

A490
40

A490/40

建筑工程施工及验收规范 培训班讲义

第五册 钢结构工程

J(綜)0016

2:1

本手册中引用的标准、规范仅作“参考资料”使用，如需采用，必须以现行有效版本的标准、规范为准。

院总工程师办公室 1997.10

1984年9月 北京

建筑工程施工及验收规范 培 训 班 讲 义

第五册 钢 结 构 工 程

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

1984年9月 北 京

前 言

一九七九年以来，由原国家建筑工程总局负责修订的国家标准“建筑工程施工及验收规范”共十二本，已于一九八二年全部审定完毕，城乡建设环境保护部从一九八二年七月开始陆续批准颁发。

为了使建筑工程管理和施工方面的人员做到“有法必学、有法必遵”，全面了解修订后的施工规范内容，以利正确贯彻执行，确保工程质量，我们拟分期分批开办培训班，由修订人员负责编写讲义和授课。讲义共分十二本，将陆续出版，内部发行。

这次修订施工规范，是建国以来第一次根据我国国情和参考现行国标、国内外有关先进标准规范进行的，内容尚不完善。同时，编写讲义的经验也不足，希望大家提出改进意见，共同搞好这项工作。

本讲义由“钢结构工程施工及验收规范”修订组的肖建华、夏丕旭、付清钰、舒新阁、孙雅斌等同志编写，罗经宙同志审阅，我局杨崇永同志校审定稿。

城乡建设环境保护部科技局规范处

一九八四年九月

目 录

1. 前言	1
1.1 本规范的历史演变过程.....	1
1.2 新规范的修订过程.....	2
1.3 新规范的修订内容.....	3
2. 总则	5
2.1 本规范的适用范围.....	5
2.2 本规范的一般规定.....	7
3. 常用钢材以及其他材料	11
3.1 常用钢种.....	11
3.2 常用钢材的特性.....	11
3.3 关于钢材选择的温度划线问题.....	15
3.4 钢材的力学性能.....	16
3.5 常用钢材的焊接性能.....	17
3.6 冷裂纹.....	19
3.7 钢材的保管与管理.....	24
3.8 焊接材料.....	27
3.9 摩擦型连接的高强度螺栓和其他螺栓.....	39
4. 钢结构的制作	41
4.1 放样、号料.....	42
4.2 样板、样杆.....	48
4.3 加工余量.....	48
4.4 号料.....	49

4.5	切割、刨和铣加工	59
4.6	矫正和弯曲	65
4.7	制孔	71
4.8	组装	74
5.	连接	80
5.1	钢结构的连接	80
5.2	钢结构焊接	81
5.3	焊接连接的种类	86
5.4	焊接接头的种类	87
5.5	焊接代号与符号	114
5.6	热轧钢及正火钢的焊接工艺	114
5.7	焊接工艺参数的确定	120
5.8	16mn钢的焊接	122
5.9	焊接应力与变形	124
5.10	预防焊接变形的措施	140
5.11	焊接残余应力的分布	146
6.	放射线透视检验	150
7.	超声波探伤检验	159
8.	焊缝缺陷及修补方法	163
8.1	焊接裂缝的划分	163
8.2	裂纹的形成机理与形态	165
8.3	焊纹缺陷的修补	166
8.4	修补缺陷应注意事项	169
9.	焊工及焊接检验人员的考核	170
9.1	焊工考核制度	171
9.2	焊接检验人员的考核	171
10.	关于焊接工艺的试验及焊接材料的烘焙问题	173

10.1	焊接工艺的试验	173
10.2	焊接材料的烘焙	175
11.	摩擦型高强度螺栓	181
12.	钢结构防腐蚀	187
12.1	腐蚀应力	187
12.2	清除钢材表面锈蚀	192
12.3	涂层防护	194
12.4	涂层厚度	197
13.	钢结构安装	199
13.1	概述	199
13.2	钢结构安装新的特点	200
13.3	安装	201
附录	某炼钢厂主厂房钢结构安装经验介绍	211

