



建筑工程施工知识丛书

# 混凝土结构



皮凤梅 杨洪渭 骆中钊 编著



化学工业出版社



建筑工程施工知识丛书

# 混凝土结构

◎ 皮凤梅 杨洪渭 骆中钊 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书除了对传统的钢筋工程、混凝土工程、预应力混凝土结构工程、模板工程、起重机具与垂直运输、装备式混凝土结构工程进行了较为详细的阐述以外,还对实际工程中经常遇到的混凝土结构裂缝控制与修补、混凝土结构检测与加固及钢-混凝土混合结构工程进行了简单的介绍。

本书适合于从事建筑业施工的广大农村知识青年、技术工人和管理人员阅读,也可作为建筑施工技术的培训教材,还可供大专院校相关专业师生教学参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构/皮凤梅,杨洪渭,骆中钊编著. —北京:化学工业出版社, 2008.6  
(建筑工程施工知识丛书)  
ISBN 978-7-122-03099-3

I. 混… II. ①皮…②杨…③骆… III. 混凝土结构  
IV. TU375

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 082851 号

---

责任编辑:刘兴春 徐娟  
责任校对:凌亚男

文字编辑:郑直  
装帧设计:周遥

---

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:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张16 $\frac{3}{4}$  字数392千字 2008年9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:38.00元

版权所有 违者必究

# 出版者的话

改革开放的春风给我们的祖国带来了无限的生机和活力，举国上下建设热潮汹涌澎湃，令人鼓舞，催人奋进。广大农村的大批知识青年和剩余劳动力进入建筑行业，经过专业的培训和锻炼，已成为建筑业的生力军，为我国建筑业的发展立下了汗马功劳。

“百年大计，质量第一”。建筑必须有可靠的质量保证，才能确保人们的安居乐业。建筑工程的施工危险性大，必须有可靠的技术保证和安全措施，才能确保广大施工人员的生命安全和施工质量。建筑业的迅猛发展，急需大量懂技术、懂安全的熟练工人和善管理、会经营的技术人员。现在进入建筑业的大批来自农村的知识青年都具有一定的文化水平，只要能为他们提供一些通俗易懂的建筑工程施工知识，通过自学、辅导和培训，让他们尽快掌握建筑工程施工知识有着重要的现实意义和可行性。为了适应发展的需要，我们已组织出版了可供从事建筑工程施工的广大农村知识青年通过自学，从读懂施工图入手，进而学习一般建筑工程施工的基本知识、质量检查常识和施工安全常识的《建筑工程施工知识 自学丛书》（共六册，2006年该书荣获全国服务“三农”优秀图书），深受广大农村知识青年的欢迎和社会各界的好评。

党和我国政府极为关心农民问题。十七大报告中再次强调指出，解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重；同时还指出，坚持农村基本经营制度，培育有文化、懂技术、会经营的新型农民，发挥亿万农民建设新农村的主体作用。

改革开放三十年来，很多在建筑业中刻苦学习、勤奋工作的农村知识青年已成为建筑业中的领军人物，并已走上了管理岗位。为了响应党中央和我国政府的号召，值此纪念改革开放三十周年之际，化学工业出版社邀请国内该领域多位专家、学者，组织编写包括《地基基础》、《砌体结构》、《混凝土结构》、《钢结构》和《施工组织》共五册的《建筑工程施工知识丛书》，为多年从事建筑业施工，并掌握了一定技术和经验的广大农村知识青年提供较为全面、系统的建筑工程施工知识，以期能为他们提高技术水平和走上管理岗位提供一些帮助。

在《建筑工程施工知识丛书》出版之际，感谢很多领导、专家的关心和指导，感谢全体编写人员的辛勤工作。

限于组织编写时间仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评、指正，以便进一步修改、完善。

# 前 言

当今社会,建筑节能日益重要,随着国家相应法规及政策的出台,以前使用范围最为广泛的黏土烧结砖由于破坏耕地和浪费能源的原因,目前很多地区和城市已经禁止使用。钢筋混凝土结构作为砖混结构的替代品,在住宅、商业等民用建筑中得到了迅猛发展,当前城镇建设绝大部分都采用了钢筋混凝土结构。在发展过程中,混凝土结构涌现了一大批新的结构形式,如异形柱框架结构、短肢剪力墙结构、钢-混凝土混合结构等。和其他材料的结构相比,混凝土结构的主要优点是:整体性好,可灌筑成为一个整体;可塑性好,可灌筑成各种形状和尺寸的结构;耐久性和耐火性好;工程造价和维护费用低。由于它在物理力学性能及材料来源等方面有许多优点,所以其发展速度很快,应用也最广泛,已从工业与民用建筑、交通设施、水利水电建筑和基础工程扩大到了近海工程、海底建筑、地下建筑、核电站安全壳等领域。随着轻质高强材料的使用,在大跨度、高层建筑中的混凝土结构越来越多。

近30年来,我国在钢筋混凝土基本理论与计算方法、可靠度与荷载分析、单层与多层厂房结构、高层建筑结构、大板与升板结构、大跨度结构、结构抗震、工业化建筑体系、电子技术在钢筋混凝土结构中的应用和测试技术等方面取得了很多成果,为修订和制定有关规范和规程提供了大量的数据和科学依据。这些规范和规程积累了我国半个世纪以来丰富的工程实践经验和最新的科研成果,把我国混凝土结构设计方法提高到了当前的国际水平,在工程设计中发挥指导作用,必将促进我国混凝土结构设计和施工水平的进一步发展。

本书是《建筑工程施工知识丛书》中的一册。混凝土结构是工业与民用建筑中广为应用的技术。书中的内容大部分来自工程施工的经验总结,除了对传统的钢筋工程、混凝土工程、预应力混凝土结构工程、模板工程、起重机具与垂直运输、装配式混凝土结构工程进行了较为详细的阐述以外,还对实际工程中经常遇到的混凝土结构裂缝控制与修补、混凝土结构检测与加固和钢-混凝土混合结构工程进行了简单的介绍,以便于从事建筑业施工的广大农村知识青年、技术工人和管理人员了解混凝土结构工程中各主要工种的施工技术及工艺原理以及混凝土结构施工新技术、新工艺的发展,使他们能够掌握混凝土结构施工的基本知识、基本理论和决策方法,并具有解决一般混凝土结构施工的初步能力。

