

JIANZHUJIEGOU SHEJIZILIAOJI

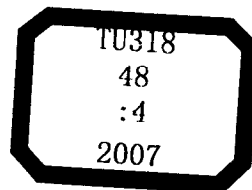
建筑结构设计 资料集

4

● 钢结构分册

本书编写组

中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS



建筑结构设计 资料集 4

钢结构分册

本书编写组

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构设计资料集 4 钢结构分册/本书编写组. —北京:
中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-08872-0

I. 建… II. 本… III. ①建筑结构设计—资料—
汇编②钢结构—结构设计—资料—汇编 IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 159953 号

本书是给钢结构设计人员提供一些钢结构设计计算方面较全面和较新的设计资料, 书中除考虑按我国《钢结构设计规范》(GB 50017—2003) 及有关标准进行设计外, 还吸收了部分按国外规范和经验设计计算的信息。全书包括总则、材料、设计基本规定、连接、单层厂房、单层刚架、轻型钢结构、钢管结构、网架网壳、大跨结构、多层房屋、预应力钢结构、平台梯子、钢结构防护、钢结构抗震措施共 15 项内容。其中基本规定、连接、单层厂房、平台、梯子等基本概括了我国钢结构设计需要的基本数据资料。钢管结构部分不但有圆管结构设计, 还有矩形管设计, 轻型钢结构不但介绍国内设计方法, 也介绍了国外常用门式刚架轻型钢结构以及轻型钢结构别墅住宅等体系设计计算的参考资料。此外, 还有拉索式预应力梁、拉索式预应力平面桁架等的设计介绍。书中对不少结构附有小型的计算例题可供设计计算参考。

本书可供建筑设计人员和建设单位人员使用, 也可供施工人员参考使用。

* * *

责任编辑 戚大庆 赵梦梅 黎 钟 王 跃
责任设计 刘向阳 郑秋菊
责任校对 王 侠 王雪竹

建筑结构设计资料集 4

钢结构分册

本书编写组

*

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

北京华艺制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{1}{4}$ 字数: 628 千字

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 60.00 元

ISBN 978-7-112-08872-0

(15536)

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.cabp.com.cn>

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

出版说明

本资料集的目的，主要汇集房屋建筑设计需要的有关规定、数据、公式、图表、分析方法和设计经验等资料，供设计时查用和参考。编写的原则是，力求资料齐全、丰富、实用，尽力反映当前我国建筑结构的需要，完全以我国最新的标准、规范、规程为依据，有条件的也介绍了一些国外的新经验、新技术和新方法。本书纯属资料汇集，不作原理叙述和推导，只在必要时作一些使用介绍。

资料集共分7个分册，分别为：综合分册，地基基础分册，混凝土结构分册（含单层厂房），钢结构分册，高层结构分册，木结构 砌体结构 抗震结构分册，特种结构分册。

本书在组织编制过程中得到了浙江大学、中元国际工程设计研究院、中冶赛迪工程技术股份有限公司，中国建筑东北设计研究院、四川省建筑科学研究院、广东省建筑设计研究院、中国建筑西北设计研究院、上海给水排水设计院等单位的协助，在此一并表示感谢。

中国建筑工业出版社

前 言

本设计资料集是根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和建筑钢结构工程建设的实际需要,在《建筑钢结构设计手册》(冶金工业出版社1995年12月上、下册)的基础上,进行调整、修改和补充后编写而成的。

本资料集内容以工业与民用建筑钢结构的设计为主,按照涉及面广、取材新颖、博采众长、力求实用的原则,写成本实用性强的工具、资料性图书,以供广大建筑钢结构设计、施工、科研和教学人员参考使用。

本资料集是由多年从事建筑钢结构设计或教学工作并有丰富经验的专家、教授编写。主编赵熙元,副主编但泽义、张掄元。赵熙元负责总体编排。

编写人:

总则

赵熙元

材料

赵熙元、但泽义

设计基本规定

赵熙元

连接

喻立安

单层厂房

喻立安、张掄元、龙丽萍

单层刚架

杨大元

轻型钢结构

赵熙元、张掄元

钢管结构

赵熙元

网架、网壳

刘锡良、罗福盛

大跨度结构

王建

多层厂房

张掄元

预应力钢结构

王建

平台、梯子

白殿礼

钢结构防护

喻立安

钢结构抗震措施

赵熙元

全书由但泽义、张掄元、刘锡良进行审校、统一和局部修改工作。

由于编写者水平有限、资料集中难免有欠妥之处,请广大读者提出批评和指正。

“钢结构分册”编写组

目 录

1 总则

[1~2]

钢结构的特点[1]	1
钢结构设计的基本要求[1]	1

2 材料

[1~15]

建筑钢材的种类[1]	3
常用建筑钢材的牌号及性能[1]	3
其他可供使用的钢材[4]	6
影响建筑钢材性能的各种因素[4]	6
建筑铝材[4]	6
紧固件材料[5]	7
普通螺栓[5]	7
铆钉及圆柱头焊钉[6]	8
高强度螺栓[6]	8
焊接材料[7]	9
建筑钢结构使用的电焊条[7]	9
建筑钢结构用焊丝[10]	12
焊剂[12]	14
钢材选用[14]	16
埋弧焊接材料的选用[15]	17

3

设计基本规定

[1~22]

设计原则[1]	18
结构或构件变形的规定[1]	18
荷载和荷载效应计算[2]	19
设计指标[2]	19
基本构件的计算[4]	21
强度计算[4]	21
构件的稳定计算[6]	23
疲劳计算[19]	36
常幅疲劳的计算[20]	37
变幅疲劳的计算[20]	37
吊车梁和吊车桁架的疲劳计算[20]	37
疲劳计算的构件和连接分类[20]	37

4

连接

[1~17]

