

建筑结构设计系列手册

型钢混凝土组合结构 构造与计算手册

XING GANG HUN NING TU ZU HE JIE
GOU GOU ZAO YU JI SUAN SHOU CE

■ 主编 刘维亚

■ 编著 刘维亚 张兴武 姜维山 吴真一 巴桂江

中国建筑工业出版社

建筑结构设计系列手册

型钢混凝土组合结构 构造与计算手册

主编 刘维亚

编著 刘维亚 张兴武 姜维山 吴真一 巴桂江

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

型钢混凝土组合结构构造与计算手册/刘维亚主编.

北京:中国建筑工业出版社,2004

建筑设计系列手册

ISBN 7-112-06310-8

I. 型... II. 刘... III. ①型钢-钢筋混凝土结构:

组合结构-技术手册 ②型钢-钢筋混凝土结构-结构计

算-技术手册 IV. TU375-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 005561 号

建筑设计系列手册

型钢混凝土组合结构构造与计算手册

主编 刘维亚

编著 刘维亚 张兴武 姜维山 吴真一 巴桂江

*

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

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:25³/₄ 字数:640千字

2004年5月第一版 2004年5月第一次印刷

印数:1—4000册 定价:49.00元(含光盘)

ISBN 7-112-06310-8

TU·5565 (12324)

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)

本社网址:<http://www.china-abp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

前 言

随着我国经济的发展,型钢混凝土组合结构以其承载力大、刚度大、抗震及防火性能好、结构局部和整体稳定性好、节约钢材等优点,在我国工程建设中所占的比例越来越多,应用的范围越来越广。尤其是近年来,随着经济的飞速发展,我国已成为钢铁生产大国,这就给型钢混凝土组合结构的发展奠定了良好的基础。建设部规划在“十五期间”以发展住宅钢结构为重点,也为我国钢结构的发展指明方向。在住宅钢结构试点工程中,组合结构因其上述诸多优点被广泛地采用。由此可见,组合结构在我国已进入了一个新的发展时期。

目前型钢混凝土组合结构方面的书籍不多,尤其是以工程设计人员为对象的有关构造和计算方面的资料就更少,使大多数工程设计人员在选择结构方案或从事施工图设计时常常感到无从下手,即使进行型钢混凝土结构或构件的设计,也常常花费大量的时间去查阅资料、研究有关构造和计算,以至于有些设计人员放弃对型钢混凝土结构的选用。这从某种意义上也限制了型钢混凝土组合结构的发展。也就是这个原因,促使我们在总结工程设计实例的基础上,结合近年来国内外最新科研成果编写了这本手册,以希望起到抛砖引玉的作用。

本手册包括型钢混凝土组合结构构造和计算两大部分。构造部分着重地反映了型钢混凝土结构的特点,从结构构件的安全耐久、耐火、简化施工、经济合理、设计简便等方面,采用了大量图示的方法,详细地介绍了型钢混凝土梁、柱与框架节点、柱脚、型钢与混凝土组合剪力墙等的构造要求和型钢、钢筋的配置原则,列出了型钢混凝土梁、柱、节点在其他文献少有的构造措施;梁、柱的计算部分,着重介绍了型钢混凝土组合梁、柱的计算方法,提供了工程设计中常用的梁、柱截面的计算图表,这些图表可用于在结构方案选择和扩初设计时,梁、柱截面的选定;施工图设计阶段构件的计算、校对。实际设计工作的经验证明,采用这些图表,节约了反复试算的过程,特别是对高层整体计算的建模、计算和分析,大大减少了对构件截面的选择和优化过程。另外,本手册还附赠了型钢混凝土组合梁、柱计算的程序,读者可以直接采用该程序,按照工程实际要求进行型钢混凝土组合梁、柱构件的计算。这样大大方便了读者。因此,可以说本手册是一本结构设计、科研人员常用的工具书。

本手册在编制过程中,得到了深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司有关领导的关心和支持,谨在此表示衷心的感谢。

参加本手册编著的人员有:刘维亚、张兴武、姜维山、吴真一、巴桂江。

计算程序设计:巴桂江。

在本手册编制过程中,孙慧中、颜卫亨、刘细林、张兴虎、吴东红等专家和学者提供了有关参考资料,刘瑛、王玉良、白玲玲、刘超、余芳、刘冠亚等人参加本书部分工作,在此一并感谢。

目 录

上篇 型钢混凝土组合结构构造

第1章 概 论

- 1.1 概况 1
- 1.2 型钢混凝土的适用范围 4

第2章 术语及符号

- 2.1 术语 5
- 2.2 符号 5

第3章 材料要求

- 3.1 型钢 7
- 3.2 焊接材料 9
- 3.3 焊缝强度设计值 9
- 3.4 栓钉、螺栓及锚栓 10
- 3.5 钢筋 13
- 3.6 混凝土 13

