

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51006 – 2014

石油化工建（构）筑物结构荷载规范

Load code for design of buildings and special
structures in petrochemical industry

CS 0710

2014 – 06 – 23 发布

2015 – 04 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工建(构)筑物结构荷载规范

Load code for design of buildings and special
structures in petrochemical industry

GB 51006-2014

主编部门:中国石油化工集团公司

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2015年4月1日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 459 号

关于发布国家标准 《石油化工建(构)筑物结构荷载规范》的公告

现批准《石油化工建(构)筑物结构荷载规范》为国家标准,编号为 GB 51006—2014,自 2015 年 4 月 1 日起实施。其中,第 3.0.2、3.0.3 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 6 月 23 日

中华人民共和国国家标准 石油化工建(构)筑物结构荷载规范

GB 51006-2014

☆

中国计划出版社出版

网址:www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 3.5 印张 84 千字

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

☆

统一书号:1580242·480

定价:21.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010) 63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2010〕43 号)的要求,由中国石化工程建设有限公司会同有关单位共同编制完成的。在本规范编制过程中,编制组在广泛征求意见的基础上,认真总结工程经验,吸收国内外科研成果,经反复讨论、修改,最后经审查定稿。

本规范共分 8 章和 3 个附录,主要技术内容有:总则、术语和符号、荷载分类和荷载代表值、永久荷载、可变荷载、建筑物荷载、构筑物荷载、荷载组合等。

本规范主要规定了以下内容:

1. 石油化工生产、贮藏和输送装置中,建(构)筑物承受的各种荷载的分类和取值标准;
2. 石油化工构筑物风荷载的计算方法;
3. 各类荷载的分项系数取值标准;
4. 各工况荷载效应组合方法。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国石油化工集团公司负责日常管理,中国石化工程建设有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,并将意见和建议寄送中国石化工程建设有限公司《石油化工建(构)筑物结构荷载规范》管理组(地址:北京朝阳区安慧北里安园 21 号;邮政编码:100101)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国石化工程建设有限公司

目次

1 总 则 (1)

2 术语和符号 (2)

2.1 术语 (2)

2.2 符号 (4)

3 荷载分类和荷载代表值 (6)

4 永久荷载 (8)

5 可变荷载 (9)

5.1 一般规定 (9)

5.2 积灰荷载 (10)

5.3 动力荷载 (10)

5.4 空冷器风机和电机的当量荷载 (11)

5.5 冷换设备抽芯荷载 (12)

5.6 温度作用 (12)

6 建筑物荷载 (15)

6.1 一般规定 (15)

6.2 楼面均布活荷载 (15)

6.3 屋面活荷载 (17)

7 构筑物荷载 (18)

7.1 一般规定 (18)

7.2 平台均布活荷载 (19)

7.3 催化剂振动荷载 (19)

7.4 风荷载 (20)

8 荷载组合 (25)

8.1 一般规定 (25)

参 编 单 位:中石化洛阳工程有限公司
大庆石化工程有限公司
连云港沃利帕森工程技术有限公司
中石化上海工程有限公司
中石化宁波工程有限公司
惠生工程(中国)有限公司

主要起草人:黄左坚 刘洪坤 王松生 王耀东 刘毅兵
任 意 杨 栋 何国富 赵 晖 赵福运
黄钟喜 嵇转平 樊奉璿

主要审查人:李立昌 张荣钢 邱正华 武笑平 尹天成
胡现兵 赵 勇 王 超 田平汉

8.2 荷载组合	(26)
附录 A 常用动力设备的动力系数	(32)
附录 B 构架风荷载的整体计算	(37)
附录 C 焦炭塔框架最不利效应组合	(40)
本规范用词说明	(42)
引用标准名录	(43)
附:条文说明	(45)

