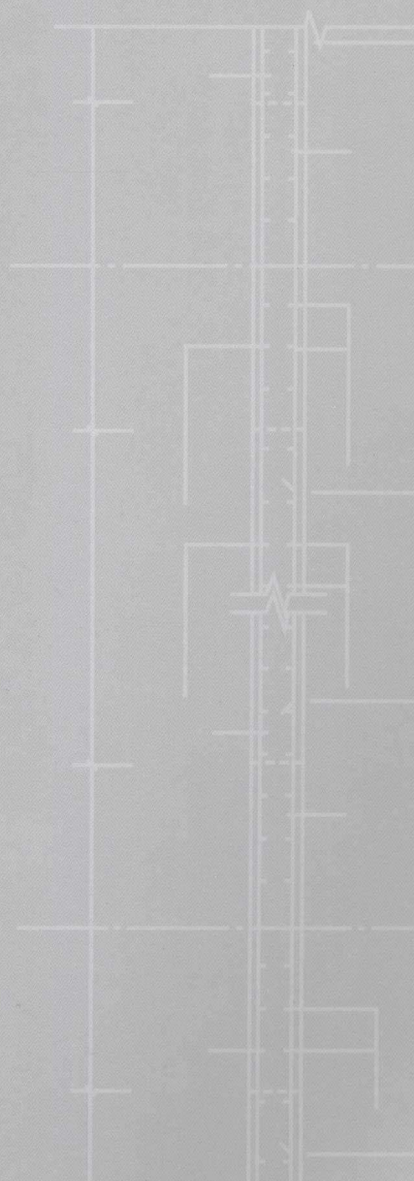
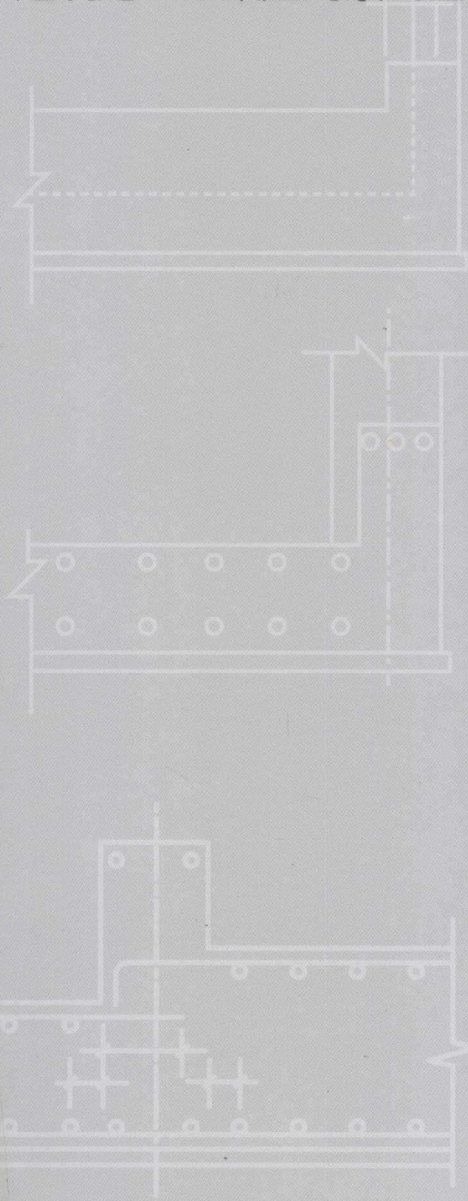


11G101、11G329系列图集 应用精讲

11G101、11G329XILIE TUJI
YINGYONG JINGJIANG

建筑施工图集应用系列丛书

范东利 主编



中国建筑工业出版社

建筑施工图集应用系列丛书

11G101、11G329 系列图集应用精讲

	范东利	主编	
龙乃武	王振华	董素芹	
海峰	刘伟	苏秀芳	参编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

11G101、11G329 系列图集应用精讲/范东利主编. —北京: 中国工业出版社, 2012. 11

(建筑施工图集应用系列丛书)

ISBN 978-7-112-14715-1

I. ①1… II. ①范… III. ①钢筋混凝土结构-工程制图②建筑结构-抗震设计-工程制图 IV. ①TU375②TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 225664 号

本书依据《11G101-1》、《11G101-2》、《11G101-3》、《11G329-1》、《11G329-2》五本平法图集编写, 以中国建筑标准设计研究院陈雪光教授于 2011 年秋季在南京举行的全国首届“11G101《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》、11G329《建筑物抗震构造详图》系列国标图集培训班”讲课大纲和相关素材为蓝本, 参考 08G101-11《G101 系列图集施工常见问题答疑图解》, 结合《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 等新规范, 系统讲解新平法、新规范的应用与原理, 针对新旧规范、新旧平法的不同, 在讲解论述过程中逐一提出, 并对重要条款引用做了批注。

本书集众多专家之所长, 全方位的、系统化的将平法借助于问题的方式, 进行剖析, 有助于提高学习的兴趣, 降低学习的难度。本书可供设计人员、施工技术人员、工程监理人员、工程造价人员及相关专业大中专师生学习参考。

若您对本书有什么意见、建议, 或愿有图书出版的意愿和想法, 欢迎致函 zhanglei@cabp.com.cn 交流沟通!

