



建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

钢结构加固设计与 施工细节详解

GANGJIEGOU JIAGU SHEJI
YU SHIGONG XIJIE XIANGJIE

上官子昌 主编

中国建筑工程工业出版社

建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

钢结构加固设计与施工细节详解

上官子昌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构加固设计与施工细节详解/上官子昌主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 2

(建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书)

ISBN 978-7-112-13980-4

I. ① 钢… II. ① 上… III. ① 钢结构-加固-结构

设计②钢结构-工程施工 IV. ① TP391.04② TU758.111

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第012205号

本书依据现行的钢结构检测、鉴定、加固及加固施工质量验收等技术标准、规范、规程, 系统地介绍了钢结构检测原理和技术, 民用建筑、工业建筑可靠性鉴定与评估, 钢结构的加固原理和技术, 以及改造过程中的技术措施, 内容全面, 并提供了加固实例, 具有很强的实用性和操作性。

本书可供钢结构工程设计、施工、检测、鉴定、监理等各类人员参考, 也可供高等院校有关专业师生参考使用。

* * *

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 张 虹

责任校对: 陈晶晶 赵 颖

建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

钢结构加固设计与施工细节详解

上官子昌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 13 $\frac{1}{4}$ 字数: 330 千字

2012 年 4 月第一版 2012 年 4 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-13980-4

(22018)

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)

前 言

随着科技的发展,新型材料的运用越来越广泛,以钢结构为主体的建筑,成为发展的主流,近年来,钢结构更加广泛应用于公共建筑中。无论是工业建筑还是民用建筑,都是根据当时的使用性能和技术标准为基础进行设计、施工的,经过多年使用以后,随着使用条件的改变,如用途改变、生产规模扩大、使用荷载加大等,建筑工程中的钢结构不可避免地存在各种缺陷和损伤。在荷载和环境等因素的作用下,材料发生变化,引起宏观力学性能的劣化,导致钢结构工程事故。为确保结构安全工作,延长使用寿命,就必须对损伤构件进行更换或加固,更换这些构件将造成极大的浪费,而且会影响结构的正常使用。因此,寻求经济高效的钢结构加固技术既是土木工程领域亟待解决的技术问题,也是一个关系到社会可持续发展的问题。基于上述原因,我们组织从事钢结构加固设计与施工的现场专业技术人员,编写了此书。

本书共分为6章,内容包括钢结构加固技术概述、钢结构工程检测、钢结构工程鉴定、钢结构加固设计与施工、钢结构裂纹修复处理、钢结构构件变形及涂装处理等。本书采用“细节”的形式进行讲解,表现形式新颖,简洁易懂,便于执行,方便读者抓住主要问题,及时查阅和学习。

本书可供钢结构工程设计、施工、检测、鉴定、监理等各类人员参考,也可供高等院校有关专业师生参考使用。

由于编者的学识和水平有限,书中内容难免有疏漏或未尽之处,恳请专家和广大读者热心指点,以便作进一步修改和完善。

目 录

第1章 钢结构加固技术概述	1
【细节1】 钢结构的特点	1
【细节2】 钢结构加固的原因	2
【细节3】 加固技术的现状与发展	2
【细节4】 钢结构的损伤机理	4
【细节5】 钢结构加固的一般原则	10
【细节6】 钢结构加固常用材料	11
第2章 钢结构工程检测	16
【细节1】 钢结构检测的分类	16
【细节2】 钢结构检测程序	16
【细节3】 检测抽样比例及合格判定	17
【细节4】 检测设备、人员及报告	18
【细节5】 钢材的厚度检测	19
【细节6】 钢材的品种检测	20
【细节7】 钢结构性能检测基本要求	22
【细节8】 钢材的强度检测	24
【细节9】 钢结构现场外观质量检测	26
【细节10】 钢结构或构件的连接检测	27
【细节11】 铆钉和普通螺栓连接检测	30
【细节12】 高强度螺栓连接检测	32
【细节13】 钢结构焊接质量分级及方法	33
【细节14】 钢结构焊接检测范围及抽样方法	34
【细节15】 焊缝外观质量、尺寸检测	35
【细节16】 焊缝表面质量的磁粉检测	38
【细节17】 焊缝表面质量的渗透检测	42
【细节18】 焊缝内部缺陷的超声波检测	45
【细节19】 钢结构构造设置的检测	56

