

教学目标

1. 了解平法的定义、设计依据、适用范围。
2. 熟悉混凝土结构的环境类别、保护层、钢筋的连接方式。
3. 掌握并能灵活选用通用标准构造。

任务驱动

建筑结构设计施工图平面整体设计方法(简称平法)对我国混凝土结构设计施工图的设计表示方法做了重大改革。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、完整的结构设计图。平法改变了传统的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。

任务 1.1 平法施工图概述

1.1.1 平法的概念

按平法设计绘制的施工图,一般由各类结构构件的平法施工图和标准构造详图两大部分构成,但对于复杂的工业与民用建筑,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要增加剖面配筋图。

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) 需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。在单项工程中其结构层楼(地)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(地)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。

 **注意：**结构层楼(地)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做法厚度后的标高,结构层号应与建筑楼面层号对应一致。

(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 注明各类构件在其所在部位选用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 注明柱纵筋、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,应注明在何部位选用何种构造做法。没有注明时,则为设计人员自动授权施工员任选一种构造做法进行施工;
- ⑦ 对混凝土保护层厚度有特殊要求时,应注明不同部位的构件所处的环境类别。在平面布置图上表示各构件配筋和尺寸的方式,分为平面注写方式、截面注写方式和列表注写方式三种。

1.1.2 平法的特点

经过二十多年的实践,平法的理论与方法体系已经非常成熟。平法主要有以下六大优点。

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;平法既能适应业主分阶段分层按图施工的要求,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。平法按结构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,施工时易操作。

2. 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. 专业

标准构造详图集国内较可靠、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,以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,平法对节点构造的研究、设计和施工实现专门化提出了更高的要求。

4. 高效率

平法大幅度提高了设计效率,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发生明显改变,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 $1/4 \sim 1/2$,结构设计周期明显缩短,结构设计人员的工作强度显著降低。

5. 低能耗

平法大幅度降低了设计消耗和设计成本,节约了自然资源。平法施工图是定量化、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,与传统设计方法相比,图纸量减少了 70% 左右,综合设计工日减少了 $2/3$ 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,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大的空间,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,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。平法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,形成了人才的就业竞争,比较优秀的人才才有更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。

1.1.3 平法制图与传统图示方法的区别

平法制图与传统图示方法有以下区别。

(1) 框架图中的梁和柱,在平法制图中,施工图中只绘制梁、柱平面图,不绘制梁、柱中配置钢筋的立面图(梁不画截面图;柱在其平面图上,只按编号不同各取一个,在原位放大画出带有钢筋配置的柱截面图)。

(2) 传统的框架图中既画梁、柱平面图,也绘制梁、柱中配置钢筋的立面图及其截面图;但在平法制图中,这些图省略不画,只需查阅《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》即可。

(3) 传统的混凝土结构施工图,可以直接从其绘制的详图中读取钢筋配置尺寸,而平法制图则需要查找《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》中相应的详图,且钢筋的大小尺寸和配置尺寸均以相关尺寸(跨度、钢筋直径、搭接长度、锚固长度等)为变量的函数来表达,而不是具体数字,从而实现了标准图的通用性。概括地说,平法制图简化了混凝土结构施工图的内容。

(4) 柱与剪力墙的平法制图均以施工图列表注写方式,表达其相关规格与尺寸。

(5) 平法制图的突出特点表现在梁的“原位标注”和“集中标注”上。“原位标注”概括地说分为两种:标注在柱子附近,且在梁上方的钢筋,承受负弯矩,其钢筋布置在梁的上部;标注在梁中间且下方的钢筋,承受正弯矩,其钢筋布置在梁的下部。“集中标注”是从梁平面图的梁处引铅垂线至图的上方,注写梁的编号、挑梁类型、跨数、截面尺寸、箍筋直径、箍筋肢数、箍筋间距、梁侧面纵向构造钢筋或受扭钢筋的直径和根数、通长筋的直径和根数等。如果“集中标注”中有通长筋时,则“原位标注”中的负筋数包含通长筋的根数。

(6) 在传统的混凝土结构施工图中,计算斜截面的抗剪强度时,在梁中配置 45° 或 60° 的弯起钢筋。在平法制图中,梁由加密的箍筋承受其斜截面的抗剪强度。

1.1.4 应用平法的注意事项

应用平法顾名思义,主要是平面尺寸,但竖向尺寸也很重要。在竖向尺寸中,首先是层高。一些竖向的构件,如剪力墙、框架柱等,都与层高有密切的关系。结构层高是指本层现浇楼板上表面到上一层的现浇楼板上表面的高度。建筑层高是指从本层地面到上一层地面的高度。如果各楼层的地面做法一致,则各楼层的结构层高与建筑层高也是一致的。

