

装配式建筑建造技能培训系列教材（共四册）

装配式建筑建造

构件生产



北京城市建设研究发展促进会 组织编写
王宝申 主 编

中国建筑工业出版社

装配式建筑建造技能培训系列教材 (共四册)

装配式建筑建造 构件生产

北京城市建设研究发展促进会 组织编写

王宝申 主 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

装配式建筑建造 构件生产/北京城市建设研究发展促进会组织编写;王宝申主编. —北京:中国工业出版社, 2017.12

装配式建筑建造技能培训系列教材

ISBN 978-7-112-21610-9

I. ①装… II. ①北… ②王… III. ①建筑工程-装配式构件-生产管理-技术培训-教材 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 294274 号

责任编辑:张幼平 费海玲

责任校对:李美娜

装配式建筑建造技能培训系列教材 (共四册)

装配式建筑建造 构件生产

北京城市建设研究发展促进会 组织编写

王宝申 主 编

※

中国工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷

※

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7 $\frac{3}{4}$ 字数: 152 千字

2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-21610-9

(31258)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

造就中国建筑业大国工匠
推动中国建筑业精益制造

A stylized, calligraphic signature or logo in black ink, featuring bold, sweeping strokes that form a unique, abstract shape.

《装配式建筑建造技能培训系列教材》编委会

编委会主任：王宝中

编委会副主任：胡美行 姜 华 杨健康 高 杰

编委会成员：赵秋萍 肖冬梅 冯晓科 黄 群 胡延红

雷 蕾 刘若南

《装配式建筑建造 构件生产》分册编写人员

执行主编：刘若南

编写成员：（排名不分先后）

高春风 刘 伟 张 芸 史绍彰 王润林 王延宁

田有力 王 羽 曹 成 刘 昊 李晓文 田 东

序

建筑产业化近年来已经成为行业热点，从发达国家走过的历程看，预制建筑与传统施工相比具有建筑质量好、施工速度快、材料用量省、环境污染小的特点，符合我国建筑业的发展方向，越来越受到国家和行业主管部门的重视。

由于装配式建筑“看起来简单、做起来很难”，从国外的经验看，支撑装配式建筑发展的首要因素是“人”，装配式建筑需要专业化的技术人才。国务院《关于大力发展装配式建筑的指导意见》指出：力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。强化队伍建设，大力培养装配式建筑设计、生产、施工、管理等专业人才。我国每年城市新建住宅的建设面积约15亿平方米，对装配式专业化技术人才的需求十分巨大。

北京城市建设研究发展促进会以贯彻落实“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展新理念为指导，以推动建设行业深化改革、创新发展为己任，顺应产业化变革大势，以行业协会的优势，邀请国内装配式建筑建造方面的资深专家学者共同参与调研，实地考察，科学分析，认真探讨装配式建筑建造施工过程中的每一个细节。经过不懈的努力和奋斗，建立了一套科学的装配式建筑建造理论体系，并制定了一套装配式建筑创新型人才培养机制，组织各级专家编写汇集了《装配式建筑建造技能培训系列教材》。

本教材分为四册，汇集了各位领导、各位同事多年业务经验的积累，结合实践经验，用通俗易懂的语言详细阐述了装配式建筑建造过程中各项专业知识和方法，对现场预制生产作业工人和施工安装操作工人进行了理论结合实际完整的工序教育。其中很多知识都是通过经验数据得出的行业标准，对于装配式建筑建造有着极高的参考价值，值得大家学习和研究。

各企业和培训机构能借助系列教材加大装配式技术人才的培养力度，提升从业人员技能水平，改变我国装配式专业化技术人才缺失的局面，助力建筑业转型升级，服务城市建设。

当然，装配式建筑建造尚处于初级阶段，本教材内容随着产业化的不断升级还需继续完善，在此诚恳参阅的各位领导和同事予以指正、批评，多和我们进行交流，共同为建筑业、为城市建设贡献自己的微薄之力。

感谢参与本书编写的各位编委在极其繁忙的日常工作中抽出宝贵时间撰写书稿。感谢共同参与调研的各位专家学者对本书的大力支持。感谢北京住总集团等会员企业为本书编写提供了大量的人力资源、数据资料和经验分享。

