



www.okok.org

中华钢结构论坛精华集系列丛书 (3)

# 钢结构连接与节点 (上)

中华钢结构论坛 机械工业第四设计研究院 编著



万叶青 袁 鑫 主 编



人民交通出版社  
China Communications Press

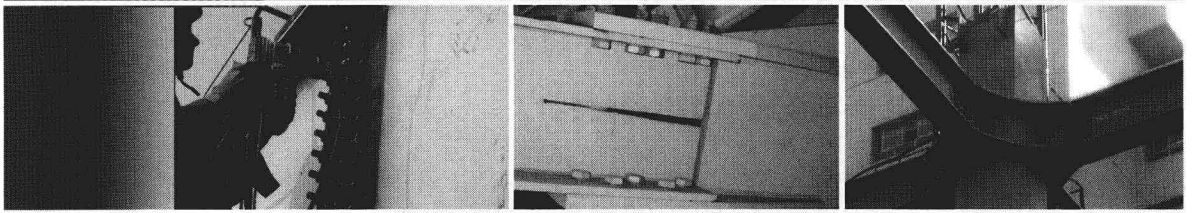


www.okok.org

中华钢结构论坛精华集系列丛书 (3)

# 钢结构连接与节点 (上)

中华钢结构论坛 机械工业第四设计研究院 编著



万叶青 袁 鑫 主 编



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

本书按照工程设计的习惯,依据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:2002),参考《钢结构连接节点设计手册》和《钢结构设计手册》等资料,将中华钢结构论坛(www.okok.org)上的相关内容精选归类,并深入整理提升后编写而成。汇聚了大量钢结构连接节点的实例及其设计中的常见问题,涉及基本概念、荷载条件、计算分析、连接节点、构造做法、设计图例等方面,涵盖了钢结构连接节点中绝大多数问题。书中内容注重理论与实践的结合,力求实用、系统与深入。

全书共分八个部分,四十八章,分成上、下两册。上册包括两个部分,十六章。

本书适于建筑结构设计、施工和工程管理人员参考使用,亦可供相关专业的教师和学生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢结构连接与节点. 上/中华钢结构论坛编著. --

北京:人民交通出版社,2012.1

(中华钢结构论坛精华集系列丛书;3)

ISBN 978-7-114-09541-2

I. ①钢… II. ①中… III. ①钢结构—连接技术②钢结构—结点(结构) IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 255369 号

书 名: 钢结构连接与节点(上)

著 者: 中华钢结构论坛·机械工业第四设计研究院

责任编辑: 杜 琛

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969、59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 33.25

字 数: 783 千

版 次: 2012年1月 第1版

印 次: 2012年1月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09541-2

印 数: 0001—3000 册

定 价: 78.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 前言

## Qianyan

中华钢结构论坛([www.okok.org](http://www.okok.org))自创立之日起,一直坚持从事公益、追求专业、服务会员的宗旨,受到了结构领域各方人士的广泛关注,已经发展成为我国乃至全球颇具影响的结构专业论坛之一。迄今为止,论坛的注册会员数超过 25 万,现存帖子数超过 80 万。

学分先后,术有专攻。论坛会员来源广泛,话题涉及方方面面,但大都是从各自不同的角度提出的具体问题。既有入门的知识,也多见有难度和深度的话题,常产生激烈的讨论并形成大量理论与实践紧密结合的案例。对各层次工程技术人员都具有可阅读性和参考性。

为了充分挖掘此宝贵资源,更好地服务于社会,推动结构专业领域的技术发展,2004 年论坛组织编写了第一本精华集《结构理论与工程实践》,然而由于篇幅有限,许多重要内容未能收录,使得读者感到意犹未尽。出于存广求专的目的,我们针对具体栏目,根据不同的结构类型和技术门类,编辑整理成更加细化了的精华集系列丛书。2007 年基于论坛的“普钢厂房结构”专栏,整理编写了系列丛书的第一本《普钢厂房结构设计》。2008 年,又基于“轻钢厂房结构”专栏,整理出版了论坛精华集系列丛书的第二本《轻钢结构设计》。精华集的出版受到广大专业读者的欢迎和喜爱。

