

# 温室灌溉

周长吉 主编



化学工业出版社

# 温 室 灌 溉

周长吉 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

温室灌溉/周长吉主编. —北京: 化学工业出版社,  
2005.5  
ISBN 7-5025-6983-9

I. 温… II. 周… III. 温室-灌溉 IV. S625.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037058 号

---

温 室 灌 溉

周长吉 主编

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 孙凤英 陈 曦

责任校对: 陈 静 边 涛

封面设计: 胡艳玮

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 23 字数 402 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6983-9

定 价: 39.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

我国已成为设施园艺生产的大国，保护地设施生产面积超过 200 万公顷，其中设施生产蔬菜的产量已超过蔬菜总产量的 20%，花卉生产的 90% 以上依靠设施生产，食用菌、中草药等种植也开始大量采用保护地设施生产。在我国土地资源和水资源日趋紧缺的条件下，温室等保护地生产设施必将有巨大的发展空间。目前我国正在从设施园艺大国向设施园艺强国发展，针对设施生产条件下的各项生产技术也必将取得飞跃性的发展。

灌溉设备是现代温室最重要的配套设备之一。与大田灌溉不同，温室灌溉是在人工环境中的小面积、精细灌溉，作物灌溉不受外界风、雨等天气条件的影响，而且随作物在温室中的种植方式不同，选用的灌溉方式和对灌溉的管理方式也不同，水培灌溉、立体灌溉、潮汐灌溉、灌溉施肥一体化、计算机控制灌溉等都是大田灌溉中不曾使用的技术。可以说温室灌溉是先进灌溉技术应用的精髓，是灌溉技术的前沿，大田灌溉技术是温室灌溉的基础，温室灌溉是对大田灌溉技术的提高和升华。

灌溉技术是一项古老的技术，但将现代节水灌溉技术应用在现代温室中，国内外研究的历史还不长，尤其是将现代灌溉技术与中国的日光温室技术相结合的研究仅仅是近十几年的事情。对现代灌溉系统的精确测量和控制目前国内外几乎同步研究，完善的解决办法还在进一步研究之中。本书汇集编写了相关温室灌溉的成熟技术和正在研究的前沿科技，充分吸收了国内外灌溉产品的技术和信息，针对温室保护地设施生产条件，从作物需水规律、土壤条件、测量控制技术和灌溉设施设备等方面全面分析了各种灌溉技术的应用理论和方法。本书的编写出版，填补了国内此方面书籍的空白。

参加《温室灌溉》编写的人员，均为从事相关领域科学研究的专家，且有长期工程实践经验；在写作上力求深入浅出，理论联系实际，具备较强的理论性和实践性。内容包括绪论、温室作物生长对水分和养分的需求、温室灌溉系统的组成与选择、灌溉水源、首部枢纽与供水管网、滴灌、微喷灌、微喷带微灌、温室灌溉系统测量与控制等九章，并收录和编写了 6 个附录，包括温室灌溉系统设计调查表、灌溉系统常用计量单位换算表、灌溉系统相关标准、水质标准表、常用水泵规格性能、灌溉用管道规格性能，基本涵盖了温室灌溉工程所涉及的内容，体现了温室灌溉工程技术的系统性和完整性以及很强的实用性。为加强对灌溉设计的理解，本书在滴灌、微喷灌和微喷

带微灌等章节中加入了工程计算实例，以提高读者的实际应用能力。全书文字简练、图文并茂，重点针对温室内灌溉系统编写，适于温室企业工程技术人员、温室种植者和温室管理人员以及大专院校和科研单位教师、学生和相关专业人员等学习、阅读和参考。本书中涉及的一些理论和设备，同样也适合在露地栽培作物灌溉系统中应用，如大田地膜覆盖下的滴灌、果园灌溉、室外扦插育苗灌溉、香蕉种植园的灌溉等。

本书编写分工为：第一章，周长吉；第二章，贺超兴；第三章，周长吉；第四章，胡渭、周长吉；第五章，胡渭、周长吉；第六章，胡渭、陈林；第七章，张学军；第八章，张学军、杨振声、周长吉；第九章，胡渭、周长吉；附录，周长吉、胡渭。全书由周长吉、杨振声统稿，最终由周长吉定稿。