北京城市建设研究发展促进会

2017年12月5日

目 录

第一章 预制构件生产工序	1
第一节 钢筋加工工序	1
一、钢筋施工翻样	1
二、钢筋除锈、调直与切断	3
三、钢筋弯曲成型	4
四、钢筋网片、套丝、套筒的加工及骨架安装	5
五、桁架筋的制作加工	9
六、预埋件的加工制作	9
第二节 模具加工工序	11
一、模具设计	12
二、加工准备工作	12
三、翻样下料	14
四、拼接组装	14
五、变形调整	14
六、模具零配件加工	15
七、模具整体组装及修整	15
八、喷漆处理及标记型号	15
第三节 构件生产工序	16
一、一次浇筑成型构件生产工艺	16
二、二次浇筑成型构件生产工艺	24
第四节 构件码放运输工序	33
第二章 构件生产相关试验	37
第一节 原材料试验	37
一、水泥	37
二、矿物掺合料	40
三、砂	43
四、石	45
五、外加剂	47
六、钢筋	49
第二节 其他材料试验	56

一、钢筋连接用灌浆套筒	56
二、钢筋连接用套筒灌浆料	59
三、保温材料	59
四、外墙保温拉结件	60
五、预埋件	60
六、外装饰材料	60
第三节 混凝土相关试验	60
一、基本概念	60
二、混凝土质量指标及影响因素	61
第四节 结构试验	66
一、预制楼梯、叠合板结构性能检验	66
二、预制混凝土夹心保温外墙板的传热系数性能检验	74
三、外墙饰面砖粘结强度检验	74
第三章 质量检查与验收	76
第一节 过程质量控制	76
一、模具检验	76
二、钢筋半成品检验	80
三、钢筋成品检验	80
四、隐蔽工程检验	84
五、混凝土浇筑检验	84
六、蒸汽养护检验	84
第二节 成品质量控制	87
一、成品检验	87
二、构件其他环节的验收	91
第四章 生产工艺设备操作	93
一、自动化生产线工艺	93
二、固定模台工艺	101
三、混凝土搅拌站	103
四、钢筋加工车间	104
第五章 安全生产知识	107
第一节 一般安全知识	107
第二节 安全防护知识	107
第三节 临时用电安全知识	108
第四节 起重吊装安全知识	109
第五节 设备操作安全知识	110

