



以专家的高度
给您面对面的指导和帮助



钢结构设计 误区与释义

百问百答 (II)

丁芸孙 刘罗静◎编著

视野·方法·经验·数据



人民交通出版社
China Communications Press

以专家的高度
给您面对面的指导和帮助



钢结构设计 误区与释义

图书馆

百问百答 (II)

丁芸孙 刘罗静◎编著

视野·方法·经验·数据



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为《钢结构设计误区与释义百问百答》的续集,与其互为补充,收录的 1000 多个问题囊括钢结构设计中读者最为关心的多数问题。本书为我国著名钢结构专家丁芸孙的心血之作,以提出问题、阐明意义的方法,结合国内外规范,详细总结了多年来从事钢结构设计的经验和思考。

本书可对一线的钢结构设计、制作、安装及其他钢结构从业者提供有力的帮助,同时也可供参加注册结构工程师执业资格考试的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构设计误区与释义百问百答 / 丁芸孙, 刘罗静
编著. —北京: 人民交通出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-114-09052-3

I. ①钢… II. ①丁…②刘… III. ①钢结构—结构设计—问题解答 IV. ①TU391.04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 071879 号

书 名: 钢结构设计误区与释义百问百答 (II)

著 作 者: 丁芸孙 刘罗静

责任编辑: 刘 君

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.ccpres.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: 720×960 1/16

印 张: 30.5

字 数: 521 千

版 次: 2011 年 5 月 第 1 版

印 次: 2011 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09052-3

定 价: 68.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

>>前言 Preface

2008年我们编写了《钢结构设计误区与释义百问百答》，由人民交通出版社出版，因精简扼要，针对性强，受到钢结构设计工程师们的欢迎，但内容多数是关于网(壳)架的，不够广泛，最近我们拜读了“中华钢结构论坛”的相关资料，所提的问题虽然深浅不等，却很有智慧，是集思广益的丰硕成果，剪表性强，更为实用。但论坛资料系网友原创，未经系统归纳，且大多数没有结论性意见，内容包括钢筋混凝土、施工技术、科学研究、计算程序，篇幅庞大，读者在繁忙工作中难以抽出长时间阅读。所以我们本着“百家争鸣”的原则，挑选其中实用的钢结构设计问题，根据工作经验，将我们及我们同意的看法提出来，抛砖引玉，仅供参考。

另外，工程中我们也收集到大量实用的设计问题，对提高设计人员的设计水平非常有帮助，也值得一并探讨。目前，青年工程师的优势是对程序非常熟练，但也有的过分依赖程序，不求了解程序内容概念。为补此不足，我们再编写了这个小册子，此书也本着不追求公式推导，只求概念清晰的目的，与第一本书相同的尽量不重复，但为了归纳风雪荷载的系统化，部分内容仍有重复，本书风雪荷载部分列入英、美、欧洲规范参考，并收集了国内风洞试验资料。抗震部分有多维多点、混合结构抗震、鲁棒性灾害分析等热点问题，不仅对钢结构设计人员有启发，对其他结构亦很实用。

我们希望这两本篇幅不大的读书札记小册子互为补充，其中收录的1000多个问题能囊括钢结构设计中读者最关心的大多数问题。为此，作者为求广摘精华，汇集一起，观点明确，篇幅精简，避免读者在汪洋大海中搜求精华，使读者能了解来龙去脉，吃透规范，分析道理，判断是非，提高解决问题的能力，提供进一步深入研究的线索，至少短时间能达到入门的效果。但由于我们水平有限，如有错误，引用资料个别遗漏或理解原意不确切的，请予指正。对于引用专家教授提出的精辟观点，深为感谢，并对刘培祥硕士、康留琛工程师、丁静硕士在本书写作



钢结构设计

误区与释义百问百答

中提供的帮助表示感谢。《钢结构设计误区与释义百问百答》一书已发现的错误也在本书中改正,两书有矛盾之处以本书为准。对于参考资料中个别存在的交代不清和不明白的问题也尽量请专家作者加以解决。

