



重点提示

1. 了解钢筋材料、钢筋的种类和级别、钢筋混凝土的保护层厚度。
2. 了解钢筋的连接,如钢筋连接的方式、钢筋连接接头范围的规定。
3. 掌握锚固长度的计算,如影响钢筋的锚固长度的因素;了解国家建筑标准设计图集《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》(22G101)中对受拉钢筋的基本锚固长度和锚固长度的规定。

钢筋是建筑和土木工程中常用的重要材料,在混凝土结构中起着关键的增强作用。钢筋的正确应用对于确保结构的安全性和可靠性至关重要。在钢筋的应用过程中,了解钢筋的平法识读与计算是必不可少的技能。钢筋工程量计算的过程可概括为从结构平面图的钢筋标注出发,根据结构的特点和钢筋所在的部位,计算钢筋的长度和根数,最后得到钢筋的重量。钢筋工程量计算的前提是正确理解识读制图规则,掌握平法规则和节点构造。本项目围绕钢筋的锚固长度及其计算的相关规范,结合《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》(22G101)相关图集进行讲解。

1.1 钢筋种类和钢筋保护层厚度

1.1.1 钢筋的品种和级别

钢筋混凝土结构要求钢筋具有强度高、延性好、焊接性能好等特性。钢筋按化学成分分为碳素钢和普通低合金钢,钢筋的含碳量越高,钢筋的强度越高,但其塑性和焊接性能越差。在碳素钢的基础上,加入一定量的硅、锰、钒、钛等合金元素,可以提高钢筋的强度,改善钢筋的塑性。

热轧钢筋由低碳钢、普通低合金钢或细晶粒钢在高温状态下轧制而成,根据钢筋屈服强度特征值分为 300、400、500、600 级。热轧钢筋分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋,如图 1-1 所示。



图 1-1 热轧钢筋

为了区别钢筋的品种和级别,通常用“类别+牌号”来表示。热轧光圆钢筋用 HPB (Hot Rolled Plain Bars)表示,热轧带肋钢筋用 HRB(Hot Rolled Ribbed Bars)表示,牌号指该钢筋屈服强度特征值。例如,HPB300 表示屈服强度级别为 300MPa 的热轧光圆钢筋。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015 年版)中将钢筋分为 HPB300、HRB400、HRB500 三种级别,在结构施工图中用 A、C、D 表示以上三种级别的钢筋。根据“四节一环保”(节能、节地、节水、节材和环境保护)的要求,提倡应用高强度、高性能钢筋,优先使用 400MPa 强度级别钢筋;积极推广 500MPa 强度级别钢筋;逐步限制、淘汰 335MPa 强度级别钢筋。最终形成 300MPa、400MPa、500MPa 的强度梯次,与国际接轨。

1.1.2 钢筋混凝土的保护层厚度

为了保护混凝土中的钢筋不受外界环境的影响,钢筋混凝土构件都需设置保护层。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015 年版)对保护层厚度的定义为最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离,适用于设计年限为 50 年的混凝土结构。混凝土结构的环境类别和混凝土保护层的最小厚度可参照表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 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
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

表 1-2 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 表中数值适用于设计使用年限为 50 年的混凝土结构,对设计使用年限为 100 年的混凝土结构,其最外层钢筋的保护层厚度不应小于表中数值的 1.4 倍。

- ② 混凝土强度等级为 C25 时,表中保护层厚度数值应增加 5mm。
- 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 40mm。

1.2 钢筋锚固长度

1.2.1 锚固长度的概念

钢筋与混凝土之所以能够可靠地结合,实现共同工作,主要原因就是它们之间存在黏结力。很明显,钢筋伸入混凝土内的长度越长,黏结效果越好。钢筋锚固长度是指钢筋在混凝土中的嵌入长度,用于确保钢筋与混凝土之间的良好黏结和传力。

在混凝土结构中,钢筋的锚固长度对于结构的稳定性、承载能力和耐久性至关重要,如图 1-2 所示,其目的是防止钢筋被拔出。图中, l_{aE} 指抗震锚固长度。另外,非抗震锚固长度用 l_a 表示。

