

平法识图与钢筋算量

马涛，熊飞，关宏洁主编



北京理工大学出版社



高等职业教育“十三五”规划教材

平法识图与钢筋算量

主 编 马 涛 熊 飞 关宏洁
副主编 尹晓静 李倩如 曹绍江 任晓杰

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书按照高职高专院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据平法施工图最新制图规则进行编写。全书共分为7章,主要内容包括概论、梁平法识图与钢筋算量、柱平法识图与钢筋算量、板平法识图与钢筋算量、剪力墙平法识图与钢筋算量、基础平法识图与钢筋算量、楼梯平法识图与钢筋算量等。

本书可作为高职高专院校土建类相关专业的教材,也可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

平法识图与钢筋算量 / 马涛, 熊飞, 关宏洁主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018.8
(2018.9重印)

ISBN 978-7-5682-6245-3

I. ①平… II. ①马… ②熊… ③关… III. ①钢筋混凝土结构—建筑构图—识图—高等学校—教材 ②钢筋混凝土结构—结构计算—高等学校—教材 IV. ①TU375

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第198987号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 375千字

版 次 / 2018年8月第1版 2018年9月第2次印刷

定 价 / 38.00元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 杜 枝

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

混凝土结构施工图平面整体表示方法，简称平法，是我国目前现行的具体工程结构施工图绘制的主要方法。平法的表达形式概括来讲，是把结构构件的尺寸和配筋等，按照平面整体表示方法制图规则，整体直接表达在各类构件的结构平面布置图上，再与标准构造详图相配合，即构成一套新型完整的结构设计。按平法绘制的施工图，一般是由各类结构构件的平法施工图和标准构造详图两大部分组成，但对于复杂的工业与民用建筑，还需增加模板、基坑、留洞和预埋件等平面图和必要的详图。平法是我国对混凝土结构施工图设计表示方法所进行的一项重大改革，是国家级科技成果重点推广项目，其推广及应用具有重要意义与作用。

本书根据最新国家标准设计图集《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》（16G101—1、2、3）和《混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图》（12G901—1、2、3）编写。本书内容丰富，难度适中，图文并茂，语言通俗，注重理论联系实际，每章前的知识目标和能力目标以及每章后的本章小结和习题，能够加深学生对本章内容的理解与巩固，使学生更扎实地掌握知识。

本书由内蒙古建筑职业技术学院马涛、昆明工业职业技术学院熊飞、西安欧亚学院人居环境学院关宏洁担任主编，由内蒙古建筑职业技术学院尹晓静、青岛恒星科技学院李倩如、昆明工业职业技术学院曹绍江、任晓杰担任副主编。具体编写分工为：马涛编写第一章、第三章，熊飞编写第六章，关宏洁编写第四章，尹晓静编写第二章，李倩如编写第七章，曹绍江、任晓杰共同编写第五章。

在本书编写过程中，参阅了国内同行的多部著作，部分高职高专院校的老师也提出了很多宝贵的意见供我们参考，在此表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，编者的经验和水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者和专家批评指正。

编 者

目 录

第一章 概论1	二、屋面框架梁钢筋的算量实例.....49
第一节 平法简介1	三、非框架梁钢筋的算量实例.....49
一、平法的意义与作用.....1	本章小结50
二、平法图集与其他图集的区别.....2	习题50
三、平法标准设计系列国标图集简介.....2	
四、平法施工图应注意的问题.....3	第三章 柱平法识图与钢筋算量52
第二节 钢筋计算基本知识4	第一节 柱平法施工图制图规则52
一、钢筋的品种.....4	一、列表注写方式.....52
二、钢筋算量.....7	二、截面注写方式.....54
三、钢筋的锚固.....10	第二节 柱钢筋构造及算量56
四、钢筋的连接.....16	一、柱构件基础插筋构造.....56
五、钢筋的加工.....19	二、地下室框架柱钢筋构造.....58
本章小结21	三、中间层框架柱钢筋构造.....60
习题21	四、顶层框架柱钢筋构造.....63
	五、框架柱箍筋构造.....66
第二章 梁平法识图与钢筋算量22	第三节 柱钢筋算量实例69
第一节 梁平法施工图制图规则22	一、柱构件基础插筋计算实例.....69
一、平面注写方式.....22	二、框架柱钢筋计算实例.....70
二、截面注写方式.....32	三、地下室框架柱钢筋计算实例.....72
第二节 梁钢筋构造及算量33	四、中间层柱钢筋计算实例.....77
一、楼层框架梁钢筋构造.....33	本章小结80
二、屋面框架梁钢筋构造.....42	习题80
三、非框架梁钢筋构造.....44	
第三节 梁钢筋算量实例46	第四章 板平法识图与钢筋算量83
一、楼层框架梁钢筋的算量实例.....46	第一节 板平法施工图制图规则83