请发现错误或有问题需要交流探讨的请来电或传真(电话及传真:010—62267389;手机:13801285979)。

丁芸孙

2010年11月

Contents >> 目录

一、设计方法及安全度	1
二、荷载	7
三、稳定	115
四、支座假定与支座设计,柱脚设计	128
五、变形缝,变形控制,挠度,侧移,施工误差的评定,钢结构的修复, 加固处理试验	144
六、抗震	167
七、吊车梁系统,悬挂吊车及疲劳	196
八、支撑与抗侧力构件(偏心支撑,CEBF),钢板剪力墙,内藏钢板支 撑剪力墙,屈曲约束支撑(UBB),蒙皮效应	229
九、钢材与焊接	259
十、构件及构件节点(空心球,螺栓球,相贯节点,高强螺栓节点)	273
十一、门式刚架,排架,框架,钢屋架	307
十二、组合梁,钢管混凝土,型钢混凝土	371
十三、预应力钢结构,组合网架,索穹顶结构,局部双层网壳,张弦 梁结构	395
十四、围护结构	405
十五、防腐与防火	433
十六、高层钢结构特点、高耸钢结构、户外广告牌特点	440
参考文献	470



一、 设计方法及安全度

安全度在《钢结构设计误区与释义百问百答》(以下称文献[1])P1~6已作了介绍,本书再作补充。

1. 设计方法分哪几种层次?[2]

1) 什么是第一层次设计方法?

安全度即第一层次设计方法,我国规范采用的是国际上比较通用的荷载与抗力分项系数设计法(LRFD),也就是一次二阶矩法,一阶为平均值,二阶为方差,荷载抗力均服从正态分布的可靠度度量措施,也即以50年不大修为失效概率,从可靠指标转变为可以实际操作的荷载分项系数。该方法偏离原可靠度理论甚远,所以可靠度理论在有些国家尚不被认可,认为安全所需考虑的不确定性非常复杂,不是统计数学的概率可以描述处理的,虚拟的失效概率反而造成不可揣摩和模糊不清,导致概念混乱,因此不采用这种方法。

2) 什么是第二层次设计方法?

第二层次设计方法是内力分析,目前采用的是结构力学方法,基础是材料力学,最基本的假定是平截面假定。内力分析方法根据牛顿作用反作用力的6个平衡方程,但牛顿平衡方程假定的结构是刚体,不考虑变形的影响,更未考虑所产生的扭转影响,只有符拉索夫薄壁理论才反映了扭转,用扇形力矩。

(1) 为什么要发展二阶分析?

二阶分析,即考虑了变形对平衡条件的影响。由于牛顿未建立力与变形关系,是不全面的,作为不完整的力学原理补充,二阶分析即为建立在变形后状态的力的平衡,这是规范向二阶分析方法发展的原因。二阶分析分为只考虑弹性

分析下变形的几何非线性分析和由于材料弹塑性变形而产生的材料非线性。

(2) 二阶与非线性分析有何区别?

二阶与非线性分析本质一样,区别仅是二阶多指几何非线性,基本不进行材料非线性分析,而非线性则有几何非线性及材料非线性两种。

3) 什么是第三层次设计方法?

第三层次设计方法,即截面及构件设计。

(1) 截面的种类

IV 类——允许局部屈曲,一般为薄壁结构,如薄壁型钢规范、门刚规程的腹板采用 IV 类。

III 类——边缘应力不超过屈服强度。

III₀ 类——允许部分截面开展少量塑性变形,如钢结构规范中允许受弯截面部分边缘开展塑性变形,此方法仅为我国规范采用,归于 III 类。

II 类——截面形成塑性铰,但不要求有大的转动能力,即在塑性弯矩下转动大于弹性约束初始刚度的 2~3 倍。

I 类——截面形成塑性铰,要求大的转动能力(8~15 倍的弹性约束初始刚度)。

(2) 目前工程中内力分析与截面设计组合的种类

E-E 法——内力分析,截面计算均为弹性。

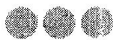
E-P 法——①内力分析弹性,构件截面计算利用塑性开展;②内力分析弹性并利用二阶分析方法,截面利用塑性开展。我国钢结构规范介于 *E-E* 法、*E-P* 法之间。

p-P 法——内力作塑性分析,截面也作塑性分析,*p-P* 法出现在钢结构规范第 9 章。据了解,国外也基本将其放于规范内,但实际应用很少,我国也是如此。



2. 目前广泛采用的 *E-P* 法安全不安全?

