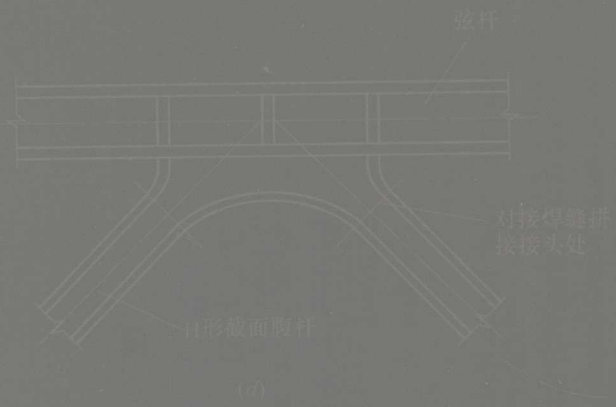
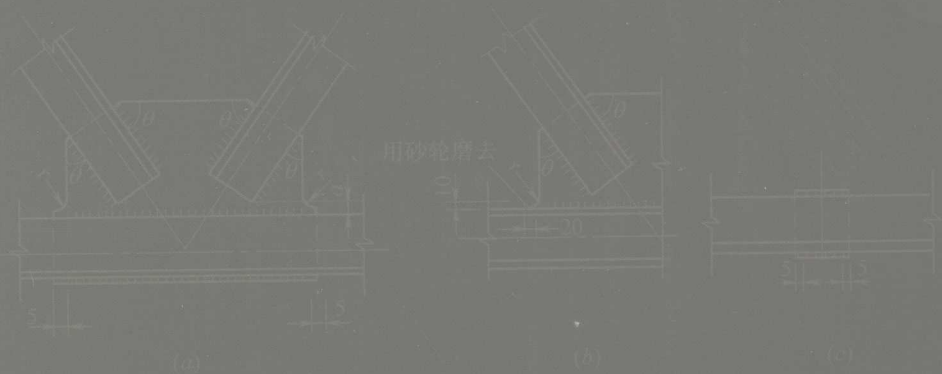


钢结构设计

禁忌

及实例

邱鹤年 编著



中国建筑工业出版社

钢结构设计禁忌及实例

邱鹤年 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构设计禁忌及实例/邱鹤年编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008
ISBN 978-7-112-10438-3

I. 钢… II. 邱… III. 钢结构-结构设计
IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 162730 号

本书根据相关规范及工程实践经验, 对钢结构设计中的一些误区和禁区进行了深入阐述。书中首先介绍了一些工程案例作为警示, 进而按规范体系逐条列出了相关设计禁忌、算例以及对规范的修改建议等内容, 提出哪些问题不能那样做, 而应该怎样做。本书内容翔实, 实用性、参照性强, 可供广大结构设计人员使用, 也供相关专业施工、科研、教学人员参考。

* * *

责任编辑: 武晓涛
责任设计: 赵明霞
责任校对: 兰曼利 陈晶晶

钢结构设计禁忌及实例

邱鹤年 编著

*

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
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 16 字数: 348 千字
2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-10438-3
(17362)

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

钢结构由于具有强度高、自重轻、施工快、价格贵等特点,在我国主要用于大跨度、超高层、重型厂以及轻型结构方面,而且发展很快,但从所占基本建设的比率来看,与世界发展潮流还存在较大差距。随着我国钢产量的大幅增长和科技进步,钢结构使用范围将逐步扩大,钢结构设计人员将面临更为繁重而艰巨的任务,所谓繁重是指任务多;所谓艰巨,是设计多样化、复杂化。相关规范要经过实践检验,一些误区、禁区都将深入触及。本书介绍了一些工程案例分析,提出哪些问题不能那样做,哪些设计应该这样(正确)去做。有反面禁示,也有正面解释运用规范规定,挑明误区,处理矛盾。书中列有算例、案例以及对规范的改进建议。