一、有梁楼盖平法施工图制图规则	83
二、无梁楼盖平法施工图制图规则	87
三、楼板相关构造识图	90
第二节 板构件构造及算量	93
一、板底筋钢筋构造	93
二、板顶筋钢筋构造	95
三、支座负筋钢筋构造	98
四、楼板相关构造	101
第三节 板构件算量实例	106
一、板底钢筋计算实例	106
二、板顶钢筋计算实例	109
三、板支座负筋钢筋计算实例	111
本章小结	115
习题	115
第五章 剪力墙平法识图与钢筋算量	117
第一节 剪力墙平法施工图制图规则	117
一、列表注写方式	117
二、截面注写方式	122
三、剪力墙洞口的表示方法	124
四、地下室外墙的表示方法	125
第二节 剪力墙构造及算量	126
一、剪力墙墙身水平钢筋构造	126
二、剪力墙墙身竖向钢筋及拉筋构造	128
三、剪力墙墙柱钢筋构造	132
四、剪力墙墙梁钢筋构造	132
第三节 剪力墙算量实例	139
一、剪力墙墙身水平钢筋计算实例	139
二、剪力墙墙身竖向钢筋及拉筋计算实例	141
三、剪力墙墙柱钢筋计算实例	145
四、剪力墙墙梁钢筋计算实例	147
本章小结	153
习题	153

第六章 基础平法识图与钢筋算量	155
第一节 基础平法施工图制图规则	155
一、独立基础的平法识图	155
二、条形基础的平法识图	158
三、筏形基础的平法识图	161
第二节 基础平法构造及算量	166
一、独立基础钢筋算量	166
二、条形基础钢筋算量	169
三、筏形基础钢筋算量	172
第三节 基础平法算量实例	183
一、独立基础钢筋计算实例	183
二、筏形基础钢筋计算实例	185
本章小结	188
习题	188
第七章 楼梯平法识图与钢筋算量	190
第一节 楼梯平法施工图制图规则	190
一、楼梯类型及特征	190
二、楼梯平面注写方式	194
三、剖面注写方式	195
四、列表注写方式	197
第二节 楼梯平法构造及算量	197
一、AT型楼梯梯板配筋构造	197
二、BT楼梯梯板配筋构造	202
三、CT楼梯梯板配筋构造	204
四、DT楼梯梯板配筋构造	205
五、ET楼梯梯板配筋构造	206
第三节 楼梯平面施工实例	208
一、AT型楼梯钢筋计算实例一	208
二、AT型楼梯钢筋计算实例二	209
本章小结	216
习题	216
参考文献	218

第一章 概 论

知识目标

通过本章的学习，了解平法的意义与作用、平法图集与其他图集的区别、平法标准设计系列国标图集简介；熟悉钢筋的品种及钢筋选用、钢筋的锚固形式及钢筋连接方式；掌握钢筋工程量的计算原理、混凝土结构的环境类别、混凝土的保护层厚度的确定。

能力目标

具备区别平法施工图与传统结构施工图的能力，具备理解钢筋计算时混凝土保护层厚度、钢筋锚固长度如何确定的能力，具备理解钢筋连接方法、箍筋、拉筋弯钩构造的能力。

第一节 平法简介

混凝土结构施工图平面整体表示方法，简称平法，是我国目前现行的具体工程结构施工图设计的主要方法。平法的表达形式，概括来讲，是把结构构件的尺寸和配筋等，按照平面整体表示方法制图规则，整体直接表达在各类构件的结构平面布置图上，再与标准构造详图相配合，即构成一套新型完整的结构设计。按平法绘制的施工图，一般是由各类结构构件的平法施工图和标准构造详图两大部分组成。但对于复杂的工业建筑与民用建筑，还需增加模板、基坑、留洞和预埋件等平面图和必要的详图。

一、平法的意义与作用

平法是我国对混凝土结构施工图设计表示方法所进行的一项重大改革，是国家级科技成果重点推广项目，其推广及应用具有重要的意义与作用。

建筑工程施工图纸可分为建筑施工图和结构施工图两大部分。自从实行了平法设计，结构施工图的数量大量减少，一个工程的图纸由过去的百十来张变成了二三十张，不但画图的工作量减少了，而且结构设计的后期计算（例如，每根钢筋形状和尺寸的具体计算、工程钢筋表的绘制等）也被免去了，这使得结构设计减少了大量枯燥无味的工作，极大地解放了结构设计师的生产力，加快了结构设计的步伐。而且，由于使用了平法这一标准的设计方法来规范设计师的行为，在一定程度上提高了结构设计的质量。对于施工企业来讲，实施平法后，施工人员到工地需要携带的图纸少了，而且缩短了对结构施工图的阅读时间。

平法制图规则不仅是结构设计师完成柱、墙、梁平法施工图的设计依据，而且也是施工、监理人员准确理解和实施平法结构施工图的依据。

二、平法图集与其他图集的区别

传统意义上的标准图集，都是“构件类”标准图集，例如，预制混凝土板图集、预制混凝土拱形屋架图集等，该类图集对每一个具体的构件，除标明了其工程的做法外，还给出了明确的工程量，如混凝土体积、各种钢筋的用量及预埋铁件的用量等。

平法的实质是将结构设计师的创造性劳动与重复性劳动区分开来。一方面，将结构设计中的重复性部分，做成标准化的节点构造；另一方面，将结构设计中的创造性部分，使用标准化的设计表示法——“平法”来进行设计，从而达到简化设计的目的。所以，每一本平法标准图集，一半的篇幅是平法的标准设计规则，另一半的篇幅是标准节点构造详图。