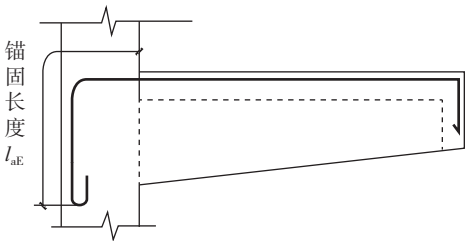


图 1-2 锚固长度示意图

1.2.2 锚固长度的计算

影响钢筋锚固长度的因素包括钢筋的直径、混凝土的强度、结构的要求以及相关的设计规范。国家建筑标准设计图集《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(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》(22G101-1)中对受拉钢筋的基本锚固长度和锚固长度做了具体规定,见表 1-3~表 1-6。

表 1-3 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	$\geq C60$
HPB300	$34d$	$30d$	$28d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$	$21d$
HPB400、HRBF400、RRB400	$40d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$27d$	$26d$	$25d$
HRB500、HRBF500	$48d$	$43d$	$39d$	$36d$	$34d$	$32d$	$31d$	$30d$

表 1-4 抗震设计时受拉钢筋基本锚固长度 l_{aE}

钢筋种类及抗震等级		混凝土强度等级							
		C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	$\geq C60$
HPB300	一、二级	$39d$	$35d$	$32d$	$29d$	$28d$	$26d$	$25d$	$24d$
	三级	$36d$	$32d$	$29d$	$26d$	$25d$	$24d$	$23d$	$22d$
HRB400、HRBF400	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， $l_{aE}=l_{ab}$ 。
② 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固钢筋长度范围内应设置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ (d 为锚固钢筋的最大直径)；其间距对梁、柱等构件不应大于 $5d$ ，对板、墙等构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 100mm (d 为锚固钢筋的最小直径)。

【案例 1】 某工程采用 HRB400 钢筋，直径为 28mm ，混凝土强度等级为 C30，抗震等级为二级，求出它的 l_{aE} 。

解：查表 1-6 得 l_{aE} 为 $45d$ ，因此

$$l_{aE}=45\times 28=1260(\text{mm})$$

【案例 2】 某工程采用 HRB400 钢筋，直径为 20 ，混凝土强度等级为 C35，抗震等级为二级，求出它的抗震锚固长度。

解：查表 1-6 得 l_{aE} 为 $37d$ ，因此

$$l_{aE}=37\times 20=740(\text{mm})$$

表 1-5 受拉钢筋锚固长度 l_a

钢筋种类	混凝土强度等级									
	C25		C30		C35		C40		C45	
	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
HPB300	34d	—	30d	—	28d	—	25d	—	24d	—
HPB400、HRBF400、RRB400	40d	44d	35d	39d	32d	35d	29d	32d	28d	31d
HRB500、HRBF500	48d	53d	43d	47d	39d	43d	36d	40d	34d	37d

表 1-6 抗震设计时受拉钢筋锚固长度 l_{aE}

钢筋种类及抗震等级	混凝土强度等级															
	C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		$\geq C60$	
	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
HPB300	39d	—	35d	—	32d	—	29d	—	28d	—	26d	—	25d	—	24d	—
	36d	—	32d	—	29d	—	26d	—	25d	—	24d	—	23d	—	22d	—
HPB400 HRBF400	46d	51d	40d	45d	37d	40d	33d	37d	32d	36d	31d	35d	30d	33d	29d	32d
	42d	46d	37d	41d	34d	37d	30d	34d	29d	33d	28d	32d	27d	30d	26d	29d
HRB500 HRBF500	55d	61d	49d	54d	45d	49d	41d	46d	39d	43d	37d	40d	36d	39d	35d	38d
	50d	56d	45d	49d	41d	45d	38d	42d	36d	39d	34d	37d	33d	36d	32d	35d

