

提升计算效率 工作化繁为简

12G901 图集精识快算

框架—剪力墙结构

张军 主编

涵盖快算原理公式 令计算工作游刃有余

新

依据最新图集编制

实

注重实际经验运用

算

全面计算规则要点

✓ 基础理论 + 最新标准

是您快捷掌握行业前沿的必备教材

✓ 常用公式 + 标准图例

是您快速实践钢筋工程的不二选择

**轻松学
快算**

江苏凤凰科学技术出版社

12G901 图集精识快算

框架-剪力墙结构

张 军 主编

 江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

12G901 图集精识快算. 框架-剪力墙结构/白雅君主
编;张军分册主编. —南京:江苏凤凰科学技术出版
社, 2015. 3

ISBN 978-7-5537-0565-1

I. ①1… II. ①白… ②张… III. ①钢筋混凝土结构
—框架剪力墙结构—结构计算 IV. ①TU375.01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 285804 号

12G901 图集精识快算

框架-剪力墙结构

分 册 主 编 张 军
项 目 策 划 凤凰空间/翟永梅
责 任 编 辑 刘屹立
特 约 编 辑 翟永梅

出 版 发 行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 天津泰宇印务有限公司

开 本 710 mm×1 000 mm 1/16
印 张 12
字 数 263 000
版 次 2015 年 3 月第 1 版
印 次 2015 年 3 月第 1 次印刷

标 准 书 号 ISBN 978-7-5537-0565-1
定 价 28.00 元



图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换 (电话: 022-87893668)。

本书编委会

主
参

编
编

张 军
陈 菊
索 强
夏 怡

段云峰
白雪影
胡 畔

温晓杰
刘 虎
邹 雯

倪长也
孙 喆
宋春亮

内容提要

本书依据《12G901-1》、《12G901-2》、《12G901-3》三本最新图集及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写。主要内容包括基础知识、框架结构精识快算以及剪力墙结构精识快算,以平法制图规则为基础,结合具体的钢筋排布构造识图,通过计算实例详细讲解了框架-剪力墙构件的各类钢筋在实际工程中的识图与计算。

本书可供设计人员、施工技术人员、工程造价人员以及相关专业大中专的师生学习参考。

前 言

所谓“平法”就是把结构构件尺寸和钢筋等,按照平面整体表示方法的制图规则,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,构成一套完整的结构施工图的方法。平法改变了传统结构施工图中从平面布置图中索引,再逐个绘制配筋详图的烦琐方法,是混凝土结构施工图设计方法的重大改革。随着 11G101 系列图集的更新,12G901 系列图集也进行了更新。12G901 系列图集同时是对 11G101 系列图集构造内容在施工时钢筋排布构造的深化设计。

本书依据《12G901-1》、《12G901-2》、《12G901-3》三本最新图集及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写,主要包括基础知识、框架结构精识快算以及剪力墙结构精识快算。本书以平法制图规则为基础,结合具体的钢筋排布构造识图,通过计算实例详细讲解了框架—剪力墙构件的各类钢筋在实际工程中的识图与计算。本书内容系统,实用性强,便于理解,方便读者掌握,可供设计人员、施工技术人员、工程造价人员以及相关专业大中专的师生学习参考。

本书在编写过程中参阅和借鉴了许多优秀书籍、图集和有关国家标准,并得到了有关领导和专家的帮助,在此一并致谢。由于作者的时间和经验所限,虽尽心尽力编写,但书中仍难免存在疏漏或未尽之处,敬请有关专家和读者予以批评指正。

