

上篇 通用构造篇

电子工业出版社版权所有
盗版必究

平法概述

教学目标与要求



教学目标

- 通过对本项目的学习，学生应能够：
1. 理解混凝土结构施工图平面整体表示方法的定义和特点。
 2. 熟悉平法 G101 系列图集的发展历程。
 3. 了解平法施工图的设计依据和适用范围。
 4. 了解混凝土结构材料和体系。
 5. 熟悉平法施工图的结构设计总说明。
 6. 掌握并能灵活选用通用标准构造。



教学要求

教 学 要 点	知 识 要 点	权 重
平法定义	掌握平法的基本概念和特点，了解平法诞生的背景	30%
G101 系列图集的发展历程	了解平法发展历史上的几件大事	10%
平法的科学性	了解对平法的客观评价	10%
混凝土结构材料和结构体系	熟悉混凝土结构材料和结构体系	10%
结构设计总说明	掌握结构设计总说明的基本内容及与平法相关的内容	10%
平法施工图的通用标准构造	掌握混凝土环境类别，纵向钢筋最小保护层厚度，钢筋的锚固、弯钩和弯折，箍筋和拉筋的构造规定和设计要求等	30%



任务 1

平法基本理论和平法图集的发展

一、平法定义

“平法”是“混凝土结构施工图平面整体表示方法”的简称。

混凝土结构施工图平面整体表示方法就是把各类结构构件的尺寸和配筋等按照平面整体表示方法的制图规则，直接整体表达在各类结构构件的平面布置图上，再与 G101 系列图集内相对应的各类构件的标准构造详图相配合，构成一套新型的、完整的结构设计图纸。

利用平法绘制的混凝土结构施工图称为平法施工图。平法施工图改变了传统的将各类结构构件从结构平面布置图中索引出来，再逐个绘制配筋详图的烦琐的绘图表达方式，是结构施工图设计绘图表达方式的重大改革。

平法的定义可简单归纳为：平法施工图 + G101 = 完整的结构设计图纸。

平法的定义包含两层含义：第一层含义，目前提到的“平法”是指利用平法制图规则绘制的“混凝土结构施工图”，即平法施工图，工程实践中又称为“工程蓝图”；第二层含义，平法施工图必须与现行 G101 系列图集相配合，才能构成一套完整的结构设计图纸。即现行 G101 系列图集是必须与平法施工图配套使用的正式设计图纸，是目前工地上正在使用的混凝土结构平法施工图不可分割的一部分。

G101 系列图集集中的每个结构构件均包括相应的制图规则和标准构造详图两部分内容。平法制图规则指导人们看懂平法施工图上标注的数字和符号，它既是设计者绘制梁、柱、墙、板等结构构件平法施工图的依据，也是施工、监理人员准确理解和实施平法施工图的标准。平法标准构造详图编入了我国国内常用的且较为成熟的节点构造做法，如要了解某个结构构件内的钢筋形状和尺寸，就要查阅 G101 系列图集中相关的标准构造详图。

毋庸置疑，只有熟练掌握 G101 系列图集的相关内容，才能快速、准确地读懂混凝土结构平法施工图。这是建筑工程技术、工程造价、工程监理等建筑类相关专业的学生在学校必须掌握的基本技能之一。



二、平法的基本理论和系统构成

平法的基本理论以结构设计者的知识产权归属为依据，将结构设计分为创造性设计内容与重复性设计内容两部分。由设计工程师采用数字化、符号化的平面整体表示方法制图规则完成创造性设计内容部分，大量的重复性设计内容部分则采用标准构造设计方法。这两部分为对应互补的关系，将其合并可构成完整的结构设计方案。

创造性设计内容与重复性设计内容的划分主要是根据结构设计主系统中各子系统之间的层次性、关联性、功能性和相对独立性等关系确定的。

根据结构设计各阶段工作的形式和内容，将全部结构设计作为一个完整的主系统，该主系统由三个子系统构成，如图 1-1 所示。第一子系统为结构方案（结构体系）设计，第二子系统为结构计算分析，第三子系统为结构施工图设计。

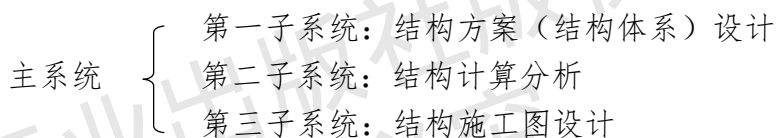


图 1-1 结构设计主系统的构成图

平法属于上述第三子系统的方法，即关于结构施工图设计子系统的方法。简单而言，平法就是把结构设计成果以“平法施工图 + G101”的方式呈现出来。

三、平法的诞生与形成

建筑结构施工图的设计发展经历了三个时期：一是新中国成立初期至 20 世纪 90 年代末的详图法，又称配筋图法；二是 20 世纪 80 年代初期至 20 世纪 90 年代初我国东南沿海开放城市广泛应用的梁表法；三是 20 世纪 90 年代至今已基本普及的平法。

平法的创始人是原山东大学教授陈青来先生。平法的发明及推广应用优化了建筑结构施工图计算机辅助设计（CAD）技术，对提高结构设计效率起到了重大促进作用。

平法顺应了建筑结构设计发展和革新的客观需要。1996 年，《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、框架-剪力墙、框支剪力墙结构）》（96G101）国家建筑标准设计图集的正式出版发行，标志着我国建筑结构施工图设



计正式进入了“平法时代”。目前，平法已成为我国建筑结构设计、施工领域普遍应用的主导技术之一。

随着平法建筑结构 CAD 设计软件的开发与应用，平法技术已普遍应用于建筑结构设计的实际工作中。与传统方法相比，平法可使设计图纸的数量减少 60%~80%；若以工程数量计，相当于使绘图仪的寿命提高了 3~4 倍，同时，设计质量问题也大大减少。因此，平法施工图深受设计、施工、监理及造价人员的欢迎。

四、平法 G101 系列图集的发展历程

1996 年 11 月，96G101 在批准之日向全国正式出版发行。

从 2003 年 1 月开始，依据国家 2000 系列混凝土结构新规范，修订出版了《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、框架-剪力墙、框支剪力墙结构）》（03G101-1）；之后，陆续出版了《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）》（03G101-2）、《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（筏形基础）》（04G101-3）、《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（现浇混凝土楼面与屋面板）》（04G101-4）、《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、桩基承台）》（06G101-6）、《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（箱形基础和地下室结构）》（08G101-5）、《G101 系列图集施工常见问题答疑图解》（08G101-11）等系列图集。以上统称为 03G101 系列图集，包括现浇混凝土结构的柱、墙、梁、板、楼梯、独基、条基、桩基承台、筏基、箱基和地下室结构的平法制图规则及标准配筋构造详图。

2009 年，为了解决施工中的钢筋翻样计算和现场安装绑扎，从而实现设计构造与施工建造的有机结合，出版了与 03G101 系列图集配套使用的 06G901 系列国家建筑标准设计图集 5 册。

2011 年至 2013 年，依据《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）、《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）等规范，将 03G101 系列图集进行了合并、修订和新增，统称为 11G101 系列图集。



2012 年，国家依据上述规范，又对 06G901 系列图集进行了修版，统称为 12G901 系列图集。

2016 年，依据《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010，2015 年版）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010，2016 年局部修订）、《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）、《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）及《建筑结构制图标准》（GB/T 50105—2010）等规范，将 11G101 系列图集修订、升版，统称为 16G101 系列图集，如表 1-1 所示。

表 1-1 16G101 系列图集汇总表

序 号	图 集 号	图 集 全 称	执 行 时 间	替代图集号
1	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）》	2016.9.1	11G101-1 12G101-4
2	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）》	2016.9.1	11G101-2
3	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）》	2016.9.1	11G101-3
4	17G101-11	《G101 系列图集常见问题答疑图解》	2017.9.1	13G101-11

2018 年，依据上述规范、标准，将 12G901 修版为 18G901 系列图集，与 16G101 系列图集配套使用。

五、平法 G101 系列图集的修版原因

1966 年，我国颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》第一版，1974 年、1989 年、2002 年和 2010 年先后对其进行了数次修改，颁发新规范，废止旧规范。2010 年颁发的《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）在 2015 年重新进行了修订、出版，是目前执行的最新规范。

新版混凝土结构设计规范名称中去掉了“钢筋”两个字，一是与国际接轨；二是因为混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和各种其他形式的钢筋混凝土结构等，去掉“钢筋”两字更为贴切，其包含的范围也更广泛。

实际上，平法 G101 系列图集集中的各种结构构件（柱、剪力墙、梁、板、各类基础及



楼梯等)的标准配筋构造详图主要来自《混凝土结构设计规范》的相关内容,G101系列图集可以看作图解版的《混凝土结构设计规范》。显然,《混凝土结构设计规范》修版了,那么平法图集也应该随之修版,这是G101系列图集三次主要修版的重要原因之一。

另外,从平法图集的发展历程来看,经过20多年的实践探索,平法新技术、新做法、新工艺也需要不断地补充、完善和发展。

六、平法的科学性

在原建设部组织编撰的《建筑结构施工图平面整体设计方法》科研成果鉴定过程中,有关专家对平法的效果给予了高度评价,具体可概括为如下几点。

1. 够简单

平法采用标准化的设计制图规则,结构施工图表达方法数字化、符号化,单张图纸的信息量大且集中;构件分类明确,层次清晰,表达准确,设计效率成倍提高;平法使设计者易掌握全局,易调整,易修改,易校审,易控制设计质量。平法分层结构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,施工人员对结构比较容易形成整体概念,有利于施工质量管理。