本书实用性强,对钢结构设计、施工、监理、科研、管理、专业院校、注册考试都有一定参考意义。由于从实践中找问题,实有下里巴人之境况,企盼热心读者不吝指正,共臻完善。

参与本书编写的还有关晓松、罗永丹、侯越、周建华等同志。

目 录

第 1 章 钢结构工程违禁犯忌案例	1
【案例 1.1】 吊车分离肢柱头的疲劳拉裂	1
【案例 1.2】 将门式刚架钢柱改为混凝土柱	3
【案例 1.3】 在多层建筑上扩建门式刚架轻钢结构	4
【案例 1.4】 过量积灰积雪	5
【案例 1.5】 在吊车梁上随意施焊	6
【案例 1.6】 重型平台柱头的剪切破坏	7
【案例 1.7】 电机与平台共振	9
【案例 1.8】 防锈油漆与防火涂料起化学反应	9
【案例 1.9】 柱脚抗剪键设置不到位	10
【案例 1.10】 门式刚架设计、施工、管理问题	12
【案例 1.11】 钢材选择或使用不当	13
【案例 1.12】 未分清钢结构设计图与施工图的关系	14
【案例 1.13】 在预应力高强度锚栓上出现焊点	14
【案例 1.14】 不注意柱脚锚栓 $d=72\text{mm}$ 与 M72 的差别	15
【案例 1.15】 吊车梁轨道连接的经常损坏	15
【案例 1.16】 吊车梁端上部变形引起突缘支座纵向连接问题	16
【案例 1.17】 箱形吊车梁端的梁、柱节点过于刚劲	17
【案例 1.18】 插入式柱脚埋深未进行计算	20
【案例 1.19】 忽视施工运输安装阶段保证结构稳定和安全的临时措施	24
【案例 1.20】 温度区段的不合理处理	25
【案例 1.21】 梁柱节点采用栓焊并用连接的不同算法	26
第 2 章 材料	30
【禁忌 2.1】 对建筑结构钢材基本知识缺乏了解	30
【禁忌 2.2】 设计文件中对所引用的国家标准没有全面、准确地表示	31
【禁忌 2.3】 不熟悉常用钢材的性能及特殊要求	33

【禁忌 2.4】	用建筑结构用钢板按号取代 Q235 等钢号的钢板	38
【禁忌 2.5】	对铸钢有哪些国家标准不清楚	40
【禁忌 2.6】	对钢材及连接材料要求不够明确具体	42
【禁忌 2.7】	对钢结构连接方式一知半解	45
【禁忌 2.8】	不了解各种焊接材料的型号、表示方法和具体用途	45
【禁忌 2.9】	选用的焊接材料与母材不匹配	47
【禁忌 2.10】	对钢结构紧固件连接缺乏了解	50
【禁忌 2.11】	不深切理解钢材及其连接的各项强度设计值	53
【禁忌 2.12】	不能正确使用钢结构强度设计值的折减系数	53
第 3 章 总则		55
【禁忌 3.1】	不了解我国的技术经济政策	55
【禁忌 3.2】	不了解各种规范、规程的相互关系	55
【禁忌 3.3】	设计冷弯薄壁型钢结构认为应执行钢结构设计规范的规定	57
【禁忌 3.4】	设计钢结构时未与其他规范协调	58
【禁忌 3.5】	钢结构设计忽视地震作用	61
【禁忌 3.6】	设计文件中对施工使用单位应交代清楚的问题未交代或 交代不清	61
【禁忌 3.7】	不按设计审查要求编制结构计算书	63
【禁忌 3.8】	对所引用的文件标示不完整	63
【禁忌 3.9】	把钢结构的设计使用年限、设计基准期、建筑寿命当一回事	65
【禁忌 3.10】	钢结构重要性系数取值不当	65
【禁忌 3.11】	将强度、应力、强度计算等概念混为一谈	66
【禁忌 3.12】	焊缝符号表示不清	67
【禁忌 3.13】	对钢结构的两种极限状态概念不清	68
【禁忌 3.14】	对钢结构设计历史演进、内容更新了解不深	68
【禁忌 3.15】	对荷载组合理解有误	69
【禁忌 3.16】	疏漏了钢结构设计方面的一些特别规定	71
【禁忌 3.17】	挠度与起拱的处理不当	72
【算例 3.18】	荷载效应组合的两则实用算例	73
【建议 3.19】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 1~3 章的改进 建议	75
第 4 章 受弯构件的计算		77
【禁忌 4.1】	受弯计算漏项	77
【禁忌 4.2】	不注意毛截面和净截面的区分	81

【禁忌 4.3】	不了解受弯计算时对扭矩、长细比、型钢梁等问题的处理	81
【禁忌 4.4】	泛泛处理组合梁的腹板稳定计算	82
【算例 4.5】	组合梁计算	83
【算例 4.6】	平台梁荷载计算	94
【算例 4.7】	箱形梁不计算平面外整体稳定条件核算	95
【算例 4.8】	工字钢梁整体稳定计算	95
【算例 4.9】	型钢檩条计算	95
【算例 4.10】	横向加劲肋截面计算	96
【算例 4.11】	设置横向加劲肋的平台主梁计算	96
【算例 4.12】	焊接截面简支梁强度和整体稳定计算	98
【建议 4.13】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 4 章的改进建议	100
第 5 章 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算		102
【禁忌 5.1】	轴心受力构件和拉弯、压弯构件计算漏项	102
【禁忌 5.2】	不了解摩擦型高强度螺栓连接处的受力特点	102
【禁忌 5.3】	轴心受压构件计算整体稳定性时, φ 值取错	103
【禁忌 5.4】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 表 5.1.2-1 理解 有误	104
【禁忌 5.5】	不了解计算弯扭效应时截面中悬伸板件 b 、 t 取值规定	104
【禁忌 5.6】	受压长细比计算时未考虑弯扭效应	104
【禁忌 5.7】	对格构式轴心受压构件稳定性计算特点不了解	107
【禁忌 5.8】	对填板布置、作用理解不清	107
【禁忌 5.9】	忽视轴心受压构件的剪力计算	107
【禁忌 5.10】	忽视轴心受压构件的支撑力计算	108
【禁忌 5.11】	不熟悉轴心受力构件的计算长度取值规定	108
【禁忌 5.12】	轴心受力构件的容许长细比限值误取	110
【禁忌 5.13】	轴心受压构件局部稳定计算采用与受弯构件相同算法	110
【禁忌 5.14】	因腹板高厚比达不到计算要求而无妙策处理	111
【禁忌 5.15】	不注意计算受压圆钢管的局部稳定时, 对钢号修正值的 不同算式	111
【禁忌 5.16】	没有正确理解塑性发展系数取值的前提条件	111
【禁忌 5.17】	不能在各种结构形式及荷载情况下对 β_{mx} 、 β_x 正确取值	112
【禁忌 5.18】	对偏心受压构件平面外的“构件段”不能正确理解	113
【禁忌 5.19】	未对单轴对称的压弯构件无翼缘端进行受拉验算	114
【禁忌 5.20】	压弯构件平面外稳定计算中, 忽略单轴对称截面的特殊性	115
【禁忌 5.21】	不区分结构支撑情况取错柱子计算长度	116