注：① 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时，表中数据尚应乘以 1.25。
② 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时，表中数据尚应乘以 1.1。
③ 当锚固长度范围内纵向受拉钢筋周边保护层厚度为 $3d$ 、 $5d$ (d 为锚固钢筋的直径) 时，表中数据分别乘以 0.8、0.7，中间时按内插取值。
④ 当纵向受拉普通钢筋锚固长度修正系数 (注①~注③) 多于一项时，可按连乘计算。
⑤ 受拉钢筋的锚固长度 l_a 、 l_{aE} 计算值不应小于 200mm。
⑥ 四级抗震等级时， $l_{aE} = l_a$ 。
⑦ 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固钢筋长度范围内应设置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ (d 为锚固钢筋的最大直径)；其间距对梁、柱等构件不应大于 $5d$ ，对板、墙等构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 100mm (d 为锚固钢筋的最小直径)。

1.3 钢筋的连接

1.3.1 钢筋连接的种类

在工程上,钢筋的连接方式主要取决于结构设计、施工方法和工程要求。工程中钢筋的连接方式主要有绑扎连接、机械连接和焊接 3 种。

绑扎连接是一种常用的钢筋连接方式,通过使用钢丝线或扭绳将两根或多根钢筋牢固地绑扎在一起。绑扎连接通常用于钢筋的重叠连接、梁柱节点钢筋、墙体钢筋等应用场景,如图 1-3 所示。



图 1-3 绑扎连接

钢筋的机械连接方式在工程中广泛应用,其具有连接强度高的特点。机械连接是通过使用机械连接器将钢筋牢固地连接在一起,如图 1-4 所示。这种连接方式常用于需要固定位置和较大连接力的结构,以提供可靠的连接性能。

在工程上,钢筋的焊接是一种常见的连接方式,如图 1-5 所示。焊接是通过将钢筋熔化并加以熔合来实现连接。焊接通常适用于需要高强度和可靠连接的结构,如大型桥梁、高层建筑、钢结构等。



图 1-4 机械连接



图 1-5 焊接

1.3.2 钢筋搭接长度的规定

钢筋的搭接长度是钢筋计算中的一个重要参数,22G101-1 图集对纵向受拉钢筋搭接长度的规定见表 1-7 和表 1-8。实际操作时需要注意以下几点。

- (1) 当受拉钢筋直径 $>25\text{mm}$ 及受压钢筋直径 $>28\text{mm}$ 时,不宜采用绑扎连接。
- (2) 轴心受拉及小偏心受拉构件中纵向受力钢筋不应采用绑扎连接。
- (3) 纵向受力钢筋连接位置宜避开梁端、柱端箍筋加密区。必须在此连接时,应采用机械连接或焊接。

表 1-7 纵向受拉钢筋搭接长度 l_{E}

钢筋种类及同一区段内 搭接钢筋面积百分率		混凝土强度等级											
		C25		C30		C35		C40		C45		C50	
		C25		C30		C35		C40		C45		C50	
		$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
HPB300	$\leq 25\%$	41d	—	36d	—	34d	—	30d	—	29d	—	28d	—
	50%	48d	—	42d	—	39d	—	35d	—	34d	—	31d	—
	100%	54d	—	48d	—	45d	—	40d	—	38d	—	35d	—
HRB400 HRBF400 RRB400	$\leq 25\%$	48d	53d	42d	47d	38d	42d	35d	38d	34d	37d	32d	36d
	50%	56d	62d	49d	55d	45d	49d	41d	45d	39d	43d	38d	42d
	100%	64d	70d	56d	62d	51d	56d	46d	51d	45d	50d	43d	48d
HRB500 HRBF500	$\leq 25\%$	58d	64d	52d	56d	47d	52d	43d	48d	41d	44d	38d	42d
	50%	67d	74d	60d	66d	55d	60d	50d	56d	48d	52d	45d	49d
	100%	77d	85d	69d	75d	62d	69d	58d	64d	54d	59d	51d	56d