需要注意的是,某些特殊的层高要特别关注。当有地下室时,地下室的层高就是筏板上表面到地下室顶板的高度,一层的层高就是地下室顶板到一层顶板的高度。

但是,如果不存在地下室,计算一层的层高就不是如此简单的事情了。建筑图纸所标注的一层层高是从 ± 0.000 到一层顶板的高度,但要计算一层的层高,就不能采用这个高度。正确的算法是:没有地下室时的一层层高,是从筏板上表面到一层顶板的高度。

竖向尺寸还表现在一些标高标注上,例如,剪力墙洞口的中心标高标注为 -1.700 ,表示该洞口的中心标高比楼面标高(即顶板上表面)低 1.700m 。

梁集中标注的梁顶相对标高高差,就是梁顶面的标高与楼面标高的高差。如果标注的梁顶相对标高高差为 -0.200 ,则表示梁顶比楼面标高低 0.200m ;如果此项未标注,则表示梁顶与楼面标高齐平。

任务 1.2 混凝土结构类型及常用材料

建筑结构是指建筑物中用来承受荷载和其他间接作用(如温度变化引起的伸缩、地基不均匀沉降等)并起骨架作用的体系。在房屋建筑中,组成结构的构件有基础、柱、墙、梁、板、屋架等。

1.2.1 混凝土结构分类

混凝土结构是以混凝土为主要材料的结构,具有强度高、耐久性好、耐火性好、可模性好、整体性好、易于就地取材等优点,缺点是自重大、抗拉强度低。混凝土结构已成为应用最普遍的结构形式,广泛应用于住宅、厂房、办公楼等多层和高层建筑,也大量应用于桥梁、水利等工程。

混凝土结构根据承重体系不同,可分为框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、框支剪力墙结构、筒体结构等。

1. 框架结构

框架结构是指由梁和柱刚接相连而成的承重体系结构。框架结构在建筑上能够提供较大的空间,平面布置灵活。框架结构在竖向荷载作用下,框架梁主要承受弯矩和剪力,框架柱

主要承受轴力和弯矩,在水平荷载作用下,表现出刚度小、水平侧移大的特点。在抗震设防区,由于地震作用大于风荷载,框架结构的层数要比非地震设防地区层数少,如图 1-1 所示。

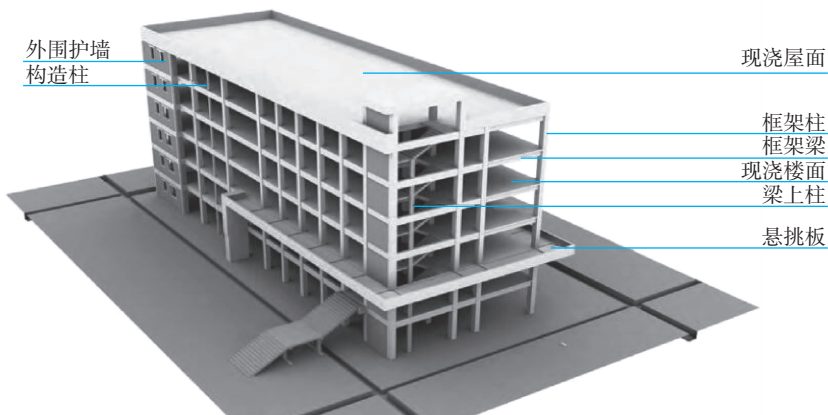


图 1-1 框架结构

2. 剪力墙结构

采用钢筋混凝土墙体作为承受水平荷载及竖向荷载的结构体系,称为剪力墙结构。由于剪力墙墙体同时也作为房屋的围护和分隔构件,限制了房屋空间的利用,布置不够灵活,因此适用于较小开间的建筑,广泛应用于住宅、公寓和旅馆等建筑。

现浇钢筋混凝土剪力墙结构整体性好,刚度大,墙体既承担水平构件传来的竖向荷载,也承担风力或地震作用传来的水平荷载,在水平荷载作用下水平侧向变形小,比框架结构有更好的抗侧能力,可建造较高的建筑物,如图 1-2 所示。