Contents

1 General provision	(1)
2 Terms and symbols	(2)
2.1 Terms	(2)
2.2 Symbols	(4)
3 Classification of loads and representative values of loads	(6)
4 Permanent loads	(8)
5 Live loads	(9)
5.1 General requirements	(9)
5.2 Ash loads	(10)
5.3 Dynamic loads	(10)
5.4 Equivalent loads for aircoolers and motors	(11)
5.5 Bundle pull loads	(12)
5.6 Thermal loads	(12)
6 Loads on buildings	(15)
6.1 General requirements	(15)
6.2 Uniformly distributed live loads on floors	(15)
6.3 Live loads on roofs	(17)
7 Loads on special structures	(18)
7.1 General requirements	(18)
7.2 Uniformly distributed live loads on floors	(19)
7.3 Catalyst vibration loads, loads of attached pipelines and equipments	(19)
7.4 Wind loads	(20)

8 Combinations of load	(25)
8.1 General requirements	(25)
8.2 Load combinations	(26)
Appendix A Dynamic equipment load factors	(32)
Appendix B Wind loads on structures	(37)
Appendix C Critical load combinations for coke tower support structure	(40)
Explanation of wording in this code	(42)
List of quoted standards	(43)
Addition;Explanation of provisions	(45)

1 总 则

1.0.1 为了适应石油化工建(构)筑物结构设计的需要,符合安全适用、经济合理的要求,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油化工建(构)筑物工程的结构设计。本规范不适用于办公、居住等公共及民用建筑物的结构设计。

1.0.3 本规范依据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的原则制定。

1.0.4 石油化工建(构)筑物结构设计中涉及的作用应包括直接作用(荷载)和间接作用(如地基变形、构件变形、设备和管道温度变化、地震或爆炸等引起的作用)。本规范仅对有关荷载和温度变化及爆炸引起的作用作出规定。

1.0.5 石油化工建(构)筑物结构设计中涉及的荷载或作用,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 永久荷载 permanent load

