

# 钢结构设计新规范应用讲评

魏明钟 编著

中国建筑工业出版社

# 钢结构设计新规范应用讲评

魏明钟 编著

中国建筑工业出版社

本书按《钢结构设计规范GBJ 17—88》编写。规范GBJ 17—88与旧规范TJ 17—74相比，内容有较大改变。本书主要介绍规范GBJ 17—88中计算公式和构造规定的理论和试验依据，重点为规范修改内容，也有个人的一些评述。书中体系与编排基本与规范相应，也考虑了本身的独立连贯性。

为适合广大工程人员阅读，在公式推导和修改的背景材料介绍中力求全面具体，但对所涉及的较深的数学、力学问题，只指出其出处，一般高等学校教材中已有的基本原理和基本公式也未予介绍。书中提及的计算方法均附有适量例题。各章末还提出了新规范存在的主要问题。

本书可供土建工程设计、科研、施工、教学及钢结构制造技术人员参考。

## 钢结构设计新规范应用讲评

魏明钟 编著

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：850×1168毫米 1/32 印张：147/8 字数：397千字

1991年4月第一版 1991年4月第一次印刷

印数：1—11,280册 定价：7.33元

ISBN7—112—01190—6/TU·867

(6251)

## 序

自1974年《钢结构设计规范》TJ 17—74(试行)发布之后,规范修订和管理负责单位北京钢铁设计研究总院,组织了全国几十个单位,对规范科研专题进行了大规模的理论和试验研究,在约10年内,完成了100多项研究成果,为修订规范作了很充分的准备。在1983年3月正式成立修订组,对TJ 17—74规范条文进行全面修订。1986年4月完成“报批稿”,后被批准颁布作为正式的国家标准,即现行的《钢结构设计规范》GBJ 17—88。它与原规范TJ 17—74相比,内容有较大变动和改进。

为了使设计、施工、科研和大专院校中有关的科技人员尽快地熟悉现行规范的内容,钢结构设计规范管理组除录制讲解录像带、组织学习班和编印讲义资料外,并号召和支持修订组成员撰写文章、出版专著,对现行规范作进一步的解释,以促进其推广使用。

魏明钟教授是规范修订组和汇稿组主要成员之一。他编写的这本书,既介绍了规范中计算方法和构造要求的理论和试验依据,又介绍了如何应用于实际工程,无疑是一本帮助有关科技人员深入掌握现行规范内容的好著作。

该书叙述简明易懂,深入浅出,比较适合广大工程技术人员阅读。在公式推导和规范修订背景材料介绍中,较全面具体,但对繁琐的数学、力学问题未予详述,只指明其出处供读者查阅。全书分为12章,章名与规范正文相一致,以便对照阅读,但又具有一般科学著作的连贯体系。此外,该书内容丰富,不仅涉及到现行规范的主要条文,且阐述了钢结构的其它问题;在各专题中还提出了对今后科研方向的建议,供进一步研究者参考。因此,该书与其它钢结构书籍和有关规范的专题论文、讲义等相比,具

# 目 录

第一章	概述	1
第二章	钢结构的材料	7
第一节	钢的种类和标号	7
第二节	钢材的选用	9
第三节	钢结构的连接材料	16
第四节	钢结构用钢的发展	21
第三章	钢结构的设计方法	30
第一节	设计原则	30
第二节	吊车横向水平荷载增大系数	46
第三节	钢材和连接的设计指标	52
第四节	结构和构件的容许变形	61
第四章	受弯构件的计算	69
第一节	梁的强度	69
第二节	梁的整体稳定	78
第三节	梁的局部稳定	105
第五章	轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算	131
第一节	轴心受拉构件和轴心受压构件	131
第二节	拉弯构件和压弯构件	180
第三节	构件的计算长度和容许长细比	206
第四节	受压构件的局部稳定	244
第六章	疲劳计算	262
第一节	最大应力法	262
第二节	常幅疲劳的应力幅法	265
第三节	变幅疲劳的等效力幅	272
第四节	吊车梁和吊车桁架的疲劳计算	277
第五节	疲劳计算的特点和讨论	330
第七章	连接计算	284