【禁忌 5.22】	对柱的计算长度系数取值理解不透	116
【禁忌 5.23】	计算弱支撑框架柱时我也去寻求 μ 值	118
【禁忌 5.24】	不了解柱受力平面外计算长度的简化取值方法	119
【禁忌 5.25】	不熟悉实腹式压弯构件的局部稳定的计算要求	119
【禁忌 5.26】	忽视压弯构件实际计算中的其他问题	120
【禁忌 5.27】	不熟悉格构式压弯构件的计算	121
【算例 5.28】	刚性系杆计算	123
【算例 5.29】	交叉支撑计算	123
【算例 5.30】	铰接支柱计算	124
【算例 5.31】	托架计算	125
【算例 5.32】	平台梁、柱计算	127
【算例 5.33】	有强、弱支撑的排架柱计算	132
【算例 5.34】	单阶柱计算	134
【算例 5.35】	单跨厂房双阶柱各段计算长度	140
【示例 5.36】	扭转失稳	142
【建议 5.37】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 5 章的改进建议	143
第 6 章 疲劳计算		145
【禁忌 6.1】	对需要计算疲劳的结构界限划定不清	145
【禁忌 6.2】	困惑于容许应力幅计算中的一些问题	146
【禁忌 6.3】	弄不清简支实腹吊车梁的疲劳计算部位	147
【禁忌 6.4】	查不到容许剪应力幅的数值	147
【禁忌 6.5】	不清楚需要计算疲劳的吊车梁的钢材牌号（包括质量等级）的要求	148
【禁忌 6.6】	焊接吊车梁横向加劲肋下端焊缝处理不当	148
【算例 6.7】	拉杆疲劳验算	149
【算例 6.8】	吊车梁疲劳验算	150
【建议 6.9】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 6 章的改进建议	152
第 7 章 连接计算		154
【禁忌 7.1】	钢结构设计文件对焊缝质量要求不合理	154
【禁忌 7.2】	对焊缝强度计算要求理解不透	155
【禁忌 7.3】	对角焊缝的作用和计算认识不清	156
【禁忌 7.4】	混淆紧固件 d 、 ϕ 、 M 、 d_e 、 d_0 等的含义	158
【禁忌 7.5】	对高强度螺栓沿杆轴方向受拉的受力理念不清楚	159
【禁忌 7.6】	对螺栓群受力概念不清楚	159

【禁忌 7.7】	看不懂紧固件连接计算修正的文字说明	161
【禁忌 7.8】	认为《钢结构设计规范》GB 50017—2003 式 (7.3.1) 适用于各种情况	162
【禁忌 7.9】	不知灵活运用《钢结构设计规范》式 (7.4.2-2)	163
【禁忌 7.10】	疏漏了桁架节点板在压杆作用下的稳定计算	165
【禁忌 7.11】	轻信广告, 支座选用不当	165
【算例 7.12】	体育场大跨度桁架端节点	165
【算例 7.13】	柱间支撑节点连接计算	167
【算例 7.14】	板件拼接计算	171
【算例 7.15】	牛腿节点螺栓群计算	172
【算例 7.16】	不同排列高强度螺栓节点承载力比较	173
【算例 7.17】	摩擦型与承压型高强度螺栓群承压受剪承载力比较	173
【算例 7.18】	组合梁腹板与翼缘角焊缝计算	174
【算例 7.19】	几种不同的梁柱刚节点域的腹板厚度计算方法	175
【算例 7.20】	桁架节点板在斜杆压力作用下节点板稳定计算	176
【算例 7.21】	柱肢与底板的连接焊缝计算	178
【算例 7.22】	节点角焊缝计算	178
【算例 7.23】	L 形围焊节点计算	179
【建议 7.24】	对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 7 章的改进 建议	180
第 8 章 构造要求		182
【禁忌 8.1】	采用钢材过厚、过薄、过小	182
【禁忌 8.2】	设计文件没有充分介绍焊接工艺设计对结构材料、作用、 特点等的必要情况	182
【禁忌 8.3】	构造处理不当	183
【禁忌 8.4】	任意放宽温度区段长度	183
【禁忌 8.5】	不了解钢板拼接的注意事项	184
【禁忌 8.6】	不重视角焊缝的构造要求	185
【禁忌 8.7】	用柱脚锚栓抗剪	190
【禁忌 8.8】	锚栓的锚固长度未适应混凝土强度等级的提高	190
【禁忌 8.9】	采用插入式柱脚不进行受力计算, 采用不合理构造	191
【禁忌 8.10】	设计文件对防火涂料与油漆关系交代不清	192
【禁忌 8.11】	未按强制性条文包裹柱脚	194
【禁忌 8.12】	忽视受高温作用的钢结构的防护措施	194
【禁忌 8.13】	疏漏有关承受动力荷载或需要计算疲劳的结构在构造	

