

薛惠敏 薛 洪 樊力军 编著

CHAOGAO MOBAN ZHIJIA

ZHUANXIANG JISUAN YU SHILI

超高模板支架

专项计算与实例

中国建筑工业出版社

超高模板支架专项计算与实例

薛惠敏 薛 洪 樊力军 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

超高模板支架专项计算与实例/薛惠敏等编著. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2010. 11

ISBN 978-7-112-12549-4

I. ①超… II. ①薛… III. ①建筑工程-脚手架-计算方法
IV. ①TU731.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 196319 号

本书是有关超高模板支架专项计算的专著。书中介绍了平板模架、大梁模架、
墙柱模架、转换层大梁 (厚板) 模架、超高模架和狭长超高模架等模板支架的设
计计算。超高模架是本书的核心内容, 每章均附有工程实例。

本书内容翔实、新颖, 工程实例分析方法科学, 操作性强。本书可供建筑施
工、结构设计、监理工程师阅读, 也可供大专院校土建专业师生参考使用。

* * *

责任编辑: 张伯熙 曾 威

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 陈晶晶

超高模板支架专项计算与实例

薛惠敏 薛 洪 樊力军 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

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9 字数: 225 千字

2010 年 12 月第一版 2010 年 12 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-12549-4
(19814)

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

建质【2009】87号文规定：超高模板支架必须进行专项施工方案设计。目前，我国尚未出台超高模架的规范，但实际工作中又必须去做。根据钢结构强支撑框架的要求，设置抗侧力支撑体系，确保模架立柱按无侧移模式失稳。按以上理论设计的超高模架，根据实践结果表明，均达到了安全使用的效果。为了较系统地阐述超高模架的设计方法，特出版本书。

本书内容贯穿着如何设计模架的红线，书中提出了不少新颖的有关模架的内容，可以启迪读者的设计思路，拓宽思维空间，并引导到正确、安全设计的轨道上来。

本书主要内容可依次分为如下几章。

第1章，绪论。本章定义了高支模架和超高模架，介绍了模架的设计依据。读者在本章内即可找到设计依据，本章是模架设计的基础。

第2章，平面楼板模板支架。本章阐述了平板直立柱模架和斜立柱模架的设计方案，以及模架荷载传递，用以确定模架支承的层数，科学地确定冬期和夏季周材的用量。

第3章，大梁模板支架。本章阐述了梁模架正确的设计方法；导出了简支梁在梯形荷载作用下的内力计算公式，读者可以按情况套用，避免了繁琐的运算。本章介绍了有限元法、力矩分配法、三弯矩方程等三种在计算梁模的竖楞和横楞中的应用，利用了结构对称性使计算简化，解题简便。

第4章，墙柱模架。墙柱是梁和板的竖向支承结构，本章阐明了墙柱模架的设计特点：（1）模架主要承受水平荷载的作用，要使模架在水平力作用下不胀模、不倒塌；（2）模架的冬期和夏季施工的特点；（3）对模架的对拉螺栓设计，除强度要求外，更重要的是螺栓受拉变形的验算，从而确保墙柱截面尺寸的正确性；（4）确保模架的垂直度，使墙柱的垂直度得到可靠的保证。

第5章，转换层大梁、厚板模架。转换层大梁、厚板是大体积混凝土，其特点是重量大，水化热大。因此，其设计方法是运用钢筋混凝土叠合梁的原理，将大梁、厚板分成二次或三次浇筑，使大梁转化为一般梁，大体积混凝土转化为一般混凝土，从而减少施工荷载、削减温度应力。本章改进了叠合面抗剪设计，并在叠合面上参照组合梁的模式增设了抗剪插筋。对转换梁、厚板的施工大荷载提出了多层承担的设计方法，使模架支撑层数经济合理。本章提出转换层梁、厚板的五种施工方案，均是切合实际的，可操作性很强。

第6章，超高模板支架的计算。本章是全书的核心，其他各章的内容均是围绕本章而展开。本章确立了模架立柱的计算方法，在其他各章中的模架立柱均未阐述，模架立柱按无侧移模式失稳建立的计算模式，是建立在强支撑的侧向刚度要求设置的抗侧支撑体系的基础之上的，并对抗侧结构的节点位移进行计算，使节点位移按 $1/5000$ 进行控制。因此，节点位移从理论上讲是基本接近于零的，即，模架是无侧移的稳定结构。因此，按本章理论设计的超高模架，经过实践证明是可靠的、安全的。