1. 前 言

1.1 本规范的历史演变过程

钢结构工程施工及验收规范是建筑制作和安装工程的国家技术标准之一，它和其它施工及验收规范一样，是建国以来，随着建设事业地不断发展，经过了多次修订。一九五六年，原国家建设委员会批准颁发《建筑安装工程施工及验收暂行技术规范》，其中第四篇是“钢结构工程施工”。该规范是翻译苏联国家建设委员会一九五五年颁发实行的《建筑安装工程施工及验收技术规范》的全部条文，并酌加补充而成。一九六一年至一九六三年间，原建筑工程部会同冶金工业部对《建筑安装工程施工及验收暂行技术规范第四篇钢结构工程》进行了修订。在内容方面作了删改和补充，对文字也作了精减，并由原建筑工程部批准颁发为国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ18—66，自一九六六年六月一日起试行。一九七二年，原国家基本建设委员会委托北京市建工局会同有关单位对《钢结构工程施工及验收规范》GBJ18—66进行审查再版，由于时间仓促，不可能作较多的调查和试验研究工作，故内容上基本没有什么变动。审查后的规范名称仍为《钢结构工程施工及验收规范》GBJ18—66（修订本）（以下简称原规范），经原国家基本建设委员会批准，自一九七三年七月一日起试行，至今已有十五年左右。鉴于多年来，我国工业与民用建筑钢结构制作和安装新的技术不断发展，新材料也日益增多，加上钢结构设计构造和连接方面的改革和检测技术的提高，原规范在

内容方面已经不能适应客观发展的需要。为此，原国家基本建设委员会以（79）建施发字第168号和原国家建筑工程总局以（80）建工科字第385号通知，将原规范交由湖北省建筑工程管理局为主，会同天津市、山西省、辽宁省、和冶金工业部、中国建筑科学院等有关单位组成修订组。修订工作从一九七九年十一月正式开始至一九八三年初基本结束，前后历时三年余。修订后的规范名称为《钢结构工程施工及验收规范》（GBJ205—83）（简称新规范），城乡建设环境保护部于一九八三年九月十四日以（83）城科字第632号文批准颁发，从一九八四年三月一日起实行。

1.2 新规范的修订过程

根据钢结构工程的特点，在作法上和其他施工规范不大一样，开始不是派人搞普查，而是邀请全国范围内的与钢结构有关的设计、科研、大专院校、制造厂和安装单位的专家、教授、工程师等一百多人集中在武汉，用了十天的时间探讨规范修订内容。由于会前准备工作明确，因此与会者都将本单位在建国以来从事钢结构工作的经验以及在执行原规范时所遇见的问题带到大会交流。规范修订组根据代表们提出要求补充在原规范中的各条意见进行验证核实。如对原规范有较大改动的：

（1）焊接质量检验标准分级；（2）焊接检验质量评定方法；（3）低温对焊接质量的影响；（4）高强度螺栓应用的技术要求；（5）低合金结构钢的焊接工艺；（6）构件制孔标注采用位置度和分段控制的检查方法；（7）精密切割控制精度；（8）涂层厚度的质量标准等，进行了各项专题调研和试验，有的试验时间长达一年以上；有的经过多次试验，反复验证；有的因试验结果离散性较大（如温度低到 -5°C 以下）

依据不足，在规范中未列入。

在上述调研和试验的基础上，修订组先后于一九八一年十二月、一九八二年六月提出了修订规范的初稿、修订稿和审定稿，并于一九八一年六月在漳州、一九八二年九月在扬州分别召开了全国性的初审会和审定会。审定会议后，修订组根据会上提出的意见，进行了认真的分析研究，与此同时，还专门召开了座谈会，再一次作了适当修改，并于一九八三年七月提出报批稿，又经城乡建设环境保护部科技局审查修改后，才正式定稿。

1.3 新规范的修订内容

新规范分总则、材料、钢结构的制作、钢结构的安装 竣工验收等五章，共计 111 条并列有五个附录。与原规范相比增加一章，删除三个附录另增加三个附录。在 111 条中，属于保留的条文 9 条；修改的条文 63 条；增加的条文 38 条。修订的主要内容有：（1）低合金结构钢已列入国标（GB1591—79），故将规范中有关低合金结构钢的“注”删去，列为新规范正式条文；（2）原规范中铆钉连接规定的较详细，根据近代钢结构的连接铆钉已不再采用。故新规范将铆接属于质量标准参考的示意图改列在附录中供参考。同时，考虑到原有旧结构修复可能还要用少量的铆钉，故在条文中仍保留部份基本要求；（3）焊接已成为建筑钢结构的主要连接方式，重要结构和一般结构均普遍采用，因此对焊接质量的要求也要作相应改变和提高。新规范中增加条文比原规范多，同时还将焊接质量以及检测评定标准，根据工程的需要分为三个级别。这样划分好处是在保证工程质量的前提下，同时照顾经济效益，即：该严则严该宽则宽，比原规范规定的要求合理；（4）从七十年

