

11G101 平法图集应用系列丛书

混凝土结构平法设计


HUNNINGTU JIEGOU PINGFA SHEJI

要点解析

YAODIAN JIEXI

许佳琪 主编



 中国计划出版社

11G101 平法图集应用系列丛书

混凝土结构平法设计要点解析

许佳琪 主编

中国计划出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构平法设计要点解析/许佳琪主编. —北京: 中国计划出版社, 2015. 8

(11G101 平法图集应用系列丛书)

ISBN 978-7-5182-0219-5

I. ①混… II. ①许… III. ①混凝土结构—结构设计
IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 183723 号

11G101 平法图集应用系列丛书

混凝土结构平法设计要点解析

许佳琪 主编

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京天宇星印刷厂印刷

787mm × 1092mm 1/16 12.75 印张 306 千字

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 978-7-5182-0219-5

定价: 39.00 元

版权所有 侵权必究

本书环衬使用中国计划出版社专用防伪纸, 封面贴有中国计划出版社
专用防伪标, 否则为盗版书。请读者注意鉴别、监督!

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

混凝土结构平法设计要点解析

编写组

主 编 参 编	许佳琪			
	刘珊珊	王 爽	张 进	罗 娜
	周 默	杨 柳	宗雪舟	元心仪
	宋立音	刘凯旋	张金玉	赵子仪
	许 洁	徐书婧	王春乐	

前 言

所谓平法就是把结构构件的尺寸和钢筋等，按照平面整体表示方法的制图规则，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，构成一套完整的结构施工图的方法。建筑结构施工图平面整体设计方法是一种符合中国国情、技术先进、与国际先进设计方式接轨的现代设计思想、理论和方法，采用平法设计，施工企业可全面提高施工水平，取得可观的经济效益和社会效益。为了帮助广大工程技术人员更快、更正确地理解和应用11G101系列图集，进而达到提高建筑工程的设计水平和创新能力，确保和提高工程建设质量的目的，我们组织编写了本书。

本书主要包括平法基本知识、柱平法设计、剪力墙平法设计、梁平法设计、板平法设计、板式楼梯平法设计以及基础平法设计等内容。

本书以最新的标准规范为依据，具有很强的针对性和适用性，以要点解析的形式进行详细阐述，其表现形式新颖、易于理解、便于执行，方便读者抓住主要问题，及时查阅和学习。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。

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。

编 者

2014年8月

目 录

第 1 章 平法基本知识	(1)
要点 1: 11G101 图集的基本要求	(1)
要点 2: 平法的基本原理	(2)
要点 3: 平法整体设计	(2)
要点 4: 结构混凝土的耐久性要求	(3)
要点 5: G101 图集中对混凝土保护层最小厚度的规定	(4)
要点 6: 钢筋的锚固	(6)
要点 7: 影响钢筋黏结锚固的因素	(9)
要点 8: 钢筋的连接	(10)
第 2 章 柱平法设计	(13)
要点 1: 抗震框架柱纵向钢筋连接构造	(13)
要点 2: 上柱钢筋与下柱钢筋存在差异时抗震框架柱纵向钢筋的连接构造	(13)
要点 3: 地下室抗震框架柱纵向钢筋构造做法	(14)
要点 4: 地下室抗震框架的箍筋设置	(17)
要点 5: 新平法图集对柱根部加密区 - 嵌固端的规定	(18)
要点 6: 抗震框架柱边柱和角柱柱顶纵向钢筋的构造	(19)
要点 7: 顶梁边柱节点“柱插梁”的构造做法	(20)
要点 8: 顶梁边柱节点“梁插柱”的构造要求	(21)
要点 9: 框架梁柱混凝土强度等级不同时, 节点混凝土浇筑	(22)
要点 10: 框架柱节点核心区的水平箍筋设置	(23)
要点 11: 在实际工程中怎样能做到节点 D “不宜少于柱外侧 全部纵筋面积的 65%” 的构造要求	(24)
要点 12: 抗震框架柱变截面位置纵向钢筋构造做法	(24)
要点 13: 抗震框架柱、剪力墙上柱、梁上柱的箍筋加密区范围	(25)
要点 14: 抗震墙柱 (QZ)、梁上柱 (LZ) 纵向钢筋构造	(28)
要点 15: 非抗震框架柱的纵向钢筋构造连接方式	(28)
要点 16: 非抗震边柱和角柱柱顶纵向钢筋构造	(31)
要点 17: 复合箍筋的设置	(32)
要点 18: 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	(34)
要点 19: 设计芯柱锚固构造的情况	(34)
要点 20: 框架柱插筋在基础中的锚固构造	(35)
要点 21: 框架梁上起柱钢筋锚固构造	(37)