第一章 预制构件生产工序

第一节 钢筋加工工序

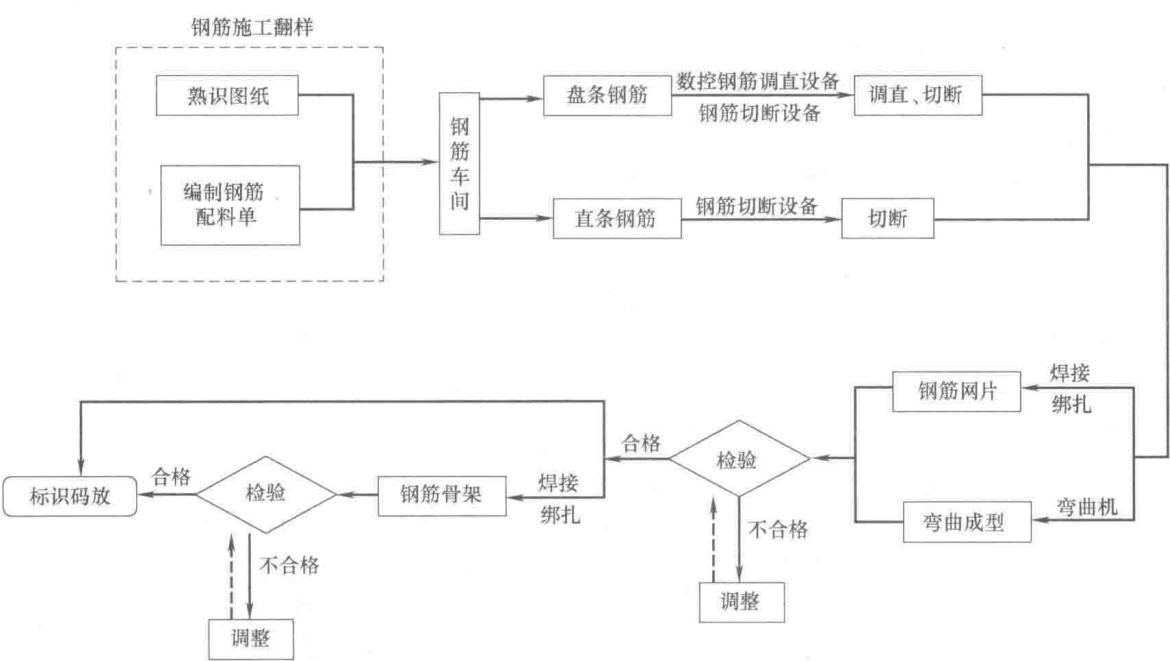


图 1-1 钢筋加工工艺流程图

一、钢筋施工翻样

钢筋翻样在构件加工中，主要是指钢筋工长、技术人员按照构件加工图纸所给钢筋规格、形状、尺寸、重量、间距、数量、保护层厚度等内容，通过一定的钢筋下料规则计算，形成各个型号构件的钢筋配料单，并按照配料单分类进行统计后，方便钢筋班组安排工人进行钢筋切断、成型、绑扎安装等工作。钢筋配料单是钢筋班组加工的主要依据，其中包括构件型号、生产块数、钢筋编号、数量、规格、加工简图、下料长度、重量以及备注要求等信息，对于特殊异形复杂构件还需要通过电脑进行整图放样后，形成配料单。

1. 钢筋施工翻样前准备

钢筋施工翻样前，钢筋翻样人员需认真研读施工图纸，熟悉构件外形尺寸、保护层厚度、构件的配筋特点、钢筋位置及构件工艺要求等。结合以往经验，将钢筋网片、预埋件与模具组装冲突部位细化，在符合规范要求的情况下，作一定的技术处理，以保证钢筋用料最省、钢筋网片准确和构件生产顺利。当出现难以处理的问题时，应上报技术部门协调设计解决。

2. 钢筋配料单的编制

钢筋配料计算，在满足形状和尺寸要求的前提下，应考虑有利于钢筋加工运输和安装，并应尽量利用库存规格材料、短料等，节约钢材。

图 1-2 为钢筋配料单，包括构件名称、钢筋编号、钢筋简图、下料长度、数量、合计数量、重量等。

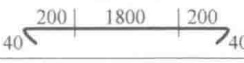
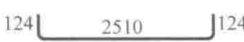
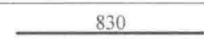
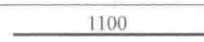
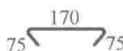
构件名称: YWQ1826				构件数量: 1块			
编号	数量	合计数量	规格	加工尺寸	下料长度	总重(kg)	备注
1a	22	22	Φ8		2347	20.39	墙体水平筋
1b	10	10	Φ8		2000	7.9	墙体水平筋
2a	16	16	Φ8		2783	17.58	墙体竖向筋
2b	4	4	Φ10		2803	6.92	墙体竖向筋
3a	5	5	Φ18		830	8.3	加强筋
3b	5	5	Φ18		1100	11	加强筋
4	53	53	Φ6		366	4.31	拉筋

图 1-2 钢筋配料单

3. 钢筋下料长度计算

为使钢筋满足设计要求的形状和尺寸，需要对钢筋进行弯折，而弯折后钢筋各段长度总和并不等于其在直线状态下的长度，所以需要 对钢筋的切断下料长度加以计算，目前多数教材和钢筋工长手册中采用下式计算，图 1-3 为钢筋下料长度计算示意图。