使用平法绘制施工图后，尽管结构设计工作得到了简化，图纸大大减少，设计的速度也得到了提高，达到了改革的目的，但也给施工和造价编制工作提出了更高的要求。传统的施工图纸一般都有构件大样图和钢筋表，施工人员只需照表下料、按图绑扎就可以完成施工任务。而且，钢筋表中还给出了钢筋质量的汇总数值，从而使工程造价编制工作变得较为简单。采用平法制图规则绘制的施工图，各构件的详图需要根据平法施工图上的标注，结合平法标准图集给出的标准构造详图进行想象；钢筋工程量更是需要施工或造价编制人员根据平法施工图想象出每根钢筋的形状和尺寸，并逐一计算出其长度和质量。

三、平法标准设计系列国标图集简介

现行的常用平法标准设计系列国标图集主要有以下几项：

(1)国家建筑标准设计图集 16G101—1：《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》。

(2)国家建筑标准设计图集 16G101—2：《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(现浇混凝土板式楼梯)》。

(3)国家建筑标准设计图集 16G101—3：《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(独立基础、条形基础、筏形基础、桩基础)》。

现行的与 G101 系列平法图集配套使用的图集主要有以下几项：

(1)国家建筑标准设计图集 11G902—1：《G101 系列图集常用构造三维节点详图(框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构)》。此图集内容包括现浇钢筋混凝土框架、剪力墙结构、框架-剪力墙结构常用节点构造及钢筋施工原则，其配套软件提供相应节点的三维图示。此图集适用于非抗震及抗震设防烈度不大于 9 度地区的现浇钢筋混凝土框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构，可指导施工人员进行钢筋施工排布设计、钢筋翻样计算和现场安装绑扎，确保施工时钢筋排布规则有序，使实际施工建造满足规范规定和设计要求。

(2)国家建筑标准设计图集 12G901—1：《混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》。此图集是对 G101—1 图集构造内容在施工时钢筋排布构造的深化设计。其适用于一般非抗震设计和抗震烈度为 6、7、8、9 度地区的现浇钢筋混凝土框架、剪力墙、框架-剪力墙、框支剪力墙、筒体等结构的梁、柱、墙、板；适用于非抗震设计地区的现浇板柱-框架结构的梁、柱、板；适用于非抗震设计和抗震设防烈度为 6、7、8 度地区的板柱-剪力墙结构的梁、柱、墙、板。图集可指导施工人员进行钢筋施工排布设计、钢筋翻样计算和现场安装绑扎，从而确保施工时钢筋排布规范有序，使实际施工建造满足规范规定和设计要求，并可辅助设计人员进行合理的构造方案选择，实现设计构造与施工建造的有机衔接，全面保证工程设计与施工质量。

(3)国家建筑标准设计图集 12G901—2：《混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图(现浇混

凝土板式楼梯)》。此图集是对 G101—2 图集构造内容、施工时钢筋排布构造的深化设计。图集可指导施工过程中进行现浇混凝土板式楼梯的钢筋施工排布设计、钢筋翻样计算和现场安装绑扎,从而确保施工时钢筋排布规范有序,使实际施工建造满足规范规定和设计要求。

(4)国家建筑标准设计图集 12G901—3:《混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图(独立基础、条形基础、筏形基础及桩基承台)》。此图集内容包括现浇钢筋混凝土独立基础、条形基础、筏形基础及桩基承台施工钢筋的排布规则与构造详图,是对 G101—3 图集的构造内容、施工时的钢筋排布构造的深化设计。

本书主要以 16G101 和 12G901 系列图集为依据进行阐述。

四、平法施工图应注意的问题

为确保施工人员准确无误地按平法施工图进行施工,在具体工程施工图中必须写明以下与平法施工图密切相关的内容:

(1)注明所选用平法标准图的图集号,如 16G101—1、16G101—2 等,以免图集升版后在施工中用错版本。

(2)写明混凝土结构的设计使用年限。

(3)写明抗震设防烈度及抗震等级,以明确选用相应抗震等级的标准构造详图。

(4)写明各类构件在不同部位所选用的混凝土的强度等级和钢筋级别,以确定相应纵向受拉钢筋的最小锚固长度及最小搭接长度等。当采用机械锚固形式时,设计者应指定机械锚固的具体形式、必要的构件尺寸以及质量要求。

(5)当标准构造详图有多种可选择的构造做法时,应写明在何部位选用何种构造做法,当未写明时,则为设计人员自动授权施工人员可以任选一种构造做法进行施工。例如,筏形基础板边缘侧面封边构造(16G101—3 第 93 页)、KZ 边柱和角柱柱顶纵向钢筋构造(16G101—1 第 67 页)、封闭箍筋及拉筋弯钩构造(16G101—1 第 62 页)、无支撑板端部封边构造(16G101—1 第 103 页)等。

某些节点要求设计者必须写明在何部位选用何种构造做法,例如:筏形基础次梁(基础底板)底部钢筋在边支座的锚固要求(16G101—3 第 85、89、93 页)(需注明“设计按铰接时”或“充分利用钢筋的抗拉强度时”)、板的上部钢筋在端支座的构造(16G101—1 第 99、100、105、106 页)、地下室外墙与顶板的连接(16G101—1 第 82 页)、剪力墙上柱 QZ 纵筋构造(16G101—1 第 65 页)、剪力墙水平分布钢筋计入约束边缘构件体积配箍率的构造做法(计入时,16G101—1 第 76 页)等。

(6)写明柱(包括墙柱)纵筋、墙身分布筋、梁上部贯通筋等在具体工程中需接长时所采用的连接形式及有关要求。必要时,还应注明对接头的性能要求。轴心受拉及小偏心受拉构件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接,设计者应在平法施工图中注明其平面位置及层数。

