

普通高等教育“十三五”规划教材

温室建造 工程工艺学

张 勇 邹志荣 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

温室建造工程工艺学

张 勇 邹志荣 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要内容包括：温室工程工艺概论；温室工程规划设计原理；温室建筑工程工艺；温室工程配套工程工艺；温室工厂化生产工程工艺；工厂化育苗温室建造工程工艺；植物工厂建造工程工艺；新能源装备与施工工程工艺等内容。全书条理清晰、图文并茂，理论结合工程实践。

本书适用于设施农业及相关专业的高等院校教师、学生教材和科研单位相关专业人员等学习和参考，同时，也适用于温室企业的工程技术人员和温室管理人员阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

温室建造工程工艺学/张勇, 邹志荣主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 7
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-23655-5

I. ①温… II. ①张…②邹… III. ①温室-农业建筑-建筑工程 IV. ①TU261

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 075150 号

责任编辑：尤彩霞

装帧设计：关 飞

责任校对：吴 静

出版发行：化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 22½ 字数 589 千字 2015 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888(传真：010-64519686) 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：55.00 元

版权所有 违者必究

《温室建造工程工艺学》

编写人员

- | | | |
|-------|-----|----------------|
| 主 编 | 张 勇 | 邹志荣 |
| 副 主 编 | 周长吉 | 郭世荣 白义奎 |
| 参 编 | 周增产 | 北京京鹏环球科技股份有限公司 |
| | 吕 科 | 北京京鹏环球科技股份有限公司 |
| | 郭世荣 | 南京农业大学 |
| | 王一军 | 南京农业大学 |
| | 李树海 | 南京农业大学 |
| | 白义奎 | 沈阳农业大学 |
| | 于 威 | 沈阳农业大学 |
| | 李清明 | 山东农业大学 |
| | 张 勇 | 西北农林科技大学 |
| | 邹志荣 | 西北农林科技大学 |
| | 周长吉 | 农业部规划设计研究院 |
| | 何 斌 | 西北农林科技大学 |
| | 丁 明 | 西北农林科技大学 |
| | 杨 贵 | 上海都市绿色工程有限公司 |
| | 王军伟 | 南京农业大学 |
| | 陆 乐 | 上海都市绿色工程有限公司 |

序

随着我国设施农业的快速发展，设施农业高等教育显得日趋重要。邹志荣教授及其所带领的团队在 2002 年创办了我国第一个设施农业科学与工程本科专业，为我国高等教育增添了新的专业领域。为适应这一本科专业的建设与发展，他相继组织编写出版了 9 本该专业系列教材，目前正在教学中应用。近年来，在该专业的进一步发展建设中，又陆续编写一些补充教材。

《温室建造工程工艺学》是指建造温室过程中需要的具体工序规定和每道工序所要求采用的施工技术、施工方法和施工材料，主要包括温室土建施工工艺、温室钢结构工程工艺、温室设备安装工艺、温室电气和智能化工艺等一系列工程工艺的总称。工艺是建造温室的主要依据，科学合理的工艺是建造合格温室建筑的决定因素，是客观规律的反映，也是工人在生产中正确进行加工操作的依据。合理的工艺，是经过反复试验和正确设计确定的，它具有指导生产、促进产品质量和效益提高的作用。我国建立了世界上面积最大的设施农业行业，也对温室建筑和建造工艺提出了新的要求。所以采取综合措施，保障设施结构安全，依靠科技进步，开发和利用新型设施结构和栽培系统等，是我国设施农业发展的重要方向。

尽管已有许多教材涉及温室设计与建造方面的内容，但尚未有温室建造工程工艺方面的教材。这本教材内容十分广泛、丰富和充实，不仅包括了常规温室的建造工艺，同时也对设施中新的工艺技术特性进行了介绍和阐述，特别还涉及了推广应用和产业化发展中的相关内容。可以说这本教材具有较高的学术水平和实用价值，它不仅将为设施农业科学与工程专业的学生提供温室工程建造知识与技术，而且也将作为设施农业的工作者科学研究、生产管理和技术推广的一本工具书而得到广泛应用。

我同邹志荣同志的交往已有 20 余年，他也是同我一起合作近 20 年的亲密伙伴，我对他及他所带领团队的工作比较熟悉，他们在长期的设施园艺教育和科技研究中积累了丰富的温室工程工艺方面的知识与技术。因此，我相信这本《温室建造工程工艺学》将会是一本反应现代设施园艺科技和产业发行的教材。我期待着这本教材的出版发行，期待着这本教材在探索和建立我国现代设施农业体系的进程中发挥重要作用。

