

16G101 图集应用 系列丛书



16G101 平法系列图集

施工常见问题详解

16G101PINGFA XILIE TUJI SHIGONG CHANGJIAN WENTI XIANGJIE

上官子昌 主编

中国建筑工业出版社

16G101 图集应用系列丛书

16G101 平法系列图集施工 常见问题详解

上官子昌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

16G101 平法系列图集施工常见问题详解/上官子昌
主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 1
(16G101 图集应用系列丛书)
ISBN 978-7-112-20139-6

I. ①1… II. ①上… III. ①建筑工程-工程施工-问题解答 IV. ①TU74-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 296097 号

本书根据《16G101-1》、《16G101-2》、《16G101-3》三本最新图集以及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《高层建筑混凝土结构技术规范》(JGJ 3—2010)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》(JGJ 6—2011)等标准编写, 主要包括钢筋通用构造、基础构造、柱构造、剪力墙构造、梁构造以及板构造等内容。本书以 16G101 系列图集为主线, 采用一问一答方式针对施工中容易混淆、容易忽视、容易出错的问题给出正确做法的解答。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。

责任编辑: 张 磊 王华月 岳建光

责任设计: 李志立

责任校对: 王宇枢 张 颖

16G101 图集应用系列丛书

16G101 平法系列图集施工常见问题详解

上官子昌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10½ 字数: 241 千字

2017 年 1 月第一版 2017 年 1 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-20139-6

(29621)

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)

16G101 平法系列图集施工常见问题详解

编 委 会

主 编 上官子昌

参 编 (按姓氏笔画排序)

王红微 刘秀民 刘艳君 吕克顺

孙石春 孙丽娜 危 聪 李冬云

李 瑞 何 影 张文权 张 彤

张 敏 张黎黎 高少霞 殷鸿彬

隋红军 董 慧 韩 旭

前 言

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，是对结构设计技术方法的理论化和系统化，是一种科学合理、简洁高效的结构设计方法。平法现已在全国结构工程界普遍应用。为了让工程技术人员更快、更正确地理解和应用 11G101 系列图集，进而达到提高建筑工程技术人员的设计水平和创新能力，确保并提高工程建设质量的目的，我们组织编写了这本书。

本书主要包括钢筋通用构造、基础构造、柱构造、剪力墙构造、梁构造以及板构造等内容。

本书以 16G101 系列图集为主线，采用一问一答方式针对施工中容易混淆、容易忽视、容易出错的问题给出正确做法的解答。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。

本书在编写过程中参阅了大量的参考书籍和国家有关规范标准，并得到了有关业内人士的大力支持，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中错误、疏漏在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

您若对本书有什么意见、建议或有图书出版的意愿或想法，欢迎致函 289052980@qq.com 交流沟通！

目 录

第 1 章 钢筋通用构造	1
【问题 1】 建筑工程中常用的钢筋有哪些?	1
【问题 2】 G101 图集中对混凝土保护层的最小厚度如何规定的?	4
【问题 3】 钢筋代换原则有哪些?	6
【问题 4】 钢筋代换有哪些注意事项?	7
【问题 5】 钢筋在图纸中如何表示?	8
【问题 6】 钢筋焊接接头如何表示?	9
【问题 7】 结构图中常见的钢筋画法有哪些?	10
【问题 8】 什么是钢筋的锚固? 受拉钢筋的锚固长度如何确定?	10
【问题 9】 影响钢筋粘结锚固的因素有哪些?	12
【问题 10】 纵向受拉钢筋的锚固长度为什么要修正? 如何修正?	13
【问题 11】 纵向受拉钢筋的抗震锚固长度如何确定?	13
【问题 12】 光圆钢筋的端部带弯钩是否可以计入锚固长度, 弯钩长度取值 为多少?	14
【问题 13】 纵向受拉钢筋的绑扎搭接长度如何确定?	15
【问题 14】 钢筋连接有何要求? 钢筋直径不同时搭接位置的要求? 钢筋接头面积 百分率和搭接长度如何计算?	16
【问题 15】 位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率有何要求? 同一 连接区段内纵向受拉钢筋接头面积百分率计算是否按全截面钢筋面积 计算? 受力较大处能否连接及接头要求?	17
【问题 16】 纵向受力钢筋采用绑扎搭接时要求搭接范围配置箍筋及箍筋间距加密, 当纵向受力钢筋采用机械连接或焊接时, 连接部位有同样要求吗?	17
【问题 17】 不同直径的纵向受力钢筋可以绑扎搭接, 不同直径的纵向受力钢筋可以 机械连接和焊接吗? 同一连接区段的长度各为多少?	18
【问题 18】 结构混凝土的耐久性有哪些基本要求?	18
【问题 19】 有抗震设防要求的框架结构, 其框架梁、柱中的纵向钢筋有哪些 要求?	19
第 2 章 基础构造	20
【问题 1】 独立基础底板配筋长度缩减 10% 构造是如何规定的?	20

