



钢与混凝土组合结构设计施工手册

中国建筑工业出版社

86.24073
7744

钢与混凝土组合结构 设计施工手册

建筑结构设计手册丛书编委会

周起敬 姜维山 潘泰华 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登 035 号

本书主要介绍压型钢板与混凝土组合楼板、钢与混凝土组合梁、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构、外包钢混凝土结构等五大类新型结构的发展概况、科研成果、设计方法和施工要点等内容,既有系统的理论与应用介绍,也有详细的实际设计资料。

本书可供土建科研、教学、设计、施工广大工程技术人员使用。

责任编辑 赵梦梅

技术设计 马江燕

责任校对 刘 英

钢与混凝土组合结构设计施工手册

建筑结构设计手册丛书编委会

周起敬 姜维山 潘泰华 主编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 28¹/₂ 字数: 691 千字

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

印数: 1—15,290册 定价: 18.80元

ISBN7-112-01403-4/TU·1036

(6444)

编 委 (以姓氏笔划为序)

沈乃萃 周起敬 姜维山 段文玺
盛吉鼎 黎 钟 赵梦梅 潘泰华

主 编: 周起敬 姜维山 潘泰华

编 著: 第一章 周起敬 周 霓
第二章 汪心渊
第三章 严正庭 严 立
第四章 潘泰华 赵鸿铁 姜维山
第五章 蔡绍怀
第六章 范良干 张圣贤

参加编写工作的还有:

段文玺 张福惠 曹芳珍 姜彦刚 袁 泉
王兆熊 马玮献 吴锡琛

参加审校工作的有:

方承煦

钢与混凝土组合结构是一门新兴的学科，它的主要优点是抗震性能好，施工方便，能充分发挥材料的性能，所以在欧、美、日本等国家已广泛采用。八十年代以来，我国已有不少工程采用了这种结构。许多工程技术人员对这项技术怀有兴趣，急于找到相应资料和规范，以适应工程建设的需要。

在冶金建筑学会混凝土结构专业委员会召开的一次“钢与混凝土组合结构”学术交流会上，根据到会同志的要求，由专业委员会挂靠单位——北京有色冶金设计研究总院负责并组织从事组合结构科研、教学、设计的人员编写一本钢与混凝土组合结构的实用专著，此即本书的缘起。这项工作得到了中国有色金属工业总公司和中国金属学会的关怀和支持，最后编成本书。

本书包括：1. 压型钢板与混凝土组合楼板；2. 钢与混凝土组合梁；3. 型钢混凝土结构；4. 钢管混凝土结构；5. 外包钢混凝土结构等五大类。分别介绍了每一种组合结构的概况、受力机理、试验研究数据、承载能力计算公式以及构造和施工要点，集钢与混凝土组合结构的设计与施工于一体，以便读者查找。

本书包括的设计方法和计算公式是在学习国外经验和开展我国自己科研工作的基础上提出来的，它完全遵循我国《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68—84）的要求，并考虑与新修订的《钢结构设计规范》（GBJ 17—88）和《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）协调一致，可以直接在设计中使用。对其中的公式符号、计量单位等也按照《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》（GBJ 83—85）执行，可方便地与其他规范对照参考。