沈阳农业大学校长、教授



2015 年 6 月

前 言

我国是设施农业大国，设施规模已位居世界首位，截至 2013 年，我国设施农业面积已达到 350 万公顷，设施农业总产值 7080 亿元，约占到我国农林牧渔业累计总产值的 8%。因此，设施农业的发展将有巨大的市场前景，它不仅能带来很好的社会效益、环境效益，而且还具有明显的经济效益。

《汉书·循吏传》记载，我国西汉的时候（约公元前 164 年—公元前 114 年），皇家园林（太宫园）里就已经掌握了在冬季培育栽培葱、韭菜，还有其他一些蔬菜的技术。到明清时代（公元 1368—1840 年），我国的温室结构已经具备了三种结构，特别是立土墙开纸窗火炕式温室，完全具备了现在温室的概念。据《大不列颠百科全书》记载，西欧最早的温室栽培出现于 17 世纪，名为“Green House”（绿色的房屋）。美国到 1880 年才有温室栽培。日本拥有温室栽培技术是在 1830—1840 年间，因为当时的温室使用的覆盖材料是油纸，故称“纸屋”。这个“纸屋”也就是我们南宋时期所称的“纸饰密室”。从世界范围看，我国的温室栽培技术领先世界 1700 多年。但由于我国在近代史上所经历的曲折发展，致使我国现代工程技术，包括温室技术出现了巨大的发展缺口，因此亟待补充发展。

本书总结了国内设施领域的知名专家和学者在设施农业方面的研究成果，同时也是多项省部级以上科技奖励的思想集成，包括了设施结构和建造的基础研究理论和应用技术。特别是新的日光温室建筑比普通温室建筑需要更少的能源消耗，而且还能提供更高的温光性能，结合科学的设计和施工，几乎可以完全摆脱对石化资源的依赖。

为了普及、宣传和推广应用设施农业，同时也为了填补我国设施农业科学与工程专业教学过程中的工程工艺之空白，我们编写了这本教材。参加本教材编写的人员，均为从事相关领域教学和研究的专家学者，或是温室企业的技术主管，因此均具有长期的教学研究和丰富的一线工程实践经验。在教材编写的内容组织上力求条理清晰，理论联系实际。本书涵盖了现代温室工程所涉及的各方面内容，体现了温室建造工程工艺的系统性和完整性。

本教材对上述内容从原理、类型、结构设计、安装施工和典型实例等多个方面进行了细致的介绍和分析。全书编写由张勇、邹志荣策划和组织，各章节的编写人员按章节次序为：第 1 章由张勇、邹志荣编写；第 2 章由白义奎、于威、张勇编写；第 3 章由张勇、周长吉、何斌、杨贵编写；第 4 章由郭世荣、李树海、白义奎、于威、张勇编写；第 5 章由郭世荣、丁明、王军伟编写；第 6 章由李清明、丁明、张勇、陆乐编写；第 7 章由周增产、张勇、吕科编写；第 8 章由周增产、张勇编写。全书由张勇和邹志荣统稿。

本教材在编写过程中得到了农业部规划设计研究院设施农业研究所以及国内设施农业相关高等院校和中国温室网、北京京鹏环球科技股份有限公司、上海都市绿色工程有限公司等国内一流温室企业的大力支持和协助，在此深表谢意！

本教材从想法提出到梳理出编写大纲初稿，再到同行专家和一线企业的论证，最后到书稿的出版，前后经历了4年的时间。由于本教材是一次对于温室建造工程工艺总结的新尝试，加之涉及专业内容庞杂，又缺少可以直接借鉴的成功经验。另外也受限于编者的水平和所掌握一手资料的限制，教材中难免会出现遗漏，不足之处恳请各位同仁批评指正，以便今后及时修改和完善。

编者

2015年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 温室建筑工程概论	1
1.2 温室工程工艺概论	2
1.2.1 工艺的概念	2
1.2.2 温室工程工艺的概念	2
1.3 国内外温室工程工艺发展的概况及趋势	11
1.3.1 国内外温室发展概况	11
1.3.2 温室工程工艺的发展趋势	12
1.4 温室工程工艺的主要研究内容与设计方法	14
1.4.1 温室工程工艺的主要研究内容	14
1.4.2 温室工程工艺的设计方法	14
2 温室工程规划设计原理	17
2.1 现代温室工程规划设计	17
2.1.1 现代温室场址选择	17
2.1.2 温室生产工艺设计	18
2.1.3 园区规划布局与功能分区	18
2.1.4 园区配套设施工程规划	18
2.1.5 现代温室工程设计步骤与内容	22
2.2 日光温室工程规划设计	27
2.2.1 日光温室场址选择	27
2.2.2 日光温室园区规划布局与功能分区	29
2.2.3 日光温室工程设计步骤与内容	32
2.3 温室工程规划设计阶段划分及其成果要求	44
2.3.1 规划设计阶段划分	44
2.3.2 规划设计成果要求	45
3 温室建筑工程工艺	53
3.1 温室工程工艺设计的基本要求及设计内容	53