在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。石油化工建(构)筑物结构中,各工况都存在的荷载。

2.1.2 可变荷载 variable load

在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载。

2.1.3 偶然荷载 accidental load

在结构设计使用年限内不一定出现,而一旦出现其量值很大,且持续时间很短的荷载。

2.1.4 操作荷载 operating load/working load

在结构正常使用期间,设备及管道的介质重、设备温度作用、设备及管道振动荷载等设备正常操作工况下的可变荷载。

2.1.5 检修荷载 maintenance load

在结构正常使用期间,设备抽芯荷载、检修吊车荷载等设备停产检修工况下的可变荷载。

2.1.6 试压荷载 testing load

在结构正常使用期间,设备及管道充水试压时充水水重、液压试验时的液体重及气压试验时气压对结构的作用等设备充水试压工况下的可变荷载。

2.1.7 荷载代表值 representative value of a load

设计中用以验算极限状态所采用的荷载量值,例如标准值、组合值、频遇值和准永久值。

2.1.8 设计基准期 design reference period

为确定可变荷载代表值而选用的时间参数。

2.1.9 标准值 nominal value

荷载的基本代表值,为设计基准期内最大荷载统计分布的特征值(例如均值、众值、中值或某个分位值)。

2.1.10 组合值 combination value

对可变荷载,使组合后的荷载效应在设计基准期内的超越概率,能与该荷载单独出现时的相应概率趋于一致的荷载值;或使组合后的结构具有统一规定的可靠指标的荷载值。

2.1.11 频遇值 frequent value

对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值。

2.1.12 准永久值 quasi-permanent value

对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间约为设计基准期一半的荷载值。

2.1.13 荷载设计值 design value of load

荷载代表值与荷载分项系数的乘积。

2.1.14 荷载效应 load effect

由荷载引起结构或结构构件的反应,例如内力、变形和裂缝等。

2.1.15 荷载组合 load combination

按极限状态设计时,为保证结构的可靠性而对同时出现的各种荷载设计值的规定。

2.1.16 基本组合 fundamental combination

承载能力极限状态计算时,永久作用和可变作用的组合。

2.1.17 偶然组合 accidental combination

承载能力极限状态计算时,永久作用、可变作用和一个偶然作用的组合。

2.1.18 标准组合 characteristic/nominal combination

正常使用极限状态计算时,采用标准值或组合值为荷载代表值的组合。

2.1.19 频遇组合 frequent combinations

正常使用极限状态计算时,对可变荷载采用频遇值或准永久值为荷载代表值的组合。

2.1.20 准永久组合 quasi-permanent combinations

正常使用极限状态计算时,对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

2.1.21 动力荷载 dynamic load

动力荷载是一种随时间变化的外界作用;在其作用下,结构所产生的惯性力与静力作用相比不能略去不计。

2.1.22 动力系数 dynamic coefficient

承受动力荷载的结构或构件,当按静力设计时采用的等效系数,其值为结构或构件的最大动力效应与相应的静力效应的比值。

γ_{GE} ——重力荷载分项系数;

γ_L ——可变荷载考虑设计使用年限的调整系数;

γ_Q ——可变荷载的分项系数;

γ_w ——风荷载分项系数;

ψ_c ——可变荷载的组合值系数;

ψ_f ——可变荷载的频遇值系数;

ψ_q ——可变荷载的准永久值系数;

ψ_w ——风荷载的组合值系数。

2.2 符 号

C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值;

R_d ——结构构件抗力的设计值;

S_{A_d} ——偶然荷载效应的标准值;

S_d ——荷载组合的效应设计值;

S_{Ehk} ——水平地震作用效应的标准值;

S_{Evk} ——竖向地震作用效应的标准值;

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应;

S_{Gk} ——永久荷载效应的标准值;

S_{Qk} ——可变荷载效应的标准值;

γ_0 ——结构重要性系数;

γ_G ——永久荷载的分项系数;

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数;

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数;

3 荷载分类和荷载代表值

3.0.1 石油化工结构上的荷载可分为下列三类：

1 永久荷载,包括结构自重、设备及管道自重、设备及管道保温隔热重、土压力、预应力等；

2 可变荷载,包括各工况设备及管道作用在结构上的操作荷载、检修荷载、试压荷载,各工况平台(楼面)活荷载,屋面活荷载、积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载、温度作用、覆冰荷载、地面堆载等；

3 偶然荷载,包括爆炸力、各类事故荷载、撞击力、电机短路力矩等。

3.0.2 石油化工建(构)筑物结构设计时,对下列不同荷载应采用不同的代表值：

1 对永久荷载应采用标准值作为代表值；

2 对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；

3 对偶然荷载应按石油化工建(构)筑物结构使用的特点确定其代表值。

3.0.3 确定可变荷载代表值时应采用 50 年设计基准期。

3.0.4 荷载的标准值,应按本规范各章的规定采用。

3.0.5 承载能力极限状态设计时或正常使用极限状态按标准组合设计时,对可变荷载应按规定的荷载组合采用荷载的标准值或组合值作为代表值。可变荷载组合值,应为可变荷载标准值乘以荷载组合值系数。

3.0.6 正常使用极限状态按频遇组合设计时,应采用可变荷载的频遇值或准永久值作为其荷载代表值;按准永久组合设计时,应采

用可变荷载的准永久值作为其荷载代表值。可变荷载的频遇值,应为可变荷载标准值乘以频遇值系数;可变荷载的准永久值,应为可变荷载标准值乘以准永久值系数。

4 永久荷载

4.0.1 永久荷载应包括结构构件、围护构件、面层及装饰(包括防腐、防火面层)的自重,设备及管道的自重,设备附件重(包括附设在设备上的附属管道、附属设备重),设备及管道保温隔热和衬里重,土压力,水位不变的水压力,预应力,以及其他需要按永久荷载考虑的荷载。

4.0.2 结构自重的标准值可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定。

4.0.3 一般材料和构件的单位自重可取其平均值,对于自重变异较大的材料和构件(如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等),自重的标准值应根据对结构的不利或有利状态,分别取上限值或下限值。常用材料和构件单位体积的自重可按国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 采用。

4.0.4 固定隔墙、固定操作平台的自重宜按永久荷载考虑。

5 可变荷载

5.1 一般规定

5.1.1 可变荷载应根据工况分别取值。积灰荷载、吊车荷载、雪荷载、动力荷载、抽芯荷载、温度作用等可变荷载的标准值应按本章的规定采用。其他荷载的标准值应按本规范第 6 章和第 7 章的规定采用。