由于时间和水平所限，书中尚有不足和不妥之处，热切希望读者和专家给予批评指正，以便今后改正。

本手册在编写过程中得到了许多单位的支持和不少同志的热心帮助，在此一并致谢！

目 录

第一章 总 则	1	一、施工计划	66
第一节 概 论	1	二、压型钢板的加工、运输和保管	66
第二节 基本设计原则	2	三、切割、钻孔	68
一、结构功能及其极限状态设计方法	2	四、压型钢板的敷设	68
二、变形限值	4	五、板的临时支撑	69
三、混凝土裂缝密度限值	5	六、浇灌混凝土	69
第三节 材料设计指标	5	参考文献	69
一、钢材	5	第三章 钢与混凝土组合梁	71
二、混凝土	9	第一节 概 况	71
第四节 钢材基本性能	10	一、组合梁的基本性能	71
一、钢材的分类	10	二、组合梁结构体系的具体做法	71
二、钢材的化学成分和机械性能	11	三、组合梁的发展与应用	73
三、承重结构的材料选择	16	四、组合梁的优缺点	73
第五节 接头与连接	17	第二节 计算理论	75
一、钢构件的焊接连接	17	一、概述	75
二、螺栓连接	43	二、弹性理论分析	75
参考文献	46	三、塑性理论分析	76
第二章 压型钢板与混凝土组合楼		四、试验研究简介	78
板	17	第三节 计算方法	82
第一节 概 况	17	一、弹性理论计算方法	82
一、组合板的发展	17	二、塑性理论计算方法	103
二、组合板的优点	48	第四节 构造要求	145
第二节 一般要求	50	一、组合梁的构造要求	145
一、压型钢板叠合面内槽要求	50	二、连接件的构造要求	148
二、常用压型钢板的型号及允许偏差	52	第五节 连续组合梁	149
第三节 组合板设计	55	一、概述	149
一、压型钢板的截面特征	55	二、内力分析	150
二、组合板计算方法	58	三、中间支座截面受弯承载力	152
第四节 构造要求	64	四、中间支座截面受剪承载力	153
一、压型钢板	64	五、整体稳定	153
二、配筋要求	64	六、负弯矩区连接件塑性设计法	153
三、混凝土板裂缝限值	65	七、跨中挠度计算	154
四、组合板厚度	65	八、混凝土板最大裂缝宽度	154
五、组合板的支承长度	65	计算例题三	155
六、连接件	65	第六节 施 工	164
第五节 施工及注意事项	66	一、组合梁施工工艺流程	164

二、圆柱头焊钉、焊接瓷环及焊接	165	三、钢管的屈服条件	285
参考文献	170	四、钢管混凝土的工作机理	285
第四章 型钢混凝土结构	173	五、钢管混凝土的塑流特点	287
第一节 概 况	173	六、关于极限承载能力的定义	288
一、型钢混凝土结构在外国的应用	175	第四节 钢管混凝土的极限分	
二、型钢混凝土结构在我国的应用	178	析(一)	288
第二节 型钢混凝土梁的计算	182	一、极限平衡理论	288
一、型钢混凝土梁的抗弯承载力计算	182	二、钢管混凝土极限分析的基本假设	290
二、型钢混凝土梁的抗剪承载力计算	197	三、公式推导	290
三、型钢混凝土梁的裂缝和变形计算	208	四、实验校核	294
第三节 型钢混凝土柱的计算	214	第五节 钢管混凝土柱的极限	
一、型钢混凝土柱的正截面承载力计算	214	分析(二)	295
二、型钢混凝土柱斜截面承载力计算	238	一、单元柱及其分类	296
第四节 型钢混凝土梁柱节点	246	二、标准单元柱的承载力计算	296
一、型钢混凝土梁柱节点的形式及构		三、非标准单元柱的承载力计算	302
造	246	四、悬臂单元柱的承载力计算	304
二、节点的试验研究	247	五、柱端约束条件的影响	305
三、节点的受力机理及破坏过程	250	第六节 钢管混凝土上单肢柱的承载力计	
四、节点抗剪承载力计算	251	算	306
第五节 构 造	256	一、计算规则	306
一、型钢混凝土梁	256	二、计算流程图	308
二、型钢混凝土柱	258	三、计算示例	310
三、梁柱节点	259	第七节 钢管混凝土格构柱的承载力计	
四、梁及柱的型钢连接	262	算	313
五、柱脚	263	一、计算规则	314
六、保护层	263	二、计算示例	318
七、剪力连接件	263	三、公式由来	320
第六节 施 工	264	第八节 局部受压承载力计算	322
一、模板工程	264	一、单层钢管混凝土	322
二、型钢和钢筋	267	二、双层钢管混凝土	323
参考文献	269	三、计算示例	324
第五章 钢管混凝土结构	271	第九节 构造要求	325
第一节 概 况	271	一、一般要求	325
第二节 钢管混凝土的基本性能	277	二、钢管混凝土结构的连接	325
一、应力路径和加载方式	277	第十节 施 工	329
二、变形特点	278	一、钢管制作	329
三、轴压短柱的 $N-\epsilon_c$ 曲线和极限承		二、钢管柱拼接组装	330
载力	279	三、钢管柱吊装	331
四、体积应变	281	四、管内混凝土的浇灌	332
五、细长柱和偏压柱	282	参考文献	333
第三节 钢管混凝土的工作机理	283	第六章 外包钢混凝土结构	339
一、三向受压混凝土的破坏机理	283	第一节 概 况	339
二、三向受压混凝土的强度极限条件	284	一、发展概况	339

