉米种子含水量应在 13%～14%范围内，并以果穗贮藏为好。对选好的种子应提早做发芽试验，保证种子的发芽率达到 90%以上，纯度和净度不低于 98%，发芽率不低于 90%。

3）种子处理：①晒种：玉米种子经粒选后，在播前选晴 d 摊晒 2～3d，并注意翻动。晒种可提早出苗 1～2d。②浸种：浸种可使种子提早出苗，浸种方法有冷水和温水浸种，冷水浸种 6～12h，温汤浸种，水温为 55～57℃，浸泡 4～5h。温汤浸种能杀死附在种子表面的炭疽病、黑粉病孢子等，有一定的预防效果。③药剂处理：为了防治病虫害，须用药剂处理种子。用福美霜（用量为种子重量 0.5%）拌种，可防玉米黑粉病；用菲醌（用种子重量 0.2%的 39%菲醌）拌种，可防玉米丝黑穗病等，对玉米丝黑穗病较重的地块，每 100kg 玉米用 25%粉锈宁可湿性粉剂 320g 拌种。

5.2.2 滴灌系统模式

（1）系统组成

滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成。

1）水源为井水，过滤系统采用离心+网式的组合过滤器，过滤精度 120 目，施肥装置采用压差式施肥罐，容积根据系统地块大小而定。

2）输配水管网：干支管铺设在地面，为可拆卸薄壁软管，灌溉时连接软管通水灌溉，灌溉结束后可拆下运回仓库保管。毛管选用单翼迷宫式滴灌带，规格为ϕ16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。

（2）系统投资

滴灌系统一次性投入（材料费）280 元/亩左右，以后每年更换滴灌带等投入 100 元/亩左右。

5.2.3 滴灌模式下的栽培模式

（1）栽培模式

膜下滴灌玉米采取起垄、宽窄行、穴播种植，株行距配置为 30cm + 70cm，平均行距 50cm，株距 22cm，亩密度 6000 株，如图 5.6、图 5.7，田间种植方式为 1 膜 1 管 2 行玉米，滴灌带铺设在膜下两行玉米中间。

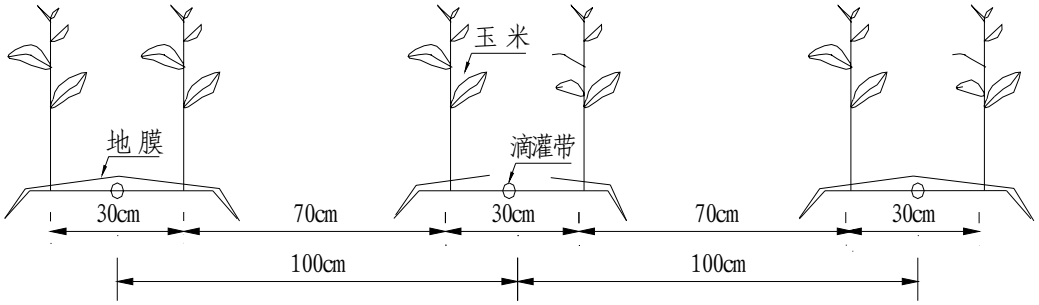


图 5.6　玉米种植及滴灌带铺设模式



图 5.7 玉米膜下或田面情况

（2）播种模式

机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成。

机械条播：是目前普遍使用的一种方法，可覆膜、施肥、铺滴灌带一次性完成。播种时可不带种肥，随后灌溉中可随水施肥。

5.2.4 田间管理模式

（1）苗期管理

出苗前及时检查发芽情况，如发现粉种、烂芽，要准备好补种用种或预备苗；出苗后及时查苗、补苗，玉米长到 3～4 叶及时进行分次间苗，要将弱苗、病苗、

小苗去掉，一般 4 ~ 5 叶一次等距定苗。出苗后要进行深松或铲前趟一犁。头遍铲趟后，每隔 10d ~ 12d 铲趟一次，做到三铲三趟。

（2）灌溉管理

若干播湿出，在 5cm 地温 10℃时可灌溉出苗水，具体根据土壤墒情确定，一般灌溉方案为:

苗期和拔节期：共灌水 5 次，亩灌水量在 20 ~ 30m^3，并随着苗的生长而逐渐增多;

大喇叭口期和授粉前的关键需水期：共滴水 3 次，亩灌水量 30 ~ 35m^3，灌水周期 7 ~ 10d;

授粉完毕后：再适当灌水 2 次，亩灌水量 30 m^3。

全生育期共灌水 11 ~ 12 次，亩灌水量 250 ~ 300 m3 左右。具体滴水量还应视土壤、天气和玉米生长状况及特性适当调整，以获得高产。

（3）施肥技术

施肥量：玉米每亩总施肥量，应根据产量指标、土壤质地、肥力情况、品种而定。基肥应以有机肥为主，化肥为辅，氮、磷、钾肥配合施用，种肥和追肥应以速效肥和滴灌专用肥为主，各个时期的施肥量，应根据玉米的需肥规律做出合理安排。

一般结合滴灌出苗水亩施尿素 4kg 和磷酸二氢钾 0.5kg，以后每次灌水，施尿素 4kg，磷酸二氢钾 0.5 ~ 1kg 。坚持施足底肥、重施拔节肥、猛施穗肥的“一底两追”施肥原则，具体根据玉米各生育期特点灵活施用。

拔节肥在玉米 6 ~ 7 片可见叶时亩施尿素 5 ~ 10kg;

穗肥在大喇叭口期亩施尿素 20 ~ 25kg;

花粒期亩追施尿素 5kg 或碳铵 10 ~ 15kg,也可用 1％ ~ 2％尿素与 0.4％ ~ 0.5％的磷酸二氢钾混合液进行叶面喷施，亩用溶液 70 ~ 100kg。

（4）抽雄期管理

在玉米开始抽雄时，隔行或隔株去掉 1 行或 1 株雄穗，全田去雄二分之一，有利于田间通风透光、节省养分、减少虫害，可增产 5％ ~ 8％。去雄的方法是:当雄穗从顶叶抽出 1/3 或 1/2，在散粉前，隔行或隔株及时将雄穗拔除，将先抽雄的植株或弱株、虫株的雄花去掉，但地边几行不要去雄，以免影响授粉，去雄

时切忌损伤顶端叶片，更不能砍掉果穗以上的茎叶，否则造成减产。

（5）防治病虫害

防治玉米螟，用赤眼蜂防治，每亩用赤眼蜂蜂卡 5 个，或每亩用 200ml 的 BT 乳剂制成颗粒剂在玉米大喇叭口期防治，发生大、小斑病用代森锌 1000 倍液防治。

5.2.5 收获及脱粒

在全田 90%以上的植株茎叶变黄，果穗苞叶枯白，籽粒变硬（指甲不能掐入），显出该品种籽粒色泽时，玉米即可成熟收获。可采取人工收获或机械收获，可地面堆放。收获后及时进行晾晒，籽粒含水量达到 20%以下时脱粒，高于 20%以上冻后脱粒。



图 5.8 玉米膜下滴灌丰产

5.2.6 膜下滴灌玉米效益

以宾县项目为例，玉米按含水率 18%计算，常规栽培平均单产在 450kg/亩左右，膜下滴灌 2 次水玉米，平均亩产 1034kg/亩。按收贮玉米价格 1.40 元/kg，计每亩可新增产值近 817 元，扣除增加投入的 287 元，玉米膜下滴灌比玉米常规栽培每亩纯增加收入 530 元，同时还显著改善玉米的品质。

通过对玉米膜下滴灌与玉米覆膜不灌以及常规玉米大面积种植不灌三种形式投入与产出的对比分析可见：玉米膜下滴灌（2 水）产量是不灌对照的 1.5 倍，是大面积种植不灌的 2.3 倍。而滴灌 2 次投入产出比为 1:2.81，纯效益为 985 元，与不灌相比增效 141%；不灌对照玉米投入产出比为 1:3.19，纯效益 675 元，与不灌大面积种植相比增效 65%；大面积种植不灌玉米投入产出比可达 1：2.58，