【问题 2】独立桩承台配筋有哪些构造?	21
【问题 3】桩承台间的联系梁如何构造?	23
【问题 4】独立基础间如何设置拉梁?	25
【问题 5】条形基础底板配筋有哪几种构造?	27
【问题 6】条形基础底板不平钢筋构造有哪几种情况?	29
【问题 7】基础梁端部钢筋有哪些构造情况?	30
【问题 8】基础梁变截面部位钢筋构造是如何规定的?	32
【问题 9】基础梁底部非贯通纵筋的长度是如何规定的?	34
【问题 10】基础梁侧面构造纵筋和拉筋构造是如何规定的?	34
【问题 11】基础梁与柱结合部侧腋构造是如何规定的?	35
【问题 12】基础梁竖向加腋构造有什么特点?	36
【问题 13】板式筏形基础中, 剪力墙开洞的下过梁如何构造?	36
【问题 14】地下室外墙纵向钢筋在首层楼板如何连接?	37
【问题 15】怎样构造筏形基础电梯地坑、集水坑处等下降板的配筋?	39
【问题 16】基础次梁端部钢筋构造有哪些情况?	40
【问题 17】基础次梁变截面部位钢筋构造有哪些情况?	41
【问题 18】基础次梁纵向钢筋和箍筋构造是如何规定的?	43
【问题 19】基础次梁配置两种箍筋时构造是怎样的?	43
【问题 20】基础次梁竖向加腋钢筋构造是如何规定的?	44
【问题 21】桩基础伸入承台内的连接构造是如何规定的?	44
【问题 22】单柱带短柱独立基础有哪些构造?	45
【问题 23】双柱带短柱独立基础配筋构造是如何规定的?	46
【问题 24】柱纵向钢筋在基础中的构造有哪些要求?	47
【问题 25】剪力墙墙身竖向分布钢筋在基础中的构造有哪些要求?	48
【问题 26】灌注桩配筋构造如何规定的?	50
第 3 章 柱构造	53
【问题 1】柱的列表注写和截面注写有哪些区别?	53
【问题 2】什么是嵌固部位?	53
【问题 3】为什么一般不采用绑扎搭接连接方式?	53
【问题 4】上柱钢筋与下柱钢筋存在差异时抗震框架柱纵向钢筋连接构造有何区别?	54
【问题 5】框架梁柱混凝土强度等级不同时, 节点混凝土如何浇筑?	55
【问题 6】框架柱中柱柱顶纵向钢筋构造有哪些要求?	56
【问题 7】框架结构顶层边节点处构造有哪些做法?	57
【问题 8】柱环境类别不同, 钢筋的保护层厚度不同时, 纵向钢筋如何处理?	60