二、外包钢结构的优点.....	340	附表 5	焊接工字形钢的截面特性表.....	408
三、国外在工程中应用情况.....	341	附录三	常用钢筋截面面积表.....	419
四、我国在工程中应用情况.....	342	附表 6	钢筋的计算截面面积及公称质 量表.....	419
第二节 厂房结构设计.....	343	附录四	柱的计算长度系数.....	420
一、一般要求.....	343	附表 7	无侧移框架等截面柱的计算长 度系数 μ	420
二、结构布置与形式.....	344	附表 8	有侧移框架柱的计算长度 系数 μ	422
三、结构计算中的几个问题.....	348	附表 9	柱上端为自由的单阶柱下段的 计算长度系数 μ	424
第三节 基本构件设计.....	352	附表 10	柱上端可移动但不转动的单阶 柱下段的计算长度系数 μ	426
一、梁的计算.....	352	附录五	普通螺栓的承载力设计值.....	428
二、柱的计算.....	362	附表 11	1、3号钢一个C级螺栓的 承载力设计值.....	428
三、构造要求.....	369	附表 12	2、3号钢一个A级、B级螺 栓的承载力设计值.....	429
四、计算例题.....	370	附录六	高强度螺栓的承载力设计值.....	430
第四节 接头设计.....	372	附表 13	一个摩擦型高强度螺栓的承载 力设计值.....	430
一、一般要求.....	372	附表 14	一个承压型高强度螺栓的承载 力设计值.....	431
二、空腹式结构.....	372	附录七	压型钢板选用表.....	434
三、实腹式结构.....	383	附表 15	$U_{KA}-N$ 组合板.....	434
第五节 构件施工.....	386	附表 16	$U_{KA}-N$ 组合板.....	438
一、一般要求.....	386	附表 17	U-200组合板.....	443
二、施工工艺.....	386			
三、骨架质量要求.....	391			
四、施工注意事项.....	392			
参考文献.....	393			
附录一 常用钢材截面特性表.....	394			
附表 1 热轧等边角钢截面特性表.....	394			
附表 2 热轧不等边角钢截面特性表.....	399			
附表 3 热轧普通工字钢截面特性表.....	403			
附表 4 热轧普通槽钢截面特性表.....	406			
附录二 常用焊接工字形钢的截面特 性表.....	408			

第一节 概 论

用型钢或钢板焊（或冷压）成的钢截面，再在其上、四周或内部浇灌混凝土，使混凝土与型钢形成整体共同受力，通称钢与混凝土组合结构（以下简称组合结构）。国内外常用的组合结构有：1.压型钢板与混凝土组合楼板，2.钢与混凝土组合梁，3.型钢混凝土结构，4.钢管混凝土结构，5.外包钢混凝土结构等五大类。

二次世界大战以后，欧洲急需恢复战争破坏的房屋和桥梁，由于钢材的短缺，工程师们采用了大量的组合结构，节约了钢材并取得良好的经济效益。1968年日本十胜冲地震以后，发现采用组合结构修建的房屋，其抗震性能确实良好，于是组合结构在日本的高层与超高层建筑中得到迅速发展。

钢管混凝土结构在轴向压力下，混凝土受到周围钢管的约束，混凝土形成三向压力，使其抗压强度得到较大的提高，由于这一特殊的性能，钢管混凝土被广泛地应用到高轴压的构件中。如我国北京环线地铁车站柱，美国近年建成的太平洋第一中心大厦（44层）和双联广场大厦（58层）的核心筒大直径柱子，都采用了这种结构。