5.1.2 各工况的平台或楼面活荷载、风荷载应根据实际情况分别采用不同的数值。

5.1.3 正常操作工况荷载计算时,应计入操作荷载。操作荷载应包括设备及管道操作(或储存)介质重、介质温度作用和设备振动荷载(包括因催化剂波动产生的振动力、空冷器风机和电机的当量荷载)等。

5.1.4 停产检修工况荷载计算时,应计入检修荷载。检修荷载应包括冷换设备抽芯荷载、检修吊车荷载等。

5.1.5 充水试压工况荷载计算时,应计入试压荷载。试压荷载应包括设备、管道充水试压时充水水重或液压试验时的液体重及气压试压时气压对结构的作用。

5.1.6 屋面承受的雪荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算。构筑物平台可不考虑雪荷载的影响。

5.1.7 位置可灵活布置的隔墙、操作平台的自重应按可变荷载考虑。非固定隔墙可取每延长米墙重的 $1/3$ 作为楼面活荷载的附加值计入,附加值不应小于 1.0kN/m^2 。

5.1.8 吊车荷载应根据设备参数数据,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

5.1.9 覆冰区火炬及排气筒钢塔架等高耸结构的覆冰荷载应按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关规定计算。

5.1.10 钢梯和防护栏杆的设计荷载应按现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053 的有关规定执行。结构整体计算时可不考虑该荷载。

5.1.11 地面生产堆载及地面运输荷载应按实际情况确定。

5.2 积灰荷载

5.2.1 当周围环境和邻近建筑(包括邻近工厂)有积灰影响时,建(构)筑物应计入积灰荷载。

5.2.2 积灰荷载应按实际情况计算;当已安装除尘设施并有清灰制度保证时,建(构)筑物积灰荷载标准值可取 0.5kN/m^2 。

5.3 动力荷载

5.3.1 建(构)筑物上的动力设备,应根据其动力荷载参数,按照专门规定计算确定结构的动力荷载。

5.3.2 常用动力设备的动力荷载可将设备的重量乘以动力系数 μ 值后等效为静力荷载,动力系数 μ 值可按本规范附录 A 的规定取用。

5.3.3 空冷器风机和电机的竖向当量荷载可按本规范 5.4 节的要求确定,催化剂波动产生的振动荷载可按本规范 7.3 节的要求确定。

5.3.4 搬运、装卸重物以及车辆起动和刹车时,仅楼板及梁可考虑其动力作用,动力系数可取 $1.1\sim 1.3$ 。

5.3.5 当计算支承振动管道的管架构件(基础除外)及其连接的强度时,其动力荷载应按下列规定确定:

1 所有振动管道的竖向荷载应乘以动力系数,并应以此计算管道水平推力;

2 对刚性活动管架和固定管架,动力系数宜取 1.3;

3 对于固定管架,管道补偿器反弹力的动力系数宜取 1.3;

4 当配管专业按事故状态提供荷载值时,荷载不应乘以动力系数;

5 对于不设限制振动设施的振动管道,应根据实际情况确定动力荷载。

5.3.6 跨越管架和相邻第一个低管架、相邻高低跨管架的竖向荷载和水平推力,均应乘以 1.5 的增大系数。

5.4 空冷器风机和电机的当量荷载

5.4.1 每台风机和电机的竖向当量荷载标准值,可按下式计算:

$$F_{VK} = K_a G_K \quad (5.4.1)$$

式中: F_{VK} ——每台风机和电机的竖向当量荷载标准值(kN);

K_a ——竖向动力系数,应取 1.5;

G_K ——风机和电机重力荷载标准值(kN)。

5.4.2 风机和电机水平向当量荷载标准值,可按下列方法计算:

1 当空冷器为一台时,其水平向当量荷载标准值可按下式计算:

$$F_{dK} = K_{hd} G_K \quad (5.4.2-1)$$

式中: F_{dK} ——空冷器风机和电机的水平向当量荷载标准值(kN);

