



CECS 77 : 96

中国工程建设标准化协会标准

钢结构加固技术规范

Technical specification for
strengthening steel
structures

中国工程建设标准化协会标准

钢结构加固技术规范

CECS 77 : 96

主编单位:清华大学土木工程系

审查单位:建筑物鉴定与加固委员会

批准单位:中国工程建设标准化协会

批准日期:1996年5月30日

1996年 北京

前 言

现批准《钢结构加固技术规范》CECS 77 : 96 为中国工程建设标准化协会标准,推荐给各有关单位使用。在使用过程中,请将意见及有关资料寄交四川省成都市一环路北三段 55 号,四川省建筑科学研究院中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固委员会(邮编:610081),以便修订时参考。

中国工程建设标准化协会

1996 年 5 月 30 日

目 次

1	总则	(1)
2	术语、符号与代号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号与代号	(3)
3	加固基本原则及一般方法	(6)
3.1	一般规定	(6)
3.2	加固工作程序	(7)
3.3	加固一般方法及其选择	(8)
3.4	材料	(10)
4	改变结构计算图形的加固	(12)
4.1	一般规定	(12)
4.2	改变结构计算图形的一般方法	(12)
5	加大构件截面的加固	(18)
5.1	一般规定	(18)
5.2	受弯构件的加固	(20)
5.3	轴心受力和拉弯、压弯构件的加固	(22)
5.4	构造与施工要求	(28)
6	连接的加固与加固件的连接	(30)
6.1	一般规定	(30)
6.2	焊接连接的加固	(30)
6.3	螺栓和铆钉连接的加固	(33)
6.4	加固件的连接	(33)
6.5	构造与施工要求	(34)
7	裂纹的修复与加固	(36)
7.1	一般规定	(36)
7.2	修复裂纹的方法	(37)

8 施工安全与工程验收	(40)
8.1 施工安全	(40)
8.2 工程验收	(41)
附录 A 构件截面的加固形式(参考图)	(42)
附录 B 本规范用词说明	(45)
附加说明 本标准主编单位、参加单位和主要起草人	(46)
附:条文说明	(47)

1 总 则

1.0.1 为使钢结构的加固做到技术可靠、经济适用、施工简便和确保质量,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构因设计、施工、使用管理不当,材料质量不符合要求,使用功能改变,遭受灾害损坏以及耐久性不足等原因而需要对钢结构进行加固的设计、施工和验收。对有特殊要求和特殊情况下的钢结构加固,尚应符合相应的专门技术标准的规定。

1.0.3 钢结构加固前,应按照《工业厂房可靠性鉴定标准》和《民用建筑可靠性鉴定标准》等进行可靠性鉴定。

1.0.4 钢结构的加固设计、施工及验收,除本规范规定外,尚应符合《钢结构设计规范》、《钢结构工程施工及验收规范》的规定。

2 术语、符号与代号

2.1 术语

2.1.1 钢结构的加固

对已有钢结构进行加强以提高其承载力、耐久性和满足使用要求。

2.1.2 待加固的钢结构

经可靠性鉴定需要进行但尚未实施加固的钢结构。

2.1.3 加固前的结构、构件或原结构、构件

实施加固前的现有结构、构件。

2.1.4 加固后的结构、构件

实施加固竣工后的结构、构件。

2.1.5 结构的名义应力

按规范规定或由材料力学一般方法算得的结构应力。

2.1.6 有效净截面、净截面

扣除孔洞、锈蚀和损伤削弱失效后的截面。

2.1.7 摩擦型高强度螺栓连接

仅考虑由板件间摩擦力传递板件间作用力的高强度螺栓连接。

2.1.8 扩展性裂纹

长度或深度有可能不断增加的裂纹。

2.1.9 脆断倾向性裂纹

有使钢结构可能发生突然脆性断裂的裂纹。

2.2 符号与代号

2.2.1 作用和作用效应符号

- F ——集中荷载；
 M ——弯矩；
 M_0 ——构件加固前的弯矩；
 N ——轴心力；
 N_0 ——构件加固前的轴心力；
 P ——高强度螺栓的预拉力；
 V ——剪力；
 V_0 ——构件加固前的剪力。