代起高强度螺栓在建筑钢结构上的用量开始增多。原规范只提到高强度螺栓，但对质量指标和检验方法所作的规定，一般是原则性多，而具体的规定少，在执行过程中很难统一。新规范修订时，针对实际情况参考国内外现有的资料，能定量的都在条文中作出明确规定，对关键部位不仅有质量指标，而且对检验方法也提出了具体要求。这样就将制作、安装和检查验收三者 in 规范的条文中统一规定，减少了对条文理解不一致之争；

(5) 新规范另一特点是各图数字增加较多，在执行过程中便于直观，不需用过多的时间去理解文字要求。

2. 总 则

总则共分7条，一般是针对较全面性的或原则性的问题作出的规定，主要内容有：本规范的适用范围；适用的主要钢材；钢结构的制作和安装必须遵守的原则，如施工图、工艺设计、施工组织设计、劳动保护和安全技术条例等。

2.1 本规范的适用范围

原规范对规范的适用范围规定为“工业与民用房屋和构筑物的钢结构的制造和安装”，这个范围订得偏大，并且也没有必要，因为有些特殊的构筑物，如气柜、贮罐、高炉、塔桅及平炉钢结构工程等，在制作、安装和检测方面都有特殊要求，且，有关部门也订有规范或规程。所以，新规范的适用范围不包括这类工程。而对一般与房屋有关的常用构筑物，例如各种梯子平台、管道支架、行走过桥、照明塔架、电缆通廊钢结构工程等，则作了补充，以保证施工对象的完整性。

关于本规范适用的钢材种类，是根据《钢结构设计规范》(TJ17—74)所规定的钢种、钢号制定的相应规定。按上述原则，适用的钢材有以下四种：(1) 热轧普通碳素结构钢(GB 700—79) 1~3号钢；(2) 热轧低合金结构钢(GB1591—79)；(3) 桥梁建筑用热轧碳素钢(GB714—65)；桥梁建筑用热轧碳素钢及普通低合金钢板(YB168—70)。至于其它品种包括国外引进的，如国产15锰钒钢；美国的A36、A440钢；日本的SS41、SM41、SS50、SM51钢；西德St37、St52钢；苏联

CT3.15×CHД钢等，有些地区早已使用，规范的一些条文对它们也是基本适用的，但由于在使用过程中仍存在一些具体问题，须待施工中加以解决。例如，制作前要做钢的化学分析、力学试验、可焊性试验等，因此，不能正式列入本规范适用钢种中。各地区对这些钢种可参照本规范规定，结合具体情况通过试验，制订本地区的施工工艺和操作规程来解决。

关于本规范适用的其他材料，如焊接材料、高强度螺栓、普通螺栓、精制螺栓和涂料等，新规范规定均应符合设计要求。施工单位选用的代用材料其强度与设计要求的相或者超过设计要求的强度，但仍应在使用前作些必要的试验，对其技术指标应综合评价，不能偏选某一项作为使用依据。

钢材的强度和可焊性试验，应根据国家标准（GB222—63）、（GB2975—82）、（GB1814—79）的规定。

钢材的性能对照见表2—1、2—2、2—3

国产钢材的化学成分

表2—1

标准代号	钢号		化 学 成 分 %				
			碳	硫	磷	硅	锰
GB700 —79	2号钢	平炉沸腾钢	0.09~0.15	0.050	0.045	≤0.07	0.25~0.55
		镇静钢				0.12~0.30	
		侧吹碱性转炉沸腾钢	0.06~0.12	0.055	0.045	≤0.07	0.25~0.55
		镇静钢				0.10~0.30	
	8号钢	平炉沸腾钢	0.14~0.22	0.05	0.045	≤0.07	0.30~0.60
		镇静钢				0.12~0.30	0.35~0.65
		侧吹碱性转炉沸腾钢	0.10~0.20	0.055	0.045	≤0.07	0.30~0.60
		镇静钢				0.10~0.30	
GB1591 —79	16 锰 钢		0.12~0.20	0.050	≤0.045	0.20~0.60	1.20~1.60
	16 锰 桥 钢		0.12~0.20	0.045	0.040	0.20~0.60	1.20~1.60