K_{hd} ——水平向动力系数,应取 0.3。

2 当空冷器为二台时,其水平向当量荷载标准值可按下式计算:

$$F_{dK} = F_{dK1} + F_{dK2} \quad (5.4.2-2)$$

式中: F_{dK1} 、 F_{dK2} ——各台空冷器风机和电机的水平向当量荷载标准值(kN)。

3 当空冷器多于两台时,其水平向当量荷载标准值除可按下式计算外,且不应小于按式 5.4.2-2 计算的最大两台水平向当量荷载标准值:

$$F_{dK} = \sqrt{F_{dK1}^2 + F_{dK2}^2 + \cdots + F_{dKn}^2} \quad (5.4.2-3)$$

式中: F_{dKn} ——第 n 台空冷器风机和电机的水平向当量荷载标准值(kN)。

5.5 冷换设备抽芯荷载

5.5.1 检修工况下,作用于冷换设备中心标高处的抽芯荷载标准值,宜按式 5.5.1 计算。当有工程经验或有专用抽芯设备时,抽芯荷载可根据实际情况确定;当采用固定管板式的换热器时,可不考虑抽芯荷载。

$$F_{bk} = G_{bk} \quad (5.5.1)$$

式中: F_{bk} ——抽芯荷载标准值;

G_{bk} ——冷换设备管束自重的标准值。

5.5.2 重叠式布置的冷换设备,可仅考虑对结构最不利的一台设备的抽芯荷载;同一层平台有多台冷换设备时,可只考虑最不利的一台设备的抽芯荷载。

5.6 温度作用

5.6.1 建(构)筑物除应考虑环境温度对结构的影响外,尚应考虑介质温度对结构的影响。

5.6.2 由环境温度、太阳辐射等产生的温度作用,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《烟囱设计规范》GB 50051 的有关规定计算。

5.6.3 正常操作工况荷载计算时,应考虑设备、管道等在生产过程中膨胀收缩以及结构部件因设备内介质温度变化对结构所产生的作用,应包括设备及管道膨胀力(或摩擦力)、管道补偿器弹力、斜管推力等作用在设备及管道支座(管架、弹簧吊、挡墩及裙座)上的水平和竖向荷载(管架称为水平推力)。

5.6.4 正常操作工况下,设备内介质温度变化在设备支承面上引起的摩擦力标准值,应按式 5.6.4 计算;设备内的介质温度小于 80℃ 时,可不考虑介质温度变化产生的摩擦力的影响。

$$F_{tk} = \mu G_{Bk} \quad (5.6.4)$$

式中: F_{tk} ——设备支座顶面摩擦力标准值(kN);

μ ——设备支承底板与支承面之间的摩擦系数;滑动摩擦系数:支承面为混凝土时应取 0.45,支承面为钢板时应取 0.3,支承面为不锈钢钢板时应取 0.15,支承面为聚四氟乙烯板时应取 0.1;滚动摩擦系数应取 0.1;

G_{Bk} ——在正常操作状态下,作用在设备支座上的竖向荷载标准值(kN)。

5.6.5 固定管架的水平推力应包括管道补偿器弹力和活动管架的反作用力。

5.6.6 活动管架构件支承的管道符合下列条件之一者,水平推力可忽略不计:

- 1 输送介质的温度不超过 40℃;
- 2 管道至少 10 根,且最高温度(包括扫线温度)低于 130℃;
- 3 主要热管重量与全部管道重量之比小于 0.15。

注:主要热管是指计算某构件时,对该构件产生最不利水平推力的一根热管。

5.6.7 正常操作工况下,活动管架的水平推力宜取管道膨胀时产生的摩擦力,摩擦力产生的管架水平推力标准值应按下式计算:

$$F_{gk} = k_j \mu G_k \quad (5.6.7)$$

式中: F_{gk} ——管架水平推力标准值;

k_j ——牵制系数,应按本规范第 5.6.9 条和第 5.6.10 条的规定计算;