(7)写明结构不同部位所处的环境类别,且对混凝土保护层厚度有特殊要求时应予以说明。

(8)当采用防水混凝土时,应注明抗渗等级;应注明施工缝、变形缝、后浇带、预埋件等采用的防水构造类型。

(9)注明上部结构的嵌固部位位置;框架柱嵌固部位不在地下室顶板,但仍需考虑地下室顶板对上部结构实际存在嵌固作用时,也应注明。

(10)设置后浇带时,注明后浇带的位置、浇筑时间和后浇混凝土的强度等级以及其他特殊要求。

(11)当柱、墙或梁与填充墙需要拉结时,其构造详图应由设计者根据墙体材料和规范要求选用相关国家建筑标准设计图集或自行绘制。

(12)当选用 ATa、ATb、ATc、CTa 或 CTb 型楼梯时,设计者应根据具体工程情况给出楼梯的抗震等级。当选用 ATa、ATb、CTa 或 CTb 型楼梯时,可选用图集中滑动支座的做法。当

采用与 16G101—2 图集不同的构造做法时，由设计者另行处理。

(13)16G101—2 图集不包括楼梯与栏杆连接的预埋件详图，设计中应注明楼梯与栏杆连接的预埋件详见建筑设计图或相应的国家建筑标准设计图集。

(14)对钢筋的混凝土保护层厚度、钢筋搭接和锚固长度，除在结构施工图中另有注明者外，按 16G101—3 图集标准构造详图中的有关构造规定执行。

(15)16G101—3 图集基础自身的钢筋当采用绑扎搭接连接时标为 l_t ；基础自身钢筋的锚固标为 l_a 、 l_{ab} 。设计者可根据具体工程的实际情况，将基础自身的钢筋连接与锚固按抗震设计处理，对本图集的标准构造做相应变更。

(16)当具体工程需要对图集的标准构造详图做局部变更时，应注明变更的具体内容。

(17)当具体工程中有特殊要求时，应在施工图中另加说明。

第二节 钢筋计算基本知识

一、钢筋的品种

《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)对混凝土结构用钢做了调整。目前，钢筋混凝土结构用钢筋共分为 4 个级别 7 种钢筋，分别是 HPB300、HRB335、HRB400、RRB400、HRBF400、HRB500、HRBF500。其中，HPB300 级钢筋为光圆钢筋，其余钢筋均为变形钢筋；HRB335、HRB400、HRB500 级钢筋分别是指强度级别为 335 MPa、400 MPa、500 MPa 的普通热轧带肋钢筋；RRB400 级钢筋是指强度级别为 400 MPa 的余热处理带肋钢筋；HRBF400、HRBF500 级钢筋分别是指强度级别为 400 MPa、500 MPa 的细晶粒热轧带肋钢筋。

1. 普通热轧钢筋

用加热钢坯轧成的条形成品钢筋称为热轧钢筋。它是建筑工程中用量最大的钢材品种之一，主要用于钢筋混凝土和预应力混凝土结构的配筋。混凝土用热轧钢筋要求有较高的强度，有一定的塑性和韧性，可焊性好。

热轧钢筋按其轧制外形可分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋。热轧带肋钢筋通常为圆形横截面，且表面通常带有两条纵肋和沿长度方向均匀分布的横肋。按其肋纹的形状可分为等高肋和月牙肋两种(图 1-1)。月牙肋的纵、横肋不相交，而等高肋的纵、横肋相交。月牙肋钢筋具有生产简便、强度高、应力集中、敏感性小、疲劳性能好等特点，但其与混凝土的黏结锚固性能略低于等高肋钢筋。

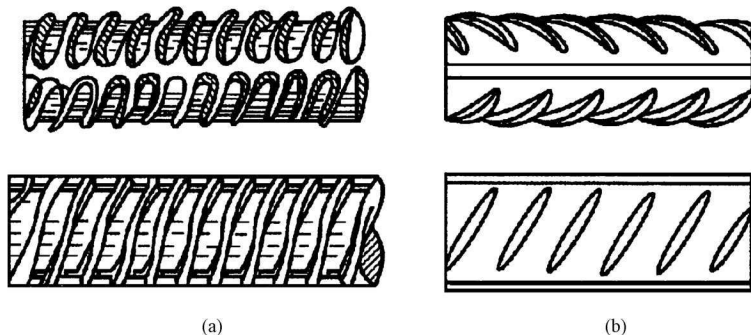


图 1-1 热轧带肋钢筋外形

(a)等高肋；(b)月牙肋

热轧带肋钢筋的牌号由 HRB 和钢筋的屈服强度构成，共分为十个牌号，分别为 HRB335、HRB400、HRBF400、HRB400E、HRBF400E、HRB500、HRBF500、HRB500E、HRBF500E、HRB600。H、R、B 分别为热轧、带肋、钢筋三个词的英文首位字母。热轧钢筋力学性能见表 1-1。