要点 22: 剪力墙上柱钢筋锚固构造	(37)
要点 23: 柱中纵向受力钢筋的配置	(38)
要点 24: 柱中纵向钢筋的接头	(39)
要点 25: 柱纵向钢筋的“非连接区”的规定	(42)
要点 26: 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	(42)
要点 27: 框支柱、转换柱的构造	(43)
要点 28: 框支柱箍筋和拉结钢筋的弯钩设计	(44)
第 3 章 剪力墙平法设计	(46)
要点 1: 剪力墙水平分布筋与竖向分布筋的区别	(46)
要点 2: 剪力墙水平钢筋内、外侧在转角位置的搭接的规定	(46)
要点 3: 剪力墙水平分布钢筋伸入端部的构造	(48)
要点 4: 剪力墙端部有暗柱时, 剪力墙水平分布钢筋在暗柱中的位置	(50)
要点 5: 剪力墙外侧水平分布钢筋不能在阳角处搭接, 而要在暗柱 以外的位置进行搭接	(51)
要点 6: 剪力墙竖向、横向分布钢筋配置构造要求	(52)
要点 7: 剪力墙竖向分布钢筋在楼面处的连接	(52)
要点 8: 剪力墙竖向及水平分布钢筋锚固构造	(54)
要点 9: 剪力墙竖向及水平分布钢筋连接构造	(55)
要点 10: 剪力墙中的竖向分布钢筋和水平分布钢筋与墙暗梁中 的钢筋摆放	(56)
要点 11: 剪力墙中的竖向分布钢筋在顶层楼板处遇到暗梁或 边框梁时的锚固	(57)
要点 12: 剪力墙第一根竖向分布钢筋距边缘构件的距离	(57)
要点 13: 剪力墙约束边缘构件的设置	(58)
要点 14: 剪力墙构造边缘构件的设置	(60)
要点 15: 剪力墙边缘构件纵向钢筋连接构造	(62)
要点 16: 剪力墙连梁钢筋构造	(63)
要点 17: 剪力墙暗梁 (AL) 钢筋的构造	(66)
要点 18: 剪力墙边框梁 (BKL) 配筋的构造	(66)
要点 19: 剪力墙连梁与暗梁或边框梁发生局部重叠时, 两个梁的纵筋搭接	(67)
要点 20: 地下室外墙纵向钢筋在首层楼板的连接	(69)
要点 21: 剪力墙洞口补强钢筋构造	(72)
要点 22: 剪力墙结构的布置	(74)
要点 23: 剪力墙配筋的规定	(75)
要点 24: 框架 - 剪力墙结构的布置	(76)
要点 25: 底部加强区部位的确定	(77)
要点 26: 部分框支剪力墙在框支梁中的锚固	(78)
要点 27: 墙体及连梁开洞的要求	(80)