【问题 9】转换柱配筋如何构造?	60
【问题 10】框架柱、转换柱中设置核心柱有何意义? 纵向钢筋如何锚固? 箍筋有何特殊的要求?	61
【问题 11】框架柱变截面位置纵向钢筋构造有哪些做法?	61
【问题 12】框架柱、剪力墙上柱、梁上柱的箍筋加密区范围是如何规定的?	62
【问题 13】框架柱的复合箍筋应如何设置?	63
【问题 14】框架边柱、角柱柱顶等截面伸出时纵向钢筋构造要求有哪些?	65
【问题 15】为什么柱复合箍筋不能采用“大箍套中箍, 中箍再套小箍”及“等箍互套”的形式?	65
【问题 16】新平法图集对柱根部加密区-嵌固端是如何说明的?	66
【问题 17】柱纵向钢筋的“非连接区”是如何规定的?	67
【问题 18】框架梁上柱纵向钢筋如何构造?	67
第 4 章 剪力墙构造	69
【问题 1】剪力墙包含哪些构件?	69
【问题 2】底部加强区部位是如何确定的? 剪力墙、暗柱底部加强区箍筋加密是如何规定的?	71
【问题 3】剪力墙连梁配筋如何构造?	71
【问题 4】剪力墙水平钢筋内、外侧在转角位置的搭接是如何规定的?	74
【问题 5】剪力墙与暗梁、暗柱之间钢筋施工有什么关系?	75
【问题 6】剪力墙竖向钢筋在楼(顶)层遇暗梁或边框梁时, 是否可以锚固在暗梁或边框梁内?	76
【问题 7】剪力墙连梁与暗梁或边框梁发生局部重叠时, 两个梁的纵筋如何搭接? ..	77
【问题 8】剪力墙水平分布钢筋伸入端部的构造是如何规定的?	78
【问题 9】剪力墙和暗柱中拉结钢筋的保护层厚度是如何规定的?	81
【问题 10】剪力墙竖向分布钢筋在楼面处是如何连接的?	81
【问题 11】剪力墙端柱和小墙肢在顶层是如何锚固的?	82
【问题 12】剪力墙连梁 LLk 纵向钢筋、箍筋加密区如何构造? 加密范围如何规定?	83
【问题 13】施工图中剪力墙的连接(LL)被标注为框架梁(KL), 如何理解这样的梁?	84
【问题 14】哪些部位设置的是剪力墙约束边缘构件? 有何要求?	85
【问题 15】哪些部位设置的是剪力墙构造边缘构件? 有何要求?	87
【问题 16】剪力墙水平钢筋计入约束边缘构件体积配箍率的构造是如何规定的?	89
【问题 17】剪力墙洞口补强构造有哪几种情况?	91

第5章 梁构造 94

- 【问题 1】在梁的集中标注中,为什么“上部通长纵筋”为必注项而“下部通长筋”为选注值? 94
- 【问题 2】梁支座上部纵筋的长度是如何规定的? 94
- 【问题 3】梁在什么情况下需要使用架立筋?架立筋的根数如何决定? 95
- 【问题 4】架立筋与支座负筋的搭接长度是多少?架立筋的长度如何计算? 95
- 【问题 5】悬挑梁钢筋构造要求有哪些? 95
- 【问题 6】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是如何规定的? 98
- 【问题 7】当梁的下部作用有均匀荷载时,如何设置附加钢筋? 99
- 【问题 8】当框架梁和连续梁的相邻跨度不相同时,上部非通长钢筋的长度是如何确定? 100
- 【问题 9】框架梁上部钢筋、下部纵向受力钢筋在端支座的锚固是如何规定的? 100
- 【问题 10】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是如何规定的? 102
- 【问题 11】非框架梁就是次梁吗? 103
- 【问题 12】非框架梁纵向受力钢筋在支座的锚固长度应如何考虑? 104
- 【问题 13】为什么要采用“大箍套小箍”? 105
- 【问题 14】梁箍筋构造有哪些要求? 106
- 【问题 15】一般如何计算多肢箍内箍宽度? 107
- 【问题 16】梁需配置腰筋时,腹板(截面有效高度) h_w 如何计算? 109
- 【问题 17】框架梁下部钢筋在中间支座的锚固及连接有哪些要求? 110
- 【问题 18】无论什么梁,支座负筋延伸长度都是“ $l_n/3$ ”和“ $l_n/4$ ”? 112
- 【问题 19】梁内集中力处抗剪附加横向钢筋是如何设置的? 113
- 【问题 20】楼层框架梁纵向钢筋构造包括哪些? 114
- 【问题 21】框架梁箍筋加密区范围是如何规定的? 119
- 【问题 22】梁的“构造钢筋”和“抗扭钢筋”有什么异同? 119
- 【问题 23】为什么说“梁侧面抗扭纵向钢筋的锚固方式同框架梁下部纵筋”? 121
- 【问题 24】框架梁一端支座为框架柱,另一端支座为梁时的构造是如何规定的? 122
- 【问题 25】以剪力墙作为框架梁的端支座,梁纵筋的直锚水平段长度不满足 $0.4l_{aE}$,怎么办? 123
- 【问题 26】框架扁梁(宽扁梁)的构造有哪些要求? 123
- 【问题 27】框架梁的支座处的加腋构造包括哪些? 126
- 【问题 28】框架梁与框架柱同宽或梁一侧与柱平的防裂、防剥落构造是如何规定的? 128
- 【问题 29】折线梁(垂直弯折)下部受力纵筋该如何配置? 129