上的补充要求·····	194
【禁忌 8.14】 不清楚孔径与紧固件直径关系·····	197
【禁忌 8.15】 角钢、槽钢以高强度螺栓对接,其拼接件仍用同型号的 角钢、槽钢·····	198
【禁忌 8.16】 地震区框架-支撑式钢结构,采用 K 形中心支撑 ·····	198
【示例 8.17】 某三角架设计、计算错误解析·····	198
【建议 8.18】 对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 8 章的改进建议 ···	201
第 9 章 塑性设计、钢管桁架和钢与混凝土组合梁 ·····	202
【禁忌 9.1】 不了解塑性设计适用范围及基本要点 ·····	202
【禁忌 9.2】 不了解钢管桁架的结构特点 ·····	204
【禁忌 9.3】 不了解钢管桁架的构造要求 ·····	204
【禁忌 9.4】 不了解钢与混凝土组合梁的适用范围及设计要点 ·····	205
【算例 9.5】 弹性、塑性截面特性计算 ·····	208
【算例 9.6】 采用塑性方法设计的判别 ·····	209
【算例 9.7】 组合梁抗弯承载力计算 ·····	210
【示例 9.8】 对结构是否适宜采用塑性设计的判断 ·····	210
【示例 9.9】 塑性设计对钢材力学性能要求的判断 ·····	211
【示例 9.10】 简单结构内力重分配算法·····	211
【示例 9.11】 判别钢管结构的构造要求是否合理·····	212
【示例 9.12】 钢与混凝土组合梁中钢梁的截面高度 h_s 有关规定 ·····	213
【示例 9.13】 对组合梁中焊钉的设置要求的判别·····	213
【示例 9.14】 组合梁中钢梁受压区板件宽厚比求解·····	213
【示例 9.15】 弯筋连接件布置判别·····	214
【示例 9.16】 解释钢与混凝土组合梁各种连接件的合适与不合适要求·····	214
【建议 9.17】 对《钢结构设计规范》GB 50017—2003 第 9~11 章的 改进建议·····	215
第 10 章 单层工业厂房钢结构 ·····	217
【禁忌 10.1】 不了解单层工业厂房钢结构特点·····	217
【算例 10.2】 梯形钢屋架杆件计算·····	229
【算例 10.3】 工形实腹吊车梁计算·····	231
【算例 10.4】 单阶柱计算·····	237
参考文献 ·····	245

第 1 章 钢结构工程违禁犯忌案例

【案例 1.1】 吊车分离肢柱头的疲劳拉裂

结构受力与计算模型、几何简图、荷载作用不符；误认为结构构造连接越强越好。

【后果】 过强节点引出钢柱裂缝。

【正解】 1. 概况

《建筑结构》2006 年 8 月第 36 卷 8 期登载中冶集团建筑研究总院、宝山钢铁股份有限公司设备部集体合写的《平台钢框架分离式柱的疲劳破坏》一文。顾名思义，分离式柱只承受吊车压力作用，而疲劳破坏应出现在重复作用的拉应力部位，受压构件易屈曲，可能压坏，但不会出现受拉疲劳裂缝，因此困惑难解，现将该文摘要介绍如下：

此炼钢主厂房建于 1985 年，转炉跨有 8 层平台，负荷特大。2002 年 3 月发现平台周围有 7 根分离式吊车梁支柱的柱头出现裂缝，均在 H 型钢翼缘加宽板的下端原翼缘上。裂缝贯穿翼缘板厚，水平方向开展，长 20~80mm，均在吊车一侧开始，属受弯拉裂。车间剖视图如图 1.1-1，裂缝位置如图 1.1-2。