(1) 直钢筋下料

下料长度=构件长度-保护层厚度+弯钩增加长度

(2) 弯起钢筋下料

下料长度=直段长度+斜段长度+弯钩增加长度-弯曲调整值

(3) 箍筋下料

下料长度=箍筋周长+弯钩增加长度±弯曲调整值

钢筋工长手册中，钢筋弯曲调整值计算见表 1-1，钢筋弯钩增加长度见表 1-2。

钢筋弯曲调整值 表 1-1

钢筋弯曲角度	30°	45°	60°	90°	135°
钢筋弯曲调整值	0.35 <i>d</i>	0.5 <i>d</i>	0.85 <i>d</i>	2 <i>d</i>	2.5 <i>d</i>

注：*d* 为钢筋直径，钢筋弯曲调整值在实际加工中与钢筋级别、弯钩形状、弯曲角度、钢筋直径以及弯曲直径大小有关。

钢筋弯钩增加长度 表 1-2

钢筋弯曲角度	90°	135°	180°
钢筋弯钩增加长度	平直长度+0.5 <i>d</i>	平直长度+1.9 <i>d</i>	平直长度+3.25 <i>d</i>

注：*d* 为钢筋直径，在实际加工中，钢筋弯钩增加长度与钢筋级别、弯钩形状、弯曲角度、钢筋直径和弯曲直径 *D* 的大小有关。

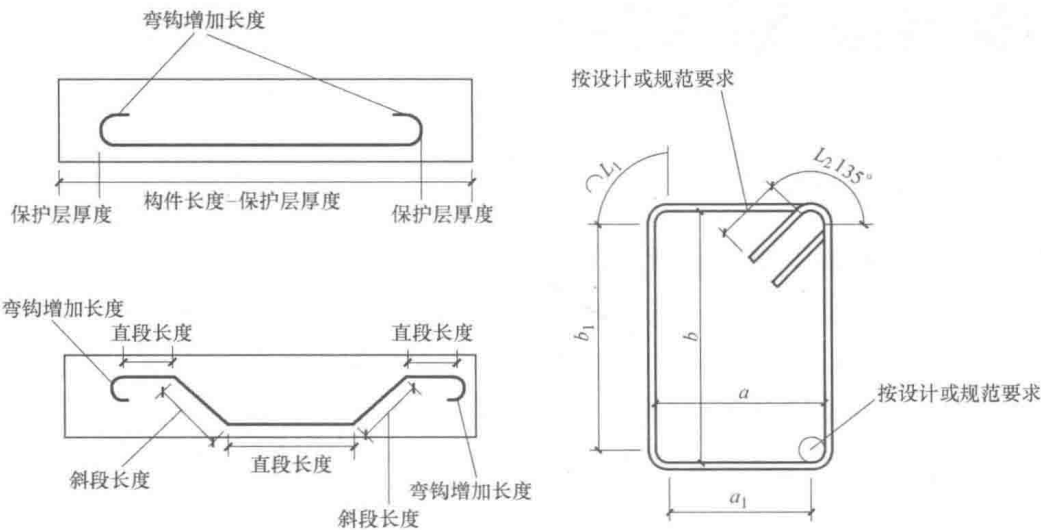


图 1-3 钢筋下料长度计算示意图

二、钢筋除锈、调直与切断

1. 钢筋除锈

钢筋严重锈蚀，不仅影响钢筋与混凝土之间的粘结作用，而且会降低构件的承载力，所以钢筋除锈是钢筋加工中必不可少的工序。预制构件的生产一般在室内进行，故钢筋锈蚀情况较少，但若有锈蚀钢筋，必须进行钢筋除锈处理。若钢筋锈蚀为浮锈，则不需对其进行处理。

钢筋除锈的方法主要有：

- (1) 手工除锈：钢丝刷除锈、砂盘除锈。
- (2) 机械除锈：电动除锈机除锈、喷砂法除锈、化学法除锈。

2. 钢筋调直与切断

钢筋调直应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》。对于盘条钢筋调直与切断，目前多数使用数控钢筋加工设备完成，如图 1-4 所示。该设备应用了电子控