外包钢结构在苏联研究最早，应用最广泛，近年来我国主要在电厂建筑中推广使用了这种结构，并取得不少工程经验和经济效益。

现浇混凝土多层框架结构，施工时需要支满堂红脚手架并铺大量的模板；预制混凝土装配式结构施工时需要大型起重设备，施工质量又不易保证。组合结构克服了以上缺点，只要使用得当，都能收到较好的技术经济效益。

由于组合结构有节约钢材、提高混凝土利用系数、降低造价、抗震性能好、施工方便等优点，在各国建设中得到迅速发展，许多国家制定了相应的技术标准，使设计和施工有章可循。我国对组合结构的研究与应用起步较晚，只有钢与混凝土组合梁的塑性设计部分，已列入钢结构设计规范外，其他几种结构，有的正在编制规程，有的编制规程条件还不成熟，给推广这些结构造成一定困难，本书的编写出版希望能弥补上述的不足，以推动组合结构在我国的发展。

本书组合结构型钢（包括钢板以及连接焊缝）部分遵守现行《钢结构设计规范》（GBJ 17—88）的规定；钢筋与混凝土的设计指标遵守《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）的规定。

组合结构二种材料共同工作，主要依靠型钢（冷压或冷弯钢杆件）与混凝土之间的粘结力和机械咬合力提供的。如压型钢板与混凝土组合楼板共同工作，主要依靠钢板上压制的齿槽、穿过压型钢板焊在钢梁上的圆柱头焊钉或焊在压型钢板端部的横向钢筋的作用；钢与混凝土组合梁二者共同工作主要依靠圆柱头焊钉、槽钢、环形筋或螺旋筋等连接件形成；型钢混凝土结构主要依靠外包混凝土的箍筋起加强作用，对某些叠合面中剪力较大的位置还须布置圆柱头焊钉等连接件；钢管混凝土结构，主要依靠层间横隔板和剪切摩擦力

来形成；外包钢结构主要依靠焊在纵向角钢上的横向箍筋形成。在设计时各类组合结构的连接件均应满足计算与构造的要求。

对组合结构正截面、斜截面的承载能力计算公式，均遵守我国《建筑结构设计统一标准》（GBJ68—84），采用了极限状态平衡方程求出承载能力，对书中所提的计算方法还与试验结果做了对比和检验。本书某些章节介绍了试验概况和试验结果，目的是在无相应规程可遵循的情况下，帮助读者理解所提供的计算公式，做到使用时心中有数。对已有规程的章节，本书对规程作了进一步阐述。

书中承载能力计算公式，应与现行的《建筑结构荷载规范》（GBJ9—87）配套使用，使建筑结构的可靠度指标满足《建筑结构设计统一标准》的要求。

第二节 基本设计原则

一、结构功能及其极限状态设计方法

组合结构和其他各类结构一样，应遵守《建筑结构设计统一标准》（GBJ68—84）的要求。建筑结构必须满足下列各项功能要求：

1. 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用；
2. 在正常使用时具有良好的工作性能；
3. 在正常维护下具有足够的耐久性能；
4. 在偶然事件发生时及发生后，仍能保持必需的整体稳定性。

以上第1和第4两项是结构安全性的要求。在偶然事件（如强地震、爆炸、车辆冲撞）发生时，结构仍应保持必要的完整性；也就是说，可以出现某些局部性的严重破坏，但不致引起建筑物的连续倒塌。

第2项是结构适用性的要求，如应具有适当的刚度，以避免变形过大或在振动时出现共振等。

所谓“耐久性”是指建筑结构在正常维护条件下，应能完好地使用到规定的年限，而不因材料在长时间内出现的性质变化或外界侵蚀而发生损坏。

以上各项功能总称为建筑结构的可靠性。因此，可以概括地说，结构的可靠性是指结构在正常设计、正常施工和正常使用条件下，在预定的使用年限内（一般按50年考虑），完成预期的安全性、适用性和耐久性功能的能力。

在设计中，为了判断结构是否具备以上三方面的功能，《建筑结构设计统一标准》采用了以概率理论为基础，取各项功能的“极限状态”作为判别条件。能够完成预定功能的概率称为可靠度或可靠概率（ P_r ），而结构不能完成预定功能的概率称为失效概率（ P_f ），一般采用 P_f 或其对应的可靠度指标（ β ）来度量。