纯效益为 408 元。详见下表 5.3。

表 5.3　宾县玉米投入与产出对比分析

投入与产出		膜下滴灌		不灌	不灌
		1 次水	2 次水	对照	大面积种植
投入（元/亩）	整地	28	28	28	28
	播种	76	76	76	50
	覆膜	92	92	92	
	清膜	4	4	4	
	施肥	80	80	80	130
	施药	8	8	8	10
	灌水	11	22	0	
	滴灌带	180	180	0	
	水源工程	35	35	0	
	收获	20	20	20	20
	小计	534	545	308	258
投工（工日/亩）	播种期	2	2	2	1
	中期管理	2	3	5	5
	收获期	2	2	2	2
产出（元/亩）	单价（元/kg）	1.48	1.48	1.48	1.48
	产量（kg/亩）（含水率 18%）	879	1034	664	450
	主产品收入（元/亩）	1301	1530	983	666
纯效益（元/亩）		767	985	675	408
与不灌相比增效（%）		88	141	65	
投入产出比		2.43	2.81	3.19	2.58

5.3 大豆膜下滴灌典型实例（实例地点：新疆北部地区）

5.3.1 种植前准备工作

1、整地施肥

滴灌栽培对土壤的要求较低，因滴灌水流可使作物根系周围形成低盐区，有利于幼苗成活及作物生长，中度盐碱地可以利用并且也能获得较高产量，因此土层深厚、土壤盐碱程度较轻、肥力中等以及土壤质地较差、养分较低的土地均可种植。从土壤性质来看，砂壤土，壤土，粘土，白浆土，轻碱土，荒漠灌耕土均可种植，土壤 PH 值以 6.8～7.8 为最佳。但不宜重茬和迎茬，也不宜在其他豆科作物茬及油葵茬之后种植。

2、种子处理

（1）选用良种

应选用主茎发达，秆硬抗倒,结荚性、丰产性强的优质、高产、抗（耐）病的中熟或中晚熟品种,如“新大豆 1 号”、“新大豆 2 号”、“新大豆 3 号”、“新大豆 7 号”、“绥农 14”、“黑农 33”。

（2）种子处理

播种前用福美双或大豆种衣剂进行拌种，防治病害，重茬地块需用耐重茬种衣剂拌种，防治重茬病害。

5.3.2 滴灌系统模式

滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成。

水源为井水，过滤系统采用离心+网式的组合过滤器，过滤精度 120 目，施肥装置采用压差式施肥罐，容积根据系统地块大小而定。

输配水管网：干支管铺设在地面，为可拆卸薄壁软管，灌溉时连接软管通水灌溉，灌溉结束后可拆下运回仓库保管。毛管选用单翼迷宫式滴灌带，规格为 ϕ16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。

滴灌系统一次性投入（材料费）280 元/亩，以后每年更换滴灌带等投入 110 元/亩。

5.3.3 滴灌模式下的栽培模式

1、栽培模式

膜下滴灌大豆可以起垄、宽窄行、条播或点播种植，行距配置为 30cm + 60cm 或 20cm+40cm+20cm+60cm，平均行距 90cm 或 140cm，株距 6～7cm，播量每米

下籽 18～20 粒，种子在播种沟分布均匀，减少断条，要求覆土严密，镇压确实。

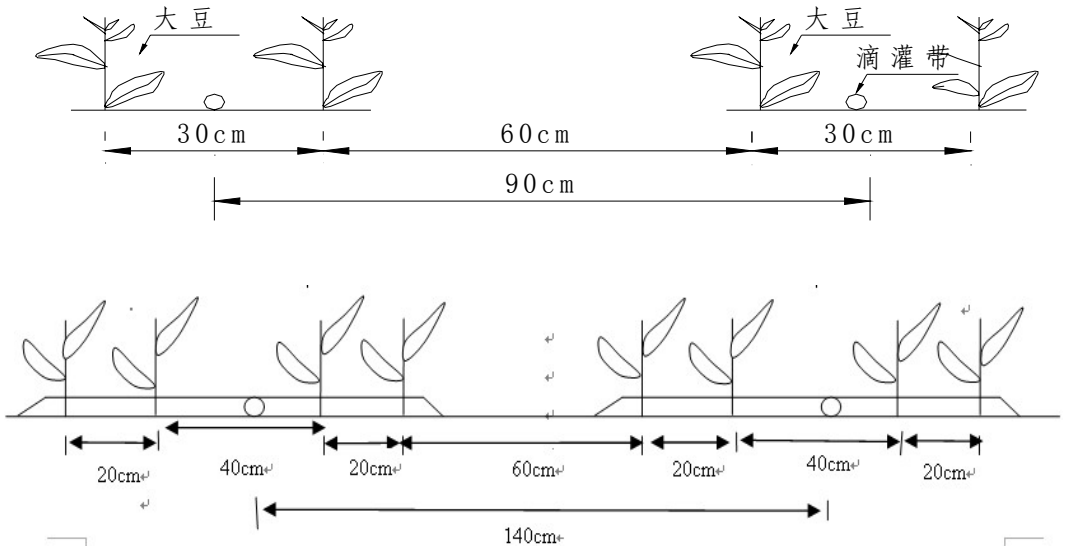


图 5.9　大豆种植及滴灌带铺设模式



图 5.10 大豆膜下滴灌田间情况

2、播种模式

机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成。

机械条播：是目前普遍使用的一种方法，可覆膜、施肥、铺滴灌带一次性完成。播种时可不带种肥，在随后的灌水灌溉中随水将肥料施入。

5.3.4 田间管理

（1）疏苗匀苗

在 2 片复叶期，实行人工间、匀苗逐行拔掉双苗，留单苗。做到匀留苗、留壮苗。

（2）中耕松土除草

苗期中耕 1 次，耕深 15 ~ 18cm；定苗后，3 ~ 4 片复叶，进行第二次中耕，耕深 18 ~ 20cm。生长前期人工除草 1 ~ 2 次。

5.3.5 灌溉管理

播种后要及时滴出苗水，有利于达到一播全苗。苗期和成熟期灌水定额为 20 ~ 25m^3/亩，灌水周期为 7 ~ 10d；花荚期和鼓粒期灌水定额为 25 ~ 30m^3/亩，灌水周期为 5 ~ 7d，整个生育期灌水 11 ~ 13 次，灌溉定额为 260 ~ 300m^3/亩。大豆从开花到成熟期要保持窄行间湿润，不能出现土表干旱裂缝。当午后 14:00 ~ 15:00 点，植株上部叶片翻背，叶色暗绿，应及时灌水。对早熟、中早熟品种，由于植株生育期短，在开花初期可灌头水，以促苗早发。

5.3.6 施肥技术

可溶于水的肥料在全生育期随水滴施，肥料可随水流直接输送到根系部位，利用率高，易被作物吸收。大豆苗期，随水滴施尿素 5kg/亩，磷酸二氢钾 1 ~ 2 kg/亩。在盛花期至结荚期滴施 2 ~ 3 次，尿素 6 ~ 8kg/亩，磷酸二氢钾 2 ~ 3 kg/亩。对于长势较旺的豆田可于大豆 4 片复叶及花期用多效唑控制参考施用量 15 ~ 20g/亩随水滴施，以防倒伏。