设计要点[1]	40
---------------	----

焊缝连接的形式[2]	41
焊缝连接的构造[3]	42
焊缝连接的计算[6]	45
完全焊透的对接焊缝和 T 形连接	
焊缝的计算[6]	45
角焊缝连接的强度计算[6]	45
部分焊透的对接焊缝的强度	
计算[8]	47
焊缝连接计算示例[8]	47
螺栓(铆钉)的连接[10]	49
铆钉的形式[10]	49
螺栓(铆钉)的连接构造[10]	49
螺栓或铆钉的最大和最小容许	
距离[11]	50
一个普通螺栓、铆钉和锚栓的	
承载力计算[12]	51
一个高强度螺栓的承载力设计值	
计算[12]	51
其他有关规定[13]	52
螺栓或铆钉群的连接计算[13]	52
螺栓连接计算示例[14]	53
混合连接[16]	55
支座的计算[16]	55
节点板的计算[16]	55

5

单层厂房

[1~97]

钢结构单层厂房的组成[1]	57
厂房框架[1]	57
横向框架的计算[2]	58
柱及柱间支撑[5]	61
厂房柱的分类[5]	61
厂房柱的布置[6]	62
柱截面尺寸的选用[6]	62
厂房柱的计算长度[7]	63
阶形柱[9]	65
等截面柱、分离式柱和箱形柱[16]	72
肩梁和牛腿[18]	74
柱脚[24]	80
柱间支撑[29]	85
纵向刚度和温度应力的验算[32]	88
屋盖结构[34]	90

檩条[35].....	91
天窗结构[41].....	97
普通钢屋架[43].....	99
屋面梁[51].....	107
托架与托梁[51].....	107
屋盖支撑[53].....	109
吊车梁和吊车桁架[56].....	112
荷载计算[58].....	114
型钢吊车梁[59].....	115
焊接工字形吊车梁[60].....	116
吊车梁计算示例[66].....	122
铆接(或高强度螺栓摩擦型连接)	
吊车梁[70].....	126
吊车桁架[71].....	127
箱形吊车梁[75].....	131
壁行吊车梁[77].....	133
悬挂式吊车轨道梁[79].....	135
制动结构、辅助桁架及支撑[82].....	138
吊车梁(吊车桁架)与厂房柱的	
连接[85].....	141
吊车轨道和车挡[86].....	142
墙架结构[89].....	145
墙架结构的形式[89].....	145
墙架结构的荷载[89].....	145
墙架构件的截面形式[90].....	146
设计原则[90].....	146
轻质墙墙架结构的布置[90].....	146
墙架构件的设计与计算[92].....	148
节点构造示例[95].....	151
砌体墙墙架[96].....	152
大型墙板墙架[97].....	153

6 单层刚架 [1~10]

总则[1].....	154
设计基本规则[1].....	154
梁柱连接节点的弹性设计[2].....	155
梁柱连接节点的塑性设计——设计	
原则和计算的基本假定[4].....	157
节点计算[5].....	158
用端板连接的刚架节点[7].....	160
弹性设计实例[7].....	160
塑性设计实例[9].....	162

7 轻型钢结构 [1~27]

总则[1].....	164
设计基本规定[1].....	164
材料及结构的防护[2].....	165

压型金属板[2].....	165
设计原则[3].....	166
计算指标[4].....	167
构件验算[6].....	169
屋面压型板排水计算[6].....	169
构造要求[7].....	170
计算示例[9].....	172
建筑用压型金属板规格、型号	
示例[11].....	174
圆钢、小角钢的轻型桁架结构[15].....	178
设计要求[15].....	178
计算例题[17].....	180
门式刚架单层房屋[18].....	181
国外常用的门式刚架轻钢	
结构体系[19].....	182
门式刚架轻钢结构的优化设计及	
经济指标[19].....	182
在设计计算方面一些可供参考的信息[20].....	183
多层轻钢结构为轻钢龙骨结构别墅住宅	
体系[24].....	187
框架式多层轻钢结构建筑[24].....	187
技术经济指标[27].....	190
在设计计算方面一些可供参考的	
信息[27].....	190

8 钢管结构 [1~26]

设计基本规定[1].....	191
钢管结构的设计指标[2].....	192
基本构件和连接计算[3].....	193
受弯构件[3].....	193
轴心受力构件[4].....	194
偏心受力构件(压弯构件或拉弯	
构件)[5].....	195
塑性设计时基本构件的计算[5].....	195
连接计算[6].....	196
在轴压作用下单管支柱柱脚的	
近似算法[7].....	197
管节点设计的一般规定[8].....	198
基本要求[9].....	199
管节点的构造[9].....	199
圆管节点在静载下的承载力[10].....	200
圆管节点几何参数的适用范围[10].....	200
以承受轴向力为主的平面简单圆管	
节点的承载力[10].....	200
以承受弯矩为主的平面管节点的	
承载力[13].....	203
用节点板连接的平面圆管节点的	
承载力[14].....	204

在轴向力和弯矩共同作用下圆管	
节点的强度[15]·····	205
以承受轴力为主的空间节点的	
承载力[15]·····	205
矩形管节点在静载下的承载力[15]·····	205
矩形管(含方管)节点的基本	
破坏模式[15]·····	205
矩形(方)支管端部的有效宽度[16]·····	206
矩形(方)管节点几何参数的适用	
范围[16]·····	206
以承受轴力为主的矩形(方)管节点的	
承载力[17]·····	207
以承受弯矩为主的矩形(方)管节点的	
承载力[21]·····	211
在轴向力和弯矩共同作用下矩形(方)管	
节点的强度[21]·····	211
通过节点板连接的矩形(方)管节点	
承载力[21]·····	211
空间矩形(方)管节点[22]·····	212
弦杆为工字形钢而腹杆为钢管的	
节点[22]·····	212
钢管结构设计[23]·····	213
一般规定[23]·····	213
钢管结构疲劳计算[23]·····	213
钢管桁架[25]·····	215*
钢管柱[26]·····	216

9

网架与网壳

[1~27]