为了便于读者在中华钢结构论坛上查找相应的话题,我们在话题内容的整理过程中保留了每个话题的 id 号和首帖发布日期。

“连接与节点”专栏共有 2 千多个话题,超过 1 万个帖子,是钢结构设计话题讨论最多的专栏之一。应广大会员与专业读者的需要,围绕该专栏的话题,我们编辑整理了《钢结构节点设计》精华集。本书侧重于钢结构连接节点设计中的实际工程问题和处理方法。全书分上、下两册,包括八个部分,共有四十八章。上册

包括两个部分,十六章。

本精华集尽量在每个话题后增加了导读性质的编者点评,并将各话题下的重点帖子用★号标记,以示推荐。

《中国图书商报》对中华钢结构论坛的会员有过这样的评论:“他们是聚集在中华钢结构论坛上的‘草根’高手”。可能有些人不同意这样的提法,因为论坛中不乏大师、教授等真正的专家。不管怎样,这也许能反映出大家对他们的一种敬仰之情。

我们在此感谢所有积极参与专业讨论的会员。

本书由上海市徐汇区钢结构学会组织编写。我们努力确保内容的专业性和准确性,但限于水平必定存在不足之处,欢迎读者指正。

中华钢结构论坛

2010. 10

# 开 篇

钢结构设计中的第一个步骤,是要考虑一个合理的整体结构方案,按照一定受力体系进行结构分析,然后开展结构设计。钢结构体系中,所有结构杆件都是通过节点来连接,并以此来确保内力的传递,所以钢结构连接节点的设计是非常重要的环节。

钢结构连接节点的基本要求是:

- (1)连接节点应能够保证内力传递的简捷明确,安全可靠;
- (2)连接节点应具备足够的强度和刚度;
- (3)节点的设置和设计应便于加工制作、构件运输、施工安装;
- (4)当有抗震设防要求时,节点设计需要满足相关规定;
- (5)连接节点的设计应经济合理。

由于钢结构节点的重要性,有时要求连接节点的承载力大于或者等于其所连接构件的承载力。

常见的钢结构连接节点有刚接节点和铰接节点。刚接节点能够同时承受并传递弯矩、剪力和轴力,如钢框架结构中的一些梁柱连接、构件中的拼接节点等。而钢结构中的铰接节点,理论上认为只能承受并传递轴力和剪力,不能承受或传递弯矩,如一些梁柱铰接节点、桁架和网架的连接节点等。实际上,多数铰接节点并不是完全不能承受或传递弯矩,只是节点的抗弯刚度相对较小,弯矩作用不会对结构强度、稳定和刚度产生太多的不利影响,分析时,按照铰接处理可以简化计算。铰接假设是工程实际的一种常用手段,这也是结构设计人员必须掌握的一种方法。

在钢结构连接节点中,还有半刚性连接节点。这些节点传力关系稍微复杂,弯矩和节点转角变形之间不呈线性关系,节点的抗弯刚度要小于刚性节点。所以,我们在做钢结构设计时,需要注意半刚性连接节点的刚度对结构挠度和变形的不利影响。

按照连接方式来分类,在钢结构连接节点中有螺栓连接、焊接连接和铆钉连接等。其中铆钉连接虽然韧性和塑性较好,但施工复杂,最近使用得非常少了,已经逐步为焊接和高强螺栓连接所代替。根据实际工程的需要,还有一种混合连接的方式,也就是栓焊连接节点。此外,由于连接材料的不同,还有铰接连接和锚固连接等节点。

为了便于大家对钢结构连接节点的学习和讨论,中华钢结构论坛专门开设了“B1.连接与节点”专栏。下面整理了论坛上的一些话题,从中可以大致了解论坛中帖子的内容。

目  
录

## Mulu

## 第1部分 基本知识

第一章 概念问题	3
一、入门知识	3
二、规范理解	9
三、连接螺栓	13
四、节点形式	18
五、等强连接	33
六、节点计算	39
七、综合讨论	47
第二章 连接材料	61
一、节点板	61
二、高强螺栓	64
三、锚栓	73
四、焊接及其他	83
第三章 设计指标	86
一、高强螺栓	86
二、其他指标	88
第四章 螺栓连接	92
一、相关概念	92
二、螺栓分类	103
三、连接计算	124
四、设计强度	135
五、连接板	137
六、构造要求	147