5.3.7 大豆营养失衡症状及病虫害的防治

(1)大豆营养失衡症状

①缺氮

大豆缺氮植株生长矮小，分枝少，叶色淡呈浅绿或黄绿，色泽均一，尤其是基部叶片下部叶片先黄。

②缺磷

大豆缺磷开花后叶片出现棕色斑点，种子小。严重时茎和叶均呈暗红色，根瘤发育差。

③缺钾

大豆缺钾 5 ~ 6 片即出现症状。中下位叶缘失绿变黄呈“金镶边”状。老叶脉间组织突出皱缩边缘反卷，叶柄变棕褐色。结荚稀瘪荚瘪粒多。

(2)病虫害防治

常见大豆病害为菌核病，从幼苗到成株均有发生,防治方法可在发病始期,喷

洒菌核净 500 倍液,或 50%多菌灵 500 倍液,以喷洒下部茎叶为主。

危害大豆最严重的害虫是叶螨，要做到早发现与早防治,以点片防治为主。可用螨净等其它杀螨类农药防治。

5.3.8 收获及脱粒

(1)人工收获

在大豆黄熟期 70%～80%叶片脱落，茎荚呈草枯色，种粒已与荚壁分离，种子达到半干硬，以手摇动植株有响声时即可收获。

(2)机械收获

在收获前应先人工收回滴灌带，整理好以备工厂回收。当豆叶基本落净，豆荚全干时，在上午 11:00 时前或下午 6:00 后将联合收割机割台下降前移，割茬为 4～5cm。为防炸荚豆粒外溅，可在木翻轮上增钉帆布袋、橡皮条或改装成偏木翻轮，另外加高挡风板，将滚筒转速调整为 500～700 转/分钟，力争把收获损失率降到 1.6%以下，破碎率降到 4%以下。

5.3.9 膜下滴灌效益

在通辽市、新疆石河子及内蒙古种植的滴灌大豆，其中石大豆 3 号，平均单产 330kg/亩；绥农 14 号，平均单产 310kg/亩；农大 9419，平均单产 300kg/亩。节水 40%,增产 30%以上,每亩增收 200 元左右。



图 5.11　膜下滴灌大豆丰收

5.4 马铃薯膜下滴灌典型实例（实例地点：内蒙古乌兰察布市）

5.4.1 基本情况

乌兰察布市是内蒙古的马铃薯主要的种植区，该地区土地较平整肥沃，集中

连片，光热资源丰富，水资源条件较好，适宜农作物的生长，海拔高程在 1390m 左右。

（1）土壤情况

土壤以冲积栗钙土、淡栗钙土为主，自然条件较好，土层厚，养分含量高，水利条件较好，熟化程度高，有机质含量 1.802%，全氮 0.1148%，碱解氮 74PPM，速效磷 1.7PPM，速效钾 143.2PPM，碳氮比 9.25。

（2）气象水文

项目区多年平均降雨量在 270mm 左右，集中在 7-9 月份，约占全年降雨量的 78%左右，年均气温 3.4℃，多年平均最高气温 25.6℃，最低气温-22.3℃，≥10℃年积温为 2298.8℃，无霜期平均为 107d 左右，多年平均蒸发量为 2500mm 左右。最大冻土深度 2.68m。灌溉季节风力平均 2-3 级，主风向为西北风。

（3）水源情况

灌溉用水基本全部采用地下水，境内由于降水稀少，河流已断流。

5.4.2 种植前准备工作

（1）整地施肥

选择具有有机质含量较高、土层深厚的沙壤质土壤，地下水埋藏深，无盐碱，排灌良好.切忌低洼易涝地块。且三年以上轮作，不和茄科作物重茬，前茬选择小麦、玉米、大豆最好。

前茬作物收获后及时进行秋深翻，耕深要大于 30cm，结合施基肥，播前用旋耕机仔细旋耕，达到 15cm 表土层细碎均匀，便于覆膜。

（2）种子处理

1）选用良种：根据生态条件，因地制宜选用高产、优质、适应性及抗病性强的优良品种。

2）精选种子：选择高产、抗病、优质加工型马铃薯品种：大西洋、夏波蒂、费乌瑞它等品种，级别为原种、原原种或微型小薯,纯度 99%以上,无病毒病害。

3）种子处理：应用 100g 杜邦 g 露、1kg 多菌灵、100gg 百威和 5kg 滑石粉混合进行种薯的处理，每次可处理 1000kg 种薯，处理方法是将所有药粉和滑石粉搅拌均匀后进行拌种，若种薯表皮干燥可适当喷雾后再拌种。

5.4.3 滴灌系统模式

（1）系统组成

滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成。

1）水源：为井水，过滤系统采用离心+网式的组合过滤器，过滤精度 120 目，施肥装置采用压差式施肥罐，容积根据系统地块大小而定。

2）输配水管网：干管一般采用ϕ160、ϕ110 的涂塑软管或消防软带，支管铺设在地面，为可拆卸薄壁软管，灌溉时连接软管通水灌溉，灌溉结束后可拆下运回仓库保管。毛管选用单翼迷宫式滴灌带，规格为ϕ16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。

（2）系统投资

滴灌系统一次性投入（材料费）300 元/亩，以后每年更换滴灌带等投入 100 元/亩。

表 5.4　马铃薯膜下滴灌系统投资

序号	名称	规格	单位	数量
1	首部过滤器	离心+网式	套	基本是每 200 亩地一套
2	干管	ϕ160、ϕ110	mm	每亩地 10m 左右
3	支管	ϕ63、ϕ75	mm	
4	滴灌带	ϕ16×300×0.2mm	mm	600～800m
5	其他配件		套	1

5.4.4 膜下滴灌的栽培模式

（1）栽培模式

1）薯块准备：播前 20d 左右催芽，机播芽长 0.5cm 以内，播前 2~3d 进行切块,每块有芽 2 个左右,并清除病烂薯。薯块大小在 30~50g 为宜。当气温稳定通过 7~8℃时及时播种。确定一膜一带双行大小垄种植，滴灌带间距 120cm，行距配置为 90+30cm,株距费乌瑞它、夏波蒂 28cm,大西洋 22cm,一般亩种植 4000~5000 株为宜。薯块种植在滴灌带两侧，深度不超过 12cm，对于 2g 以下的微型薯播深 2　3cm。

2）种植模式：①67cm 等行距种植；②一膜一带双行大小垄种植，行距配置为 90+30cm（见图 5.12），一般亩种植 5000~6000 株为宜。薯块种植在滴灌带两侧，深度不超过 12cm，对于 2g 以下的微型薯播深 2~3cm。

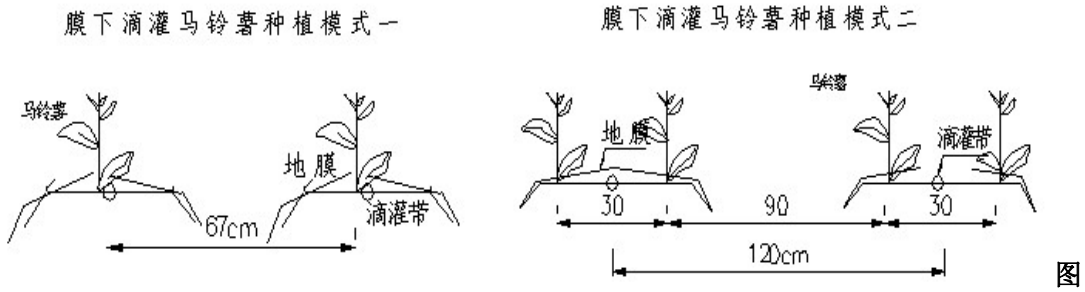


图 **5.12　马铃薯膜下栽培种植模式**

（2）播种模式

机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成（图 5.13）。

机械条播：是目前普遍使用的一种方法，可覆膜、施肥、铺滴灌带一次性完成。播种时可不带种肥，在随后的灌水灌溉中随水将肥料施入。



图 5.13 马铃薯起垄、铺膜、铺带一次完成，田间马铃薯长势喜人

5.4.5 田间管理模式

（1）施肥管理

在早春整地时结合土地旋耕,亩施 1500~2000Kg 腐熟的优质农家肥及复混肥料,磷肥在膜带铺设的同时集中施入,氮肥和钾肥可全部在灌溉的同时随水滴入。全生育期亩施肥这总量 20kg（纯量）,配合比为 1:0.8:1.50。氮肥施用量苗期 30%、花期 50%、后期 20%；钾肥施用量苗期 30%、花期 25%、后期 45%。为了获取