概述[1]·····	217
网格结构[1]·····	217
网格结构的几何不变性分析[1]·····	217
一般规定[1]·····	217
网架结构[2]·····	218
网架结构的内力和位移计算[7]·····	223
网架杆件的设计构造[13]·····	229
网壳[14]·····	230
网壳结构的计算[16]·····	232
网壳的设计与构造[21]·····	237
节点设计[22]·····	238
焊接钢板节点[22]·····	238
焊接空心球节点[23]·····	239
螺栓球节点[24]·····	240
嵌入式鞍节点[25]·····	241
支座节点[26]·····	242

10

大跨度钢结构

[1~13]

概述[1]·····	244
------------	-----

梁式结构[2]·····	245
梁式屋盖结构的形式[2]·····	245
桁架的腹杆体系[3]·····	246
构件设计要点[3]·····	246
实例[4]·····	247
刚架结构[5]·····	248
设计要点[5]·····	248
刚架结构的形式[6]·····	249
刚架结构的平面布置[6]·····	249
实例[7]·····	250
拱式结构[8]·····	251
设计要点[9]·····	252
拱式屋盖结构的布置[10]·····	253
拱式结构的计算[10]·····	253
实例[12]·····	255

11

多层房屋

[1~8]

多层房屋的骨架体系(含多层	
露天构架)[1]·····	257
骨架设计基本规定[2]·····	258
骨架设计结构布置[3]·····	259
抗侧力结构的近似计算[5]·····	261
例题[6]·····	262
刚架节点的设计和计算[7]·····	263
刚架节点[8]·····	264

12

预应力钢结构

[1~12]

预应力钢结构的特点和适用范围[1]·····	265
拉索法施加预应力的受力阶段[2]·····	266
预应力钢结构的经济效益[2]·····	266
预应力钢结构设计[2]·····	266
预应力钢结构的设计表达式[2]·····	266
预应力轴向受拉构件[3]·····	267
预应力轴向受压构件[5]·····	269
拉索式预应力梁[5]·····	269
例题[7]·····	271
拉索预应力平面桁架[9]·····	273
其他预应力结构体系[12]·····	276

13

平台、梯子

[1~10]

平台的分类[1]·····	277
设计原则[1]·····	277
平台柱及柱间支撑[2]·····	278
平台梁[3]·····	279
工字形梁的截面选择[4]·····	280
焊接工字形梁的计算[5]·····	281

平台梁的连接构造[6]	282
平台板[7]	283
设计要点[7]	283
钢平台板的计算[8]	284
平台板的构造要求[8]	284
平台板的构造[8]	284
梯子、栏杆的设计要点[8]	284
梯子、栏杆的构造图例[9]	285

14

钢结构防护

[1~9]

钢结构的锈蚀[1]	287
钢结构的腐蚀[1]	287
对侵蚀作用的防护[3]	289
金属材料的选用[3]	289
钢材基层除锈等级[4]	290
涂料[4]	290
涂装设计示例[6]	292

涂层的使用与维护[7]	293
隔热、防火和其他防护措施[7]	293
钢结构的隔热[7]	293
钢结构的防火[8]	294
钢结构的防撞[9]	295

15

钢结构抗震措施

[1~11]

总则[1]	296
单层厂房[3]	298
支撑布置[3]	298
构件设计[4]	299
连接和节点设计[5]	300
多层框架[6]	301
设计要点[7]	302
构件和连接设计[8]	303
框、排架混合结构[9]	304
网架结构[10]	305

钢结构的特点

一、钢材材质均匀，是接近理想的弹塑性材料。钢结构的实际受力状态与按力学计算的结果比较符合，可靠性较高。

二、钢材强度高，结构重量轻。

三、钢材的塑性和韧性好。材料有好的塑性，就能进行内部应力的重分布；当结构的强度不足时，不会突然破坏，仅只增大变形，故易于被发现。韧性好材料对动力荷载的适应性强。由于钢材有良好的塑性和韧性，在地震作用下能较多地吸收能量又能抵抗反复的动力作用，从而大大提高了钢结构的抗震性能。

四、钢结构制作简便，施工工期短，但应注意施工中可能带来的不利影响。

1. 钢材轧制型材品种多，结构制作简易迅速。

2. 建筑材料的运输量少，施工场地占地面积小，安装方便，施工周期短。

3. 钢材在冷加工（冷弯、冲孔、剪切等）过程中会产生局部冷作硬化区，焊接时会产生热影响区，在这些区域中钢材的硬度和脆性将有所提高而塑性和韧性下降。在重要结构中，宜根据不同情况采取相应措施以消除其不利影响。

五、焊接钢结构的密闭性很好，适合于要求密闭的板壳结构。

六、钢结构适应性强，易于建造大跨度、大柱距的灵活性车间，又便于拆迁、加固，以及改、扩建。

七、钢结构有一定的耐热性，但不防火。钢材受热温度在 200℃ 以内时，其力学性能变化不大，超过 300℃ 以后，强度和弹性模量急剧下降，到 600℃ 时，已不能承载。

无保护层的钢结构，其耐火极限为 0.25h，故对有防火要求的钢结构应按相应规定采取防火保护措施。

八、钢结构在低温、材质不良和多向拉应力的情况下，有可能发生脆性断裂。另外，钢材的内部缺陷在腐蚀介质作用下会较快地扩展，导致突然

断裂，这种现象称为“延迟断裂”，它主要发生在高强度螺栓中。

九、影响钢结构耐久性的主要因素有：

1. 钢结构耐腐蚀性差 应加以防护或采用耐候钢。

2. 时效 即随着时间的增长，表现为钢材的强度提高而塑性和韧性下降，这种现象称为时效。钢材在塑性变形又加热的作用下能加速时效。必要时可使用耐时效钢（人工时效后冲击值下降甚少）。

3. 疲劳 钢结构在多次重复荷载的作用下，由于内部裂纹的不断扩展，会发生疲劳破坏。

十、钢结构有普通钢结构（简称普钢，下同）、薄壁冷弯型钢结构（简称薄钢，下同）和钢管结构等，其设计指标、计算方法和构造规定等均有所不同。

钢结构设计的基本要求

一、贯彻执行国家的技术经济政策，从工程的实际情况出发，选择结构体系和构造方案，合理选用材料，积极采用新结构、新技术、新材料，做到技术先进、经济合理、安全可靠、确保质量。