编者

2015 年 3 月

目 录

1 基础知识	(1)
1.1 平法基础知识	(1)
1.1.1 平法的概念	(1)
1.1.2 平法的特点	(2)
1.2 一般构造要求	(3)
1.2.1 混凝土保护层	(3)
1.2.2 混凝土结构的环境类别	(4)
1.2.3 纵向钢筋间距	(5)
1.2.4 钢筋的锚固	(7)
1.2.5 钢筋的连接	(10)
1.2.6 箍筋及拉筋弯钩构造	(15)
1.2.7 纵向钢筋绑扎搭接横截面钢筋排布	(16)
2 框架结构精识快算	(19)
2.1 框架结构基本概念	(19)
2.1.1 框架结构布置	(19)
2.1.2 框架结构的受力特点	(20)
2.2 框架梁结构	(21)
2.2.1 梁平法施工图识读	(21)
2.2.2 梁构件钢筋识图	(28)
2.2.3 梁构件钢筋快算	(74)
2.3 框架柱结构	(79)
2.3.1 柱平法施工图识读	(79)
2.3.2 柱构件钢筋识图	(85)
2.3.3 柱构件钢筋快算	(93)
3 剪力墙结构精识快算	(108)
3.1 剪力墙结构基本概念	(108)
3.2 剪力墙平法施工图识读	(110)
3.2.1 剪力墙平法施工图的表示方法	(110)
3.2.2 列表注写方式	(110)
3.2.3 截面注写方式	(116)
3.3 剪力墙钢筋识图	(118)

3.3.1 剪力墙柱钢筋排布构造	(118)
3.3.2 剪力墙身钢筋排布构造	(134)
3.3.3 剪力墙梁钢筋排布构造	(144)
3.4 剪力墙钢筋快算	(178)
参考文献.....	(182)

1 基础知识

1.1 平法基础知识

1.1.1 平法的概念

平法是“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”的简称。其对目前我国混凝土结构施工图的设计表示方法做了重大改革,被国家科委和原建设部列为科技成果重点推广项目。

平法的表达形式,概括来讲,就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,整体直接地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。改变了传统的那种将构件从结构平面布置图中索引出来,再逐个绘制配筋详图、画出钢筋表的烦琐方法。

按平法设计绘制的施工图,一般是由两大部分构成,即各类结构构件的平法施工图和标准构造详图,但对于复杂的工业与民用建筑设计,尚需增加模板、预埋件和开洞等平面图。只有在特殊情况下才需增加剖面配筋图。

按平法设计绘制结构施工图时,应明确下列几个方面的内容。

1) 必须根据具体工程设计,按照各类构件的平法制图规则,在按结构(标准)层绘制的平面布置图上直接表示各构件的配筋、尺寸和所选用的标准构造详图。出图时,宜按基础、柱、剪力墙、梁、板、楼梯及其他构件的顺序排列。

2) 应将所有各构件进行编号,编号中含有类型代号和序号等。其中,类型代号的主要作用是指明所选用的标准构造详图;在标准构造详图上,已经按其所属构件类型注明代号,以明确该详图与平法施工图中相同构件的互补关系,使两者结合构成完整的结构设计图。

3) 应当用表格或其他方式注明包括地下和地上各层的结构层楼(地)面标高、结构层高及相应的结构层号。

在单项工程中,结构层楼面标高和结构层高必须统一,以确保基础、柱与墙、梁、板等用同一标准竖向定位。为了便于施工,应将统一的结构层楼面标高和结构层高分别放在柱、墙、梁等各类构件的平法施工图中。

注:结构层楼面标高是指将建筑图中的各层地面和楼面标高值扣除建筑面层及垫层厚度后的标高,结构层号应与建筑楼层号对应一致。

4) 按平法设计绘制施工图,为了保证施工员准确无误地按平法施工图进

行施工,在具体工程的结构设计总说明中必须写明下列与平法施工图密切相关的内容:

- ① 选用平法标准图的图集号。
- ② 混凝土结构的使用年限。
- ③ 有无抗震设防要求。
- ④ 写明各类构件在其所在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搭接长度及最小锚固长度等。
- ⑤ 写明柱纵筋、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接头形式及有关要求。必要时,尚应注明对钢筋的性能要求。
- ⑥ 当标准构造详图有多种可选择的构造做法时,写明在何部位选用何种构造做法。当没有写明时,则为设计人员自动授权施工员可以任选一种构造做法进行施工。
- ⑦ 写明结构不同部位所处的环境类别。
- ⑧ 注明上部结构的嵌固部位位置。
- ⑨ 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。
- ⑩ 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。
- ⑪ 当具体工程中有特殊要求时,应在施工图中另加说明。

1.1.2 平法的特点

六大效果验证“平法”科学性,从1991年10月“平法”首次运用于济宁工商银行营业楼,到此后的三年在几十项工程设计上的成功实践,“平法”的理论与方法体系向全社会推广的时机已然成熟。1995年7月26日,在北京举行了由建设部组织的“《建筑结构施工图平面整体设计方法》科研成果鉴定会”,会上,我国结构工程界的众多知名专家对“平法”如下的六大效果一致认同。