【细节 20】	钢结构防腐、防锈检测	58
【细节 21】	钢结构防火性能检测	61
【细节 22】	钢结构动力特性检测	62
【细节 23】	钢结构厂房的检测	64
【细节 24】	钢网架的检测	66
第 3 章 钢结构工程鉴定		68
【细节 1】	民用建筑结构鉴定分类	68
【细节 2】	民用建筑结构鉴定程序及工作内容	69
【细节 3】	民用建筑钢结构鉴定评级标准	74
【细节 4】	民用建筑钢结构构件安全性鉴定	78
【细节 5】	民用建筑钢结构构件正常使用性鉴定	81
【细节 6】	民用建筑钢结构子单元安全性鉴定	83
【细节 7】	民用建筑钢结构子单元正常使用性鉴定	90
【细节 8】	民用建筑钢结构鉴定单元安全性和实用性评级	94
【细节 9】	民用建筑物可靠性评估	95
【细节 10】	民用钢结构鉴定报告编写内容及要求	97
【细节 11】	工业建筑结构鉴定一般规定	97
【细节 12】	工业建筑结构鉴定程序及工作内容	98
【细节 13】	工业建筑结构评级的层次和等级划分	100
【细节 14】	工业建筑结构鉴定评级标准	100
【细节 15】	工业建筑使用条件的调查与检测	102
【细节 16】	工业建筑钢结构鉴定评级	105
第 4 章 钢结构加固设计与施工		107
【细节 1】	钢结构加固原则	107
【细节 2】	钢结构加固程序	108
【细节 3】	钢结构加固时的荷载要求	108
【细节 4】	钢托架卸荷加固实例	111
【细节 5】	钢结构加固施工安全要求	111
【细节 6】	型钢的加固对接	112
【细节 7】	改变结构计算图形加固法	114
【细节 8】	加大构件截面加固法——截面加固形式	118
【细节 9】	加大构件截面加固法——一般规定	120
【细节 10】	加大构件截面加固法——受弯构件加固	121

【细节 11】	加大构件截面加固法——轴心受力和拉弯、压弯构件加固	124
【细节 12】	钢结构压弯构件加固实例	128
【细节 13】	加大构件截面加固法——构造与施工要求	131
【细节 14】	加大构件截面加固法——施工质量验收	132
【细节 15】	钢梁翼缘加固实例	138
【细节 16】	钢结构加固补强法——一般规定	139
【细节 17】	钢结构加固补强法——焊接连接加固	140
【细节 18】	钢结构加固补强法——螺栓和铆钉连接加固	142
【细节 19】	钢结构加固补强法——加固件连接	153
【细节 20】	钢结构加固补强法——焊接加固构造与施工要求	154
【细节 21】	钢构件焊接补强工程施工质量验收	155
【细节 22】	钢结构紧固件连接工程施工质量验收	157
【细节 23】	钢结构连接加固实例	159
【细节 24】	吊车梁系统加固	161
【细节 25】	钢筋混凝土吊车梁加固实例	162
【细节 26】	FRP 钢结构加固技术	163
第 5 章	钢结构裂纹修复处理	171
【细节 1】	钢结构焊接裂纹产生的原因	171
【细节 2】	钢结构焊接裂纹处理方法	172
【细节 3】	钢结构裂纹的修复加固一般规定	173
【细节 4】	钢结构裂纹的修复加固方法	173
【细节 5】	钢结构裂纹修复加固实例	176
第 6 章	钢结构构件变形及涂装处理	178
【细节 1】	钢结构的变形原因	178
【细节 2】	钢结构的变形形式	178
【细节 3】	钢结构的外形允许偏差	179
【细节 4】	钢筋变形的热加工法矫正	185
【细节 5】	钢筋变形的冷加工法矫正	186
【细节 6】	加固或调换构件修复钢结构变形	188
【细节 7】	钢结构锈蚀和除锈等级	191
【细节 8】	钢结构表面的除锈方法	192
【细节 9】	钢结构的防腐涂装方法	193
【细节 10】	钢结构的防腐涂装施工	194