第4章 一般构造要求

- 4.1 构造的基本原则 15
- 4.2 混凝土强度等级的选择 17
- 4.3 钢材的选择 17
- 4.4 钢筋的选择 18
- 4.5 一般构造 18

第5章 设计计算的基本规定

- 5.1 设计计算方法及相关规定 28
- 5.2 组合结构建筑的基本规定 28

第6章 型钢混凝土框架梁构造

- 6.1 型钢混凝土框架梁的材料要求 32
- 6.2 型钢混凝土框架梁的截面要求 32
- 6.3 梁中纵向钢筋和腰筋的要求 32

- 6.4 梁箍筋的配置 33
- 6.5 梁内型钢 35
- 6.6 梁上开洞构造措施 37
- 6.7 型钢混凝土梁转为混凝土梁 38
- 6.8 型钢混凝土梁内上部部分钢筋
布置在板内 44

第7章 型钢混凝土框架柱构造

- 7.1 型钢混凝土柱的材料要求 47
- 7.2 型钢混凝土柱的截面要求 47
- 7.3 柱纵向钢筋的要求 48
- 7.4 柱箍筋的要求 49
- 7.5 螺旋箍筋 50

第8章 型钢混凝土框架柱 梁节点构造

- 8.1 型钢混凝土柱与型钢混凝土梁的
连接节点构造 53
- 8.2 型钢钢筋混凝土柱与钢筋混凝土
梁的连接节点构造 65
- 8.3 型钢混凝土柱内型钢与梁内型钢
或钢梁的连接节点构造 65

第9章 梁、柱型钢拼接处 节点构造

- 9.1 梁、柱型钢的连接 67
- 9.2 型钢混凝土梁、柱内型钢的简化
连接 67
- 9.3 型钢拼接处钢筋加强 70

第10章 柱与柱的连接构造

- 10.1 型钢混凝土柱向钢筋混凝土

柱转变	72
10.2 型钢混凝土柱向钢柱转变	72
10.3 型钢混凝土柱改变截面	73

第 11 章 梁与梁的连接构造

11.1 柱两侧为不同结构形式的 框架梁	74
11.2 钢筋混凝土次梁与型钢混 凝土主梁连接	74

第 12 章 梁与墙的连接构造

12.1 梁与墙连接形式	76
12.2 梁与墙连接构造	76

第 13 章 型钢混凝土剪力墙构造

13.1 型钢混凝土剪力墙的类型	77
13.2 型钢混凝土剪力墙的一般构造	77
13.3 剪力墙内腹板钢筋的锚固及 构造要求	78
13.4 剪力墙与型钢混凝土柱栓钉 连接计算	80

第 14 章 墙内配置钢板撑的剪力墙设计

14.1 设计特点	82
14.2 受剪承载力计算	82
14.3 构造要求	83
14.4 钢筋混凝土墙计算实例	83

第 15 章 柱脚

15.1 柱脚形式	86
15.2 埋入式柱脚型钢埋置深度的确定	86
15.3 柱脚的构造要求	88

第 16 章 型钢的拼接

16.1 型钢混凝土组合结构中型钢的拼接 应遵守的原则	92
16.2 型钢的拼接节点	92

第 17 章 施工质量要求

17.1 型钢的制作要求	95
17.2 型钢的材料要求	95
17.3 型钢的安装要求	95

下篇 型钢混凝土组合结构的计算

第 18 章 型钢混凝土组合结构 计算原理及方法

18.1 型钢混凝土组合结构计算方法	97
18.2 型钢混凝土组合结构计算 基本假定	97
18.3 极限状态设计法	97

第 19 章 型钢混凝土梁斜截面计算

19.1 型钢混凝土梁受剪截面控制条件	102
19.2 型钢混凝土梁受剪承载力计算	102

第 20 章 型钢混凝土梁、 柱计算图表

20.1 型钢混凝土柱计算图表	104
-----------------------	-----

20.2 型钢混凝土框架梁计算图表	354
-------------------------	-----

第 21 章 正常使用极限状态验算

21.1 型钢混凝土结构正常使用 极限状态验算	371
21.2 裂缝宽度验算	371
21.3 受弯构件挠度验算	372
21.4 型钢混凝土结构正常使用极限 状态计算例题	373

附录一 相关曲线计算方法推导 型钢混凝土框架柱的 M 和 N 的关系式实例	376
附录二 型钢规格及截面特征表	380
附录三 连接计算表	396
附录四 连接标注方法示例	398