第7章，狭长高支模架的整体稳定。模架高度大于或等于8m，且高宽比大于或等于1.5的模架称作狭长超高模架。这类模架的整体稳定性特别重要，因为，在实际工程建设中这类模架失稳倒塌是屡见不鲜。上海市工程建设规范——《钢管扣件水平模板的支撑系统安全技术规程》（以下简称《规程》）特别关注这个问题。本章根据工程事故经验和上述《规程》专门引入这个问题，其目的是想引起工程界从业人员的关注，从而避免这类事故的发生。

本书的宗旨：着重于可操作性，增强读者对课题的理解，即一方面真正解决工程问题，另一方面从中提高解决问题的能力。因此，本书的另一个特点是在各章中均给出了例题，可作为施工人员、监理人员和大专院校学生阅读时使用。

在编著过程中，作者参阅了国内专家学者出版的大量文献，丰富充实了本书内容，谨向被参阅文献的作者表达衷心的感谢。鉴于作者水平有限，书中可能还存在不少错误，恳请读者批评指正。

本书第3章、第5章、第6章由高级结构工程师薛惠敏编著；第1章、第2章、第4章由高级工程师薛洪编著；第7章由无锡市建苑工程监理有限责任公司董事长、总经理、高级工程师樊力军编著。全书由薛惠敏统稿。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 荷载	2
1.3 材料	5
1.4 设计指标	6
1.5 强度计算	8
1.6 模架立柱竖向变形计算	14
1.7 钢筋混凝土矩形截面受弯构件正截面抗弯能力计算	15
1.8 参考文献	23
第 2 章 平面楼板模板支架	24
2.1 平面楼板直立柱模架的构造	24
2.2 平面楼板直立柱模架的计算	24
2.3 平面楼板斜立柱模架的构造	27
2.4 三跨式斜立柱模架的计算	29
2.5 四跨式斜立柱模架的计算	29
2.6 n 跨式斜立柱模架的计算	30
2.7 楼板模架荷载传递计算	30
2.8 例题	33
2.9 小结	35
2.10 参考文献	35
第 3 章 大梁模板支架	36
3.1 梁模板构造	36
3.2 梁侧模计算	36
3.3 横楞	47
3.4 立柱计算	51
3.5 例题	51
3.6 小结	68
3.7 参考文献	69
第 4 章 墙柱模架	70
4.1 概述	70

4.2	墙模架构造	70
4.3	墙模架设计	70
4.4	柱模架构造	73
4.5	柱模架设计	73
4.6	例题	75
4.7	小结	86
4.8	参考文献	86
第5章	转换层大梁、厚板模架	88
5.1	概述	88
5.2	转换梁、板的模架施工方案	88
5.3	叠合梁设计	90
5.4	确定模架支撑层数	92
5.5	承载层模架立柱的间距	94
5.6	顶托	94
5.7	模架立柱稳定性	94
5.8	例题	96
5.9	小结	103
5.10	参考文献	103
第6章	超高模板支架的计算	104
6.1	概述	104
6.2	钢管扣件式模板支架计算简图的建立	104
6.3	强支撑框架的水平支撑和交叉支撑刚度门槛值(最小要求值)	105
6.4	水平支撑的强度计算	106
6.5	交叉支撑的强度计算	106
6.6	交叉支撑的位移计算	107
6.7	无侧移失稳模架的立柱计算	115
6.8	超高模板支架的构造	116
6.9	例题	117
6.10	小结	123
6.11	参考文献	124
第7章	狭长高支模架的整体稳定	125
7.1	概述	125
7.2	荷载	125
7.3	荷载效应组合	126
7.4	模架立柱结构整体稳定分析	126
7.5	抗倾覆验算	127

7.6	模架立柱稳定性计算	128
7.7	高支模架立柱地基承载力计算	129
7.8	高支模架的构造	129
7.9	例题	129
7.10	小结.....	133
7.11	参考文献.....	134