高产，生产中应用 15%多效唑，喷施浓度 60~90MG/L，在蕾期、初花期均匀喷在茎叶上，可抑制植株徒长，使植株健壮不倒伏。膨大素在蕾期均匀喷在茎叶上，可增产 10　20%。

（2）灌溉管理

出苗后视幼苗的生长状况和天气及时进行滴灌，灌溉周期可控制在 5-10d。全生育期滴水 13 次，滴灌水量 200m^3/亩左右，每次滴水量 10~18m^3/亩，使土壤持水量苗期 60%左右，团棵期 70%左右，块茎增长期 80%左右，末期 60%左右。现蕾至开花期是块茎增长期不可缺水缺肥，因此在水肥管理过程中，需要在土壤水分不缺的情况下，进行滴水追肥。

（3）田间管理

1）除草：出苗前后要及时进行杂草防治，最好采用化学防治的方法，在杂草 4 叶期前每亩用宝成 10~15g 加水 30L 对地表进行均匀喷雾，一般两次即可有效地防止杂草的危害。

2）中耕：现蕾前要及时进行中耕，将膜间空地中耕松土，促进膜下土壤气体交换和幼苗根系发育。

3）培土：现蕾后初花期要及时进行土，培土可分次进行，最终培土厚度要达到 10cm 以上。

（4）病虫害防治

1）危害马铃薯的主要虫害有：蛴螬、金针虫、地老虎以及蚜虫，前三种害虫可用每亩用 3Kg 克百威或 2Kg 地虫清和农家肥或基肥混拌均匀后随肥施入防治，蚜虫主要是引起马铃薯病毒退化的主要媒介，可在苗期至封垅前，用扑杀蚜或增效氧化乐果 2000 倍液，每亩 30~45L 对植株进行均匀喷雾，3~5 次既可有效防治蚜虫的危害。

2）马铃薯的常见病害主要有晚疫病、早疫病、黑茎病、环腐病、青枯病、病毒病、疮痂病等。对晚疫病的防治，首先要进行种薯处理，在苗期至现蕾前用杜邦克露 500 倍液对幼苗进行均匀喷雾，现蕾后每隔 7~9d 用杜邦克露和抑快净（或易保）进行交替喷雾防治，一般 7~9 次可有效防治晚疫病；早疫病的防治方法在盛花及植株生长后期用 600 倍达科宁液每亩 30~45L 均匀喷雾；对病毒病的防治首先消灭传毒媒介—蚜虫，其次高温季节进行滴水降低土壤温度和补充水

分；合理的轮作倒茬可减轻疮痂病发生。

5.4.6 收获

在播种后 60~65d，当茎叶由绿变黄，并逐渐枯萎时收获，选土壤不潮湿天气晴朗的日子收获，收获后薯块要按要求整理并充分干燥后再入窖。在晾晒干燥的过程中要严格防止霜冻。同时收获前 1 周应将滴灌系统的支管、辖管、闸阀拆收。滴灌带拆收后及时冲洗干净，盘卷入库以备下年使用。

5.4.7 马铃薯膜下滴灌效益

（1）节水

膜下滴滴灌水均匀，只湿润根系土壤，既隔断了膜下土壤的水分蒸发，又使得大行距间能够长期处在低水分状态，所以能把蒸发、深层渗漏和地表径流流失降到最低，有效地提高水分利用率，试验示范结果表明，2005 年，马铃薯全生育期滴灌用水 160 m^3/亩，渠系灌溉用水 320 m^3/亩，节水达 50%，亩节水 160 m^3；滴灌的水分生产率为 6.37 Kg/m^3，渠系灌溉的水分生产率为 2.95 Kg/m^3，水分生产率提高 3.38 Kg/m^3。见表 5.5。

表 5.5　马铃薯膜下滴灌与渠系灌溉用水量和产量比较

灌溉方式	次数 (次)	用量 (m3/亩)	产量 (Kg/亩)	水分生产率 (Kg/m3)
渠系灌溉	6	320	1850	2.95
膜下滴灌	13	160	2476.5	6.37
比　较	+7	-160	+626.5	+3.38

（2）节肥

滴灌追肥可将水溶性肥料均匀施入作物根际，便于作物吸收，同时减少土壤固定、挥发、地表径流及深层渗漏的肥料流失，并且均匀一致。充分发挥肥料效益，和渠系灌溉比较可在基本相同的施肥水平上提高产量 626.5Kg/亩，提高化肥利用率 16.3~18.7%。详见表 5.6。

表 5.6　膜下滴灌与渠系灌溉肥料利用比较

灌溉	肥料用量(Kg/亩)	肥料成本	产量	化肥利用率(%)

方式	N	P2O5	K2O	(元/亩)	(Kg/亩)	N	P2O5
渠系灌溉	16.7	8.0	4.5	133.0	1850	31.4	21.3
膜下滴灌	16.23	8.90	5.63	134.5	2476.5	50.1	37.6
比较	-0.47	+0.9	+1.13	+1.5	626.5	+18.7	+16.3

（3）增产效果

膜下滴灌夏波蒂和费乌瑞它微型薯产量结果见如表 5.7。

表 5.7　膜下滴灌与渠系灌溉产量产值比较

品　种	膜下滴灌 (Kg)	渠灌 (Kg)	亩增产 (Kg)	增产率 (%)	增收 (元/亩)
夏波蒂	2476.5	1850.0	626.5	34	553.85
费乌瑞它	3483.0	2296.0	1187.0	51.7	1899.2

由表 5.7 可以看出膜下滴灌夏波蒂原种亩增产 626.5Kg，增产 34%；费乌瑞它微型薯亩增产 1187Kg，增产 51.7%；按夏波蒂 0.90 元/Kg（商品），费乌瑞它微型薯 1.60 元/Kg（种子）计，夏波蒂亩增收 553.85 元，费乌瑞它亩增收 1899.20 元。



图 5.14　马铃薯膜下滴灌获丰收

5.5 加工番茄膜下滴灌典型实例（实例地点：新疆石河子）

5.5.1 种植前准备工作

（1）播前喷施除草剂及整地

选择与马铃薯、茄子、辣椒等不重茬的耕地，秋收后进行灭茬，清理残膜，有条件可撒施基肥，每亩施腐熟厩肥 3000kg。耕后用平地机对角平地，整地达到表层土壤松、平、齐、净、碎。为了控制杂草，一般在整地前喷洒 48%氟乐灵或都尔乳油 100~130ml/亩，喷后立即整地。

（2）播种期

在气候许可范围内宜早播种，当 10cm 土壤温度 12℃以上，即可播种，直播适合于大田栽培，一般石河子地区正常播种期在 4 月 10~15d。

（3）加工番茄品种选择

选择果实鲜红，番茄红素含量在 10mg/100g 以上，可溶性固形物含量达到 4.5％以上，果实红熟一致，无青肩、病斑、黄晕及烂果，果实硬度好便于运输，无支架栽培，丰产性好，抗病能力强的品种。目前主要有以下几种:

1）里格尔 87-5:早熟品种，地膜覆盖栽培从播种到成熟需 86d，植株较矮，平均株高约 55~60cm，分枝性强，平均单果重 63g 左右。该品种适应性广，使用较多。

2）石番系列：石番 4 号、石番 20 号（直立）等品种。

3）屯河品种：果实形体较大，果皮较厚，果实抗裂抗压性强，耐贮运，耐挤压。

4）美国亨氏品种：杂交番茄品种 H9280，成熟较早，圆形果，果形较大，单果重 60~70g，果实抗裂抗压性强，耐贮运，抗病性强，成熟度集中，长势较旺，是有利于机械化采收的品种。