二、钢结构的方案设计应遵循下列原则：

1. 应满足生产工艺、建筑形式和功能的要求。

2. 在选择结构方案和构件截面时，不要孤立地考虑某一个问题，应进行全面的技术经济分析和比较，如上部结构和基础、柱截面大小和建筑面积、横梁高度和层高、厂房屋架高度和墙架结构等均需统一考虑。

3. 在可能条件下逐步向结构定型化、构件和连接标准化的方向发展。

4. 实行集中使用材料的原则，即将钢材集中使用于承受主要荷载的构件上，使承受其他荷载及偶然荷载所需的钢材耗量减至最小限度。

5. 在保证结构安全可靠的前提下，对结构构件可采取兼有多种功能的原则。

6. 在技术经济指标方面，应考虑节约材料、减少施工及运输费用和缩短工期等主要因素，以形成最佳的综合指标。

三、结构和构件设计时应注意：

1. 掌握各种荷载的特性、量值及其可能的

组合。

2. 应充分利用钢材的强度潜力、改变结构形式,采用经济截面,使构件尽量由强度控制而不是刚度或稳定控制,亦不由疲劳控制。

3. 连接节点的设计应和构件的计算简图相符合。

4. 构造设计应避免形成应力集中。

5. 应树立等强设计的概念,即结构各构件(包括其组成零部件)及其连接的可靠指标宜尽量接近。

6. 应在建筑物每一个温度区段或分期建设的区段中,根据结构和荷载的具体情况分别设置独立的空间稳定的支撑体系,以保证结构和构件在安装和使用期间的稳定,提高结构的整体刚度,防止杆件有过大的振动,并使所受的水平荷载以

简捷、明确、可靠的途径传递给柱的基础。

7. 应考虑结构在使用期间的实际工作,如计算简图与实际情况的差异,构件之间的协调工作等。

8. 一般不得因考虑锈蚀、碰撞等而增加钢材厚度。

9. 设计应充分考虑施工要求,尽量方便制作加工、组装、施焊和拧螺栓(或打、锤钉子)等,要便于运输、堆放和安装,同时应考虑组合吊装的可能。安装连接应传力可靠、易于固定和便于调正。

10. 在设计文件中应注明所采用的钢材牌号、材料性能、焊缝质量等级、除锈等级以及涂装要求等。

建筑钢材的种类

可供建筑钢结构使用的钢材，按照《钢分类》(GB/T 13304—1991)的规定，一般可归纳为非合金钢中的低碳结构钢(含碳量不超过0.25%)和低合金钢(合金元素总量不超过5%)两大类。

建筑钢结构用钢材一般为普通质量的钢材，必要时亦可使用优质钢材、耐候钢和某些专用钢材。专用钢是在相应牌号后加上专业用途的汉语拼音字母，如q(桥)、C(船)、R(容器)、g(锅炉)等。耐候钢和专用钢材全部为优质钢。

钢结构设计规范(GB 50017—2003)推荐使用的钢材牌号为碳素结构钢中的Q235钢和低合金高强度结构钢中的Q345钢、Q390钢和Q420钢。当需要时，亦可采用性能相当的专用钢、耐候钢和高层建筑结构用钢板(YB 4104—2000)。

常用建筑钢材的牌号及性能

一、碳素结构钢(GB/T 700—1988)中的Q215和Q235钢。

建筑用碳素结构钢牌号 表 2-1

牌号	质量等级	脱氧方法	说明
Q215	A	F、b、Z	钢的牌号由代表屈服点的字母Q、屈服点数值(N/mm ²)、质量等级符号(A、B、C、D)、脱氧方法符号四个部分按顺序组成。例如：Q235-B·F 脱氧方法符号如下： F——沸腾钢 b——半镇静钢 Z——镇静钢 TZ——特殊镇静钢
	B	F、b、Z	
Q235	A	F、b、Z	
	B	F、b、Z	
	C	Z	
	D	TZ	在牌号组成表示法中，符号Z和TZ可予以省略

- 注：1. 冶炼方法一般由供方自行决定，需方有特殊要求时应在合同中注明；
 2. 用沸腾钢轧制的B级钢材，其厚度(直径)一般不大于25mm。

建筑用碳素结构钢的化学成分(%) 表 2-2

牌号	质量等级	C	Mn	Si	S	P
				不大于		
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045
	B				0.045	
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045
	B				0.045	
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040
	D	≤0.17			0.035	0.035

- 注：1. Q235-A、B级沸腾钢的锰含量上限为0.60%；
 2. 在钢材力学性能保证符合GB/T 700—88规定的情况下，A级钢的碳、锰含量和其他等级钢的碳、锰含量下限可以不作为交货条件，但其含量(熔炼分析)应在质量证明书中注明。

建筑用碳素结构钢的力学性能 表 2-3

牌 号	等 级	拉 伸 试 验											冲 击 试 验			
		屈服点 f_y (N/mm ²)						抗拉强度 f_u (N/mm ²)	伸 长 率 δ_5 (%)						温 度 (°C)	V 型冲击功 (纵向) A_{kv} (J)
		钢材厚度(直径)(mm)							钢材厚度(直径)(mm)							
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150		
不小于						不小于										
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410	31	30	29	28	27	26	—	—
	B														20	≥27
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~460	26	25	24	23	22	21	—	—
	B														20	≥27
	C														0	≥27
	D														-20	

- 注：1. 拉伸试验时，钢板和钢带应取横向试样，伸长率允许比表中数值降低1% (绝对值)，型钢取纵向试样。
 2. 冲击功值按一组三个试样的算术平均值计算，允许其中一个试样单值低于规定值，但不得低于规定值的70%；当采用5mm×10mm×55mm小尺寸试样时，其试验结果应不小于规定值的50%。