本书的编写得到农业部规划设计研究院设施农业研究所及相关科技单位的大力支持，在此深表谢意！

温室灌溉是一项实践性和应用性很强的技术，由于我国温室技术发展时间较短，现代温室与现代灌溉技术的结合和应用时间更短，有关温室灌溉的理论与技术实践还很不完善。本书是作者在从事科研和设计的过程中点点滴滴实践经验的总结，虽有一定的系统性，但温室与灌溉结合中许多新的理论、技术、方法和设备，还未能深入涉足，温室灌溉中一些新的技术和方法也有待进一步研究和实践。因此，书中尚有缺点和不足，加之编写时间有限，难免还有疏漏，恳请读者批评指正。

周长吉

2005年6月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 温室及其发展</b> .....	1
一、温室类型 .....	1
二、温室设施在中国的诞生与发展 .....	4
三、温室设施的发展趋势 .....	6
<b>第二节 温室灌溉的特点与要求</b> .....	7
一、温室灌溉的特点 .....	7
二、温室灌溉的要求 .....	9
<b>第三节 温室灌溉技术的应用与发展</b> .....	10
一、温室灌溉技术的起源 .....	10
二、发达国家灌溉技术的应用现状 .....	11
三、我国灌溉技术的应用现状 .....	14
四、我国温室灌溉技术发展存在的问题 .....	14
五、温室灌溉技术发展趋势 .....	16
<b>第二章 温室作物生长对水分和养分的需求</b> .....	18
<b>第一节 温室栽培土壤基质的水肥供应特性</b> .....	18
一、土壤的主要性能指标 .....	18
二、主要栽培基质的供水保水特性 .....	23
<b>第二节 温室作物水肥生理需求特性</b> .....	31
一、温室蔬菜的水肥需求特点及水肥施用原则 .....	32
二、温室花卉的水分需求特点及水肥管理要点 .....	39
三、温室芽苗菜的水分管理 .....	43
四、温室果树的水肥需求特点及水肥管理技术 .....	45
<b>第三节 温室作物营养需求与营养液配制原理</b> .....	49
一、温室作物的矿质营养需求 .....	49
二、矿质营养元素的生理功能 .....	50
三、无土栽培营养液的配制原理 .....	54
四、营养液配制技术及其管理 .....	59
<b>第三章 温室灌溉系统的组成与选择</b> .....	66
<b>第一节 温室灌溉系统的组成</b> .....	66
一、水源 .....	66
二、首部枢纽 .....	67
三、供水管网 .....	69

四、田间灌溉系统 .....	69
五、自动控制设备 .....	69
第二节 温室常用灌溉系统 .....	70
一、传统大田灌溉 .....	70
二、管道灌溉 .....	71
三、滴灌 .....	72
四、微喷灌 .....	73
五、自行走式喷灌机 .....	74
六、微喷带微灌 .....	75
七、渗灌 .....	75
八、水培灌溉 .....	76
九、喷雾灌溉 .....	77
十、潮汐灌溉 .....	78
第三节 温室灌溉系统的选择与应用 .....	79
一、根据温室类型选择配套灌溉系统 .....	79
二、根据作物种植模式选择配套灌溉系统 .....	81
三、根据投资选择配套温室灌溉系统 .....	86
<b>第四章 灌溉水源</b> .....	<b>87</b>
第一节 水源与水质 .....	87
一、水源分类 .....	87
二、温室灌溉对水质的要求 .....	88
第二节 集雨技术 .....	95
一、集雨技术的起源与发展 .....	95
二、温室集雨技术 .....	96
三、集雨灌溉集水量计算 .....	99
四、应用实例分析 .....	101
第三节 海水淡化利用技术 .....	103
一、离子交换法 .....	104
二、渗透法 .....	105
三、蒸馏法 .....	108
<b>第五章 首部枢纽与供水管网</b> .....	<b>111</b>
第一节 水泵 .....	111
一、水泵的特性与分类 .....	111
二、离心水泵 .....	112
三、潜水泵 .....	118
四、往复泵 .....	123
五、其他水泵 .....	125