1. 掌握全局

“平法”使设计者容易进行平衡调整,易校审,易修改,改图可不牵连其他构件,易控制设计质量;“平法”能适应业主分阶段、分层提出施工的要求,也能适应在主体结构开始施工后又进行大幅度调整的特殊情况。“平法”分结构、分层设计的图纸与水平逐层施工的顺序完全一致,对标准层可实现单张图纸施工,施工工程师对结构比较容易形成整体概念,有利于施工质量管理;平法采用标准化的构造详图,形象、直观,施工易懂、易操作。

2. 更简单

“平法”采用标准化的设计制图规则,结构施工图表达符号化、数字化,单张图纸的信息量较大并且集中;构件分类明确,层次清晰,表达准确,设计速度快,效率

成倍提高。

3. 更专业

标准构造详图可集国内较可靠、成熟的常规节点构造之大成,集中分类归纳后编制成国家建筑标准设计图集供设计选用,可避免反复抄袭构造做法及伴生的设计失误,确保节点构造在设计与施工两个方面均达到高质量。另外,对节点构造的研究、设计和施工实现专门化提出了更高的要求。

4. 高效率

“平法”大幅度提高设计效率可以立竿见影,能快速解放生产力,迅速缓解基本建设高峰时期结构设计人员紧缺的局面。在推广平法比较早的建筑设计院,结构设计人员与建筑设计人员的比例已明显改变,结构设计人员在数量上已经低于建筑设计人员,有些设计院结构设计人员只是建筑设计人员的二分之一至四分之一,结构设计周期明显缩短,结构设计人员的工作强度已显著降低。

5. 低能耗

“平法”大幅度降低设计消耗,减少设计成本,节约自然资源。平法施工图是量化、有序化的设计图纸,与其配套使用的标准设计图集可以重复使用,与传统方法相比图纸量减少 70% 左右,综合设计工日减少三分之二以上,每十万平方米设计面积可降低设计成本 27 万元,在节约人力资源的同时还节约了自然资源。

6. 改变用人结构

“平法”促进人才分布格局的改变,实质性地影响了建筑结构领域的人才结构。设计单位对工民建专业大学毕业生的需求量已经明显减少,为施工单位招聘结构人才留出了相当空间,大量工民建专业毕业生到施工部门择业逐渐成为普遍现象,使人才流向发生了比较明显的转变,人才分布趋向合理。随着时间的推移,高校培养的大批土建高级技术人才必将对施工建设领域的科技进步产生积极作用。另一方面,“平法”的使用促进结构设计水平的提高,促进设计院内的人才竞争。设计单位对年度毕业生的需求有限,自然形成了人才的就业竞争,竞争的结果当然是比较优秀的人才才有较多机会进入设计单位,长此以往,可有效提高结构设计队伍的整体素质。

1.2 一般构造要求

1.2.1 混凝土保护层

混凝土保护层是指最外层钢筋(包括箍筋、构造筋、分布筋等)的外边缘至混凝土表面的距离。

设计使用年限为 50 年的混凝土结构,最外层钢筋的保护层厚度应符合表 1-1 的规定;设计使用年限为 100 年的混凝土结构,最外层钢筋的保护层厚度不应小于

表 1-1 中数值的 1.4 倍。受力钢筋保护层厚度不应小于钢筋的公称直径 d 。

表 1-1 混凝土保护层的最小厚度 (mm)

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

- 注：1. 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。
2. 钢筋混凝土基础宜设计混凝土垫层，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。
3. 当梁、柱、墙中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度大于 50 mm 时，应对保护层采取有效的防裂构造措施。保护层防裂钢筋网片构造如图 1-1 所示，应对防裂钢筋网片采取有效的绝缘和定位措施。
4. 对有防火要求的建筑物，其混凝土保护层尚应符合国家现行有关标准的要求。