第4章 梁平法设计	(82)
要点1: 当框架梁和连续梁的相邻跨度不相同, 上部非通长钢筋 的长度确定	(82)
要点2: 框架梁上部钢筋在端支座的锚固	(83)
要点3: 抗震楼层框架梁上部纵筋	(84)
要点4: 屋面框架梁端纵向钢筋构造	(84)
要点5: 非抗震框架梁上部通长筋和下部受力钢筋的构造要求	(87)
要点6: 非抗震楼层框架梁上部与下部纵筋在端支座的锚固要求	(87)
要点7: 非抗震屋面框架梁上部通长筋和下部受力钢筋的构造要求	(89)
要点8: 非抗震屋面框架梁下部纵筋在端支座的锚固要求	(89)
要点9: 非抗震屋面框架梁下部纵筋在中间支座节点外搭接	(90)
要点10: 非抗震屋面框架梁下部纵筋在中间支座锚固和连接的构造要求	(91)
要点11: 框架梁水平加腋构造	(91)
要点12: 框架梁竖向加腋构造	(91)
要点13: 屋面框架梁中间支座变截面钢筋构造	(95)
要点14: 楼层框架梁中间支座变截面处纵向钢筋构造	(97)
要点15: 非抗震框架梁和屋面框架梁箍筋构造做法	(98)
要点16: 抗震框架梁箍筋加密区范围	(98)
要点17: 非框架梁纵向受力钢筋在支座的锚固长度	(99)
要点18: 当梁的下部作用有均匀荷载时, 附加钢筋的设置	(101)
要点19: 梁内集中力处抗剪附加横向钢筋的设置	(102)
要点20: 侧面纵向构造钢筋及拉筋的构造要求	(103)
要点21: 非框架梁与次梁的异同	(104)
要点22: 非框架梁中间支座变截面处纵向钢筋构造	(105)
要点23: 折线梁(垂直弯折)下部受力纵筋的配置	(106)
要点24: 悬挑梁与各类悬挑端配筋构造	(107)
要点25: 梁柱节点设计相关规定	(109)
要点26: 梁支座上部纵筋的长度规定	(113)
要点27: 梁支座负筋延伸长度	(113)
要点28: 梁的“构造钢筋”和“抗扭钢筋”的异同	(114)
要点29: “大箍套小箍”的方法	(116)
要点30: 梁中纵向受力钢筋的水平最小净距, 双层钢筋时, 上下层的 竖向最小净距的规定	(117)
要点31: 抗震设防框架梁上部钢筋与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规定	(117)
要点32: 梁箍筋构造的要求	(118)
要点33: 梁侧面抗扭纵向钢筋的锚固方式同框架梁下部纵筋的原因	(120)
要点34: “非接触性锚固”和“非接触性搭接”的实现	(120)

要点 35: 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 $0.4l_{abE}$ 的情况处理	(121)
要点 36: 框架扁梁 (宽扁梁) 的构造	(123)
要点 37: 框架梁与框架柱同宽或梁一侧与柱平的防裂、防剥落的构造	(124)
第 5 章 板平法设计	(126)
要点 1: 有梁楼盖楼 (屋) 面板钢筋构造	(126)
要点 2: 纵向钢筋非接触搭接构造	(128)
要点 3: 无梁楼盖柱上板带与跨中板带纵向钢筋构造要求	(128)
要点 4: 无梁楼板的配筋	(130)
要点 5: 板的构造钢筋配置	(131)
要点 6: 悬挑板的配筋构造	(131)
要点 7: 悬挑板 (屋面挑檐) 在阳角和阴角附加钢筋的配置	(134)
要点 8: 在高层建筑中有转换层楼板边支座及较大洞口的构造	(136)
要点 9: 有梁楼盖不等跨板上部贯通纵筋连接构造做法	(138)
要点 10: 单、双向板的理解	(140)
要点 11: 现浇单向板分离式配筋的构造	(140)
要点 12: 现浇单向板弯起式配筋的构造	(143)
要点 13: 现浇双向板分离式配筋的构造	(144)
要点 14: 现浇双向板弯起式配筋的构造	(147)
要点 15: 楼板上开孔洞边加固配筋	(148)
要点 16: 屋面板上开孔洞边加固配筋	(151)
第 6 章 板式楼梯平法设计	(153)
要点 1: AT ~ DT 型梯板配筋构造	(153)
要点 2: FT、GT、HT 型梯板配筋构造	(159)
要点 3: FT、GT、HT 型楼梯平板构造	(169)
要点 4: ATa、ATb、ATc 型梯板配筋构造	(170)
要点 5: 不同踏步位置推高与高度减小构造	(171)
要点 6: 楼梯与基础连接构造	(172)
第 7 章 基础平法设计	(174)
要点 1: 独立基础拉梁的设置	(174)
要点 2: 条形基础梁底部非贯通纵筋长度的取值	(176)
要点 3: 基础梁侧面构造纵筋和拉筋构造	(176)
要点 4: 条形基础底板不平钢筋构造	(177)
要点 5: 筏形基础类型的选择	(178)
要点 6: 基础主梁纵向钢筋和箍筋构造	(179)
要点 7: 基础次梁纵向钢筋和箍筋构造	(181)
要点 8: 基础次梁配置两种箍筋时的构造	(183)
要点 9: 板式筏形基础中, 剪力墙开洞的下过梁构造	(183)