【细节 11】	原钢结构防锈蚀涂层缺陷的检查与处理	196
【细节 12】	新建钢结构防锈处理	198
【细节 13】	钢结构防腐涂装质量检验	198
【细节 14】	钢结构防火涂装施工	199
【细节 15】	钢结构防火涂装质量检验	202
附录 A	紧固件连接工程检验项目	204
A. 0. 1	螺栓实物最小载荷检验	204
A. 0. 2	扭剪型高强度螺栓连接副预拉力复验	204
A. 0. 3	高强度螺栓连接副施工扭矩检验	205
A. 0. 4	高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数复验	206
A. 0. 5	高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检验	206
参考文献		209

第1章 钢结构加固技术概述

【细节1】 钢结构的特点

钢结构在工程中能够得到广泛的应用和发展，与其特点是分不开的，下面介绍钢结构的主要特点：

1. 钢材重量轻而强度高

钢材的重度比混凝土等建筑材料要大，但它的强度却高很多。钢材重度与屈服点的比值最小，举例说，在相同的荷载条件下，钢屋架重量只有同等跨度钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$ ，如果采用薄壁型钢屋架则更轻，只有 $1/10$ 。因此，钢结构比钢筋混凝土结构能承受更大的荷载，跨越更大的跨度。

钢结构的质量轻，基础荷载小，可降低基础工程造价，也使吊装和运输的工作量降低。

由于钢材的强度高，使得钢结构适用于大跨、高耸结构，以及承载很大的重型结构，但其材料强度常常不能得到充分发挥。这是因为在构件设计时，按照强度条件计算所需的截面较小，而按照稳定条件或刚度条件计算所需的构件截面较大。

2. 钢材的塑性和韧性好且安全可靠

钢材质地均匀，各向同性，弹性模量大，有良好的塑性和韧性，为理想的弹性塑性体。因此，钢结构不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏也能使钢结构较能适应振动荷载，地震区的钢结构比其他材料的工程结构更耐震，钢结构是一般地震中损坏最少的结构。

钢材是理想的弹塑性体，完全符合目前所用的计算方法和基本概念。因此，钢结构施工计算准确，安全可靠。

3. 制作简单、精准度较高、施工速度快

钢结构制作通常是在金属结构加工厂采用机械化施工完成的，准确度和精密度均较高。制作中常可利用各种型钢，使施工速度加快。钢构件质量轻，连接简单方便，使施工周期缩短。钢结构制作的部分工作量或全部工作量（如轻型钢结构制作）可在现场完成，施工比较灵活方便。钢结构易于连接，所以易于加固、改建和拆迁。

4. 钢结构程序密封性好

钢材组织非常密实，采用焊接连接可做到完全密封，一些要求气密性和水密性好

的高压容器、大型油库、燃气罐、输送管道等板壳结构工程，最适宜采用钢结构。

5. 钢材耐热性好、耐火性差

温度在 200℃ 以内时，钢材的主要性能（屈服点和弹性模量）下降不明显。当温度超过 200℃ 后，材质变化较大，此时强度开始逐步降低，还伴随有蓝脆和徐变现象。当温度达到 600℃ 时，钢材强度几乎为零。设计规定：钢材表面温度超过 150℃ 时需要采取隔热防护，对有防火要求的，必须按照相关规定采取隔热保护措施。

6. 钢材耐腐蚀性差

钢材在潮湿的环境中易锈蚀，处于有腐蚀性介质的环境中更易生锈，因此，钢结构必须进行防锈处理。钢结构的防护可采用油漆、热浸锌或热喷涂铝（锌）复合涂层。但这种防护并非一劳永逸，需相隔一段时间重新维修，导致其维护费用较高。