【问题 30】当采用“柱插梁”时遇到梁截面高度较大的特殊情况，造成柱外侧纵筋与梁上部纵筋的搭接长度不足时，该怎样办？	129
【问题 31】井字梁有哪些构造？	130
【问题 32】框支梁配筋如何构造？	131
第 6 章 板构造	134
【问题 1】如何理解单、双向板？	134
【问题 2】楼板相关构造如何表示？	134
【问题 3】板带纵向钢筋构造包括哪些内容？	142
【问题 4】悬挑板（屋面挑檐）在阳角和阴角附加钢筋的配置有哪些？	145
【问题 5】如何理解楼、屋面板中的构造钢筋和分布钢筋？	147
【问题 6】悬挑板钢筋构造包括哪些？	148
【问题 7】在高层建筑中有转换层楼板边支座及较大洞口的构造是如何规定的？	150
【问题 8】什么是折板配筋构造？底筋长度如何计算？	151
【问题 9】如何计算斜向板中的钢筋间距？	151
【问题 10】有梁楼盖楼（屋）面板配筋构造包括哪些内容？	151
参考文献	156

第 1 章 钢筋通用构造

【问题 1】 建筑工程中常用的钢筋有哪些？

钢筋按生产工艺分为：热轧钢筋、冷拉钢筋、冷拔钢丝、热处理钢筋、光面钢丝、螺旋肋钢丝、刻痕钢丝和钢绞线、冷轧扭钢筋、冷轧带肋钢筋。

钢筋按轧制外形分为：光圆钢筋、螺纹钢筋（螺旋纹、人字纹）。

钢筋按强度等级分为：HPB300 表示热轧光圆钢筋，符号为 Φ ；HRB335 表示热轧带肋钢筋，符号为 Φ ；HRB400 表示热轧带肋钢筋，符号为 Φ ；RRB400 表示余热处理（带肋）钢筋，符号为 Φ^R 。

1. 热轧钢筋

热轧钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋，由低碳钢和普通合金钢在高温状态下压制而成，主要用于钢筋混凝土和预应力混凝土结构的配筋，是土木建筑工程中使用量最大的钢材品种之一。直径 6.5~9mm 的钢筋，大多数卷成盘条；直径 10~40mm 的一般是 6~12m 长的直条。热轧钢筋应具备一定的强度，即屈服点和抗拉强度，它是结构设计的主要依据。分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋（图 1-1）两种。热轧钢筋为软钢，断裂