我国现行统一标准根据超过不同的极限状态后所带来的后果的严重程度，把极限状态分成：承载能力极限状态和正常使用极限状态两大类。

（一）承载能力极限状态

当结构或结构构件出现下列状态之一时，即认为超过了承载能力极限状态：

1. 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆等）；

2. 结构构件或连接因超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度的塑性变形而不适于继续承载；

3. 结构转变为机动体系；

4. 结构或结构构件丧失稳定（如压屈等）。

结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等）的严重程度，采用不同的安全等级，安全等级划分为三级，见表1-2-1

建筑结构的安全等级与可靠指标

表 1-2-1

安全等级	破坏后果	建筑物类型	可靠指标 β	
			脆性破坏	延性破坏
一级	很严重	重要建筑	4.2	3.7
二级	严重	一般建筑	3.7	3.2
三级	不严重	次要建筑	3.2	2.7

注：对可靠指标 β 的要求，在具体设计时是以结构重要性系数 γ_0 表示。

如果我们根据荷载规范所规定的荷载或荷载效应（所谓荷载效应是泛指由荷载产生的弯矩、剪力、轴力和扭矩等内力）的组合设计值，不应大于组合结构或结构构件的承载力设计值，则结构按极限状态设计的表达式为：

$$\gamma_0(\gamma_G G_k + \gamma_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} Q_{ik}) \leq R(\gamma_R f_k a_k) \quad (1-2-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，对安全等级一级、二级、三级的结构分别取1.1、1.0、0.9，但在抗震设计中不考虑此系数；

γ_G ——恒载分项系数，一般取1.2；

γ_{Q1} 、 γ_{Qi} ——活载分项系数：一般取1.4，对楼面结构，当活载标准值不小于4kN/m²时，取1.3；

G_k ——恒载效应标准值；

Q_{1k} 、 Q_{ik} ——活载效应标准值；

ψ_{ci} ——荷载组合值系数，当有风荷载时取0.6；无风荷载时取1.0；

$R(\cdot)$ ——抗力函数；

γ_R ——抗力或材料分项系数；

f_k ——材料强度的标准值；

a_k ——几何尺寸的标准值。

对于一般排架、框架结构，可采用简化表达式：

$$\gamma_0(\gamma_G G_k + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} Q_{ik}) \leq R(\gamma_R, f_k, a_k) \quad (1-2-2)$$

式中 ψ ——简化设计表达式采用的荷载组合系数，当有风荷载时取0.85；其它情况时取1.0。

（二）正常使用极限状态

当结构或结构构件出现下列状态之一时，即认为超过了正常使用极限状态：

1. 影响正常使用的外观的变形；

2. 影响正常使用的耐久性能的局部损坏（包括裂缝）；
3. 影响正常使用的振动；
4. 影响正常使用的其他特定状态。

为了保证结构或结构构件达到正常使用和耐久性的要求，应根据不同设计目的，分别考虑作用的短期效应组合和长期效应组合进行设计，使变形、裂缝等计算值不超过相应的规定限值，其表达式为：

1. 短期效应组合

$$G_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{Qi} Q_{ik}$$

2. 长期效应组合

$$G_k + \sum_{i=1}^n \psi_{Qi} Q_{ik}$$

式中 ψ_{Qi} ——活载的准永久值系数，按《建筑结构荷载规范》取用。

二、变 形 限 值

组合结构的变形限值可参照《钢结构设计规范》的要求：

1. 受弯构件的挠度不应超过表1-2-2的数值。

2. 多层框架结构在风荷载作用下的顶点水平位移与总高度之比不宜大于1/500，层间相对位移与层高之比不宜大于1/400。对室内装修要求较高的民用建筑多层框架结构，层间相对位移与层高之比宜适当减小。