第二节 供水稳压系统 .....	126
一、高位重力供水 .....	126
二、压力罐稳压供水 .....	128
三、变频调速恒压供水 .....	134
第三节 过滤设备 .....	135
一、过滤器类型 .....	135
二、过滤器选型 .....	140
第四节 施肥(施药)装置 .....	141
一、自压式 .....	142
二、压差式施肥罐 .....	142
三、文丘里注入器 .....	143
四、注射泵 .....	143
第五节 管道水流调控装置与测量仪表 .....	146
一、阀门 .....	146
二、流量与压力调节装置 .....	153
三、测量装置 .....	154
第六节 管件 .....	155
一、灌溉系统对管材和连接件的基本要求 .....	155
二、管材的种类 .....	155
三、连接件及附件 .....	157
第七节 管网与系统水力计算 .....	159
一、管网布置形式 .....	159
二、灌溉工作制度 .....	160
三、系统水力计算 .....	161
<b>第六章 滴灌 .....</b>	<b>170</b>
第一节 滴灌系统概况 .....	170
一、滴灌系统的产生与发展 .....	170
二、滴灌发展的现状和趋势 .....	172
三、滴灌的优点 .....	173
四、滴灌的缺点 .....	174
第二节 滴灌工作原理 .....	174
一、滴头的水力学特性 .....	174
二、滴灌条件下土壤水分运动与水量分布 .....	175
第三节 滴灌灌水器的种类及其性能特点 .....	178
一、滴灌灌水器的分类 .....	178
二、常用滴水器的性能及使用技术要点 .....	179
第四节 滴灌系统在温室中的应用 .....	190



一、温室滴灌系统组成 .....	190
二、温室滴灌系统设计 .....	193
三、灌溉制度的确定 .....	198
四、滴灌施肥 .....	204
第五节 工程设计实例 .....	205
一、基本资料收集 .....	205
二、系统选型 .....	207
三、设计参数的确定 .....	207
四、管网总体规划设计 .....	209
五、技术经济计算 .....	214
<b>第七章 微喷灌</b> .....	216
第一节 概述 .....	216
一、微喷灌系统的优缺点 .....	216
二、微喷灌技术的发展与应用 .....	217
三、微喷灌系统的组成及类型 .....	219
第二节 微喷灌工作原理与技术参数 .....	221
一、微喷头的工作原理 .....	222
二、微喷头的组装方式 .....	224
三、微喷头的技术参数 .....	225
四、微喷头的组合方式 .....	230
五、折射式微喷头与旋转式微喷头的性能对比 .....	231
第三节 固定式微喷灌系统的设计 .....	231
一、微喷灌设计标准 .....	232
二、微喷灌设计内容 .....	232
三、微喷灌设计的技术参数 .....	233
四、微喷灌设计步骤 .....	237
五、固定式微喷灌设计应用举例 .....	242
第四节 移动式微喷灌系统 .....	247
一、分类及特点 .....	248
二、几种常用的温室行走式喷灌机 .....	249
三、应用注意事项 .....	252
<b>第八章 微喷带微灌</b> .....	255
第一节 概述 .....	255
一、起源与发展 .....	255
二、主要优缺点 .....	256
第二节 微喷带工作原理与应用方式 .....	257
一、微喷带的工作原理 .....	257

二、微喷带的应用方式 .....	260
<b>第三节 微喷带种类及配件</b> .....	262
一、微喷带的种类 .....	262
二、组成田间微灌系统所用配件 .....	264
三、供水管道与管件 .....	266
<b>第四节 微喷带微灌工程在温室中的应用</b> .....	268
一、实施微灌工程的准备工作 .....	268
二、温室滴灌用微喷带系统的布置与实施 .....	270
三、温室微喷灌用微喷带系统的布置 .....	278
四、微喷带滴灌和微喷灌工程设计计算实例 .....	283
<b>第五节 微喷带微灌系统的安装</b> .....	290
<b>第九章 温室灌溉系统测量与控制</b> .....	295
<b>第一节 土壤墒情的测量方法</b> .....	295
一、概述 .....	295
二、土壤水分状态和特征指标 .....	297
三、土壤墒情的自动测量方法 .....	300
<b>第二节 作物水分诊断技术</b> .....	317
一、作物水分诊断原理 .....	317
二、作物水分诊断方法 .....	317
三、红外线测量叶片表面温度 .....	320
<b>第三节 灌溉施肥自动控制系统</b> .....	324
一、概述 .....	324
二、程控器 .....	325
三、全自动控制系统 .....	326
<b>附录一 温室灌溉系统设计调查表</b> .....	329
<b>附录二 灌溉系统常用计量单位换算表</b> .....	331
<b>附录三 灌溉系统相关标准</b> .....	332
<b>附录四 水质标准表</b> .....	335
<b>附录五 常用水泵规格性能</b> .....	337
<b>附录六 灌溉用管道规格性能</b> .....	353
<b>参考文献</b> .....	355