目前国内外正发展不易锈蚀的耐候钢。此外，长效油漆的研究也取得进展，使用这种防护措施可延长钢结构寿命，降低维护费用。

此外，钢材价格较贵。虽然钢结构优点甚多、用途广泛，但是设计时应尽量节约钢材，降低造价。

【细节 2】 钢结构加固的原因

钢结构建筑存在严重缺陷和损伤，改变使用条件后，经验查、验算结构的承载力、刚度或稳定性不满足使用要求时，应对钢结构进行加固；常见的钢结构需加固补强的主要原因有：

1) 由于建筑设计或施工中造成钢结构焊缝长度不足、杆件中切口过长、使截面削弱过多等缺陷。

2) 由于自然环境因素影响和外界有害介质侵蚀，钢材会容易产生锈蚀，锈蚀引起构件有效断面减小而导致承载力下降，在外部环境恶劣，有害介质浓度高的情况下，钢材锈蚀速度加快。另外，在反复荷载作用下，因裂缝扩展、损伤积累会引起疲劳破坏。

3) 工艺生产条件变化，使结构上荷载增加，原有结构不能适应。

4) 使用的钢材质量不合要求。

5) 意外自然灾害对结构损伤严重。

6) 由于地基基础下沉，引起结构变形和损伤。

【细节 3】 加固技术的现状与发展

1. 加固技术现状

目前我国在既有建筑物加固改造行业等方面的总体水平还不高，集中表现在

以下几个方面。

1) 主要技术力量集中在少数专业研究院(所)、高等院校及少数大型设计院、生产企业,并且发展不均衡,大多数厂矿、企业的技术水平还不高。有的工程由于加固或改造方案选择失误,对结构整体造成了不应有的损失。

2) 从事建筑物加固改造施工单位多数是从事一般基本建设的施工队伍,或者是松散组织的临时工队伍。操作工人对建筑物加固改造施工并不熟悉,加之改造加固工程所涉及的项目内容零星繁杂,施工组织 and 管理的难度比较大,在施工过程中管理措施跟不上,造成工程质量低,设计意图不能完全实现,甚至违背设计意图。

3) 建筑物检测技术水平还比较低,主要体现在检测手段比较落后,也没有相应的检测标准供人们遵循。解决工程问题时,有的仍是以经验为主进行判断,有时迫于工程需要,匆忙地得出结论,增加了技术风险,有的造成失误。

4) 缺少配套的施工操作规程、规范和质量验收标准,即使是一些专业队伍也极少能制定出自己的执行标准来规范施工过程,施工操作的随意性太大。特别是采用新材料、新技术时,由于没有标准的工艺做法,施工操作人员在现场进行操作,工程的质量在很大程度上取决于个体操作人员的素质和责任心,在大多数情况下很难获得最佳加固效果,也有的是使用不便,影响了机具、材料的推广使用。

5) 缺少专用的工程机具、材料。近年来,虽然有些单位也开发了一些专用的机具、器材,但总的来说,还没有满足工程运用的需要,有的是质量不能满足要求,也有的是使用不便,影响了机具、材料的推广应用。

6) 结构耐久性不足而造成的危害尚未为人们所完全认识,混凝土结构也需要进行积极防护的观念还没被人们所接受。在发达国家,会对许多露天混凝土结构采取主动防护措施,以增加建筑物的寿命,如采用涂环氧树脂的钢筋,在混凝土表面涂防护涂料等。这在国内工程上很少应用。

目前,我国对既有建筑物加固行业尚未建立起完善的管理体系,对承担项目的单位缺少恰当的资质认证办法、标准和健全的监督约束机制;对操作人员缺少技能考核制度;对投入市场的一些新型修补材料、新技术、新方法缺少有效的工程检验或质量认证办法和标准,这样,助长了一些人的投机行为,导致行业市场运行不规范。

2. 加固技术的发展

针对我国既有建筑物加固改造行业总体水平不高、市场混乱、缺少统一行为准则的现状,提出下面几点意见与建议。

(1) 加强管理,促使与建筑物加固改造有关的各种行为规范化

应考虑工作程序规范化。任何建筑物在进行加固改造之前必须通过相应的技

术鉴定，改造加固设计应当以鉴定报告为主要技术依据。

对所有从事鉴定、设计、施工及质量监督检验的单位进行资质认证。认证内容包括人员组成、技术水平、设备仪表装备、工程经验、组织建制、质量保证体系、民事行为能力等诸方面，根据认证结果核定其承担业务的规模和范围。