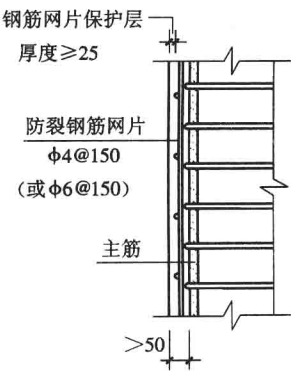


图 1-1 保护层防裂钢筋网片构造

1.2.2 混凝土结构的环境类别

混凝土保护层的最小厚度取决于构件的耐久性、耐火性和受力钢筋黏结锚固性能的要求，同时与环境类别有关。环境类别是指混凝土暴露表面所处的环境条件，设计可根据实际情况确定适当的环境类别。混凝土结构的环境类别见表 1-2。

表 1-2 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

续表

环境类别	条件
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 严寒和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 严寒和寒冷地区的露天环境 严寒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	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境 受除冰盐影响环境 海风环境
三 b	盐渍土环境 受除冰盐作用环境 海岸环境

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. 严寒和寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—1993)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喷射的环境以及使用除冰盐地区的洗车房、停车楼等建筑。

5. 混凝土结构的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

1.2.3 纵向钢筋间距

1. 梁纵向钢筋间距

梁上部纵向钢筋水平方向的净间距(钢筋外边缘之间的最小距离)不应小于 30 mm 和 $1.5d$ (d 为钢筋的最大直径);下部纵向钢筋水平方向的净间距不应小于 25 mm 和 d 。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时,两层以上钢筋水平方向的中距应比下面两层的中距增大 1 倍。各层钢筋之间的净间距不应小于 25 mm 和 d ,如图 1-2 所示。

当梁的腹板高度 $h_w \geq 450$ mm 时,在梁的两个侧面应沿高度配置纵向构造钢筋,其间距 a 不宜大于 200 mm(图 1-2 中 s 为梁底至梁下部纵向受拉钢筋合力点的距离。当梁下部纵向钢筋为一层时, s 取至钢筋中心位置;当梁下部纵筋为两层时, s 可近似取值为 60 mm)。当设计注明梁侧面纵向钢筋为抗扭钢筋时,侧面纵向钢筋应均匀布置。

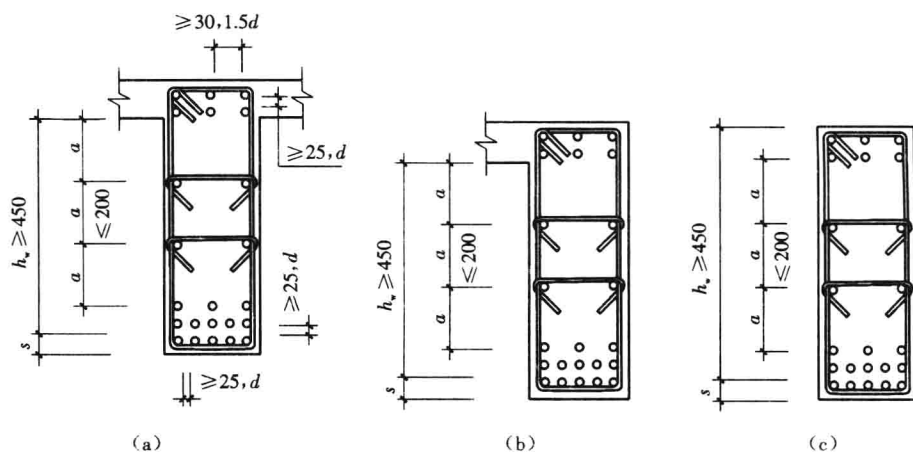


图 1-2 梁纵向钢筋间距

2. 柱纵向钢筋间距

柱中纵向受力钢筋的净间距不应小于 50 mm, 且不宜大于 300 mm; 抗震且截面尺寸大于 400 mm 的柱, 纵向钢筋的间距不宜大于 200 mm, 如图 1-3 所示。

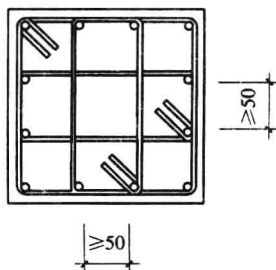


图 1-3 柱纵向钢筋间距

3. 剪力墙分布钢筋间距

混凝土剪力墙水平分布钢筋及竖向分布钢筋间距(中心距)不宜大于 300 mm。部分框支剪力墙结构的底部加强部位, 剪力墙水平和竖向分布钢筋间距不宜大于 200 mm, 如图 1-4 所示。