制仪，实现了钢筋调直切断自动化，控制准确，操作安全。对于直条钢筋的切断，主要采用钢筋切断机，如图 1-5 所示。

在钢筋切断过程中，如发现钢筋有劈裂、缩头或严重的弯头等必须切除。钢筋的端口不得有马蹄形或起弯等现象。



图 1-4 数控钢筋调直切断设备

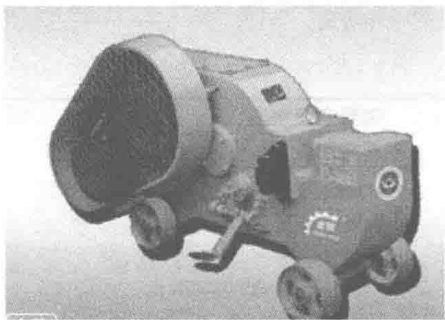


图 1-5 钢筋切断机

三、钢筋弯曲成型

在进行钢筋弯曲成型之前，首先必须熟悉待加工的钢筋规格、形状和各部尺寸，以便确定弯曲操作步骤，准备弯曲工具，或根据待弯曲钢筋的尺寸在电脑上设定弯制尺寸参数。手动弯曲要先将钢筋的各段长度尺寸画在钢筋上，将各弯曲点位置画出，而后先试弯一根钢筋，确定弯曲的位置及弯曲角度，检查画线的结果是否符合设计要求，待检验合格后，方可成批弯制。图 1-6 为钢筋弯曲操作，图 1-7 为钢筋弯曲后状态。