建筑用碳素结构钢的冷弯试验 表 2-4

牌 号	试样方向	冷弯试验 $B=2a, 180^\circ$		
		钢材厚度(直径)(mm)		
		≤60	>60~100	>100~200
弯心直径 d				
Q215	纵	0.5a	1.5a	2a
	横	a	2a	2.5a
Q235	纵	a	2a	2.5a
	横	1.5a	2.5a	3a

- 注：1. B为试样宽度，a为试样厚度(直径)；
 2. 冷弯试验试样的方向与拉伸试验相同；
 3. A级钢的冷弯试验在需方有要求时才进行。当冷弯试验合格时，抗拉强度上限可不作为交货条件。

二、低合金高强度结构钢(GB/T 1591—1994)

1. 牌号：低合金高强度结构钢是在低碳钢中增加一些合金元素而成。钢的牌号由代表屈服点的汉语拼音字母Q、屈服点数值(N/mm²)、质量等级符号(A、B、C、D、E)三个部分按顺序排列而成。例如，Q345-A即表示屈服点为345N/mm²的A级钢。

注：旧标准《低合金结构钢》(GB 1591—1988)的牌号是由钢中平均含碳量的万分数和后面的主要合金元素的化学符号组合而成。当主要合金元素平

均含量小于1.5%时,钢材牌号中只标明元素,不标明含量;当主要合金元素平均含量在1.5%~2.5%之间时,应在合金元素的化学符号后加注数字2;若在2.5%~3.5%之间,则加注数字3,按此类推。如16锰(16Mn)即表示平均含碳量为万分之十六,锰的平均含量在1.5%以下。

低合金结构钢新、旧牌号对照表 表 2-5

GB/T 1591—94	GB 1591—88
Q295	09MnV、09MnNb、09Mn2、12Mn
Q345	12MnV、14MnNb、16Mn、16MnRE、18Nb
Q390	15MnV、15MnTi、16MnNb
Q420	15MnVN、14MnVTiRE
Q460	

2. 性能

低合金高强度结构钢的化学成分(%)

表 2-6

牌号	质量等级	C ≤	Mn	Si ≤	P ≤	S ≤	V	Nb	Ti	Al ≥	Cr ≤	Ni ≤
Q295	A	0.16	0.80~1.50	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
	B	0.16	0.80~1.50	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
Q345	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		
	D	0.18	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		
	E	0.18	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		
Q390	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	D	0.20	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	E	0.20	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
Q420	A	0.20	1.00~1.70	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	B	0.20	1.00~1.70	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
Q460	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70

注:1.表中Al含量为全铝含量,如化验酸溶铝时其含量应不小于0.010%。

2.表中V、Nb、Ti、Al为细化晶粒元素,根据钢种和工艺要求,在冶炼时可同时使用或部分使用或不使用。当钢中不加入细化晶粒元素时,不进行该元素含量的分析,也不予保证。除各牌号A、B级钢外,钢中应至少含有一种细化晶粒元素;如这些元素同时使用,则至少应有一种元素的含量不低于表中规定的最小值。

为改善钢的性能,各牌号A、B级钢可加入V或Nb或Ti等元素,其含量应符合表中规定。若不作为合金元素加入时,其下限含量不受限制。在任何情况下,型钢和棒钢的Nb含量下限为0.005%。

3.不加V、Nb、Ti的Q295钢,当C≤0.12%时,Mn含量上限可升到1.8%。

4.在保证钢材力学性能符合标准规定的情况下,用Nb作为细化晶粒元素时,Q345、Q390钢的锰含量下限可低于表中的下限含量。

5.Q345钢的Mn含量上限可提高到1.7%。

6.厚度小于或等于6mm的钢板、钢带和厚度小于或等于16mm的热连轧钢板、钢带的Mn含量下限可降低0.2%。

7.为改善钢的性能,各牌号钢可加入RE元素(加入量为0.02%~0.2%);Q390、Q420、Q460钢可加入少量Mo元素。

8.经供需双方协商,Q420钢可加入N元素,其含量为0.010%~0.020%。

9.各牌号钢的Cr、Ni、Cu残余元素含量各不大于0.30%,供方如能保证,可不作分析。

兹将旧牌号16Mn钢和15MnV钢的化学成分摘录如下:

16Mn钢和15MnV钢的化学成分(%)

表 2-7

旧牌号	C	Mn	Si	V	Ti	Nb	Cu	N	RE加入量	S	P
										不大于	
16Mn	0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.55	—	—	—	—	—	—	0.045	0.045
15MnV	0.12~0.18	1.20~1.60	0.20~0.55	0.04~0.12	—	—	—	—	—	0.045	0.045

注:1.各牌号的钢允许加入V、Nb、Ti等微量合金元素。

2.当需保证-20℃或-40℃冲击性能时,S、P含量应各不大于0.035%,并应为细晶粒钢。如用铝细化晶粒,则钢中全铝(Al_t)含量应不小于0.02%,或酸溶铝(Al_s)不小于0.015%。

低合金高强度结构钢的力学性能

表 2-8

牌 号	质 量 等 级	屈服点 f_y (N/mm ²)				抗拉强度 f_u (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	冲击功 A_{kv} (纵向) (J)				180°弯曲试验, d =弯心直径, a =试样厚度(直径)		
		厚度(直径, 边长) (mm)						不小于	+20℃	0℃	-20℃	-40℃	≤16	>16~100
		≤16	>16~35	>35~50	>50~100									
		不小于												
Q295	A	295	275	255	235	390~570	23					$d=2a$	$d=3a$	
	B	295	275	255	235	390~570	23	34				$d=2a$	$d=3a$	
Q345	A	345	325	295	275	470~630	21					$d=2a$	$d=3a$	
	B	345	325	295	275	470~630	21	34				$d=2a$	$d=3a$	
	C	345	325	295	275	470~630	22		34			$d=2a$	$d=3a$	
	D	345	325	295	275	470~630	22			34		$d=2a$	$d=3a$	
	E	345	325	295	275	470~630	22				27	$d=2a$	$d=3a$	
Q390	A	390	370	350	330	490~650	19					$d=2a$	$d=3a$	
	B	390	370	350	330	490~650	19	34				$d=2a$	$d=3a$	
	C	390	370	350	330	490~650	20		34			$d=2a$	$d=3a$	
	D	390	370	350	330	490~650	20			34		$d=2a$	$d=3a$	
	E	390	370	350	330	490~650	20				27	$d=2a$	$d=3a$	
Q420	A	420	400	380	360	520~680	18					$d=2a$	$d=3a$	
	B	420	400	380	360	520~680	18	34				$d=2a$	$d=3a$	
	C	420	400	380	360	520~680	19		34			$d=2a$	$d=3a$	
	D	420	400	380	360	520~680	19			34		$d=2a$	$d=3a$	
	E	420	400	380	360	520~680	19				27	$d=2a$	$d=3a$	
Q460	C	460	440	420	400	550~720	17		34			$d=2a$	$d=3a$	
	D	460	440	420	400	550~720	17			34		$d=2a$	$d=3a$	
	E	460	440	420	400	550~720	17				27	$d=2a$	$d=3a$	