3.1.1	温室建筑设计要求	53
3.1.2	温室结构设计要求	54
3.1.3	配套设施要求	56
3.1.4	设计成果要求	56
3.2	温室土建施工工艺	58
3.2.1	温室地基施工工艺	58
3.2.2	温室基础施工工艺	61
3.2.3	温室墙体施工工艺	64
3.3	温室钢结构施工工艺	69
3.3.1	钢结构施工总体工艺	69
3.3.2	温室钢结构焊接施工工艺	81
3.3.3	温室桁架结构施工工艺	86
3.3.4	温室网架结构施工工艺	88
3.4	温室结构不合理施工案例分析	91
3.4.1	温室基础施工	91
3.4.2	立柱与基础的连接	92
3.4.3	立柱与桁架或屋面结构的连接	95
3.4.4	桁架	96
3.4.5	杆件自身质量与连接	98
3.4.6	温室结构整体安装质量	99
3.5	温室建筑工程工艺实践案例	99
3.5.1	施工场地准备、建筑材料进场	99
3.5.2	基础建造工程工艺	102
3.5.3	温室钢骨架建造工程工艺	104
3.5.4	温室覆盖材料安装工程工艺	106
3.5.5	温室配套设备的安装工程工艺	108
3.5.6	温室采暖系统的安装工程工艺	110
3.5.7	温室系统的整体运行调试工程工艺	110
4	温室工程配套工程工艺	112
4.1	温室工程配套工程设计的基本要求	112
4.2	温室工程设备配套工程工艺	113
4.2.1	遮阳、保温、帘幕系统	113
4.2.2	加热系统	121
4.2.3	通风系统	130
4.2.4	降温技术	140

4.2.5	加湿系统	146
4.2.6	补光系统	148
4.2.7	自动环境控制系统	159
4.2.8	苗床系统	166
5	温室工厂化生产工程工艺	168
5.1	温室自动化生产特点与生产方式	168
5.1.1	温室工程设施生产的作用	168
5.1.2	温室工程设施生产的特点	168
5.1.3	温室工程设施生产环境特点及调控措施	169
5.1.4	温室工程设施生产方式	173
5.2	温室工厂化嫁接育苗自动生产线工程工艺	176
5.2.1	嫁接育苗的基本方法	176
5.2.2	工厂化嫁接育苗技术	184
5.2.3	工厂化嫁接育苗设备	187
5.3	温室工厂化扦插育苗技术	191
5.3.1	扦插生根对环境的要求	191
5.3.2	进生根关键技术	195
5.3.3	工厂化扦插育苗方法	196
5.3.4	工厂化扦插育苗形式与配套设备	198
5.4	温室蔬菜自动化生产工程工艺	199
5.4.1	设施蔬菜生产的特点	199
5.4.2	设施番茄生产工程工艺	200
5.4.3	设施黄瓜生产工程工艺	203
5.4.4	水培生菜的工厂化生产工程工艺	208
5.4.5	芽苗菜的工厂化生产工程工艺	212
6	工厂化育苗温室建造工程工艺	218
6.1	工厂化育苗及其对环境的要求	218
6.1.1	工厂化育苗对环境的要求	218
6.1.2	工厂化育苗对设施及配套设备的要求	218
6.2	工厂化育苗的类型及操作流程	222
6.2.1	工厂化育苗的类型	222
6.2.2	工厂化育苗的操作流程	223
6.3	工厂化育苗设备及其技术要点	224