E-P 法是国际上普遍存在的矛盾,即内力分析与截面计算互不一致。但由于 *E-P* 法是一种下限法,下限法定理满足平衡条件,所有截面不违背屈服条件,这样下限法的计算结果是,真正的承载能力要比计算显示的大,因此 *E-P* 法是安全的。



3. 非线性有哪几种?^{[3]P20}

除了几何非线性、材料非线性,还有状态非线性、边界非线性,如接触非线性、摩擦非线性。可动边界如滑动非线性,均属状态非线性。



4. 非线性与塑性有何区别?^{[3]P26}

非线性是数学概念,塑性是表述材料的变形特性,是材料的本构关系,是非线性的一个子集,也就是延性。由于塑性性质而引起的非线性即为材料非线性,非线性包括塑性,塑性一定是非线性,非线性不一定是塑性。塑性与弹性是相对的,是指物质的一种状态,塑性指在应力不增加下变形会增加,卸载后变形不可恢复。



5. 线性与非线性如何区别?^{[3]P28}

线性特点:

- ①材料应力应变是线性;
- ②应变与位移是线性;
- ③一般应变很小;
- ④外载大小与方向不随变形变化而变化;
- ⑤如果不符合上述中一条,即为非线性。



6. 为什么长细比的验算也算刚度验算?

梁的挠度、框架的侧移和屋面位移,都是刚度验算,往往与变形相联系,但压杆的长细比也是刚度验算,这要从失稳的本质说起。由欧拉公式知,压杆的临界荷载与长细比有关,反过来,验算长细比就是验算临界荷载,也就是验算柱的刚度。

但框架的层间位移计算不能代替框架柱的长细比验算,因为侧移大小涉及水平力大小,而弹性计算时,侧移失稳与水平力无关。



7. 规范与规程遵守时如何区别?^{[4]P394}

原建设部通知“强制性条文”必须严格执行。言外之意,非强制性条文不一

定严格执行。规程属于协会标准,是推荐性标准,权威性低于国家标准,但问题是国家标准应该涵盖所有工业与民用建筑,而我国钢结构规范是脱胎于重工业厂房为对象的前苏联规范,几次修订,拓宽范围,还满足不了需要,所以网架网壳、高层、门架等规程出现,但这些只能用于各自的特殊领域,但有时重型厂房屋面梁应符合规范,而规范又无变截面,这时就可以参照规程,规范和规程都利用腹板屈服后强度,但规范针对简支梁,受弯也是简支梁,规程则可以受弯又有轴力,并且剪力大时,弯矩也可能很大,两者是有差别的,因此这些情况用规程更合理。规范 5.1 条有支撑力计算规定,而规程没有,门架支撑计算就可按规范。

规范、规程都不可能十全十美,几年才修订一次,技术滞后,非强制性条文是可以变通的,但由于规范、规程都是反映成熟技术的,不应轻易偏离,很多问题都要设计者根据知识和经验来判断,运用规范,重在理解,了解来龙去脉,才能运用自如,了解其背景材料,才能根底扎实,在设计中游刃有余。

根据权威人士介绍,规范、规程虽都有强制性条文,如果是黑体字,不遵守时,则一定要追究其责任,而非黑体字的强制性条文,只要不出现严重后果,就不追究其责任。国外规范都申明规范已尽了最大努力,但如仍有问题则由设计者负责,而我国遵守规范,出了问题根据现有事例则由规范负责。

8. 工程中如何采用强度理论?

1) 什么是强度理论?

因材料的强度不足而引起的失效现象与材料的性质有关。塑性材料有的以发生屈服现象,出现塑性变形为失效标准。脆性材料有的突然断裂,在单向应力下失效状态和强度往往以试验为基础。但材料的危险应力状态往往不是单向的,实现复杂尺寸状态下的试验困难得多,因此只好依据部分试验结果,经过推理,提出一些假说强度理论。既然是推断失效原因的一些假说,必须由生产实践中来检验,但目前应该说尚无圆满解决所有强度问题的理论体系。

2) 四种常用强度理论是什么?

第一强度理论——最大拉应力理论,以最大拉应力引起断裂,如铸铁等脆性材料在单向拉伸下断裂,这个理论没有注意其他两个方向应力影响,仅考虑 σ_1 ,也不能用于单向压缩三向压缩等情况。

第二强度理论——最大伸长线应变理论,以最大伸长或应变为引起断裂的主要因素,达到材料性质有关的某一极限值即断裂,混凝土试块垂直受压



时,沿垂直于压力方向裂开,试验结果与这一理论相近。

第三强度理论——最大剪力理论,最大剪应力是引起屈服的主要因素,最大剪力达某一极限值,材料即屈服,较为满意的解决了塑性材料屈服现象,低碳钢拉伸时发生滑移线,结果很吻合。

第四强度理论——形状改变比能理论,形状改变是引起屈服的主要因素,只要形状改变能达某极限值,即引起材料屈服,钢的薄管试验与该理论吻合。

第一、二理论通常以断裂失效,第三、四理论以屈服失效。

3)工程中如何采用强度理论?