- 注: 1. 对拉伸和弯曲试验, 钢板、钢带应取纵向试样; 宽度小于 600mm 的钢带、型钢和钢棒应取纵向试样。
 2. 钢板和钢带的伸长率值以及厚度大于 35mm 的 Q345 钢板的伸长率值可降低 1% (绝对值)。
 3. 宽钢带(卷状)的抗拉强度上限值不作为交货条件。
 4. A 级钢应进行冷弯试验, 其他级别钢如供方能保证表中所列的冷弯性能, 可不作检验。
 5. Q460 和各牌号 D、E 级钢一般不供应型钢、钢棒。
 6. 关于冲击功值的规定与 Q235 钢相同。
 7. 表列内容以外的性能, 由供、需双方协商确定。

国内外相应钢材的对照表

表 2-9

钢材类别	中国 GB	日本 JIS 1992	美国 ASTM	俄国 ГОСТ 27772-88	欧共体 EN 10025	英国 B. S. 4360-86	德国 DIN 17100 17102	法国 NF A35-501-504
碳素结构钢	Q235-A	SS 400	A36 A501 (用于钢管)	C235 (BC, 3, 18Г, 18)	S 235	40	St 37-2	E24
	Q235-B	SM 400A				40B	USt 37-2	
	Q235-C	SM 400B				40C	RSt 37-2	
	Q235-D	SM 400C				40D	St 37-3	
低合金结构钢	Q345 16Mnq	SM 490	A242 A588 A572-50 级 A709-50 级	C345(09Г2С, 14Г2, 15ХСНД, 10ХНДП, 10Г2С1)	S 355	50 B~D	St 52-3	E36
	Q390 15MnVq	SM 520	—	C390 (10ХСНД, 14Г2АФ)	—	—	—	—
	Q420 15MnVNq	—	A572-60 级	C440 (16Г2АФ, 18Г2АФnc)	S 420	55C	St E420 St 70-2	E 420 A 70-2
	Q460	SM 570	A572-65 级 A709-70 级	—	S 460		St E460	E460

其他可供使用的钢材

一、桥梁用结构钢 (GB/T 714—2000) 其性能均优于相应的一般结构钢。其中 Q235q 可代替 Q235 钢; Q345q 可代替 16MnCuq 钢及 Q345 钢; Q370q 可代替 Q390 钢; Q420q 可代替 Q420 钢。

二、优质碳素结构钢 (GB 699—1988) 中的 20 号钢可代替 Q235 钢。

三、锅炉用碳素钢和低合金钢板 (GB 713—1997)。

四、船体用结构钢 (GB 712—1988)。

五、压力容器用钢板 (GB 6654—1996)。

六、焊接结构用耐候钢 (GB 4172—1984)

厚度方向性能钢板 (GB 5313—1985)

适用于重要焊接结构中要求厚度方向有良好的抗层状撕裂性能的厚度为 15~150mm、屈服点不大于 500N/mm² 的镇静钢钢板, 其性能要求如表 2-10。

厚度方向性能钢板 表 2-10

Z 向性能级别		Z15	Z25	Z35
含硫量 (%)		≤0.01	0.007	0.005
断面收缩率 ψ ₂ (%)	三个试样平均值	15	25	35
	单个试样值	10	15	25

影响建筑钢材性能的各种因素

钢中主要化学元素对钢材性能的影响 表 2-11

性能	化学元素												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti	Al	N
抗拉强度	++	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	○	++
屈服强度	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	○	+
延伸率	--	-	○	--	○	○	○	○	-	-	○	○	-
硬度	++	+	+	+	-	+	+	○	+	+	+	○	+
冲击韧性	-	-	○	-	-	+	+	○	○	○	-	+	-
可焊性	-	-	○	-	-	○	-	-	○	+	+	○	-
腐蚀稳定性	○	-	+	+	○	+	+	+	+	+	+	○	○
冷脆性	+	+	○	++	○	-	○	-	○	+	○	-	+
热脆性	+	○	○	○	++	○	○	○	○	○	○	○	+
转变温度	+	-	-	++	○	-	○	○	○	○	○	-	○

其他因素对钢材性能的影响 表 2-12

因素	性能	抗拉强度	屈服强度	弹性模量	延伸率	冲击韧性	脆性转变温度	内应力	说明
		强度	强度	模量	率	韧性	温度	力	
冷加工		○	+	○	-	-	+	+	
焊接热影响区		+	+	○	-	-	+	++	
热处理	退火	○	○	○	+	+	-	--	制作加工中在 800~900℃ 进行的热变形有类似正火的作用
	正火	+	+	○	+	+	-	○	
疲劳荷载		○	○	○	○	-	+	○	
钢材厚度大		○	-	○	○	-	+	+	易生成三向应力
温度	>200℃	-	-	-	○	○		○	兰脆温度区 (200~500℃) 强度提高, 塑性、韧性下降
	<0℃	○	○	○	-	--		○	
外形缺陷		○	○	○	○	-	+	++	
时效		+	+	○	-	-	+	○	