# 第一章 绪 论

## 第一节 温室及其发展

温室是随着农业现代化和农村种植业结构调整而发展起来的新型设施。近 20 年来,我国的设施园艺栽培面积已突破 210 万公顷,与 1980 年相比增长近 300 倍,总面积达世界第一;全国人均占有设施面积  $16 \text{ m}^2$ ,每年人均消费蔬菜量的 20% 由设施栽培提供。设施园艺的发展基本上解决了我国长期以来蔬菜供应不足的问题,并实现了周年均衡供应,达到了淡季不淡、周年有余的要求。随着我国农业由传统农业向现代农业的转变,农产品由数量型向质量效益型转变,大型的现代化装备也在不断地进入设施农业领域。据不完全统计,我国的大型温室面积已超过  $1000 \text{ hm}^2$ ,  $1000 \text{ m}^2$  以上的连栋温室全国大陆各省市自治区无一空白,设施生产已从蔬菜扩展到了花卉培育、瓜果以及畜禽生产、水产养殖、林木育苗、食用菌栽培、中草药种植等领域。近年来,大型连栋温室以每年超过  $100 \text{ hm}^2$  的速度增长,因此,温室生产和经营企业以及相关产业均得到了快速发展。目前,国内从事温室建造的企业已从 20 世纪 80 年代的 5~6 家发展到 300 余家。温室工程为解决我国城乡居民菜篮子问题、促进农民增收和推进农业结构调整发挥了重要作用,温室种植、养殖已在农业生产中占据重要地位。

### 一、温室类型

以采光覆盖材料作为全部或部分围护结构材料,可供在冬季或其他不适宜植物露地生长的季节栽培植物的建筑统称为温室。目前国内常用的温室类型主要有塑料大棚(含中小拱棚)、日光温室和连栋温室。从上述温室的定义来看,遮阳棚也可划归为温室的范畴。

塑料大棚是指以塑料薄膜作为透光覆盖材料的单栋拱棚(图 1-1),一般跨度为 6~12 m,脊高 2.4~3.5 m,长度在 30~100 m 以上。它主要在我国南方地区使用,功能是冬季保温,夏季遮阳、防雨;在北方地区使用主要是起春提早、秋延后的作用,一般比露地生产可提早或延后一个月左右。由

于其保温性能较差，在北方地区一般不用它进行越冬生产。

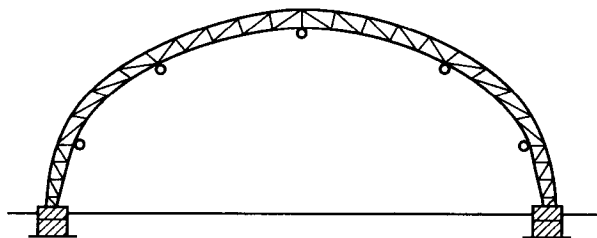


图 1-1 塑料大棚

南侧透光前坡面白天采光、夜间用保温被覆盖，东、西、北三面为保温围护墙体的单坡面温室，统称为日光温室，如图 1-2 所示。一般透光面覆盖材料为塑料薄膜，但也有用玻璃或 PC 板的。