文中还介绍了对 B-11、D-10 柱进行有限元分析和电阻应变测量，获得柱翼缘裂缝处在吊车作用下最大竖向压应力为 $93.2 \sim 261 \text{ N/mm}^2$ ，未见拉应力。然后对框架平台进行分析，发现 B、D 列的分离式柱最大拉应力分别为 36.6 N/mm^2 、 67.8 N/mm^2 ，其应力幅已超过容许应力幅。

该文结论是：平台周围的分离式柱未能与平台框架完全铰接。在平台框架梁柱节点负弯矩作用下，使分离式柱头的吊车侧产生受平台框架节点负弯矩影响的竖向弯曲拉应力，在吊车作用时又转变为压应力，在拉压重复作用下，产生疲劳裂缝，由于裂缝开展释放了一定应力，所以没有出现结构破坏事故。处理办法是增设如图 1.1-3 所示之加固板以降低应力幅，至此文发表时，加固后的柱子工作正常。

2. 评论

(1) 结构构造实际情况与计算模型不符。

由于分离肢柱与平台刚架沿柱高采用多道短梁连接，短梁断面大、跨度小、

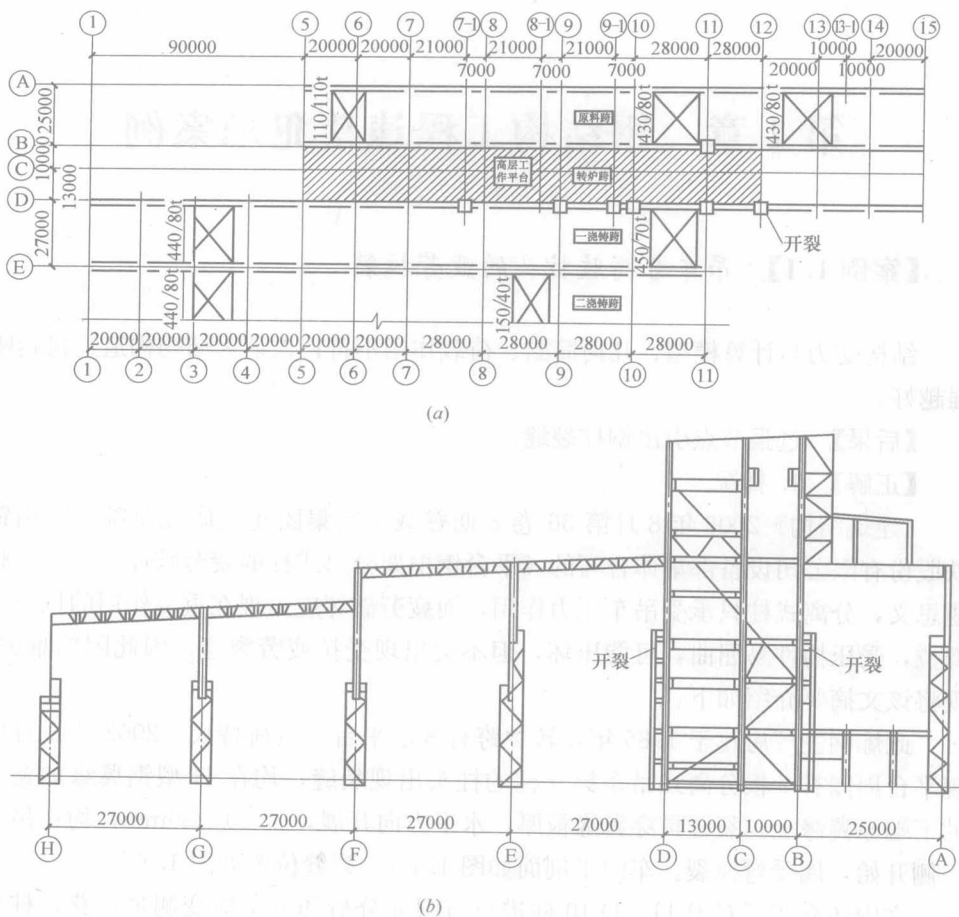


图 1.1-1 某炼钢厂平面图和剖面图

(a) 连铸车间平面图; (b) 剖面图

连接过于刚强,且分离式柱端与框架梁柱边节点相近,此节点受平台负荷、烟道高温尘流、设备及运料动态变化等作用,其负弯矩特大且多变,通过刚劲的短梁又作用于分离式柱头,在柱头翼缘加宽板末端柱截面最小处产生了弯曲拉应力裂缝。从车间剖面图可见 CD 跨平台梁截面高度远大于 BC 跨梁,因此 D 列负弯矩要大于 B 列,在三座转炉炉区 (7~8、8~9、9~10 三个区段) 裂缝情况最严重,实测数据与车间实际情况基本一致。

设计审查有这么一条规定:“结构的实际情况应与总信息、计算模型、几何简图、荷载简图相符合”。而现在是将一个分离式柱弹性水平铰接支承做成了刚性固接支承,好心办了冤事。