上篇 型钢混凝土组合结构构造

第1章 概 论

1.1 概 况

型钢混凝土组合结构是把型钢埋入钢筋混凝土中的一种独立的结构形式。这种结构在各国有不同的名称,在英国、美国等西方国家将这种结构叫做混凝土包钢结构(Steel Encased Concrete);在日本则称为钢骨混凝土(铁骨铁筋コンクリート);在前苏联则被称作劲性钢筋混凝土。后两个名称我国也沿用过。建设部2001年10月23日发布的《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)则正式将该种结构称作型钢混凝土组合结构。

型钢混凝土组合结构构件是由型钢、主筋、箍筋及混凝土组合而成,即核心部分有型钢结构构件,其外部则为以箍筋约束并配置适当纵向受力主筋的混凝土结构。

型钢混凝土梁、柱是型钢混凝土结构的基本构件。

其型钢可分为实腹式和空腹式两大类:实腹式型钢构件可由型钢或钢板焊成,常见的截面形式有I、H、[、 π 等,也有矩形及圆形钢管。空腹式构件的型钢一般由缀板或缀条连接角钢或槽钢而组成。空腹式型钢比较节约钢材,但制作费用较高,抗震性能相对于实腹式型钢较差,因此目前应用不多。实腹式型钢由于制作简便、承载力大,因此目前被广泛采用。图1-1-1是实腹式和空腹式型钢混凝土柱和梁的截面示意图。

型钢混凝土组合结构分为两类。一类是全部结构构件均采用型钢混凝土结构;另一类是部分结构构件采用型钢混凝土结构。此两类结构宜用于框架结构、框架-剪力墙结构、底部大空间剪力墙结构、框架-核心筒结构、筒中筒结构等结构体系。

型钢混凝土结构和钢结构相比较具有如下优点:

1. 良好的耐久性和耐火性:型钢外包裹的混凝土具有抵抗有害介质侵蚀,防止钢材锈蚀等作用;同时,型钢外混凝土的保护层厚度,也决定着结构构件的耐火性能,比钢结构要好。曾保持世界最高建筑记录42年之久的前美国纽约世界贸易中心(图1-1-2a),大楼外墙是排列很密的钢柱,能够抵抗很大的风力及地震荷载的作用,但在2001年的9·11事件中,仅在燃烧1小时20分钟后就整体倒塌(图1-1-2b),这和钢结构的耐火性能有很大关系。莫斯科奥斯坦基诺电视塔(图1-1-2c),采用的是钢筋混凝土结构。它的高度540m,是欧洲第一、世界第二电视塔。在2000年8月27日大火烧了26小时20分钟后,不但没有倒塌,而且在维修后仍能正常使用。这充分地说明了,混凝土结构较钢结构具有良好的耐火性能。型钢混凝土组合结构就是利用混凝土这一优点,来克服钢结构耐火性能