本书由皮凤梅、杨洪渭、骆中钊等编著。廊坊师范学院皮凤梅编著第一章、第二章、第六章;廊坊继方工程设计咨询有限公司杨洪渭编著第三章、第五章;河北工业大学田敬贤编著第四章;廊坊继方工程设计咨询有限公司齐晓愈、谷云山编著第七章;廊坊华夏房地产有限公司李淑荣、廊坊继方工程设计咨询有限公司杨叶编著第八章;廊坊佳泰建筑设计有限公司张树锋、赵青山编著第九章。全书由骆中钊统稿和校审。

在编写过程中,得到很多专家、学者、同行的支持和指导,参考了有关专家、学者的论著,借此致以衷心的感谢。限于作者水平,本书不足之处,敬请读者指正。

编著者

2008年5月

# 目 录

|                            |    |                                  |     |
|----------------------------|----|----------------------------------|-----|
| <b>1 钢筋工程</b> .....        | 1  | 2.1.5 外加剂 .....                  | 66  |
| 1.1 钢筋品种和检验 .....          | 1  | 2.1.6 混合材料 .....                 | 67  |
| 1.1.1 钢筋的品种和性能 .....       | 1  | 2.2 混凝土技术性能 .....                | 69  |
| 1.1.2 钢筋检验 .....           | 5  | 2.2.1 混凝土拌和物的和易性 .....           | 69  |
| 1.2 钢筋的加工 .....            | 7  | 2.2.2 混凝土的强度 .....               | 71  |
| 1.2.1 钢筋除锈 .....           | 7  | 2.2.3 混凝土的耐久性 .....              | 73  |
| 1.2.2 钢筋调直 .....           | 7  | 2.2.4 混凝土的配合比设计 .....            | 74  |
| 1.2.3 钢筋切断 .....           | 8  | 2.3 特殊混凝土 .....                  | 74  |
| 1.2.4 钢筋弯曲 .....           | 10 | 2.3.1 泵送混凝土 .....                | 74  |
| 1.2.5 钢筋下料 .....           | 12 | 2.3.2 大体积混凝土 .....               | 77  |
| 1.2.6 钢筋加工允许偏差 .....       | 17 | 2.3.3 高强混凝土 .....                | 78  |
| 1.3 钢筋的连接 .....            | 17 | 2.4 混凝土施工工艺 .....                | 81  |
| 1.3.1 焊接连接 .....           | 17 | 2.4.1 混凝土的拌制 .....               | 81  |
| 1.3.2 机械连接 .....           | 34 | 2.4.2 混凝土的运输 .....               | 83  |
| 1.4 钢筋的绑扎与安装 .....         | 44 | 2.4.3 混凝土泵送 .....                | 85  |
| 1.4.1 钢筋网片、骨架制作的准备工作 ..... | 44 | 2.4.4 混凝土的浇筑 .....               | 88  |
| 1.4.2 钢筋网片骨架的制作与安装 .....   | 45 | 2.4.5 混凝土的养护 .....               | 94  |
| 1.4.3 钢筋网片、骨架的验收 .....     | 46 | 2.5 混凝土冬季施工 .....                | 94  |
| 1.5 钢筋的代换 .....            | 46 | 2.5.1 混凝土冬季施工原理 .....            | 94  |
| 1.5.1 代换原则 .....           | 47 | 2.5.2 混凝土冬季施工方法的选择 .....         | 95  |
| 1.5.2 等强代换方法 .....         | 47 | 2.5.3 混凝土冬季施工的特点 .....           | 96  |
| 1.5.3 等面积代换方法 .....        | 47 | 2.5.4 混凝土的蓄热养护法 .....            | 99  |
| 1.5.4 构件截面的有效高度影响 .....    | 47 | 2.5.5 混凝土强度估算 .....              | 99  |
| 1.5.5 代换注意事项 .....         | 48 | 2.5.6 综合养护法施工 .....              | 99  |
| 1.6 钢筋混凝土构件配筋构造要求 .....    | 48 | 2.5.7 混凝土的加热养护方法 .....           | 100 |
| 1.6.1 混凝土保护层厚度 .....       | 48 | 2.5.8 负温混凝土 .....                | 101 |
| 1.6.2 钢筋的锚固 .....          | 49 | 2.5.9 冬季施工混凝土质量检查 .....          | 102 |
| 1.6.3 钢筋的连接 .....          | 51 | 2.6 混凝土工程质量检验 .....              | 102 |
| <b>2 混凝土工程</b> .....       | 53 | 2.6.1 混凝土在拌制、浇筑和养护过程中的质量检查 ..... | 102 |
| 2.1 混凝土原材料 .....           | 53 | 2.6.2 混凝土强度检查 .....              | 103 |
| 2.1.1 水泥 .....             | 53 | 2.6.3 现浇混凝土结构的外观检查 .....         | 104 |
| 2.1.2 天然砂 .....            | 61 | 2.6.4 现浇结构常见外观质量缺陷原因与修理方法 .....  | 106 |
| 2.1.3 碎石或卵石 .....          | 63 |                                  |     |
| 2.1.4 拌和用水 .....           | 65 |                                  |     |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>3 预应力混凝土结构工程</b>      | 108 |
| 3.1 当前预应力混凝土结构的应用及发展趋势   | 108 |
| 3.1.1 预应力混凝土结构发展历史       | 108 |
| 3.1.2 预应力混凝土结构分类         | 108 |
| 3.1.3 预应力混凝土结构在我国的应用     | 109 |
| 3.1.4 我国预应力混凝土结构发展趋势     | 110 |
| 3.2 预应力钢材                | 111 |
| 3.2.1 预应力钢材的品种与性能        | 111 |
| 3.2.2 预应力钢材的特性           | 115 |
| 3.2.3 预应力钢筋的制作           | 115 |
| 3.2.4 预应力钢材的验收、检验与存放     | 116 |
| 3.3 锚具、夹具及连接器            | 117 |
| 3.3.1 性能要求               | 117 |
| 3.3.2 后张法锚具              | 118 |
| 3.3.3 先张法夹具              | 122 |
| 3.3.4 连接器                | 123 |
| 3.3.5 质量检验               | 124 |
| 3.4 张拉设备                 | 124 |
| 3.4.1 液压千斤顶              | 125 |
| 3.4.2 电动油泵和连接油管          | 127 |
| 3.4.3 电动螺杆张拉机            | 128 |
| 3.4.4 电动卷扬张拉机            | 128 |
| 3.5 张拉设备的选用及标定           | 129 |
| 3.5.1 张拉设备的选用            | 129 |
| 3.5.2 张拉设备的标定            | 129 |
| 3.6 预应力施工计算              | 130 |
| 3.6.1 预应力筋的下料长度          | 130 |
| 3.6.2 预应力筋的张拉力计算         | 133 |
| 3.6.3 预应力损失              | 133 |
| 3.6.4 预应力筋的张拉伸长值         | 134 |
| 3.7 后张法施工工艺              | 134 |
| 3.7.1 预留孔道               | 134 |
| 3.7.2 预应力筋的穿入敷设          | 138 |
| 3.7.3 预应力筋的张拉与锚固         | 139 |
| 3.7.4 孔道灌浆与封锚            | 142 |
| <b>4 钢-混凝土混合结构工程</b>     | 143 |
| 4.1 钢管混凝土结构施工            | 143 |
| 4.1.1 钢管混凝土结构的特点与应用      | 143 |
| 4.1.2 钢管混凝土结构的工作机理       | 146 |
| 4.1.3 钢管混凝土结构的构造要求       | 146 |
| 4.1.4 钢管混凝土结构的施工         | 147 |
| 4.2 型钢混凝土结构施工            | 148 |
| 4.2.1 型钢混凝土结构的特点与应用      | 148 |
| 4.2.2 型钢混凝土结构的构造要求       | 150 |
| 4.2.3 型钢混凝土结构的施工         | 150 |
| <b>5 装配式混凝土结构工程</b>      | 152 |
| 5.1 装配式混凝土构件的运输与堆放       | 152 |
| 5.1.1 构件运输的基本要求          | 152 |
| 5.1.2 构件的运输              | 153 |
| 5.1.3 构件的堆放场地            | 154 |
| 5.1.4 构件的堆放方法            | 155 |
| 5.1.5 构件堆放的注意事项          | 155 |
| 5.2 装配式混凝土构件的吊装          | 156 |
| 5.2.1 排架柱吊装              | 156 |
| 5.2.2 吊车梁吊装              | 162 |
| 5.2.3 屋架吊装               | 164 |
| 5.2.4 板类构件吊装             | 165 |
| 5.2.5 特殊构件的吊装方法          | 166 |
| 5.2.6 混凝土结构的吊装方案         | 166 |
| 5.2.7 装配式混凝土构件制作与安装的允许偏差 | 170 |
| 5.2.8 装配式混凝土构件施工安全措施     | 171 |
| <b>6 模板工程</b>            | 174 |
| 6.1 组合式模板                | 175 |
| 6.1.1 组合式钢模板             | 175 |
| 6.1.2 钢框木(竹)胶合板模板        | 181 |
| 6.1.3 木模板                | 181 |
| 6.2 工具式模板                | 183 |
| 6.2.1 大模板                | 183 |
| 6.2.2 滑升模板               | 187 |
| 6.2.3 爬升模板               | 190 |