7 植物工厂建造工程工艺..... 226

7.1 植物工厂建筑工程工艺 226

7.1.1 植物工厂概论 226

7.1.2 植物工厂生产工艺 228

7.1.3 植物工厂系统组成 230

7.1.4 植物工厂建筑与结构设计要求 236

7.1.5 建筑结构设计及加工工艺 239

7.2 植物工厂建造工程工艺 256

7.2.1 植物工厂土建施工工艺 256

7.2.2 植物工厂钢结构施工工艺 257

7.2.3 植物工厂配套设备工程工艺 263

7.3 智能机械工程工艺 267

7.3.1 植物工厂智能机械设备概况 267

7.3.2 植物工厂智能机械设备工艺 268

7.3.3 植物工厂智能化控制系统 280

7.3.4 植物工厂智能化机械发展方向 280

8 新能源装备与施工工程工艺..... 281

8.1 太阳能设施农业工程工艺 281

8.1.1 太阳能应用概论 281

8.1.2 光伏太阳能温室工程工艺 286

8.1.3 光热太阳能工程工艺 303

8.1.4 空气大地换热器太阳能工程工艺 313

8.2 浅层地能热泵工程工艺 319

8.2.1 浅层地能热泵技术概论 319

8.2.2 影响地源热泵系统的因素 324

8.2.3 浅层地能热泵设计工艺 328

8.2.4 浅层地能空调系统施工工艺 340

参考文献 350

1 绪论

1.1 温室建筑工程概论

温室建筑工程简称温室工程,是我国设施农业的主体内容之一,其肩负着为设施园艺产业提供空间的重任。设施园艺涵盖了建筑、材料、机械、自动控制、品种、栽培、管理等多门学科和多种系统,科技含量高,设施园艺的发达程度,往往是一个国家或地区农业现代化水平的重要标志之一。其与人民生活关系密切,已成为我国农业现代化的热点及重要内容,而设施园艺工程的发展与提高,也必将加速我国农业现代化的进程。

在美国对现代温室生产的定义是:环境在控制下的农业生产,也就是利用温室可以在气候不利于甚至不能使作物生长的地方和时期,种植作物和产出食物。当露地也能生产时,温室则可保护作物免受大风、暴雨、冰雹等自然灾害的伤害。因此,覆盖有透明或半透明材料,其内部环境得到改善或控制的建筑就称为现代温室。根据这种说法,塑料蔬菜大棚、日光温室、玻璃温室、植物工厂等都属于现代温室范畴,只不过环境控制水平和程度有差异。另外,现代温室是个动态概念,随着时代的发展和进步,温室现代化水平也在日益提高和完善。

结合国内外的温室工程技术现状,我们对温室建筑工程做如下概括。温室建筑工程(英语:Greenhouse architectural engineering、Building engineering、Greenhouse construction engineering),建筑工程是一个关于建筑物的施工和内部设施安装的工程学,其知识范畴包括工程力学、土力学、测量学、房屋建筑和结构工程。建筑工程目的是为农业和居民建设适居的温室建筑、为各种温室主体建造适宜的空间等。温室建筑工程范畴广阔,包括下列范畴:勘察、规划温室的环境;温室建筑的设计;为温室建筑施工期间作出技术;安装温室建筑内部的线路和管道铺排;安装温室建筑内部的设备。

温室建设按项目分项可分为以下几方面的内容,主要有基础建设,钢结构安装,围护结构(包括塑料膜、PC板或玻璃的安装,通风窗、湿帘、防虫网的安装)安装,各种设备安装及调试(包括室内供水管道安装、暖气管道安装、照明系统安装、开窗机构安装、外遮阳网和内遮阳保温幕拉幕机构安装、侧墙保温幕安装、风机安装、充气机构安装、卷膜机构安装、补光系统安装等合同中规定的内容),种植设备、苗床、种植床的安装等。

因此,实际意义的现代温室,具备主体骨架由采用经热镀锌防锈处理的型钢构件组成,工厂化生产,具有相应的抗风雪等荷载的能力;采用玻璃、塑料薄膜、硬质塑料、聚碳酸酯板板等透光材料覆盖及其相应的卡槽、卡簧、铝合金型材或塑料型材等紧固、镶嵌构件,具有透光和保温的性能要求;配备有遮阳、降温、加温、通风换气等配套设备和栽培床、灌溉施肥、照明补光等栽培设施;还有环境调控的控制设备等,形成完整成套的技术和设施设备。

温室建设是一个复杂的系统工程,包含了先进的科学技术,代表了一个国家温室制造业的水平。温室工程建设的优劣,反映了温室承建方对温室的专业程度。从规范温室市场,提高温室建设质量,提高农业种植业水平来说,在行业内亟待建立我国温室建设的规范。

1.2 温室工程工艺概论

1.2.1 工艺的概念

工艺 (Craft) 是劳动者利用生产工具对各种原材料、半成品进行增值加工或处理, 最终使之成为制成品的方法与过程。工艺的目的, 就是要使某种材料更具价值。由于不同的工厂的设备生产能力、精度以及工人熟练程度等因素都大不相同, 所以对于同一种产品而言, 不同的工厂制定的工艺可能是不同的; 甚至同一个工厂在不同的时期做的工艺也可能不同。可见, 就某一产品而言, 工艺并不是唯一的, 而且没有好坏之分。这种不确定性和不唯一性, 和现代工业的其他元素有较大的不同, 反而类似艺术。所以, 有人将工艺解释为“做工的艺术”。