2. 易操作

平法采用标准化构造详图,形象、直观,易理解、易操作;标准构造详图集国内较成熟、可靠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,可避免构造做法重复及其伴生的设计失误,保证节点构造在设计与施工两方面均达到高质量、高水准。

3. 低能耗

平法施工图是有序化、定量化的设计图纸,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,其图纸数量大大减少,综合设计成本大幅度降低,既节约了人力资源,又节约了自然资源。

4. 高效率

平法大大提高了设计效率,解放了结构设计人员的生产力。它的推广和普及使设计院



的建筑设计与结构设计人员的比例发生了明显改变, 结构设计人员在数量上仅为建筑设计人员的 25%~50%, 同时, 结构设计周期明显缩短, 设计强度显著降低。

5. 改变用人结构

平法的应用影响了建筑结构设计领域的人才结构, 这为施工单位招聘结构人才留出了相当大的空间, 专业院校毕业生人才就业分布趋向合理。随着时间的推移, 大批土建高级技术人员必将对施工建设领域的科技进步产生促进作用。

6. 促进人才竞争

平法促进了设计院内部的人才竞争, 也促进了结构设计水平的不断提高。

任务 2

混凝土结构材料、体系和结构设计总说明

一、平法施工图的设计依据和适用范围

1. 平法施工图的设计依据

平法施工图的制图规则和标准构造详图必须符合国家现行的有关规范、规程和标准。对未包括在内的抗震和非抗震构造详图以及其他未尽事项, 应在具体设计中由设计者另行设计。

平法标准构造详图的主要设计依据如下:

《中国地震动参数区划图》	GB 18306—2015
《混凝土结构设计规范》(2015 年版)	GB 50010—2010
《建筑抗震设计规范》(2016 年局部修订)	GB 50011—2010
《高层建筑混凝土结构技术规程》	JGJ 3—2010
《建筑结构制图标准》	GB/T 50105—2010

2. 平法施工图的适用范围

平法图集适用于抗震设防烈度为 6~9 度地区的现浇混凝土框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构和部分框支剪力墙结构等主体结构施工图的设计, 以及各类结构中的现浇混



凝土板（包括有梁楼盖和无梁楼盖）、地下室结构部分现浇混凝土墙体、柱、梁、板的结构施工图的设计，还有各类现浇钢筋混凝土板式楼梯，各类常用的独立基础、条形基础、筏形基础和桩基础承台等结构构件施工图的设计。

二、平法施工图的表示方法和出图顺序

1. 平法施工图的表示方法

平法施工图的基本特点是在平面布置图上直接表示构件的截面尺寸和配筋值。

平法施工图的表示方法有三种：平面注写方式、列表注写方式和截面注写方式。

2. 平法施工图的出图顺序

平法施工图的出图顺序如下：

结构设计总说明→基础及地下结构平法施工图→柱和剪力墙平法施工图→梁平法施工图→板平法施工图→楼梯及其他特殊构件平法施工图。

上述顺序形象地表达了现场真实的施工顺序：底部支承结构（基础及地下结构）→竖向支承结构（柱和剪力墙）→水平支承结构（梁）→平面支承结构（板）→楼梯及其他特殊构件。

图纸顺序和施工组织顺序基本一致，便于施工技术人员理解、掌握和具体实施操作。

三、混凝土结构材料

常见的混凝土结构主要构件有柱、剪力墙、梁、板、楼梯和各种类型的基础等。这些混凝土构件均是由钢筋和混凝土两种材料组合而成的。

1. 钢筋

（1）钢筋分类。

混凝土结构构件中的钢筋按作用可分为受力筋、架立筋、箍筋、分布筋和构造筋等，其主要特征如下。

① 受力筋：钢筋主要承受由荷载产生的拉力（或压力），配置于梁、柱、板等各种钢筋混凝土构件中。



- ② 架立筋：一般在梁中使用，与受力筋、箍筋一起形成钢筋骨架，以固定箍筋位置。
- ③ 箍筋：多配置于梁、柱或杆件等长条形构件内，用于固定纵向钢筋及承受剪应力。
- ④ 分布筋：一般用于平板或条形基础底板内，与受力筋垂直，用于固定受力筋，并与受力筋一起构成钢筋网，将荷载均匀分布给受力筋。另外，平板上表面的分布筋还有抵抗热胀冷缩所引起的温度变形的作用。

⑤ 构造筋：因构件在构造上的要求或施工安装的需要而配置的钢筋。例如，板支座处的顶部所加的构造筋，属于前者；而预制板的吊环则属于后者。构造筋不需要经设计计算。

(2) 钢筋的种类和符号。

钢筋可分为普通钢筋和预应力钢筋两大类。

普通钢筋有光圆钢筋和带肋钢筋（又称螺纹钢或变形钢筋）之分，钢筋的牌号、符号、公称直径和强度如表 1-2 所示。其中，HPB300 为热轧光圆钢筋，HRB335、HRB400、HRBF400、HRB500、HRBF500 为热轧带肋钢筋，而 RRB400 为余热处理钢筋。

表 1-2 钢筋的牌号、符号、公称直径和强度

牌 号	符 号	公称直径 d/mm	屈服强度标准值 f_{yk}/MPa	极限强度标准值 f_{stk}/MPa
HPB300	ϕ	6~22	300	420
HRB335	Φ	6~50	335	455
HRB400	Φ	6~50	400	540
HRBF400	Φ^F			
RRB400	Φ^R			
HRB500	Φ	6~50	500	630
HRBF500	Φ^F			

在同一混凝土构件中，同一部位的纵向受力钢筋应采用同一牌号。

预应力构件有专用图集，故常用的预应力钢筋（如钢丝、钢绞线等）在此不进行详述。

需要说明的是，钢筋牌号在旧版专业资料当中又称为钢筋级别：HPB300 相当于 I 级钢筋，HRB335 相当于 II 级钢筋，HRB400 相当于 III 级钢筋，HRB500 相当于 IV 级钢筋。但在平法制图规则中，钢筋一律采用钢筋牌号表示，而不再使用钢筋级别的称谓。

(3) 钢筋代换原则。

在工程施工过程中，由于材料供应的原因，往往需要对构件中的受力钢筋进行代换。



钢筋代换不能简单地采用等面积代换或用大直径代换，特别是在有抗震设防要求的框架梁、柱、剪力墙的边缘构件等关键部位，当代换后的纵向钢筋总承载力设计值大于原设计纵向钢筋总承载力设计值时，会造成薄弱部位的转移，造成构件在有影响的关键部位发生混凝土的脆性破坏（混凝土压碎、剪切破坏等），对结构并不安全。

钢筋代换应是等强度代换，简称“等强代换”，应遵循以下原则：

- ① 当需要进行钢筋代换时，应办理设计变更文件。钢筋代换主要包括钢筋的牌号、直径、数量等的改变。
- ② 钢筋代换后，钢筋混凝土构件的纵向钢筋总承载力设计值应相等。
- ③ 钢筋代换后，应满足最小配筋率、最大配筋率和钢筋间距等构造要求。
- ④ 钢筋强度和直径改变后，应确保正常使用阶段的挠度和裂缝宽度在允许的范围内。

2. 混凝土

混凝土按其立方体抗压强度标准值划分强度等级，分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80，共 14 个级别。数值越大，表示混凝土的抗压强度等级越高。

混凝土的抗拉强度比抗压强度低得多，一般为抗压强度的 $1/20 \sim 1/10$ 不等。

实际工程中的普通混凝土受弯构件（如梁、板等）多采用 C20~C30；普通混凝土受压构件（如柱、剪力墙等）多采用 C30~C40；预应力混凝土构件多采用 C30~C65；高层建筑底层柱不低于 C50，有的采用 C60，甚至更高。

四、混凝土结构体系

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和各种其他形式的加筋混凝土结构。

结构体系应根据建筑的抗震设防类别、抗震设防烈度、建筑高度、场地条件、地基、结构材料和施工等因素，经技术、经济和使用条件等方面的综合比较后确定。

现浇钢筋混凝土房屋的结构类型及其适用的最大高度应符合现行混凝土规范的要求。



平面和竖向均不规则的结构适用的最大高度应适当降低。结构体系中的抗震墙指的是结构抗侧力体系中的钢筋混凝土剪力墙，既承担竖向的重力荷载，也承担地震力造成的水平荷载，但不包括只承担重力荷载的混凝土墙。

适用平法制图规则表达的常见的混凝土结构类型有如下几种：

- ① 框架结构。
- ② 框架-抗震墙（剪力墙）结构。
- ③ 抗震墙（剪力墙）结构。
- ④ 部分框支抗震墙（剪力墙）结构。
- ⑤ 框架-核心筒结构。

⑥ 砌体结构中的现浇钢筋混凝土构件，如楼梯、楼板、基础等承重构件，但圈梁、构造柱及压顶等非承重或附属构件不属于平法施工图的内容。

五、混凝土结构设计总说明的基本内容

混凝土结构设计总说明通常包括以下几部分：

- ① 结构概述。
- ② 场区与地基。
- ③ 基础结构。
- ④ 地上主体结构。
- ⑤ 设计、施工所依据的规范、规程和标准设计图集等。

图 1-2 所示为××办公楼结构施工图结构设计总说明（部分），供读者参考学习。

六、结构施工图中必须写明与平法施工图密切相关的内容

为了确保工程施工按照平法施工图的要求顺利实施，在具体工程施工图结构设计总说明或其他结构施工图纸中，必须写明下列与平法施工图密切相关的内容，以备施工人员及时查阅。



结构设计总说明(部分)