|                               |     |                                   |     |
|-------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 6.2.4 滑框倒模 .....              | 192 | 7.4 施工升降机 .....                   | 233 |
| 6.2.5 模壳 .....                | 193 | 7.4.1 施工升降机的类型和构造 .....           | 233 |
| 6.3 永久性模板 .....               | 195 | 7.4.2 施工升降机的安装与拆卸 .....           | 234 |
| 6.3.1 压型钢板模板 .....            | 195 | 7.4.3 施工升降机的使用注意<br>事项 .....      | 235 |
| 6.3.2 混凝土薄板模板 .....           | 198 |                                   |     |
| 6.4 模板的安装与拆除 .....            | 198 | <b>8 混凝土结构裂缝控制与<br/>修补</b> .....  | 237 |
| 6.4.1 模板工程的施工设计 .....         | 199 | 8.1 混凝土结构裂缝成因 .....               | 237 |
| 6.4.2 安装前的准备工作 .....          | 201 | 8.2 混凝土结构裂缝控制措施 .....             | 241 |
| 6.4.3 模板的支设安装 .....           | 201 | 8.2.1 大体积混凝土结构 .....              | 241 |
| 6.4.4 模板的拆除 .....             | 203 | 8.2.2 梁板类结构 .....                 | 243 |
| 6.4.5 施工安全要求 .....            | 204 | 8.3 混凝土结构裂缝修补 .....               | 244 |
| 6.4.6 模板工程安装质量检查<br>及验收 ..... | 204 |                                   |     |
| 6.5 模板系统设计 .....              | 206 | <b>9 混凝土结构检测与加固</b> .....         | 248 |
| 6.5.1 模板配板设计 .....            | 206 | 9.1 混凝土结构检测 .....                 | 248 |
| 6.5.2 模板结构荷载设计 .....          | 208 | 9.1.1 混凝土强度检测 .....               | 248 |
| <b>7 起重机具与垂直运输</b> .....      | 211 | 9.1.2 混凝土内部缺陷检测 .....             | 251 |
| 7.1 索具设备 .....                | 215 | 9.1.3 混凝土中钢筋位置及钢筋锈蚀<br>程度检测 ..... | 253 |
| 7.1.1 钢丝绳 .....               | 215 | 9.1.4 混凝土火灾后检测 .....              | 253 |
| 7.1.2 吊索 .....                | 216 | 9.1.5 结构构件变形及建筑沉降<br>观测 .....     | 254 |
| 7.1.3 卡环(卸甲) .....            | 217 | 9.2 混凝土结构常用加固方法 .....             | 254 |
| 7.1.4 电动卷扬机 .....             | 217 | 9.2.1 加大截面加固法 .....               | 255 |
| 7.1.5 地锚 .....                | 219 | 9.2.2 外部粘钢加固法 .....               | 255 |
| 7.2 起重机 .....                 | 220 | 9.2.3 外部粘碳纤维加固法 .....             | 256 |
| 7.2.1 履带式起重机 .....            | 220 | 9.2.4 预应力加固法 .....                | 256 |
| 7.2.2 汽车式起重机 .....            | 221 | 9.2.5 改变传力途径加固法 .....             | 257 |
| 7.2.3 塔式起重机 .....             | 222 |                                   |     |
| 7.3 龙门架 .....                 | 230 | <b>参考文献</b> .....                 | 258 |
| 7.3.1 龙门架的基本构造形式 .....        | 230 |                                   |     |
| 7.3.2 龙门架的竖立和使用注意<br>事项 ..... | 230 |                                   |     |
| 7.3.3 龙门架的安全装置 .....          | 231 |                                   |     |