第一节	焊缝连接 .....	284
第二节	螺栓连接 .....	312
第三节	混合连接 .....	348
第八章	钢结构的构造要求 .....	353
第一节	一般要求 .....	353
第二节	焊缝连接的构造要求 .....	363
第三节	螺栓连接和铆钉连接 .....	375
第四节	结构构件的构造要求 .....	380
第九章	塑性设计 .....	405
第一节	一般要求 .....	405
第二节	构件的计算 .....	418
第三节	长细比限制和构造要求 .....	419
第十章	直接焊接的圆管结构 .....	426
第一节	一般要求 .....	426
第二节	连接焊缝和节点强度 .....	429
第三节	对圆管结构规定的讨论 .....	438
第十一章	圆钢、小角钢的轻型钢结构 .....	440
第十二章	钢和混凝土组合梁 .....	447
第一节	一般要求 .....	447
第二节	组合梁的截面计算 .....	455
第三节	连接件的设计 .....	462
第四节	对本章内容的讨论 .....	466

# 第一章 概 述

钢结构与其它材料结构相比具有其本身的特性：首先，钢结构由单一人工材料（钢材）作成，组织比较均匀，接近各向同性，符合力学的基本假定，因而钢结构的计算主要根据力学原则，计算结果的不定性较小，较为可靠。其次，钢材的容重虽较大，但由于强度高，强度与容重之比较大，因而钢结构反而比其它材料的同等结构较轻。这对运输、安装带来很大的方便，较适用于大荷载和大空间的结构。此外，建筑用钢材具有良好的塑性和韧性，适宜在动态荷载下工作，因而受动力作用较大的构件（如吊车梁）以及地震区的建筑采用钢结构较为有利。而且，钢结构构件一般在金属结构厂制作，施工机械化，运输和安装也较简便，可使钢结构的施工期限大为缩短，建筑很快投入使用。

但是，钢结构由于焊接残余应力和其它缺陷的影响，在低温或动力很大的情况下可能发生脆断。另外，如防护不好，容易锈蚀。钢材在高温时变软，必要时应采用防火措施。这些问题，设计者应给予特别注意。

## 1. 钢结构的设计要求

钢结构设计应满足下列要求：

1) 钢结构及其构件应安全可靠，即能安全地承受预期的各种有关荷载。因而必须具有足够的强度和稳定性。钢构件一般壁薄且较细长，稳定问题特别突出。

2) 要满足使用要求和耐久性。使用要求包括变形和振幅的限制；耐久性能主要应注意抗腐蚀和防火。

3) 要满足经济要求。最优的设计除安全适用外，应做成成本最低、重量最轻、制作和安装劳动力最省、工期最短、维护方便的结构。

为了实现上述设计要求，应掌握各种荷载的特性和量值，以及它们应有的组合；具备合理选择钢材和连接材料的能力；能选用最优结构方案和最先进的设计方法。使钢结构设计做到技术先进，经济合理，安全适用，确保质量。为此，设计人员应熟悉现行《钢结构设计规范》的内容，并了解其来源和制订背景，以便针对各种实际工程情况灵活应用。

## 2. 钢结构设计规范的历史概况

解放前由我国自行设计的建筑钢结构很少，也没有自己的设计规范。

解放初期在恢复生产(主要是钢铁生产)的过程中，为修复、加固、改建或扩充钢结构建筑的需要，在东北地区曾制订了钢结构设计的内部规定。但直至1954年才正式公布了我国有史以来第一本《钢结构设计规范》(规结4-54)。设计方法属定值法，要求设计构件或连接的应力不超过某一定值(容许应力)。容许应力取为钢材屈服点的废品限值(即抽样检查时，钢材实际屈服点低于此限值作为废品)除以一安全系数。安全系数由经验判断。这本规范使用时间很短。

在本世纪五十年代，开始出现了一种新的设计方法，极限状态设计法，它把影响结构安全的因素视为随机变量，指出应对这些随机变量进行概率分析。显然这种设计方法比安全系数由经验判断的容许应力法更为合理。1956年12月，国家基本建设委员会发出通知，采用苏联1955年颁布的规范ННТУ 121—55作为我国参考的《钢结构设计规范》。这本规范采用三系数(超载系数、匀质系数、工作条件系数)的极限状态设计法。由于只有少量设计参数，如钢材设计强度、风荷载、雪荷载等单独采用了概率分析，其它仍采用经验值。故这种设计方法属于半概率、半经验的范畴。但从当时的情况来看，将这种方法正式列入规范作为结构设计的准则，在世界上还是领先的。