<b>第五章 焊接连接</b> .....	163
一、概念问题 .....	163
二、基本类型 .....	172
三、连接计算 .....	174
四、构造做法 .....	176
<b>第六章 拼接节点</b> .....	186
一、设计原则 .....	186
二、拼接计算 .....	188
三、构件拼接 .....	192
四、拼接加工 .....	195
<b>第七章 刚接与铰接</b> .....	208
一、基本概念 .....	208
二、构造做法 .....	227
三、工程实例 .....	238
四、综合问题 .....	248
<b>第八章 半刚性节点</b> .....	263
一、概念与区别 .....	263
二、做法与实例 .....	268
<b>第九章 地脚螺栓</b> .....	278
一、锚栓抗剪问题 .....	278
二、锚栓构造问题 .....	286

## 第 2 部分 普钢厂房结构

<b>第一章 一般讨论</b> .....	293
一、概念问题 .....	293
二、构造做法 .....	298
<b>第二章 柱上节点</b> .....	302
一、概念问题 .....	302
二、H 型钢与箱形柱 .....	312
三、管柱连接 .....	315
四、其他柱连接 .....	322
<b>第三章 梁与柱连接</b> .....	327
一、概念问题 .....	327
二、一般梁柱连接 .....	338
三、钢梁与箱形柱连接 .....	351
四、钢梁与圆管柱连接 .....	361



五、钢梁与混凝土柱连接 .....	372
六、与抗风柱连接 .....	393
七、梁上柱 .....	399
八、扩建改造 .....	402
九、构造做法 .....	405
十、其他梁柱连接 .....	413
<b>第四章 屋架与柱的连接</b> .....	<b>423</b>
一、常用连接 .....	423
二、其他连接 .....	425
<b>第五章 梁与梁的连接</b> .....	<b>427</b>
一、概念问题 .....	427
二、常见连接 .....	433
三、构造做法 .....	446
<b>第六章 柱脚节点</b> .....	<b>453</b>
一、一般节点 .....	453
二、柱脚锚栓 .....	463
三、柱脚抗剪 .....	471
四、柱脚刚度 .....	474
五、格构式柱脚 .....	484
六、管柱柱脚 .....	486
七、钢柱底板 .....	488
八、构造做法 .....	500
<b>第七章 支撑连接</b> .....	<b>510</b>
一、概念问题 .....	510
二、连接设计 .....	514
三、工程实例 .....	518

# 第1部分

## 基本知识

- 整理 万叶青
- 审核 袁 鑫



---

# 第一章 概念问题

---

## 一 入门知识

### 1 结构节点设计如何入门? (tid=199035 2008-9-20)

**【qiujiyuhe】:**我很想学钢结构节点设计,请教如何入门。

**【ycwang】:**钢结构节点设计主要包括计算和构造,可以参考《钢结构连接节点设计手册》等参考书学习。如果有大学本科基础知识的话,学起来就不难了。

**【shimaopo】:**到了钢结构公司就会发现,做节点设计,工程经验非常重要。

**★【CuteSer】:**先买《钢结构》、《钢结构节点设计手册》之类的教材,把螺栓连接、焊接连接之类的概念搞清楚。然后下载钢结构设计工具箱类软件,一般里面计算书很详细的,可以帮助初学者快速入门。

如果要做美国的节点设计,可以参照美国的规范以及 RAM CONNECTION 这个软件。

**【e 路龙井茶】:**对一个初学者来说,可能觉得节点设计内容不多,其实节点设计是有难度的。许多节点没有具体的理论方法和规范条文的规定,需要自己去好好推敲。当然中国的许多钢结构节点设计做的可能粗糙一些。有些节点是设计得偏于安全,是用经验去估计。很多国外的设计公司这一块都做得比较细,他们对这个方面认识可能比较深入。