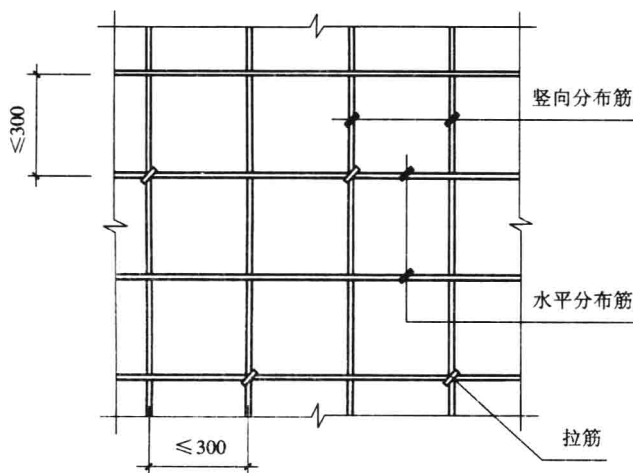


图 1-4 剪力墙分布钢筋间距

1.2.4 钢筋的锚固

为保证构件内的钢筋能够很好的受力,当钢筋伸入支座或在跨中截断时,必须伸出一定长度,依靠这一长度上的黏结力把钢筋锚固在混凝土中,此长度称为锚固长度。

试验证明,随着锚固长度的增加,锚固抗力也在增长。当锚固抗力等于钢筋的屈服强度时,相应的锚固长度可称为临界锚固长度。这是保证受力钢筋直到屈服也不会发生锚固破坏的最小锚固长度。钢筋屈服后进入强化阶段,随着锚固长度的增加,锚固抗力还能增长。当锚固抗力等于钢筋的抗拉强度时,相应的锚固长度称为极限锚固长度。显然,超过极限锚固长度的锚固段在锚固抗力中将不再起作用。而相关规范规定的设计锚固长度值应大于临界锚固长度,小于极限锚固长度。前者是为了保证钢筋承载的基本性能,后者是因为过大的锚固长度是多余的。

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时,受拉钢筋的锚固应符合下列要求。

基本锚固长度应按下列公式计算:

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

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

式中 l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度;

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力筋的抗拉强度设计值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值,当混凝土强度等级高于 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 1-3 取用。

表 1-3 锚固钢筋的外形系数 α

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:光面钢筋末端应做 180°弯钩,弯后平直段长度不应小于 $3d$,但作受压钢筋时可不做弯钩。

受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按下列公式计算,且不应小于 200 mm:

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \tag{1-3}$$

抗震锚固长度的计算公式为:

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \tag{1-4}$$

式中 l_a ——受拉钢筋的锚固长度;

ζ_a ——锚固长度修正系数,按表 1-4 的规定取用,当多于一项时,可按连乘计算,但不应小于 0.6;

ζ_{aE} ——抗震锚固长度修正系数,对一、二级抗震等级取 1.15,对三级抗震等级取 1.05,对四级抗震取 1.00。

表 1-4 受拉钢筋锚固长度修正系数 ζ_a

锚固条件		ζ_a	备注
带肋钢筋的公称直径大于 25		1.10	—
环氧树脂涂层带肋钢筋		1.25	
施工过程中易受扰动的钢筋		1.10	
锚固区保护层厚度	$3d$	0.80	注:中间时按内插值。 d 为锚固钢筋的直径
	$5d$	0.70	

当锚固钢筋保护层厚度不大于 $5d$ 时,锚固长度范围内应配置横向构造钢筋,其直径不应小于 $d/4$;对梁、柱等杆状构件间距不应大于 $5d$,对板、墙等平面构件间距不大于 $10d$,且均不应小于 100 mm,此处 d 为锚固钢筋的直径。

为保证地震时反复荷载作用下钢筋与其周围混凝土之间具有可靠的黏结强度,规定纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算。

一、二级抗震等级: $l_{aE} = 1.15l_a$;

三级抗震等级: $l_{aE} = 1.05l_a$;