# 1 钢筋工程

钢筋的制作与绑扎是钢筋混凝土结构施工中的一个重要的施工步骤，钢筋工也是钢筋混凝土结构施工中的一个重要工种，钢筋材质及制作的质量直接影响到钢筋混凝土结构的工程质量。本章从钢筋的品种和检验、钢筋的加工、钢筋的连接、钢筋的绑扎与安装以及钢筋混凝土构件配筋构造要求等几个方面介绍钢筋工程，便于大家对钢筋的制作与绑扎方法能够更好地理解与应用，更好地保证钢筋混凝土结构中钢筋工程的施工质量。

## 1.1 钢筋品种和检验

### 1.1.1 钢筋的品种和性能

#### (1) 钢筋的种类

① 按化学成分划分 钢筋按化学成分可划分为碳素钢钢筋和普通低合金钢钢筋。

碳素钢钢筋按其含碳量多少又可分为低碳钢钢筋（含碳量小于 0.25%）、中碳钢钢筋（0.25%~0.60%）和高碳钢钢筋（含碳量大于 0.60%）。普通低合金钢钢筋是在低碳钢和中碳钢中加入某些合金元素（如钛、钒、锰等，其含量一般不超过总量的 3%）冶炼而成，锰（Mn）可提高钢筋的强度、硬度，改善其焊接性能；钛（Ti）和钒（V）可提高钢筋的强度，改善其塑性、韧性和可焊性；硅（Si）能增强钢筋的弹性、强度和硬度，但会降低钢筋的塑性和韧性。热轧钢筋牌号和化学成分（熔炼分析），应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 热轧钢筋的化学成分

| 强度等级<br>代号 | 牌 号      | 化学成分/%    |           |           |           |           |           |       |       |
|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
|            |          | C         | Si        | Mn        | V         | Nb        | Ti        | P     | S     |
|            |          | 不大于       |           |           |           |           |           |       |       |
| HPB235     | Q235     | 0.14~0.22 | 0.12~0.30 | 0.30~0.65 | —         | —         | —         | 0.045 | 0.050 |
| HRB335     | 20MnSi   | 0.17~0.25 | 0.40~0.80 | 1.20~1.60 | —         | —         | —         | 0.045 | 0.045 |
| HRB400     | 20MnSiV  | 0.17~0.25 | 0.20~0.80 | 1.20~1.60 | 0.04~0.12 | —         | —         | 0.045 | 0.045 |
|            | 20MnSiNb | 0.17~0.25 | 0.20~0.80 | 1.20~1.60 | —         | 0.02~0.04 | —         | 0.045 | 0.045 |
|            | 20MnTi   | 0.17~0.25 | 0.17~0.37 | 1.20~1.60 | —         | —         | 0.02~0.05 | 0.045 | 0.045 |

② 按轧制外形划分 钢筋按轧制外形可分为光面钢筋、变形钢筋（螺纹、人字纹及月牙肋）。月牙肋钢筋表面及截面形状如图 1-1 所示。

带肋钢筋的横肋与钢筋轴线夹角  $\beta$  不应小于 45°，当该夹角不大于 70° 时，钢筋相对面上横肋的方向应相反。横肋的间距  $l$  不得大于钢筋公称直径的 0.7 倍。横肋侧面与钢筋表面的夹角  $\alpha$  不得小于 45°。钢筋相对两面上横肋末端之间的间隙（包括纵肋宽度）总和不应大于钢筋公称周长的 20%。

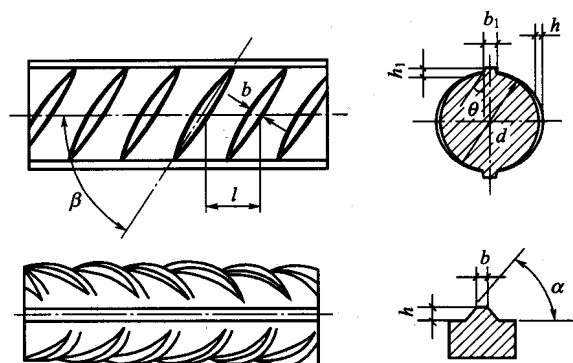


图 1-1 月牙肋钢筋表面及截面形状

$d$ —钢筋内径； $\alpha$ —横肋斜角； $\theta$ —纵肋斜角； $\beta$ —横肋与轴线夹角；  
 $h$ —横肋高度； $h_1$ —纵肋高度； $l$ —横肋间距； $b$ —横肋顶宽； $b_1$ —纵肋顶宽

③ 按生产加工工艺划分 钢筋按生产加工工艺可分两类：热轧钢筋和冷加工钢筋（冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔螺旋钢筋）。

热轧钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋，分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋两种。热轧光圆钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB 13013—1991）的规定。热轧带肋钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB 1499—1998）的规定。余热处理钢筋是经热轧后立即穿水，进行表面控制冷却，然后利用芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋。余热处理钢筋应符合《钢筋混凝土用余热处理钢筋》（GB 13014—1991）的规定。余热处理钢筋的表面形状同热轧带肋钢筋，其化学成分与 20MnSi 钢筋相同，余热处理钢筋属于热轧钢筋一类。

冷轧带肋钢筋是热轧圆盘条经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成三面或二面有肋的钢筋。冷轧带肋钢筋应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》（GB 13788—2000）的规定。冷轧带肋钢筋的外形见图 1-2。肋呈月牙形，三面肋沿钢筋横截面周围均匀分布，其中有一面必须与另两面反向。肋中心线和钢筋轴线夹角  $\beta$  为  $40^\circ \sim 60^\circ$ 。肋两侧面和钢筋表面斜角  $\alpha$  不得小于  $45^\circ$ 。肋间隙的总和应不大于公称周长的 20%。