表 1-1 热轧钢筋的基本特性

名称	牌号	符号	表面形式	公称直径 d/mm	屈服强度 特征值 /MPa	抗拉 强度/MPa	伸长率 /%	冷 弯	
						不小于		弯曲角度	弯曲直径
光圆	HPB300	ϕ	光圆	6~22	300	420	25	180°	d
带 肋	HRB335	\oplus	月牙肋	6~25	335	490	16	180°	$3d$
				28~50					$4d$
	HRB400	\oplus	月牙肋	6~25	400	570	14	180°	$4d$
				28~50					$5d$
	HRB500	\oplus	月牙肋	6~25	500	630	12	180°	$6d$
				28~50					$7d$

2. 冷轧带肋钢筋

热轧圆盘条经冷轧后，在其表面带有沿长度方向均匀分布的三面或两面横肋的钢筋称为冷轧带肋钢筋。其外形如图 1-2 所示。钢筋冷轧后允许进行低温回火处理。



图 1-2 冷轧带肋钢筋外形

冷轧带肋钢筋的牌号由 CRB 和抗拉强度最小值表示，共分为四个牌号，分别为 CRB550、CRB650、CRB800、CRB970。C、R、B 分别为冷轧、带肋、钢筋三个词的英文首位字母。冷轧带肋钢筋力学性能和工艺性能，见表 1-2。

表 1-2 冷轧带肋钢筋的基本性能

牌号	$R_{p0.2}$ /MPa, 不小于	R_M /MPa, 不小于	伸长率/% 不小于		弯曲试验 180°	反复弯 曲次数	应力松弛 初始应力相当于公 称抗拉强度的 70%	
			$A_{11.3}$	A_{100}			1 000 h 松弛率/% 不大于	
			CRB550	500			550	8.0
CRB650	585	650	—	4.0	—	3	8	8
CRB800	720	800	—	4.0	—	3	8	8
CRB970	875	970	—	4.0	—	3	8	8

与冷拔低碳钢丝相比，冷轧带肋钢筋具有强度高、塑性好、与混凝土黏结牢固、节约钢材、

质量稳定等特点。CRB550 宜用作普通钢筋混凝土结构，其他牌号宜用在预应力混凝土结构中。

冷轧带肋钢筋克服了冷拉钢筋、冷拔钢筋握裹力低的缺点，而且具有与冷拉、冷拔相近的强度，因此，其中、小型预应力混凝土结构构件和普通混凝土结构构件中得到了广泛的应用。

3. 预应力钢筋

预应力混凝土结构所用钢材一般为预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。钢绞线是由多根高强度钢丝交织在一起而形成的，分为 3 股和 7 股两种，多用于后张法大型构件。预应力钢丝主要是消除应力钢丝。其外形有光面、螺旋肋、三面刻痕三种。

(1) 预应力钢丝。预应力钢丝是用优质高碳钢盘条经过表面准备、拉丝及稳定化处理而成的钢丝总称。预应力钢丝根据深加工要求不同和表面形状不同可分为以下几类：

1) 冷拉钢丝。冷拉钢丝是用盘条通过拔丝模拔轧辊经冷加工而成，以盘卷供货的钢丝。这种钢丝可用于制造铁路轨枕、压力水管、电杆等预应力混凝土先张法构件。

2) 消除应力钢丝(普通松弛型)。消除应力钢丝(普通松弛型)是冷拔后经高速旋转的矫直辊筒矫直，并经回火处理的钢丝。钢丝经矫直回火后，可消除钢丝冷拔中产生的残余应力，提高钢丝的比例极限、屈强比和弹性模量，并改善塑性；同时获得良好的伸直性。

3) 消除应力钢丝(低松弛型)。消除应力钢丝(低松弛型)是冷拔后在张力状态下(在塑性变形下)经回火处理的钢丝。这种钢丝不仅使弹性极限和屈服强度得到提高，而且使应力松弛率大大降低，因此特别适用于抗裂要求高的工程，同时减少钢材用量，经济效益显著。这种钢丝已逐步在建筑、桥梁、市政、水利等大型工程中得到应用。

4) 三面刻痕钢丝。三面刻痕钢丝是用冷轧或冷拔方法使钢丝表面产生规则间隔的凹痕或凸纹的钢丝，如图 1-3 所示。这种钢丝的性能与矫直回火钢丝基本相同，但由于钢丝表面凹痕或凸纹可增加与混凝土的握裹黏结力，故可用于先张法预应力混凝土构件。

5) 螺旋肋钢丝。螺旋肋钢丝是通过专用拔丝模冷拔方法使钢丝表面沿长度方向上产生规则间隔的肋条的钢丝，如图 1-4 所示。钢丝表面螺旋肋可增加与混凝土的握裹力。这种钢丝可用于先张法预应力混凝土构件。

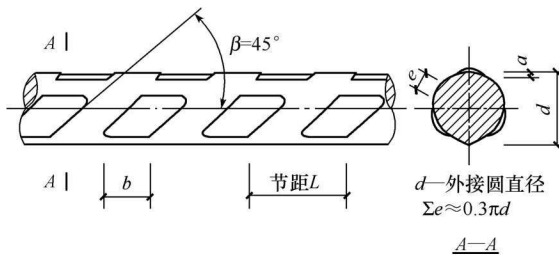


图 1-3 三面刻痕钢丝示意

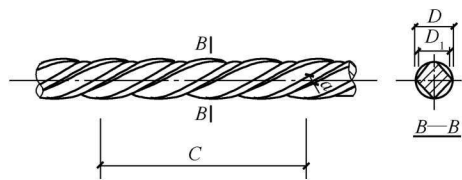


图 1-4 螺旋肋钢丝示意

(2) 钢绞线。钢绞线是由多根冷拉钢丝在绞线机上呈螺旋形绞合，并经连续的稳定化处理而成的总称。钢绞线的整根破断力大，柔性好，施工方便，在土木工程中的应用非常广泛。钢绞线根据加工要求不同可分为标准型钢绞线、刻痕钢绞线和模拔钢绞线。