（4）种子处理

为了防治早期病害，播种前用 70%代森锰锌进行拌种，药剂量为种子量的 0.2%，对已处理的种子和包衣的种子，可不进行处理直接使用 。

5.5.2 滴灌系统模式

（1）系统组成

滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成。

（2）水源工程

采用渠道供水，首部过滤系统采用砂石+网式过滤技术，砂石过滤器采用 2~4 mm 石英砂作为过滤介质，网式过滤目数通常采用不低于 120 目的不锈钢滤网。

（2）田间输配水管网

地下采用公称压力为 0.4Mpa 的 PVC 管，地面为薄壁支管+辅管+毛管的形式，滴灌带选用一次性滴灌带，壁厚一般为 0.2mm，规格为ϕ16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。每个辅管为一个灌水小区。

5.5.3 滴灌模式下的栽培模式

（1）种植模式

1）一膜一管两行模式（见图 5.15、5.16）:

①40cm+80cm 滴灌带间距 1.2m

②40cm+100cm 滴灌带间距 1.4m（人工采摘、机采番茄通用模式）

③40cm+112cm 滴灌带间距 1.52m（人工采摘、机采番茄通用模式）

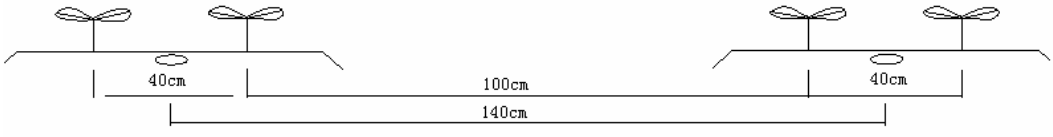


图 5.15 加工番茄种植及滴灌带铺设模式



图 5.16 加工番茄膜下种植及田间滴灌带铺设

2）一膜一管四行模式:

20cm+40cm+20cm+60cm 滴灌带间距 1.4m。

3）一膜两管四行

20cm+40cm+20cm+60cm 滴灌带平均间距 0.7m。

（2）播种

机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成（见图 5.17）。

1）机械膜上点播：一穴 5~8 粒。播量为 80~100g/亩，播种深度 1.5~2cm。

2）机械条播：是目前普遍使用的一种方法，可覆膜、施肥、铺滴灌带一次性完成。播种时可不带种肥，在随后的灌水灌溉中随水将肥料施入。



图 5.17　机械条播

3）人工点种：提前整地，在铺滴灌带、覆地膜一次性完成后，人工在地膜上按株距划十字口播种，人工点种按 25~30cm 株距，每穴点种 3~4 粒，覆土深度 2~3cm，每亩用种量 100g 左右。

5.5.4 田间管理模式

（1）苗期管理

直播后根据土壤墒情滴 10~15 m^3/亩出苗水后 7 至 10d 就可出苗，经常按行检查出苗情况，将地膜放苗口封好，以保墒护根。2~3 片真叶时间苗， 4~6 片真叶时定苗，每穴留苗一株，如有缺苗断垄现象，可在旁边留双株，以便随水及时移栽补苗。亩保苗 3550 株左右，亩收获株数 2800~3200 株。

（2）生长期管理

开花前期中耕一次，深约 15cm，以提高地温，除杂草，促进根系生长。果实对植株生长的抑制作用很大，应加强肥水管理。在开花坐果期适当控水，结合追肥滴催果水肥。进入果实膨大期，应视天气及土质情况灌水，防止土壤忽干忽湿，以减少裂果发生。

（3）移栽栽培

育苗移栽播种期要比直播播期提前 50~60d，3 月上旬播种，4 月上旬分苗，4 月底或 5 月初定植，苗龄 50~55d。育苗栽培可以抵御早春低温和霜冻危害，增加丰产的稳定性。

1）播种床处理：苗床应选择地势高，水源方便的田块或温室大棚，以东西走向为宜。要选用肥沃、疏松、无病菌、无杂草的床土。用松软的壤土与腐熟牛粪，以 3:1 的比例均匀，并加入 2％~3％的过磷酸钙和 3％~5％的草木灰。

2）种子处理：用 55~60℃温水将种子浸泡 15 分钟后，放入 1/500 高锰酸钾溶液中浸泡 1h，或用 10％磷酸三钠水溶液浸种 20 分钟。处理后的种子，需用清水冲洗干净，然后放入清水中浸泡 8~9h，种子捞出用纱布袋装好放在 25~28℃的温度下催芽，至大部分露白即可播种。

3）苗期管理：出苗前苗床温度以 25~28℃为宜。出苗后，降低床温，夜温保持在 12~15℃。当苗龄 30d 左右，秧苗达 5~6 片真叶时就可定植。定植前 15d 苗床要降温控水，通风量要逐步加大，以锻炼秧苗适应露地的栽培气候。

4）育苗移栽期田间管理：番茄定植时间最好在晚霜过后，地温稳定在 12℃以上，一般在 4 月下旬到 5 月上旬，定植时将不同长势的苗分开定植，便于弱苗升级。移栽时要以轮灌小区为单位集中移栽，移栽前灌水，移栽时即移即灌，栽后 12h 灌缓苗水。

（4）灌溉管理

1）灌水：加工番茄滴灌栽培全生育期灌溉定额总量为 230 m^3/亩左右。膜下 5~10cm 地温达到 12℃以上时灌出苗水 15 m^3/亩左右，以苗齐、苗壮、苗匀为标准；生长期灌水水从 5 月上旬开始，8 月 5~10 日左右停水。

2）全生育期灌水 9~13 次，一般灌水时间和用量:

5 月份灌水 1~2 次，12~15d 一次，灌水量 10~15m^3/亩;

6 月份灌水 3~4 次，6~8d 一次，灌水量 15~20m^3/亩;

7 月份灌水 3~4 次，6~8d 一次，灌水量 15~20m^3/亩;

8 月份灌水 1~2 次，7~10d 一次，灌水量 10~15m^3/亩;

（5）施肥技术

基肥可施三料过磷酸钙或磷酸二铵。采用膜下滴灌技术，加工番茄所施有机肥可全部随水滴施，使化肥通过滴灌系统直接进入加工番茄根区，达到高效利用的目的。滴灌实施水肥同步，“少食多餐”，按加工番茄生长发育各阶段对养分需要，平衡供应。从出苗（定植）水到最后一次水前，每次灌水都随水滴施（11 次左右）。除氮、磷、钾以外，在初花期还要随水滴施一次硝酸钙，亩用量 2kg/亩左右，以预防因缺钙引起的生理性病害（见表 5.8）。

表 5.8　加工番茄各生长时期施肥表 (单位：kg/亩)

生长时期	N	P2O5	K2O	Ca
2 片真叶	0.3	2.0	1.15	0.81
3 片真叶	1.0	2.0	0.6	1.63
5-6 片真叶	1.4	1.1	0.6	1.95
初花期	1.8	1.1	0.6	2.28
盛花期	1.8	0.8	0.46	2.28
结果初期	0.52	0.8	1.5	0.81
结果盛期	0.52	0	1.5	1.62
第 1 次采收后	0.3	1.09	1.5	0.81
总计	7 .64	8.89	7.91	12.19

（6）生长调节剂使用

加工番茄为有限生长类型，生长期间不需打顶，原则上不需化学调控。但加工番茄生长势较强，营养生长期和生殖生长期易徒长，主要选用烯效唑随水滴施。营养生长期用量 3~5g/亩，生殖生长期用量 8~10g/亩。在加工番茄盛花期和坐果初期，为防止落花落果，还可以使用番茄灵（防落素 PCPA）。

（7）病虫害防治

1）几种虫害及防治:

①小地老虎：小地老虎又叫土蚕（地蚕）、切根虫。幼虫聚集在番茄心叶或

嫩叶处咬食，将叶片咬成小孔或缺口。幼虫长大后，钻入土壤表层，在夜间活动，咬断幼苗，造成缺苗断垄。

防治：①早春在成虫大量产卵之前，及时铲除地头杂草，集中烧毁，消灭虫源。②人工捕捉：发现小地老虎为害症状时，可在早晨拨开断苗附近的表土，捕捉幼虫。③灌根：可用 50%辛硫磷乳油 1000 倍液灌根随水滴灌，可防治。