笔者也曾见过,因恐浮置于基础顶面的预制钢筋混凝土基础梁移位,而将其

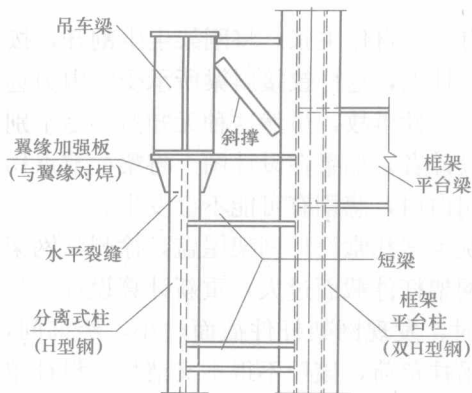


图 1.1-2 分离式柱上的裂缝示意

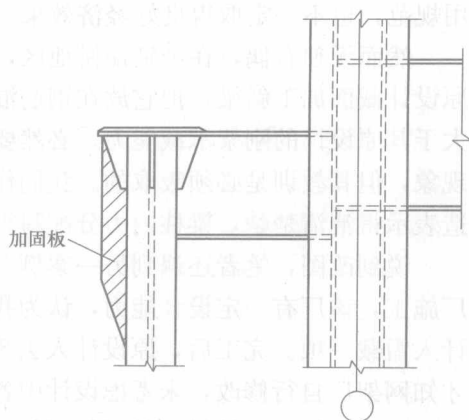


图 1.1-3 柱子加固方案

两端嵌于基础专设的槽口中，并用砂浆灌实，造成简支梁两端因有一定程度约束而出现负弯矩裂缝的情况。也有管柱用环板与箱形吊车梁连接，由于梁的刚度和端节点过于刚强，当梁出现最大挠度时，梁端随之产生较大倾角，拉裂了环板及管柱，见【案例 1.17】。

(2) 该工程采用的加固办法，虽然取得了一定效果，实属治标下策。既然原因找到了，宜将刚性短梁改为弹性铰接，可将短梁中部的下翼缘及腹板割去 20cm 左右，令分离肢柱与主框架梁柱刚节点间的中部仅有 20cm 长的上翼缘板相连，形成水平弹性支点，无法传递负弯矩。这样既方便又治本，而且省工省料，是处理本案例的更佳方案。

【案例 1.2】 将门式刚架钢柱改为混凝土柱

【后果】 发生跨塌事故。

【正解】 前几年笔者从事设计审查工作，所接触的钢结构工程项目，门式刚架结构占很大比例，由于其耗钢指标低，轻巧，工厂制作、现场安装、施工进度快，尤其适用于仓储、轻工厂房等建筑，深受业主欢迎。

曾有一位设计者找笔者咨询，欲将门式刚架的柱段改为钢筋混凝土结构，梁柱节点仍保持刚接；或将下半截柱改为钢筋混凝土结构，询问这样是否可行。

笔者告之，欲将钢梁与钢筋混凝土柱做成经济、适用、安全可靠的刚节点，尚未见有相关资料介绍。

如果采用钢屋盖及混凝土柱，一般梁、柱按铰接处理，形成排架，并将钢梁改为钢屋架，更为经济适用。至于将柱子做成上钢下混，不仅构造上比较困难，在计算上，尤其是抗震计算，二者弹性模量、截面特性、阻尼比均不同，没有适

用规范，也不一定取得良好经济效果。

然而无独有偶，在个别偏僻地区，竟有业主自作主张，将刚架生生割开，按原设计截面加工斜梁，把它放在钢筋混凝土柱上，这样铰接斜梁所承受的内力远大于其原设计的刚架承载能力，必然会出现恶性事故，虽然这种无知蛮干是个别现象，但其教训是必须吸取的。我们作为设计者，如果在设计图上将梁柱节点构造表示得清清楚楚，梁柱内力分配写得明明白白，悲剧有可能不会发生。

说到改图，笔者还遇到另一案例。我院为某礼堂设计网架屋盖，徐州某网架厂施工，该厂有一定设计能力，认为我院网架杆件截面过大，重新计算设计，仅计入雪载一项。完工后，原设计人去现场时，发现网架杆件截面过小，经询问，才知网架厂自行修改，未考虑设计中各种吊挂负荷，该厂不得不又请另一设计单位重新验算加固，结果杆件粗细不等，观感不畅，幸好有吊顶遮掩，勉强为业主接受，网架厂的经济损失是很大的。

【案例 1.3】 在多层建筑上扩建门式刚架轻钢结构

在已建成使用的钢筋混凝土多层建筑上加层，为减轻荷载，采用门式刚架轻型结构。门式刚架结构按一般条件独立设计，将反力传于原结构进行设计计算。

【后果】 如此处理，缺乏理论依据，在地震时可能发生安全事故。

【正解】 笔者在设计审查工作中经常遇到结构加层问题，设计者的处理办法，几乎都如题中所述。门式刚架与原结构连接采用植筋锚栓，其规格数量按单层门式刚架在地面上布置的计算结果选用，这是无依据、不能满足抗震要求的设计。