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

1) 高支模架

凡符合下述条件之一者，统称高支模架。

模板支架高度 H ： $5\text{m} \leq H < 8\text{m}$

模板支架上线荷载 q ： $15\text{kN/m} \leq q < 20\text{kN/m}$

模板支架上面荷载 G ： $10\text{kN/m}^2 \leq G < 15\text{kN/m}^2$

2) 超高模架

凡符合下述条件之一者，统称超高模架。

模板支架高度 H ： $H \geq 8\text{m}$

模板支架上线荷载 q ： $q \geq 20\text{kN/m}$

模板支架上面荷载 G ： $G \geq 15\text{kN/m}^2$

3) 模板支架设计原则

高支模架属危险性较大的分项工程，超高模架属超一定规模的危险性较大的分项工程。因此，其施工方案均需建立在结构设计计算的基础之上。模板支架设计原则是：模架结构必须是稳定、可靠的，其构造应符合规范强制性条文的规定，结构的刚度和构件的承载力必须符合有关设计规范的规定，即，要满足承载能力极限状态计算规定和正常使用极限状态验算规定。

4) 模架设计依据

模架设计时，必须遵守下列规范：

《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》	(JGJ 130—2001) (2002 年版)
《建筑施工模板安全技术规范》	(JGJ 162—2008)
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》	(GB 50018—2002)
《钢结构设计规范》	(GB 50017—2003)
《混凝土结构设计规范》	(GB 50010—2002)
《建筑地基基础设计规范》	(GB 50007—2002)
《建筑结构荷载规范》	(GB 50009—2001) (2006 年版)
《混凝土结构工程施工质量验收规范》	(GB 50204—2001)
《组合钢模板技术规范》	(GB 50214—2001)
《木结构设计规范》	(GB 50005—2003)

1.2 荷 载

1.2.1 永久荷载标准值

(1) 模板及支架自重标准值 G_{1k} 。

木模板 0.50kN/m^2

组合钢模板 0.75kN/m^2

钢管、扣件自重标准值按表 1-1 选用。

钢管、扣件自重标准值

表 1-1

名 称	$\phi 48 \times 3.5$ 钢管	直角扣件	旋转扣件	对接扣件
自重	38.4N/m	13.2N/只	14.6N/只	18.4N/只

(2) 新浇筑混凝土自重标准值 G_{2k} 。

$$G_{2k} = 24\text{kN/m}^3$$

(3) 钢筋自重标准值 G_{3k} (取每立方米混凝土的钢筋自重标准值)。

一般楼板: $G_{3k} = 1.1\text{kN/m}^3$

平板转换层楼板: 按结构设计确定

一般梁: $G_{3k} = 1.5\text{kN/m}^3$

转换层大梁: 按结构设计确定

(4) 新筑混凝土作用于竖向模板上侧向压力标准值 G_{4k} 。

$$G_{4k} = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{\frac{1}{2}} \quad (1-1)$$

$$G_{4k} = \gamma_c H \quad (1-2)$$

取两式中较小者。

式中 G_{4k} ——新筑混凝土作用于竖向模板上侧压力标准值, kN/m^2 ;

γ_c ——混凝土重度, $\gamma_c = 24\text{kN/m}^3$;

V ——混凝土的浇筑速度, m/h ;

t_0 ——混凝土的初凝时间, h , 按混凝土试配时实测值, 或 $t_0 = \frac{200}{T+15}$, (T 为混凝土的温度);

β_1 ——外加剂影响系数, 掺具有缓凝作用的外加剂时 $\beta_1 = 1.2$;

β_2 ——混凝土坍落度影响系数, 见表 1-2;

H ——混凝土浇筑总高度, m 。

混凝土坍落度影响系数

表 1-2

坍落度 (mm)	<30	50~90	110~150	>150
β_2	0.85	1	1.15	外推法

新筑混凝土侧压力分布见图 1-1。

$$h = \frac{G_{4k}}{\gamma_c} \quad (1-3)$$

式中 h ——有效压头高度, m 。

1.2.2 可变荷载

(1) 施工人员及设备荷载标准值 Q_{1k} 。

作用在楼板模板上: $Q_{1k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$

作用在梁模板上: $Q_{1k} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

计算支架立柱: $Q_{1k} = 1.0 \text{ kN/m}^2$

采用布料机上料进行浇筑混凝土时:

$$Q_{1k} = 4.0 \text{ kN/m}^2$$

(2) 振捣混凝土时产生的荷载标准值 Q_{2k} 。

对水平模板: $Q_{2k} = 2.0 \text{ kN/m}^2$

对竖向模板的侧压力: $Q_{2k} = 4.0 \text{ kN/m}^2$, 作用范围在新筑混凝土侧压力的有效压头高度内。

(3) 大体积结构、边长大于 300mm 的柱、墙厚大于 100mm 的竖向模板, 倾倒混凝土时, 对竖向模板产生的水平荷载标准值 Q_{3k} , 见表 1-3, 水平荷载作用范围在新筑混凝土侧压力的有效压头高度内。

倾倒混凝土时产生的水平荷载标准值

表 1-3

向模板内供料方法	水平荷载 (kN/m^2)
溜槽、导管	2
容积小于 0.2 m^3 的运输器具	2
容积为 $0.2 \sim 0.8 \text{ m}^3$ 的运输器具	4
容积大于 0.8 m^3 的运输器具	6

(4) 模架安装偏差引起的水平荷载标准值 Q_{4k} , 取 1% 的垂直永久荷载标准值, 以水平方向集中力的形式作用模架顶面。

(5) 施工的振动、冲击、不均匀荷载等未预见因素产生的水平荷载标准值 Q_{5k} , 取 2.5% 的垂直永久荷载标准值, 以集中力的形式作用在模架顶面的水平方向。

(6) 风荷载标准值 w_k 。

$$w_k = \beta_z \mu_z \mu_s w_0 \quad (1-4)$$

式中 w_k ——风荷载标准值, kN/m^2 ;

μ_z ——风压高度变化系数, 按 GB 50009—2001 (2006 年版) 表 7.2.1 取值, 地面粗糙度, 以 2km 半径范围房屋平均高度 $\bar{H}$ 来划分, $\bar{H} > 18 \text{ m}$ 为 D 类; $9 \text{ m} < \bar{H} \leq 18 \text{ m}$ 为 C 类; $\bar{H} < 9 \text{ m}$ 为 B 类; A 类为海面、海岛、海岸、湖岸、沙漠地区;

μ_s ——风荷载体型系数;

多管密排, $\mu_s = +1.4$ (文献 [14] $\mu_s = 1.65$);

敞开的竖向模板, $\mu_s = +1.3$;

β_z ——高度 Z 处的风振系数, 取 $\beta_z = 1$, 对于高宽比大于 1.5 的模架, 应按 GB 50009—2001 (2006 年版) 计算风振系数;

w_0 ——基本风压, kN/m^2 , 按所在地区查 GB 50009—2001 中 $n=10$ 年的规定值。

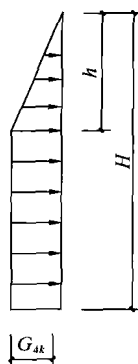


图 1-1 混凝土侧压力分布图形

1.2.3 荷载设计值

计算模板及支架结构的构件强度、稳定性和连接强度时,应采用荷载设计值。荷载设计值为荷载标准值乘以荷载分项系数。

永久荷载标准值 G_{1k} 、 G_{2k} 、 G_{3k} 、 G_{4k} , 其荷载分项系数 $\gamma_G=1.2$;

可变荷载的分项系数: 一般情况, 取 $\gamma_Q=1.4$;

可变荷载标准值 $>4\text{kN/m}^2$, 取 $\gamma_Q=1.3$ (仅表 1-3 中容积大于 0.8m^3 运输器具的倾倒荷载适用);

风荷载的分项系数, 取 $\gamma_Q=1.4$ 。

1.2.4 荷载组合

(1) 按承载能力极限状态计算时, 荷载效应的基本组合按 GB 50009—2001 (2006 年版) 中的规定进行。

$$S = \gamma_G \sum_{i=1}^n S_{G_{ki}} + \gamma_{Q_1} S_{Q_{k1}} \quad (1-5)$$

$$S = \gamma_G \sum_{i=1}^n S_{G_{ki}} + 0.9 \sum_{j=1}^m \gamma_{Q_j} S_{Q_{kj}} \quad (1-6)$$