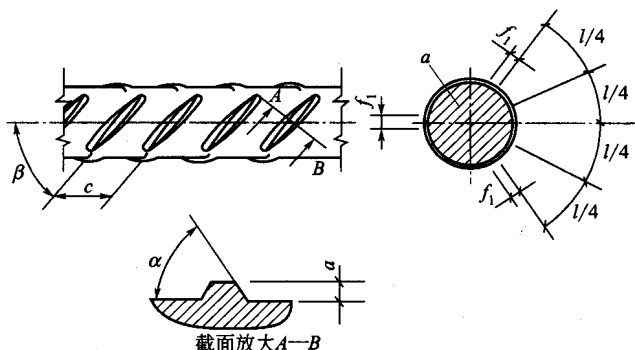


图 1-2 冷轧带肋钢筋表面及截面形状

冷轧扭钢筋是用低碳钢钢筋（含碳量低于 0.25%）经冷轧扭工艺制成的，其表面呈连续螺旋形，见图 1-3。这种钢筋具有较高的强度，而且有足够的塑性，与混凝土黏

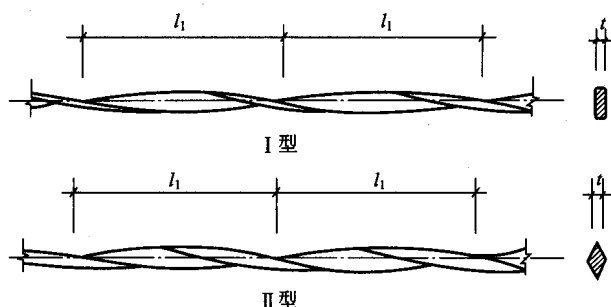


图 1-3 冷轧扭钢筋

$t$ —轧扁厚度； $l_1$ —节距

结性能优异，代替 HPB235 级钢筋可节约钢材约 30%。一般用于预制钢筋混凝土圆孔板、叠合板中的预制薄板，以及现浇钢筋混凝土楼板等。冷轧扭钢筋应符合行业标准（冷轧扭钢筋）（JG 3046—1998）的规定。

冷拔螺旋钢筋是热轧圆盘条经冷拔后在表面形成连续螺旋槽的钢筋。山东省地方标准《冷拔螺旋钢筋混凝土中小型受弯构件设计与施工暂行规定》（DBJ 14—BG3—96）可供参考。

冷拔螺旋钢筋的外形见图 1-4。冷拔螺旋钢筋生产，可利用原有的冷拔设备，只需增加一个专用螺旋装置与陶瓷模具。该钢筋具有强度适中、握裹力强、塑性好、成本低等优点，可用于钢筋混凝土构件中的受力钢筋，以节约钢材；用于预应力空心板可提高延性，改善构件使用性能。

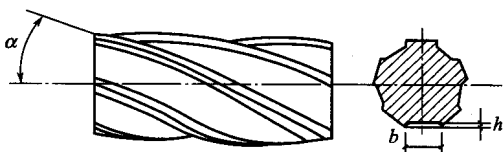


图 1-4 冷拔螺旋钢筋

④ 按钢筋供应方式划分 为便于运输，通常将直径为 6~10mm 的钢筋卷成圆盘，称盘条钢筋；将直径大于 12mm 的钢筋轧成 6~12m 长的一根，称直条或定尺钢筋。

⑤ 按钢筋强度划分 热轧钢筋的强度等级由原来的 I 级、II 级、III 级和 IV 级更改为按照屈服强度（MPa）分为 HPB235、HRB335、HRB400 及 RRB400 等，级别越高，其强度及硬度越高，塑性逐级降低。

《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）第 4.2.1 条规定：普通钢筋宜采用热轧带肋钢筋 HRB400 级和 HRB335 级，也可采用热轧光圆钢筋 HPB235 级和余热处理钢筋 RRB400 级，并在条文说明中提倡用 HRB400 级（即新 III 级）钢筋作为我国钢筋混凝土结构的主力钢筋。但是由于 HRB400 级钢筋的连接费用较高，一度限制了其在实际工程中的使用。由于采用高强度钢筋能够有效地降低钢筋混凝土结构中的钢筋用量，并且随着国家对节能减排的要求越来越高，钢筋混凝土结构采用高强度钢筋已经成为了一种趋势，某些省市已经出台政策，限制 HPB235 及 HRB335 级钢筋的使用，可以预期，在不远的将来 HRB400 级钢筋会得到更为广泛的应用。

目前西方发达国家已经将 800MPa 级的热轧钢筋用于工程实际，而我国的混凝土结构设计规范尚未列入 500MPa 级的钢筋，随着中国建筑科学研究院及天津大学等单位对 500MPa 级钢筋试验研究的不断深入，相信下一次钢筋混凝土设计规范修改时将会加入

500MPa 级钢筋的有关内容。

冷轧带肋钢筋的强度，可分为三种等级：550 级（550MPa）、650 级（650MPa）及 800 级（800MPa）。其中，550 级钢筋宜用于钢筋混凝土结构构件中的受力钢筋、架立筋、箍筋及构造钢筋；650 级和 800 级钢筋宜用于中小型预应力混凝土构件中的受力主筋。

⑥ 按钢筋直径大小划分 钢筋按直径大小可分为钢丝（直径 3~5mm）、细钢筋（直径 6~10mm）、中粗钢筋（12~20mm）和粗钢筋（直径大于 20mm）。

此外，按钢筋在结构中的作用不同可分为受力钢筋、架立钢筋和分布钢筋。

（2）钢筋的性能

① 钢筋的力学性能 热轧钢筋具有软钢性质，有明显的屈服点，其应力-应变图见图 1-5。从图中可以看出，在应力达到  $a$  点之前，应力与应变成正比，呈弹性工作状态， $a$  点的应力值  $\sigma_p$  称为比例极限；在应力超过  $a$  点之后，应力与应变不成比例，有塑性变形，当应力达到  $b$  点，钢筋到达了屈服阶段，应力值保持在某一数值附近上、下波动而应变继续增加，取该阶段最低点  $c$  点的应力值称为屈服点  $\sigma_s$ ；超过屈服阶段后，应力与应变又呈上升状态，直至最高点  $d$ ，称为强化阶段， $d$  点的应力值称为抗拉强度（强度极限） $\sigma_b$ ；从最高点  $d$  至断裂点  $e'$  钢筋产生颈缩现象，荷载下降，伸长增大，很快被拉断。