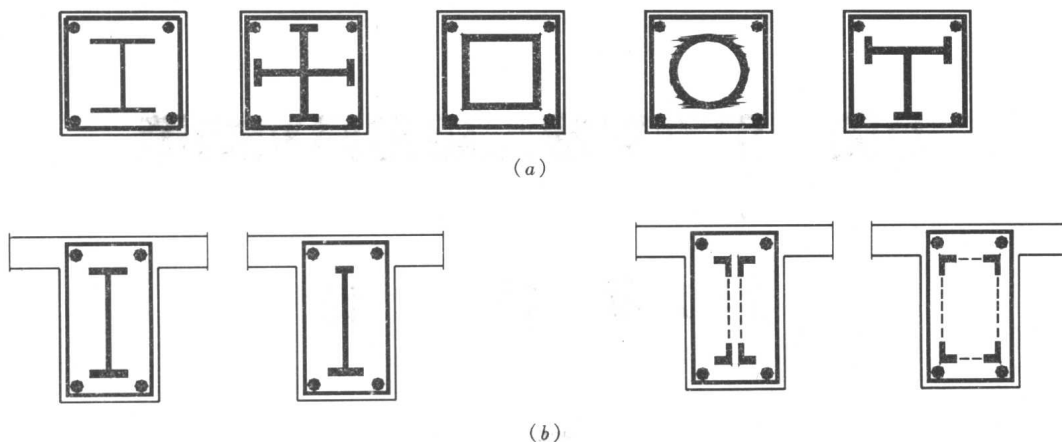


图 1-1-1 型钢混凝土柱和梁截面示意图

(a) 型钢混凝土柱; (b) 型钢混凝土梁

方面的缺陷,从而使结构具有良好的耐久性和耐火性。

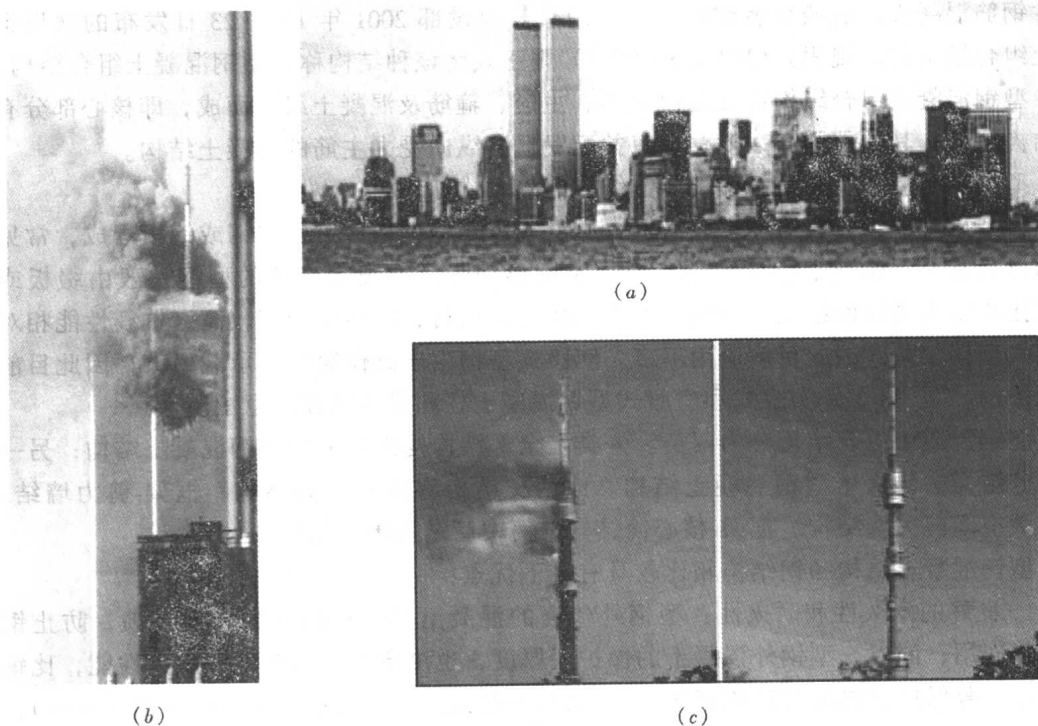


图 1-1-2

(a) 前美国纽约世界贸易中心外景; (b) 世界贸易中心被撞后起火; (c) 莫斯科奥斯坦基诺电视塔

2. 节约钢材: 由于以混凝土和型钢共同承担荷载, 使型钢混凝土成为节约钢材的一个重要手段。

3. 受力性能好: 普通的钢结构构件常具有受压失稳的弱点, 而型钢混凝土结构构件

内的型钢因周围混凝土的约束，型钢受压失稳的弱点得到了克服。

型钢混凝土结构和钢筋混凝土结构相比较具有一系列优点：

1. 承载力高：由于含钢率的限制，钢筋混凝土结构的承载力难以满足多层或高层建筑的要求。型钢混凝土结构中的型钢可以不受含钢率的限制，所以型钢混凝土结构构件的

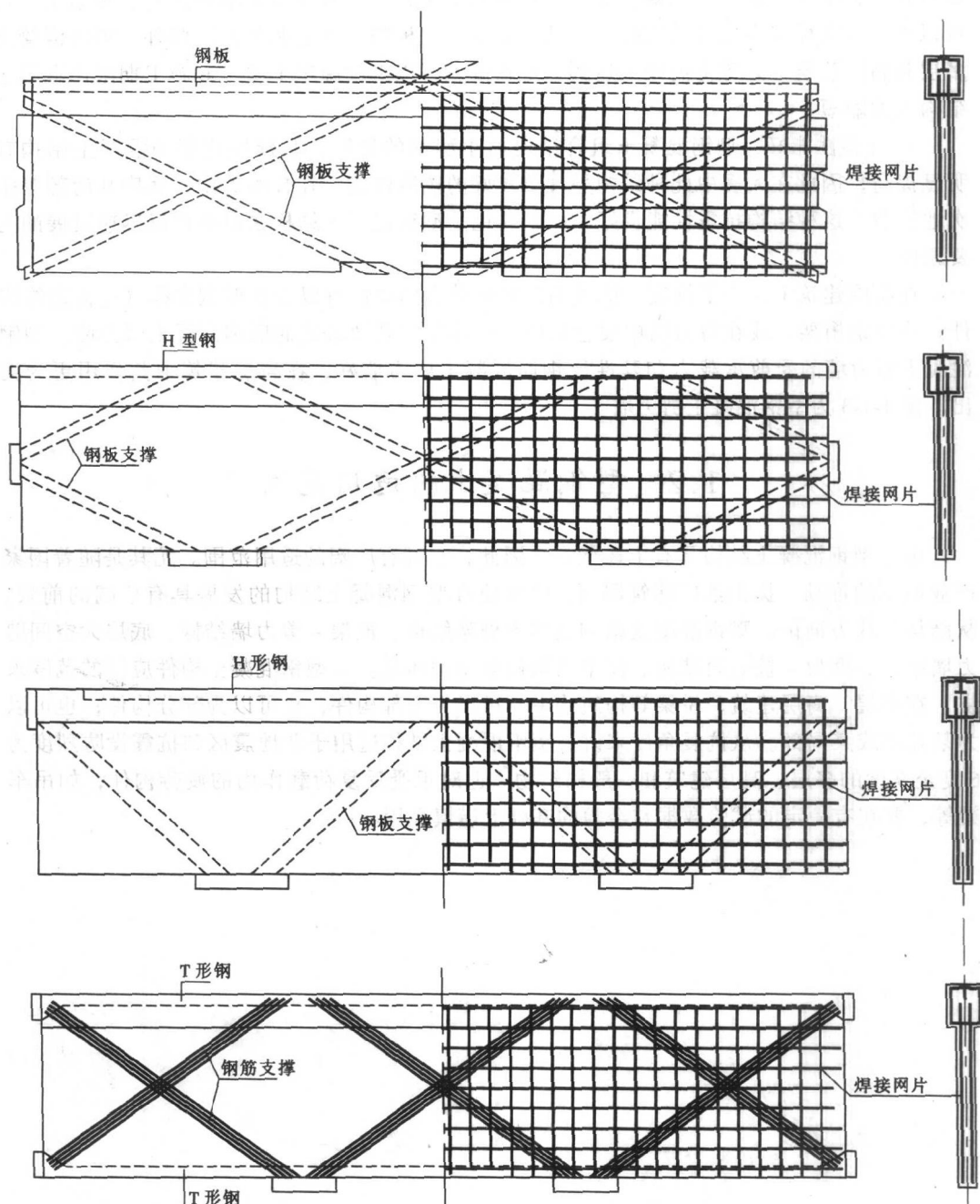


图 1-1-3 型钢混凝土剪力墙示意图

承载力可以高于同样外形尺寸的钢筋混凝土构件的承载能力 1 倍以上；因而可以减少构件的截面，不会形成肥梁胖柱。尤其是对于高层建筑，构件截面减少，可以增加使用面积和净高，其经济效益是可观的。