四级抗震等级: $l_{aE} = l_a$ 。

受拉钢筋基本锚固长度见表 1-5。

表 1-5 受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 、 l_{abE}

钢筋种类	抗震等级	混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	$\geq C60$
HPB300	一、二级(l_{abE})	45 <i>d</i>	39 <i>d</i>	35 <i>d</i>	32 <i>d</i>	29 <i>d</i>	28 <i>d</i>	26 <i>d</i>	25 <i>d</i>	24 <i>d</i>
	三级(l_{abE})	41 <i>d</i>	36 <i>d</i>	32 <i>d</i>	29 <i>d</i>	26 <i>d</i>	25 <i>d</i>	24 <i>d</i>	23 <i>d</i>	22 <i>d</i>
	四级(l_{abE}) 非抗震(l_{ab})	39 <i>d</i>	34 <i>d</i>	30 <i>d</i>	28 <i>d</i>	25 <i>d</i>	24 <i>d</i>	23 <i>d</i>	22 <i>d</i>	21 <i>d</i>
HRB335 HRBF335	一、二级(l_{abE})	44 <i>d</i>	38 <i>d</i>	33 <i>d</i>	31 <i>d</i>	29 <i>d</i>	26 <i>d</i>	25 <i>d</i>	24 <i>d</i>	24 <i>d</i>
	三级(l_{abE})	40 <i>d</i>	35 <i>d</i>	31 <i>d</i>	28 <i>d</i>	26 <i>d</i>	24 <i>d</i>	23 <i>d</i>	22 <i>d</i>	22 <i>d</i>
	四级(l_{abE}) 非抗震(l_{ab})	38 <i>d</i>	33 <i>d</i>	29 <i>d</i>	27 <i>d</i>	25 <i>d</i>	23 <i>d</i>	22 <i>d</i>	21 <i>d</i>	21 <i>d</i>
HRB400 HRBF400 RRB400	一、二级(l_{abE})	—	46 <i>d</i>	40 <i>d</i>	37 <i>d</i>	33 <i>d</i>	32 <i>d</i>	31 <i>d</i>	30 <i>d</i>	29 <i>d</i>
	三级(l_{abE})	—	42 <i>d</i>	37 <i>d</i>	34 <i>d</i>	30 <i>d</i>	29 <i>d</i>	28 <i>d</i>	27 <i>d</i>	26 <i>d</i>
	四级(l_{abE}) 非抗震(l_{ab})	—	40 <i>d</i>	35 <i>d</i>	32 <i>d</i>	29 <i>d</i>	28 <i>d</i>	27 <i>d</i>	26 <i>d</i>	25 <i>d</i>
HRB500 HRBF500	一、二级(l_{abE})	—	55 <i>d</i>	49 <i>d</i>	45 <i>d</i>	41 <i>d</i>	39 <i>d</i>	37 <i>d</i>	36 <i>d</i>	35 <i>d</i>
	三级(l_{abE})	—	50 <i>d</i>	45 <i>d</i>	41 <i>d</i>	38 <i>d</i>	36 <i>d</i>	34 <i>d</i>	33 <i>d</i>	32 <i>d</i>
	四级(l_{abE}) 非抗震(l_{ab})	—	48 <i>d</i>	43 <i>d</i>	39 <i>d</i>	36 <i>d</i>	34 <i>d</i>	32 <i>d</i>	31 <i>d</i>	30 <i>d</i>

当钢筋锚固长度有限而靠自身的锚固性能又无法满足受力钢筋承载力的要求时,可以在钢筋末端配置弯钩和采用机械锚固。这是减小锚固长度的有效方式,其原理是利用受力钢筋端部锚头(弯钩、贴焊锚筋、焊接锚板或螺栓锚头)对混凝土的局部挤压作用加大锚固承载力。锚头对混凝土的局部挤压保证了钢筋不会发生锚固拔出破坏,但锚头前必须有一定的直段锚固长度,以控制锚固钢筋的滑移,使构件不致发生较大的裂缝和变形。因此当纵向受拉普通钢筋末端采用钢筋弯钩或机械锚固措施时,包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度(投影长度)可取为基本锚固长度 l_{ab} 的 60%。弯钩和机械锚固的形式见图 1-5,技术要求应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求

锚固形式	技术要求
90°弯钩	末端 90°弯钩,弯钩内径 4 <i>d</i> ,弯后直段长度 12 <i>d</i>
135°弯钩	末端 135°弯钩,弯钩内径 4 <i>d</i> ,弯后直段长度 5 <i>d</i>
一侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 5 <i>d</i> 同直径钢筋