②蚜虫：蚜虫一般多集中在地子背面，吸食汁液，使叶片变黄，叶面皱缩，除此外，还传播多种病毒病。

防治：①及时清除田间杂草，残枝病叶。②利用黄板诱杀，每亩以 4~6 块为宜。③药剂防治：用 50%避蚜雾（抗蚜威）可湿性粉剂 2000~3000 倍，或选用 21%灭杀毙乳油 6000 倍液、或 2.5%d 王星乳油 3000 倍液喷洒。

③棉铃虫：棉铃虫以幼虫蛀食番茄果实并引起病害侵入而腐烂。

防治：①实行冬耕冬灌，消灭越冬虫蛹。②保护 d 敌。常见 d 敌有 20 余种，如草蛉、瓢虫、捕食蝽、卵寄生蜂等。③用药剂消灭幼虫。幼虫在 3 龄前抗药性差，故应在此之前用药。当第一穗果长至拇指大时，每隔 7d 打一次药。选用 21%灭杀毙乳油 6000 倍液、或 50%辛硫磷乳油 1500 倍液喷洒。

2）几种病害及防治：

①早疫病防治：温度高，湿度大时，易发病，此病大多在结果初期开始发病，结果盛期发病较重。

防治：①要与非茄科作物实行 3~4 年轮作倒茬。②加强田管，避免田间低洼、积水，多施磷钾肥，提高植株抗病性。③种子消毒：用 55~60℃的温汤浸种 30 分钟，或用 10%硫酸铜溶液浸种 10 分钟，取出后移入石灰中浸一下，然后再播种。④药剂防治用 1:1:150~200 的波尔多液，或 50%甲基托布津 700~1000 倍液，或 70%百菌清 600 倍，每隔 7~10d 喷一次，连续喷 3~5 次。

②晚疫病防治：晚疫病可为害幼苗、茎、叶或果实，以叶和青果受害重。

防治：①实行轮作倒茬。②加强田间管理，合理密植。③药剂防治用 64%杀毒矾 400~500 倍液，或 58%甲霜灵 600~800 倍液，或 1:1:150~200 波尔多液，或 50%百菌清 200 倍液。

③病毒病：一般有蕨叶型、条斑形和花叶型。高温、干旱的条件下及蚜虫活动频繁则易于染病，邻近马铃薯和黄瓜地块的病重，田间各项农事操作接触传播

病毒。

防治：一般采取综合措施，以防为主。①清除杂草，不与茄科和瓜类连作。②从苗期开始彻底防治传毒蚜虫。③选用抗病品种。如“里格尔 87-5”等。④在进行田间管理操作时，如接触过病株的手，要用肥皂水反复洗擦，刀剪等工具浸于10%福尔马林中消毒后再用。⑤种子消毒处理用10%磷酸三钠溶液浸种30　40分钟，或用0.1%高锰酸钾浸种30分钟。⑥在发病初期用1.5%植病灵剂1000倍液，或20%病毒A500倍液，或1000倍高锰酸钾液叶面喷施。

④枯萎病防治：土壤温度在28℃时最适于本病发生，过高或过低则抑制病害发生。土壤潮湿粘重，透水性差，植株长势弱，则发病重。

防治：①实行3~4年轮作倒茬，多施磷钾肥，增强植株抗病性。②种子消毒处理用50%多菌灵（500g水+1g多菌灵）浸种1h，或用0.1%硫酸铜浸种5分钟，洗净后催芽。③用四基硫菌灵悬浮剂500倍叶面喷根，每隔7　10d一次，连续3~4次。

⑤脐腐病防治：脐腐病是一种生理性病害。发病原因主要有：生长期间水分供应失常；植株缺钙，致使脐部细胞产生紊乱：土壤偏施氮肥；施入未腐熟有机肥或施肥过多，引起烧根等。

防治措施：①保持土壤水分的相对稳定。适时浇水，防止土壤忽干忽湿。②初花期随水滴施硝酸钙2Kg/亩。

⑥番茄溃疡病：番茄溃疡病是一种维管束病害，在番茄整个生长期均可发生，田间一般在现蕾后开始显症，多在成株期发病。

防治措施：①加强检疫。②使用无病种子。③非茄科类作物轮作3年以上。④种子消毒，用0.8%醋酸溶液浸种4d；或用1%次氯酸钠浸种30分钟；或用70℃恒温箱干热处理种子3~4d等。⑤及时拔除病株，对病穴用300倍福尔马林或200mg/kg的链霉素消毒，也可直接喷洒到病株防治。

⑦日烧病防治：日烧病多发生在果实膨大期，果实向阳而长时间受强光照射后，呈白色的革质状，并有凹陷，失去商品价值。

防治：①在进行田间操作翻秧时，最好避开晴天的中午，宜在傍晚进行。②及时灌水，在结果期保持土壤湿润。③结果期，叶面喷施0.1%硫酸锌液或0.1%硫酸铜液，以提高抗热性。

5.5.5 采摘

（1）人工采摘

1）加工番茄从开花到果实成熟约需 40~50d。成熟果要及时采收，否则会继续消耗植株养分，影响后期果实的发育及成熟。

2）采摘前必须制定严密的管理制度，包括组织机构，计划数量，运输车辆拉运等。

3）第一遍采摘时，注意不要翻秧，以免折断植株影响后期果实正常发育。

4）不要在下雨时采摘，防止枝叶受损，病害传播，运输腐烂。

5）必须要有计划的采摘，不能采收过勤，一般采摘 3~4 次为宜。

6）采摘的果实应做到无病虫果、烂果、青黄果、未成熟果，以免降低品质。

（2）机械采摘

采用加工番茄联合采摘机械进行采摘（见图 5.18）。



图 5.18　加工番茄丰收与机械化采摘

6、膜下滴灌加工番茄效益

一般情况下膜下滴灌加工番茄：节水 55.6%，节肥 22%。膜下滴灌栽培番茄产量达到 6.4t/亩，传统灌溉产量为 4.8t/亩，产量增加 1.6t，增产幅度 33.3％。亩产值较传统灌溉 1152 元/亩增加 384 元/亩。利润：膜下滴灌 479.00 元/亩，较传统灌溉 206.3 元/亩增加 272.7 元/亩。

5.6 辣椒膜下滴灌典型实例（实例地点：内蒙古通辽市）

5.6.1 基本情况

辣椒的大面积种植主要集中在我国的新疆和内蒙古地区，其提取的红色素是化妆品的主要原料。下面我们就内蒙古通辽地区的辣椒生产种植情况作一典型实例分析。

通辽的辣椒种植区，地理位置为东径 120°25′36″~121°50′13″，北纬 43°18′32″~44°09′43″，地处西辽河冲积平原区，地貌特征为地势平坦、开阔，自然地势西北高东南低，自然比降在 1/1200~1/1500 之间，海拔高程为 205.4m~206.7m。

（1）土壤情况

建设区土壤类型属灰色草甸土和风沙土，土壤容重 1.31~1.50g/cm^3,田间持水量 17～31%,土壤有机质含量大于 1.2%，适宜种植大田作物和经济作物。植被为温带半干旱草原植被，由于人为活动使自然植被遭到破坏，成为次生植被，类型为半干旱草原植被。

（2）气象水文

多年平均降雨量 326.8mm，年内分配极不均匀，主要集中在 6~8 月份，占全年总降雨量的 70%。年蒸发量为 2078.5mm（20 皿），是降雨量的 6 倍。年日照总时数为 3000h，平均气温 5.9℃，最大冻土层深度 1.5m，无霜期 144d 左右。多年平均风速 3.8m/s，大于 8 级风日数 20d，主要集中在春季 3～5 月。

根据建设区已有深井水水质检测报告结果，该区地下水为矿化度 0.326~0.794g/L，化学类型为 HCO_3～NaCaMg 型，PH 值 7.0~8.5 之间，灌溉系数为 6.4~56.4，大于 1.2，各建设指标均符合《农业灌溉水质标准》GB5084-2005 的要求，该水适合农业灌溉。