2. 施工周期短：型钢混凝土中的型钢在混凝土未浇筑以前就已形成钢结构骨架，它具有相当大的承载能力，能够承受构件自重和施工荷载，并且可将模板固定在型钢上，又可以省去为支模板而设置的支撑柱，从而减少了支模板的人工和材料。此外，型钢混凝土多层和高层建筑不必等待混凝土达到一定强度就可以继续施工上层，其施工期限比混凝土结构大为缩短。

3. 抗震性能好：型钢混凝土组合结构由于型钢的设置，其延性比钢筋混凝土结构有明显提高，因此在大震中此种结构呈现出较好的抗震性能。在日本关东、兵库县南部等多次地震中，这种结构抗震性能良好，所以这也是型钢混凝土结构在日本得以迅速发展的主要原因。

在高层建筑中，为了抗震、抗风而设置的剪力墙中也可以设置型钢支撑（包括边缘构件）或型钢桁架，或在剪力墙中设置钢板，这样组成各种形式的型钢混凝土剪力墙。型钢混凝土剪力墙的受剪承载力和延性比钢筋混凝土剪力墙好，在高层建筑中其作用更为突出。图 1-1-3 为型钢混凝土剪力墙。

1.2 型钢混凝土的适用范围

由于型钢混凝土结构具有上述优点，因此，它具有广阔的适用范围。尤其是随着国家产业政策的推动，提倡推广建筑用钢，这就使得型钢混凝土结构的发展具有广阔的前景。从结构形式方面讲，型钢混凝土结构适用于框架结构、框架-剪力墙结构、底层大空间剪力墙结构、框架-核心筒结构、筒中筒结构等结构体系。从型钢混凝土构件应用的范围来讲，在多层、高层建筑、桥梁等构筑物中，可以为全部构件，也可以为部分构件；也可以为某几层或某局部。从抗震角度来讲，型钢混凝土结构适用于非地震区和抗震设防烈度为 6 度至 9 度的多层、高层建筑和一般构筑物。但对承受反复荷载作用的疲劳构件，如吊车梁等，要在有一定的试验数据和经验的基础上谨慎采用。