- 一、工程概况及结构布置
本工程为框架结构,无地下室,地上4层。
二、建筑结构的安全等级及设计使用年限
建筑结构的安全等级: 二 级;
设计使用年限: 50 年;
建筑抗震设防类别: 丙 类, 即标准设防。
三、自然条件
1. 抗震设防有关参数: 抗震设防烈度为8度; 抗震等级为二级。
2. 场地的工程地质条件:
(1)本工程专为初步设计,无地质勘察报告。
(2)本工程的建设场地为抗震一般地段,场地类别为Ⅲ类建筑场地。
四、本工程±0.000相当于绝对标高40.600m(暂定)
五、本工程设计所遵循的标准、规范、规程
1.《建筑结构设计统一标准》
2.《建筑结构设计规范》
3.《混凝土结构设计规范》
4.《建筑抗震设计规范》
5.《建筑地基基础设计规范》
6.《建筑地基处理技术规范》
7.《混凝土结构设计规范》
8.《混凝土结构设计规范》
9.《混凝土结构设计规范》
六、设计采用的活荷载标准值
本工程按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)标准取值。
七、地基基础
采用独立基础,天然地基,地基承载力特征值 $f_{ak}=160kPa$ 。
八、主要结构材料
1. 钢筋:
 $d \leq 12mm$ 时 采用 HRB300 级钢筋(Φ);
 $d \geq 12mm$ 时 采用 HRB400 级钢筋(Φ)。
注:普通纵向往受弯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,且钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于1.3;钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于9%。
2. 混凝土:

混凝土结构部位	混凝土强度等级	备 注
基础梁	C15	
基础板	C30	
梁、柱、墙、板、楼梯	C30	
11.000~14.400 楼层板	C30	
11.000~14.400 楼层梁	C25	
其他构件:构造柱、过梁、圈梁等	C25	

3. 型钢、钢板: Q235-B。
4. 焊条: HPB300 级钢筋焊接: E43; HRB400 级钢筋: E50。
5. 钢材(集料):
热轧带肋钢筋: 规格: 直径 $\leq 25mm$ 屈服强度: 435MPa
热轧光圆钢筋: 规格: 直径 $\leq 25mm$ 屈服强度: 335MPa
九、钢筋锚固长度
本工程采用国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中关于锚固长度的有关规定。
(1)锚固长度 l_a 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中关于锚固长度的有关规定。
(2)锚固长度 l_a 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中关于锚固长度的有关规定。
十、主筋的混凝土保护层厚度
基础: 40mm
梁: 25mm
柱: 30mm
板: 15mm
注: (1)室内正常环境为一类; 室外潮湿环境为二类; 露天环境、与无侵蚀性水或土壤直接接触的环境为三类。
(2)纵向受力钢筋保护层厚度除满足上述要求外,还应满足不小于钢筋的公称直径。
十一、钢筋接头形式及要求
(1)框架梁、框架柱、抗震墙暗柱的受力钢筋直径 $\Phi \geq 16$ 时采用直螺纹套筒连接,接头性能等级为一类; 当受力钢筋直径 $\Phi < 16$ 时可采用绑扎连接。
(2)接头位置设置在受力较小处,在同一截面内接头数量应满足设计要求。
(3)受力钢筋接头的位置应相互错开,当采用绑扎接头时,在任一截面内(该截面为长段内),当采用机械连接接头时,在任一截面内的接头数量应满足设计要求。
(4)有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率应符合下表规定。

接头形式	受拉钢筋	受压钢筋
绑扎接头(%)	梁、板、墙、柱	柱
机械接头(%)	25	50
	50	不限

- 十二、纵向钢筋锚固长度
(1)纵向受拉钢筋锚固长度 l_a 及抗震锚固长度 l_{aE} 按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中关于锚固长度的有关规定。
(2)纵向受拉钢筋的锚固长度如下。
十三、纵向钢筋连接接头面积百分率
纵向钢筋连接接头面积百分率(%)
梁、板、墙、柱: 25
柱: 50
梁、板、墙、柱: 1.2 l_a
柱: 1.4 l_a
梁、板、墙、柱: 1.2 l_{aE}
柱: 1.4 l_{aE}
注: 在任何情况下,纵向受拉钢筋的锚固长度不应小于300mm。
十四、现浇钢筋混凝土板
除具体施工图中有特别规定者外,现浇钢筋混凝土板的施工应符合以下要求。
(1)板的底筋钢筋伸入支座长度应 $\geq 5d$,且应伸入支座中心线。
(2)板的分布筋和中间支座筋标高不同时,负筋在室内或墙内的锚固长度应满足受拉钢筋的最小锚固长度 l_a 。
(3)双向板的底部钢筋,短跨钢筋置于下部,长跨钢筋置于上部;上部钢筋,短跨

序号	图号	图名	图例
1	结施-01	结构设计总说明、图纸目录	A3
2	结施-02	基础平法施工图	A3
3	结施-03	柱平法施工图	A3
4	结施-04	3.800~11.000m 梁平法施工图	A3
5	结施-05	14.400m 梁平法施工图	A3
6	结施-06	3.800~11.000m 板平法施工图	A3
7	结施-07	14.400m 板平法施工图	A3
8	结施-08	楼梯结构详图	A3

图纸目录

- 十一、其他
1. 本工程所示尺寸以毫米(mm)为单位,标高以米(m)为单位。
2. 本工程结构图中表示梁截面及墙顶标高,未注明标高者均为楼面结构标高。

序号	图号	图名	图例
1	结施-01	结构设计总说明、图纸目录	A3
2	结施-02	基础平法施工图	A3
3	结施-03	柱平法施工图	A3
4	结施-04	3.800~11.000m 梁平法施工图	A3
5	结施-05	14.400m 梁平法施工图	A3
6	结施-06	3.800~11.000m 板平法施工图	A3
7	结施-07	14.400m 板平法施工图	A3
8	结施-08	楼梯结构详图	A3

序号	图号	图名	图例
1	结施-01	结构设计总说明、图纸目录	A3
2	结施-02	基础平法施工图	A3
3	结施-03	柱平法施工图	A3
4	结施-04	3.800~11.000m 梁平法施工图	A3
5	结施-05	14.400m 梁平法施工图	A3
6	结施-06	3.800~11.000m 板平法施工图	A3
7	结施-07	14.400m 板平法施工图	A3
8	结施-08	楼梯结构详图	A3

图 1-2 ××办公楼结构施工图结构设计总说明(部分)



① 图集号：注明选用的平法标准图集号，如图集号为 16G101-1、2、3。

② 使用年限：写明混凝土结构的设计使用年限，如设计使用年限为 50 年。

③ 抗震等级和抗震设防类别：进行抗震设计时，应写明结构抗震等级及抗震设防烈度；进行非抗震设计时，也应写明。抗震等级分为一、二、三、四共四个等级。

依据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008），将建筑工程分为特殊设防类（甲类）、重点设防类（乙类）、标准设防类（丙类）和适度设防类（丁类）四个抗震设防类别。

④ 混凝土强度等级和钢筋牌号：应写明柱、墙、梁等构件在不同部位所选用的混凝土强度等级和钢筋牌号，以确定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、必要的构件尺寸及质量要求等。

⑤ 标准构造详图有多种选择：当标准构造详图有多种可选择的构造做法时，如框架顶层端节点（顶梁边柱）的配筋构造，应写明在何部位选用何种构造做法；当未写明时，则设计人员自动授权施工人员可以任选一种构造做法。

⑥ 钢筋连接形式：写明柱（包括墙柱）纵筋、墙身分布筋、梁上部贯通筋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，应注明对接头的性能要求。

⑦ 环境类别：对混凝土保护层厚度有特殊要求时，写明结构不同的部位的柱、墙、梁构件所处的环境类别。

⑧ 嵌固部位：设计人员必须注明上部结构嵌固部位的具体位置，对于剪力墙和框架柱构件，嵌固部位对钢筋计算的影响极大。

⑨ 后浇带：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。



任务 3

平法施工图通用构造

一、混凝土结构环境类别

混凝土结构环境类别指的是混凝土暴露表面所处的环境条件，设计时应该在结构设计总说明中注明，如表 1-3 所示。

表 1-3 混凝土结构环境类别

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； 严寒和寒冷地区的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； 受除冰盐影响的环境； 海风环境
三 b	盐渍土环境； 受除冰盐影响的环境； 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

混凝土结构环境类别的划分是为了保证设计使用年限内钢筋混凝土结构构件的耐久性，不同环境对耐久性的要求也不同。混凝土结构应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计。

二、纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度

混凝土构件中的钢筋不允许外露，因此应做好钢筋的防锈、防火及耐腐蚀等工作。从

构造上看, 自钢筋的外边缘至构件表面之间应留有一定厚度的混凝土保护层。

混凝土保护层厚度 c 是指最外层钢筋 (如梁、柱箍筋等) 外边缘至混凝土构件表面的距离。混凝土保护层最小厚度 c_{\min} 应根据混凝土结构的环境类别、构件类别和混凝土强度等级等条件来选取。表 1-4 取自国家建筑标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010, 2015 年版)。

表 1-4 混凝土保护层最小厚度 c_{\min} (单位: mm)

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

注: (1) 表中数据适用于设计使用年限为 50 年的混凝土结构。当设计使用年限为 100 年时, 在一类环境中, 最外层钢筋的保护层厚度不应小于表中数值的 1.4 倍; 在二、三类环境中, 应采取专门的有效措施;

(2) 构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径;

(3) 混凝土强度等级不大于 C25 时, 表中的保护层厚度数值应增加 5;

(4) 基础底面钢筋的保护层厚度, 有混凝土垫层时应从垫层顶面算起, 且不应小于 40mm; 无垫层时不应小于 70mm。

梁、柱、剪力墙和板保护层厚度示意图如图 1-3 所示。当保护层厚度大于 50mm 时, 应配置防裂、防剥落钢筋网片构造, 详见《G101 系列图集常见问题答疑图解》(17G101-11)。