为了保证工程质量，新型修补材料或专用修补材料的供应厂家应向施工单位提供与施工操作有关的全套资料。施工操作人员的技能水平应得到材料供应厂家的认可。同时，材料供应厂家应用一定数额的材料费用作为质量保证金，施工单位应无条件地提供一定期限的施工质量保证。

(2) 开发成套的加固改造技术

要投入研究力量，收集、整理以往的工程资料，积极制定有关的规程、规范等标准的同时组织力量编写有关的实用技术手册或资料集；引进、消化国外的先进技术和设备；开发现代先进的结构诊断、检测方法及相关标准、规范；借助于计算机建立实用技术库及修复材料库，开发既有建筑物诊断、加固改造计算机辅助系统，使个体设计更详细、更规范化，便于工程施工。

(3) 广泛开展技术交流和培训

各种有效的新技术、新方法的信息没有广泛的宣传、推广是导致目前总体水平不高的重要原因之一。如果恰当地利用目前有关的新技术、新方法，完全可以使我国已有建筑物加固改造技术水平迈上一个新台阶。目前，各种专业学会积极开展交流活动，举办专题讲座无疑会加速现代新技术、新方法的传播。当有条件时，在高等院校开设有关专业课程不失为明智之举。

(4) 对于新建结构尽早采取防护措施

与发达国家相比，我国许多大型建筑物为近年所修建。虽然使用年限不长，但已暴露出一些老化损坏现象，特别是边缘、节点等易损部位较为严重。

【细节4】 钢结构的损伤机理

1. 钢结构的稳定问题

钢材的强度远较混凝土、砌体及其他常见结构材料的强度高，在通常的建筑结构中，按允许应力求得的钢结构构件所需的断面较小，因此，在多数情况下，钢结构构件的截面尺寸是由稳定控制的，钢结构的稳定问题也就显得十分突出。钢结构的失稳主要发生在其最基本的轴心受压构件、压弯构件和受弯构件，因此在钢结构设计中保证其构件不丧失稳定性极为重要。钢结构构件的失稳分两类：丧失整体稳定性和丧失局部稳定性。两类失稳形式都将影响结构或构造的正常承载和使用或引发结构的其他形式破坏。

(1) 结构构件整体失稳

影响结构构件整体稳定的主要原因有：

1) 构件设计的整体稳定不满足。影响构件整体稳定最主要的因素是长细比,即构件的计算长度与其截面回转半径之比。应注意截面两个主轴方向的计算长度可能有所不同,以及构件两端实际支承情况与采用的理想支承情况间的差别。

2) 构件的各类初始缺陷。在构件的稳定分析中,各类初始缺陷对其极限承载力的影响比较显著。这些初始缺陷主要包括:初弯曲、初偏心(轴压构件)、热轧和冷加工产生的残余应力和残余变形及其分布、焊接残余应力和残余变形等。

3) 构件受力条件的改变。钢结构使用荷载和使用条件的改变,如超载、节点的破坏、温度的变化、基础的不均匀沉降、意外的冲击荷载、结构加固过程中计算简图的改变等,引起受压构件应力增加,或使受拉构件转变为受压构件,从而导致构件整体失稳。

4) 施工临时支撑体系不够。在结构的安装过程中,由于结构并未完全形成一个设计要求的受力整体或其整体刚度较弱,因而需要设置一些临时支撑体系来维持结构或构件的整体稳定。若临时支撑体系不完善,轻则会使部分构件丧失整体稳定,重则造成整个结构的倒塌或倾覆。空旷的单层工业厂房在这方面的问题比较突出。目前解决单层工业厂房结构稳定问题的方法主要是设置支撑。设置支撑后,整个厂房的结构构件形成整体,像一个大的网架,大大增加了结构抵抗侧向作用(如风、吊车制动、地震等)的能力。忽视支撑作用而造成的事故也是比较多的。