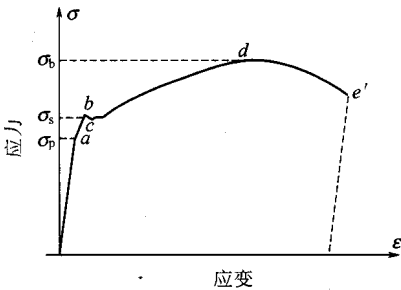


图 1-5 热轧钢筋的应力-应变图

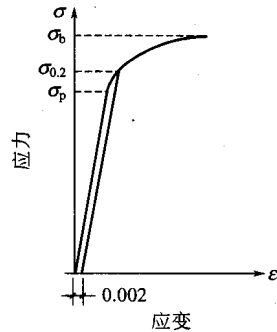


图 1-6 冷轧带肋钢筋的应力-应变图

冷轧带肋钢筋的应力-应变图见图 1-6，呈硬钢性质，无明显屈服点。一般将对应于塑性应变为 0.2% 时的应力定为屈服强度，并以  $\sigma_{0.2}$  表示。

钢筋的延性通常用拉伸试验测得的伸长率表示。影响延性的主要因素是钢筋材质。热轧低碳钢筋强度虽低但延性好，随着加入合金元素和碳当量加大，强度提高但延性减小。对钢筋进行热处理和冷加工同样可提高强度，但延性降低。

混凝土构件的延性表现为破坏前有足够的预兆（明显的挠度或较大的裂缝）。构件的延性与钢筋的延性有关，但并不等同，它还与配筋率、钢筋强度、预应力程度、高跨比、裂缝控制性能等有关。例如，即使延性最好的热轧钢筋，当配筋率过小或过大时，构件均可能发生表现为断裂或混凝土碎裂的脆性破坏。

常用钢筋的力学性能见表 1-2 和表 1-3。

② 钢筋的冷弯性能 钢筋冷弯是考核钢筋塑性的指标，也是钢筋加工所需的，钢筋弯折、做弯钩时应避免钢筋裂缝和折断。低强度的热轧钢筋冷弯性能较好，强度较高

的稍差，冷加工钢筋的冷弯性能最差。

表 1-2      普通钢筋强度标准值  $f_{yk}$       单位：N/mm<sup>2</sup>

| 种 类  |                                   | 符号       | $d/mm$ | $f_{yk}$ |
|------|-----------------------------------|----------|--------|----------|
| 热轧钢筋 | HPB235(Q235)                      | $\phi$   | 8~20   | 235      |
|      | HRB335(20MnSi)                    | $\Phi$   | 6~50   | 335      |
|      | HRB400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi) | $\Phi$   | 6~50   | 400      |
|      | RRB400(20MnSi)                    | $\Phi^R$ | 8~40   | 400      |

注：1. 热轧钢筋直径  $d$  系指公称直径。  
2. 当采用直径大于 40mm 的钢筋时，应有可靠的工程经验。

表 1-3      钢筋弹性模量  $E_s$       单位：N/mm<sup>2</sup>

| 种 类                                      | $E_s$              |
|------------------------------------------|--------------------|
| HPB235 级钢筋                               | $2.1 \times 10^5$  |
| HRB335 级钢筋、HRB 400 级钢筋、RRB 400 级钢筋、热处理钢筋 | $2.0 \times 10^5$  |
| 消除应力钢丝、螺旋肋钢丝、刻痕钢丝                        | $2.05 \times 10^5$ |
| 钢绞线                                      | $1.95 \times 10^5$ |

注：必要时钢绞线可采用实测的弹性模量。

热轧钢筋的冷弯性能根据用户要求，可进行反向弯曲性能试验。反向弯向曲曲试验的弯心直径比弯曲试验相应增加一个钢筋直径，先正向弯曲 45°，再反向弯曲 23°。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂缝。冷轧扭钢筋因截面的方向性，只能在扁平方向弯折一次，限制了它的施工适应性。

③ 钢筋的焊接性能 钢材的可焊性系指被焊钢材在采用一定焊接材料、焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度，也就是钢材对焊接加工的适应性。它包括以下两个方面。

- a. 工艺焊接性，也就是接合性能，指在一定焊接工艺条件下焊接接头中出现各种裂纹及其他工艺缺陷的敏感性和可能性。这种敏感性和可能性越大，则其工艺焊接性能越差。
- b. 使用焊接性，是指在一定焊接条件下焊接接头对使用要求的适应性，以及影响使用可靠性的程度。这种适应性和使用可靠性越大，则其使用焊接性能越好。

1.1.2 钢筋检验

钢筋进场应有出厂质量证明书或实验报告，并按照品种、批号及直径分批验收，验收内容包括钢筋标牌和外观检查，并按照有关规定取样，进行机械性能试验。进场后钢筋在运输和储存时，不得损坏标志，并应根据品种、规格按批分别挂牌堆放，并标明数量。

(1) 主控项目

① 钢筋进场时，应按现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB 1499—1998）等的规定抽取试件作为力学性能检验，其质量必须符合有关标准的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

② 对有抗震设防要求的框架结构，其纵向受力钢筋的强度应满足设计要求；当设

计无具体要求时，对一、二级抗震等级，检验所得的强度实测值应符合下列规定：

- a. 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；
- b. 钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

③ 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

(2) 一般项目 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量：进场时和使用前全数检查。

检查方法：观察。

(3) 热轧钢筋检验 热轧钢筋进场时，应按批进行检查和验收。每批由同一牌号、同一炉罐号、同一规格的钢筋组成，重量不大于 60t。允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇注方法的不同炉罐号组成混合批，但各炉罐号含碳量之差不得大于 0.02%，含锰量之差不大于 0.15%。

① 外观检查 从每批钢筋中抽取 5% 进行外观检查，钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠。钢筋表面允许有凸块，但不得超过横肋的高度，钢筋表面上其他缺陷的深度和高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。

钢筋可按实际重量或公称重量交货。当钢筋按实际重量交货时，应随机抽取 10 根（6m 长）钢筋称重，如重量偏差大于允许偏差，则应与生产厂家交涉，以免损害用户利益。

② 力学性能试验 从每批钢筋中任选两根钢筋，每根取两个试件分别进行拉伸试验（包括屈服点、抗拉强度和伸长率）和冷弯试验。

拉伸、冷弯、反弯试验试件不允许进行车削加工。计算钢筋强度时，采用公称横截面面积。反弯试验时，经正向弯曲后的试件应在 100℃ 温度下保温不少于 30min，经自然冷却后再进行反向弯曲。当供方能保证钢筋的反弯性能时，正弯后的试件也可在室温下直接进行反向弯曲。