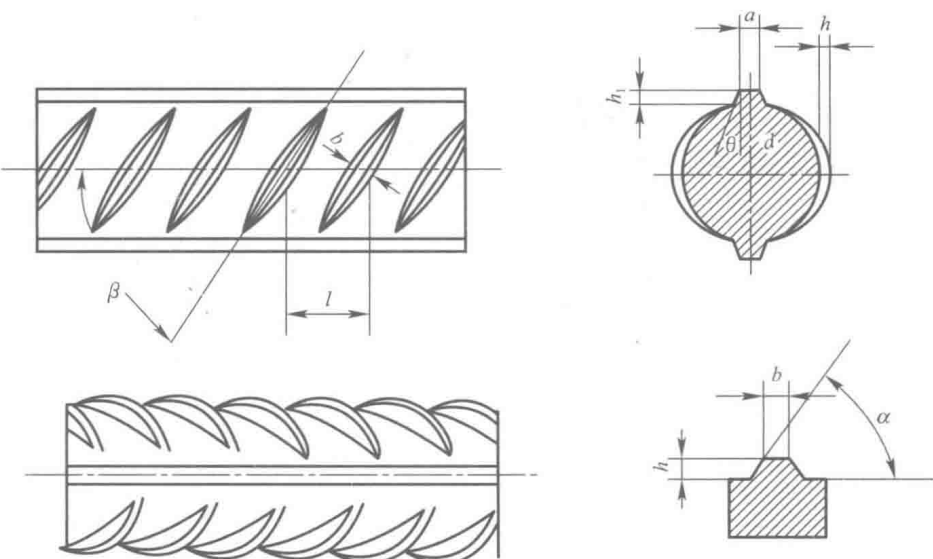


图 1-1 月牙肋钢筋表面及截面形状

d —钢筋内径； α —横肋斜角； h —横肋高度； β —横肋与轴线夹角；
 h_1 —纵肋高度； θ —纵肋斜角； l —横肋间距； b —横肋顶宽

时会产生颈缩现象，伸长率较大。

2. 冷轧钢筋

冷拉钢筋是在常温条件下，以超过原来钢筋屈服点强度的拉应力，强行拉伸钢筋，使钢筋产生塑性变形以达到提高钢筋屈服点强度和节约钢材的目的。

冷拉钢筋的制作过程需要两次冷拉过程制作完成。

第一次冷拉：取一钢筋对其施加拉应力冷拉，钢筋会发生变形（并作应力—应变图）。随着拉应力增加，钢筋内部承受的拉应力逐渐增大。

第二次冷拉：重新施加拉应力，将钢筋拉伸到破坏，应力—应变图出现新的变化，新的屈服点明显高于原来的屈服点。这个变化说明，钢筋的塑性发生了变化，塑性小了，硬度大了，钢筋的强度得到提高，这一现象叫“变形硬化”。

经过以下两次过程冷拉钢筋制作完成。

3. 余热处理钢筋

余热处理钢筋是经热轧后立即穿水，进行表面控制冷却，然后利用芯部余热自身完成回火等调质工艺处理所得的成品钢筋，热处理后钢筋强度得到较大提高而塑性降低并不多。

4. 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋是热轧圆盘条经冷轧在其表面冷轧成三面或二面有肋的钢筋。冷轧带肋钢筋的牌号由 CRB 和钢筋的抗拉强度最小值构成。C、R、B 分别为冷轧（cold rolled）、带肋（ribbed）、钢筋（bar）三个词的英文首位大写字母。冷轧带肋钢筋分为 CRB550、CRB650、CRB800、CRB970 0RW1170 五个牌号。CRB550 为普通钢筋混凝土用钢筋，其他牌号为预应力混凝土用钢筋。CRB550 钢筋的公称直径范围为 4~12mm。CRB650 及以上牌号的公称直径为 4、5、6mm。

冷轧带肋钢筋的外形肋呈月牙形，横肋沿钢筋截面周圈上均匀分布，其中三面肋钢筋有一面肋的倾角必须与另两面反向，二面肋钢筋一面肋的倾角必须与另一面反向。横肋中心线和钢筋轴线夹角 β 为 $40^{\circ}\sim60^{\circ}$ 。肋两侧面和钢筋表面斜角 α 不得小于 45° ，横肋与钢筋表面呈弧形相交。横肋间隙的总和应不大于公称周长的 20%（图 1-2）。

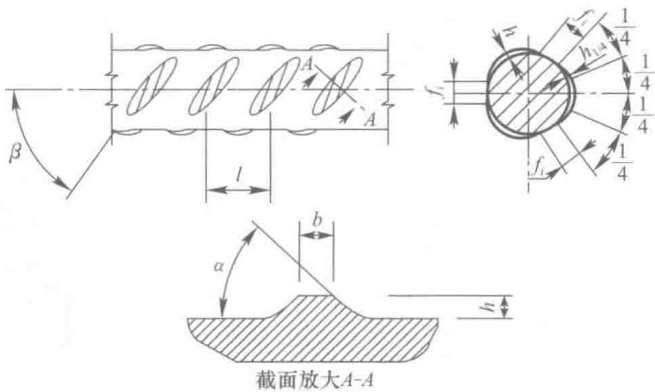


图 1-2 三面肋钢筋表面及截面形状

α —横肋斜角； β —横肋与钢筋轴线夹角； h —横肋中点高； l —横肋间距； b —横肋顶宽； f_i —横肋间隙

5. 冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋是用低碳钢钢筋（含碳量低于 0.25%）经冷轧扭工艺制成，其表面呈连续螺旋形（图 1-3）。这种钢筋具有较高的强度，而且有足够的塑性，与混凝土粘结性能优异，代替 HPB300 级钢筋可节约钢材约 30%。一般用于预制钢筋混凝土圆孔板、叠合板中的预制薄板以及现浇钢筋混凝土楼板等。