(2) 局部失稳

导致钢结构构件局部失稳的主要原因有:

1) 构件局部稳定的不满足。在钢结构构件,特别是组合截面构件的设计中,当规范规定的构件局部稳定的要求不满足时,如工形、槽形等截面的翼缘的宽厚比和腹板的高厚比大于限值等,易发生局部失稳。而对其腹板从节约钢材的角度出发,应尽量取薄一点,并通过设置加劲肋的方法加强其局部稳定。加劲肋的布置和构造应合理、经济。

2) 局部受力部位加劲构造措施不合理。当在构件的局部受力部位,如支座、较大集中荷载作用点,没有设支承加劲肋,使外力直接传给较薄的腹板而产生局部失稳。构件运输单元的两端以及较长构件的中间如没有设置横隔,难以保证截面的几何形状不变且易丧失局部稳定性。

3) 吊装时吊点位置选择不当。在吊装过程中,由于吊点位置选择不当会造成构件局部压应力较大,从而导致局部失稳。所以钢结构在设计时,图纸应详细说明正确的起吊方法和吊点位置。对于存有这类问题隐患构件的处理,一般应遵循减小构件长细比的原则。而减小长细比通常有两种方法,其一是减小构件的计算长度,其二是增大构件的截面面积。此外,对于钢柱还可以用外包混凝土或钢

筋混凝土的方法提高柱的截面惯性矩，对于封闭的空心钢柱也可以采用内部填充混凝土的处理方法。这几种方法都可以起到增加构件刚度和提高稳定性能的作用。

2. 钢材的疲劳破坏

(1) 钢材的疲劳问题

钢材在持续反复荷载下会发生疲劳破坏。在疲劳破坏之前，钢构件并不出现明显的变形或局部的缩颈，钢材的疲劳破坏是脆性破坏。疲劳破坏的机理是：钢材内部及其外表有杂质和损伤存在，在反复荷载作用下，在这些薄弱点附近形成应力集中，使钢材在很小的区域内产生较大的应变，于是在该处首先发生微裂，在反复荷载继续作用下，微裂扩展，待裂口发展到一定程度，该截面上的应力超过钢材晶粒格间的结合力，于是构件发生脆断。

钢材断裂时，相应的最大应力称为钢材的疲劳强度，疲劳强度与荷载循环次数等因素有关，结构工程中是以 200 万次循环时产生疲劳断裂的最大应力作为疲劳极限。钢材的疲劳强度与钢材本身的强度关系不大，而与构件表面情况、焊缝表面情况、应力集中、残余应力、焊缝缺陷等因素有关。

(2) 工程中常见的疲劳问题

工程中常出现疲劳问题的钢结构构件是钢吊车梁，特别是在重级工作制作用下的吊车梁的问题就更为突出。

造成吊车梁损伤的主要原因有以下几个：

1) 钢轨偏心。由于安装公差钢轨必然不易与吊车梁中心一致，钢轨不平行使得吊车行驶时产生晃动，会使钢轨的偏心距增大。当钢轨的偏心距大于 3 倍的吊车梁腹板厚度时，实腹吊车梁易出现上翼缘与腹板连接处开裂和加劲肋与上翼缘连接处的裂缝；桁架式吊车梁易出现节点板的裂缝。钢轨偏心距过大将产生局部扭矩和翼缘的侧向弯曲，从而使上述易出现损伤的部位产生较高的应力，导致吊车梁过早地产生疲劳破坏。

2) 应力集中的问题。由于焊接纵横缝交接或开孔处部位将产生应力集中，这些部位的疲劳破坏出现得也相应较早。如有些节点板与支撑的断裂，明显地是由铆钉孔产生的应力集中引起疲劳破坏所致。

3) 工字梁变截面处裂缝大多从受拉翼缘开展到腹板上。此处构件截面产生突变，易造成应力集中。有限元计算结果表明，此处应力可以是设计计算应力的 1.4 倍。在高应力作用下，在这一局部材料首先产生疲劳破坏，影响构件的正常工作。