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张 颖 刘 钰

建筑施工图集应用系列丛书

11G101、11G329 系列图集应用精讲

范东利 主编

龙乃武 王振华 董素芹 参编
海 峰 刘 伟 苏秀芳

*

中国工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 300 千字

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-14715-1

(22765)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

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 G101 系列图集（以下简称平法图集）的应用，推动了整个建筑设计标准化进程，提高了建筑工程整体设计水平和工程质量。设计工程师以数字化、符号化的平面整体设计制图规则完成创造性设计之后，其重复性的设计内容部分（主要是节点构造和杆件构造）直接套用国家建筑标准构造图集，在很大程度上减轻了设计工程师的工作量和资源浪费。平法图集的理解和使用对施工技术人员、造价工作者及从事建筑工程相关的人员，提出了更高的要求。

平法图集从 1996 年颁布实施，历经 10 几年的应用和改进，已经比较成熟。施工图的绘制在工程中现浇混凝土结构基本上都采用了平法标注，随着《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《建筑抗震设计规范》2010 版、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 颁布实施，G101&G329 系列图集也重新做了修订，并且平法的思路在砌体结构中也有所体现。所以在今后的设计、施工、监理、咨询都要按新的国家标准实施。

本书依据《11G101-1》、《11G101-2》、《11G101-3》、《11G329-1》、《11G329-2》五本平法图集编写，以中国建筑标准设计研究院陈雪光教授暨于 2011 年秋季在南京举行的全国首届“11G101《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》、11G329《建筑物抗震构造详图》系列国标图集培训班”讲课大纲和相关素材为蓝本，参考 08G101-11《G101 系列图集施工常见问题答疑图解》，结合新规范、新规程，系统讲解新平法、新规范的应用与原理，针对新旧规范、新旧平法的不同，在讲解论述过程中逐一提出，并对重要条款引用做了批注。

本书在编写过程中受益于中国建筑标准设计研究院陈雪光教授，并得到深圳市斯维尔科技有限公司副总裁张立杰先生和龙乃武培训讲师的大力支持，在此深表谢意。同时应邀内蒙古科技大学建筑与土木工程学院王振华老师、内蒙古农业大学职业技术学院建筑工程技术系董素芹老师、包头市弘誉工程监理有限责任公司董事长海峰、包头市中信华工程造价咨询有限责任公司经理刘伟、包钢西北创业建设有限公司苏秀芳工程师参与编写，并对本书相关内容提出宝贵意见。由于作者的学识和经验有限，在学习关于平法构造等优秀书籍、图集及有关国家新标准、新规范的同时，深感受学好平法知识，仅靠看几本平法图集与构造详图是远远不够的。要了解平法构造的来龙去脉，了解本行业的专业知识，了解所涉及的方方面面的知识，须得加强学习和实践，才能真正领悟平法构造的精髓。

本书内容包括平法钢筋一般常态问题、柱及节点常见构造问题、剪力墙构造常见问题、梁构造常见问题、楼梯及楼板构造常见问题、基础构造常见问题。

本书集众家之所长，全方位的、系统化的对平法进行剖析，有助于提高读者的学习兴趣，降低学习的难度，同时也是《G101 系列图集施工常见问题答疑图解》补充与扩展。本书可供设计人员、施工技术人员、工程监理人员、工程造价人员及相关专业大中专师生学习参考。希望能对大家今后的工作与学习有所帮助。

目 录

第一章 一般常态问题	1
【讲解 1】受拉钢筋的锚固长度	1
【讲解 2】受拉钢筋锚固长度的修正	2
【讲解 3】纵向受拉普通钢筋末端采用机械锚固的规定	3
【讲解 4】纵向受压普通钢筋末端采用机械锚固的规定	5
【讲解 5】光面钢筋的端部带弯钩是否可以计入锚固长度，弯钩长度取值	6
【讲解 6】梁柱节点塑性铰区的规定	6
【讲解 7】纵向受拉钢筋绑扎搭接区段长度和绑扎搭接长度的规定（非抗震）	7
【讲解 8】钢筋连接的基本原则	7
【讲解 9】纵向受拉钢筋绑扎搭接长度修正	8
【讲解 10】纵向受力钢筋的绑扎搭接要求	8
【讲解 11】纵向受力钢筋的机械连接要求与机械连接形式和钢筋机械连接接头等级的划分	9
【讲解 12】纵向受力钢筋的焊接连接要求	10
【讲解 13】钢筋的混凝土保护层厚度	11
【讲解 14】结构混凝土耐久性的基本要求	12
【讲解 15】混凝土结构环境类别的划分	14
【讲解 16】混凝土结构对钢筋选用的规定	15
【讲解 17】有抗震设防要求的框架结构，框架梁、柱中的纵向钢筋要求	16
【讲解 18】混凝土构件中的钢筋代换	16
【讲解 19】构件中采用并筋（钢筋束）的配置规定	17
【讲解 20】封闭箍筋及拉筋弯钩、螺旋箍筋构造	17
【讲解 21】抗震措施、抗震构造措施、地震作用、抗震设防烈度、抗震等级概念	18
第二章 柱及节点常见构造问题	19
【讲解 22】框架梁柱混凝土强度等级不同时，节点混凝土如何浇筑	19
【讲解 23】框架柱节点核心区水平箍筋设置要求	20
【讲解 24】框架柱节点核心区震害破坏情形分析	20
【讲解 25】框架结构顶层边节点处，柱外侧钢筋与梁上部钢筋搭接	21
【讲解 26】新平法图集框架结构顶层边节点处构造分析	22
【讲解 27】框架柱顶层节点震害破坏情形分析	24