（3）水源情况

灌溉用水基本全部采用地下水。

5.6.2 种植前准备工作

（1）整地施肥

在翻地前每亩施入腐熟有机肥 2500kg，施用过磷酸钙 15~20 kg，氯化钾 6~8kg,尿素 5kg，随水灌施。耕地翻深 13~17cm，耙地达到土地平整、疏松，土块细碎的待播状态。

（2）种子处理

1）选用良种：根据生态条件，因地制宜选用高产、优质、适应性及抗病性强的优良品种。

2）精选种子：目前大面积种植的品种有谊都椒、金塔椒和红安 6 号及西北农林科技大学的线椒 8819、981 及 2001 等。

3）种子处理：对辣椒品种在播前进行浸种，通过种子水选，将不充实的种子除去，在 25~30℃温水中浸种 7~8h 催芽，以使辣椒顺利出苗。

5.6.3 滴灌系统模式

（1）系统组成

滴灌系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器及控制、量测和保护装置等组成（见表 5.9）。

1）水源：为井水，过滤系统采用离心+网式的组合过滤器，过滤精度 120 目，施肥装置采用压差式施肥罐，容积根据系统地块大小而定。

2）输配水管网：干管一般采用ϕ160、ϕ110 的涂塑软管或消防软带，也可以用硬 UPVC 管和 PE 管作为干支管，埋于地下 80cm 以下，不能影响田间耕作，并做好秋季泄水装置，以免冬季冻坏管道。支管铺设在地面，为可拆卸薄壁软管，灌溉时连接软管通水灌溉，灌溉结束后可拆下运回仓库保管。毛管选用单翼迷宫式滴灌带，规格为ϕ16×300×0.2mm，额定工作压力 0.1Mpa。

表 5.9　辣椒膜下滴灌系统组成表

序号	名称	规格	单位	数量
1	首部过滤器	离心+网式	套	每 200～300 亩地一套
2	干管	ϕ160、ϕ110	m	每亩地 10m 左右

3	支管	ϕ63、ϕ75	m	是具体情况定
4	滴灌带	ϕ16×300×0.2mm	m	1000m
5	其他配件		套	1

（2）系统投资

滴灌系统一次性投入（材料费）300 元/亩，以后每年更换滴灌带等投入 100 元/亩。

5.6.4 滴灌模式下的栽培模式

（1）栽培模式

目前大田一般采用机械直播栽培和育苗移栽两种播种方式。

1）直播栽培：可利用经过改造的播种机一次性完成覆膜、施肥、铺滴灌带、播种等工作，采用 1 膜 1 管 2 行，地膜宽度 50cm（见图 5.19、5.20）。当田间 10cm 地温达到 12℃以上就可播种，通辽地区一般在 5 月 5 日~25 日左右，以滚筒式播种机破膜点播，播行宽幅 95+30cm，穴距 15cm 左右，

辣椒苗出齐后，要及时放苗，并进行第一次中耕，深度 10cm 左右。随其生长到 2~3 片真叶时间除弱苗、病苗，至 4~5 片真叶期定苗，每穴留 2 株壮苗。定苗时将多余的苗和草拔掉。

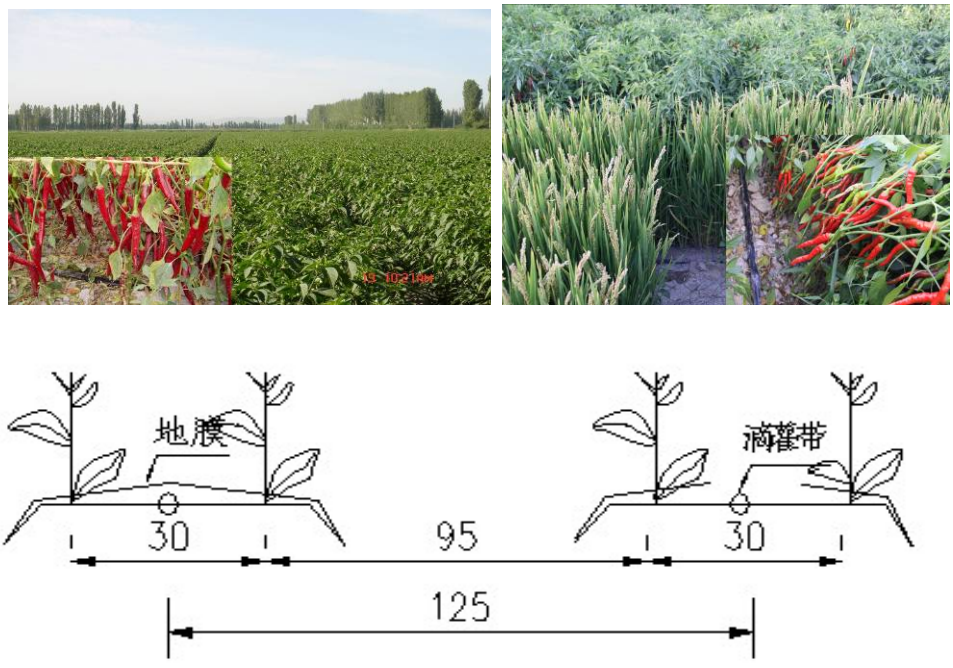


图 5.19　辣椒膜下滴灌种植模式

2）育苗移栽:

①育苗: 育苗栽培可以抵御早春低温和霜冻危害，增加丰产的稳定性。播期一般比直播提前 40~60d，育苗期为 80~90d。一般在温室大棚内 3 月上旬播种，4 月底或 5 月初定植，可比直播提前 15~20d 采收；用秧盘基质育苗，移栽时根部带土便于机械移栽也更有利于植株生长，缩短辣椒缓苗期。在育苗前期及中期以促为主，到定植前 10~15d，通过逐渐降温、适当控制水分等措施锻炼幼苗，双株分苗时应大、小苗分别配对，避免大苗对小苗的生长造成不良影响。

②移栽定植: 定植前应完成铺滴灌带、覆地膜等工作。定植前一天亩灌水量 10~20m^3，以保证膜下土壤湿润，定植时边栽苗边灌水，以便于水分能充分供应。将不同生长势的苗分开定植，将土埋至子叶节以下，长苗采用卧栽，即将苗卧放在定植穴内，将茎下部几节埋上，以促进根系扩大，缩短缓苗期，栽苗后，应将土稍镇压，一般 7d 后再灌一次缓苗水，水量 15m^3/亩左右。