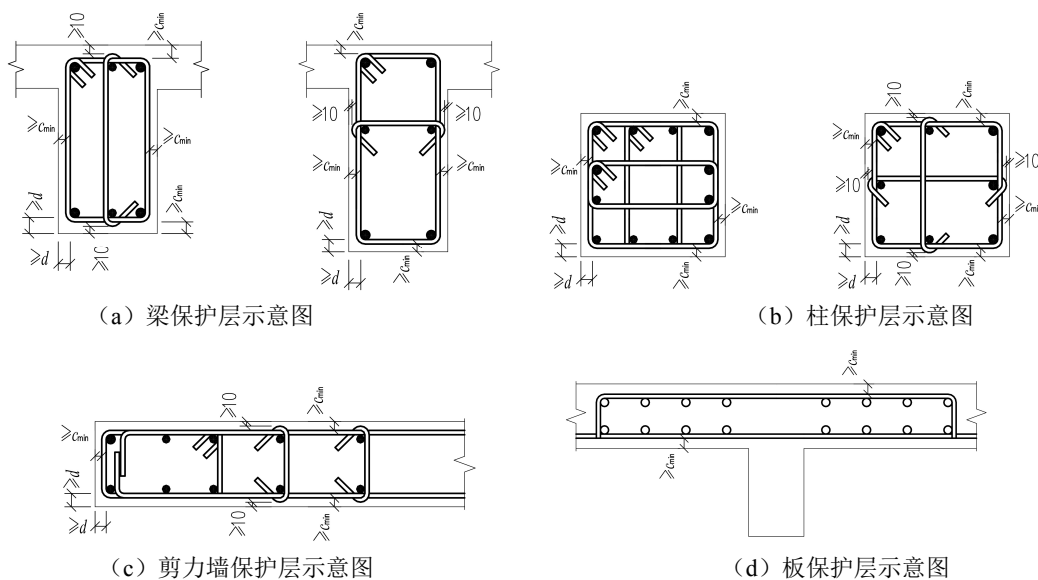


图 1-3 梁、柱、剪力墙和板保护层厚度示意图



“平法识图”的关键是学会计算钢筋的设计长度。而要解决这个问题，首先要知道构件的保护层最小厚度。如果在具体的平法施工图中，设计师已在图纸中给定了各种结构构件的保护层最小厚度，我们就直接使用这些数据，否则应按表 1-4 取用。

查表 1-4 取用构件的保护层最小厚度时，应注意理解表格下方的注释文字说明，这些文字说明和表格是不可分割的一个整体。本书中其余表格下方的注释内容的意义也是如此。

三、受拉钢筋的锚固和各种锚固长度

钢筋混凝土结构中的钢筋之所以能够承受拉力（或压力），主要是依靠钢筋和混凝土之间的黏结锚固作用（旧版资料中又称“握裹力”），因此，钢筋在混凝土中的锚固是混凝土结构受力的基础。如果锚固失效，则结构将丧失承载能力并由此导致结构破坏。

在《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）中，受拉钢筋锚固包括基本锚固长度 l_{ab} 、抗震基本锚固长度 l_{abE} 、锚固长度 l_a 和抗震锚固长度 l_{aE} 四个基本指标。其中， l_a 、 l_{aE} 用于钢筋直锚或总锚固长度情况（当支座宽度大于钢筋锚固长度时使用）， l_{ab} 、 l_{abE} 用于钢筋弯折锚固或机械锚固情况（当支座宽度小于钢筋锚固长度时使用），施工中应按 G101 系列图集中标准构造详图所标注的长度进行计算。

1. 纵向受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab} 和抗震基本锚固长度 l_{abE}

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时：

$$l_{ab} = \alpha \cdot \frac{f_y}{f_t} \cdot d$$

$$l_a = \zeta_a l_{ab}, \text{ 且 } \geq 200\text{mm}$$

$$l_{abE} = \zeta_{aE} l_{ab}$$

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a = \zeta_a l_{abE}$$

式中， f_y ——普通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 > C60 时，按 C60 取值；

ζ_a ——受拉钢筋锚固长度修正系数，如表 1-5 所示；

ζ_{aE} ——纵向受拉钢筋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，对四级抗震等级取 1.00；

α ——钢筋的外形系数，光面钢筋为 0.16，带肋钢筋为 0.14。



受拉时，HPB300 光面钢筋末端的 180° 弯钩弯后平直段长度不应小于 $3d$ 。

表 1-5 受拉钢筋锚固长度修正系数 ζ_a

序 号	锚 固 条 件	ζ_a	备 注
1	带肋钢筋公称直径大于 25	1.10	粗直径带肋钢筋相对肋高减小，对钢筋锚固作用有降低的作用
2	环氧树脂涂层带肋钢筋	1.25	为解决恶劣环境中钢筋的耐久性问题，工程中采用环氧树脂涂层钢筋。这种钢筋表面光滑，对锚固有不利影响，试验表明涂层使钢筋锚固强度降低了 20% 左右
3	施工过程中易受扰动的钢筋	1.10	钢筋在混凝土施工过程中易受扰动的情况下（如滑模施工或其他施工期依托钢筋承载的情况），混凝土在凝固前受扰动会影响与钢筋的黏结锚固作用
4	锚固区保护层厚度	当 $c < 3d$ 时， $\zeta_a = 1.0$ 当 $c = 3d$ 时， $\zeta_a = 0.8$ 当 $3d < c < 5d$ 时， $\zeta_a = 0.95 - 0.05c$ 当 $c \geq 5d$ 时， $\zeta_a = 0.7$	锚固钢筋常因外围混凝土的纵向劈裂而削弱混凝土对钢筋的锚固作用，当混凝土保护层厚度较大（ $c \geq 3d$ ）时，黏结锚固作用加强，锚固长度可适当缩短。此处保护层厚度指锚固长度范围内钢筋在各个方向的保护层厚度

注：当锚固条件多于一项时，锚固长度系数 ζ_a 按连乘计算，但最终的取值不应小于 0.6。

为了方便在具体工程中应用，受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab} 和抗震基本锚固长度 l_{abE} 不再代入公式进行计算，而是直接查表 1-6 获得。

表 1-6 受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab} 和抗震基本锚固长度 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})	$45d$	$39d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$26d$	$25d$	$24d$
	三级 (l_{abE})	$41d$	$36d$	$32d$	$29d$	$26d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	$39d$	$34d$	$30d$	$28d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$	$21d$
HRB335	一、二级 (l_{abE})	$44d$	$38d$	$33d$	$31d$	$29d$	$26d$	$25d$	$24d$	$24d$
	三级 (l_{abE})	$40d$	$35d$	$31d$	$28d$	$26d$	$24d$	$23d$	$22d$	$22d$
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	$38d$	$33d$	$29d$	$27d$	$25d$	$23d$	$22d$	$21d$	$21d$
HRB400 HRBF400 RRB400	一、二级 (l_{abE})	—	$46d$	$40d$	$37d$	$33d$	$32d$	$31d$	$30d$	$29d$
	三级 (l_{abE})	—	$42d$	$37d$	$34d$	$30d$	$29d$	$28d$	$27d$	$26d$
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	—	$40d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$27d$	$26d$	$25d$
HRB500 HRBF500	一、二级 (l_{abE})	—	$55d$	$49d$	$45d$	$41d$	$39d$	$37d$	$36d$	$35d$
	三级 (l_{abE})	—	$50d$	$45d$	$41d$	$38d$	$36d$	$34d$	$33d$	$32d$
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	—	$48d$	$43d$	$39d$	$36d$	$34d$	$32d$	$31d$	$30d$



在表 1-6 中, 非抗震基本锚固长度 l_{ab} 与四级抗震基本锚固长度 l_{abE} 相同。

2. 纵向受拉钢筋的锚固长度 l_a 和抗震锚固长度 l_{aE}

进一步推导抗震锚固长度 l_{aE} 的公式, 发现受拉钢筋的锚固长度 l_a ($l_a = \zeta_a l_{ab}$) 和抗震锚固长度 l_{aE} ($l_{aE} = \zeta_{aE} l_a = \zeta_{aE} \zeta_a l_{ab} = \zeta_a l_{abE}$) 的公式中都要用到同一个锚固长度修正系数 ζ_a , 如表 1-5 所示。因此, 要想得到 l_a 和 l_{aE} , 准确查到 ζ_a 的数值是非常重要的。

为方便在具体工程中应用, 受拉钢筋的锚固长度 l_a 和抗震锚固长度 l_{aE} 不再代入公式进行计算, 而是直接查表 1-7 和表 1-8 得到。仔细对比我们会发现, 表 1-7 中的 l_a 与表 1-6 中的 l_{ab} 的数值是一样的, 即此时的修正系数 ζ_a 为 1.0。实际工程不同时, 应该乘上该系数。

表 1-7 受拉钢筋锚固长度 l_a

钢筋种类	混凝土强度等级								
	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
HPB300	39d	34d	30d	28d	25d	24d	23d	22d	21d
HRB335	38d	33d	29d	27d	25d	23d	22d	21d	21d
HRB400 HRBF400 RRB400	—	40d	35d	32d	29d	28d	27d	26d	25d
HRB500 HRBF500	—	48d	43d	39d	36d	34d	32d	31d	30d

注: 表中计算值 l_a 不应小于 200mm。

表 1-8 受拉钢筋抗震锚固长度 l_{aE}

钢筋种类	抗震等级	混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
HPB300	一、二级	45d	39d	35d	32d	29d	28d	26d	25d	24d
	三级	41d	36d	32d	29d	26d	25d	24d	23d	22d
HRB335	一、二级	44d	38d	33d	31d	29d	26d	25d	24d	24d
	三级	40d	35d	30d	28d	26d	24d	23d	22d	22d
HRB400 HRBF400 RRB400	一、二级	—	46d	40d	37d	33d	32d	31d	30d	29d
	三级	—	42d	37d	34d	30d	29d	28d	27d	26d
HRB500 HRBF500	一、二级	—	55d	49d	45d	41d	39d	37d	36d	35d
	三级	—	50d	45d	41d	38d	36d	34d	33d	32d