【讲解 28】 框架结构顶层中间节点, 柱纵向钢筋的锚固	24
【讲解 29】 顶层框架梁有外挑构造	25
【讲解 30】 框架结构顶层边节点, 柱纵向钢筋弯弧内半径规定	26
【讲解 31】 柱环境类别不同, 钢筋的保护层厚度不同时, 纵向钢筋的处理	27
【讲解 32】 框支柱、转换柱的构造要求	28
【讲解 33】 框架柱、框支柱中设置有核芯柱的构造	29
【讲解 34】 短柱震害破坏情形分析	30
【讲解 35】 框支柱箍筋和拉结钢筋的弯钩作法	30
【讲解 36】 有抗震设防要求的底部框架-抗震墙砌体结构, 框架端节点构造	31
【讲解 37】 有抗震设防要求的底部框架-抗震墙砌体结构, 过渡层墙体构造	32
【讲解 38】 底层采用约束砖砌体墙、约束小砌块砌体墙抗震构造	32
【讲解 39】 柱根部加密区-嵌固端说明	33
【讲解 40】 抗震设防时, 框架柱端箍筋加密区的长度 (不含柱根部)	34
【讲解 41】 柱端箍筋加密震害破坏情形分析	35
【讲解 42】 框架柱与基础连接处节点核心区箍筋是否需要加密? 柱纵向钢筋与基础梁内固定 (柱插筋)	37
【讲解 43】 框架底层柱的柱根部及柱根箍筋加密区	37
【讲解 44】 柱根部震害破坏情形分析	37
【讲解 45】 影响框架柱延性的几个重要参数	38
【讲解 46】 影响框架柱延性震害经验分析, 增加柱位移延性	38
【讲解 47】 柱纵向钢筋的“非连接区”	39
【讲解 48】 框架柱在变截面处纵向钢筋的锚固, 连接	40
【讲解 49】 框架梁、柱、剪力墙的边缘构件纵向受力钢筋连接方法	40
【讲解 50】 钢筋混凝土房屋抗震等级的确定	41
【讲解 51】 柱生根在墙上、梁上时纵筋的锚固	42
【讲解 52】 抗震柱纵向钢筋上下柱钢筋根数与直径不同时连接构造	42
【讲解 53】 框架柱、异形柱、剪力墙、短肢剪力墙的区别	43
【讲解 54】 异形柱钢筋的构造要求	44
【讲解 55】 柱平法注写示例——举例	44
第三章 剪力墙构造常见问题	45
【讲解 56】 剪力墙拉筋布置方式	45
【讲解 57】 剪力墙水平钢筋内、外侧在转角位置的搭接	45
【讲解 58】 剪力墙竖向钢筋在楼 (顶) 层遇暗梁或边框梁的构造问题	46
【讲解 59】 剪力墙与暗梁、暗柱之间钢筋施工的相互关系	47
【讲解 60】 剪力墙水平分布钢筋伸入端部的构造作法	48

【讲解 61】剪力墙水平分布钢筋连接构造	50
【讲解 62】剪力墙水平钢筋计入约束边缘构件体积配箍率的构造做法	51
【讲解 63】剪力墙变截面处竖向分布钢筋构造	52
【讲解 64】剪力墙竖向分布钢筋在楼面处连接构造	52
【讲解 65】剪力墙边缘构件竖向分布钢筋在楼面处连接构造	53
【讲解 66】底部加强区部位的确定和剪力墙、暗柱底部加强区箍筋加密的规定	54
【讲解 67】剪力墙端柱和小墙肢在顶层的锚固问题	54
【讲解 68】剪力墙竖向钢筋在连梁中的锚固	55
【讲解 69】部分框支剪力墙在框支梁中锚固及其他构造要求	55
【讲解 70】剪力墙和暗柱中拉结钢筋的保护层厚度	56
【讲解 71】楼面梁与剪力墙或核心筒墙肢在平面外刚接时的构造	57
【讲解 72】施工图中剪力墙的连接(LL)被标注为框架梁(KL)	57
【讲解 73】剪力墙 BKL 或 AL 与 LL 重叠时配筋构造	59
【讲解 74】剪力墙第一根竖向分布钢筋距边缘构件的距离是多少, 水平分布钢筋 距地面的距离是多少	59
【讲解 75】剪力墙洞口边补强钢筋的“缺省”标注, 连梁中部预留圆洞时的构造 要求	60
【讲解 76】在剪力墙的连接梁中腰筋设置要求	61
【讲解 77】剪力墙连梁配筋构造	61
【讲解 78】剪力墙连梁内配置斜筋的构造	63
【讲解 79】框筒梁和内筒连梁配筋构造	65
【讲解 80】剪力墙连梁斜向剪切裂缝震害情况分析	66
【讲解 81】剪力墙的底部加强区高度的规定	66
【讲解 82】剪力墙底部加强区震害破坏情形分析	67
【讲解 83】剪力墙的约束边缘构件	68
【讲解 84】剪力墙的构造边缘构件	69
【讲解 85】剪力墙洞口局部错位时, 边缘构件竖向钢筋的锚固作法	71
【讲解 86】剪力墙叠合错洞改规则洞口时, 墙边缘构件纵向的配筋构造做法	72
【讲解 87】剪力墙叠合错洞口时, 墙边缘构件纵向的配筋构造做法	72
【讲解 88】剪力墙标注示例	73

第四章 梁构造常见问题	75
【讲解 89】当梁的下部作用有均布荷载时, 附加钢筋的配置	75
【讲解 90】当框架梁和连续梁的相邻跨度不相同, 上部非通长钢筋的长度的 确定	76
【讲解 91】框架梁上部钢筋在端支座的锚固问题	77