**【柯安】:**我现在主要做节点设计,已经做很久了。如果有什么问题,我们可以交流。我们刚做完一个国外项目的节点设计。

**【yu\_hongjun】:**节点设计要先从力学开始,主要是结构力学、材料力学和理论力学。知道受力才好根据构造要求进行节点设计,设计出来的节点要保证符合计算模型,否则应修改模型的节点连接类型。

**【xue12342008】:**首先要了解钢结构的组成部分,再了解各个组成部分在整个结构中起到的作用,然后根据房屋的具体要求,对不同节点分别进行设计。

### 2 节点设计问题 (tid=205210 2008-12-25)

**【chennan1029】:**我正在做型钢梁和型钢柱的结构设计。连接部位的翼缘,我采用对接焊缝,腹板采用高强螺栓连接。现在的问题是:节点弯矩和剪力太大,焊缝难以满足要求,请教怎么处理?

**【柯安】:**这种问题我处理过,如果弯矩太大,计算就通不过。因为翼缘对接处焊缝不够,翼缘的宽度或者厚度不够,您可以验算一下这根梁的抗弯,有可能也是通不过的。建议加大钢梁

的截面面积,如增加翼缘宽度或者增加翼缘厚度等。受剪验算通不过,说明腹板高度不够,可以贴腹板,然后焊牢。

★【pingp2000】:如果钢梁的截面足够,而且钢梁的上、下翼缘与柱是对接焊缝,这个节点是可以“很简单的”做出来的。

梁柱连接,梁翼缘采用对接焊缝,可视为等强。如果是抗震地区,就得满足抗震规范[即 GB 50011—2001(2008 版)]中的 8.2.8-1 条。要是不满足,则采用多、高层钢结构节点图籍[如 01(04)SG519]中的加强梁端的做法(上、下翼缘加盖板或者在翼缘两侧加板)。而腹板不管采用焊缝还是高强螺栓连接,都很容易满足受力要求(但在某些情况,腹板与柱的连接不仅仅承担剪力,还承受部分弯矩)。

【e 路龙井茶】:如果是等强设计,应该是能算下来的;否则就是钢梁自身的承载力不够,或者您的计算有点问题。说实在的,节点计算其实很难的,尤其是一些比较特殊的节点。

【bill-shu】:结构设计本身要包括构件设计和连接设计。软件在整体计算的时候一般只对构件进行验算,除非您进行节点设计的后处理(需要有此功能的软件),才可以进行节点设计。不进行节点设计而选择的截面不见得就是可行的截面,所以构件满足要求,节点设计连接不一定满足要求。节点连接一般都是要削弱截面的,除非您用不削弱截面的全焊接等强设计(某些连接方式很难做到)。同时,有抗震要求的结构往往需要对节点进行必要的加强。

所以不管选用节点的直接设计法、等强设计法还是精确设计法等,都应该复核受力和规范的要求,设计选用的截面同时也要满足节点强度和构造的要求。

### 3 连接与节点的区别 (tid=98792 2005-6-10)

【k-jay】:连接与节点二者是如何定义的? 请问它们有什么区别?

【jfwdalls】:连接是节点的组成部分,英文称连接为 connection,节点为 joint(or connection)。

国外规范这么认为:节点=连接+节点域。希望大家共同讨论。

【wanyeqing2003】:连接表示的是构件之间的关系,而节点是具体的形式。可以说,构件是通过节点连接在一起的。

【jfwdalls】:wanyeqing 2003 的回复说得比较形象,对于框架结构,构件是指结构构件的梁和柱,节点就分为梁柱连接节点和梁梁连接节点,那么连接的形式和种类就更多啦。

【scxiucai】:连接指的是各构件之间的结合(联系)方法和方式,如焊接(构件之间以熔焊的方法形成的一种固定结合)、普通螺栓连接(构件上钻孔,插入螺栓并拧紧形成的一种可拆卸的固定连接)、插销连接(构件上钻孔,插入销轴形成的一种可动连接)等。

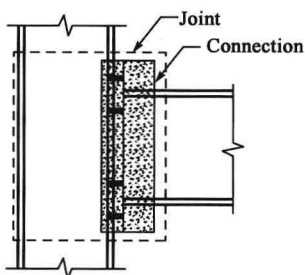


图 1-1-1

节点指的是结构的某一或某些部分,这些部分的构造需要特别说明和表达,为此而画出的详图称作“节点详图”。节点详图表达和说明的内容可能是构件的连接,也可能是其他内容,比如屋面檐口等。

【chf111】:Connection is one part of joint, as indicated in fig. 1-1-1(见图 1-1-1)。

#### 4 请教一种节点形式 (tid=190474 2008-5-14)

**【jcfme】:**具体情况是这样的,钢梁的平面和标高已定,需要用一根方钢管调整钢梁高度,在方钢管上再布置荷载。原来上、下翼缘是一样宽,为了布置方钢管,需要加大上翼缘的宽度。节点形式如图 1-1-2 所示。不知道这样的做法是否合理。请问还有没有更好的节点形式?