1) 标准型钢绞线。标准型钢绞线即消除应力钢绞线，是由冷拉光圆钢丝捻制成的钢绞线，标准型钢绞线力学性能优异、质量稳定、价格适中，是我国土木建筑工程中用途最广、用量最大的一种预应力筋。

2) 刻痕钢绞线。刻痕钢绞线是由刻痕钢丝捻制成的钢绞线，可增加钢绞线与混凝土的握裹力。其力学性能与标准型钢绞线相同。

3) 模拔钢绞线。模拔钢绞线是在捻制成形后，再经模拔处理制成。这种钢绞线内的各根钢

丝为面接触，使钢绞线的密度提高约 18%。在截面面积相同时，该钢绞线的外径较小，可减少孔道直径；在相同直径的孔道内，可使钢绞线的数量增加，而且它与锚具的接触面较大，易于锚固。

4. 钢筋的选用

钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构的钢筋，应按照以下规定采用：

(1)普通钢筋。普通钢筋是指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。普通钢筋的常用直径有 6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、14 mm、16 mm、18 mm、20 mm、22 mm、25 mm、28 mm 等。

1)纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF400 级、HRBF500 级钢筋，也可采用 HPB300 级、HRB335 级、RRB400 级钢筋。

2)梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF400 级、HRBF500 级钢筋。

3)箍筋宜采用 HRB400 级、HRBF400 级、HPB300 级、HRB500 级、HRBF500 级钢筋，也可采用 HRB335 级钢筋。

(2)预应力钢筋。预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

二、钢筋算量

钢筋工程量的计算原理是先计算钢筋的总长度，再以总长度乘以单根长度理论质量得到总质量。用公式则表示为

$$\text{钢筋的总质量} = \text{单根钢筋长度} \times \text{总根数} \times \text{单根钢筋长度理论质量} / 1000$$

$$\text{单根钢筋长度} = \text{净长度} + \text{锚固长度} + \text{链接长度} + \text{弯钩长度}$$

表 1-3 为钢筋的公称直径、公称截面面积及理论质量。

表 1-3 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论质量

公称直径 /mm	不同根数钢筋的公称截面面积/mm ²									单根钢筋理论 质量/(kg·m ⁻¹)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1 017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1 077	1 231	1 385	1.21
16	201.1	402	603	804	1 005	1 206	1 407	1 608	1 809	1.58
18	254.5	509	763	1 017	1 272	1 527	1 781	2 036	2 290	2.00(2.11)
20	314.2	628	942	1 256	1 570	1 884	2 199	2 513	2 827	2.47
22	380.1	760	1 140	1 520	1 900	2 281	2 661	3 041	3 421	2.98
25	490.9	982	1 473	1 964	2 454	2 945	3 436	3 927	4 418	3.85(4.10)
28	615.8	1 232	1 847	2 463	3 079	3 695	4 310	4 926	5 542	4.83
32	804.2	1 609	2 413	3 217	4 021	4 826	5 630	6 434	7 238	6.31(6.65)
36	1 017.9	2 036	3 054	4 072	5 089	6 107	7 125	8 143	9 161	7.99
40	1 256.6	2 513	3 770	5 027	6 283	7 540	8 796	1 0053	11 310	9.87(10.34)
50	1 963.5	3 928	5 892	7 856	9 820	11 784	13 748	15 712	17 676	15.42(16.28)

影响节点锚固和搭接长度的因素主要有混凝土强度等级、抗震等级和钢筋种类三个方面。钢筋工程量计算原理如图 1-5 所示。

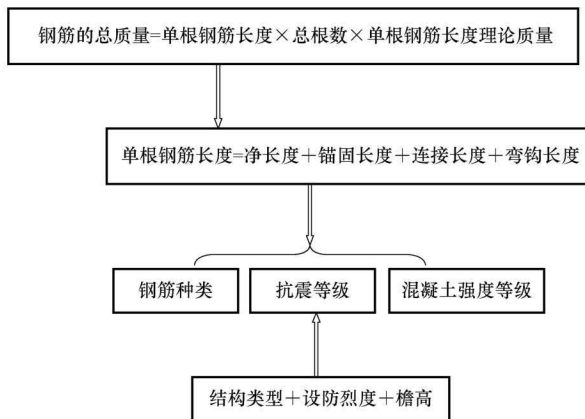


图 1-5 钢筋计算原理

1. 混凝土结构的环境类别

影响混凝土结构耐久性最重要的因素就是环境，环境类别应根据其对混凝土结构耐久性的影响而确定。混凝土结构环境类别的划分主要是为了方便混凝土结构正常使用极限状态的验算和耐久性设计，环境类别见表 1-4。