注: 上述两表中的符号意义为:

- + 表示提高; ++ 表示显著提高; ○ 表示影响不大;
- 表示降低; -- 表示显著降低。

建筑铝材

我国常用建筑铝材的系列及代号 表 2-13

组别	代号	主要合金元素系列	用途	相应的美国牌号
工业纯铝	L	含铝量为 98.8%~99.7%	塑性好、强度低、可焊接, 耐腐蚀, 常用作壁板、顶棚等	1×××
防锈铝	LF	铝锰系合金 (LF21)	延性、抗腐蚀性和可焊性均好, 强度比纯铝高, 可用作负荷不大的零件, 如墙板或屋面板	3×××
		铝镁系合金 (LF2~LF6, LF10~LF14, LF33, LF43)	强度比铝锰系高, 但延性、抗腐蚀性和可焊性仍好, 且焊接热影响区强度下降不大。常用于焊接结构, 适用于沿海地区	5×××
硬铝	LY	铝铜镁系合金 (LY1, LY2, LY4, LY6, LY8~LY13)	强度高、延性好, 但抗腐蚀性较差 (必要时可包以纯铝), 可焊性差, 宜用铆接, 在建筑工程中仅用做花纹板等	2×××
锻铝	LD	铝铜镁硅系合金	热处理后强度高, 塑性亦不差, 耐腐蚀性好, 用以生产轧制型材、管材和挤压型材, 可采用焊接、栓接和铆接	6×××

注: 1. 上表系参照《铝及铝合金加工产品的化学成分》(GB 3190—1982) 编写的。

2. 代号后面的数字表示产品序列, 如 LF21 称为 21 号防锈铝, LY1 称为 1 号硬铝等。

一、建筑铝材状态的代号

铝合金材料供货时莫不处于某种状态 (即热加工或热处理或其他状态)。由于所处状态不同,

其力学性能迥异，因此在铝合金牌号后必须标以所处状态的代号。

续表 2-16

建筑铝材基本状态的代号 表 2-14

状态	代号	状态	代号
热轧、热挤压	R	淬火自然时效	CZ
硬状态	Y	淬火人工时效	CS
较硬状态	Y1	包铝的	J
半硬状态	Y2	不包铝的	B
退火	M		

注：其他状态可以用基本状态进行组合，如热轧后再淬火自然时效的代号为 RCZ。

二、建筑铝材的主要化学成分及其作用

铝合金中合金元素的主要作用 表 2-15

元素	主要作用
镁 (Mg)	能降低铝的熔点，提高加工硬化能力和对盐水的耐腐蚀性
锰 (Mn)	可以提高强度和耐腐蚀性
硅 (Si)	可以提高强度和延展性，和镁组合后可以弥散硬化和降低熔点
锌 (Zn)	可大幅度提高强度，允许冷或热状态的弥散硬化，在某些情况下，可提高对应力腐蚀的敏感性
铜 (Cu)	显著提高强度，允许冷状态的弥散硬化，但降低耐蚀性、可焊性和延性
镍 (Ni)	可在高温条件下提高强度
钛 (Ti)	可以减小晶粒尺寸

注：表中镍、钛（或 Co、Cr、Zr）均为附加元素。

三、建筑铝材的力学性能

铝合金牌号众多，其力学性能又取决于材料所处的各种状态，而且与材料厚度及生产加工工艺亦有一定关系，故性能变化较大。下面仅列出几种有代表性牌号的力学性能的参考值。具体使用时，可直接在生产厂的产品标准中查取。

铝合金常用牌号力学性能参考值 表 2-16

牌号	状态	抗拉强度	屈服强度	伸长率
		f_u (N/mm ²)	f_y ($\sigma_{0.2}$) (N/mm ²)	δ_{10} (%)
L1~L6	M	59~108	—	20~28
	Y2	98~167	—	4~8
	Y	137	—	1~3
LF2	M	167~225	—	16~18
	Y2	225	—	4~6
	Y	265	—	3
LF21	M	98~147	—	22
	Y2	147~217	—	6
	Y	186	—	1~4

牌号	状态	抗拉强度	屈服强度	伸长率
		f_u (N/mm ²)	f_y ($\sigma_{0.2}$) (N/mm ²)	δ_{10} (%)
LF43	M	98	—	15
	Y2	118	—	4
LD2	CS	275	205	10
LD30	M	147	—	12
	CZ	177	108	16
	CS	265	245	8
LD31	RCS	157	108	8
	CS	206	177	8

紧固件材料

普通螺栓

普通螺栓的标准和规格 表 2-17

螺栓种类	精制螺栓		粗制螺栓
	A级	B级	C级
技术标准	《六角头螺栓》(GB/T 5782—2000)		《六角头螺栓 C级》(GB/T 5780—2000)
配套螺母	《I型六角螺母——A级和B级》(GB 6170—1980)		《I型六角螺母——C级》(GB 41—1986)
直径 (mm)	φ1.6~φ64		φ5~φ64
直径公差 (mm)	+0 -0.14~-0.33	+0 -0.25~-0.74	±0.48~±1.2
通用规格	M1.6、M2、M2.5、M3、M4、M5、M6、M8、M10、M12、M16、M20、M24、M30、M36、M42、M48、M56、M64		
使用范围	$d \leq 24\text{mm}$ 和 $l \leq 10d$ } 取较 $\leq 150\text{mm}$ } 小值	$d > 24\text{mm}$ 和 $l > 10d$ } 取较 $> 150\text{mm}$ } 小值	不限
螺杆材料	3mm ≤ d ≤ 39mm, 用性能等级为 5.6 级或 8.8 级钢; d < 3mm 和 d > 39mm, 按协议		d ≤ M39, 用性能等级为 4.6、4.8 级钢; d > M39 按协议
标记	国标号 M d × l (d—直径、l—公称长度, 单位为 mm), 例如: GB/T 5782 M12 × 80		