首先,采用强度理论不单纯是力学问题,与有关工程经验也是有关的,另外,强度理论也不仅是以材料是塑性还是脆性来分的。混凝土是脆性材料,受压后膨胀形成受拉变形破坏为第二强度理论,不同材料有不同的失效形式,即使同一材料在不同应力状态下也有不同的失效形式,如钢在螺栓受拉时,根部因应力集中引起三向拉伸就会引起断裂,一般来说,脆性材料用第一、二强度理论,塑性材料用第三、四理论,但不管脆性或塑性,在三向拉应力下,应用第一强度理论,在三向压应力下,应用第三、四理论,第三强度理论概念直观,计算简捷,但偏于保守,第四强度理论本质是切应力理论,如铸钢的节点以前用 Van Mises 屈服准则,则为第四强度理论,现在用弹性理论,三个交叉的焊缝有的建议用第二强度理论。



9. 工程中为何应特别注意扭转问题?

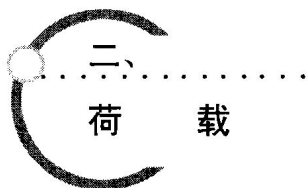
徐国彬教授介绍,牛顿力学理论有两个不足:一是立足刚体,未考虑结构必然产生的变形;二是只考虑了轴力和两个方向弯矩,而没有考虑扭转。由于基本理论缺陷,后来就发展了二阶分析来弥补变形,而符拉索夫则以薄壁构件理论,考虑了扭转与双力矩,但确定两个扭矩是自相平衡,也是不足之处,对于薄壁构件如非双对称的槽形截面剪心(或形心),力如作用于形心则不会引起扭转,剪心(或弯心)与形心不重合则会引起扭转。目前业内也逐步认识到不仅是薄壁构件要考虑扭转与双力矩,如文献[8]P163,即提出双轴对称的工字形截面,剪心与形心重合,在压力作用下不会弯扭屈曲,是弯曲屈曲控制,如不支在形心上,而支在受压翼缘,就出现扭转变形呈弯扭屈曲,承载力将低于临界欧拉力,所以有的工程是剪心(或形心)接近槽形截面,斜拉力作用在形心,而不是剪心,结果引起设计中来考虑的扭转,应力方向相反而引起结构倒塌。而相反,一个 T 形柱剪

心(或形心)接近上翼缘,因此要防止扭转失稳,支撑应支在接近上翼缘处。徐国彬教授与符拉索夫观点不同之处在于扭转不仅只限薄壁构件,而且也不仅限于非双对称截面,即使双对称轴截面也会产生偶矩,只是程度不同。这是当前力学理论尚未能解决的问题,以上只是说明工程中要特别注意扭转问题,尽量减少和减小偶矩。



10. 哪些应力可自我平衡?

残余应力可以自我平衡,因为残余应力是在没有外力情况下产生的,如果有外力的附加应力则不能自我平衡。



文献[1]P6~23已作了荷载的介绍,本书再作补充。

💡 1. 门刚规程 3.2.2 条,活载取 0.5kN/m^2 ,与网架取活载 0.5kN/m^2 为何不同?^[7]

门刚规程 3.2.2 条虽提出活载取 0.5kN/m^2 ,但当面积大于 60m^2 时,活载可折减为 0.3kN/m^2 ,而几乎所有的门架面积都超过 60m^2 ,如果柱距 6m,只有 10m 跨门架才会有 0.5kN/m^2 。所以实质上门架活载就是 0.3kN/m^2 。

门架活载比网架活载小,我们认为是不合理的。首先,网架是多次超静定结构,具有内力重分布能力,地震作用下是赘余结构多,有大量保险丝,是整体性破坏;而门架是柱承受地震作用,没有保险丝,是局部型破坏,应该对安全性差别很多。而目前对安全性仅是强调构件的承载力安全度,是不全面的,应强调结构整体的安全性,明显网架比门架安全,门架断面往往薄而小,而大网架往往比较粗大,缺陷对构件影响,也应该说网架比门架保险,所以现在门架活载 0.3kN/m^2 ,网架活载 0.5kN/m^2 是不合理的。

美国房屋钢结构制造商协会 MBMA,当门架活载为 20lb/ft^2 (0.96kN/m^2),面积大于 56m^2 时,可折减为 0.58kN/m^2 ,比 0.3kN/m^2 大一倍,英国规范取活载为 0.75kN/m^2 ,就是非洲、中东也都取活载为 0.5kN/m^2 。

💡 2. 我国风载比美国风载小多少?