4) 锈蚀问题。如吊车梁局部产生较严重的锈蚀，其锈蚀量虽不能对构件的承载能力构成明显的影响，但却可使构件抵抗重复荷载的能力大大降低，这是因为在蚀坑附近会产生应力集中现象，造成蚀坑附近材料疲劳破坏。

5) 材料问题。如吊车梁使用的材料存在较大的问题, 如有发裂、夹层和内部破裂及化学成分不合格或偏析严重等。

6) 使用问题。在重级工作制吊车梁上焊接一些构件, 会大大降低梁的疲劳强度, 极易引起梁的开裂。在吊车梁下翼缘随意打火、点焊、留下焊疤、弧坑对疲劳强度影响极大。

(3) 疲劳问题的防治

钢结构的疲劳问题应从预防入手。所谓预防是指: 把好选材关, 注意制作过程, 精心使用。

对于受到反复荷载作用且易产生疲劳破坏的构件要特别注意选材, 不合格的材料绝对不可使用。选材时除了注意材料的化学成分、机械性能等因素外, 还应保证所用的材料没有斑疤、夹层和开裂等影响材料疲劳强度的缺陷。

在制作过程中除了要严格按图施工外, 还要注意不使钢材产生新的外表划痕, 切痕等。试验表明: 表面光洁钢材的疲劳强度大约为表面粗糙钢材疲劳强度的 1.2 ~ 1.5 倍。

精心使用是指注意不使这些构件锈蚀、碰撞等, 不在这类构件上随意打孔或焊接, 特别是在构件受荷后应力较大的部位, 应严禁打孔或焊接。

对于出现局部疲劳破坏的构件, 可首先考虑更换构件的方案, 当更换困难较大或出现问题的部位为非主要部位时可考虑采取相应的加固方法。

对于焊缝破坏处可将原焊缝清除干净重新焊接, 对于钢材上出现裂纹处可采取补焊钢板的方法, 补焊钢板的尺寸应通过专门计算确定。

经常检查是避免出现钢结构疲劳破坏的一个重要方面。钢结构的疲劳破坏虽然属于脆性破坏, 但是在其破坏前总还是有些前兆的, 如构件上产生裂缝, 原有裂缝开展以及螺栓断裂, 铆钉松动或次要部位出现断裂等。这些先兆是检查的内容, 一旦发现上述问题, 及时采取措施, 可以避免破损的扩展和事故的发生。简单的检测方法是用低倍放大镜检查, 当对构件的疲劳性能有怀疑时, 可请有关单位进行检查。

3. 钢结构的脆性破坏问题

钢结构的一个显著特点是变形性能好, 特别是当构件使用低碳钢时, 由于低碳钢有明显的屈服台阶, 因此钢构件的破坏是有先兆的。但是在一定条件下, 钢材会发生脆性断裂, 构成无先兆的突然破坏, 这种突然破坏是建筑结构设计和使用中所不允许的, 因此应特别予以注意。

钢结构脆性断裂可分成以下几个类别: 低温脆断、应力腐蚀、氢脆、疲劳破坏和断裂破坏等。造成脆断的原因除低温、腐蚀、反复荷载等外部因素之外, 钢材本身的缺陷、设计不合理及施工质量等是构成其破坏的内因。由于脆性破坏是突发的, 没有明显的预兆, 因此发现问题加固处理是比较困难的, 主要是采取预

防措施，使其不产生脆性断裂。

4. 钢结构的防火与防腐

(1) 钢结构防火

钢结构防火性能较差。温度升高钢材强度将降低，当温度达到 550℃ 时，钢材的屈服强度大约降至正常温度时屈服强度的 0.7。就是说，结构即达到它的强度设计值而可能发生破坏。所以钢结构设计应注意防火问题。

设计中应根据有关防火规范规定的结构的不同防火等级及不同使用要求，使建筑结构能满足相应防火标准的要求。在防火标准要求的时间内，应使钢结构的温度不超过临界温度 550℃，以保证结构正常承载能力。选择防火构造措施时要根据各种防火措施的防火时间来考虑。主要措施有：将钢构件埋于绝热材料中（多用于柱），用预制绝热板材粘结或钉固于钢构件外面，以及用灰浆绝热材料直接喷涂于钢构件表面形成随形的防火层（用于隐蔽的梁）等。