第2章 术 语 及 符 号

2.1 术 语

2.1.1 型钢混凝土组合结构 (Steel Reinforced Concrete Composite Structures)
混凝土内配置型钢 (轧制或焊接成型) 和钢筋的结构。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量;
 E_s ——钢筋弹性模量;
 E_a ——型钢弹性模量;
 f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值;
 f_{yk} 、 f'_{yk} ——钢筋抗拉、抗压强度标准值;
 f_y 、 f'_y ——钢筋抗拉、抗压强度设计值;
 f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值;
 f_{ak} 、 f'_{ak} ——型钢抗拉、抗压强度标准值。
 f_a 、 f'_a ——型钢抗拉、抗压强度设计值;
 f_{av} ——型钢抗剪强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

N ——轴向力设计值;
 M ——弯矩设计值;
 V ——剪力设计值;
 σ_s 、 σ'_s ——正截面承载力计算中纵向钢筋的受拉、受压应力;
 σ_a 、 σ'_a ——正截面承载力计算中型钢翼缘的受拉、受压应力;
 w_{max} ——型钢混凝土框架梁最大裂缝宽度。

2.2.3 几何参数

a_s 、 a'_s ——纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点至混凝土截面近边的距离;
 a_a 、 a'_a ——型钢受拉翼缘截面重心、型钢受压翼缘截面重心至混凝土截面近边的距离;
 b ——混凝土截面宽度;
 h ——混凝土截面高度;
 h_0 ——型钢受拉翼缘和纵向受拉钢筋合力点至混凝土截面受压边缘的距离;

h_{0s} 、 h_{of} ——纵向受拉钢筋、型钢受拉翼缘截面重心到混凝土截面受压边缘的距离；

h_a ——型钢截面高度；

b_f ——型钢翼缘宽度；

t_f ——型钢翼缘厚度；

h_w ——型钢腹板高度；

t_w ——型钢腹板厚度；

e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋和型钢受拉翼缘合力点之间的距离；

e_i ——初始偏心距；

e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距， $e_0 = M/N$ ；

e_a ——附加偏心距；

s ——箍筋间距；

x ——混凝土受压区高度；

c ——混凝土保护层厚度；

A_c 、 A_a 、 A_s 、 A'_s 、 A_{af} 、 A'_{af} 、 A_{aw} ——分别为混凝土全截面、型钢全截面、受拉钢筋总截面、受压钢筋总截面、型钢受拉翼缘截面、型钢受压翼缘截面、型钢腹板截面的面积；

B_s ——型钢混凝土框架梁截面短期刚度；

B_l ——型钢混凝土框架梁截面长期刚度；

I_c ——混凝土截面惯性矩；

I_a ——型钢截面惯性矩。

2.2.4 计算系数及其他

η ——偏心受压构件考虑挠度影响的轴向力偏心距增大系数；

ξ ——混凝土相对受压区高度， $\xi = x/h_0$ ；

ρ_s 、 ρ'_s ——纵向受拉钢筋、受压钢筋配筋率；

ρ_w 、 ρ_v ——箍筋面积配箍率、箍筋体积配箍率。

第3章 材 料 要 求

3.1 型 钢

3.1.1 型钢混凝土结构构件的型钢材料宜采用国产牌号 Q235-B.C.D 级的碳素结构钢，以及牌号 Q345-B.C.D.E 级的低合金高强度结构钢，其质量标准应分别符合现行的国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700) 和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591) 的规定。当采用国外钢材时，钢材的化学成分及含量限值、力学性能、强屈比及可焊性等均应符合我国标准的规定。

型钢可采用焊接型钢和轧制型钢。型钢钢材应根据结构的特点选择其牌号和材质, 并应保证抗拉强度、伸长率、屈服点、冷弯试验、冲击韧性合格和硫、磷、碳含量符合使用要求。

在使用焊接型钢时，在钢板交接处，梁柱节点和柱脚处的焊缝局部应力集中，焊接过程中容易形成撕裂，同时，厚钢板存在各向异性，Z 轴向性能指标较差，因此，当焊接型钢的钢板厚度大于或等于 50mm，并承受沿板厚方向的拉力作用时，应按现行国家标准《厚度方向性能钢板》(GB/T 5313) 的规定。考虑地震作用的结构用钢，其强屈比大于等于 1.2，其应有明显的屈服台阶和良好的可焊性。