表 1-4 混凝土结构的环境类别

环境类别	条 件
一	室内干燥环境；无侵蚀性静水浸没环境
二 a	室内潮湿环境；非严寒和非寒冷地区的露天环境；非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；严寒或寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
二 b	干湿交替环境；水位频繁变动环境；严寒地区和寒冷地区的露天环境；严寒地区和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三 a	严寒地区和寒冷地区冬季水位变动区环境；受除冰盐影响的环境；海风环境
三 b	盐渍土环境；受除冰盐作用环境；海岸环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注：1. 室内潮湿环境是指构件表面经常处于结露或湿润状态的环境。
 2. 严寒或寒冷地区的划分应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—2016)的有关规定。
 3. 海岸环境和海风环境宜根据当地情况，考虑主导风向及结构所处迎风、背风部位等因素的影响，由调查研究和工程经验确定。
 4. 受除冰盐影响环境是指受到除冰盐盐雾影响的环境；受除冰盐作用环境是指被除冰盐溶液溅射的环境以及使用除冰盐地区的洗车房、停车楼等建筑。
 5. 暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

在实际工程施工图中，如果用到环境类别，则一般由设计单位在施工图中直接标明，无须由施工单位、监理单位等进行判定。

2. 混凝土的保护层厚度

钢筋的混凝土保护层厚度是指最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离。如图 1-6 所示，梁

的钢筋保护层的厚度是指箍筋外表面至梁表面的距离。混凝土保护层的最小厚度见表 1-5。

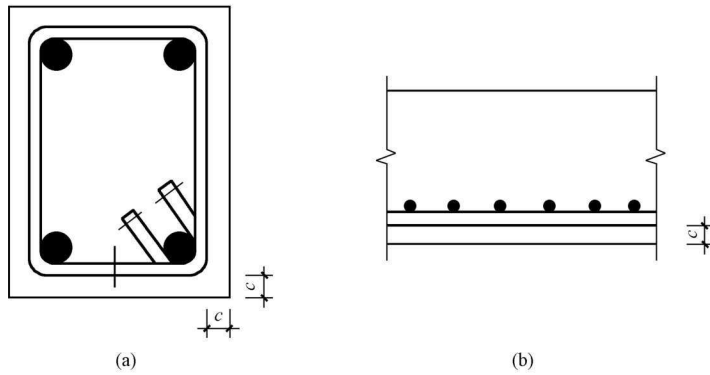


图 1-6 保护层示意

(a)梁保护层示意；(b)板保护层示意

表 1-5 混凝土保护层的最小厚度

mm

环境类别	板、墙、壳	梁、柱、杆
一	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

注：1. 环境类别规定详见表 1-4；
 2. 混凝土强度等级不大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5 mm；
 3. 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，基础中钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40 mm。

(1)混凝土柱中钢筋的混凝土保护层厚度应同时满足以下规定(图 1-7)：

1)混凝土柱箍筋的外表面至混凝土外表面的距离不小于混凝土保护层的最小厚度 c ，如图 1-7(a)所示。

2)混凝土柱纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于纵向受力钢筋公称直径 d 。

3)当柱复合箍筋中采用拉筋，且拉筋同时勾住柱主筋及箍筋时，拉筋顶端外表面至混凝土外表面的距离不小于混凝土保护层的最小厚度 c ，如图 1-7(b)所示。

4)当采用拉筋紧贴箍筋勾住纵筋做法时，箍筋的外表面及拉筋顶端至混凝土外表面的距离不小于混凝土保护层的最小厚度 c ，如图 1-7(c)所示。

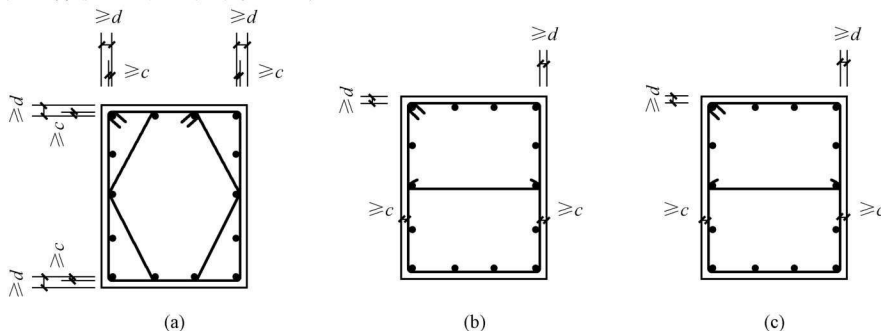


图 1-7 柱钢筋混凝土保护层示意

(2)混凝土梁中钢筋的混凝土保护层厚度应同时满足以下规定(图 1-8):

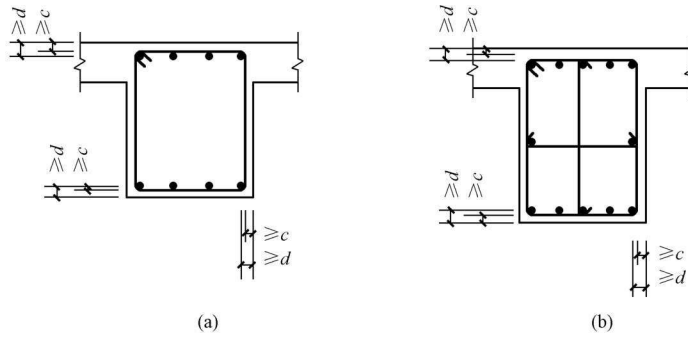


图 1-8 梁钢筋混凝土保护层厚度示意

- 1)箍筋的外表面及拉筋顶端至混凝土外表面的厚度不小于混凝土保护层的最小厚度 c 。
- 2)纵向受力钢筋的外表面至混凝土外表面的厚度不应小于纵向受力钢筋公称直径 d 。
- 3)框架梁钢筋的设置时应满足与之相连的次梁、楼(屋)面板的钢筋保护层的要求。