G_k ——在正常操作状态下,构件承受的管道竖向荷载标准值。

5.6.8 当柔性管架的等效水平推力 F_{uk} 小于 F_{gk} 时,管架水平推力可取等效水平推力,管架的等效水平推力标准值应按下式计算:

$$F_{uk} = \frac{3B_s k_j \Delta}{H^3} \quad (5.6.8)$$

式中: F_{uk} ——管架等效水平推力标准值;

B_s ——管架纵向抗侧移刚度;

Δ ——主要热管膨胀量;

H ——管架高度。

5.6.9 计算牵制系数 k_j 时,主要热管重量与全部管道重量之比 α 值应按下列原则计算:

1 计算梁时,应考虑该层梁上的全部管道重量,并应从中选用一根主要热管道计算 α 值;

2 计算柱和基础时,应考虑整个管架上的全部管道重量,并应从各层主要热管道中选用一根起控制作用的主要热管道计算 α 值,管架水平推力应作用在主要热管道所在的层。

注:1 计算柱和基础时,主要热管所在层与相邻层间距较大时,相邻层管道对主要热管所在层管道的牵制作用减小,此时牵制系数应加大;

2 计算柱和基础时,当顶层有较大管道且与下层管道间距较大时,可分成上下两部分,分别计算水平推力。

5.6.10 牵制系数 k_j 应按下列原则取值:

1 当管道根数 n 小于 3 时,牵制系数 k_j 应取 1.0;

2 当管道根数 n 等于 3 时,牵制系数 k_j 取值应符合下列规定:

1)当 α 小于 0.5 时,牵制系数 k_j 应取 0.5;

2)当 α 大于 0.7 时,牵制系数 k_j 应取 1.0;

3)当 α 大于或等于 0.5 且小于等于 0.7 时应用插值。

3 当管道根数 n 不少于 4 时,牵制系数 k_j 取值应符合下列规定:

1)当 α 不大于 0.6 时,牵制系数 k_j 应按下列式计算:

$$k_j = \frac{13\alpha - 1}{21\alpha + 1} \quad (5.6.10)$$

2)当 α 不小于 0.8 时,牵制系数 k_j 应取 1.0;

3)当 α 大于 0.6 且小于 0.8 时应用插值;

4)牵制系数 k_j 不应小于 0.2。

6 建筑物荷载

6.1 一般规定

6.1.1 作用在建筑物上的永久荷载应包括建筑物结构自重及永久性配件重量,支承在结构上的设备和管道自重,支承在结构、设备或管道上的梯子、平台及悬吊物的重量,电缆及桥架的重量,结构、设备及管道的防腐、保温、防火材料重量。

6.1.2 作用在建筑物上的可变荷载应包括楼面活荷载、屋面活荷载、积灰荷载、风荷载、雪荷载、动力荷载、吊车荷载、支承在结构上的设备及管道在正常生产情况下的物料重以及充水试验时的介质荷载等;结构上的温度作用可按可变荷载考虑。作用在建筑物上的偶然荷载应包括爆炸荷载等。

6.1.3 计算石油化工建筑物结构承受的风荷载时,基本风压值、体型系数、风压高度变化系数、高度 z 处的风振系数应根据结构类型分别按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用。

6.1.4 需要抗爆设计的建筑物,其爆炸的冲击波参数宜由爆炸安全评估确定。

6.1.5 偶然荷载的标准值,可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

6.2 楼面均布活荷载

6.2.1 正常操作、充水试压工况下,建筑物的楼面(包括建筑物内的平台)均布活荷载标准值取值应符合下列规定:

1 仓库等存储类建筑物,应按实际情况确定,但不宜小于 5.0 kN/m^2 ;

- 2 分析化验室,应按实际情况确定,但不宜小于 3.0kN/m^2 ;
- 3 生产厂房的楼梯及休息平台,不宜小于 3.5kN/m^2 ;
- 4 其他建筑物的楼面活荷载应按实际情况确定,但不宜小于 2.0kN/m^2 。