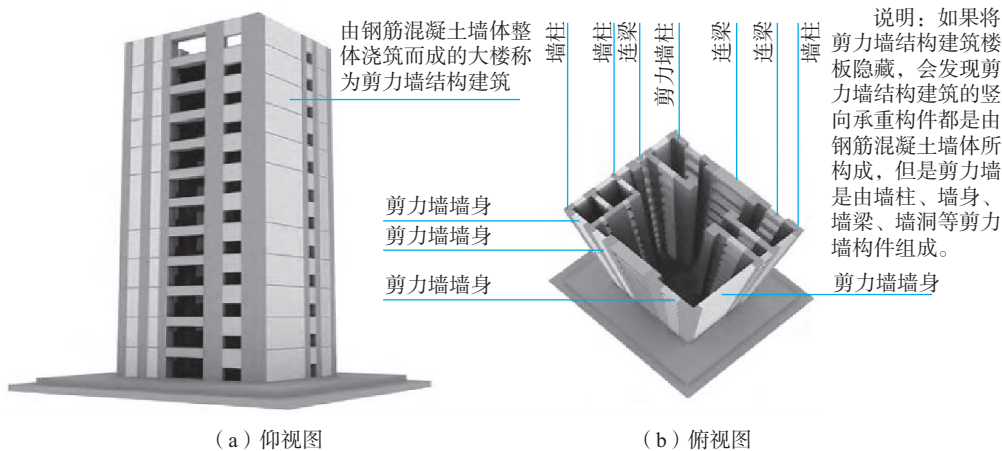


图 1-2 剪力墙结构

3. 框架—剪力墙结构

在框架结构中设置部分剪力墙,使框架和剪力墙结合起来,取长补短,共同承受竖向和水平荷载作用,这种体系称为框架—剪力墙结构。采用这种结构体系,空间布置较为灵活,还可将楼梯间、电梯间和管道通道做成剪力墙,相连形成框架—剪力墙—筒体结构,建筑的

承载能力、侧向刚度和抗扭能力都比单片剪力墙有较大的提高。

框架—剪力墙结构中,由于剪力墙刚度较大,剪力墙会承受大部分水平荷载,是抗御水平地震作用及风荷载的主体;框架柱承受竖向荷载,可较大地提高使用空间,同时也承受部分水平荷载。两者协同工作,承载力大大提高,因此这种结构形式可用来建造较高的建筑。

1.2.2 混凝土结构构件关系

绘制图纸前厘清建筑物各个结构构件的关系非常重要,各构件有相关联的支座,整个系统有明确的层次性、关联性、相对完整性。

主要构件通常有基础、柱、墙、梁、板、楼梯等构件。各构件之间的关联性如下:柱、墙与基础关联,柱、墙以基础为支座;梁与柱关联,梁以柱为支座;板与梁关联,板以梁为支座。

1.2.3 混凝土结构常用材料

1. 混凝土

混凝土按标准抗压强度(以边长 150mm 的立方体为标准试件,在标准养护条件下养护 28 天,按照标准试验方法测得的具有 95%保证率的立方体抗压强度)划分强度等级,共划分为 13 个等级,如表 1-1 所示,数值越大,表示混凝土的抗压强度越高。混凝土的抗拉强度比抗压强度低得多,一般为抗压强度的 1/20~1/10 不等。C60 以上为高强度混凝土。

实际工程中的普通混凝土受弯构件,如梁、板等,多采用 C25~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。

表 1-1 混凝土强度等级对照表

强度种类		混凝土强度等级												
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
标准值	抗压强度 $f_{ck}/(N/mm^2)$	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
	抗拉强度 $f_{tk}/(N/mm^2)$	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

2. 钢筋

1) 钢筋的受力分类

钢筋混凝土构件中的钢筋按其作用可分为受力筋、架立筋、箍筋、分布筋和构造筋。

受力筋:主要承受拉力或压力的钢筋,配置于梁、柱、板等各种钢筋混凝土构件中。

架立筋:一般只在梁中使用,与受力筋、箍筋一起形成钢筋骨架,用以固定箍筋位置。

箍筋:多配置于梁、柱内,用以固定受力筋及承受剪应力。

分布筋:一般用于板内,与受力筋垂直,用以固定受力筋,并与受力筋一起构成钢筋网,将力均匀分布给受力筋。另外,还有抵抗热胀冷缩所引起的温度变形的作用。

构造筋:因构件在构造上的要求或施工安装需要而配置的钢筋。例如,板支座处的顶部所加的构造筋属于前者,预制板的吊环则属于后者。

2) 钢筋的品种和符号

钢筋可分为普通钢筋和预应力钢筋。

钢筋的牌号、符号、直径和强度见表 1-2。

表 1-2 钢筋的牌号、符号、直径和强度

牌 号	符号	公称直径/ d (mm)	屈服强度标准值/ f_{yk} (N/mm ²)	极限强度标准值/ f_{syk} (N/mm ²)
HPB300	Φ	6~14	300	420
HRB400 HRBF400 RRB400	Φ Φ^F Φ^R	6~50	400	540
HRB500 HRBF500	Φ Φ^F	6~50	500	630