本世纪六十年代初期，我国开始着手制订钢结构设计规范，1964年完成讨论稿，以后由于“文化大革命”开始，此稿未能批



准。直至七十年代初又重新制订；至1974年批准发行了TJ 17—74（试行）规范，才结束了借用苏联规范的历史。TJ 17—74规范采用容许应力表达式，但安全系数采用了多系数分析、单系数表达，基本上算是半概率、半经验的设计法。

在1974年前后同时颁布了各种建筑结构设计规范，但表达式各不相同。<sup>\*</sup>钢结构、薄壁型钢结构和木结构采用应力表达式，但钢筋混凝土结构、砖石结构和地基基础却采用内力表达式。

1974年以后，由中国建筑科学研究院负责，组织全国各有关单位对结构可靠度和概率设计方法进行大规模的研究，于1984年经国家计划委员会批准颁布了《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68—84），作为修订各种结构设计规范的统一设计原则。该标准规定采用“以概率理论为基础的极限状态设计法”，并用分项系数的设计表达式，使设计方法前进了一大步。

钢结构方面，在北京钢铁设计研究总院主持下，1974年以后组织全国几十个单位对TJ 17—74规范（试行）中存在问题进行了理论和试验研究，在近10年内完成100多项研究成果，其中约一半正式通过鉴定。规范管理组还收集了10多本国外新规范，为修订规范进行了较充分的准备。于1986年4月经冶金工业部主持审查后完成“报批稿”。1988年11月经建设部批准颁布，即为现行的《钢结构设计规范》（GBJ 17—88）。

GBJ 17—88规范，在设计原则上以《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68—84）为根据，在符号、计量单位等方面则遵守《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》（GBJ 83—85）的规定。

使用GBJ 17—88规范进行设计时应与下列规范相配合：

建筑结构荷载规范（GBJ 9—87）

建筑抗震设计规范（GBJ 11—88）

钢结构工程施工及验收规范（GBJ 205—83）

冷弯薄壁型钢作成结构，虽同属钢结构的范畴，但由于使用材料有其本身特点，设计时应符合《冷弯薄壁型钢结构设计规

范》(GBJ 18—87)的要求。此规范与《钢结构设计规范》(GBJ 17—88)既有共同性,又有特殊性,甚至有些情况(例如圆管截面构件)没有严格划分。可以认为这两本规范为“姊妹”规范。

### 3. 关于焊缝质量级别

GBJ 17—88规范规定:在钢结构设计图纸和钢材订货文件中,应注明所采用的钢号(对普通碳素钢尚应包括钢类、炉种、浇注方法等)、连接材料型号和对钢材要求的机械性能和化学成份的附加保证项目。本书第二章将对上述内容加以阐述。

同时还规定:在钢结构设计图纸中应注明所要求的焊缝级别。

《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ 205—83)将焊缝质量检验级别分为1、2、3级,各级检验项目、检查数量和检查方法的规定见表1.1

焊缝质量检验级别表

表 1.1

级别	检验项目	检查数量	检查方法
1	外观检查	全部	检查外观缺陷及几何尺寸,有疑点时用磁粉复验  如发现有超过规定的缺陷,应加倍透照,如再不合格应100%的透照
	超声波检验	全部	
	X射线检验	抽查焊缝长度的2%,至少应有一张底片	
2	外观检查	全部	检查外观缺陷和几何尺寸
	超声波检验	抽查焊缝长度的50%	有疑点时,用X射线透照,复验,如发现超标缺陷,应用超声波全部检验
3	外观检查	全部	检查外观缺陷及几何尺寸

各级焊缝的检验质量标准各不相同。例如同样是“外观检查”,1级焊缝不允许有气孔和咬边;2级焊缝不允许有气孔,但允许有较轻微咬边(深度不超过5mm,累计长度不超过焊缝

全长的20%)；3级焊缝则将要求气孔和咬边不超过某一限值。焊缝外形尺寸的允许偏差也不一样。详见施工及验收规范的规定。

但是，施工及验收规范只规定了焊缝质量的检验标准，并没有提出何种情况需要用何级焊缝。因为这不是它的职责范围。

在规范GBJ 17—88中的“焊缝设计强度”（表3.2.1）、疲劳计算的“构件和连接分类”（附表7.1）以及构造要求第8.5.5条，反映出下列情况需要采用1级或2级焊缝：