中国建筑科学研究院编制的《房屋建筑抗震设计常见问题解答》（2004 年 4 月）第 6.28 条，原文如下：

在现有钢筋混凝土房屋上加层，采用钢结构（包括轻钢结构），可分为两种情况：

一、若加层结构体系为钢结构，因抗震规范不包括下部为钢筋混凝土、上部为钢结构的有关规定，两种结构的阻尼比不同，上下两部分刚度存在突变，属于超规范、超规程设计，设计时应按国务院《建筑工程勘察设计管理条例》第 29 条的要求执行，即需由省级以上有关部门组织的建设工程技术委员会进行审定。

二、若仅屋盖部分采用钢结构，整个结构抗侧力体系仍为钢筋混凝土，则按照抗震规范第六章的有关规定进行抗震设计。此时尚应注意因加层带来结构刚度突变等不利影响进行验算，必要时对原结构采取加固措施。

现在加层建筑很多，所有加层都经过省级以上有关部门组织的专家委员会审定吗？显然未必。建研院的《问题解答》是难于贯彻执行的，但问题又确实存在，怎么办？

笔者在不同时间、不同场合请教了两位不同单位的专家,遇到上述加层问题怎么处理?二位不约而同地回答:“参照现行《建筑抗震设计规范》5.2.4条处理,增大系数可用3~5。”这不失为解决问题的实用办法。该条内容如下:“采用底部剪力法时,突出屋面的屋顶间、女儿墙、烟囱等的地震作用效应,宜乘以增大系数3,此增大部分不应往下传递,但与该突出部分相连的构件应予以计入;采用振型分解法时,突出屋面可作为一个质点”。

实际加层设计常遇到一些建筑不是平顶加层,而已有部分高出,再进行扩充加层,这样新增部分可尽量依靠原高出部分承受地震水平力,给加层设计能带来一些方便。加层设计最重要的一点是必须对新旧建筑结构进行整体分析(包括基础)、科学鉴定,应该加固处理的必须加固处理,不留隐患,全面负责。

【案例 1.4】 过量积灰积雪

【后果】 造成屋面损坏,甚至垮塌。

【正解】 1. 积灰

建国以来,我国大力发展重工业,对环境保护未及重视。北京西客站建成后,笔者乘车南下,火车离站几分钟,在车行方向右侧,一片黄天,这就是钢铁厂的标志,上海、太原、鞍山等城市钢铁厂区,莫不如此。屋面积灰已成为冶金建筑一大痼疾,即使宝钢这种近现代化工厂,除尘环保系统比较先进,也不能将积灰问题彻底解决,也曾出现过积灰事故。

由于积灰引起屋面垮塌,人亡产停,事故不断。如20世纪70年代初,东北一大型转炉车间,转炉高跨侧之背风屋面,原设计屋架上弦端头节点只承受半块大型屋面板负荷,屋架上弦端节点与高跨柱采用4个螺栓连接,承载力还有富余。然而投产不久,积灰过厚导致灰载过大,4个螺栓剪断,屋架上弦端下垂,屋面板滑下,连带一大片屋盖坠落,这是局部积灰超载引起的事故。见图1.4-1。

如果按增大灰载来进行设计,将造成基建投资的增大,因此国家规定钢铁厂应建立清灰制度,有专人检查、清灰。

最近笔者去首钢开会,会址旁即二炼钢车间,安静明亮,未见烟尘,以为已搬迁停产,经询问得知仍在生产,除尘环保系统改进了,重见蓝天。

作为设计者,我们的责任是将问题交代清楚,总说明中必须说明是否考虑积灰或所考虑的积灰荷载值(如宝钢因系现代化工程,不再考虑灰载,除雪载外,可考虑屋面活载),便于使用单位检查处理。

2. 暴风雪

2007年初春辽沈地区遭遇了一场暴风雪,风力6~7级,阵风9~10级,降水量49~78mm,积雪厚34~40cm,雪堆高达3~4m。因初春气温较高,雪中

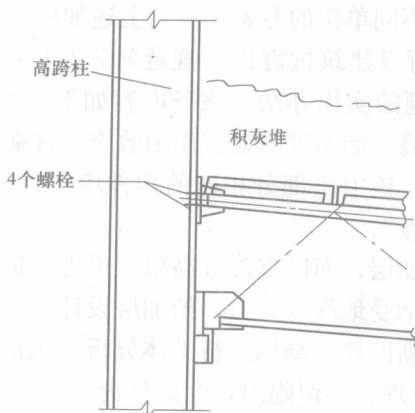


图 1.4-1 灰堆示意

夹雨，雪融又冻，造成落水管堵塞，负荷更大，以致门式刚架等轻型结构的屋面塌陷、檩条弯折、斜梁断开、梁柱分离、柱间支撑弯折、锚栓断裂；也有屋面被风掀走。而压型板拱壳结构，事故更多。由于建筑结构事故又引发了设备受损，损失严重。