2.2.2 计算指标

- E ——钢材的弹性模量；
 G ——钢材的剪切模量；
 N_E ——欧拉临界力；
 f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f_y ——钢材屈服强度(或屈服点)标准值；
 f_v ——钢材抗剪强度设计值；
 f_0 ——原结构钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f_s ——加固用钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f^* ——加固后结构构件钢材抗拉、抗压和抗弯换算强度设计值；
 f_t^w ——角焊缝的抗拉、抗压和抗剪强度设计值；
 σ ——正应力；
 σ_c ——局部压应力；
 σ_0 ——构件加固时的正应力；
 σ_t ——垂直于角焊缝长度方向，按角焊缝有效截面计算的焊缝正应力；
 τ ——剪应力；

τ_l ——沿角焊缝长度方向,按角焊缝有效截面计算的
焊缝剪应力。

2.2.3 几何参数

A ——毛截面面积或全部截面面积;

A_n ——有效净截面面积,净截面面积;

A_o ——原构件的毛截面面积;

A_{on} ——原构件的净截面面积;

A_s ——构件加固部分的截面面积;

A_t ——构件加固后的总截面面积,即 A_o 与 A_s 之和;

I ——毛截面惯性矩;

I_o ——原构件毛截面惯性矩;

I_s ——构件加固部分的截面惯性矩;

W ——毛截面抵抗矩;

W_n ——有效净截面抵抗矩;

W_{on} ——原构件净截面面积抵抗矩;

L ——长度;

L_o ——构件的计算长度;

L_w ——焊缝长度;

L_{ws} ——加固焊缝实际施焊段的长度;

L_s ——加固焊缝延续的总长度;

a ——间距;

d ——直径;

e_o ——等效偏心距;

h_e ——角焊缝有效厚度;

h_f ——角焊缝焊脚尺寸;

t ——板件厚度;

λ ——长细比;

λ_o ——换算长细比;

ω, ω_0 ——挠度、初始挠度；

ω_w ——焊接残余挠度；

ω_T ——总挠度；

$\Delta\omega$ ——挠度增量。

2.2.4 计算系数及其它

α_N ——压弯构件的弯矩增大系数；

β_{mx}, β_{ty} ——压弯构件稳定计算的等效弯矩系数；

γ ——截面塑性发展系数；

δ ——焊缝连续性系数；

ξ ——焊接残余挠度影响系数；

η_N ——轴心受力加固构件的强度降低系数；

η_M ——受弯加固构件的强度降低系数；

η_{EM} ——压(拉)弯加固构件的强度降低系数；

φ ——轴心受压构件的稳定系数；

φ_b ——梁或受弯构件的整体稳定系数；

Ψ ——系数。

3 加固基本原则及一般方法

3.1 一般规定

3.1.1 钢结构经可靠性鉴定需要加固时,应根据可靠性鉴定结论和委托方提出的要求,由专业技术人员按本标准进行加固设计。加固设计的内容和范围,可以是结构整体,也可以是指定的区段、特定的构件或部位。

3.1.2 加固后的钢结构的安全等级应根据结构破坏后果的严重程度、结构的重要性和下一个使用期的具体要求,由委托方和设计者按实际情况商定。

3.1.3 钢结构加固设计应与实际施工方法紧密结合,并应采取有效措施,保证新增截面、构件和部件与原结构连接可靠,形成整体共同工作。应避免对未加固的部分或构件造成不利的影响。

3.1.4 在钢结构加固前应对其作用荷载进行实地调查,其荷载取值应符合下规定:

3.1.4.1 对符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》的荷载应按此规范的规定取值;

3.1.4.2 对不符合《建筑结构荷载规范》规定或未作规定的永久荷载,可根据实际情况进行抽样实测确定。抽样数应根据实际情况确定,但不得少于五年,且应以其平均值乘以 1.2 系数作为该永久荷载的标准值;

对未作规定的工艺、吊车等使用荷载,应根据使用单位提供的资料和实际情况取值。

3.1.5 加固钢结构可按下列原则进行承载能力及正常使用极限状态验算;

3.1.5.1 结构的计算简图应根据结构作用的荷载和实际状况

确定;

3.1.5.2 结构的计算截面,应采用实际有效截面积,并考虑结构在加固时的实际受力状况,即原结构的应力超前和加固部分的应变滞后特点,以及加固部分与原结构共同工作的程度;

3.1.5.3 加固后如改变传力路线或使结构重量增大,应对相关结构构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