【讲解 92】 框架梁上部钢筋在端支座震害情形分析	78
【讲解 93】 框架梁下部纵向受力钢筋在端支座的锚固	78
【讲解 94】 框架梁端部破坏情形分析	79
【讲解 95】 框架梁下部钢筋在中间支座的锚固及连接	79
【讲解 96】 框架顶层端节点梁纵向钢筋搭接连接的构造要求	82
【讲解 97】 非框架梁纵向受力钢筋在支座的锚固长度	83
【讲解 98】 抗震设防框架梁上部钢筋通长钢筋直径不相同时的搭接, 通长钢筋 与架立钢筋的搭接	84
【讲解 99】 梁纵向受力钢筋在搭接区段内的处理措施	85
【讲解 100】 梁侧面钢筋(腰筋)的构造要求	85
【讲解 101】 非框架梁上部钢筋伸入跨内的长度	86
【讲解 102】 框架梁下部纵向钢筋不伸入支座的作法	87
【讲解 103】 抗震框架梁端箍筋加密区长度	87
【讲解 104】 抗震框架梁端部震害情形分析	88
【讲解 105】 梁内集中力处抗剪附加横向钢筋的设置	89
【讲解 106】 框架梁一端支座为框架柱, 另一端支座为梁时的构造做法	90
【讲解 107】 框架梁的支座处的加腋构造	91
【讲解 108】 折线梁(垂直弯折)下部受力纵筋的配置	94
【讲解 109】 框支梁、托柱转换梁的构造(复杂高层)	95
【讲解 110】 在砌体结构中的混凝土梁, 支座上的最小支承长度	97
【讲解 111】 多层砖砌体房屋的楼、屋盖支座长度	98
【讲解 112】 支承在砌体结构上的混凝土独立梁构造	98
【讲解 113】 变截面斜梁箍筋的配置	99
【讲解 114】 混凝土结构悬臂梁配筋的构造要求	100
【讲解 115】 梁箍筋构造要求	102
【讲解 116】 梁需配置腰筋时, 腹板(截面有效高度) h_w 的计算	103
【讲解 117】 梁两侧的楼板的标高不同时, 梁腹板高度如何确定及腰筋的设置	105
【讲解 118】 梁中纵向受力钢筋的水平最小净距, 双层钢筋时, 上下层的竖向最小 净距	105
【讲解 119】 砌体结构底部框架—抗震墙, 托墙梁箍筋的加密范围要求	106
【讲解 120】 框架扁梁(宽扁梁)构造措施	107
【讲解 121】 深受弯构件中的简支深梁钢筋构造处理措施	108
【讲解 122】 深梁沿下边缘作用有均布荷载及深梁中有集中荷载时, 附加抗剪 钢筋的处理措施	110
【讲解 123】 框架梁与框架柱同宽或梁一侧与柱平的防裂、防剥落构造作法	111
【讲解 124】 梁平法标注示例	112

第五章 楼梯及楼板构造常见问题	113
【讲解 125】在高层建筑中有转换层楼板边支座及较大洞口的构造	113
【讲解 126】地下室顶板钢筋在边支座的锚固	115
【讲解 127】普通楼板下部受力钢筋在支座内的锚固	115
【讲解 128】普通楼板上部纵向受力钢筋在边支座内的锚固作法	116
【讲解 129】楼、屋面板中的构造钢筋和分布钢筋	117
【讲解 130】楼（屋）面板纵向钢筋的间距	118
【讲解 131】楼（屋）面板上部钢筋的配置要求	118
【讲解 132】楼（屋）面板钢筋绑扎与搭接要求	119
【讲解 133】悬挑板（屋面挑檐）在阳角和阴角附加钢筋的配置	120
【讲解 134】单、双向板的规定界限	122
【讲解 135】悬挑板钢筋构造	122
【讲解 136】楼板局部升降的配筋问题	124
【讲解 137】板中配置抗冲切钢筋的构造措施	126
【讲解 138】楼、屋面板开洞时，洞边加强钢筋的处理措施	127
【讲解 139】楼、屋面板上设备基础与板的连接处理措施	130
【讲解 140】无梁楼盖板及板带配筋	131
【讲解 141】楼板中纵筋加强带 JQD 构造	134
【讲解 142】楼板中后浇带 HJD 构造	135
【讲解 143】现浇楼板平法标注说明	138
【讲解 144】现浇混凝土板式楼梯构造介绍及平法标注说明	138
【讲解 145】板式楼梯第一跑上、下钢筋在基础连接构造	140
【讲解 146】折板式楼梯在弯折部位钢筋的配置	141
【讲解 147】斜向板中的钢筋间距	143
【讲解 148】楼梯震害破坏情形分析	143
第六章 基础构造常见问题	144
【讲解 149】图集 11G101-3 平法构造总则中应注意的问题	144
【讲解 150】柱纵向受力钢筋在独立基础中的锚固	144
【讲解 151】独立短柱深基础配筋构造	146
【讲解 152】柱下独立混凝土基础板受力钢筋配置的构造	147
【讲解 153】独立基础间设置拉梁的构造	148
【讲解 154】独立基础基础顶部配筋构造	150
【讲解 155】独立基础平面注写方式示例	151
【讲解 156】墙下混凝土条形基础板受力钢筋及分布钢筋配置的构造	152
【讲解 157】墙下条形基础底面标高不同或高低基础相连接处的处理措施	154