要点 10: 筏形基础电梯地坑、集水坑处等下降板的配筋构造	(184)
要点 11: 独立桩承台配筋构造	(185)
要点 12: 桩承台间联系梁的构造	(185)
要点 13: 桩基础伸入承台内的连接构造	(190)
参考文献	(192)

第 1 章 平法基本知识

要点 1: 11G101 图集的基本要求

1) 11G101 图集根据住房城乡建设部建质函 [2011] 82 号《关于印发 2011 年国家建筑标准设计编制工作计划的通知》进行编制。

2) 11G101 图集是混凝土结构施工图采用建筑工程施工图平面整体设计方法的国家建筑标准设计图集。

平法的表达形式, 概括来讲, 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, 构成一套完整的结构设计。平法系列图集包括:

①11G101-1《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)》。

②11G101-2《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)》。

③11G101-3《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、筏形基础及桩基承台)》。

3) 11G101 图集标准构造详图的主要设计依据有:

①《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)。

②《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)。

③《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)。

④《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)。

⑤《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)。

⑥《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)。

⑦《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)。

4) 11G101 图集的制图规则既是设计者完成平法施工图的依据, 也是施工、监理人员准确理解和实施平法施工图的依据。

5) 11G101 图集中未包括的构造详图, 以及其他未尽事项, 应在具体设计中由设计者另行设计。

6) 当具体工程设计需要对 11G101 图集的标准构造详图做某些变更时, 设计者应提供相应的变更内容。

7) 11G101 图集构造节点详图中的钢筋部分采用深红色线条表示。

8) 11G101 图集的尺寸以毫米为单位, 标高以米为单位。

要点 2：平法的基本原理

平法的系统科学原理为视全部设计过程与施工过程为一个完整的主系统，主系统由多个子系统构成，主要包括以下几个子系统：基础结构、柱墙结构、梁结构、板结构，各子系统有明确的层次性、关联性和相对完整性。

1. 层次性

基础、柱墙、梁、板均为完整的子系统。

2. 关联性

柱、墙以基础为支座——柱、墙与基础关联；梁以柱为支座——梁与柱关联；板以梁为支座——板与梁关联。

3. 相对完整性

基础自成体系，仅有自身的设计内容而无柱或墙的设计内容；柱、墙自成体系，仅有自身的设计内容（包括在支座内的锚固纵筋）而无梁的设计内容；梁自成体系，仅有自身的设计内容（包括锚固在支座内的纵筋）而无板的设计内容；板自成体系，仅有板自身的设计内容（包括锚固在支座内的纵筋）。在设计出图的表现形式上它们都是独立的板块。

平法贯穿于工程设计与施工的全过程，平法从应用的角度讲，就是一本有构造详图的制图规则。

要点 3：平法整体设计

1. 平法的设计思路

平法系列图集主要由平面整体表示方法制图规则和标准构造详图两大部分组成。平法结构施工图设计文件包括以下两部分：

(1) 平法施工图

平法施工图是在构件类型的结构平面布置图上，直接根据制图规则标注每个构件的几何尺寸和配筋，同时含有结构设计总说明。

(2) 标准构造详图

标准构造详图提供的是平法施工图图纸中没有表达的节点构造和构件本体构造等不需结构设计师设计和绘制的内容。节点构造是指构件与构件之间的连接构造，构件本体构造是指构件节点以外的配筋构造。