门刚规程之所以乘 1.05(附录 A.0.1)是我国以 10min 平均风速与美国规范的风速相比使用,乘以 1.4 的平均换算系数(见表 2-1)。

不同时距与 10mm 风速推算系数 β

表 2-1

时距	10min	5min	2min	1min	0.5min	20s	10s	5s	3s	瞬时
β	1	1.17	1.16	1.20	1.26	1.28	1.35	1.39	1.45	1.5

如果以美国规定原来的风速 30~40s 为基础,则我国与美国风速推算系数取 1.2,风压换算系数取 $1.2^2=1.44$, $1.44 \div 1.3=1.1$,因此用 1.05[因为国际统一风压风速换算公式 w_0 (风压) $=v_0^2/1600$ (kN/m²),该公式是用渐近的风“平均”动能建立的关系式]。可是美国 1995 年 ASCE 已将风速定义为 3s 的最大阵风风速,因此考虑应力加大 30%,我国与美国风压比值为 $1.45^2 \div 1.33=1.58$ 倍,而不是 1.1 倍,1.05 倍并不能解决与美国规范之差。我们理解美国风载要求沿海岸线应加大 1.1 倍,而我国不分是否海岸线,门架笼统的加大 1.05 也是合适的。

💡 3. 风载要不要考虑疲劳?

我国规范没有提及疲劳,只有英国钢结构设计规范 B55950 提出在脉动风占主要情况下,才考虑疲劳。哈工大武岳教授介绍,风力一般均为平均风,脉动风占很小部分,只有柔性结构发生共振,这时才以脉动风为主,如广告牌等柔性结构。

💡 4. 有些工程活载规范中没有怎么办?

下列几种活载可以仅作参考,服装加工厂 2~2.5kN/m²,缝纫机重量不大,如有其他特殊设备要另外考虑。

商场	3.5kN/m ²
乒乓球、台球馆	4.0kN/m ²
体育训练馆	4.0kN/m ² (也可参考规范健身馆)

💡 5. 如何识别上人屋面与不上人屋面?

原则上人在上面活动为上人层面,只有拆修维护时才上人的屋面为不上人屋面,上人孔爬梯都不是上人屋面的标志,而装有栏杆才是上人屋面的标志。

💡 6. 关于风荷载,门刚规程分端梃和中间梃,荷载规范不分;门刚规程中间梃风的体型系数为 0.25、0.55,而荷载规范为 0.8、0.5,出入很大,门刚规程是梁风载大,而荷载规范是柱风载大。是否应验算两本规范取其不利?

关于门刚规程与荷载规范的风,有所不同,因此主张高宽比大于 $1/4$ 时两本规范并用,哪个不利用哪个,这类文章很多,也有不少权威的规定,若标准按此考虑,我们认为这是当前风荷载计算的误区,而且到处可见。

首先明确理解门刚规程附录 A 的说明,“分析确定表明:当柱脚铰接,且 $l/h < 2.5$,刚接 $e/h < 3.0$,采用 GB 50009 规定风荷载体型系数进行门架设计偏于安全”。这只是说明两本规范计算的比较结果,但并未说明要两本规范一起算,而只说门刚规程采用 MBMA 规定值。

门刚规程所采用的风荷载是按《美国低层房屋建筑系统手册》(美国房屋钢结构制造商协会 MBMA,1986 年版),从手册名称就能看出,不是只有门架用 MBMA,所有低层房屋均应用 MBMA,只是我国门刚规程采用了 MBMA。MBMA 手册介绍是 1975~1985 年由加拿大西安大略大学与美国 A1S1 靠界面风洞试验室进行了广泛研究,利用了先进和现代化的传感器、包络线方法、“气压平均”的试验性方法,研究的最终结果是低层房屋建筑的当前先进水平的风载数据,而且明确在 18m 下檐口高小于房屋宽度的低层房屋。而对于 18m 以上的建筑,美国另外有一本规范,在美国是非常明确的。而在我国,由于一个是门刚规程,一个是荷载规范,未明确以 18m 为界,所以产生了很多误区,既然我们已经承认低层房屋已经做了现代化的先进水平的试验,得到公认科学的数据,为什么还要怀疑其可靠性,而用风荷载规范来弥补呢?

💡 7. 横向振动效应什么时候考虑?