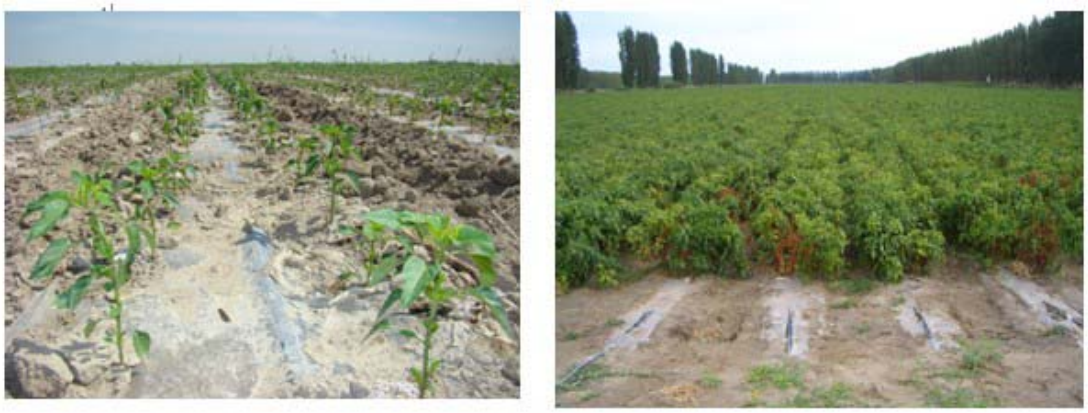


图 5.20　辣椒膜下滴灌种植田间生长情况

（2）播种模式

机械播种前应对播种机具进行全面维修调试，并安装好滴灌带铺设装置，根据种植模式调整好间距，使播种机达到最佳待播状态。播种时铺带、覆膜、播种一次完成。

机械条播: 是目前普遍使用的一种方法，可覆膜、施肥、铺滴灌带一次性完成。播种时可不带种肥，在随后的灌水灌溉中随水将肥料施入。

5.6.5 田间管理模式

（1）灌溉管理

5 月下旬灌第 2 水，水量可控制在 20~25m^3/亩左右；当辣椒有部分植株现蕾时，可灌水 20~25m^3/亩左右并灌肥；进入 6 月中旬，辣椒开始进入初花期随后挂果，气温较高，光照强度大，植株蒸发量大，水份散失快，可每隔 8 10d 灌一水，水量宜在 20~30m^3/亩左右，6 月下旬~7 月份辣椒座果期，保持土壤湿润状态，一般 6~8d 浇一次，水量为 20~25m^3/亩，视天气及辣椒长势，需水高峰期可 5~7d 浇一次水，由于辣椒的生长特性，灌水宜在傍晚或早晨进行。如果高温超过 35℃且又无降水，必须浇水降温，否则会引起大量落花、落果。

（2）施肥管理

化肥全部随水施，实施水肥同步，少吃多餐。从定植水开始每次灌水都灌肥。当辣椒有部分植株现蕾时，以磷酸二氢钾和尿素 2:1 混合灌施，亩施肥量 25kg，结合灌水分 2~3 次施入；辣椒膨大期，追施尿素 15kg，进入结果期应加强肥水管理，每亩可追施硫铵 15~20kg，均根据灌水时间分 3~4 次施入。

钾能增强作物的光合作用，对碳水化合物的代谢、合成和运输起着重要的作用，它不仅能提高线辣椒的产量，还能改善品质。缺钾时先是花的形成和结角减少，而后是角果变小、变薄，甚至数量减少。辣椒增产施肥方法如下:

1）施肥标准：目前，土壤中钾的含量只能满足一般情况下亩产 100~125kg 干椒的需求，要想再提高干椒产量 100~150kg，需纯钾 5.25kg，折合硫酸钾 13.2kg。硫酸钾的利用率只有 40~50％，因此，在生产上实际亩施用量应是 20~25kg。据此对于亩产 250kg 干椒的田块，应每亩施硫酸钾 20~25kg，尿素为 20~25kg、磷酸二铵 20kg，农家肥 1000~2000kg 作底肥。

2）施肥时期：将 50％的硫酸钾和尿素、二铵于辣椒苗移栽前半月左右开沟施入定植带沟内，并及时覆土当作底肥；剩余 50％的硫酸钾、尿素与二铵于麦收后夹行时作追肥一次施入。

（4）病虫害防治

辣椒苗期至初花期易发炭疽病，初花期至收果期易发霜霉病，特别在大雨过后这两种病发生严重。一旦辣椒苗发生病害应及时用药，亩用 75％甲基托布津 175g 加杀毒矾 125g 兑水 75kg 喷雾，隔 5d 喷一次，连喷二次以达到防治目的。

辣椒生产中的主要害虫是地老虎、蚜虫、棉蛉虫、玉米螟和烟青虫。进入5月份，地老虎开始危害幼苗，可用2.5%劲彪乳油进行防治；蚜虫易引发病毒病，其分泌物污染叶片也影响植株的正常生长，可以用避蚜雾、吡虫啉等防治；棉蛉虫和玉米螟在花期和座果期蛀食花和果实，造成大量落花落果，应在花期和盛果期利用B.T等生物农药进行防治；烟青虫以三龄幼虫为害为主，主要是为害辣椒叶片、花、幼果、成品果，在防治上应在三龄以前施药防治，利用44%乌虫乳油防治。

（5）其他措施

在花期用2.5×10-6~3.0×10-6防落素喷花，或用2.4-D涂抹花冠基部或柱头，防落花落果。线辣椒进入转色期后老鼠开始危害咬食果实，对产量和品质影响很大，应及时在田间撒鼠药进行防治。

5.6.6 采收

辣椒成熟期一般在8月20日前后，采摘时间，早熟品种9月15日前后，晚熟品种10月初果实红熟后，应及时采摘，以免挂果时间过长，消耗营养，影响上层果实的生长和成熟，采收过晚也给采摘带来困难。一般在定植后25~30d即可收获，第二层果从谢花到采收需20d。

5.6.7 辣椒膜下滴灌效益

亩均产量可由原来的250kg增加到300-350kg（干果）。



图 5.21　辣椒膜下滴灌喜获丰收

5.7 大田小麦滴灌典型实例（实例地点：兵团）

5.7.1 播种与布管

春小麦播期在 3 月 5 日~15 日，亩播种量 22~24 公斤，品种为新春 6 号和新春 9 号，播种深度 3~4 公分，24 行条播，工作幅宽 3.6 米，行距 13 公分，一机 5 管，滴灌带平均间距为 72 厘米，滴灌带辅设在 20 公分行距位置，接行为 13 公分。

播幅:

13+13+20+13+13+13+13+20+13+13+13+13+20+13+13+13+13+20+13+13+13+13+20+13+13=360 厘米

每亩滴灌带数量 666.7/72=926 米

5.7.2 灌溉模式

采用支辅管轮灌，每轮灌小区为 50~60 亩，支辅管规格：支管管径 75mm，副管管径 40mm 配置，滴灌带规格：滴头间距 0.3 米，滴头流量 2.6L/H。

5.7.3 灌水施肥

出苗水从 3 月中下旬开始灌溉，亩 50~70 方。除出苗水外，小麦生育其间滴,4~5 次，每次滴水 35~450 方/亩，亩均用水量 238 方，随水滴肥 5 次，每次施尿素 3~7 公斤，磷酸二氢钾 1~2 公斤。

表 5.10 小麦滴灌灌水施肥表 （单位：m3）

单位地号	灌　次												合计
	出苗水		1 水		2 水		3 水		4 水		5 水		
	时间	灌量	时间	灌量	时间	灌量	时间	灌量	时间	灌量	时间	灌量	
8 连 21#—1	27/3	55	18/4	35	15/5	50	3/6	55	18/6	40			235

单位地号	施　肥	合计

	基肥		1 水		2 水		3 水		4 水		5 水			
	尿素	三料	尿素	二钾	尿素	二钾	尿素	二钾	尿素	二钾	尿素	二钾	尿素	磷钾
8 连 21#—1	5	7	2		6.5		7		7	1			22.5	8

5.7.4 产量情况

表 5.11　春小麦产量表（单位：亩、厘米、克、公斤、吨）

单位	地号	面积	品种	高度	穗数	穗粒数	千粒重	亩产量	总产量
8 连	21#—1	40	新春 6 号	90	370720	41	44	615	24.60

灌水施肥与产量（单位：kg、M3）

单位	亩产量	灌溉量	亩施肥量(标肥)			总计
			N	P	K	
8 连	615	235	48.91	27.44	17	93.35

2009 年 148 团 2.33 万亩滴灌春小麦，平均单产达 583 公斤，创历史记录，6 连职工胡瑞丽，承包 83 亩春小麦，单产达到 803 公斤，创造 148 团春小麦种植历史最记录，全团 19 个农业连队单产均突破历史记录，其产量之高，增产幅度之大，属史无前例，为 148 团种植业结构调整和粮食生产闯出了一条新路，种粮已成为职工致富的有效途径。

5.7.5 经济效益

148 团在认真总结去年滴灌小麦的基础上，应用滴灌技术适时早播、早灌，实现亩小麦提高单产 100~150 公斤，经济效益十分明显，按照国家粮食价格优惠政策计算，每亩小麦增收 200~300 元，实现亩利润 500 元以上。