图纸是工程师的语言，设计表示方法是设计语言的语法规则。为保证在全国范围内形成统一的“工程师语言”，而不是各地区或部门的“设计方言”，将“平面整体表示方法”制定为制图规则的形式，成为新型标准化的内容之一。制图规则成为设计者简捷、明确、高效地表达结构设计内容的专业技术规则。

制图规则主要是用文字表达的技术规则，而标准构造详图是用图形表达的技术规则。两种技术规则相辅相成，共同服务于结构设计和施工。

2. 平法的实用效果

1) 平法采用标准化的设计制图规则，结构施工图表达数字化、符号化，单张图纸的

信息量大而且集中；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；平法使设计者易于掌握全局，易于进行平衡调整，易修改，易校审，改图可不牵连其他构件，易于控制设计质量；平法既能适应建设业主提出的分阶段分层次施工的要求，也可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。平法分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，有利于施工质量的管理。

2) 平法采用标准化的构造设计，形象、直观，易懂、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，集中分类归纳整理后编制成国家建筑标准设计图集供设计选用，可避免构造做法反复抄袭以及由此产生的设计失误，保证节点构造在设计与施工两个方面均达到高质量。此外，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，已初步形成结构设计与施工的部分技术规则。

3) 平法大幅度降低设计成本，降低设计消耗，节约自然资源。平法施工图是有序化、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，与传统方法相比图纸量减少70%以上，减少了综合设计工日，降低了设计成本，在节约人力资源的同时又节约了自然资源，为保护自然环境间接做出贡献。

要点4：结构混凝土的耐久性要求

结构的可靠性是由结构的安全性要求、结构的适用性要求和结构的耐久性要求三者来保证的，根据《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001的规定，结构在规定的设计使用年限内，正常的维护下应具有足够的耐久性能。所谓耐久性，系指结构在规定的工作环境中，在预定时期内，其材料性能的恶化不至于导致结构出现不可接受的失效概率，足够的耐久性可使结构正常使用到规定的设计使用年限。《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010中混凝土结构耐久性的基本要求，是根据设计使用年限和环境类别设计的。在工程结构验收时，不仅要验收材料是否达到设计要求的强度，也要验收构件是否满足耐久性要求，特别对于最大水胶比、最大氯离子含量和最大碱含量的指标不能超过表1-1的规定。

表1-1 结构混凝土材料的耐久性基本要求

环境等级	最大水胶比	最低强度等级	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 (kg/m ³)
一	0.60	C20	0.30	不限制
二 a	0.55	C25	0.20	3.0
二 b	0.50 (0.55)	C30 (C25)	0.15	
三 a	0.45 (0.50)	C35 (C30)	0.15	
三 b	0.40	C40	0.10	

注：1 氯离子含量系指其占胶凝材料总量的百分比。

2 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为0.06%，其最低混凝土强度等级宜按表中的规定提高两个等级。

3 素混凝土构件的水胶比及最低强度等级的要求可适当放松。

4 有可靠工程经验时，二类环境中的最低混凝土结构等级可降低一个等级。

5 处于严寒和寒冷地区二 b、三 a 类环境中的混凝土应使用引气剂，并可采用括号中的有关参数。

6 当使用非碱活性骨料时，对混凝土中的碱含量可不作限制。

要点 5: G101 图集中对混凝土保护层最小厚度的规定

钢筋的保护层就是钢筋外边缘与混凝土外表面之间的部分。钢筋保护层顾名思义就是保护钢筋的,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黏结力,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。钢筋生锈后体积会增大,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的剥落,使钢筋截面减小,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的握裹不好,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,确保结构力性能混凝土与钢筋共同工作,是保证结构构件承载能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黏结力(黏着力)。它是混凝土与钢筋表面的黏结力。

②摩擦力。它是当结构处于受力状态时混凝土与钢筋表面产生的一种摩擦力。

③机械咬合力。它是由于钢筋表面凹凸不平与混凝土接触面产生的一种咬合力。由黏着力、摩擦力、机械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直径。