国家标准 GB/T 4863—1985 对工艺的定义: 使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程。不同的国家对工艺有不同的命名。中国对工业制作技艺的总称传统上叫“工艺”, 与苏联的命名相当。这是由于 20 世纪 50 年代, 我国大量引进苏联的制造技术, 工艺这个词便被广泛应用起来, 沿用至今。英文的“工艺”与“技术”是同一个单词“Technology”, 也可称“制造技术”。英、美等国的企业没有单设工艺部门, 这并不是没有工艺部门, 而是将工艺工作职能放在制造部。日本称工艺为“生产技术”, 工艺工作职能设在生产技术部。我国普遍应用“工艺”这个规范的术语。

在工程实践中, 工艺是指以文字、图表的方式, 表达将原材料加工成一个产品成品的全过程, “工艺”是一项多学科知识的综合运用, 它是生产企业保证产品质量的强制性“法律文件”。在生产过程中, 凡是改变生产对象的形状、尺寸、位置和性质等, 使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。其他过程则称为辅助过程。

工艺是企业的 Know-how (知道—做到), 是企业的看家本领, 即企业的核心竞争力。一般认为, 企业间竞争的实质是技术实力的竞争。评价一个企业的技术能力, 主要有三个方面: 一是设计技术能力, 掌握产品核心部件的设计技术; 二是工艺技术能力, 具有制造该产品的工艺基础; 三是员工的技术素质和职业道德水准的高低。所以说制造工艺是企业参与竞争、谋求发展的核心技术竞争能力。

1.2.2 温室工程工艺的概念

温室工程工艺 (也可以成为温室施工工艺) 是指在温室施工过程中所涉及到的温室土建施工工艺、温室钢结构工程工艺、温室设备安工艺、温室电气、智能化工艺等一系列工程工艺的总称。其施工工艺内容是指一项温室工程具体的工序规定和每道工序所要求采用的施工技术、施工方法和施工材料。

在分析产品生产过程、人员的施工过程中, 工艺流程图对一步步的顺序提供了有价值的图解。为了明确的表达工艺的内容, 实践中常用流程图来对工艺进行详细的表述。流程图是流经一个系统的信息流、观点流或部件流的图形代表。在企业中, 流程图主要用来说明某一过程。这种过程既可以是生产线上的工艺流程, 也可以是完成一项任务必需的管理过程。

美国工业工程标准词汇作了以下定义: “工艺流程图是用图表符号形式, 表达产品通过工艺过程中的部分或全部阶段所完成的工作。典型的流程图中包括的资料有数量、移动距离、所做工作的类别以及所用的设备, 也可以包括工时”。为了便于列出工艺流程

图，一般均采用国际通用的记录图形符号来代表生产实际中的各种活动和动作，用图形符号表明工艺流程所使用的机械设备及其相互联系的系统图。完整的工艺文件包含了大量与工艺流程、加工方法、设备、工装夹具、材料定额、工时定额、检验以及产品有关的信息（图 1-2-1）。

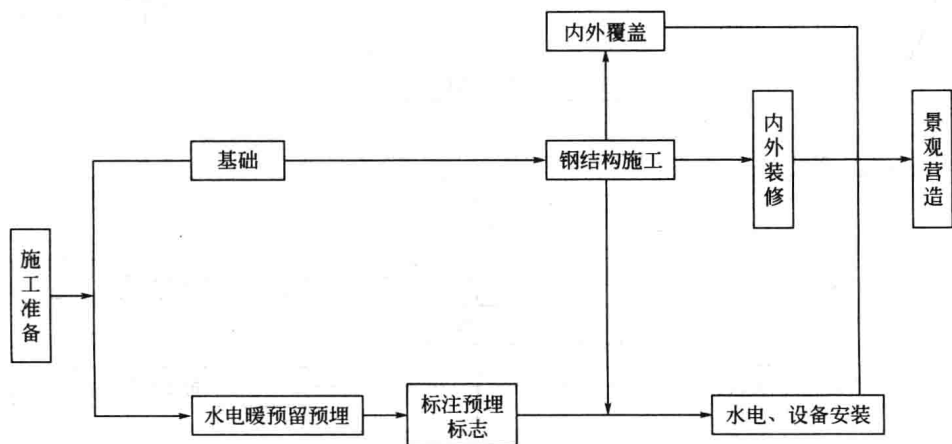


图 1-2-1 温室总体工程工艺流程图

1.2.2.1 温室土建施工工艺

温室土建施工工艺是指温室建筑过程中的地基、基础和墙体的施工内容的方法和施工工序。具体包括基础工程、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、砌体工程、抹灰工程、楼地面工程、饰件工程、防水工程等工程施工工艺内容（图 1-2-2、图 1-2-3）。