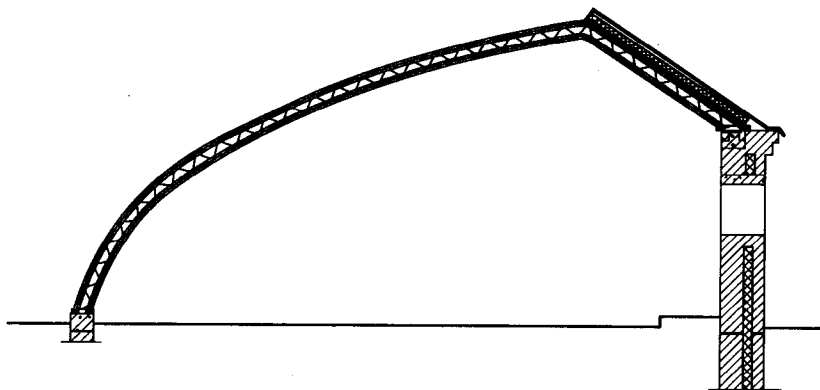
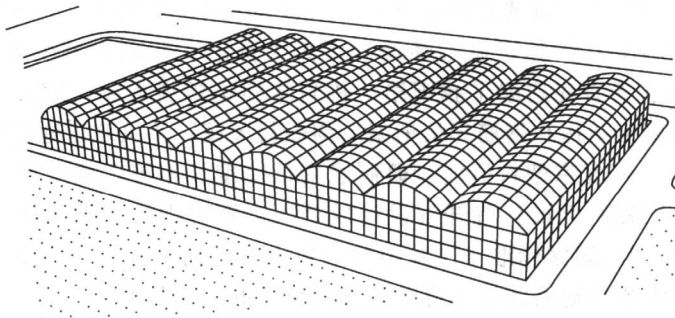


图 1-2 日光温室

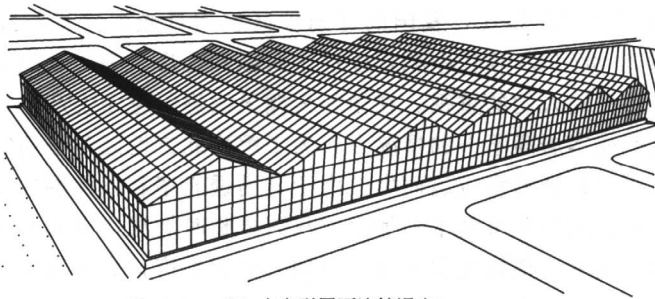
日光温室是我国科技工作者开发出来的一种具有中国特色的一面坡温室形式。它是以太阳光为主要能源，夜间采用活动保温被在前屋面保温进行越冬生产的单屋面塑料薄膜温室。该类温室的东、西、北三面墙体和后屋面采用高保温性能的建筑材料，在我国北方地区使用，正常条件下不用人工加温可保持室内外温差达  $20\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上。此类温室现已推广到北纬  $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$  地区，是北方地区越冬生产园艺产品的主要温室形式。温室跨度一般为  $6\sim 10\text{ m}$ ，脊高  $2.6\sim 3.5\text{ m}$ ，长度多为  $60\sim 80\text{ m}$ 。

连栋温室是将多个单跨的温室通过天沟连接起来的大面积生产温室，如图 1-3 所示。它克服了单跨温室表面积大、冬季加温负荷高，操作空间小、室内光温环境变化大，占地面积大、土地利用率低等缺点，能够完全实现温

室生产的自动化和智能化控制，是当今世界和我国发展现代化设施农业的趋势和潮流。连栋温室根据结构形式和覆盖材料不同可分为连栋玻璃温室、连栋塑料温室和聚碳酸酯板温室（PC板温室）。其中连栋塑料温室又根据覆盖塑料薄膜的层数分为单层塑料薄膜温室和双层充气温室。PC板温室也根据聚碳酸酯板材的不同，分为PC中空板温室和PC浪板温室。温室的屋面形式有拱圆形、锯齿形和人字形等。一般柔性透光覆盖材料（如塑料薄膜）常采用圆弧形屋面，而刚性透光覆盖材料（如玻璃和PC板）则采用平直屋面，并主要为人字形屋面。连栋温室的跨度一般为6.0~12.0 m，常用跨度为6.0 m、6.4 m、8.0 m、9.6 m和10.8 m，温室开间为3~5 m，常用的是3.0 m、4.0 m和4.5 m。根据温室的跨度和开间模数，温室的建设面积可达几百到十几万平方米，考虑到温室的降温和室内操作运输，国内一座连栋温室的面积多在1 hm<sup>2</sup>以下，其中以3000~5000 m<sup>2</sup>者居多。近来研究采用高低跨或室内设走廊的方法将两个风机湿帘单元组合起来，或在温室屋顶遮阳网上喷淋降温等使温室的夏季降温得到有效保证，从而使温室的连栋面积大大提高，面积在1 hm<sup>2</sup>以上的温室也不断涌现。连栋温室一般都配备有比较完备的环境调控设施，可进行周年生产，适合于在全国不同地区建造。