日本钢材的化学成分

表2-2

钢种	化 学 成 分					
	C	Si	Mn	P	S	
SM41	A	0.25以下		2.5×c以下	0.040以下	0.040以下
	B	0.20以下	0.35以下	0.60~1.20	0.040以下	0.040以下
	C	0.18以下	0.35以下	1.4以下	0.040以下	0.040以下
SM50	A	0.20以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
	B	0.18以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
	C	0.18以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
SM50y	A	0.20以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
	B	0.20以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
SM53	A	0.20以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下
	B	0.20以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下

西德钢材的化学成分

表2-3

钢号		C	P	S	Si
钢号	材料号	最 高 含 量			
St37-3	1.0116	0.17~0.19	0.045~0.050	0.045~0.050	0.009~0.012
St42-3	1.0126	0.23~0.25	0.045~0.050	0.045~0.050	0.009~0.012
St52-3	1.0841	0.20~0.22	0.045~0.050	0.045~0.050	0.009~0.012

2.2 本规范的一般规定

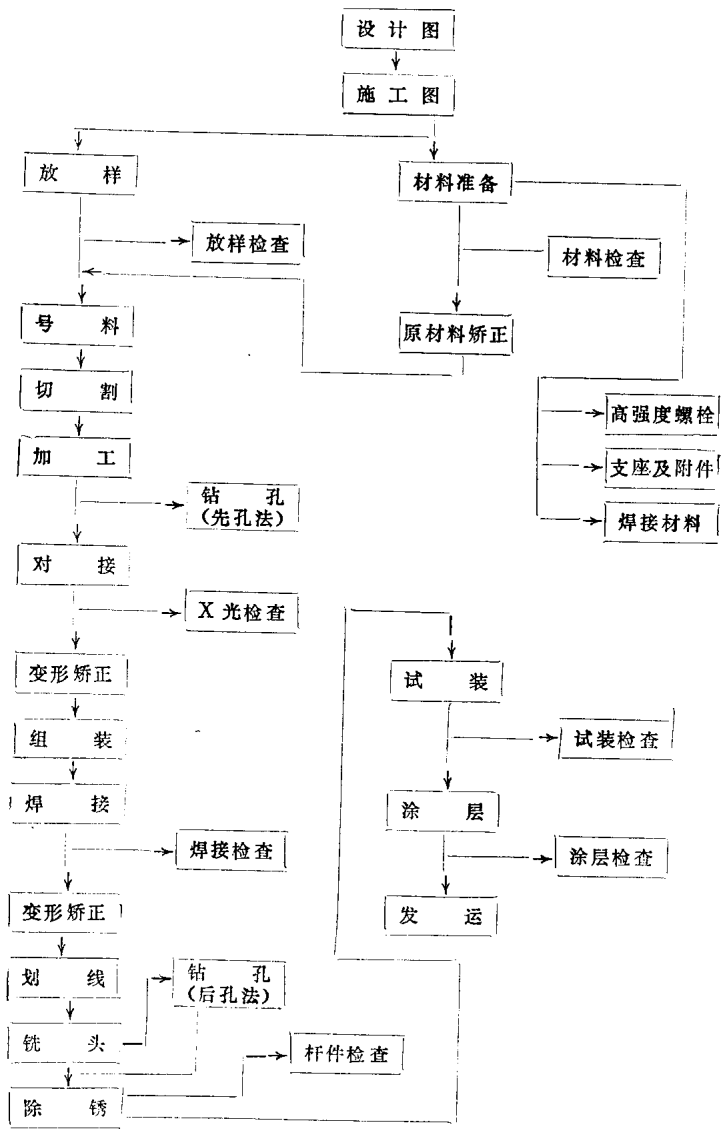
钢结构工程从设计到施工与其他工程项目的设计到施工有

很多不同之处，钢结构设计要分做两个阶段完成。第一阶段是设计院完成技术设计，其内容大致是：工程定位、构造形式、内力计算和选材规定等，即技术设计；钢结构在制作加工前必须根据第一阶段设计图，另行放样设计，其内容包括：杆件定长、节点大小的确定、焊缝长、高度计算、孔眼布置和零件编号等，称为第二阶段，即施工图。工程验收也是分两个阶段进行，构件在制造厂制作时按施工图验收成品，工地安装后的竣工验收则要根据第一阶段的设计图进行。因此新规范第1·0·3、1·0·4条就是根据上述特点作出的相应规定。