1.2.2.2 温室钢结构工程工艺

钢结构制作施工工艺适用范围：适用于建筑钢结构的加工制作工序，包括工艺流程的选择、放样、号料、切割、矫正、成型、边缘加工、管球加工、制孔、摩擦面加工、端部加工、构件的组装、圆管构件加工和钢构件预拼装（图 1-2-4）。

1.2.2.3 温室设备安装工程工艺

温室设备安装工程工艺是指温室工程中除土建和钢结构等主体建筑外的灌溉、栽培床、环境控制（温室通风、温室降温、温室加热）、园艺机械（基质混合、填土机、播种机、自动移栽机、自动化生产配套设备、视觉分级技术）、内部运输、植物保护等设备和相关配套设备的设计、施工方法、流程和维护技术。

1.2.2.3.1 机械设备安装

（1）机械设备安装的基本概念

机械设备安装是按照一定的技术条件，将机械设备或其它单独部件正确地安放和牢固地固定在基础上，使其在空间获得需要的坐标位置。机械设备安装质量的好坏，直接影响设备效能的正常发挥。机械设备安装的工艺过程包括：基础的验收、清理和抄平，设备部件的拆洗和装配，设备的吊装，设备安装位置的检测和找正，二次灌浆以及试运转等。

机器设备正确的安装位置，由机器或其单独部件的中心线、标高和水平性所决定，安装机器设备时，要求其中心线、中心高或水平性绝对正确是不可能的，当中心线、标高和水平性的偏差不影响机器设备的安全连续运转和寿命时，则是允许的。机器设备安装的实际偏差必须在允许的偏差内（称为安装精度）。同时，还要保证机器及其单独部件牢固地固定在基础上，防止其在工作中由于动载荷等的作用脱离正确的工作位置。