【讲解 158】条形基础与基础梁平法标注示例	155
【讲解 159】条形基础施工与预算注意事项	157
【讲解 160】条形基础和基础梁梁底不平和平变截面部分钢筋构造	161
【讲解 161】基础梁在节点内箍筋的设置	162
【讲解 162】桩基础伸入承台内的连接构造	162
【讲解 163】灌注桩钢筋的构造要求	163
【讲解 164】独立桩承台配筋构造	164
【讲解 165】桩承台间的联系梁构造要求	165
【讲解 166】桩基承台平法标注举例	165
【讲解 167】箱形基础的概念	166
【讲解 168】地下室外墙纵向钢筋在首层楼板的连接做法	167
【讲解 169】混凝土墙竖向钢筋在基础内的锚固	169
【讲解 170】板式筏形基础中,剪力墙开洞的下过梁的构造	170
【讲解 171】梁板式与平板式筏形基础,受力钢筋在端支座处无外伸构造	171
【讲解 172】梁板式与平板式筏形基础,受力钢筋在端支座处有外伸构造	172
【讲解 173】梁板式筏形基础,主梁有高差时的构造	174
【讲解 174】板式筏形基础的基础平板在变截面处受力钢筋的构造	175
【讲解 175】筏形基础钢筋配置顺序及纵向受力钢筋施工时注意事项	176
【讲解 176】筏形基础电梯地坑、集水坑处等下降板的配筋构造	176
【讲解 177】筏形基础温度后浇带、沉降后浇带筏板中的钢筋构造	178
【讲解 178】防水底板钢筋在扩展基础中的锚固	179
【讲解 179】梁板式筏形基础平法标注举例	180
【讲解 180】平板式筏形基础平法标注举例	181
【讲解 181】梁板式及平板式筏形基础平法施工与预算注意事项	181
【讲解 182】11G101-3 图集中其他新增构造(略)	182

第一章 一般常态问题

【讲解 1】受拉钢筋的锚固长度

(1) 锚固作用是通过钢筋和混凝土之间粘结，通过混凝土对钢筋表面产生的握裹力，从而使钢筋和混凝土共同作用，以抵抗外界承载能力破坏变形，改善结构受力状态。如果钢筋的锚固失效，则可能会使结构丧失承载力而引起结构破坏。在抗震设计中提出“强锚固”，即要求在地震作用时钢筋的锚固的可靠度应高于非抗震设计。在规范中，受拉钢筋的锚固长度属于构造要求范畴。

本次规范修正，将锚固长度划分为锚固长度、基本锚固长度。为避免混淆，分别用 l_a 、 l_{ab} 表示，不同的节点做法，表示是不一样的。

受拉钢筋的锚固长度根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.3.1 条计算，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：

受拉钢筋的基本锚固长度 $l_{ab} = \alpha(f_y/f_t)d$

受拉钢筋的锚固长度 $l_a = \zeta_a l_{ab}$ ，且不应小于 200mm；其中 ζ_a 为锚固长度修正系数，按本规范第 8.3.2 条及 8.3.3 条的规定取用，当多于一项时，可按连乘计算，以减少锚固长度，但不应小于 0.6；对预应力钢筋，可取 1.0；

受拉钢筋的抗震锚固长度 $l_{ae} = \zeta_{ae} l_a$ ；

有抗震结构设计要求的钢筋的基本锚固长度为 l_{abe} （《高规》新增规定），11G101-1 第 53 页已列表，可直接采用，不必计算（表中将混凝土强度等级扩展到 $\geq C60$ 级；将钢筋种类内的 HPB235 替换为 HPB300，钢筋种类增加了 HRBF335、HRBF400、HRB500、HRBF500 四个种类；增加了四级和非抗震等级的锚固长度行；没有了钢筋直径 $d \leq 25\text{mm}$ 和 $d > 25\text{mm}$ 的分栏，对于钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ 时，用基本锚固长度乘以 1.1 系数）。

梁柱节点中纵向受拉钢筋的锚固要求应按本规范第 9.3 节（梁柱节点中框架下部纵向钢筋在端节点的锚固构造）中规定执行。

(2) 基本锚固长度 l_{ab} 与钢筋的抗拉强度设计值 f_y （预应力钢筋为 f_{py} ）、混凝土的轴心抗拉强度等级 f_t 、锚固钢筋的外形系数 α 及钢筋直径 d 有关；

锚固钢筋的外形系数 α					表 1-1
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

钢筋外形系数中删除了 02 规范中锚固性能很差的刻痕钢丝；带肋钢筋是指 HRB 热轧带肋钢筋、HRBF 细晶粒热轧带肋钢筋、RRB 余热处理钢筋；新增加的预应力螺纹钢筋采用螺母锚固，故未列入锚固长度计算。

(3) 钢筋的抗拉强度设计值 f_y 为钢筋的屈服强度, 新规范增加了 HRB500 级带肋钢筋 (屈服强度标准值 500N/mm^2 , 极限强度标准值 630N/mm^2);

普通钢筋的屈服强度标准值 HPB300 (公称直径 $6\sim 22\text{mm}$) 为 300N/mm^2 ; HRB335、HRBF335 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 335N/mm^2 ; HRB400、HRBF400、RRB400 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 400N/mm^2 ; HRB500、HRBF500 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 500N/mm^2 。

普通钢筋的极限强度标准值: HPB300 (公称直径 $6\sim 22\text{mm}$) 为 420N/mm^2 ; HRB335、HRBF335 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 455N/mm^2 ; HRB400、HRBF400、RRB400 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 540N/mm^2 ; HRB500、HRBF500 (公称直径 $6\sim 50\text{mm}$) 为 630N/mm^2 。

(4) 素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15; 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20; 采用强度级别 400MPa 及以上的钢筋时, 混凝土强度等级不应低于 C25。

承受重复荷载的钢筋混凝土构件, 混凝土强度等级不应低于 C30。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40, 且不应低于 C30。

混凝土的轴心抗拉强度设计值 f_t : C15 为 0.91N/mm^2 、C20 为 1.10N/mm^2 、C25 为 1.27N/mm^2 、C30 为 1.43N/mm^2 、C35 为 1.57N/mm^2 、C40 为 1.71N/mm^2 、C45 为 1.80N/mm^2 、C50 为 1.89N/mm^2 、C55 为 1.96N/mm^2 、C60 为 2.04N/mm^2 、C65 为 2.09N/mm^2 、C70 为 2.14N/mm^2 、C75 为 2.18N/mm^2 、C80 为 2.22N/mm^2 。