2008年初春，我国南方又遭遇了特大冰雪灾害。高压电线因裹冰严重，造成支架倾倒；房屋建筑，尤其是轻钢结构，也有不少垮塌事故。

倒塌过程是这样的：在女儿墙、高低跨等雪堆过大处，屋面沉陷，檩条折断，拉倒刚架。但也有自救成功者，在积雪引起屋面板及檩条下陷 10cm 时，迅即采取措施，卸去雪载，檩、板复位，稍加修复，仍可使用。

我国门式刚架规程是从美国 MBMA 移植而来，荷载取值小、强度计算比值偏大，构件截面偏弱，蒙皮效应作用小，业主片面提高女儿墙高度，对雪载分布不均匀性认识不足，雪堆取值偏低，所以门式刚架轻型房屋不但对风敏感，对雪也很敏感，风雪交加，灾患就严重了。此外，还有次生灾害问题，有的房屋在雪最大时挺过来了，但由于融雪冻结落水管，增加了雪、冰重量，过后才倒塌。

当然，事故中也少不了结构构造和施工质量等多方面因素，例如拉条系统因自身刚度差，不易张紧，起不了平面外支撑作用。有的屋面靠内衬板起平面外支撑作用，结果因檩条挠度过大，内衬板损坏，就没有了平面外的支撑。现在常采用较大柱距，如 9m 柱距时，檩条截面约高 300mm，平面外失稳问题就更为突出。太薄的屋面板，连少量超载都承受不了。一味强调降低用钢量，不顾实际客观条件，造成的损失较“节约”下来的不知要大多少倍。在施工阶段，更应采取临时措施，保证结构整体稳定，避免因结构局部破坏而扩展到整体破坏。

【案例 1.5】在吊车梁上随意施焊

承受动力荷载，尤其是需要验算疲劳的结构，如重级工作制吊车梁，在主体结构上随意施焊或引弧打火。

【后果】 发生疲劳脆性破坏。

【正解】 1. 吊车梁，尤其是行驶重级工作制的吊车梁，有很多严格的构造要求：如横向加劲肋的下端应离开梁的受拉下翼缘；直角角焊缝的斜面不应凸

出,应为直线或凹弧等等。

2. 一般常认为钢结构施焊方便,焊些小零件应该不成问题,其实不然,举例如下:

(1) 某生产厂在吊车梁腹板上焊接吊车摩电滑线支架,结果造成吊车梁沿焊缝开裂。

(2) 施工时在梁上焊小型吊具等物,或在梁主体上随意用焊条打火,出现不规整焊点,引起疲劳应力集中而开裂。

(3) 设计单位个别工艺管线专业,需设置一些小管道、小零件,没有详细设计,由现场处理,因而在吊车梁上有不当焊接,造成不良后果。

这些看似细小的问题,却可能造成严重后果,因此在钢结构总说明中及施工交底时,应特别强调:

不允许在吊车梁主截面上随意施焊、也不允许引弧打火,必要的小焊件,可焊在加劲肋上。

【案例 1.6】 重型平台柱头的剪切破坏

重型平台柱头,因平台永久荷载及可变荷载数值较大,计算了传力焊缝满足要求,未计算母材受剪。

【后果】 柱头腹板剪切强度计算超标,出现破坏现象。

【正解】 冶金工厂操作平台为防止冲击,在结构层上铺砂层再侧砌耐火砖。平台上通行火车、修炉车以及短时堆料等负荷,还有冲击、碰撞、高温等异常作用,因而平台结构常有破损情况出现。现就柱顶承压、抗剪问题计算分析如下:

有一两端铰接平台支柱,按现行《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》GB/T 11263—2005 选用 HW344×354×16×16,质量等级为 Q235B,柱高 6m,上、下端有双向抗侧移支承,中间平面内外均无支承,柱顶承受集中荷载设计值 $F=2500\text{kN}$,采用支承加劲肋-400×25 传递集中荷载,加劲肋上端与柱顶盖板(-420×420×25)刨平顶紧,柱顶 H 型钢腹板中心开槽口将加劲肋插入,如图 1.6-1 所示。加劲肋与腹板用 4 条 $h_f=12\text{mm}$ 角焊缝连接,在确定 l_1 长度值时,还应考虑柱腹板沿角焊缝边缘破坏的可能性,因规范无相关规定,暂不考虑应力扩散,现验算柱肢压应力,平面内、外稳定性,加劲肋局部压应力,并与其适用的强度设计值相比较(柱自重忽略不计),最后求 l_1 。有关 HW344×354×16×16 截面特性如下: $A=16465\text{mm}^2$, $i_x=144.9\text{mm}$, $i_y=84.8\text{mm}$ 。

1. 柱压应力计算

$$\sigma = F/A = 2500 \times 10^3 / 16465 = 151.8 \text{ N/mm}^2 < f = 205 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Q235, } t=16\text{mm})$$