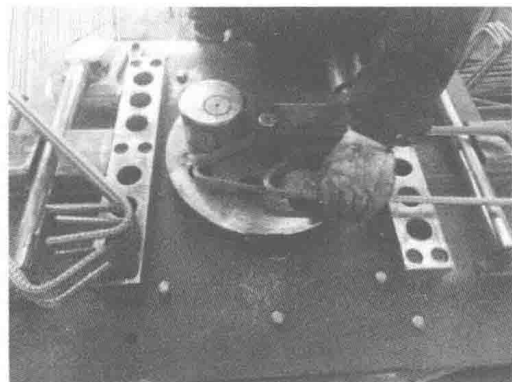


图 1-6 钢筋的弯钩操作

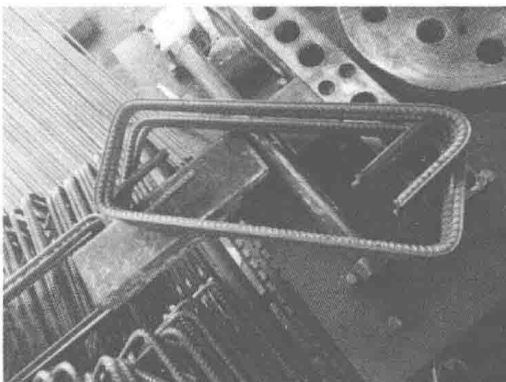


图 1-7 钢筋弯曲后状态

根据钢筋的不同弯曲直径选择不同直径的芯轴，弯曲时应满足图 1-8 所示的参数要求。

弯曲形状复杂的钢筋，要放足尺大样，经检验合格后再成批生产。

钢筋弯曲应在常温下进行，不允许加热弯曲，也不得采用锤击弯折。钢筋弯折点不得有裂缝，弯曲形状不应在平面上发生翘曲现象。弯制钢筋时宜以中部开

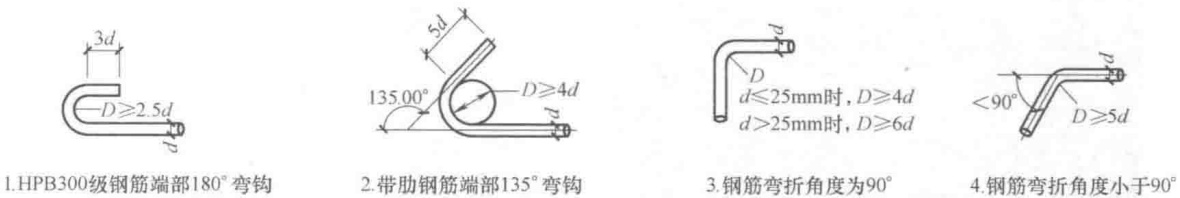


图 1-8 钢筋弯曲参数

始逐步弯曲两端，弯勾必须一次弯成，不得反复弯折，加工完毕后的钢筋，应放置在棚内的架垫上，避免锈蚀及污染。

四、钢筋网片、套丝、套筒的加工及骨架安装

1. 钢筋网片加工

钢筋网片的加工采用绑扎或焊接两种形式，一般构件钢筋网片的使用部位为保温装饰一体化外墙板的外页板、叠合板以及一些装饰板。

(1) 钢筋绑扎工艺

钢筋绑扎安装前，应先熟悉施工图纸，核对钢筋配料单及料牌，研究钢筋安装与相关工种配合的顺序。钢筋绑扎工具包括钢丝、绑扎工具、绑扎架等。钢筋绑扎一般用 20~22 号钢丝或镀锌丝，其中只有直径为 12mm 以下的钢筋采用 22 号钢丝。钢筋绑扎钢丝长度见表 1-3。图 1-9 为顺扣绑扎示意图，图 1-10 为顺扣绑扎实图。绑扎时一般用顺扣或八字扣。绑扎后的钢筋网片如图 1-11 所示。

钢筋绑扎钢丝长度表 表 1-3

钢筋直径(mm)	6~8	10~12	14~16	18~20	22	25	28	32
6~8	150	170	190	220	250	270	290	320
10~12		190	220	250	270	290	310	340
14~16			250	270	290	310	330	360
18~20				290	310	330	350	380
22					330	350	370	400

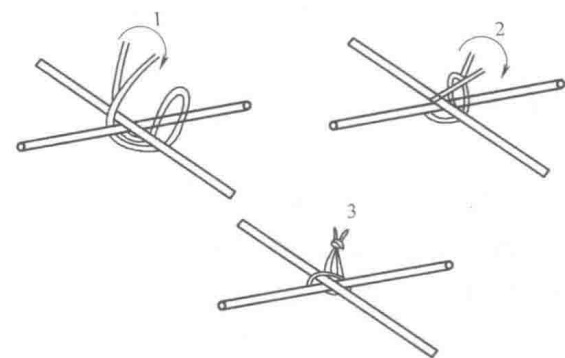


图 1-9 顺扣绑扎示意图

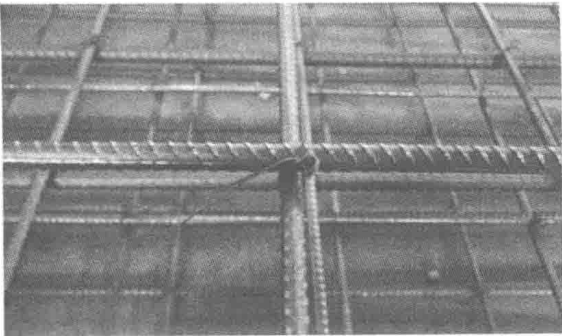


图 1-10 顺扣绑扎实图

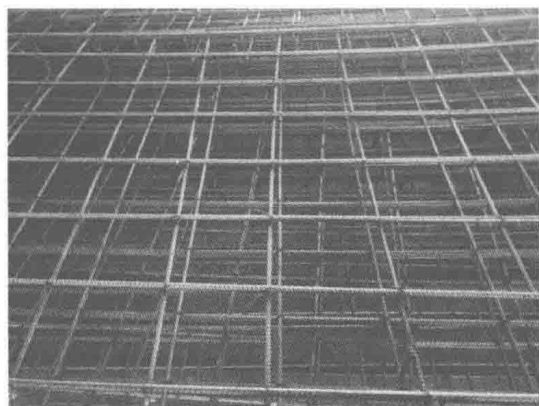


图 1-11 绑扎钢筋网片

(2) 钢筋焊接工艺

钢筋焊接方法：电阻电焊、闪光对焊、电弧焊、电渣电压力焊、气焊等。

一般钢筋网片焊接采用数控自动焊接设备及半自动焊接设备，如图 1-12 所示。焊接网片一般采用钢筋直径 4~14mm 的钢筋制作。考虑运输条件，焊接网片钢筋长度不宜超过 12m，宽度不宜超过 3.4m。钢筋焊接网片与传统手工绑扎相比有以下特点：钢筋规格、间距