(1) 需要进行焊缝附近主体金属疲劳计算的对接焊缝应用1级（应力垂直于焊缝长度方向）或2级（应力平行于焊缝长度方向）。

(2) 需要计算焊缝附近主体金属疲劳的翼缘连接焊缝（包括T形对接焊缝和角焊缝）应用2级。

(3) 与钢板等强的受拉对接焊缝应用1级或2级。

(4) 重级工作制和起重量 $Q \geq 50t$ （500kN）的中级工作制吊车梁腹板与上翼缘的连接焊缝，以及吊车桁架上弦与节点板的连接焊缝，应采用焊透的T形对接，且焊缝质量应为2级。

其它情况应由设计人员根据连接的重要性自行确定焊缝级别。例如，制动结构与吊车梁上翼缘的连接焊缝、网架结构的重要节点、大跨桁架的重要节点，以及压力容器的焊缝等重要焊缝宜采用2级甚至1级。其余焊缝可用3级。3级焊缝可以不在图纸中注明。

### 附录：标准、规范、规程、规定

#### 1. 与钢结构设计规范有关的材料标准

(1) 普通碳素结构钢技术条件（GB 700—79）

(2) 低合金结构钢技术条件（GB 1591—79）

(3) 桥梁用碳素钢及普通低合金钢板技术条件（YB 168—70）

(4) 一般工程用铸造碳钢（GB 979—87）

(5) 普通碳素钢铆螺用热轧圆钢技术条件（GB 715—65）

- ( 6 ) 碳钢焊条的药皮类型和焊接电源 ( GB 5117—85 )
- ( 7 ) 低合金钢焊条的药皮类和焊接电源 ( GB 5118—85 )
- ( 8 ) 焊接用钢丝 ( GB 1300—77 )
- ( 9 ) 钢结构用高强度大六角头螺栓型式与尺寸 ( GB 1228—84 )
- ( 10 ) 钢结构用高强度大六角头螺母型式与尺寸 ( GB 1229—84 )
- ( 11 ) 钢结构用高强度垫圈型式与尺寸 ( GB 1230—84 )
- ( 12 ) 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件 ( GB 1231—84 )
- ( 13 ) 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副型式及尺寸 ( GB 3632—83 )
- ( 14 ) 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件 ( GB 3633—83 )
- ( 15 ) 手工电弧焊焊接接头的基本型式与尺寸 ( GB 985—80 )
- ( 16 ) 埋弧焊焊接接头的基本型式与尺寸 ( GB 986—80 )

2. 与《钢结构设计规范》有关或以它为“母规”的专门规范、规程、规定:

- ( 1 ) 高耸结构设计规范
- ( 2 ) 海上固定平台入级与建造规范 ( 钢结构部分 )
- ( 3 ) 网架结构设计及施工规定
- ( 4 ) 高层民用钢结构设计规定
- ( 5 ) 地震区高层钢结构房屋设计规定
- ( 6 ) 钢管混凝土设计规程
- ( 7 ) 高强度螺栓设计、施工及验收规程
- ( 8 ) 建筑钢结构焊接规程

## 第二章 钢结构的材料

### 第一节 钢的种类和标号

建筑用钢主要有普通碳素结构钢和低合金结构钢两种。

#### 1. 普通碳素结构钢 (GB 700—79)

1) 按供应时的保证条件分:

甲类钢 (符号 A) —— 主要按机械性能供应;

乙类钢 (符号 B) —— 主要按化学成份供应;

特类钢 (符号 C) —— 按机械性能和化学成份供应。

因特类钢价格高, 供货困难, 乙类钢又不适用于承重结构, 所以钢结构一般采用甲类钢。

2) 按冶炼炉种分:

平炉钢 (不用符号);

氧气转炉钢 (符号 Y);

侧吹碱性转炉钢 (空气转炉钢) (符号 J)。

平炉钢和氧气转炉钢的质量不相上下, 如果吹入的氧气纯度高于99.5%, 则氧气转炉钢的综合性能还优于平炉钢: 含氮量较低, 冲击韧性高约20~30%。侧吹碱性转炉钢所含杂质多, 使钢易脆, 质量很低, 且目前多数已改建成氧气转炉钢, 故规范中已取消这种钢的使用。

3) 按含碳量分为 0、2、3、4、5 等钢号, 其中 2 号钢含碳量少, 强度过低, 已不在钢结构中使用; 4、5 号钢含碳量过多, 脆性大, 也不适用。所以, 钢结构用钢主要为 3 号钢。0 号钢为冶炼 2、3 号钢的不合格处理品, 只能用于不受力的构件。