注: (1) 四级抗震等级时, $l_{aE} = l_a$;

(2) 当采用环氧树脂涂层带肋钢筋时, 表中的数据应乘以 1.25;

(3) 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时, 表中的数据应乘以 1.1;

(4) 当纵向受拉钢筋锚固区保护层厚度不小于 $3d$ 时, 可按表 1-5 考虑修正系数。



四、纵向受拉钢筋弯钩锚固和机械锚固形式

弯钩锚固和机械锚固主要利用受拉钢筋端部弯钩（或锚头）对混凝土的局部挤压作用，来提高钢筋的锚固承载力，可以有效减小钢筋锚固总长度。弯钩锚固有 90° 和 135° 两种形式，如图 1-4（a）和图 1-4（b）所示；机械锚固有贴焊锚筋、焊接锚板和螺栓锚头三种形式，共有四种做法，如图 1-4（c）至图 1-4（f）所示。

1. 90° 弯钩形式

当构件支座宽度小于钢筋锚固长度 l_{aE} （或 l_a ）时，钢筋末端可采用弯折锚固形式，简称弯锚。其中，进入支座内的水平直段和垂直弯折段的长度规定可参考各种构件构造详图。

2. 135° 弯钩形式

135° 弯钩形式主要用于封闭箍筋及拉筋端部锚固。

3. 贴焊锚筋形式

当构件支座宽度小于钢筋锚固长度 l_{aE} （或 l_a ）时，钢筋末端可采用贴焊锚筋形式，有一侧贴焊锚筋和两侧贴焊锚筋两种做法，其中，进入支座内的水平直段长度规定可参考各种构件构造详图。

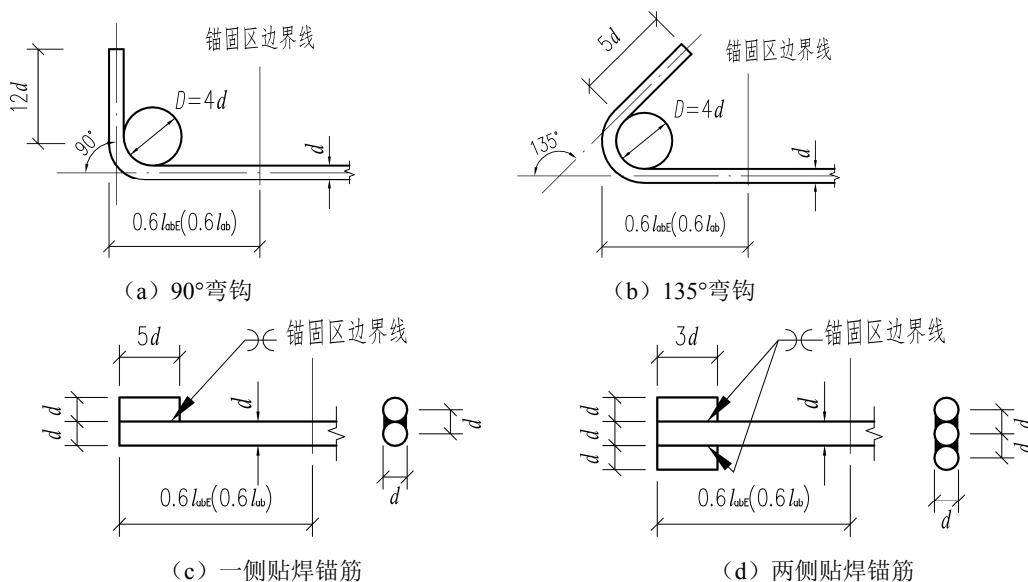


图 1-4 纵向受拉钢筋弯钩锚固与机械锚固形式

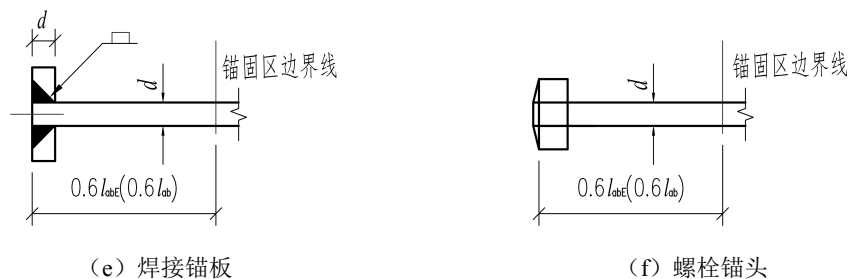


图 1-4 纵向受拉钢筋弯钩锚固与机械锚固形式 (续)

4. 焊接锚板和螺栓锚头形式

当构件支座宽度小于钢筋锚固长度 l_{aE} (或 l_a) 时, 钢筋末端还可采用焊接锚板或螺栓锚头形式, 其中, 进入支座内的水平直段长度规定可参考各种构件构造详图。

焊接锚板就是将钢筋塞焊在钢板上, 简称锚板; 螺栓锚头就是在钢筋末端丝接螺栓, 简称锚头。需注意焊接锚板和螺栓锚头的承压面积不应小于锚固钢筋截面面积的 4 倍, 且应满足钢筋间距要求, 钢筋净距小于 $4d$ 时应考虑群锚效应的不利影响。

以上锚固形式均需由设计人员在图纸结构设计总说明中予以明确标注。

五、钢筋连接方式

1. 钢筋的三种连接方式

钢筋连接方式主要有绑扎搭接、机械连接和焊接三种方式, 绑扎搭接、机械连接和焊接的特点如表 1-9 所示。

表 1-9 绑扎搭接、机械连接和焊接的特点

类 型	机 理	优 点	缺 点
绑扎搭接	利用钢筋与混凝土之间的黏结锚固作用实现传力	应用广泛, 连接形式简单	对于直径较粗的受力钢筋, 绑扎搭接长度较长, 施工不方便, 且连接区域容易发生较宽的裂缝
机械连接	利用钢筋与连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用实现钢筋连接	比较简便、可靠	机械连接头连接件的混凝土保护层厚度及连接件间的横向净距将减小
焊接	利用热熔融金属实现钢筋连接	节省钢筋, 接头成本低	焊接接头往往需要人工操作, 因此连接的稳定性较差

设置接头时应遵循以下原则:

(1) 接头应尽量设置在受力较小处, 应避免结构受力较大的关键部位。抗震设计时应避开梁端、柱端箍筋加密区, 如必须在该区域连接, 则应采用机械连接或焊接方式。



(2) 在同一跨度或同一层高的同一受力钢筋上宜少设连接接头，不宜设置两个或两个以上接头。

(3) 接头位置宜互相错开，在连接范围内接头钢筋接头面积百分率应限制在一定范围内。

(4) 在钢筋连接区域应采取必要的构造措施，在纵向受力钢筋搭接长度范围内应配置横向构造钢筋或箍筋。

(5) 轴心受拉杆件及小偏心受拉杆件（如桁架和拱的拉杆）纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接接头。当受拉钢筋直径 $>25\text{mm}$ 及受压钢筋直径 $>28\text{mm}$ 时，不宜采用绑扎搭接。

2. 纵向受拉钢筋非抗震绑扎搭接长度 l_l 和抗震绑扎搭接长度 l_{lE}

钢筋连接采用绑扎搭接形式时，需要一定的绑扎搭接长度，简称搭接长度，而另两种连接形式没有搭接长度。纵向受拉钢筋非抗震搭接长度 l_l 与抗震搭接长度 l_{lE} 的取值是按表 1-10 中的公式计算得到的，其中，纵向受拉钢筋绑扎搭接长度修正系数 ζ_l 如表 1-11 所示。

表 1-10 纵向受拉钢筋绑扎搭接长度 l_l 和 l_{lE}

分 类	公 式	备 注
抗震	$l_{lE} = \zeta_l l_{aE}$	1. 当不同直径钢筋搭接时，其 l_l 与 l_{lE} 均按直径较小的钢筋计算； 2. 在任何情况下， l_l 和 l_{lE} 不应小于 300mm ； 3. 式中 ζ_l 为纵向受拉钢筋绑扎搭接长度修正系数，当接头面积百分率为中间值时，可按内插法取值
非抗震	$l_l = \zeta_l l_a$	

表 1-11 纵向受拉钢筋绑扎搭接长度修正系数 ζ_l

纵向钢筋搭接接头面积百分率（%）	≤ 25	50	100
ζ_l	1.2	1.4	1.6

为了方便在具体工程中应用，纵向受拉钢筋非抗震搭接长度 l_l 和抗震搭接长度 l_{lE} 应该直接查表 1-12 和表 1-13 获得，不允许再通过计算取得。

表 1-12 纵向受拉钢筋非抗震绑扎搭接长度 l_l

钢筋种类及同一连接区段内 搭接钢筋接头面积百分率		混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	$\geq \text{C60}$
HPB300	$\leq 25\%$	$47d$	$41d$	$36d$	$34d$	$30d$	$29d$	$28d$	$26d$	$25d$
	50%	$55d$	$48d$	$42d$	$39d$	$35d$	$34d$	$32d$	$31d$	$29d$
	100%	$62d$	$54d$	$48d$	$45d$	$40d$	$38d$	$37d$	$35d$	$34d$