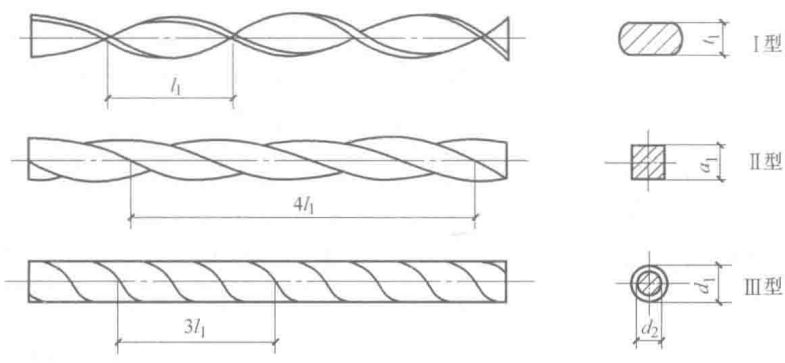


图 1-3 冷轧扭钢筋形状及截面控制尺寸

l_1 —节距； t_1 —轧扁厚度； a_1 —正方形边长； d_1 —外圆直径； d_2 —内圆直径

6. 冷拔螺旋钢筋

冷拔螺旋钢筋是热轧圆盘条经冷拔后在表面形成连续螺旋槽的钢筋。冷拔螺旋钢筋的外形见图 1-4。冷拔螺旋钢筋的生产，可利用原有的冷拔设备，只需增加一个专用螺旋装置与陶瓷模具。该钢筋具有强度适中、握裹力强、塑性好、成本低等优点，可用于钢筋混凝土构件中的受力钢筋，以节约钢材；用于预应力空心板可提高延性，改善构件使用性能。