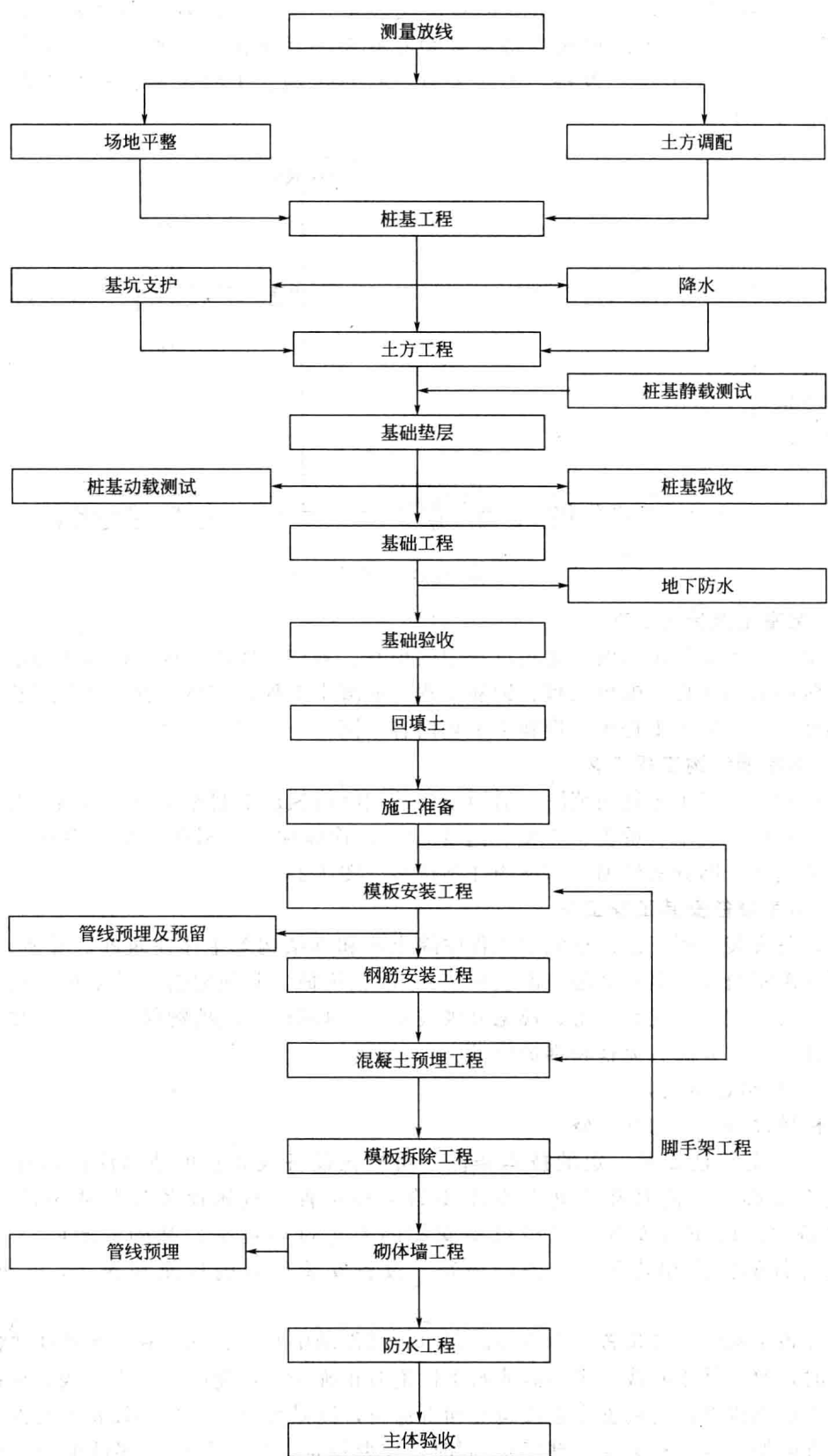


图 1-2-2 温室土建主体工程工艺流程图

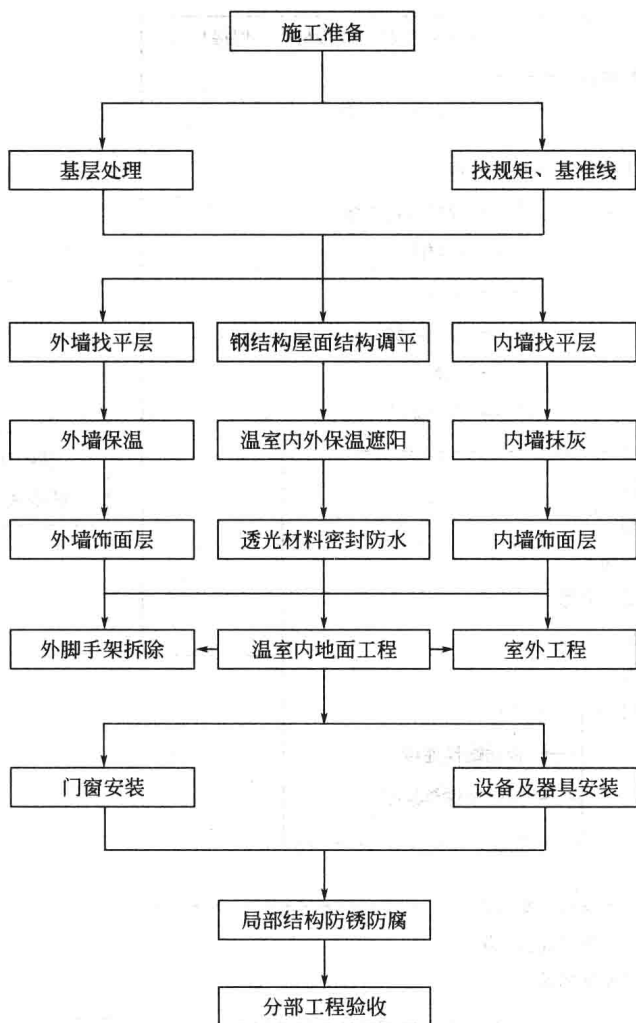


图 1-2-3 温室覆盖及装饰装修主要工程工艺流程图

(2) 安装的主要工艺过程

概括起来，一台机械设备从运抵安装现场到它投入生产或具备使用条件，都必须经过基础的验收，设备开箱验收、起重和搬运，基础放线和设备划线，设备就位，找正找平，设备固定，拆卸、清洗、装配及设备的试运转直到工程验收等基本安装工艺。

(3) 设备安装三要素

机械设备的安装位置的测检与调整工作是调整设备安装工艺过程中的主要工作，它的目的是调整设备的中心线、标高和水平性，使三者的实际偏差达到允许偏差要求，即保证安装精度。这一调整过程称为找正、找平、找标高。这些工作进行的好坏，是机械设备整个安装过程中的关键，对安装质量及投产后性能的发挥有着重大的影响。