如有一项试验结果不符合规范要求，则从同一批中另取双倍数量的试件重做各项试验。如仍有一个试件不合格，则该批钢筋为不合格品。

对热轧钢筋的质量有疑问或类别不明时，在使用前应作拉伸和冷弯试验。根据试验结果确定钢筋的类别后，才允许使用。抽样数量应根据实际情况确定。这种钢筋不宜用于主要承重结构的重要部位。

余热处理钢筋的检验同热轧钢筋。

(4) 冷轧带肋钢筋检验 冷轧带肋钢筋进场时，应按批进行检查和验收。每批由同一钢号、同一规格和同一级别的钢筋组成，重量不大于 50t。

① 外观检查 每批抽取 5%（但不少于 5 盘或 5 捆）进行外形尺寸、表面质量和重量偏差的检查。检查结果应符合规范的要求，如其中有一盘（捆）不合格，则应对该批钢筋逐盘或逐捆检查。

② 力学性能试验 钢筋的力学性能应逐盘、逐捆进行检验。从每盘或每捆取两个试件，一个做拉伸试验，一个做冷弯试验。试验结果如有一项指标不符合规范的要求，

则该盘钢筋判为不合格；对每捆钢筋，尚可加倍取样复验判定。

(5) 冷轧扭钢筋检验 冷轧扭钢筋进场时，应分批进行检查和验收。每批由同一钢厂、同一牌号、同一规格的钢筋组成，重量不大于 10t。当连续检验 10 批均为合格时检验批重量可扩大 1 倍。

① 外观检查 从每批钢筋中抽取 5% 进行外形尺寸、表面质量和重量偏差的检查。钢筋表面不应有影响钢筋力学性能的裂纹、折叠、结疤、压痕、机械损伤或其他影响使用的缺陷。钢筋的压扁厚度和节距、重量等应符合规范的要求。若重量负偏差大于 5% 时，该批钢筋判定为不合格。若仅轧扁厚度小于或节距大于规定值，仍可判为合格，但需降直径规格使用，例如公称直径为  $\phi 14$  的降为  $\phi 12$ 。

② 力学性能试验 从每批钢筋中随机抽取 3 根钢筋，各取一个试件。其中，两个试件做拉伸试验，一个试件做冷弯试验。试件长度宜取偶数倍节距，且不应小于 4 倍节距，同时不小于 500mm。当全部试验项目均符合规范的要求时，则该批钢筋判为合格。如有一项试验结果不符合规范的要求，则应加倍取样复检判定。

## 1.2 钢筋的加工

钢筋的加工过程包括除锈、调直、切断、镦头、弯曲、焊接、机械连接和绑扎等。

### 1.2.1 钢筋除锈

钢筋的表面应洁净。油渍、漆污和用锤敲击时能剥落的浮皮、铁锈等应在使用前清除干净。在焊接前，焊点处的水锈应清除干净。

钢筋的除锈，一般可通过以下两个途径：一是在钢筋冷拉或钢丝调直过程中除锈，对大量钢筋的除锈较为经济省力；二是用机械方法除锈，如采用电动除锈机除锈（见图 1-7），对钢筋的局部除锈较为方便。此外，还可采用手工除锈（用钢丝刷、砂盘）、喷砂和酸洗除锈等。

在除锈过程中发现钢筋表面的氧化铁皮鳞落现象严重并已损伤钢筋截面，或在除锈后钢筋表面有严重的麻坑、斑点伤蚀截面时，应降级使用或剔除不用。

### 1.2.2 钢筋调直

(1) 钢筋调直机 钢筋调直机的技术性能如表 1-4 所列。图 1-8 为 GT3/8 型钢筋调直机外形。

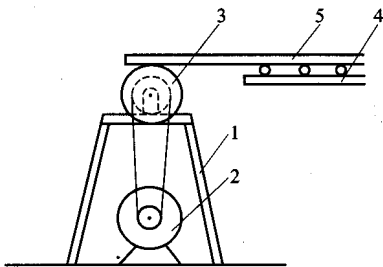


图 1-7 电动除锈机

1—支架；2—电动机；3—圆盘  
钢丝刷；4—滚轴台；5—钢筋

表 1-4 钢筋调直机技术性能

| 机械型号   | 钢筋直径<br>/mm | 调直速度<br>/(m/min) | 断料长度<br>/mm | 电机功率<br>/kW | 外形尺寸<br>(长×宽×高)/mm | 机重/kg |
|--------|-------------|------------------|-------------|-------------|--------------------|-------|
| GT3/8  | 3~8         | 40,65            | 300~6500    | 9.25        | 1854×741×1400      | 1280  |
| GT6/12 | 6~12        | 36,54,72         | 300~6500    | 12.6        | 1770×535×1457      | 1230  |

采用钢筋调直机调直冷拔钢丝和细钢筋时，要根据钢筋的直径选用调直模和传送压

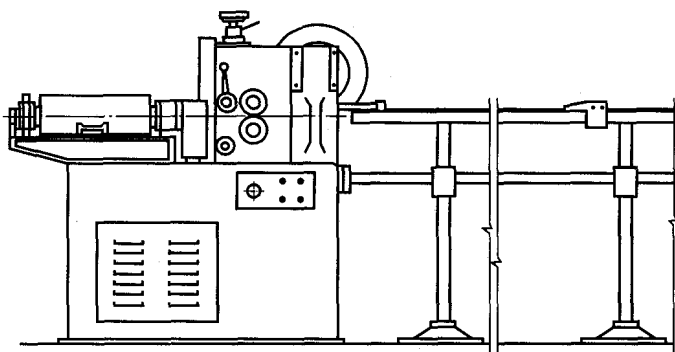


图 1-8 GT3/8 型钢筋调直机外形

辊，并要正确掌握调直模的偏移量和压辊的压紧程度。调直模的偏移量见图 1-9，根据其磨损程度及钢筋品种通过试验确定；调直筒两端的调直模一定要在调直前后导孔的轴心线上，这是钢筋能否调直的一个关键。如果发现钢筋调得不直就要从以上两方面检查原因，并及时调整调直模的偏移量。