(a) 拱圆形屋面连栋温室



(b) 人字形屋面连栋温室

图 1-3 连栋温室

## 二、温室设施在中国的诞生与发展

我国应用温室工程技术进行农业生产的历史可追溯到 2000 多年前，但真正意义上的工业化温室设备和温室行业的兴起始于 20 世纪 80 年代初。到 20 世纪 80 年代中后期，在引进、消化和创新的基础上，初步形成了国产园艺设施的技术体系。

20 世纪 90 年代是我国温室工程的快速发展时期。90 年代初期，我国北方地区大面积推广日光温室，基本解决了长期以来困扰我国蔬菜周年均衡供应的问题，特别是在“八五”期间节能日光温室结构优化和配套栽培基础研究的基础上，节能日光温室在“三北”地区大量推广，使中国的设施园艺生产面积达到了世界第一。1995 年后，随着经济水平的提高和对现代农业技术的渴求，我国又一次大规模引进国外温室，通过示范，激发了我国在温室方面的科技投入，推动了设施园艺向高新技术方向发展。

### 1. 塑料大棚

塑料大棚是随着塑料薄膜的发明和在我国的生产应用而诞生和发展的。20 世纪 50 年代中期，我国首先从日本引进农用聚乙烯薄膜，开始在中小棚内进行蔬菜春早熟栽培试验并取得成功。20 世纪 60 年代初，上海、北京相继生产出农用聚乙烯和聚氯乙烯薄膜，大大推动了我国设施农业的发展。1965 年吉林长春首先建起了我国第一栋竹木结构塑料大棚，随后又相继开发了钢筋混凝土结构和钢筋焊接桁架结构塑料大棚，并从北方地区推向了南方地区。1980 年北京塑料研究所研制成功低密度长寿聚乙烯农膜（LDPE）和中国农业工程研究设计院开发设计成功国产镀锌钢管骨架大棚（图 1-4）并于 1984 年列入国家标准，使我国的塑料大棚走向了成熟和定型。到目前为止，塑料大棚的规格和技术要求仍沿用那时的标准条件。

### 2. 日光温室

早在 20 世纪 30 年代，我国的辽南地区就用日光温室进行蔬菜越冬生产，但直到 20 世纪 80 年代中期，以辽宁海城和瓦房店为代表的高效节能日光温室才开始受到人们的重视。在塑料大棚无法进行越冬生产、连栋温室建设投资和生产成本居高不下的情况下，为了解决北方地区冬季新鲜蔬菜生产和供应的问题，日光温室应运而生。由于其高透光率和高保温性能，在北方地区冬季生产喜温果菜可基本不加温或只需要临时加温，因而显著降低了日光温室的运行成本，很快在北方地区得到大面积推广，成为北方农村广大农民脱贫致富的有效设施，并因此使我国北方地区冬季蔬菜供应短缺的局面彻底得到了改观。为了从理论上研究和分析日光温室的性能并进一步提高温室

的采光和保温性能，农业部将“日光温室性能优化与配套栽培技术研究”列入了“八五”攻关课题，使高效节能日光温室的理论很快得到了升华，并迅速地推广到了广大农村。日光温室由此成为具有中国独特风格的温室形式，不仅在我国北方地区大面积推广，而且还受到第三世界国家甚至发达国家的青睐。