房屋建筑大部分只考虑风的顺风力,阵风、风振系数也都是考虑顺风力,横风向是由于风的涡流引起弯与扭的耦合振动,如涡激振动、弛振、颤振、抖振等,与雷诺数有关,只有在动力失稳时才考虑横向力,桥梁一般要考虑。

8. 离海边多远范围属于海岸线?

我国规范没有提及海岸线的范围, MBMA 则是指离海边 100 英里范围内为海岸线, 1 英里 = 1609m, 风压一般在海岸线提高 1.1, 我国无此规定, 仅供参考。

9. 内风压力如何确定?

国外将风分内部风力与外部风力, 计算时在必要的情况下相加, 我国一般只给总风力, 不分内、外, 但荷载规范笼统的在 7.3.3 条给内部风压为 ± 0.2 , 与国外规范比偏小。现将 MBMA 介绍如下:

影响内部风压分布的因素很多, 如开口的尺寸与位置、内墙布置和透气性、房屋外围结构刚度、封闭空间的总体积等。

内压系数 C_p 根据 $\frac{A_0}{kA_r}$ 决定。 A_0 为大开口面积, kA_r 为房屋建筑的外围结构背面渗漏。 C_p 为最大值接近于 $\frac{A_0}{kA_r} = 5$ 。

假定主体毛面积 A_g 等于外围结构的毛面积 A_r 的 $\frac{1}{5}$, $k=0.002$, 当 $\frac{A_0}{kA_r} = 5$ 临界条件时, $\frac{A_0}{A_g} = 0.05$ 。如图 2-1 所示。

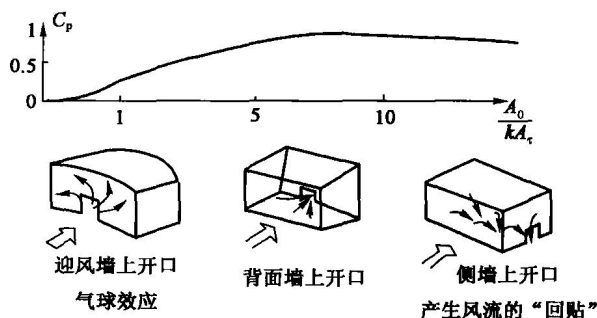


图 2-1

在坡度 $0^\circ \sim 10^\circ$ 的墙上有开口的部分封闭式房屋内部压力与外部压力分布参数见图 2-2。

关于内外风压的分布,编者提出以下意见:

(1)各国规范针对封闭式结构,认为其体型系数都属于外压,而内压各国规范差别很大,我国为 ± 0.2 ,计算主体结构时,一般不考虑内压,仅在验算室内建筑时才应用内压。

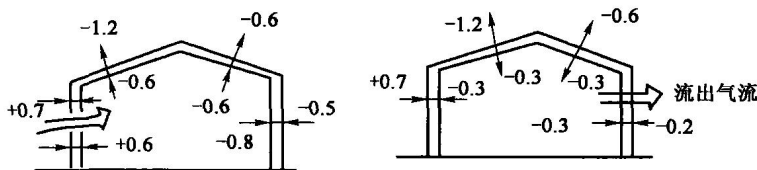


图 2-2 在坡度 $0^\circ \sim 10^\circ$ 墙上有开口的部分封闭式房屋内外压力分布参数

对于十分空旷的大跨结构,如飞机库,由于气流影响,偏于安全考虑,主体结构应考虑内外压。而对于封闭式结构的内压,不是都能在规范中找到,主要依靠风洞试验提供。但要注意,风洞试验求内压应有适当措施,应落实内压的可靠性。

(2)开敞式建筑,规范提到的都是考虑内外压,主体结构应根据此计算。

10. 开敞式、半开敞式如何定义?

门刚规程未对开敞式、半开敞式加以定义,文献[49]介绍,半封闭即部分封闭,指墙面开口主要集中在—面墙上,该墙面开口的面积超过其余墙面及屋面开口面积之和,并大于该墙面面积 5% 以上,如果大开口面积不均匀,内部风压力会加大为 $-0.3 \sim +0.6$ 。

开敞式为开口至少超过墙面面积的 80%。

11. 门窗在大风下破坏对结构有什么影响?

对于门窗在大风下破坏对结构的影响,过去都不够重视。有些结构在大风下屋盖被掀起,这主要是由于门窗较大,破坏后结构形成半开敞,使内部风压增加的缘故据文献[50]介绍,门窗破坏使内部风压增加 5 倍,而位移会增 5~10 倍,形成“拍振”现象,因此门窗在大风下的安全应引起注意。