3.1.2 型钢材料的强度指标，应按表 3-1-1 的规定采用

型钢强度设计值 (N/mm²) 表 3-1-1

牌 号	钢 材 厚 度 (mm)	强 度 设 计 值		
		抗拉、抗压 f_t, f_c	抗 剪 f_v	端面承压刨平顶紧 f_{ce}
Q235	≤ 16	215	125	325
	> 16 ~ 40	205	120	
	> 40 ~ 60	200	115	
	> 60 ~ 100	190	110	
Q345	≤ 16	310	180	400
	> 16 ~ 35	295	170	
	> 35 ~ 50	265	155	
	> 50 ~ 100	250	145	
Q390	≤ 16	350	205	415
	> 16 ~ 35	335	190	
	> 35 ~ 50	315	180	
	> 50 ~ 100	295	170	
Q420	≤ 16	380	220	440
	> 16 ~ 35	360	210	
	> 35 ~ 50	340	195	
	> 50 ~ 100	325	185	

注：表中厚度系指计算点的钢材厚度，对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

Q345 的拉伸、冲击和弯曲试验结果的要求 表 3-1-6

牌号	质量等级	屈服点 σ_s , MPa				抗拉强度 σ_b , MPa	伸长率 $\delta_s\%$	冲击功, Akv, (纵向)				180°弯曲试验 d = 弯心直径; a = 试样厚度 (直径)	
		厚度 (直径, 边长), mm						+ 20℃	0℃	- 20℃	- 40℃	钢材厚度 (直径), mm	
		≤16	> 16 ~ 35	> 35 ~ 50	> 50 ~ 100								
		不小于						不小于				≤16	> 16 ~ 100
Q345	A	345	325	295	275	470 ~ 630	21	34	34	34	27	$d = 2a$	$d = 3a$
	B						21					$d = 2a$	$d = 3a$
	C						22					$d = 2a$	$d = 3a$
	D						22	$d = 2a$	$d = 3a$				
	E						22	$d = 2a$	$d = 3a$				

3.2 焊 接 材 料

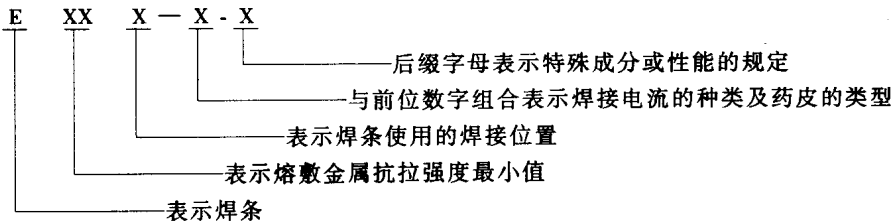
3.2.1 对型钢的焊接材料的要求

选用的焊条型号应与主体金属强度相适应。手工焊接用焊条应符合现行国家标准《碳素钢焊条》(GB 5117—1995) 或《低合金钢焊条》(GB 5118—1995) 的规定。

自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和焊剂, 应与主体金属强度相适应, 焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957) 的规定。

3.2.2 焊条的符号及分类

焊条的型号是根据熔敷金属的力学性能、药皮类型、焊接位置和使用电流种类划分。其型号表示方法表记如下:



3.2.3 焊条的选用原则

当型钢采用碳素钢和低合金高强度钢时, 一般按下列原则选用焊条:

1. 熔缝金属的力学性能, 包括抗拉强度, 塑性和冲击韧性达到母材金属标准规定的性能指标的下限值。
2. 对于重要性结构工程, 构件板厚或截面尺寸较大, 连接节点较复杂, 刚性较大时, 应选用低氢型焊条, 以提高接头抗冷裂性能。
3. 如接头采用两种不同强度的钢材时, 应按强度较低的钢材选用焊条。

3.3 焊缝强度设计值

型钢混凝土梁、柱结构内型钢的焊缝强度设计值应按表 3-3 的规定采用。

焊缝强度设计值 (N/mm²) 表 3-3

焊接方法 焊条型号	牌 号	钢板厚度	对接焊缝强度设计值				角焊缝 强 度 设计值 f_t^w
			抗压 f_c^w	抗拉、抗弯 f_t^w		抗剪 f_v^w	
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊 和 E43 型焊条的手工 焊	Q235	≤ 16	215	215	185	125	160
		$> 16 \sim 40$	205	205	175	120	
		$> 40 \sim 60$	200	200	170	115	
		$> 60 \sim 100$	190	190	160	110	
自动焊、半自动焊 和 E50 型焊条的手工 焊	Q345	≤ 16	310	310	265	180	200
		$> 16 \sim 35$	295	295	250	170	
		$> 35 \sim 50$	265	265	225	155	
		$> 50 \sim 100$	250	250	210	145	
自动焊、半自动焊 和 E55 型焊条的手工 焊	Q390	≤ 16	350	350	300	205	220
		$> 16 \sim 35$	335	335	285	190	
		$> 35 \sim 50$	315	315	270	180	
		$> 50 \sim 100$	295	295	250	170	
自动焊、半自动焊 和 E55 型焊条的手工 焊	Q420	≤ 16	380	380	320	220	220
		$> 16 \sim 35$	360	360	305	210	
		$> 35 \sim 50$	340	340	290	195	
		$> 50 \sim 100$	325	325	275	185	