续表

钢筋种类及同一连接区段内 搭接钢筋接头面积百分率		混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
HRB335	≤25%	46d	40d	35d	32d	30d	28d	26d	25d	25d
	50%	53d	46d	41d	38d	35d	32d	31d	29d	29d
	100%	61d	53d	46d	43d	40d	37d	35d	34d	34d
HRB400	≤25%	—	48d	42d	38d	35d	34d	32d	31d	30d
HRBF400	50%	—	56d	49d	45d	41d	39d	38d	36d	35d
RRB400	100%	—	64d	56d	51d	46d	45d	43d	42d	40d
HRB500	≤25%	—	58d	52d	47d	43d	41d	38d	37d	36d
HRBF500	50%	—	67d	60d	55d	50d	48d	45d	43d	42d
	100%	—	77d	69d	62d	58d	54d	51d	50d	48d

表 1-13 纵向受拉钢筋抗震绑扎搭接长度 l_{IE}

钢筋种类及同一连接区段内 搭接钢筋接头面积百分率			混凝土强度等级								
			C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
一、二 级抗震 等级	HPB300	≤25%	54d	47d	42d	38d	35d	34d	31d	30d	29d
		50%	63d	55d	49d	45d	41d	39d	36d	35d	34d
	HRB335	≤25%	53d	46d	40d	37d	35d	31d	30d	29d	29d
		50%	62d	53d	46d	43d	41d	36d	35d	34d	34d
	HRB400	≤25%	—	55d	48d	44d	40d	38d	37d	36d	35d
	HRBF400	50%	—	64d	56d	52d	46d	45d	43d	42d	41d
	RRB400										
	HRB500	≤25%	—	66d	59d	54d	49d	47d	44d	43d	42d
	HRBF500	50%	—	77d	69d	63d	57d	55d	52d	50d	49d
三级 抗震 等级	HPB300	≤25%	49d	43d	38d	35d	31d	30d	29d	28d	26d
		50%	57d	50d	45d	41d	36d	35d	34d	32d	31d
	HRB335	≤25%	48d	42d	36d	34d	31d	29d	28d	26d	26d
		50%	56d	49d	42d	39d	36d	34d	32d	31d	31d
	HRB400	≤25%	—	50d	44d	41d	36d	35d	34d	32d	31d
	HRBF400	50%	—	59d	52d	48d	42d	41d	39d	38d	36d
	RRB400										
	HRB500	≤25%	—	60d	54d	49d	46d	43d	41d	40d	38d
	HRBF500	50%	—	70d	63d	57d	53d	50d	48d	46d	45d

3. 钢筋的连接区段长度

连接区段长度就是相邻两个连接接头中心间的距离。凡是连接接头中心位于同一连接区段内的接头，均定义为同一批接头。

图 1-5 所示为同一连接区段内纵向受拉钢筋绑扎搭接、机械连接与焊接接头示意图。



绑扎搭接连接区段长度为 $1.3l$ (或 $1.3l_{IE}$)；机械连接区段长度为 $35d$ ；焊接连接区段长度为 $35d$ ，且 $\geq 500\text{mm}$ 。

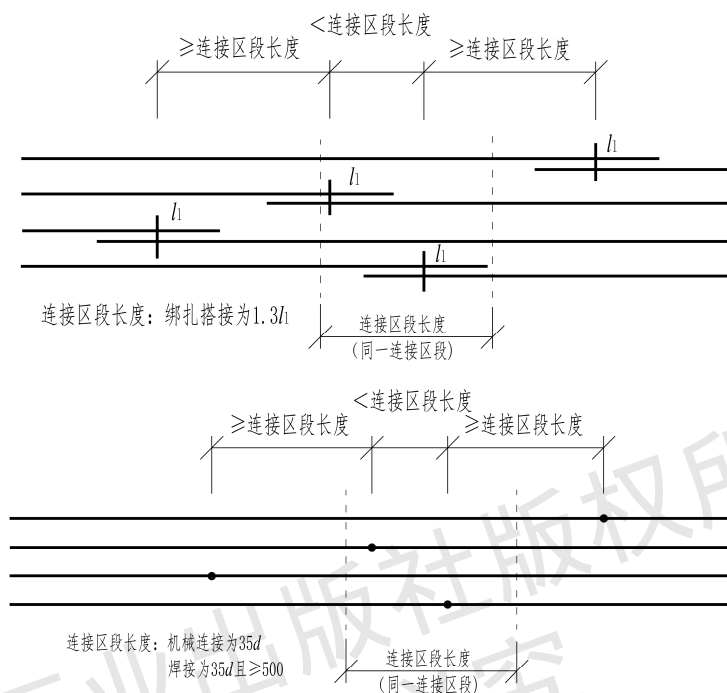


图 1-5 同一连接区段内纵向受拉钢筋绑扎搭接接头示意图

纵向受拉钢筋绑扎搭接接头在同一连接区段内的度量应该量取搭接接头的中心间的距离，如图 1-5 所示。但在现场有时很难准确量得接头的中心，所以在工程实践当中，多采用对钢筋端点进行度量的方法。如图 1-6 所示为同一批纵向受拉钢筋绑扎搭接“同一连接区段”实用图示，虽然改变了测量点，但实质内容保持不变，测量控制的还是搭接接头中心间的距离。此方法既保证了测量精度，又简化了测量过程。

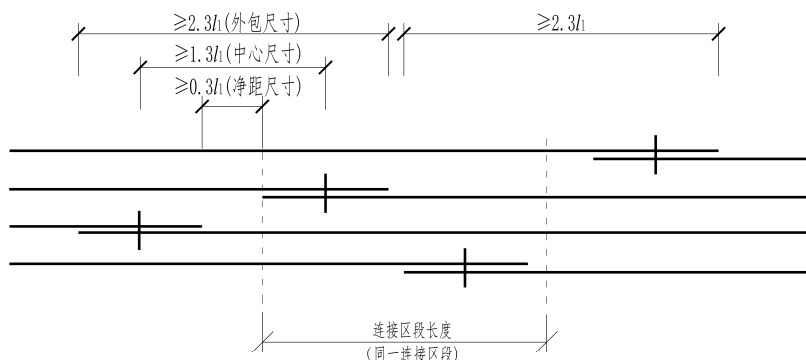


图 1-6 同一批纵向受拉钢筋绑扎搭接“同一连接区段”实用图示



另外，定义同一连接区段的目的是明确同一批钢筋连接接头面积百分率的计算标准。由此，我们将同一连接区段的定义更新为以下方式进行描述。

(1) 同一批钢筋连接区段长度为 $1.3l_h$ （两个接头的近端距离为 $0.3l_h$ ，中心距离为 $1.3l_h$ ，远端距离为 $2.3l_h$ ），凡位于该连接区段内的搭接接头均属于同一批连接区段的钢筋。

(2) 同一连接区段内纵向钢筋连接接头面积百分率为该区段内有连接接头的纵向钢筋截面面积与全部纵向钢筋截面面积的比值，如图 1-5 所示。

图 1-7 所示为框架柱纵筋分两批连接的三种连接方式示意图。

4. 接头面积百分率计算

在同一连接区段内连接的纵向钢筋被视为同一批连接的钢筋，无论是绑扎搭接、机械连接还是焊接的接头面积百分率，均为同一批内钢筋有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向钢筋截面面积的比值。

(1) 连接钢筋的直径相同时的接头面积百分率计算。

当钢筋的直径相同时，接头面积百分率的计算比较简单。假设图 1-5 中的所有钢筋的直径相同，那么所有接头分属于三个连接区段，即钢筋分三批进行连接，从左到右三批接头的面积百分率分别为 25%、50%、25%；图 1-7 中分两批连接的抗震框架柱纵向钢筋绑扎搭接接头的接头面积百分率均为 50%。

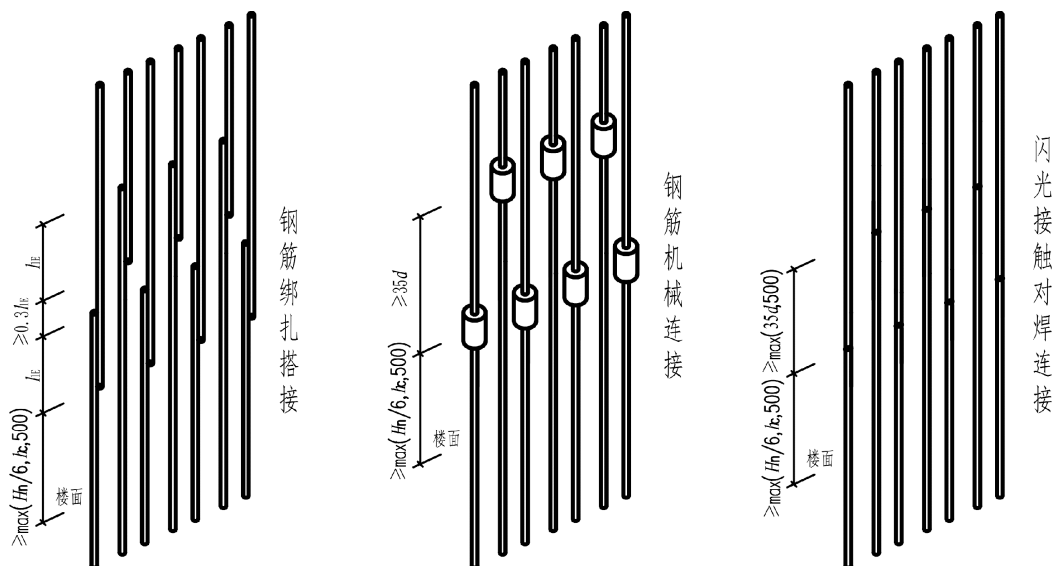


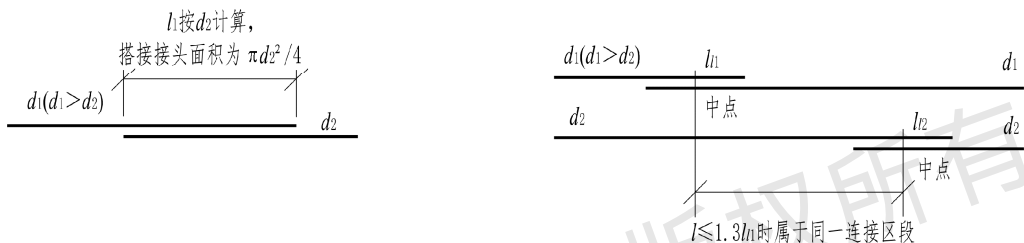
图 1-7 框架柱纵筋分两批连接的三种连接方式示意图



(2) 绑扎搭接钢筋直径不同时的接头面积百分率计算。

粗、细钢筋（同一根钢筋）搭接时，按较细钢筋的直径计算搭接长度和接头面积百分率，如图 1-8（a）所示。这是因为钢筋通过接头传力时，均按受力较小的细直径钢筋考虑承载受力，而粗直径钢筋往往有较大的余量。此原则对于其他连接方式同样适用。