我这个节点的目的是用 H 型钢支撑方钢管,二者的位置关系是这样的,不可改变。

**【lsk1000】:**感觉不太合理,这种节点形式会使 H 型钢受扭,应尽量避免这种做法。如果避免不了,那一定要在钢梁两端上、下翼缘设置隅撑,或设置刚接次梁,尽可能抵消它的不利影响。

**【20070327】:**同意楼上的观点!如果上部的钢管以两个次梁间距为跨度,能够单独承受上部荷载,就应该不改变钢管下部钢梁截面,以钢管作梁来计算。如果方钢管不能够单独承受上部荷载,则应根据工程的实际情况,在钢梁左面增加一道钢梁,同时降低钢管的计算跨度。

因为不知道您的实际情况,提供的建议不一定是合理的。值得注意的是,要尽量避免钢梁受扭,H 型钢梁的抗扭能力较弱。

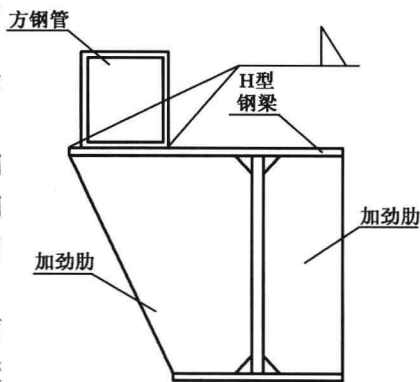


图 1-1-2

#### 5 梁柱刚接计算时腹板是否需要计入弯矩? (tid=44251 2003-12-3)

**【qhsun】:**《建筑抗震设计规范》(以下简称抗规)8.2.8条,第1款有:

“梁与柱连接弹性设计时,梁上下翼缘的端截面应满足连接的弹性设计要求,梁腹板应计入剪力和弯矩”。而本条的条文说明又有:“连接计算时,弯矩由翼缘承受和剪力由腹板承受的近似方法计算”。

以前本人节点计算时均按近似计算方法,但看了 8.2.8 第 1 款以后就按照精确计算方法,发现精确计算用的螺栓要比近似计算多一倍还多,真是不可思议!但是条文和条文说明是不是相互矛盾,应该按照哪种方式计算?请各位节点设计大师赐教!

**【North Steel】:**《建筑抗震设计规范》中提及的“梁腹板应计入剪力和弯矩”。这个弯矩是什么弯矩?是平面外弯矩,还是梁剪力的偏心作用?腹板连接是不需要考虑节点外弯矩的。

**【qhsun】:**我上面说的是梁柱刚接的情况,当然是外弯矩,难道刚接的节点也需考虑剪力偏心弯矩?我看了很多国内软件出的计算书均未考虑外弯矩分配给腹板的弯矩,而《钢结构连接节点设计手册》也是采用简化方法(不考虑腹板分配弯矩,是按照老规范编制,老规范也无此方面的规定),而两种计算方法差异如此之大也让人无所适从!

楼上的兄弟不知道有没有对比过两种方法的结果,不过规范的这一条和条文说明如何理解,请再赐教了!

★**【North Steel】:**可能是我没有讲清,具体解释如下:

(1)节点在弯矩  $M$ 、剪力  $V$  作用下,弯矩由翼缘连接承担,不传给腹板连接。

(2) 剪力由腹板连接(梁腹板、连接板、螺栓)承担,用剪力验算梁腹板、连接板的有关强度指标,用剪力和它的偏心矩作用验算螺栓。

(3) 这是公认(或是称简化模型),与其他模型的对比我在工程上没有做过。

如 qhsun 所述“难道刚接的节点也需考虑剪力偏心弯矩”,我认为是的,只要您承认有那个剪力和剪力的偏心矩存在,就应该认同有偏心引起的附加弯矩存在,那就应该考虑它的作用。

以上是我的理解,手边没有国内的参考书,也是不方便,不好为您对比。

《建筑抗震设计规范》(2008 版)8.2.8 条,第 1 款有:“梁与柱连接弹性设计时,梁上下翼缘的端截面应满足连接的弹性设计要求,梁腹板应计入剪力和弯矩。”

规范的这一条,要看腹板应计入的是哪种弯矩,单从这句话看不出弯矩给了谁。

【verishi】:近似算法中,腹板不考虑承受弯矩,精确算法中,根据翼缘和腹板的刚度比计算腹板所受的弯矩。采取哪种计算方法,应根据实际工程(节点形式和荷载等)而定。

【qhsun】:谢谢 North Steel 和 verishi。可是我还有一点不怎么明白,我认为梁腹板不应该考虑剪力偏心弯矩,可以认为这部分弯矩也由翼缘承担吗?因为国内一些参考书也是这样计算的。至于 verishi 所说的“应根据实际工程而定”,似乎没有说明白,到底什么情况要考虑,什么情况可以不考虑,可以再说明白点吗?