2) 保护钢筋不锈蚀,确保结构的安全性和耐久性。

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—集反应,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 2~4 倍,致使混凝土保护层开裂,潮气或水分渗入,加快和加重钢筋的锈蚀,使钢筋锈短,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。这种保护作用在无害物质侵蚀下才能有效。但是,保护层混凝土的碳化,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,关系到结构的安全性和耐久性。

3) 保护钢筋不受高温(火灾)影响。保护层具有一定厚度,可以使建筑物在高温

条件下或遇到火灾时不因受到高温影响,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的耐火性有关。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700℃高温。钢筋混凝土结构都不能直接接触明火或火源,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,遇到火灾可保护结构或延缓结构倒塌时间,可为人流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、耐火性和受力钢筋黏结锚固性能的要求,同时与环境类别有关。混凝土结构的环境类别见表1-2。

表1-2 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 受除冰盐影响的环境 海风环境
三 b	盐渍土环境 受除冰盐作用的环境 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

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现行国家标准《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,根据调查研究和工程经验确定。

4 受除冰盐影响的环境是指受到除冰盐盐雾影响的环境;受除冰盐作用的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。

G101 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。

表 1-3 混凝土保护层的最小厚度 (mm)

环境类别	板、墙	梁、柱
—	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 设计使用年限为 100 年的混凝土结构，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；二、三类环境中，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。

要点 6：钢筋的锚固

为保证构件内的钢筋能够很好地受力，当钢筋伸入支座或在跨中截断时，必须伸出一定长度，依靠这一长度上的黏结力把钢筋锚固在混凝土中，此长度称为锚固长度。

试验证明，随着锚固长度的增加，锚固抗力增长。当锚固抗力等于钢筋的屈服强度时，相应的锚固长度可称为临界锚固长度，这是保证受力钢筋直到屈服也不会发生锚固破坏的最小锚固长度。钢筋屈服后进入强化阶段，随着锚固长度的增加，锚固抗力还能增长。当锚固抗力等于钢筋的抗拉强度时，相应的锚固长度称为极限锚固长度。显然，超过极限锚固长度的锚固段在锚固抗力中将不再起作用。而规范规定的设计锚固长度值应大于临界锚固长度，而小于极限锚固长度。前者是为了保证钢筋承载的基本性能，后者是因为过长的锚固长度是多余的。

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：
基本锚固长度应按下列公式计算：

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (1-1)$$

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_{py}}{f_t} d \quad (1-2)$$

式中： l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

α ——锚固钢筋的外形系数，按表 1-4 取用；

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度等级高于 C60 时，按 C60 取值；

d ——锚固钢筋的直径。

表 1-4 锚固钢筋的外形系数 α

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

注：光面钢筋末端应做180°弯钩，弯后平直段长度不应小于3d，但作受压钢筋时可不作弯钩。

受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按下列公式计算，且不应小于200mm：

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (1-3)$$

抗震锚固长度的计算公式为：

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \quad (1-4)$$

式中： l_a ——受拉钢筋的锚固长度；

ζ_a ——锚固长度修正系数，按表1-5的规定取用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于0.6；

l_{aE} ——抗震锚固长度；

ζ_{aE} ——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。

表 1-5 受拉钢筋锚固长度修正系数 ζ_a

锚固条件		ζ_a	备注
带肋钢筋的公称直径大于25		1.10	—
环氧树脂涂层带肋钢筋		1.25	
施工过程中易受扰动的钢筋		1.10	
锚固区保护层厚度	3d	0.80	中间时按内插值。d为锚固钢筋的直径
	5d	0.70	

当锚固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。

为了方便施工人员使用，G101图集将混凝土结构中常用的钢筋和各级混凝土强度等级组合，将受拉钢筋锚固长度值计算得到钢筋直径的整倍数形式，编制成表格，见表1-6。

表 1-6 受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 、 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	≥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})	39d	34d	30d	28d	25d	24d	23d	22d	21d
	非抗震 (l_{ab})	39d	34d	30d	28d	25d	24d	23d	22d	21d