注：1. 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属的力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用碳
钢焊丝和焊剂》(GB/T 5293) 和《低合金钢埋弧焊用焊剂》(GB/T 12740) 中相关的规定；
2. 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205) 的规定。其中厚度小于
8mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声波探伤确定焊缝质量等级；
3. 对接焊缝在受压区的抗弯强度设计值取 f_c^w ，在受拉区的抗弯强度设计值取 f_t^w ；
4. 表中厚度系指计算点的钢材厚度，对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

3.4 栓钉、螺栓及锚栓

3.4.1 螺栓及锚栓的要求

型钢使用的螺栓、锚栓应符合下列要求：

1. 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓—A 和 B 级》(GB 5782) 和《六角头螺栓—C 级》(GB 5780)；
2. 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700) 规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591) 规定的 Q345 钢制成；
3. 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构高强度大六角头螺栓、大六角螺母，垫圈与技术条件》(GB/T 1228—1231) 或《钢结构用扭剪型高强螺栓连接副》(GB/T 3632—GB/T 3633) 的规定；
4. 螺栓连接的强度设计值、高强螺栓的设计预应力值，以及高强螺栓连接的钢材摩擦面抗滑移系数值，应按现行的国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003) 的规定

采用。

3.4.2 栓钉

当型钢构件上设置栓钉时，栓钉应符合国家标准《圆柱头焊钉》（GB 10433）的规定。栓钉的力学性能应符合表 3-4-1 的规定。

栓钉的力学性能 表 3-4-1

牌 号	屈服强度 f_y^a	抗拉强度 f_t^a
Q235	≥ 240	≥ 400

3.4.3 螺栓的材性

在型钢混凝土组合结构中，常采用普通螺栓连接作为型钢结构的安装连接形式。高强螺栓作为型钢结构的连接形式。

普通螺栓按照性能等级分 3.6、4.6、4.8、5.6、5.8、6.8、8.8、9.8、10.9、12.9 等 10 个等级，其中 8.8 级以上螺栓材质为低合金钢或中碳钢并经热处理（淬火、回火），通称为高强螺栓、8.8 级以下（不含 8.8 级）通称为普通螺栓。

螺栓性能强度等级由两部分数字组成，分别表示螺栓的公称抗拉强度和材质的屈服比，例如性能等级 4.6 级的螺栓其含意为：第一部分数字 4 为螺栓材质公称抗拉强度（N/mm²）的 1/100；第二部分数字 6 为螺栓材质屈服比的 10 倍；两部分数字的乘积（4×6 = “24”）为螺栓材质公称屈服点（N/mm²）的 1/10。

普通螺栓各性能等级材性表见表 3-4-2。

普通螺栓各性能等级材性表 表 3-4-2

性能等级		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8
材料		低碳钢	低碳钢或中碳钢	低碳钢或中碳钢	低碳钢或中碳钢	低碳钢或中碳钢	低碳钢或中碳钢
化学成分	C	≤ 0.2	≤ 0.55	≤ 0.55	≤ 0.55	≤ 0.55	≤ 0.55
	P	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
	S	≤ 0.06	≤ 0.06	≤ 0.06	≤ 0.06	≤ 0.06	≤ 0.06
抗拉强度 (N/mm ²)	公称	300	400	400	500	500	600
	min	330	400	420	500	520	600
维氏硬度 HV30	min	95	115	121	148	154	178
	min	206	206	206	206	206	227

3.4.4 普通螺栓的规格

普通螺栓按照形式可分为六角头螺栓、双头螺栓、沉头螺栓；按制作精度可分为 A、B、C 三个等级，A、B 级为精制螺栓，C 级为粗制螺栓，在型钢混凝土结构中，型钢的连接除特殊注明外，一般为普通粗制螺栓。

普通粗制螺栓技术规格应符合《六角头螺栓 - C 级》（GB 5780）和《六角头螺栓 - 全螺纹 - C 级》（GB 5781）等有关标准。

3.4.5 高强度螺栓

高强度螺栓连接具有受力性能好、耐疲劳、抗震性能好、连接刚度高，施工简便等优