式中 γ_G ——永久荷载的分项系数, $\gamma_G=1.2$;

γ_{Q_1} ——第 1 个可变荷载的分项系数;

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数;

$S_{G_{ki}}$ ——第 i 个永久荷载标准值计算的荷载效应值;

$S_{Q_{kj}}$ ——第 j 个可变荷载标准值计算的荷载效应值;

$S_{Q_{k1}}$ ——第 1 个可变荷载标准值计算的荷载效应值 (第 1 个可变荷载是指其荷载效应为最不利的可变荷载效应)。

(2) 按正常使用极限状态计算时, 应采用效应的标准组合为如下公式。

$$S = \sum_{i=1}^n S_{G_{ki}} \quad (1-7)$$

(3) 参与模板及模架的荷载效应组合的各项荷载标准值见表 1-4。

模板及模架荷载效应组合的各项荷载标准值

表 1-4

项 次	项 目	参与组合的各荷载	
		承载能力计算	使用状态验算
1	平板模板及模架	$G_{1k}+G_{2k}+G_{3k}+Q_{1k}$	$G_{1k}+G_{2k}+G_{3k}$
2	梁底模板及模架	$G_{1k}+G_{2k}+G_{3k}+Q_{2k}$	$G_{1k}+G_{2k}+G_{3k}$
3	梁、柱 (边长小于 300mm)、墙 (厚度小于 100mm) 的竖向模板	$G_{4k}+Q_{2k}$	G_{4k}
4	大体积结构梁、柱 (边长大于 300mm)、墙 (厚度大于 100mm) 的竖向模板	$G_{4k}+Q_{3k}$	G_{4k}

注: 模架高宽比大于或等于 1.5 的模架见本书第 7 章。

1.3 材 料

1.3.1 钢材

(1) 常温下,宜采用 Q235、Q345 钢。钢材质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008) 的规定。

(2) 采用钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证。对于焊接结构,还应具有冷弯试验合格证。

(3) 工作温度低于 -20°C 时,应用镇静钢。除抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证外,还应具有 0°C 冲击韧性的合格保证。

1.3.2 钢管

钢管应符合现行国家标准《直缝电焊钢管》(GB/T 13793—2008) 中规定的 Q235 普通钢管的要求,并应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006) 中的 Q235A 级钢的规定。不使用弯曲、压扁、裂缝和严重锈蚀的钢管。

1.3.3 扣件

扣件应采用可锻铸铁制作,其质量应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》(GB 15831—2006) 的规定。扣件的螺栓拧紧扭矩达 $65\text{N}\cdot\text{m}$ 时,不得发生破坏。

1.3.4 焊条

连接用焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》(GB/T 5117—1995)、《低合金钢焊条》(GB/T 5118—1995) 的规定。钢材焊接用焊条要与钢材匹配。

Q235 钢,用 E43 型焊条【E 表示焊条,43 表示焊条系列 $f_u=43\text{kgf}/\text{mm}^2$ (420MPa)】

Q345 钢,用 E50 型焊条【E 表示焊条,50 表示焊条系列 $f_u=50\text{kgf}/\text{mm}^2$ (490MPa)】

1.3.5 螺栓

连接用普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》(GB/T 5780—2000) 和《六角头螺栓》(GB/T 5782—2000) 的规定。

1.3.6 木材

(1) 材质等级。木结构构件设计时,应根据用途按表 1-5 选用相应材质等级。

模架结构木材材质等级

表 1-5

项 次	用 途	材质等级
1	受拉或拉弯构件	I a
2	受弯或压弯构件	II a
3	受压构件	III a

(2) 木材材质标准应符合现行国家标准《木结构设计规范》(GB 50005—2003) 的质量要求。

(3) 胶合板模板, 其材质标准应符合现行国家标准《混凝土模板用胶合板》(GB/T 17656—2008) 的规定, 进场胶合板模板应具有出厂质量合格证。

(4) 竹胶板模板, 其技术性能应符合《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ 162—2008) 的规定。

1.4 设计指标

1.4.1 钢材强度设计值

钢材强度设计值按表 1-6 采用。

钢材强度设计值 (N/mm²)