注：性能等级代号的含义为：小数点前的数字表示螺栓成品抗拉强度的最低限值（单位为 100N/mm²），小数点后的数字表示材料的屈服比。

普通螺栓的材料性能（见 GB 3098.1—2000）表 2-18

性能等级	材料和热处理	化学成分 (%)				最低回火温度 (°C)
		C		P S		
		min	max	max	max	
4.6 4.8 5.6	低碳钢或中碳钢	0.13	0.55	0.05	0.06	—

续表 2-18

性能等级	材料和热处理	化学成分 (%)				最低回火温度 (°C)
		C		P	S	
		min	max	max	max	
8.8级	低碳合金钢(如硼、锰、铈)淬火并回火;或中碳钢淬火并回火	0.15	0.40	0.035	0.035	425
		0.25	0.55	0.035	0.035	425

注:对8.8级的螺栓,为保证良好的淬透性,螺纹直径大于M20的紧固件必须采用对10.9级(GB 3098.1—2000)规定的合金钢。

铆钉及圆柱头焊钉

铆钉采用《标准件用碳素钢热轧圆钢》(GB 715—1989)制作,牌号为BL2和BL3。其化学成分、力学性能和工艺性能见表2-19及表2-20;

BL2、BL3钢的化学成分 (%) 表 2-19

牌号	C	Si	Mn	P	S
BL2	0.09~0.15	≤0.07	0.25~0.55	≤0.040	≤0.040
BL3	0.14~0.22	≤0.07	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040

BL2、BL3钢的力学性能和工艺性能 表 2-20

牌号	屈服点 f_y (N/mm ²)	抗拉强度 f_u (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	冷顶锻试验 $x = \frac{h_1}{h}$	热顶锻实验	热状态或冷状态下铆钉头锻平试验
BL2	≥215	335~410	≥33	$x=0.4$	达1/3高度	顶头直径为圆钢直径的2.5倍
BL3	≥235	370~460	≥28	$x=0.5$	达1/3高度	顶头直径为圆钢直径的2.5倍

注:1. 屈服点和抗拉强度不作为交货依据,但须在质量证明书中注明;
2. h 为顶锻前试样高度(两倍圆钢直径), h_1 为顶锻后试样高度;
3. 顶锻或锻平后的试样上不得有裂口和裂缝。

铆钉的规格可按《粗制半圆头铆钉》(GB 863.1—1986)和粗制沉头铆钉(GB 865—1986)采用。公称直径 $d=12\sim36\text{mm}$,常用规格为 $d=12,16,20,24,30,36\text{mm}$ 。

圆柱头焊钉(GB 10433—1989)适用于抗剪件、锚固件及埋设件。用普碳钢制作,其材料性能见表2-21:

圆柱头焊钉的材料性能 表 2-21

化学成分 (%)					抗拉强度 f_u (N/mm ²)	屈服点 f_y (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)
C	Si	Mn	P	S			
≤0.20	≤0.10	0.3~0.6	≤0.04	≤0.04	400~550	≥240	14

公称直径 $d=6\sim22\text{mm}$,规格有 $d=6,8,10,13,16,19,22\text{mm}$ 七种,并配套有焊接瓷环。

高强度螺栓

高强度螺栓的标准和规格 表 2-22

螺栓种类	大六角头高强度螺栓	扭剪型高强度螺栓
标准规格		
技术标准	《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》(GB/T 1231—1991)	《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632—3633—1995)
连接副内容	包括一个螺栓、一个螺母和二个垫圈	包括一个螺栓、一个螺母和一个垫圈
螺纹规格	M12、M16、M20、(M22)、M24、(M27)、M30	M16、M20、(M22)、M24
螺栓的性能等级	10.9S	8.8S
螺栓的推荐材料和适用规格	20MnTiB ≤M24 35VB ≤M30	40B ≤M24 45 ≤M22 35 ≤M20
螺母的性能等级	10H	8H
螺母的推荐材料	45、35 15MnVB	35
垫圈的性能等级	HRC 35~45	HRC 35~45
垫圈的推荐材料	45、35	45、35
标记示例	10.9S级: GB/T 1231 M20×100 8.8S级: GB/T 1231 M20×100—8.8S	GB/T 3632 M20×100 长度 l (mm) 直径 d (mm)
产品检验中有关设计的要点	10.9级螺栓必须按保证扭矩系数供货,同批连接副的扭矩系数平均值为0.110~0.150,扭矩系数标准偏差应小于或等于0.010	连接副紧固轴力的检验,每批抽取8套,轴力的平均值和标准偏差等均应符合规定,当螺栓长度 l 小于下列数值时可不进行紧固轴力试验 60(M16、M20), 65(M22),70(M24)

注:1. 螺纹规格中带括号()者为第二选择系列,即不常用的规格。

2. 产品出厂检验按批进行,为保证扭矩系数(或紧固轴力)的匀质性,供货的最大批量为3000套。
3. 凡同一材料、炉号、规格、长度、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺栓(或螺母、垫圈)为同批。由同批螺栓、螺母及垫圈组成的连接副为同批连接副。
在GB/T 3633中,对螺栓长度≤100mm、长度相差≤15mm,以及螺栓长度>100mm、长度相差≤20mm者亦视为同一长度。
4. 大六角头高强度螺栓扭矩系数的保证期为自出厂之日起6个月,用户如需延长保证期,可由供需双方协议解决。

高强度螺栓的力学性能如下表2-23所示:

高强度螺栓的力学性能 表 2-23

性能等级	抗拉强度 f_u (N/mm ²)	屈服强度 f_y ($\sigma_{0.2}$) (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	冲击韧性值 a_k (J/cm ²)	芯部硬度			
						洛氏	HRC	维氏	HV _{0.05}
						不小于			
10.9S	1040~1240	940	10	42	59	33	39	312	367
8.8S	830~1030	660	12	45	78	24	31	249	296

注:当螺栓直径大于16mm时,根据用户要求,尚需增加常温冲击韧性;当螺栓 $l/d \leq 3$ 时,如不能做模拟试验,可做芯部硬度试验。