3.1.6 对于高温、腐蚀、冷脆、振动、地基不均匀沉降等原因造成的结构损坏,应提出其相应的处理对策后再进行加固。

3.1.7 钢结构的加固设计应综合考虑其经济效益。应不损伤原结构,避免不必要的拆除或更换。

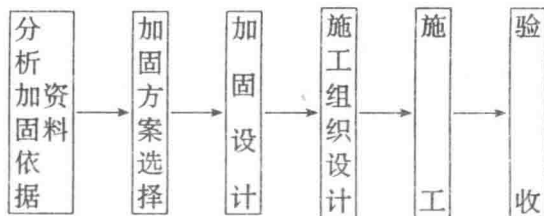
3.1.8 钢结构在加固施工过程中,若发现原结构或相关工程隐蔽部位有未预计的损伤或严重缺陷时,应立即停止施工,并会同加固设计者采取有效措施进行处理后再继续施工。

3.1.9 对于加固时可能出现倾斜、失稳或倒塌等不安全因素的钢结构,在加固施工前,应采取相应的临时安全措施,以防止事故的发生。

3.1.10 焊接钢结加固时,原有构件或连接的实际名义应力值应小于 $0.55f_y$,且不得考虑加固构件的塑性变形发展;非焊接钢结构加固时,其实际名义应力值应小于 $0.7f_y$ 。当现有结构的名义应力值大于上述及本标准第 5.1.4 条规定时,则不得在负荷状态下进行加固。

3.2 加固工程序

3.2.1 加固工作应按图 3.2.1 程序进行。



3.2.2 根据结构可靠性鉴定结论和有关资料,由设计人员会同施工人员选择适当的方案。

3.2.3 按选择的适当方案进行加固设计,应考虑合适的施工方法及合理的构造措施并根据结构上的实际作用,进行承载能力、正常使用极限状态方面的验算。

3.2.4 按照加固设计进行施工组织设计,施工时应采取有效措施确保质量和安全,并应遵照本标准及现行有关规范进行施工和验收。

3.3 加固一般方法及其选择

3.3.1 钢结构加固的主要方法有:减轻荷载、改变计算图形、加大原结构构件截面和连接强度、阻止裂纹扩展等。当有成熟经验时,亦可采用其它的加固方法。

3.3.2 钢结构加固时的施工方法有:负荷加固、卸荷加固和从原结构上拆下加固或更新部件进行加固。加固施工方法应根据用户要求、结构实际受力状态,在确保质量和安全的前提下,由设计人员和施工单位协商确定。

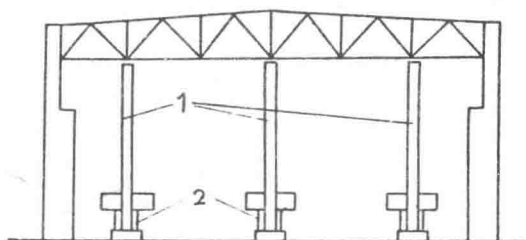
3.3.3 钢结构加固施工需要拆下或卸荷时,必须措施合理、传力明确、确保安全。主要方法有:

3.3.3.1 梁式结构,例如屋架,可以在屋架下弦节点下设临时支柱(图 3.3.3-1)或组成撑杆式结构(图 3.3.3-2)张紧其拉杆对屋架进行改变应力卸荷。此时,屋架应根据千斤顶或撑杆压力进行承载力验算,且应注意杆件内力是否变号或增大,如个别杆件、节点承载力不足时,卸荷前应对其进行加固。

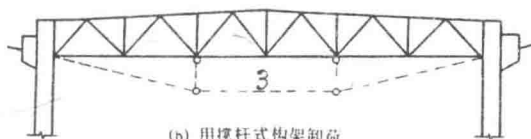
3.3.3.2 柱子,可采用设置临时支柱(图 3.3.3-3)或“托梁换柱”(图 3.3.3-4)。采用“托梁换柱”时,应对两侧相邻柱进行承载力验算。