4) 按脱氧程度分:

镇静钢(不用符号)——脱氧充分,但成本高;

沸腾钢(符号F)——脱氧较差,但成本较低;

半镇静钢(符号b)——介于镇静钢与沸腾钢之间。

镇静钢的性能优于沸腾钢,主要表现为容易保证冲击韧性,包括低温冲击和时效冲击。但由于成本高,目前我国普通碳素钢中的镇静钢只用于承受动态荷载或处于低温的结构。

普通碳素结构钢按上述供应时的类别、炉种、钢号、脱氧程度的符号排列,即为它的标号。例如,甲类平炉3号镇静钢标号为A3;甲类氧气转炉3号沸腾钢标号为AY3F。

## 2. 低合金结构钢(GB 1591—79)

低合金结构钢中,我国以往主要使用16Mn(16锰)钢。自本世纪60年代以来也曾使用过与16Mn钢性能相近的18Nb(18铌半)、14MnNb(14锰铌)、15MnTi(15锰钛)、15MnV(15锰钒)等。但18Nb、14MnNb的强度级别较低、使用时间较短、数据少、经验还不多;而15MnTi钢需经热处理后供货,生产效率低、成本高;只有15MnV钢的优点较多,它不需热处理后供货,并有足够的试验和生产数据,而加工、焊接性能还略优于16Mn钢,经济效果也较好。因此,在GBJ 17—88规范中,除16Mn钢外,只增加推荐了15MnV钢。15MnV钢的屈服点比16Mn钢高11%,比3号钢高66%。

低合金结构钢的标号,前面的数字表示含碳量的万分数,后面表示含量较多的合金元素。

低合金结构钢一般都是镇静钢,但我国也有半镇静钢,如18Nb(18铌半)。对冲击韧性,尤其是低温冲击韧性要求很高的重要结构,宜采用硅脱氧后再用铝补充脱氧的特殊镇静钢。我国的桥梁用钢,如16Mnq(16锰桥)和15MnVq(15锰钒桥),属于这种类型。在建筑钢结构中,桥梁用钢主要用于低温情况的重级工作制焊接吊车梁。

## 3. 钢铸件用钢

在建筑结构中,钢铸件主要用于大型结构的支座,如大跨桁

架、平板网架的弧形支座板和滚轴支座的枢轴及上下托座。钢铸件应采用现行标准《一般工程用铸造碳钢》中规定的ZG 200—400、ZG 230—450、ZG 270—500或ZG 310—570号钢。钢号前面数字表示屈服点，后面数字表示抗拉强度，单位均为 $N/mm^2$ 。

## 第二节 钢材的选用

### 1. 选用原则

钢材的选用是指选择普通碳素结构钢或低合金结构钢、镇静钢或沸腾钢，以及要求的化学成份和机械性能的保证项目。它是钢结构设计的重要环节。选择的目的是保证安全可靠和做到经济合理。

选用钢材的依据为下列几项：

1) 结构的重要性。对重型工业建筑结构、大跨度结构、高层或超高层的民用建筑结构或构筑物等重要结构，应考虑选用质量好的钢材，对一般工业与民用建筑结构，可按工作性质分别选用普通质量的钢材。这是选材的一项重要原则。另外，按《建筑设计统一标准》规定的安全等级，把建筑物分为一级（重要的）、二级（一般的）和三级（次要的）。安全等级不同，要求的钢材质量也应不同。同时，构件破坏造成对整个结构的后果也是考虑的因素之一。当构件破坏导致整个结构不能正常使用时，则后果严重；如果构件破坏只造成局部性损害而不致危及整个结构的正常使用，则后果就不十分严重。两者对材质要求也应有所区别。

2) 荷载情况。荷载可分为静态荷载和动态荷载两种。直接承受动态荷载的结构和强烈地震区的结构，应选用综合性能好的钢材；一般承受静态荷载的结构则可选用价格较低的3号沸腾钢（A3F，AY3F）。

3) 连接方法。钢结构的连接方法有焊接和非焊接两种。由于在焊接过程中，会产生焊接变形、焊接应力以及其它焊接缺陷，如咬肉、气孔、裂纹、夹渣等，有导致结构产生裂缝或脆性