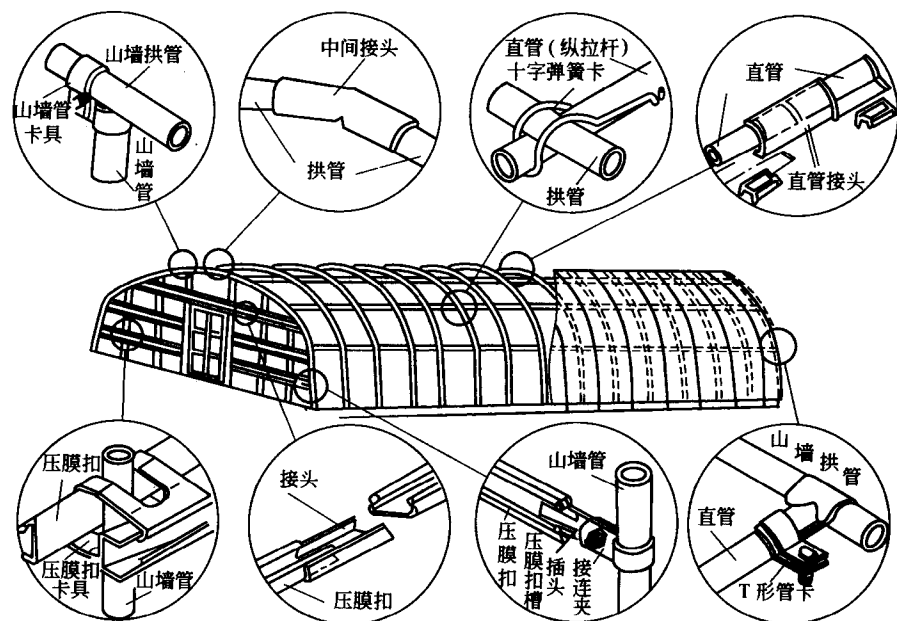


图 1-4 镀锌钢管骨架大棚

### 3. 连栋温室

我国的现代化连栋温室是在引进与自我开发并进的过程中发展起来的。早在 1977 年我国就自行设计建造了北京玉渊潭连栋温室。1979 年，北京四季青从日本引进第一栋玻璃钢温室，从此开始了我国研究和发 展连栋温室的历程。1979~1987 年是我国引进温室发展的第一个高潮，先后从欧美和日本等发达国家引进了 21.2 hm<sup>2</sup> 连栋温室，由于当时只注意引进温室设备，忽略了温室的管理和栽培技术，引进温室由于能耗过高、栽培管理不当，相继因亏损而停止了生产，致使 20 世纪 90 年代初我国大型连栋温室发展跌入了低谷。

“九五”初期，以以色列温室为代表的北京中-以示范农场的建立，拉开了我国第二次学习和引进国外现代温室的序幕。上海花费 1 亿元人民币从荷兰、以色列等国引进 15 hm<sup>2</sup> 现代化连栋温室，并组建了引进消化科研组和专家组，从温室设备配置到温室栽培品种与栽培技术各个方面进行了全面的

研究，全国各地也在学习“中-以示范农场”的基础上从法国、美国、西班牙等国相继引进了上百公顷连栋温室。这些引进温室促成国家科技部在“九五”期间将“工厂化高效农业示范工程”列为国家农业科技攻关重大产业化工程项目。通过引进学习和自主开发，目前我国已经能够设计建造各种现代化连栋温室，国内温室厂家也迅速发展到 300 多家，全国 2/3 以上的连栋温室都是国内设计、生产和安装的。目前我国现代化温室除智能化控制系统外，硬件系统基本达到与国际同步的水平，但品种和栽培管理方面的技术与发达国家还存在较大差距。