注：H 为热轧钢筋；P 为光圆钢筋；R 为带肋钢筋；F 为细晶粒钢筋。

从外观上看,普通钢筋有光圆钢筋和带肋钢筋之分。其中 HPB300 为热轧光圆钢筋,HRB400、HRBF400、HRB500 和 HRBF500 为热轧带肋钢筋,RRB400 为余热处理钢筋。

同一混凝土构件中,同一部位纵向受力钢筋应该采用同一牌号。

3) 施工中的钢筋代换原则

在工程中由于材料供应等原因,往往需要对构件中的受力钢筋进行代换。钢筋代换不可以简单采用等面积代换或大直径代换,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,以及构件在有影响的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。

钢筋代换不是等面积代换,而是等强度代换,简称等强代换。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品种、级别、规格、数量等的改变。

任务 1.3 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。环境类别如表 1-3 所示。

表 1-3 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

续表

环境类别	条 件
三 a	严寒地区和寒冷地区水位变动区环境;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 混凝土结构的环境类别是指混凝土暴露表面所处的环境条件。

任务 1.4 钢筋的混凝土保护层厚度

1.4.1 混凝土保护层的作用

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。梁的钢筋保护层的厚度是指箍筋外表面至梁表面的距离,如图 1-3 所示。混凝土保护层的作用如下。

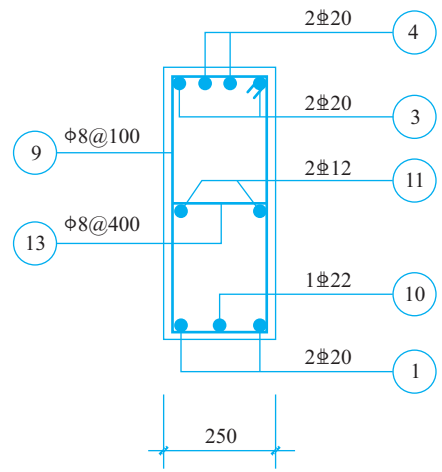


图 1-3 梁截面图

1. 保证混凝土与钢筋之间的握裹力,确保结构受力性能和承载力

混凝土与钢筋两种不同性质的材料共同工作,是保证结构构件承载力和结构性能的基本条件。混凝土是抗压性能较好的脆性材料,钢筋是抗拉性能较好的延性材料,这两种材

料的抗压、抗拉性能相结合,构成了具有抗压、抗拉、抗弯、抗剪、抗扭等结构性能的各种结构形式建筑物或构筑物。

混凝土与钢筋共同工作的条件是混凝土与钢筋之间足够的握裹力。握裹力由黏结力、摩擦力、咬合力和机械锚固力构成。

2. 保护钢筋不锈蚀,确保结构安全性和耐久性

混凝土中钢筋的锈蚀是一个相当漫长的过程。钢筋因受到外界介质的化学作用或电化学反应而被逐渐破坏的现象,称为锈蚀。钢筋锈蚀不仅使截面有效面积减小、性能降低甚至报废,而且由于产生锈坑,还可造成应力集中,加速结构的破坏。尤其在冲击荷载、循环交变荷载作用下,会产生锈蚀疲劳现象,使钢筋疲劳强度大大降低,甚至出现脆性断裂。在混凝土中,钢筋锈蚀会使混凝土开裂,降低对钢筋的握裹力。

混凝土保护层对钢筋具有保护作用,同时混凝土中水泥水化的高碱度使被包裹在混凝土构件中的钢筋表面形成钝化保护膜(简称钝化膜),是混凝土能够保护钢筋的主要因素和基本条件。