3.3.4 钢结构加固一般宜采用焊缝连接、摩擦型高强度螺栓连

接,有依据时亦可采用焊缝和摩擦型高强度螺栓的混合连接。当采用焊缝连接时,应采用经评定认可的焊接工艺及连接材料。



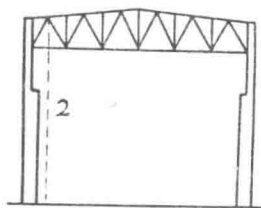
(a) 用临时支柱卸荷



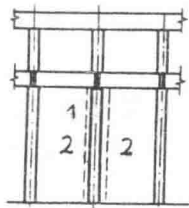
(b) 用撑杆式构架卸荷

图 3.3.3-1,2 屋架卸荷示意图

注:1—临时支柱;2—千斤顶;3—拉杆



(a) 支撑屋架



(b) 支撑吊车梁

图 3.3.3-3 柱子的卸荷

注:1—被加固柱;2—临时支柱

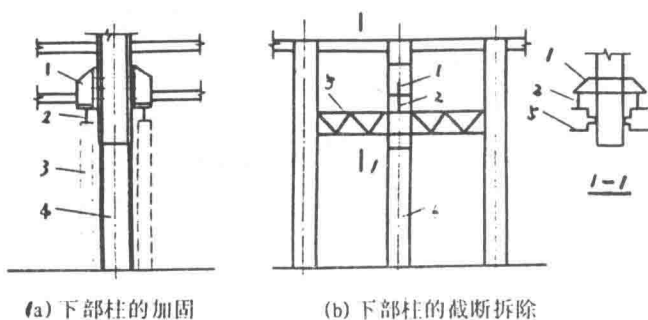


图 3.3.3-4 下部柱的加固及截断拆除

注:1—牛腿;2—千斤顶;3—临时支柱;4—柱子被加固部分;
5—永久性特制桁架;6—柱子被截取部分

3.4 材料

3.4.1 待加固的钢结构,应对其材料质量状况进行评价:

3.4.1.1 根据设计文件、钢材质量证明书、施工记录、竣工报告、可靠性鉴定报告等文档资料或样品试验报告,对于待加固钢结构的原材料性能指标给出评价;

3.4.1.2 如果没有充足的文档资料,或者给出的数据不充分、不完全、有疑虑,或者发现有影响结构和材料性能的缺陷或损伤时,应按国家现行有关标准进行抽样检验;

3.4.1.3 对于符合现行国家标准规定的钢材,其强度设计值应按《钢结构设计规范》(GBJ17—88)规定取值,否则应按本标准的3.4.1.1和3.4.1.2确定的屈服强度数值除以抗力分项系数 γ_R 取值: $f=f_y/\gamma_R$,且抗力分项系数取1.1;

3.4.1.4 对于气相腐蚀的钢结构构件,当其截面积损失大于25%,或其板件剩余厚度小于5mm时,其材料强度设计值尚应根

据腐蚀程度乘以表 3.4.1.4 所列相应的降低系数。对于特殊环境中腐蚀钢结构加固应专门研究确定。

腐蚀程度降低系数		表 3.4.1.4
腐蚀程度(按 GBJ46—82 分类)		降低系数
Ⅳ类(弱腐蚀)		0.90
Ⅴ类(中等腐蚀)		0.85
Ⅵ类(强腐蚀)		0.80

3.4.2 与待加固的钢结构匹配的连接强度设计值,应按本标准 3.4.1 规定对结构材料的评定结果,按《钢结构设计规范》(GBJ17—88)的表 3.2.1—4 至表 3.2.1—6 取值),并应考虑其第 3.2.2 条规定的相应折减系数。

3.4.3 钢结构加固材料的选择,应按《钢结构设计规范》(GBJ17—88)规定并在保证设计意图的前提下,便于施工,使新老截面、构件或结构能共同工作,并应注意新老材料之间的强度、塑性、韧性及焊接性能匹配,以利于充分发挥材料的潜能。

4 改变结构计算图形的加固

4.1 一般规定

4.1.1 改变结构计算图形的加固方法是指采用改变荷载分布状况、传力途径、节点性质和边界条件,增设附加杆件和支撑、施加预应力、考虑空间协同工作等措施对结构进行加固的方法。

4.1.2 改变结构计算图形的加固过程(包括施工过程中)中,除应对被加固结构承载能力和正常使用极限状态进行计算外,尚应注意对相关结构构件承载能力和使用功能的影响,考虑在结构、构件、节点以及支座中的内力重分布,对结构(包括基础)进行必要的补充验算,并采取切实可行的合理构造措施。

4.1.3 采用改造结构计算图形的加固方法,设计与施工应紧密配合,未经设计允许,不得擅自修改设计规定的施工方法和程序。

4.1.4 采用调整内力的方法加固结构时,应在加固设计中规定调整内力(应力)或规定位移(应变)的数值和允许偏差,及其检测位置和检验方法。

4.2 改变结构计算图形的一般方法

4.2.1 对结构可采用下列增加结构或构件的刚度的方法进行加固:

4.2.1.1 增加支撑形成空间结构并按空间结构进行验算,例如如图 4.2.1-1;

4.2.1.2 加设支撑增加结构刚度,或调整结构的自振频率等以提高结构承载力和改善结构动力特性,例如如图 4.2.1-2;

4.2.1.3 增设支撑或辅助杆件使构件的长细比减少以提高其稳定性,例如如图 4.2.1-3;