1.2.2.3.2 设备安装基本知识

(1) 地脚螺栓的安装

地脚螺栓的作用是固定设备，使设备与基础牢固地结合在一起，以免工作时发生位移和倾覆。

① 地脚螺栓尺寸的确定 地脚螺栓的型式、长度、直径由设计图纸提供，若无规定由下列方法确定：

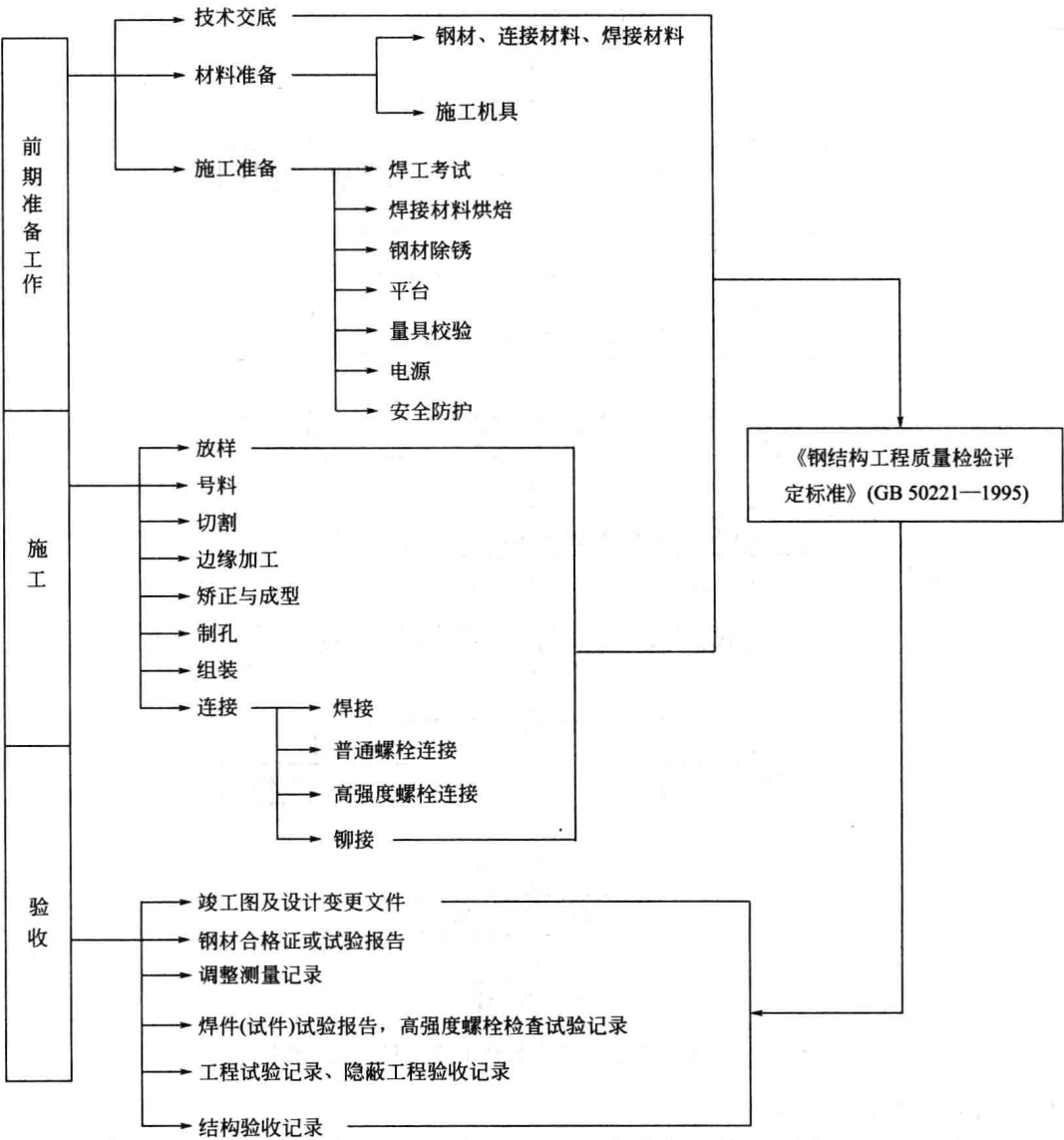


图 1-2-4 温室钢结构工程工艺流程图

地脚螺栓的直径应小于设备底座上的孔径，其关系见表 1-2-1。

表 1-2-1 设备底座上的孔径与地脚螺栓直径的关系

孔径/mm	12~13	14~17	18~22	23~27	28~33	34~40
螺栓直径/mm	10	12	16	20	24	30

地脚螺栓的长度 L 可由下式求得： $L(\text{mm})=L1+L2$

其中： $L1$ ——埋入基础深度，一般用直径的 12~25 倍；

$L2$ ——外露部分长度。

对于大型设备和震动较大的设备， $L1$ 取值应偏大。

② 安装地脚螺栓的注意事项

a. 地脚螺栓的垂直度公差值为 10/1000；

b. 地脚螺栓上的油垢必须清洗干净；