1.4.2 混凝土保护层最小厚度的规定

混凝土保护层的最小厚度见表 1-4。

表 1-4 混凝土保护层的最小厚度 单位: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 表中混凝土保护层厚度指最外层钢筋边缘至混凝土表面的距离,适用于设计使用年限 50 年的混凝土结构。
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 一类环境中,设计使用年限为 100 年的最外层钢筋的混凝土保护层厚度不应小于表中数值的 1.4 倍;二、三类环境中,设计使用年限为 100 年的结构应采取专门的有效措施。四类和五类环境类别的混凝土结构,其耐久性要求应符合国家现行有关标准的规定。
④ 混凝土强度等级为 C25 时,表中混凝土保护层厚度数值应增加 5mm。
⑤ 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。

梁、柱、剪力墙和板的保护层厚度示意图 1-4。当保护层厚度大于 50mm 时应配置防裂、防剥落的钢筋网片构造。

使用表 1-4 求构件的保护层最小厚度时,注意不要忽略表格下方的文字说明,这些文字说明和表 1-4 是不可分割的一个整体。本书其余表格下方的注,意义也是如此。

使用表 1-4 时,环境类别、结构构件类别、设计使用年限、混凝土强度、受力钢筋的公称直径等因素不可忽略。

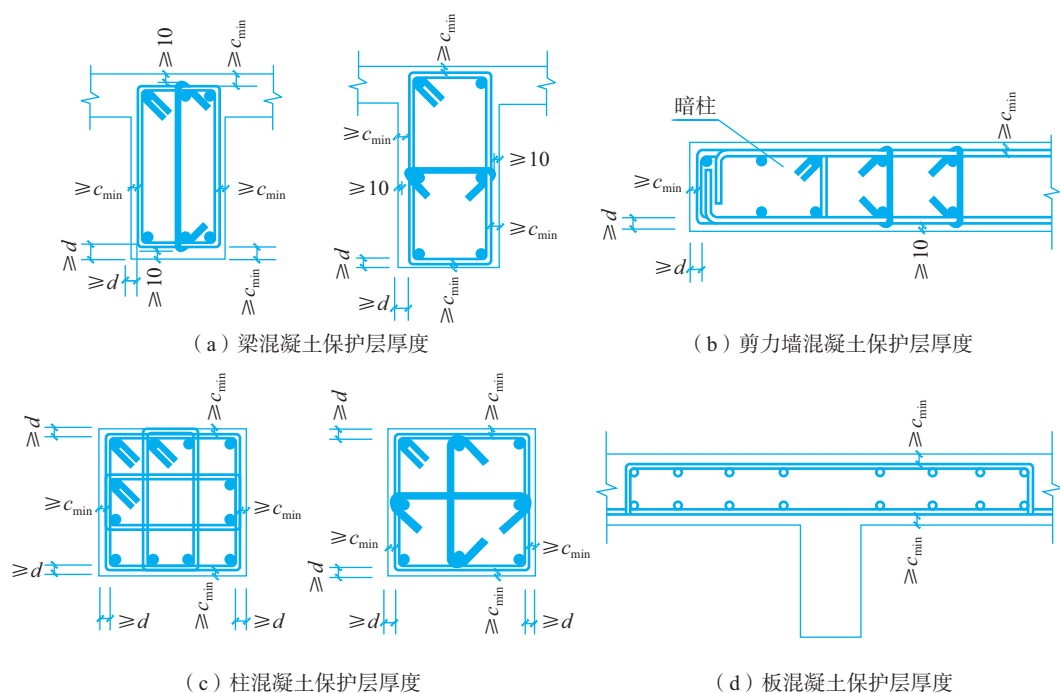


图 1-4 梁、剪力墙、柱和板的保护层厚度示意图

任务 1.5 受拉钢筋的锚固长度

在受力过程中,受力钢筋可能会产生滑移,甚至会从混凝土中拔出而造成锚固破坏。为防止此类现象发生,可将受力钢筋在混凝土中锚固一定的长度,这个长度称为锚固长度。

1. 受拉钢筋的锚固长度

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015 年版)中关于受拉钢筋锚固包括基本锚固长度 l_{ab} 、锚固长度 l_a 、抗震基本锚固长度 l_{abE} 和抗震锚固长度 l_{aE} 。其中 l_a 、 l_{aE} 用于钢筋直锚或总锚固长度情况, l_{ab} 、 l_{abE} 用于钢筋弯折锚固或机械锚固情况。

受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 、 l_{abE} 是根据拔出实验,考虑钢筋种类、抗震等级和混凝土强度等级确定的。不同情况下受拉钢筋的锚固长度,分别见表 1-5 和表 1-6。22G101 图集给出了各种情况下的锚固长度。

表 1-5 受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab}

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