(5) 高强钢筋的锚固问题不可能单纯以增加锚固长度的方式解决, 如增加构件的支座宽度, 这是不可采取的, 我们可以采取提高混凝土的强度等级。为控制钢筋在高强度混凝土中锚固长度不至于过短, 当混凝土的强度等级 $\geq \text{C60}$ 时, 会直接影响到钢筋的锚固长度, 所以仍按 C60 取值计算 (原规范为 $>\text{C40}$ 时, 按 C40 计算)。

(6) 锚固长度在图纸设计中一般不会直接标注, 需要施工技术人员对结构构件本身、对构件的受力状况有一个准确的判断, 并了解结构计算中是否充分利用钢筋的抗拉强度或仅利用钢筋的抗压强度, 钢筋下料才会准确。

(7) 构件受拉钢筋的锚入支座一般采用直线锚固形式, 在构件端部截面尺寸不能满足钢筋直锚时, 要求钢筋伸至柱对边再弯折, 即使水平段长度足够时也要伸至节点对边后弯折, 因为弯弧力会使其附近的箍筋产生附加拉力, 加大了箍筋承载力, 抵抗节点附近产生的次生斜裂缝。

(8) 中间层框架梁端节点上部纵向钢筋的弯锚要求 $\geq$ 水平段长度 $0.4l_{ab}$ ($0.4l_{abE}$) + 弯折段长度 $15d$ (伸至节点对边并向上或下弯折)。

框架顶层中柱纵向钢筋的弯锚要求 $\geq$ 水平段长度 $0.5l_{ab}$ ($0.5l_{abE}$) + 弯折段长度 $12d$ 。

桩基承台纵向钢筋在端部的弯锚要求 $\geq$ 水平段长度 $25d$ + 弯折段长度 $10d$ 。

【讲解 2】受拉钢筋锚固长度的修正

在实际工程应用中, 由于锚固条件和锚固强度的变化, 锚固长度应根据不同情况做相应的调整。

(1) 锚固长度修正系数 ζ_a 可连乘, 系考虑混凝土保护层厚度及钢筋未充分利用强度

的比值等因素,锚固长度修正后其限值不得小于 $0.6l_{ab}$,任何情况下不得小于 200mm (原规范纵向受拉钢筋的锚固长度不得小于 $0.7l_a$,且不应小于 250mm),本次规范修正,是为了保证可靠锚固的最低限度。

(2) 当带肋钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ 时,锚固长度应乘以 1.10 修正系数,直径大于 25mm 加长是考虑钢筋肋高减小,对锚固作用降低的影响。

(3) 采用环氧树脂涂层钢筋,环氧涂膜的钢筋表面光滑,对锚固不利,降低了钢筋的有效锚固强度 20%,尤其要解决在恶劣环境中钢筋的耐久性问题,所以工程中采用环氧树脂涂层的钢筋 (主要是抗腐蚀),需乘 1.25 修正系数。

(4) 当钢筋在混凝土施工中易受施工扰动影响,影响钢筋在混凝土中粘结锚固强度。如采用滑模施工,核心筒施工,以及其他施工期间依托钢筋承载的情况,对锚固不利,需乘 1.10 修正系数。

(5) 当混凝土保护层厚度较大时,握裹作用加强,锚固长度可以减短,可根据工程实践确定系数。

当锚固区混凝土保护层厚度为 3 倍锚固钢筋直径且配有箍筋时,其锚固长度可减少,乘以 0.8 修正系数;当锚固区保护层厚度为 5 倍锚固钢筋直径时,乘 0.7 修正系数 (此为新增内容) (中间值时按内插取值计算)。

当锚固区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应大于 $10d$,且均不应小于 100mm,此处 d 为锚固钢筋的直径。

(6) 有抗震设防要求的构件,要考虑到地震时反复荷载作用下钢筋与其周边混凝土之间具有可靠的粘接强度,锚固长度 l_{ae} 的计算与结构的抗震等级有关,在地震作用下时钢筋锚固的可靠度应高于非抗震设计。

抗震锚固长度修正系数 ζ_{ae} : 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。

设计中要明确建筑物中哪些是抗震构件中抗受力构件,如框架梁、框架柱;哪些是不属于有抗震设防要求的构件,如次梁、楼板。比如梁、柱中箍筋的直线段,对于抗震构件长度为 $10d$,对于非抗震构件长度为 $5d$ 。

(7) 当纵向受力钢筋的实际配筋面积比计算值大时,如因构造要求而大于计算值,钢筋实际应力小于强度设计值,锚固长度可以减少,但锚固长度减少的情况不能用在抗震设计和直接承受动力荷载的构件中。实际配筋大于设计值时,对于次要构件,如楼板、次梁,可根据设计计算面积与实际配置的钢筋面积的比值,确定修正系数,这个在设计文件应加以明确。

【讲解 3】纵向受拉普通钢筋末端采用机械锚固的规定

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.3.3 条规定: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 0.6 倍 (原《规范》为 0.7 倍)。弯钩和机械锚固的形式 (规范中图 8.3.3,有六种,见图 1-1) 和技术要求应符合表 1-2 的规定。