受弯构件的容许挠度

表 1-2-2

项 次	构 件 类 别	容 许 挠 度
1	吊车梁和吊车桁架 (1) 手动吊车和单梁吊车(包括悬挂吊车) (2) 轻级工作制和起重量 $Q < 50t$ 的中级工作制桥式吊车 (3) 重级工作制和起重量 $Q \geq 50t$ 的中级工作制桥式吊车	$l/500$ $l/600$ $l/750$
2	设有悬挂电动梁式吊车的屋面梁或屋架(仅用可变荷载计算)	$l/500$
3	手动或电动葫芦的轨道梁	$l/400$
4	有重轨(重量等于或大于 $38kg/m$)轨道的工作平台梁 有轻轨(重量等于或小于 $24kg/m$)轨道的工作平台梁	$l/600$ $l/400$
5	楼盖和工作平台梁(第4项除外)、平台板 (1) 主梁(包括设有悬挂起重设备的梁) (2) 抹灰顶棚的梁(仅用可变荷载计算) (3) 除(1)、(2)款外的其它梁(包括楼梯梁) (4) 平台板	$l/400$ $l/350$ $l/250$ $l/150$
6	屋盖檩条 (1) 无积灰的瓦楞铁和石棉瓦屋面 (2) 压型钢板、有积灰的瓦楞铁和石棉瓦等屋面 (3) 其他屋面	$l/150$ $l/200$ $l/200$

续表

项 次	构 件 类 别	容 许 挠 度
7	墙架构件 (1) 支 柱 (2) 抗风附架(作为连续支柱的支承时) (3) 砌体墙的横梁(水平方向) (4) 压型钢板、瓦楞铁和石棉瓦墙面的横梁(水平方向) (5) 带有玻璃窗的横梁(竖直和水平方向)	$l/400$ $l/1000$ $l/300$ $l/200$ $l/200$

注: l 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的2倍)。

3. 在设有重级工作制吊车的厂房中, 跨间每侧吊车梁或吊车桁架的制动结构, 由一台最大吊车横向水平荷载所产生的挠度不宜超过制动结构跨度的 $1/2200$ 。

4. 设有重级工作制吊车的厂房柱和设有中、重级工作制吊车的露天栈桥柱, 在吊车梁或吊车桁架的顶面标高处, 由一台最大吊车水平荷载所生的计算变形值, 不应超过表1-2-3所列的容许值。

柱 的 容 许 计 算 变 形

表 1-2-3

项 次	变 形 的 种 类	按平面结构图形计算	按空间结构图形计算
1	厂房柱的横向变形	$H_T/1250$	$H_T/2000$
2	露天栈桥柱的横向变形	$H_T/2500$	
3	厂房和露天栈桥柱的纵向变形	$H_T/4000$	

注: 1. H_T 为柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度;

2. 计算厂房或露天栈桥的纵向变形时, 可假定吊车纵向水平荷载分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上;

3. 在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中, 厂房柱的容许计算变形值应减小10%。

三、混凝土裂缝宽度限值

型钢混凝土、外包钢等构件, 混凝土的最大裂缝宽应控制在以下值范围内:

(一) 室内一般构件为0.3mm;

(二) 重要构件(如屋架、托架等)、露天或室内高湿度环境的构件为0.2mm。

第三节 材料设计指标

一、钢 材

(一) 型钢的强度设计值

型钢(主要指工字钢、槽钢、角钢和钢板等)的强度设计值由钢结构设计规范规定, 其值(对3号钢按表1-3-1分组)按表1-3-2取用。钢铸件的强度设计值按表1-3-3取用。连接的强度设计值按表1-3-4至表1-3-6取用。

3号钢钢材分组尺寸(mm)

表 1-3-1

组 别	圆钢、方钢和扁钢 的直径或厚度	角钢、工字钢和槽 钢的厚度	钢板的厚度
第1组	≤ 40	≤ 15	≤ 20
第2组	$> 40 \sim 100$	$> 15 \sim 20$	$> 20 \sim 40$
第3组		> 20	$> 40 \sim 50$

注：工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

钢材的强度设计值(N/mm²)

表 1-3-2

钢 号	组 别	材 厚度或直径 (mm)	抗拉、抗压和 抗 弯	抗 剪	端面承压 (刨平顶紧)
			f 或 f_{ay}	f_v	f_{ce}
3号钢	第1组	—	215	125	320
	第2组	—	260	115	320
	第3组	—	190	110	320
16Mn钢、 16Mnq钢	—	≤ 16	315	185	445
	—	17~25	300	175	425
	—	26~36	290	170	410
15MnV钢、 15MnVq钢	—	≤ 16	350	205	450
	—	17~25	335	195	435
	—	26~36	320	185	415