### 三、温室设施的发展趋势

20 世纪 80 年代以来，我国温室设施的发展呈现出五大趋势。一是大型温室设施的比重明显加大。1999 年度，各种温室和大中棚的比重分别达到 26% 和 34%，与 1982 年度相比，分别上升了 12% 和 17%，而小拱棚的比重则下降了 29%。其原因主要是随着设施园艺的迅速发展，设施蔬菜等超时令、反季节园艺产品的季节差价明显缩小，小型设施的单位面积产出率低、比较效益下滑，收益显著低于大型设施，加上作业不便、劳作强度大，逐步富裕起来的农民也需要改善劳动条件。二是节能日光温室发展迅猛，加温温室发展缓慢。加温温室占温室面积的比重，由 1982 年度的 30% 下降到 1999 年度的 6%；同期，普通日光温室面积的比重由 70% 下降到 34%，节能日光温室则从无到有，在温室面积中的比重猛增至 61%。三是以遮阳网覆盖栽培为主的夏季设施园艺快速发展。20 世纪 80 年代后期，国产耐候塑料遮阳网试制成功，首先在蔬菜生产上进行应用研究和示范推广，并迅速在花卉和茶叶生产中推广应用，1999 年度遮阳网覆盖栽培面积已达 13.7 万公顷。四是现代化连栋温室发展加速。20 世纪 70 年代末至 80 年代初，我国从日本、欧美引进的现代化连栋温室，由于使用效果普遍不佳，引进和发展现代化连栋温室开始“降温”；进入 20 世纪 90 年代以后，特别是 1995 年以来，随着创办农业科技示范园区的工作得到各级领导的高度重视，各地发展现代化连栋温室急剧“升温”，相继大量引进发达国家的现代化连栋温室，同时也带动了国产现代化连栋温室制造业的发展，目前国内现代化连栋温室面积已超过 1000 hm<sup>2</sup>。五是温室设施向低成本、高效益方向发展。通过长期的实践和摸索，我国科技工作者已经基本掌握了中国的气候特点和温室建设与气候的关系，开始注重温室建设的气候特点和设备配置，现代化的自动控制技术也开始大量应用于温室生产中，温室环境自动控制和温室灌溉自动控制已经成为了温室设施的基本配置，温室管理向人工智能化方向发展，实



时自动控制大量节省了温室管理成本，同时也节约了运行能耗，低成本、高效益将是温室未来发展的方向。

## 第二节 温室灌溉的特点与要求

温室是一个相对封闭的生产环境，天然降雨不能直接利用，温室中作物需要的水分完全依靠人工控制的灌溉措施来解决。灌溉设备是温室设施的重要组成部分，可靠的灌溉技术是温室生产的基本保证。由于温室作物的生产环境与大田作物的生产环境有较大差别，一些适合露地作物的灌溉技术（如大型喷灌技术等）不能在温室里使用。同时，温室作为一种现代高效农业栽培设施，采用灌溉措施除了要求节水外，更注重的是能够取得省工、增产和增收等效果。因此，温室节水灌溉技术与农田节水灌溉技术既有联系，也有区别。

### 一、温室灌溉的特点

#### 1. 作物种植的空间发生了巨大变化

温室是一个封闭的系统，与露地种植相比室内无风，任何形式的喷灌都不必考虑风的影响；绝大多数温室种植地面是非常平整的，灌溉系统设计不必考虑地形的坡度影响；室内紫外线照射强度低，对灌溉设备的输水管道和灌水器的老化作用影响小，这些都是温室灌溉有利的一面。但任何形式的灌溉都会引起温室内温度和湿度的变化，这是露天灌溉不必考虑的问题，而在温室生产中却是必须引起高度重视并需要正确处理的关键问题，因为这种温湿度变化对温室作物生长有时是有利的，有时却是有害的。如夏季高温干燥季节，采用喷灌可辅助温室降温，灌溉具有降温增湿的作用；但在低温潮湿季节，喷灌引起的降温增湿将给作物正常生长带来威胁。所以，温室灌溉必须合理选择和利用灌溉方式，扬长避短，充分发挥灌溉系统的综合环境调控能力。

#### 2. 灌溉的土壤发生了重大变化

除日光温室和塑料大棚外，大部分大型连栋温室作物种植基本采用无土栽培。所谓无土栽培就是不用天然土壤，而用人工基质（人工配制或工业生产的能够代替天然土壤用于容纳作物根系的材料）采用营养液灌溉来栽培作物的方法。由于采用的人工基质不同，无土栽培又分为基质培、水培和雾培。

大田土壤栽培作物可以利用土壤中的营养元素，一般不需要供应微量元