现在的规范条文,不知是我们的理解力不够还是其他原因,总是让人误解,比如《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)8.1.1 条就有“节点连接的承载力应高于构件截面的承载力”(抗震设防时),那主次梁铰接的时候是否也要遵循呢?

★【North Steel】:我认为梁腹板不应该考虑剪力偏心弯矩,可以认为这部分弯矩也由翼缘承担。

这个剪力偏心弯矩其实不是作用在节点上的弯矩,只是由于螺栓的偏心布置,会降低螺栓群抗力对节点的贡献,人为的作为一个等效内弯矩存在。这个内部作用不应该和节点外弯矩叠加由翼缘承担。

点评:对于 H 型钢框架梁柱的刚接节点来说,节点需要同时传递弯矩和剪力。

理论上,剪力主要由腹板承受,而弯矩则需要翼缘和腹板共同承受。虽然翼缘承担了弯矩的大部分,但是腹板承受的弯矩有时也是不容忽视的。特别是对于抗震分析,节点受力较为复杂,由此节点处也需要加强。根据“强节点,弱杆件”的概念,考虑节点区腹板连接的加强也是合理的。端板连接设计速查表如附件 1-1-1 所示。

#### 附件 1-1-1:端板连接设计速查表

关于螺栓连接,设计手册及有关规范中采用的是一些简化方法。端板连接有以下几种形式:

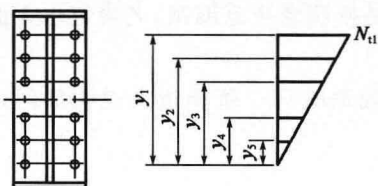


图 1-1-3 普通螺栓拉力分布图

#### (1) 普通螺栓

可假定螺栓群的中性轴在最下面一行螺栓的轴线上。受力如图 1-1-3 所示呈线性变化,最大螺栓拉力产生在顶部螺栓处。在弯矩  $M$  作用下螺栓最大拉力为

$$N_{t1} = \frac{My_1}{m \sum y_i^2} \quad (1-1-1)$$

式中:  $M$ ——端板处弯矩设计值;

$m$ ——螺栓列数;

$y_i$ ——各螺栓至中性轴的距离。

在剪力  $V$  作用下, 单个螺栓所受的剪力为

$$N_v = \frac{V}{n} \quad (1-1-2)$$

同时承受剪力和轴向拉力的普通螺栓应满足下列公式的要求, 即

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_{vb}}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_{tb}}\right)^2} \leq 1 \quad (1-1-3)$$

为了保证挤压承载力的要求, 尚需满足

$$N_v \leq N_{cb} \quad (1-1-4)$$

式中:  $N_v$ 、 $N_t$ ——单个螺栓的剪力和拉力(取受拉力最大螺栓计算时为  $N_{ti}$ );

$N_{vb}$ 、 $N_{tb}$ ——单个螺栓受剪和受拉的承载力设计值;

$N_{cb}$ ——单个螺栓受挤压的承载力设计值。

## (2) 高强螺栓

因有预拉力的作用, 被连接构件保持紧密结合, 可假定螺栓群中性轴在形心线上, 受力如图 1-1-4 所示。

最上部的螺栓受力最大, 其设计条件为

$$N_{ti} = \frac{My_1}{m \sum y_i^2} \leq 0.8P \quad (1-1-5)$$

考虑到剪力的作用, 对于摩擦型高强螺栓, 在受拉区, 螺栓预应力引起挤压力降低, 于是螺栓剪切承载力设计值减小, 端板间的抗滑移系数也降低。单个螺栓的剪切承载力设计值为