注：3号镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，可按表中的数值增加5%。

钢铸件的强度设计值(N/mm²)

表 1-3-3

钢 号	抗拉、抗压和抗弯 f 或 f_{ay}	抗 剪 f_v	端面承压(刨平顶紧) f_{ce}
ZG200-400	155	90	260
ZG230-450	180	105	290
ZG270-500	210	120	325
ZG310-570	240	140	370

计算下列情况的结构构件或连接时，表1-3-2至表1-3-6规定的强度设计值应乘以相应的折减系数：

1. 单面连接的单角钢

(1) 按轴心受力计算强度和连接

0.85；

(2) 按轴心受压计算稳定性

等边角钢

$0.6 + 0.0015\lambda$ ，

但不大于1.0；

短边相连的不等边角钢

$0.5 + 0.0025\lambda$ ，

但不大于1.0；

长边相连的不等边角钢

0.70；

焊缝的强度设计值(N/mm²)

表 1-3-4

焊接方法和焊条型号	构件钢材			对接焊缝			角焊缝	
	钢 号	组 别	厚度或 直 径 (mm)	抗 压 f_c	焊缝质量为下列 级别时, 抗拉和 抗 剪		抗 剪 f_v	抗拉、 抗压和 抗 剪 f_t
					一 级	二 级		
自动焊、半自动焊和E43 ××型焊条的手工焊	3号钢	第1组	—	215	215	185	125	160
		第2组	—	200	200	170	115	160
		第3组	—	190	190	160	110	160
自动焊、半自动焊和E50 ××型焊条的手工焊	16Mn钢、 16Mnq钢	—	≤16	315	315	270	185	200
		—	17~25	300	300	255	175	200
		—	26~36	290	290	245	170	200
自动焊、半自动焊和E55 ××型焊条的手工焊	15MnV钢、 15MnVq钢	—	≤16	350	350	300	205	220
		—	17~25	335	335	285	195	220
		—	26~36	320	320	270	185	220

注: 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂, 应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊焊条的数值。

铆钉连接的强度设计值(N/mm²)

表 1-3-5

铆钉和构件的钢号		构件钢材		抗 拉 (铆钉头 拉脱) f_t	抗 剪 f_v		承 压 f_c	
		组 别	厚 度 (mm)		I类孔	II类孔	I类孔	II类孔
铆钉	ML2或ML3	—	—	120	185	155	—	—
构件	3号钢	第1~3组	—	—	—	—	145	360
	16Mn钢、	—	≤16	—	—	—	610	500
	—	—	17~25	—	—	—	590	480
	16Mnq钢	—	26~36	—	—	—	565	460

注: 1. 孔壁质量属于下列情况者为I类孔:

- 1) 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔;
- 2) 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔;
- 3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径, 然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

2. 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于II类孔。

λ 为长细比, 对中间无连系的单角钢压杆, 应按最小回转半径计算, 当 $\lambda < 20$ 时, 取 $\lambda = 20$;

2. 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接 0.90;
3. 沉头和半沉头铆钉连接 0.80。

注: 当几种情况同时存在时, 其折减系数应连乘。

(二) 钢筋和钢丝的强度值

钢筋(包括热轧钢筋、冷拉钢筋和热处理钢筋)和钢丝的强度值由混凝土结构设计规范规定, 其值应按表1-3-7和表1-3-8取用。

螺栓连接的强度设计值(N/mm²)