注：① 表中数值为纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度。
② 当两根不同直径钢筋搭接时，表中 d 取钢筋较小直径。
③ 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时，表中数据尚应乘以 1.25。
④ 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时，表中数据尚应乘以 1.1。
⑤ 当搭接长度范围内纵向受拉钢筋周边保护层厚度为 $3d$ (d 为锚固钢筋的直径) 时，表中数据可乘以 0.8；保护层厚度不小于 $5d$ 时，表中数据可乘以 0.7，中间时按内插取值。
⑥ 当上述修正系数(注③~注⑤)多于一项时，可按连乘计算。
⑦ 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为表中数据中间值时，搭接长度可按内插取值。
⑧ 任何情况下，搭接长度不应小于 300mm。
⑨ HPB300 钢筋末端应做 180°弯钩，做法详见 22G101-1 图集第 2-2 页。

表 1-8 纵向受拉钢筋抗震搭接长度 l_{lE}

钢筋种类及同一区段内 搭接钢筋面积百分率			混凝土强度等级															
			C25		C30		C35		C40		C45		C50		C55		C60	
			$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$	$d \leq 25$	$d > 25$
一、二级 抗震等级	HPB300	$\leq 25\%$	47d	—	42d	—	—	38d	—	—	34d	—	31d	—	30d	—	29d	—
		50%	55d	—	49d	—	—	45d	—	—	39d	—	36d	—	35d	—	34d	—
	HRB400	$\leq 25\%$	55d	61d	48d	54d	44d	48d	40d	44d	38d	43d	37d	42d	36d	40d	35d	38d
		50%	64d	71d	56d	63d	52d	56d	46d	52d	45d	50d	43d	49d	42d	46d	41d	45d
	HRB500	$\leq 25\%$	66d	73d	59d	65d	54d	59d	49d	55d	47d	52d	44d	48d	43d	47d	42d	46d
		50%	77d	85d	69d	76d	63d	69d	57d	64d	55d	60d	52d	56d	50d	55d	49d	53d
三级 抗震等级	HPB300	$\leq 25\%$	43d	—	38d	—	—	35d	—	31d	—	—	29d	—	28d	—	26d	—
		50%	50d	—	45d	—	41d	—	36d	—	35d	—	34d	—	32d	—	31d	—
	HRB400	$\leq 25\%$	50d	55d	44d	49d	41d	44d	36d	41d	35d	40d	34d	38d	32d	36d	31d	35d
		50%	59d	64d	52d	57d	48d	52d	42d	48d	41d	46d	39d	45d	38d	42d	36d	41d
	HRB500	$\leq 25\%$	60d	67d	54d	59d	49d	54d	46d	50d	43d	47d	41d	44d	40d	43d	38d	42d
		50%	70d	78d	63d	69d	57d	63d	53d	59d	50d	55d	48d	52d	46d	50d	45d	49d

注：① 表中数值为纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度。
② 当两根不同直径钢筋搭接时，表中 d 取钢筋较小直径。
③ 当为环氧树脂涂层带肋钢筋时，表中数据尚应乘以 1.25。
④ 当纵向受拉钢筋在施工过程中易受扰动时，表中数据尚应乘以 1.1。
⑤ 当搭接长度范围内纵向受拉钢筋周边保护层厚度为 $3d$ (d 为锚固钢筋的直径) 时，表中数据可乘以 0.8；保护层厚度不小于 $5d$ 时，表中数据可乘以 0.7，中间时按内插取值。
⑥ 当上述修正系数 (注③~注⑤) 多于一项时，可按连乘计算。
⑦ 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为 100% 时， $l_{lE} = 1.6l_{lE}$ 。
⑧ 当位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率为表中数据中间值时，搭接长度可按内插取值。
⑨ 任何情况下，搭接长度不应小于 300mm。
⑩ 四级抗震等级时 $l_{lE} = l_t$ ，详见 22G101-1 图集第 2-5 页。
⑪ HPB300 钢筋末端应做 180° 弯钩，做法详见 22G101-1 图集第 2-2 页。

学习 笔记