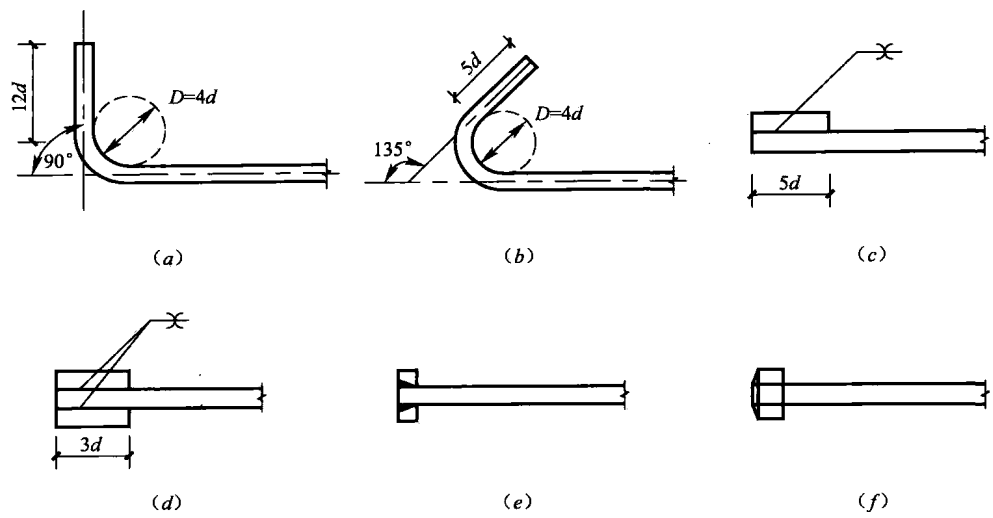


图 1-1 《混凝土结构设计规范》中图 8.3.3 钢筋机械锚固的形式及构造要求
(a) 90°弯钩；(b) 135°弯钩；(c) 侧贴焊锚筋；(d) 两侧贴焊锚筋；(e) 穿孔塞焊锚板；(f) 螺栓锚头

受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 、 l_{abE} 表 1-2

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 (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 HRBF335	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

原规范只规定了三种机械锚固形式：末端带 135°弯钩、末端与钢板穿孔角焊、末端与短钢筋双面贴焊。新规范中弯钩锚增加了末端带 90°弯钩的形式，机械锚固增加两种形式：一、末端两侧贴焊锚筋，二、末端带螺栓锚头。

机械锚固原理是利用受力钢筋的锚头（弯钩、弯折、贴焊锚筋、螺栓锚头或焊接锚板）对混凝土的局部挤压而加大锚固承载能力。锚头保证了机械锚固不会发生锚固破坏，

而一定的锚固长度则起到了控制滑移，不发生较大裂缝、变形的作用，因此机械锚固可以乘 0.6 修正系数，可以有效地减少锚固长度。

加弯钩、弯折及一侧贴焊锚筋适用于截面侧边、角部的偏置锚固，并应有配筋约束，角部锚固的锚头方向应向截面内侧偏斜；焊锚板、螺栓锚头及二侧贴焊锚筋的情况适用于周边均为厚保护层的截面芯部锚固。

钢筋机械锚固形式及修正系数 表 1-3

机械锚固形式		技术要求	修正系数
侧边构造	90°弯折	末端 90°弯折，弯钢内径 $4d$ ，弯后直段长度 $12d$	0.7
	135°弯钩	末端 135°弯折，弯钢内径 $4d$ ，弯后直段长度 $5d$	
	一侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 $5d$ （同直径钢筋）短钢筋，焊缝满足强度要求	
厚保护层	两侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 $3d$ （同直径钢筋）短钢筋，焊缝满足强度要求	0.6
	焊端锚板	末端与锚板穿孔塞焊，焊缝满足强度要求	
	螺栓锚头	末端旋入螺栓锚头，螺纹长度满足强度要求	

图 1-1 (a) 节点锚固形式为 90°弯折，弯折内径 $4d$ ，平直段 $12d$ ，实际投影长度为 $12d+2d+1d=15d$ ，所以在规范与图集中一定要区分好直线长度与水平投影长度，二者之间相差 $3d$ 左右。所以在使用规范节点构造时，有些是特指的，如梁柱浇筑节点，在钢筋下料时选择何种锚固长度，要注意符合规范。

特别说明：钢筋末端带 135°弯钩机械锚固构造，既适用于保持最小净距离的一排多根钢筋同时进行的机械锚固，也适用于多排钢筋同时进行的机械锚固，但宜将多根钢筋的锚固深度交错保持适当差别。

【讲解 4】纵向受压普通钢筋末端采用机械锚固的规定

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.3.4 条规定：受压钢筋不应采用末端弯钩和一侧贴焊锚筋的锚固措施。如柱及桁架上弦等构件中受压钢筋，往往会产生偏心受压，存在锚固问题。混凝土结构中的纵向受压钢筋，当计算中充分利用钢筋的抗压强度时，受压钢筋的锚固长度应不小于相应受拉钢筋锚固长度的 0.7 倍（这是根据试验研究及可靠度分析，并参考国外规范确定的）。受压钢筋锚固长度范围内的横向构造钢筋应符合本规范第 8.3.1 条的要求：当锚固区钢筋保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固长度范围内应配横向构造钢筋，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 100mm，此处 d 为锚固钢筋的直径。

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 8.3.5 条规定：承受动力荷载（2002 规范为重复荷载）的预制构件，应将纵向受力钢筋末端焊接在钢板或角钢上，钢板或角钢应可靠地锚固在混凝土中。钢板或角钢的尺寸应按计算确定，其厚度不宜小于 10mm。其他构件中的受力钢筋的末端也可通过焊接钢板或型钢实现锚固。

【讲解 5】光面钢筋的端部带弯钩是否可以计入锚固长度，弯钩长度取值

HPB235 钢筋在 2011 年 7 月 1 日已经废止了，取而代之为 HPB300，在规范交替期，这些 HPB235 还可以再继续使用，在设计中还按 02 规范取值，但最好在受力方面不要采用，因强度等级比较低。