等质量要求可得到有效控制；焊接网刚度大、弹性好、焊点强度高、抗剪性能好，且成型后网片不易变形，荷载可均匀分布于整个混凝土结构上，再辅以马镫筋、垫块能有效抵抗施工的踩踏变形的影响，容易保证钢筋的位置和混凝土保护层的厚度，有效保证钢筋的到位率。

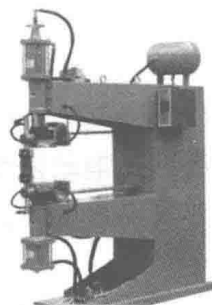
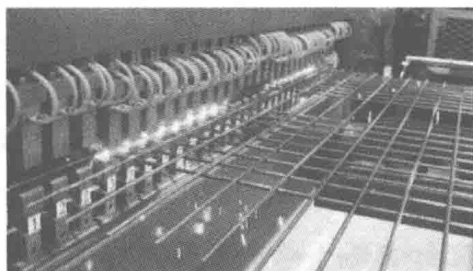


图 1-12 钢筋点焊机

2. 钢筋骨架加工

钢筋骨架筋组合在一起，形成一个完整的网架，称为“钢筋笼”“钢筋网”“钢筋骨架”等，如图 1-13 所示。一个完整的钢筋网架有利于约束混凝土，提高混凝土构件的整体性。钢筋骨架一般应用于构件结构层，主要在钢筋制备完成后，到现场吊装。制备好的钢筋骨架，必须放在平整、干燥的场地，每个骨架挂标志牌。

(1) 钢筋骨架绑扎工艺操作

1) 将基础垫层清扫干净，用石笔和墨斗在上面弹放钢筋位置线。

2) 按钢筋位置线布放基础钢筋。

3) 绑扎钢筋，四周两行钢筋交叉点应每点绑扎牢。中间部分交叉点可相隔交错扎牢，但必须保证受力钢筋不位移。双向主筋的钢筋网，则需将全部钢筋相交点扎牢。相邻绑扎点的钢丝扣成八字，以免网片歪斜变形。

4) 大底板采用双层钢筋网时，在上层钢筋网下面应设置钢筋撑脚或混凝土撑脚，以保证钢筋位置正确，钢筋撑脚应垫在下层钢筋网上。

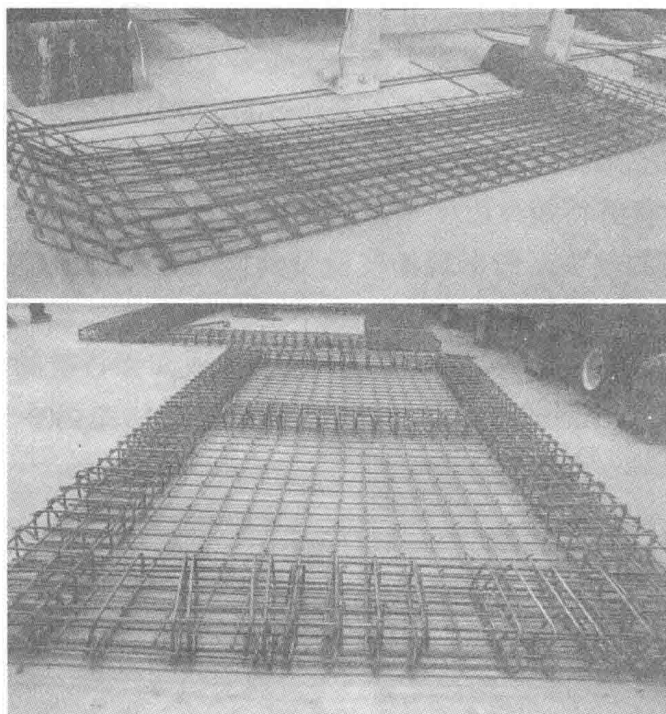


图 1-13 钢筋骨架成品

- 5) 钢筋的弯钩应朝上，不要倒向一边；双钢筋网的上层钢筋弯钩应朝下。
- 6) 独立基础为双向弯曲，其底面短向的钢筋应放在长向钢筋的上面。
- 7) 箍筋的位置一定要绑扎固定牢靠。
- 8) 钢筋的连接：
 - ① 钢筋连接的接头宜设置在受力较小处。
 - ② 若采用绑扎搭接接头，则纵向受力钢筋的绑扎接头宜相互错开。
 - ③ 纵向受力的钢筋采用机械连接接头或焊接接头时，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计规定。