同一构件的纵向受力钢筋（不同的钢筋）的直径不同时，各自的搭接长度也不同，此时连接区段长度应取相邻搭接钢筋中较大直径钢筋的搭接长度计算，如图 1-8（b）所示。



(a) 直径不同的钢筋的搭接接头面积

(b) 直径不同的钢筋的搭接连接区段长度计算

图 1-8 直径不同的钢筋的搭接接头面积与连接区段长度计算

(3) 机械连接和焊接钢筋直径不同时的接头面积百分率计算。

无论是机械连接还是焊接，当钢筋直径不同时，接头面积百分率均按较小的直径计算（与绑扎搭接相同）。同一构件的纵向受力钢筋（不同的钢筋）的直径不同时，连接区段长度按较大的直径计算，如图 1-9 所示。

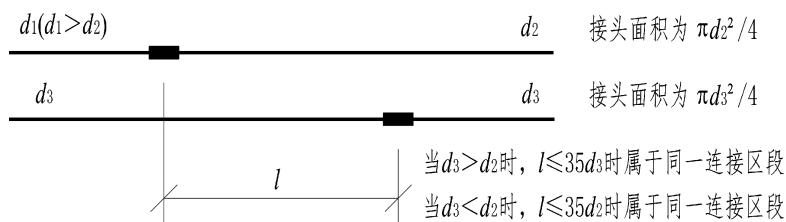


图 1-9 机械连接和焊接钢筋的直径不同时的接头面积与连接区段长度计算

六、梁、柱和剪力墙钢筋间距

1. 梁纵向钢筋间距

(1) 梁纵向钢筋间距如图 1-10（a）所示。

梁上部纵向钢筋水平方向的净间距（钢筋外边缘间的最小距离）不应小于 30mm 和 1.5d 的较大值（d 为钢筋的最大直径）；分上下多排时，各排钢筋之间的净间距不应小于 25mm



和 d 的较大值。

梁下部纵向钢筋水平方向的净间距不应小于 25mm 和 d 的较大值，当梁的下部纵向钢筋配置多于两排时，两排以上钢筋的水平方向的中心距应比下面两排的中心距增大一倍，且各排钢筋之间的净间距不应小于 25mm 和 d 的较大值。

(2) 梁的侧面钢筋。

当梁的腹板高度 $h_w \geq 450\text{mm}$ 时，在梁的两个侧面应沿高度均匀配置纵向构造钢筋，其间距 a 不宜大于 200mm。

2. 柱纵向钢筋间距

柱纵向钢筋间距如图 1-10 (b) 所示。柱纵向受力钢筋的净间距不应小于 50mm，纵筋的中心距不应大于 300mm；当抗震柱截面尺寸大于 400mm 时，纵筋中心距不宜大于 200mm。

3. 剪力墙钢筋间距

剪力墙钢筋间距如图 1-10 (c) 所示。混凝土剪力墙水平受力钢筋及竖向分布钢筋的中心距均不应大于 300mm。

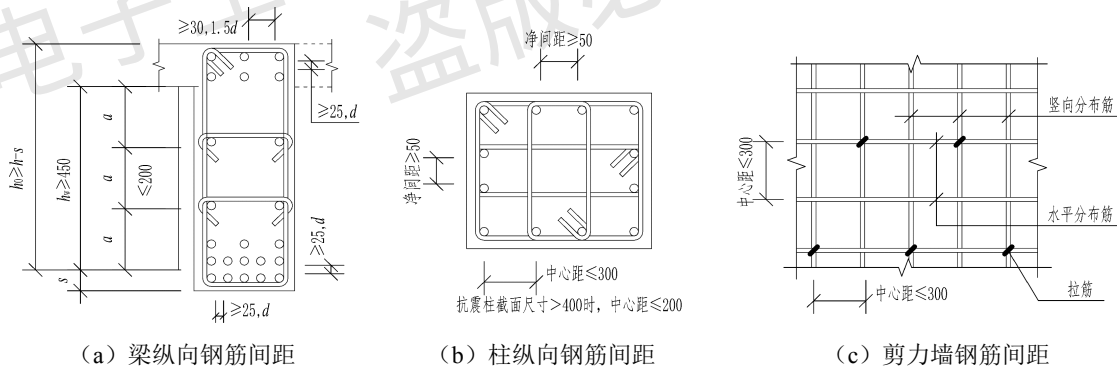


图 1-10 梁、柱及剪力墙钢筋间距示意图

✎ 特别提示

在进行梁内力及配筋计算时，需首先确定梁的计算截面尺寸，图 1-10 中梁的计算高度 h_0 等于梁高度 $h-s$ ， s 为梁底至梁下部纵向受拉钢筋合力点的距离；当梁下部纵向受拉钢筋为一排时， s 取至钢筋中心的位置；当梁下部纵向受拉筋为两排时，可近似取值为 65mm。

当设计注明梁侧面纵向受拉钢筋为抗扭钢筋时，应满足侧面纵向构造钢筋的布置要求。



4. 梁和柱纵筋采用并筋时的保护层厚度、钢筋间距及锚固长度

(1) 并筋的主要形式和等效直径的计算方法。

由 2 根单根钢筋组成的并筋可按竖向或横向的方式布置，由 3 根单根钢筋组成的并筋宜按品字形布置，如图 1-11 所示。

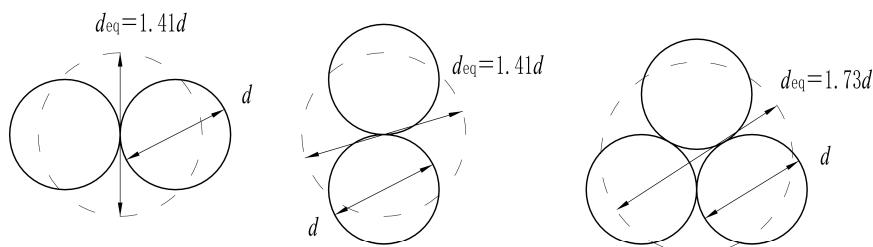


图 1-11 并筋形式和等效直径计算

并筋等效直径 d_{eq} 按截面积相等的原则换算确定。当直径相同的钢筋数量为 2 根时，并筋等效直径 d_{eq} 取 1.41 倍单根钢筋直径；当直径相同的钢筋数量为 3 根时，并筋等效直径 d_{eq} 取 1.73 倍单根钢筋直径。

(2) 并筋时的保护层厚度、钢筋间距及锚固长度。

当采用并筋方式时，构件中的钢筋间距、锚固长度都应该按照并筋的等效直径计算，且并筋的锚固宜采用直线锚固方式。并筋的保护层最小厚度 c_{min} 应满足图 1-3 的要求，其实际外轮廓边缘至混凝土外边缘的距离还应不小于并筋的等效直径 d_{eq} 。

并筋采用绑扎搭接连接方式时，应按每根单筋错开搭接的方式连接。接头面积百分率应按同一连接区段内所有的单根钢筋计算，并筋中钢筋的搭接长度应按单筋分别计算。

七、纵筋搭接区箍筋构造、箍筋与拉筋弯钩及螺旋箍筋构造

1. 纵向受力钢筋搭接区箍筋加密构造

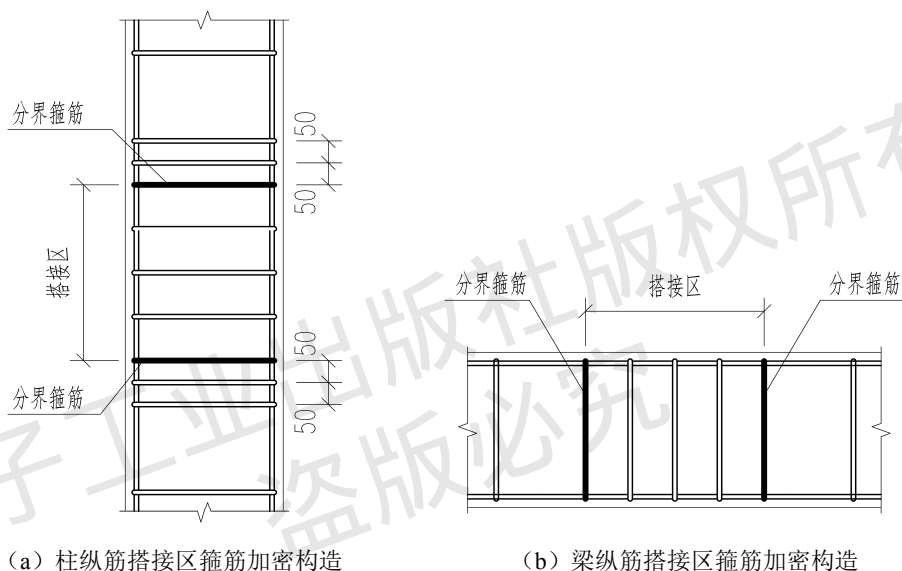
绑扎搭接钢筋在受力后的分离趋势及搭接区混凝土的纵向劈裂，尤其是受弯构件挠曲后的翘曲变形，要求对搭接连接区域有很强的约束。因此，无论是抗震设计还是非抗震设计，在梁、柱类构件纵向钢筋搭接长度范围内应按构造要求配置箍筋，如图 1-12 所示，具体规定如下。