对于光面钢筋，由于表面光滑，只靠摩阻力锚固，在受力时，易滑移被拔出，特别是在受拉时，锚固强度很低，因此端部应做 180° 弯钩构造措施，不计入锚固长度，端部在计算时为锚固长度 $l_a + 6.25d$ （弯弧内直径 $2.5d$ ，平直段长度 $3d$ ，弯钩增加长度 $6.25d$ ）。作受压钢筋时可不作弯钩。

钢筋总长度在计算时，是按钢筋外形长度（构件长度—保护层厚度）， 180° 弯钩，在计算时须增加弯钩长度增加值（见图 1-2）。

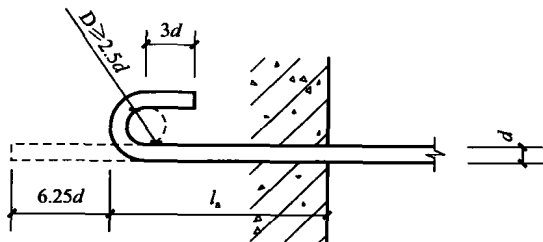


图 1-2 180° 弯钩长度增加值

180° 弯钩长度增加值 = 平直段长度 $3d + [\text{弯钩半圆弧形长度 } 3.1415 \times (\text{弯弧内直径 } 2.5d + d/2 + d/2)/2 - \text{弯钩外形水平投影长度 } (d/2 + d/2 + \text{弯弧内直径 } 2.5d/2)] = 3d + [5.50d - 2.25d] = 6.25d$

【讲解 6】梁柱节点塑性铰区的规定

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 11.1.5 条规定：梁端、柱端是潜在塑性铰易出现的部位，塑性铰区内的受拉、受压钢筋，经过屈服、强化至变形阶段，要有足够的伸长率，因此规范规定钢筋连接接头的位置，要避开梁端、柱端箍筋加密区，当无法避开时，应采用与母材等强度并且具有足够伸长率的高质量机械连接接头或焊接接头，且钢筋接头面积百分率不宜超过 50%。

塑性铰区位于第一个在箍筋加密区以外（梁、柱端）紧挨这个部位，在这个区域内一般不设预埋件，试验表明，预埋件在反复荷载作用下，弯剪、拉剪、压剪情况下锚筋的受剪承载力降低约 20%，在构造上要求在靠近锚板的钢筋根部宜设一根直径不小于 10mm 的封闭箍筋约束端部混凝土，提高受剪承载力，禁用延性较差的冷加工钢筋作锚筋，锚筋品种以 HPB300 替换了已淘汰的 HPB235 钢筋，锚板厚度与实际受力情况有关，宜通过计算确定。

【讲解 7】纵向受拉钢筋绑扎搭接区段长度和绑扎搭接长度的规定（非抗震）

纵向受力钢筋绑扎搭接区段长度为 1.3 倍搭接长度，任何情况下搭接长度不得小于 300mm，当搭接钢筋直径不同时，按较细钢筋的直径计算。凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段，同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。特别说明：纵向受力钢筋搭接接头面积百分率，对于“隔一配一”，如 $\Phi 10/\Phi 12$ ，不能按束计算比值，应按截面面积计算。

纵向受拉钢筋搭接长度修正系数与同一连接区段的接头百分率有关：（可参考讲解 9）

（1）接头百分率 $\leq 25\%$ 时， $L_1 = 1.2l_a$

（2）接头百分率 $= 50\%$ 时， $L_1 = 1.4l_a$

（3）接头百分率 $= 100\%$ 时， $L_1 = 1.6l_a$

【讲解 8】钢筋连接的基本原则

钢筋连接的基本原则为：钢筋连接接头宜设置在受力较小处，在受力较大处设置机械连接接头（此处机械连接接头等级为Ⅲ级以上）；限制同一根受力钢筋的接头数量，不宜设置 2 个或 2 个以上接头；抗震设计时应避开结构关键受力部位，如柱端、梁端的箍筋加密区等，在结构的重要构件和关键受力部位，纵向受力钢筋不宜设置连接接头。因为任何形式的钢筋连接都是对其传力性能（强度、变形、恢复力等）的削弱，均不如整根钢筋，要求接头部位的钢筋性能要高于母材。

（1）纵向受力钢筋的连接可采用绑扎搭接、机械连接或焊接；

（2）纵向受力钢筋连接的位置宜避开梁端、柱端箍筋加密区；当无法避开时，应采用机械连接或焊接（此处机械连接接头采用Ⅰ级接头或Ⅱ级接头，最好采用Ⅱ级以上）；

（3）混凝土构件位于同一连接区段内的纵向受力钢筋接头面积百分率不宜超过 50%；

（4）搭接连接部位应进行箍筋加密处理（与是否抗震设防无关，均应加密，由于搭接会影响到钢筋的受力性能），对于梁、柱类构件搭接区箍筋设置，当受压钢筋直径大于 25mm 时，尚应在搭接接头两个端面外 100mm 的范围内设置两道分界箍筋，目的是防止局部挤压裂缝；

（5）受压搭接连接区段内箍筋直径、间距的构造要求与受拉相同。拉压统一取值而对受压搭接较 02 规范要求适当加严了（02 规范：受压箍筋间距是受拉箍筋间距的 2 倍）。调查研究表明，箍筋对约束受压钢筋的搭接力更为重要，故取与受拉同样的间距。

原规范：当钢筋受拉时，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm；当钢筋受压时，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200mm。新规范对此要求拉压统一取值，取与受拉同样的间距。

受拉钢筋搭接接头面积百分率规定：

1）对梁类、板类及墙类构件，不宜大 25%；