所有多层钢结构及有热源的车间均应考虑防火构造措施，一般单层钢结构可不考虑。

(2) 钢结构防腐蚀

钢材由于和外界介质相互作用而产生的损坏过程称为腐蚀，又叫钢材锈蚀。钢材锈蚀分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种。绝大多数钢材锈蚀是电化学腐蚀或化学腐蚀与电化学腐蚀同时作用形成。钢材腐蚀速度与环境湿度、温度及有害介质浓度有关，在湿度大、温度高、有害介质浓度高的条件下，钢材腐蚀速度加快。

主要防腐处理措施有：

1) 涂刷各种涂料（油漆）。最普通的一种是采用红丹、铬酸锌等材料作为钢材底层涂料，涂 1~2 层。再在底层涂料上应用罩面油漆涂刷，以防止侵蚀性物质侵入底层涂料引起过早变质。

2) 镀金属层可用铝或锌喷涂于构件表面，或在熔融的锌槽中镀上锌层。要使防腐层能牢固地附着于构件表面，关键的问题是先将涂层（镀层）表面进行处理。处理前应设法清理构件轧制后残留的铁屑、铁锈及油污等，否则这些铁屑等会使涂层（镀层）薄膜松脱或顶裂。涂（镀）层前最好对构件表面进行喷丸清理，或在镀层过程中采用酸洗。另外，用喷涂石棉灰浆作为构件外包层也可起防腐作用。

在进行构造设计时应按构造作法妥善处理，避免诸如将槽钢槽口朝上放置，造成积水等情况；大型构件应有人能进入的观测口，以便检查维护构件内部情况等。

5. 钢结构的其它缺陷

(1) 钢结构的变形

钢结构在制作加工、运输、吊装和使用过程，都会因受力或温度变化作用而

产生变形，尤其是焊接钢结构变形更是通病。钢结构变形可概括为两大类：总体变形和局部变形。

总体变形指整个结构的尺寸和外形发生变化，例如结构构件长度缩短、宽度变窄、构件弯曲，构件断面畸变和扭曲。

局部变形指结构构件局部区域内出现变形，例如板件凹凸变形、断面的角变位、板边的折皱波浪形变形等。

实际结构中往往是几种变形组合出现，变形后会使构件拼接不紧，给组装和连接带来困难，影响力的传递、降低构件刚度和稳定性，也会产生附加应力、降低构件承载能力，变形也会影响使用。

（2）钢结构的裂缝

钢构件裂缝大多出现在承受动力荷载构件中，但一般承受静力荷载的钢构件，在严重超载、较大不均匀沉降等情况下，也会出现裂缝。

构件裂缝在钢结构制作、安装和使用阶段都会出现，大致可归结为下列原因：

- 1) 构件材质差。
- 2) 荷载或安装温度和不均匀沉降所产生的应力超过构件承载能力。
- 3) 金属可焊性差或焊接工艺不妥，在焊接残余应力下开裂。
- 4) 动力荷载和反复荷载作用下疲劳损伤。
- 5) 遭受意外冲撞。

（3）钢结构加工制作引起的缺陷

构件加工制作可能产生各种缺陷，归纳起来主要有：

- 1) 选用钢材的性能不合格。
- 2) 矫正时引起的冷热硬化。
- 3) 放样尺寸和孔中心的偏差。
- 4) 切割边未作加工或加工未达到要求。
- 5) 孔径误差。
- 6) 冲孔未作加工，存在有硬化区和微裂纹。
- 7) 构件的冷加工引起的钢材硬化和微裂纹。
- 8) 构件的热加工引起的残余应力等。

（4）钢结构焊接引起的缺陷

焊接连接给钢结构带来的缺陷主要有：

- 1) 热影响区母材的塑性、韧性降低；钢材硬化、变脆和开裂。
- 2) 焊接残余应力和残余应变。
- 3) 各种焊接缺陷：如裂纹、气孔、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑、咬边、未熔合和未焊透等。