- (1) 箍筋直径不小于搭接钢筋最大直径的 0.25 倍 ($\geq d/4$);
- (2) 箍筋间距不应大于搭接钢筋最小直径的 5 倍 ($\leq 5d$), 且不应大于 100mm;
- (3) 当受压钢筋的直径 $>25\text{mm}$ 时, 还应在搭接区两个端面外 100mm 范围内各设置两个箍筋。

图 1-12 (a) 所示为柱纵向受压钢筋直径 $>25\text{mm}$ 时的搭接区箍筋加密构造。

箍筋加密区与非加密区的分界箍筋应计入加密区箍筋数量。



(a) 柱纵筋搭接区箍筋加密构造

(b) 梁纵筋搭接区箍筋加密构造

图 1-12 梁、柱纵筋搭接区箍筋加密构造

✎ 特别提示

- (1) 梁、柱类构件纵向钢筋的搭接接头。当设在箍筋非加密区时, 需在搭接长度范围内按标准加密箍筋; 当设在箍筋加密区时, 则无须再加密箍筋, 即不允许重复设置。
- (2) 机械连接和焊接接头在连接区段内没有箍筋加密的构造要求。

2. 封闭箍筋及拉筋弯钩构造

封闭箍筋及拉筋弯钩构造如图 1-13 所示。进行非抗震设计时, 箍筋及拉筋弯钩平直段长度为 $5d$ 。进行抗震设计时, 箍筋及拉筋弯钩平直段长度为 $10d$ 和 75mm 中的较大值。

封闭箍筋弯钩构造如图 1-13 (a) 所示, 焊接封闭箍筋多为在工厂加工制作, 近几年在工程实践中的应用越来越多; 绑扎搭接的梁、柱纵筋多为斜向排布, 此时, 正常制作箍筋



弯钩即可满足要求；当采用竖向排布时，需要对箍筋弯钩进行相应的处理方可满足要求。

拉筋弯钩构造如图 1-13 (b) 所示，共包括三种构造类型，具体如下：

(1) 拉筋仅钩住纵筋。

(2) 拉筋仅钩住箍筋，此时必须注意拉筋应靠近纵筋。

(3) 拉筋同时钩住纵筋和箍筋。在工程实践中，若图纸中未说明，梁、柱和剪力墙中的拉筋均应该采用这种构造方式。

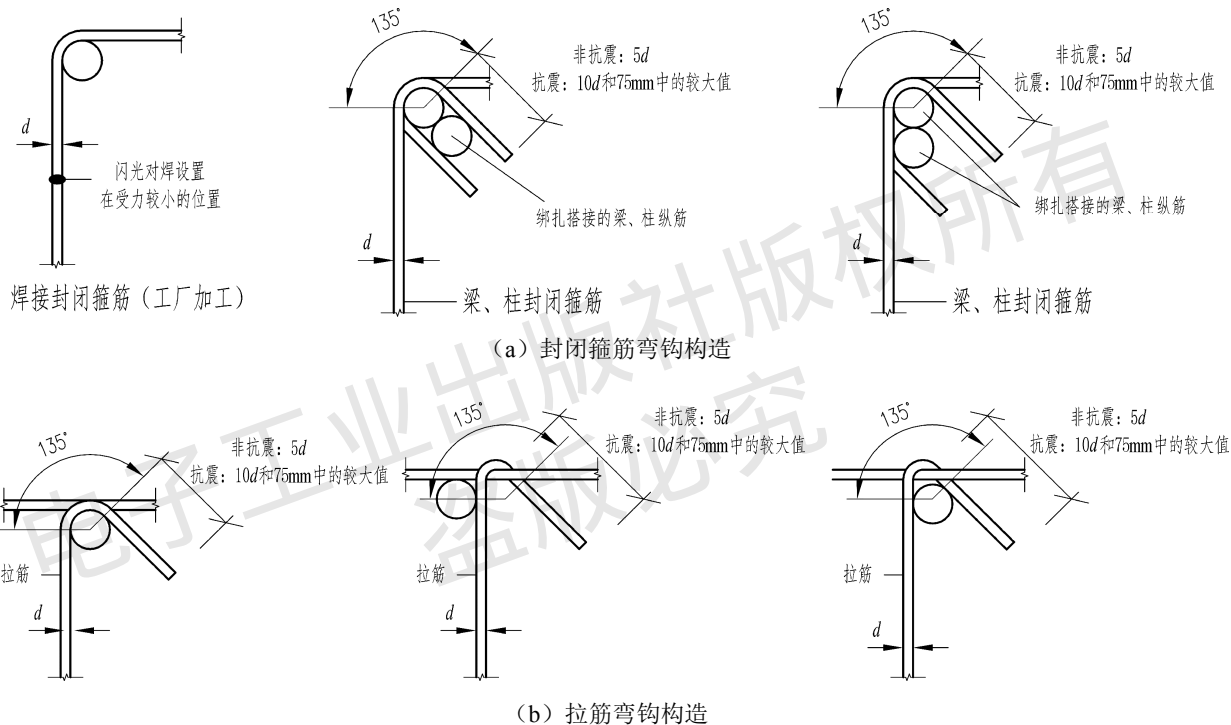


图 1-13 封闭箍筋及拉筋弯钩构造

3. 螺旋箍筋和圆柱环状箍筋搭接构造

当圆柱采用螺旋箍筋构造时，如图 1-14 所示，在开始与结束位置应有水平段，长度不小于一圈半，端部采用 135° 弯钩，弯钩平直段长度非抗震时取 $5d$ ，抗震时取 $10d$ 和 75mm 中的较大值；如果箍筋需要连接加长，可采用绑扎搭接的方式构造，搭接长度应 $\geq l_{aE}$ （或 l_a ），且 $\geq 300\text{mm}$ ，同时钩住纵筋。

内环定位筋应采用焊接圆环，间距为 1.5m ，直径 $\geq 12\text{mm}$ 。

圆柱环状箍筋搭接构造与螺旋箍筋搭接构造的要求相同。

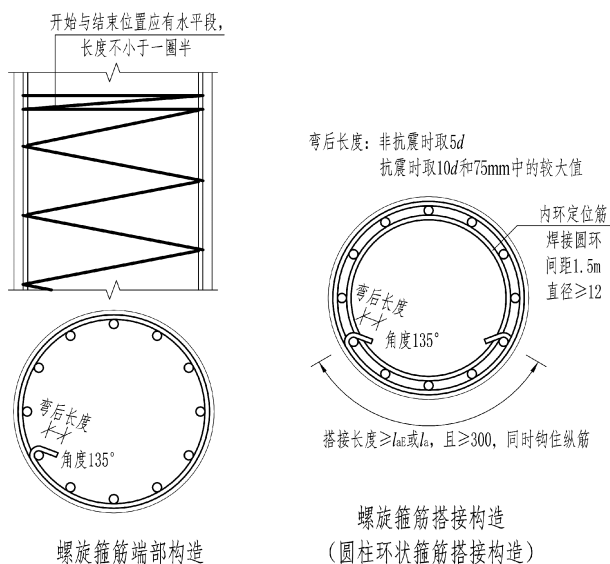


图 1-14 螺旋箍筋和圆柱环状箍筋搭接构造

小 结

本项目简单介绍了平法的基本定义、基本理论，以及平法的诞生、形成和发展历程；重点介绍了 G101 和 G901 系列图集的发展历程，以使读者掌握最新平法图集资料，为后续的学习奠定基础。

本项目还概括论述了混凝土结构材料和结构体系，并在介绍结构设计总说明之后，全面、详细地阐述了平法的通用标准构造。平法通用构造涵盖了混凝土环境类别、保护层厚度，钢筋的锚固、连接、弯钩、弯折，以及箍筋、拉筋等构造规定与设计要求，内容丰富、论述清晰，对学生深入学习、全面掌握钢筋混凝土的结构构造起着十分重要的作用。

复习思考题

1. 什么是平法？平法包含哪两层含义？平法的创始人是谁？
2. 钢筋牌号及对应的符号有哪些？
3. 钢筋代换的原则是什么？



4. 具体工程施工图中必须写明的与平法施工图密切相关的内容有哪些?
5. 什么是混凝土保护层厚度? 影响因素有哪些?
6. 查阅受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab} 表和基本抗震锚固长度 l_{abE} 表的条件有哪些?
7. 查阅受拉钢筋的锚固长度 l_a 表和抗震锚固长度 l_{aE} 表的条件有哪些?
8. 纵向受拉钢筋弯钩锚固和机械锚固形式各有哪几种?
9. 钢筋连接有哪几种方式? 其连接区段长度分别是多少?
10. 查阅纵向受拉钢筋非抗震搭接长度 l_l 表和抗震搭接长度 l_{lE} 表的条件有哪些?
11. 梁、柱纵向钢筋的间距和剪力墙钢筋的间距分别是多少?
12. 封闭箍筋及拉筋弯钩构造有几种类型?
13. 简述螺旋箍筋和圆柱环状箍筋搭接构造。