表 1-3-6

螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号		构件钢材		普通螺栓						锚栓	承压型高 强度螺栓	
				C级螺栓			A级、B级螺栓				抗拉	抗剪
		组别	厚度 (mm)	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_p^b	抗拉 f_t^b	抗剪 (Ⅰ类孔) f_v^b	承压 (Ⅰ类孔) f_p^b	f_t^a		
普通螺栓	3号钢	—	—	170	130	—	170	170	—	—	—	—
锚 栓	3号钢	—	—	—	—	—	—	—	—	140	—	—
	16Mn钢	—	—	—	—	—	—	—	—	180	—	—
承压型高 强度螺栓	8.8级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250	—
	10.9级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	310	—
构 件	3号钢	第1~3组	—	—	—	305	—	—	400	—	—	465
	16Mn钢、 16Mnq钢	—	≤16	—	—	420	—	—	550	—	—	640
		—	17~25	—	—	400	—	—	530	—	—	615
		—	26~36	—	—	385	—	—	510	—	—	590
	15MnV钢 15MnVq钢	—	≤16	—	—	435	—	—	570	—	—	665
		—	17~25	—	—	420	—	—	550	—	—	640
		—	26~36	—	—	400	—	—	530	—	—	615

注：孔壁质量属于下列情况者为I类孔：

- 1) 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；
- 2) 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；
- 3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

钢 筋 强 度 (N/mm²)

表 1-3-7

种	类	强度标准值	强度设计值	
		f_{yk} 或 f_{ayk}	拉 f_y 或 f_{sy}	压 f_c 或 f_{sc}
热轧钢筋	I级	235	210	210
	II级 $d \leq 25$	335	310	310
	$d = 28 \sim 40$	315	290	290
	III级	370	340	340
	IV级	540	500	400
冷拉钢筋	I级	280	250	210
	II级 $d \leq 25$	450	380	310
	$d = 28 \sim 40$	430	360	290
	III级	500	420	340
	IV级	700	580	4000
热处理钢筋		1470	1000	4000

注：1. 在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋设计强度大于310N/mm²时，仍应按310N/mm²取用；其他构件的钢筋抗拉设计强度大于340N/mm²时，仍应按340N/mm²取用，对直径大于12mm的I级钢筋，如经冷拉，不得利用冷拉后的强度。

2. 当钢筋混凝土结构的混凝土强度等级为C10时，允许采用I级钢筋，此时受拉钢筋的设计强度应乘以系数0.9。

3. 构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应根据其受力情况分别采用各自的设计强度。

钢 丝 强 度 (N/mm²)

表 1-3-8

种	类	强度标准值	强 度 设 计 值	
			拉	压
碳素钢丝	φ 4	1670	1130	
	φ 5	1570	1070	400
刻痕钢丝	φ 5	1470	1000	360
钢 绞 线	9.0(7φ3)	1670	1130	
	12.0(7φ4)	1570	1070	360
	15.0(7φ4)	1470	1000	
冷拔低碳钢丝	甲级	I 组 II 级	I 组 II 组	
	φ 4	700 650	460 430	400
	φ 5	650 600	430 400	
	乙级		320(焊)	320(焊)
	φ 3~φ 5	550	250(绑)	250(绑)

(三) 钢材的弹性模量

钢材的弹性模量 E 应按表1-3-9取用。

钢材的弹性模量 E (N/mm²)

表 1-3-9

项 次	钢 材 种 类	弹 性 模 量 E
1	型 钢	206×10^3
2	I 级钢筋、冷拉 I 级钢筋	210×10^3
3	II 级钢筋、III 级钢筋、IV 级钢筋、热处理钢筋、碳素钢丝、冷拔低碳钢丝	200×10^3
	冷拉 II 级钢筋、冷拉 III 级钢筋、冷拉 IV 级钢筋、刻痕钢丝、钢绞线	180×10^3

钢材的剪切模量 G_s 采用 79×10^3 N/mm²。

钢材的线膨胀系数 α_s 采用 12×10^{-6} /°C。

钢材的密度 ρ_s 采用 7850 kg/m³。

二、混 凝 土

(一) 混凝土的强度值

混凝土的强度标准值与设计值按表1-3-10取用。

(二) 混凝土的弹性模量

混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 应按表1-3-11取用。

混凝土的剪切模量 G_c 可按表1-3-11混凝土弹性模量 E_c 的0.4倍取用。

混凝土的线膨胀系数 α_c 采用 1×10^{-5} /°C (适用于温度0°C到100°C范围内)。

混凝土泊松比 ν_c 可采用0.2。