$$N_{vib} = 0.9n_t \mu (P - 1.25N_{ti}) \quad (1-1-6)$$

式中:  $N_{ti}$ ——第  $i$  排单个螺栓承受的拉力,  $N_{ti} \leq 0.8P$ 。

在受压区, 螺栓预应力不变。单个螺栓的剪切承载力设计值为

$$N_{vib} = 0.9n_t \mu P \quad (1-1-7)$$

为了保证端板处不发生滑移, 端板处剪力  $V$  应满足

$$V \leq \sum N_{vib} \quad (1-1-8)$$

对于承压型高强螺栓, 除满足公式(1-1-5)外, 尚应满足剪力设计值

$$N_v \leq N_{bv} = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_{bv} \quad (1-1-9)$$

承压设计值

$$N_c \leq N_{bc} = d \sum t f_{bc} \quad (1-1-10)$$

式中:  $n_v$ ——受剪面数;

$d$ ——螺栓公称直径; 在式(1-1-9)中, 当剪切面在螺纹处时, 应用螺纹有效直径  $d_e$  代替  $d$ , 但应尽量避免螺纹深入到剪切面;

$\sum t$ ——在同一受力方向的承压构件的较小总厚度;

$f_{bv}$ 、 $f_{bc}$ ——分别为螺栓的抗剪和母材承压设计值。

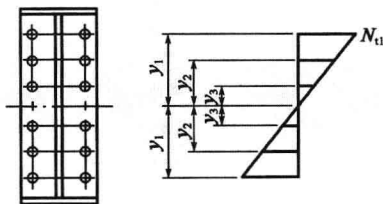


图 1-1-4 高强螺栓拉力分布图



《门式刚架轻型钢结构技术规程》(CECS 102:2002)(以下简称轻钢规程)规定:主刚架构件的连接应采用高强螺栓。《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)(以下简称钢结构规范)中规定:大跨度钢梁和直接承受动荷载的钢梁宜采用摩擦型高强螺栓。

轻钢门式刚架结构屋面荷载轻、钢梁跨度较大,而钢梁的截面高度可以做的比较小,一般可取钢梁跨度的 $1/20\sim 1/50$ 。分析表明:钢梁截面高度主要由弯矩和挠度控制。而端板连接部位的承载力相对于H型钢梁截面要薄弱许多。轻钢规程中把端板分为外伸式和平齐式两种,并优先推荐采用外伸式端板连接节点。外伸式端板承载能力是平齐式端板的 $1.2\sim 2.0$ 倍。但在实际结构中,有些部位不能采用外伸式端板,如内天沟下部等位置。

表 1-1-1、表 1-1-2、图 1-1-5、图 1-1-6 均给出了端板处梁高与弯矩的关系,设计人员可以根据表和图,按照弯矩粗略地估算端板处钢梁的截面高度和螺栓大小。

梁截面高度与弯矩的关系(端板平齐)

表 1-1-1

梁高 $h$ (mm)	M16(kN·m)	M20(kN·m)	M22(kN·m)	M24(kN·m)	M27(kN·m)	M30(kN·m)
400	53	82	101	119	154	188
500	81	126	154	182	235	288
600	119	184	226	268	345	422
700	162	251	308	365	470	575
800	212	329	403	477	615	753
900	270	419	513	608	783	959
1000	332	515	631	747	963	1179
1100	402	623	764	905	1166	1427
1200	477	739	906	1073	1383	1693
1300	562	871	1068	1265	1630	1995
1400	653	1012	1241	1469	1894	2318
1500	748	1159	1421	1683	2169	2655
1600	853	1322	1621	1919	2474	3028

梁截面高度与弯矩的关系(端板外伸)

表 1-1-2

梁高 $h$ (mm)	M16(kN·m)	M20(kN·m)	M22(kN·m)	M24(kN·m)	M27(kN·m)	M30(kN·m)
400	112	174	213	252	325	398
500	149	231	283	335	432	529
600	195	302	371	439	566	692
700	246	381	467	554	713	873
800	304	471	578	684	882	1079
900	369	572	701	830	1070	1310
1000	440	682	836	990	1276	1562
1100	519	804	986	1168	1505	1842
1200	602	933	1144	1355	1746	2137
1300	694	1076	1319	1562	2013	2464
1400	793	1229	1507	1784	2300	2815
1500	897	1390	1704	2018	2601	3184
1600	1009	1564	1917	2270	2926	3582