表 1-6

钢材牌号	抗拉、抗压和抗弯 (f)	抗剪 (f_v)	端面承压 (f_{ce})
Q235 钢	205	120	310
Q345 钢	300	175	400

1.4.2 焊缝强度设计值

焊缝强度设计值应按表 1-7 采用。

焊缝强度设计值 (N/mm²)

表 1-7

钢材牌号	对接焊缝			角焊缝
	抗压 (f_c^w)	抗拉 (f_t^w)	抗剪 (f_v^w)	抗压、抗拉和抗剪 (f_f^w)
Q235 钢	205	175	120	140
Q345 钢	300	255	175	195

1.4.3 C 级普通螺栓连接的强度设计值

C 级普通螺栓连接的强度设计值按表 1-8 采用。

C 级普通螺栓连接的强度设计值 (N/mm²)

表 1-8

类 别	性能等级	构件钢材牌号	
	4.6 级、4.8 级	Q235 钢	Q345 钢
抗拉 f_t^b	165	—	—
抗剪 f_v^b	125	—	—
承压 f_c^b	—	290	370

C 级螺栓采用钢材性能等级为 4.6 级或 4.8 级制造。“·”前数字表示公称抗拉强度 f_u 的 1/100, “·”后数字表示公称屈服强度 f_y 与抗拉强度 f_u 之比。例如 4.8 级, $f_u = 400\text{N/mm}^2$, $f_y = 0.8 \times 400 = 320\text{N/mm}^2$ 。

C 级螺栓用圆钢制造, 表面不加工, 配孔用钻孔, 孔壁表面粗糙度为 II 级孔。孔径容

许偏差为 0~1mm, 设计孔径比螺栓杆径大 1.5~3mm。

1.4.4 扣件、底座的承载力设计值

扣件、底座的承载力设计值按表 1-9 采用。

扣件、底座的承载力设计值 (kN)

表 1-9

扣 件 种 类	承载力设计值
对接扣件	3.2
直角扣件、旋转扣件	8
底座	40

1.4.5 钢材物理性能

钢材物理性能应符合表 1-10。

钢 材 物 理 性 能

表 1-10

弹性模量 E (N/mm ²)	剪变模量 G (N/mm ²)	线膨胀系数 α (每℃计)	质量密度 ρ (kg/m ³)
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850

1.4.6 模架构件长细比

模架构件长细比的容许值应符合表 1-11。

模架构件长细比容许值

表 1-11

材 质	受力类别	构件类别	容许长细比
钢 材	受 压	主要构件	150
		一般构件	200
	受 拉	交叉支撑	250
木 材	受 压	主要构件	120
		一般构件	150
	受 拉	交叉支撑	250

1.4.7 变形值规定

验算模板、模架的刚度时, 其最大变形值不得超过相应的容许值, 详见如下所列。

(1) 混凝土表面外露的模板: $[v] = \frac{l_0}{400}$, l_0 ——模板计算跨度。

(2) 混凝土表面隐蔽的模板: $[v] = \frac{l_0}{250}$, l_0 ——模板计算跨度。

(3) 模架的压缩变形: $[v] = \frac{l_0}{1000}$, l_0 ——模架结构计算跨度。

(4) 柱箍: $[v] = \frac{l_0}{500}$, l_0 ——柱箍计算跨度。

(5) 钢楞: $[v] = \frac{l_0}{500}$, l_0 ——支承模板的钢楞的计算跨度。

1.5 强 度 计 算

1.5.1 荷载通过弯心并与主轴平行的受弯构件

抗弯强度:
$$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{M}{W} \leq f \quad (1-8)$$

式中 M ——最不利弯矩设计值, $N \cdot mm$;

y ——截面形心轴至截面边缘的距离, mm ;

I ——截面惯性矩, mm^4 , 查表 1-12, 钢管查表 1-13;

W ——截面模量, mm^3 , $W = \frac{I}{y}$;

f ——抗弯强度设计值。

抗剪强度:
$$\tau = \frac{VS}{bI} \leq f_v \quad (1-9)$$

式中 V ——计算截面剪力设计值, N ;

S ——计算剪应力处以上截面对形心轴的面积矩, 查表 1-12, 钢管查表 1-13;

b ——计算截面宽度, mm ;