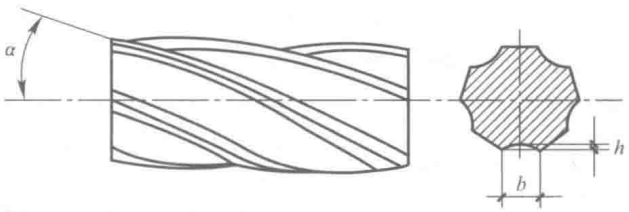


图 1-4 冷拔螺旋钢筋表面及截面形状

7. 钢绞线

钢绞线是由沿一根中心钢丝成螺旋形绕在一起的公称直径相同的钢丝构成（图 1-5）。

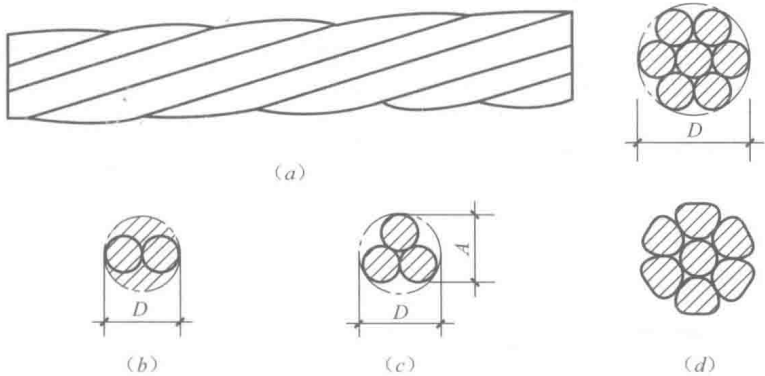


图 1-5 预应力钢绞线表面及截面形状

(a) 1×7 钢绞线；(b) 1×2 钢绞线；(c) 1×3 钢绞线；(d) 模拔钢绞线

D —钢绞线公称直径； A —1×3 钢绞线测量尺寸

常用的有 1×3 和 1×7 标准型。

预应力钢筋宜采用预应力钢绞线、钢丝，也可采用热处理钢筋。

【问题 2】G101 图集中对混凝土保护层的最小厚度如何规定的？

钢筋的保护层就是钢筋外边缘与混凝土外表面之间的距离。钢筋保护层顾名思义就是保护钢筋的混凝土厚度，其作用是根据建筑物耐久性要求，在设计年限内防止钢筋产生危及结构安全的锈蚀；其次是保证钢筋与混凝土之间有足够的粘结力，保证钢筋与其周围混凝土能共同工作，并使钢筋充分发挥计算所需的强度。如果没有钢筋保护层或钢筋保护层不足，钢筋就会受到水分或有害气体的侵蚀，会生锈剥落，截面减小，使构件承载能力降低；钢筋生锈后体积增大，使周围混凝土产生裂缝，裂缝展开后又促使钢筋进一步锈蚀，形成恶性循环，进一步导致混凝土构件保护层剥落，钢筋截面减少，承载力降低，削弱构件的耐久性。混凝土保护层过小将导致混凝土对钢筋握裹不好，使钢筋锚固能力降低，影响构件受力性能。混凝土保护层过大也会降低构件的有效高度和承载力。对有防火要求的建筑物，为了保证构件在火灾发生前的强度和承载力，设计中应要求在构件表面粘贴或涂刷隔热的防火保护层，以提高构件的耐火极限。

混凝土结构中，钢筋被包裹在混凝土内，由受力钢筋外边缘到混凝土构件表面的最小距离称为保护层厚度。混凝土保护层的作用为：

（1）保证混凝土与钢筋共同工作

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。这两种材料各以其抗压、抗拉性能优势相结合，就构成了具有抗压、抗弯、抗剪、抗扭等结构性能的各种结构形式的建筑物或结构物。混凝土与钢筋共同工作的保证条件，是依靠混凝土与钢筋之间有足够的握裹力。握裹力主要有三种力构成：

- ① 粘结力（粘着力）。它是混凝土与钢筋表面的粘结力。
- ② 摩擦力。当结构处于受力状态时混凝土与钢筋表面产生一种摩擦力。
- ③ 机械咬合力。它是由于钢筋表面凸凹不平与混凝土接触面产生一种咬合力。

由粘着力、摩擦力、咬合力这三种力构成的握裹力，直接关系到钢筋混凝土结构的性能和承载能力。保证混凝土与钢筋之间的握裹力，就要求保护层要有一定的厚度。如果保护层厚度过小，则混凝土与钢筋之间不能发挥握裹力的作用。因此规范规定混凝土保护层厚度的最小尺寸，不应小于受力钢筋的一个直径。

（2）保护钢筋不锈蚀，确保结构安全和耐久性

影响钢筋混凝土结构耐久性，造成其结构破坏的因素很多，如氯离子侵蚀，冻融破坏，混凝土不密实、裂缝，混凝土碳化，碱—骨料反应，在一定环境条件下都能造成钢筋锈蚀，引起结构破坏。钢筋锈蚀后，铁锈体积膨胀，体积一般增加到 $2\sim 4$ 倍，致使混凝土保护层开裂，潮气或水分渗入，加快和加重钢筋继续锈蚀，使钢筋直径由减小则锈断，导致建筑物破坏。混凝土保护层对防止钢筋锈蚀具有保护作用。这种保护作用在无有害物

质侵蚀下才能有效。但是，保护层因混凝土的碳化，给钢筋锈蚀提供了外部条件。因此，混凝土碳化对钢筋锈蚀有很大影响，关系到结构耐久性和安全性。

(3) 保护钢筋不应受高温（火灾）影响

使结构急剧丧失承载力保护层具有一定厚度，可以使建筑物的结构在高温条件下或遇有火灾时，保护钢筋不因受到高温影响，使结构急剧丧失承载力而倒塌。因此保护层的厚度与建筑物耐火性有关。混凝土和钢筋均属非燃烧体，以砂石为骨料的混凝土一般可耐高温 700℃。钢筋混凝土结构都不能直接接触明火火源，应避免高温辐射，由于施工原因造成保护层过小，一旦建筑物发生火灾，会造成对建筑物耐火等级或耐火极限的影响。这些因素在设计时均应考虑，混凝土保护层按建筑物耐火等级要求规定的厚度设计时，遇有火灾可保护结构或延缓结构倒塌时间，可为人口疏散和物资转移提供一定的缓冲时间。如保护层过小，可能会失去这个缓冲时间，造成生命、财产的更大损失。