修改图纸这个问题，多数是在编制施工图（即放样设计时）出现，一般是工艺、材料代用由施工单位提出要求设计单位修改原设计。安装时也会有设计与实际情况不符的现象要求改变设计的可能。在原规范中虽有规定，但概念不够明确，只提到由原设计单位修改。上面讲到两个设计阶段，有的工程这两个阶段是在一个单位完成，但实际上多数由两个不同的单位分别完成，可以理解为都是原设计单位，都有修改权，这样难免出现混乱，各作各的解释。为了统一，新规范明确规定，图纸修改权一律属原设计单位，至于制作、施工所作的修改必须向原设计单位申报，经同意并签署文件为依据后修改才能生效。对这段修改是经反复斟酌并总结各个地区在施工中所遇到的问题，我们认为订入条文很有必要性。钢结构的特点是强度高，承载力大，自重小，但受力复杂。设计选用钢材截面大小，均按计算平衡分配，每个杆件都要处在极限状态受力，这样构件的稳定性就能达到最佳状态，不至造成应力偏析或集中到某一杆件而导致失稳和破坏。焊缝高低（大小）也是一样，设计人为了防止剪应力加大而控制焊缝的高度，并以加长焊缝降低高度力求减小力线偏心。同时也避免因大焊缝的升温影响

母材质量下降。像这类问题对于施工经验较多的大型制造厂和安装单位，一般来讲是比较清楚的，但是也有多数单位，他们总是认为大的比小的可靠，如在施工过程中缺少应用规格的材料时，就自作主张用大代小，又如杆件连接长度不够（设计要求的焊缝长度）就以加高（大）来解决。也不经设计部门同意。凡此种种都是属于修改原设计，所以新规范增加第 1.0.3 条加以限制。

工艺规程和施工组织设计，在构件的制作阶段和在安装过程中，对保证工程质量起着重要的作用。一份正确的工艺规程制订好了之后，就等于保证了制作质量的50%，因此在制作过程中，就完全有把握保证质量。施工组织设计也是如此，完整的施工组织设计，不仅可以指导安装和保证质量，而且还可以提高经济效益。制作工艺流程如下：



3 常用钢材以及其他材料

3.1 常用钢种

我国的建筑钢结构已淘汰铆接，发展以焊接为主的栓、焊连接。焊接结构常用的钢材有六种，即A2、A2F、A3、A3F、16Mn、15MnV。极限拉力强度 $48\text{kgf}/\text{mm}^2$ 级以上者为普通低合金结构钢，以下为碳素结构钢（亦称低碳钢）。国产钢材标准（GB700—79）规定根据钢材冲击值的不同，在上述的六种钢中，又分为甲类、乙类。甲类钢对冲击值无要求；乙类钢要求温度 0°C 时U型缺口冲击试验能量不得小于 $2.8\text{kg}\cdot\text{m}$ 以上；为了提高可焊性对上述六种钢的含碳当量均应小于 0.44% ，如超过，需另进行焊接部位硬度和焊道弯曲试验。

对上述钢材的选用应由设计单位确定，制造单位不应因材性相近，就随意代用。

3.2 常用钢材的特性

含碳量在 0.02% — 2.0% 之间的铁碳合金称为钢。根据钢的含碳量不同，习惯上把含碳量 $<0.25\%$ 的称为低碳钢，含碳量 0.25% — 0.6% 的叫中碳钢，含碳量 $>0.6\%$ （一般在 0.6% — 1.3% 范围）的叫高碳钢，统称为碳素钢。

钢中除含碳外，还含有其他元素，特意加入的称为合金元素，含有合金元素（例如Mn、Si、Cr、Ni、Mo等）的钢称为合金钢，按加入的合金元素总量的多少分为低合金钢（ 5% ），中合金钢（ 5% — 10% ）和高合金钢（ $>10\%$ ）。非有意加入而残