断裂的危险。因此，焊接结构对材质的要求应严格一些。例如，在化学成份方面，焊接结构必须严格控制碳、磷、硫的极限含量；而非焊接结构对含碳量可不作要求。在机械性能方面也应结合其它情况，有不同的要求。由于沸腾钢容易存在硫的偏析，在硫的偏析区施焊时可能引起热裂纹。因此，欧洲一些国家规定：当不能避免在偏析区施焊时，不应采用沸腾钢；而英国则规定焊接结构一般应用镇静钢或半镇静钢；沸腾钢只能用于厚度为5mm以下的个别情况。但根据我国钢材生产的实际情况，这种要求目前还不能完全达到。

4) 结构所处的温度和环境。钢材处于低温时容易冷脆，因此在低温条件工作的结构，尤其是焊接结构，应选用具有良好抗低温脆断性能的镇静钢。此外，露天结构的钢材容易产生时效，有害介质作用的钢材容易腐蚀疲劳和断裂，也应加区别地选择不同材质。

5) 钢材厚度。薄钢材辊轧次数多，轧制的压缩比大，厚度大的钢材压缩比小；所以厚度大的钢材不但强度较小，而且塑性、冲击韧性和焊接性能也较差。因此，厚度大的焊接结构应采用材质较好的钢材。

## 2. 钢材选用的建议

钢结构的材料选择是一个复杂课题，设计人员应根据上述原则结合具体工程情况进行考虑。表2.1是对钢材选用的建议，供参考使用。

对表2.1还需进行说明：

1) 表中的计算温度应按现行《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》中规定的冬季空气调节室外计算温度确定。但补充规定“对采暖房屋内的结构可按该规定值提高 $10^{\circ}\text{C}$ 采用”，这一补充规定是参考苏联81年规范(СНП II—23—81)而定的。苏联81年规范第21条有这样的规定：“建筑在 $I_1^3$  ( $-50^{\circ}\text{C} > t \geq -65^{\circ}\text{C}$ )、 $I_2$ 、 $II_2$ 、 $II_3$  ( $-40^{\circ}\text{C} > t \geq -50^{\circ}\text{C}$ )气候地区内的采暖房屋内的钢结构，使用的钢种级别，应按 $II_4$ 气候地区 ( $-30^{\circ}\text{C}$



>( $t \geq 40^\circ\text{C}$ )的钢种级别来用”；即采暖房屋内的钢结构计算温度 $t$ 至少提高了 $10^\circ\text{C}$ 。

2)表2.1中建议采用的钢号,往往并列出了3号钢和低合金钢。到底何种情况采用强度较低的3号钢,何种情况采用强度较高的低合金钢?这要看构件的受力大小和受力性质而定。一般内力较大由强度控制设计的受弯构件和受拉构件、内力很大的粗短柱,采用强度高的钢较为经济。相反,细长压杆以及由整体稳定、疲劳强度或刚度控制设计的构件,以采用3号钢较为合适。

根据上述理由,表2.1中,建议的钢号栏内只有3号钢者,在经济合理的条件下,并不排斥采用16Mn钢或15MnV钢。

钢 材 选 用 表 表 2.1

项次	承载特征	结构类型和构件名称	计算温度	焊 接 结 构		非焊接结构	
				采用钢号	保证项目	采用钢号	保证项目
1	直接 承 受 动 态 荷 载	重级工作制吊车梁、吊车桁架或类似钢构件	$> -20^\circ\text{C}$	A3、AY3、16Mn、15MnV	5	A3F、AY3F、16Mn、15MnV	5
2			$\leq -20^\circ\text{C}$	A3、AY3、16Mn、16Mnq、15MnV、15MnVq	6	A3、AY3、16Mn、15MnV	6
3		轻、中级工作制吊车桁架,起重量 $\geq 50\text{t}$ 的中级工作制吊车梁或类似钢构件	$> -20^\circ\text{C}$	A3F、AY3F、16Mn	5	A3F、AY3F	4
4			$\leq -20^\circ\text{C}$	A3、AY3、16Mn	6	A3F、AY3F、16Mn	
5		轻级工作制及起重量 $< 50\text{t}$ 的中级工作制吊车梁或单轨吊车梁或类似钢构件	$> 20^\circ\text{C}$	A3F、AY3F	4	A3F、AY3F	4
6			$\leq -20^\circ\text{C}$	A3、AY3、16Mn	5		