(2) 成品保护

- 1) 钢筋绑扎完后，应采取保护措施，防止钢筋的变形、位移。
- 2) 浇筑混凝土时，应搭设上人和运输通道，禁止直接踩压钢筋。
- 3) 浇筑混凝土时，严禁碰撞预埋件，如碰动应在设计位置重新固定。
- 4) 各工种操作人员不准任意掰动、切割钢筋。

3. 钢筋套丝加工

(1) 钢筋端面宜平整并与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形或扭曲（钢筋下料工具必须用无齿锯下料，严禁用切断机下料）；钢筋端部不得有弯曲。

(2) 外形质量：丝头有效螺纹数量不得少于设计规定；牙顶宽度大于 $0.3P$ 的不完整螺纹累计长度不得超过两个螺纹周长，钢筋丝头的牙形、螺距必须与连接套的牙形、螺距相吻合。

- (3) 丝头尺寸检验：通环规、止环规必须放置在钢筋加工现场，用专用的螺纹环规检验，其通环规应能顺利旋入，止环规旋入长度不得超过 3P。
- (4) 加工的丝头应逐个进行自检，不合格的丝头应切去重新加工。
- (5) 丝头加工完毕，经检验合格后，应立即带上塑料保护帽或拧上连接套筒，并按规格分类堆放整齐待用。
- (6) 自检合格的丝头，应由现场质检员随机抽样进行检验，以一个工作班加工的丝头为一检验批，随机抽取 10%，且不得少于 10 个。丝头现场抽检合格率不得小于 95%，当抽检合格率小于 95%时，应另抽取同样数量的丝头重新检验。两次抽检的总合格率不小于 95%，该批产品合格，若合格率仍小于 95%，则应对全部丝头进行逐个检验，合格者方可使用。
- (7) 在进行钢筋连接时，钢筋规格应与连接套筒规格一致，并保证丝头和连接套筒内螺纹干净、完好无损。
- (8) 钢筋连接时应用工作扳手将丝头在套筒中央位置顶紧。
- (9) 钢筋接头拧紧后，应用力矩扳手按不小于表 1-4 中的拧紧力矩值检查，并加以标记。钢筋连接完毕后，拧紧力矩值应符合表 1-4 的要求。

直螺纹接头安装时的最小拧紧扭矩值 表 1-4

钢筋直径(mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧扭矩(N·m)	100	200	260	320	360

- (10) 钢筋连接完毕后，标准型接头连接套筒外应有外露有效螺纹，且连接套筒简单边外露有效螺纹不得超过 2P。
- (11) 钢筋连接接头的外观质量在施工时应逐个自检，不符合要求的钢筋连接接头应及时调整或采取其他有效的连接措施。
- (12) 外观质量自检合格的钢筋连接接头，应由现场质检员随机抽样进行检测。同一施工条件下采用同一材料的同等级、同型式、同规格接头，以连续生产 500 个为一个检验批进行检验和验收，不足 500 个按一个检验批计算。
- (13) 对每一检验批的钢筋连接接头，于正在施工的工程结构中随机抽取 15%，且不少于 75 个接头，检验其外观质量及拧紧力矩。
- (14) 现场钢筋连接接头的抽检合格率不应小于 95%。当抽检合格率小于 95%时，应另抽取同样数量的接头重新检验，当两次抽检的总合格率不小于 95%时，该批接头合格，若合格率仍小于 95%，则应对全部接头进行逐个检验。在检验出的不合格接头中，抽取 3 根接头进行抗拉强度检验，3 根接头抗拉强度试验的结果全部符合 JGJ 107 的有关规定，该批接头外观质量可以验收。
- (15) 钢筋套丝加工过程应符合 JGJ 107 的有关规定，钢筋连接接头满足该规定要求。