混凝土保护层的最小厚度取决于构件的耐久性、耐火性和受力钢筋粘结锚固性能的要求，同时与环境类别有关。混凝土结构的环境类别见表 1-1。

混凝土结构的环境类别 表 1-1

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
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. 暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

16G101-1 和 16G101-2 图集中规定纵向受力钢筋的混凝土保护层的最小厚度应符合表

1-2 的要求。

混凝土保护层的最小厚度 (mm) 表 1-2

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外边缘至混凝土表面的距离；适用于设计使用年限为 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 年的结构最外层钢筋的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。
4. 混凝土强度等级不大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5mm。
5. 基础地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。

16G101-3 图集中规定纵向受力钢筋的混凝土保护层的最小厚度应符合表 1-3 的要求。

混凝土保护层的最小厚度 (mm) 表 1-3

环境类别	板、墙		梁、柱		基础梁(顶面和侧面)		独立基础、条形基础、筏形基础(顶面和侧面)	
	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30	≤C25	≥C30
一	20	15	25	20	25	20	—	—
二 a	25	20	30	25	30	25	25	20
二 b	30	25	40	35	40	35	30	25
三 a	35	30	45	40	45	40	35	30
三 b	45	40	55	50	55	50	45	40

- 注：1. 表中混凝土保护层厚度指最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离，适用于设计使用年限为 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 d 。
3. 一类环境中，设计使用年限为 100 年的结构最外层钢筋的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。
4. 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，基础底部的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；无垫层时，不应小于 70mm。
5. 桩基承台及承台梁：承台底面钢筋的混凝土保护层厚度，当有混凝土垫层时，不应小于 50mm，无垫层时不应小于 70mm；此外尚不应小于桩头嵌入承台内的长度。

【问题 3】钢筋代换原则有哪些？

- (1) 等强度代换：当构件受强度控制时，钢筋可按强度相等原则进行代换。
- (2) 等面积代换：当构件按最小配筋率配筋时，钢筋可按面积相等原则进行代换。
- (3) 当构件受裂缝宽度或挠度控制时，代换后应进行裂缝宽度或挠度验算。

钢筋代换方法如下:

1. 计算式

$$n_2 \geq \frac{n_1 d_1^2 f_{y1}}{d_2^2 f_{y2}} \quad (1-1)$$

式中 n_2 ——代换钢筋根数;

n_1 ——原设计钢筋根数;

d_2 ——代换钢筋直径;

d_1 ——原设计钢筋直径;

f_{y2} ——代换钢筋抗拉强度设计值;

f_{y1} ——原设计钢筋抗拉强度设计值。

2. 式 (1-1) 有两种特例

(1) 设计强度相同、直径不同的钢筋代换

$$n_2 \geq n_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad (1-2)$$

(2) 直径相同、强度设计值不同的钢筋代换

$$n_2 \geq n_1 \frac{f_{y1}}{f_{y2}} \quad (1-3)$$

3. 构件截面的有效高度影响

钢筋代换后,有时由于受力钢筋直径加大或根数增多而需要增加排数,则构件截面的有效高度 h_0 减小,截面强度降低。通常对这种影响可凭经验适当增加钢筋面积,然后再作截面强度复核。

对矩形截面受弯构件,可根据弯矩相等,按式 (1-4) 复核截面强度。

$$N_2 \left(h_{02} - \frac{N_2}{2f_c b} \right) \geq N_1 \left(h_{01} - \frac{N_1}{2f_c b} \right) \quad (1-4)$$

式中 N_1 ——原设计的钢筋拉力,等于 $A_{s1} f_{y1}$ (A_{s1} 为原设计钢筋的截面面积, f_{y1} 为原设计钢筋的抗拉强度设计值);

N_2 ——代换钢筋拉力,同上;

h_{01} ——原设计钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离;

h_{02} ——代换钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离;

f_c ——混凝土的抗压强度设计值,对 C20 混凝土为 9.6N/mm^2 ,对 C25 混凝土为 11.9N/mm^2 ,对 C30 混凝土为 14.3N/mm^2 ;

b ——构件截面宽度。

【问题 4】钢筋代换有哪些注意事项?

钢筋代换时,必须充分了解设计意图和代换材料性能,并严格遵守现行国家标准《混凝土结构设计规范 (2015 年版)》GB 50010—2010 的各项规定;凡重要结构中的钢筋代