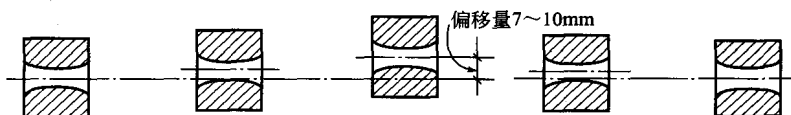


图 1-9 调直模的安装

压辊的槽宽，一般在钢筋穿入压辊之后，在上下压辊间宜有 3mm 之内的间隙。压辊的压紧程度要做到既保证钢筋能顺利地牵引前进，看不出钢筋有明显的转动，而在被切断的瞬时钢筋和压辊间又能允许发生打滑。

应当注意：冷拔钢丝和冷轧带肋钢筋经调直机调直后，其抗拉强度一般要降低 10%~15%。使用前应加强检验，按调直后的抗拉强度选用。如果钢丝抗拉强度降低过大，则可适当降低调直筒的转速和调直块的压紧程度。

(2) 卷扬机拉直设备 卷扬机拉直设备布置如图 1-10 所示。两端采用地锚承力。滑轮组回程采用荷重架，标尺量伸长量。该法设备简单，宜用于施工现场或小型构件厂。

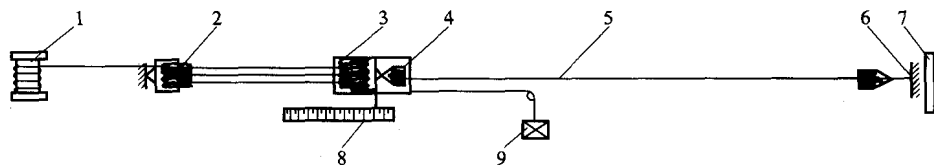


图 1-10 卷扬机拉直设备布置

1—卷扬机；2—滑轮组；3—冷拉小车；4—钢筋夹具；5—钢筋；  
6—地锚；7—防护壁；8—标尺；9—荷重架

### 1.2.3 钢筋切断

钢筋切断时应将同规格钢筋根据不同长度长短搭配，统筹排料；一般应先断长料，后断短料，减少短头，减少损耗。断料时应避免用短尺量长料，防止在量料中产生累计误差。为此，宜在工作台上标出尺寸刻度线并设置控制断料尺寸用的挡板。

在切断过程中，如发现钢筋有劈裂、缩头或严重的弯头等必须切除；如发现钢筋的硬度与该钢种有较大的出入，应及时向有关人员反映，查明情况。钢筋的断口，不得有马蹄形或起弯等现象。

(1) 钢筋切断机 钢筋切断机的技术性能见表 1-5。图 1-11 与图 1-12 为钢筋切断机外形。

表 1-5 钢筋切断机技术性能

| 机械型号   | 钢筋直径<br>/mm | 每分钟<br>切断次数 | 切断力<br>/kN | 工作压力<br>/(N/mm <sup>2</sup> ) | 电机功率<br>/kW | 外形尺寸<br>(长×宽×高)/mm | 重量/kg |
|--------|-------------|-------------|------------|-------------------------------|-------------|--------------------|-------|
| GQ40   | 6~40        | 40          | —          | —                             | 3.0         | 1150×430×750       | 600   |
| GQ40B  | 6~40        | 40          | —          | —                             | 3.0         | 1200×490×570       | 450   |
| GQ50   | 6~50        | 30          | —          | —                             | 5.5         | 1600×690×915       | 950   |
| DYQ32B | 6~32        | —           | 320        | 45.5                          | 3.0         | 900×340×380        | 145   |

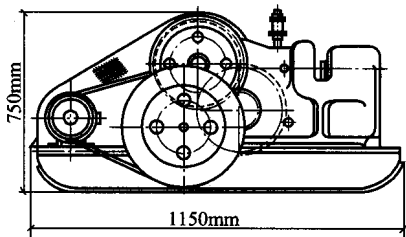


图 1-11 GQ40 型钢筋切断机

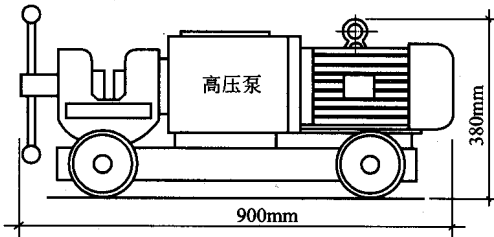


图 1-12 DYQ32B 型电动液压切断机

钢筋切断机的刀片，应由工具钢热处理制成。安装刀片时，螺丝要紧固，刀口要密合（间隙不大于 0.5mm）；固定刀片与冲切刀片刀口的距离：对直径≤20mm 的钢筋宜重叠 1~2mm，对直径>20mm 的钢筋宜留 5mm 左右。

(2) 手动液压切断器 手动液压切断器如图 1-13 所示。型号为 GJ5Y-16，切断力 80kN，活塞行程为 30mm，压柄作用力 220N，总重量 6.5kg，可切断直径 16mm 以下的钢筋。这种机具体积小，重量轻，操作简单，便于携带。

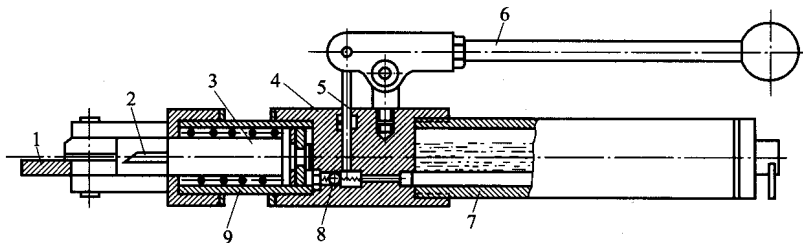


图 1-13 手动液压切断器

- 1—滑轴；2—刀片；3—活塞；4—缸体；5—柱塞；6—压杆；  
7—储油筒；8—吸油阀；9—回位弹簧

(3) 数控钢筋调直切断机 数控钢筋调直切断机是在原有调直机的基础上应用电子控制仪，准确控制钢丝断料长度，并自动计数。该机的工作原理如图 1-14 所示。在该机摩擦轮（周长 100mm）的同轴上装有一个穿孔光电盘（分为 100 等分），光电盘的一