I ——截面惯性矩, mm^4 ;

f_v ——抗剪强度设计值。

对矩形截面的剪应力:
$$\tau = \frac{3V}{2bh} \quad (1-10)$$

式中 b 、 h ——分别为矩形截面的宽度、高度。

对钢管截面的剪应力:
$$\tau = \frac{2V}{A} \quad (1-11)$$

式中 A ——钢管截面面积。

对圆形截面的剪应力:
$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad (1-12)$$

式中 A ——圆形截面面积。

对工字截面: 工字钢截面性质见表 1-17, 见图 1-2。

轧制工字钢, 查型钢表, 得 $\frac{I}{S}$:

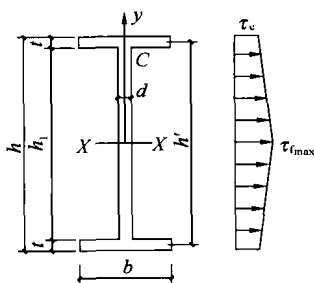


图 1-2 工字钢剪应力

$$\tau_f = \frac{V}{I} S^d \quad (1-13)$$

C 点剪应力 τ_c :

$$\tau_c = \frac{VS_c}{Id} \quad (1-14)$$

$$S_c = bt \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right)$$

剪应力在腹部变化规律 τ_f :

$$\tau_i = \frac{V}{Id} \left[\frac{b h'}{2} + \frac{d}{2} \left(\frac{h_1^2}{4} - y^2 \right) \right] \quad (1-15)$$

$$\tau_{i \max} = \frac{V}{Id} \left(\frac{b h'}{2} + \frac{d h_1^2}{8} \right) \quad (1-16)$$

$$h' = h - t; h_1 = h - 2t$$

对槽钢截面：槽钢截面性质见表 1-18，见图 1-3。

$$\text{翼缘上最大剪应力 } \tau_{y \max} : \tau_{y \max} = \frac{V h' b'}{2I} \quad (1-17)$$

$$\text{剪应力在腹部最大值：} \tau_{i \max} = \frac{V}{Id} \left(\frac{b h'}{2} + \frac{d h_1^2}{8} \right) \quad (1-18)$$

$$\text{剪应力在腹部规律：} \tau_i = \frac{V}{Id} \left[\frac{b h'}{2} + \frac{d}{2} \left(\frac{h_1^2}{4} - y^2 \right) \right] \quad (1-19)$$

$$h' = h - t; h_1 = h - 2t \quad (1-20)$$

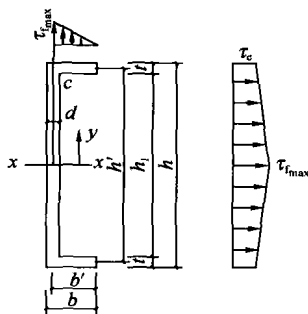


图 1-3 槽钢剪应力

1.5.2 轴心受压构件稳定性

$$\frac{N}{\varphi A} \leq f \quad (1-21)$$

式中 N ——轴心压力设计值，N；

A ——构件截面面积， mm^2 ；

f ——抗压强度设计值， N/mm^2 ；

φ ——轴心受压构件的稳定系数，按 $\lambda = \frac{l_0}{i}$ 查表 1-16，或按 b 类截面查《钢结构设计规范》(GB 50017—2003) 附录 C；

l_0 ——轴心受压构件的计算长度；

i ——构件截面回转半径，查常用截面的何特征表 1-12、钢管截面特征查表 1-13。

1.5.3 压弯构件强度计算

双轴对称截面的压弯构件，计算弯矩作用平面内稳定：

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{\beta_m M}{\left(1 - \frac{N}{N_E}\right) W} \leq f \quad (1-22)$$

式中 N ——轴心压力设计值，N；

M ——弯矩设计值， $\text{N} \cdot \text{mm}$ ；

$$\beta_m \text{——等效弯矩系数，} \beta_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{M_2}{M_1} \quad (1-23)$$

M_1 、 M_2 ——较大和较小端弯矩，使构件产生同向曲率（无反弯点）时取同号，使构件产生反向曲率（有反弯点）时，取异号；

φ ——弯矩作用平面内轴心受压构件稳定系数，按 λ 查表 1-16；

W ——弯矩作用平面内较大受压纤维的截面模量， mm^3 ；

N'_E ——参数。