(3)混凝土剪力墙中钢筋的混凝土保护层厚度(图 1-9)。剪力墙中水平分布钢筋(水平分布钢筋位于外侧)的保护层厚度不应小于水平分布钢筋的公称直径 d , 且不小于混凝土保护层最小厚度 c ; 拉筋顶端至混凝土外表面的厚度不小于混凝土保护层最小厚度 c 。

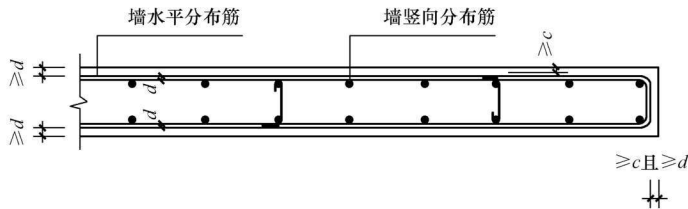


图 1-9 剪力墙钢筋混凝土保护层示意

三、钢筋的锚固

钢筋的锚固是指通过混凝土中钢筋埋置段或机械措施将钢筋所受的力传递给混凝土, 使钢筋锚固于混凝土而不滑出, 包括直钢筋的锚固、带弯钩或弯折钢筋的锚固, 以及采用机械措施的锚固等。

1. 锚固设计原理

锚固设计原理取决于锚固极限状态。锚固极限状态有以下两种:

- (1)强度极限状态。钢筋与混凝土之间的黏结应力达到黏结强度。直钢筋在混凝土中的锚固、搭接和延伸要考虑这种状态。
- (2)刚度极限状态。钢筋与混凝土之间的相对滑移增长过快的状态, 带弯钩钢筋和弯折钢筋在混凝土中锚固时要考虑这种状态。

达到锚固极限状态时所需要的钢筋最小锚固长度, 称为临界锚固长度 l_a^{cr} 。设达到锚固极限状态时钢筋应力为 ζf_y , 平均黏结强度为 τ_u , 则由钢筋拔出力与锚固力(图 1-10)的平衡条件可得:

$$\frac{\pi d^2}{4} \zeta f_y = \pi d l_a^{cr} \tau_u$$

即

$$l_a^{cr} = \frac{\zeta f_y}{4\tau_u} d \quad (1-1)$$

式中 d ——锚固钢筋的直径；

f_y ——钢筋的屈服强度；

ζ ——锚固极限状态时钢筋应力与屈服强度的比值(对于强度极限状态, $\zeta=1$; 对于刚度极限状态, ζ 为滑移速率变化点的钢筋应力与屈服强度的比值)。

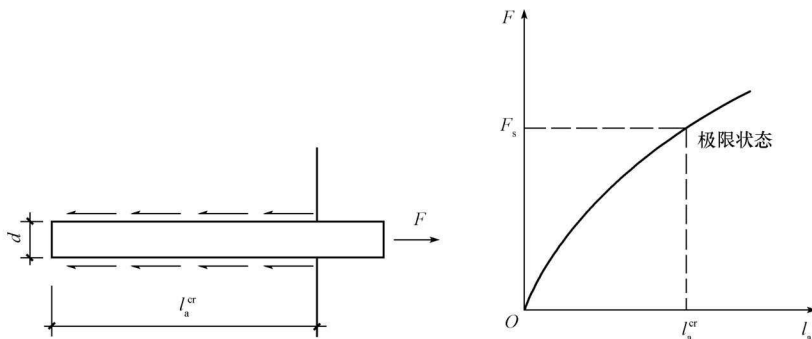


图 1-10 钢筋锚固力与拔出力的平衡

2. 受拉钢筋的锚固长度

如前所述, 钢筋的黏结强度 τ_u 与混凝土保护层厚度、横向钢筋数量、钢筋外形等因素有关, 且与混凝土的轴心抗拉强度 f_t 大致成正比。我国钢筋强度不断提高, 结构形式的多样性也使锚固条件有了很大的变化, 根据近年来系统试验研究及可靠度分析的结果并参考国外标准, 《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)中给出了以简单计算确定受拉钢筋锚固长度的方法, 即工程中实际的受拉钢筋锚固长度 l_a 为基本锚固长度 l_{ab} 乘以锚固长度修正系数 ζ_a 。

(1) 受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 。普通钢筋基本锚固长度应按下式计算:

$$l_{ab} = \frac{f_y}{\alpha f_t} d \quad (1-2)$$

式中 f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值, 当混凝土强度等级超过 C60 时, 按 C60 取值；

d ——锚固钢筋的直径；

α ——锚固钢筋的外形系数, 按表 1-6 取用。

表 1-6 锚固钢筋的外形系数

钢筋类型	光圆钢筋	带肋钢筋	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	七股钢绞线
α	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17

注: 光圆钢筋末端应做 180°弯钩, 弯后平直段长度不小于 3d, 但作受压钢筋时可不作弯钩。

混凝土和普通钢筋的强度设计值分别见表 1-7 和表 1-8。

表 1-7 混凝土轴心抗压 $[f_c]$ 、轴心抗压 $[f_t]$ 强度设计值

N/mm²

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22