6.2.2 停产检修工况下,建筑物内设备区域的楼面或平台均布活荷载标准值应按实际情况确定,其取值应符合下列规定:

- 1 主控室,可采用 4.0kN/m^2 ,其中,主机柜室可采用 5.0kN/m^2 ;
- 2 低压配电间,可采用 6.0kN/m^2 ;高压配电间,可采用 8.0kN/m^2 ;
- 3 压缩机、主风机、过滤机厂房及动力站的检修区,宜采用 10.0kN/m^2 ;其他区域的宜取 4.0kN/m^2 ;
- 4 皮带栈桥,宜采用 2.5kN/m^2 ;
- 5 有小型设备(设备重小于 200kN 时)的厂房,宜取 4.0kN/m^2 ;
- 6 有反应器、拉幅机、蒸发器、纺丝机、料仓的厂房,宜取 6.0kN/m^2 ;
- 7 楼面上设有离心机的厂房,宜取 5.0kN/m^2 ;
- 8 楼梯及休息平台,宜取 3.5kN/m^2 ;
- 9 生产厂房有安装、检修要求的楼面操作区、操作平台和设备附属平台以及热交换器或类似设备的周围可能存放部件或重工具的区域,其值宜采用 4.0kN/m^2 ;非检修区域宜取 2.0kN/m^2 。

6.2.3 多层框架厂房各工况平台均布活荷载的折减,应符合下列规定:

- 1 设计板和次梁时,荷载不得折减;
- 2 设计平台设备梁、框架梁、柱、框架基础时,其负荷面积大于 50m^2 时,荷载折减系数应按下列规定采用:
 - 1)正常操作、充水试压工况下,建筑物楼面荷载折减系数,应按实际情况取值,但不应小于 0.7 ;
 - 2)停产检修工况下,楼面荷载标准值小于或等于 10kN/m^2

- 时,折减系数应为 0.7 ;楼面荷载标准值大于 10kN/m^2 时,折减系数应为 0.5 ,但不应小于 7kN/m^2 ;
- 3)停产检修工况下,多层仓库等存储类建筑物楼面折减系数,应按实际情况取值,但不应小于 0.85 。

6.3 屋面活荷载

6.3.1 屋面活荷载的取值,除应符合本节的规定外,尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

6.3.2 屋面布置有石油化工生产用设备或管道时,屋面均布活荷载应按楼面取值。

6.3.3 钢筋混凝土自防水屋面,宜预留荷载 0.3kN/m^2 。

6.3.4 设计屋架或屋面梁时,室内悬吊荷载应按实际情况采用。

7 构筑物荷载

7.1 一般规定

7.1.1 作用在构筑物上的永久荷载应包括结构自重,支承在结构上的设备和管道自重,支承在结构、设备或管道上的梯子、平台及悬吊物的重量,电缆及桥架的重量,结构、设备及管道的防腐、保温、防火材料重量。

7.1.2 作用在构筑物上的可变荷载应包括平台活荷载,积灰荷载,风荷载,动力荷载,吊车荷载,支承在结构上的设备和管道在正常生产情况下的介质(物料)重、设备及管道振动荷载(包括因催化剂波动产生的振动力、空冷器风机和电机的当量荷载等)和温度作用,停产检修工况的冷换设备抽芯荷载,充水试验时的介质荷载,气压试验时的气压荷载等。

7.1.3 地沟、井、水池结构的荷载应符合国家现行标准《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 和《石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范》SH/T 3132 的有关规定。埋地的地沟、井、池类结构的顶板,应根据施工和各工况的实际情况计算施工机械设备或运输车辆荷载。

7.1.4 烟囱的荷载应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的有关规定。

7.1.5 压缩机基础的荷载应符合现行行业标准《石油化工压缩机基础设计规范》SH/T 3091 的有关规定。

7.1.6 偶然荷载的标准值,可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用。

7.1.7 焦炭塔出焦焦块对溜槽的竖向撞击荷载标准值可取焦块重力荷载的 3 倍。

7.2 平台均布活荷载

7.2.1 构筑物各工况平台均布活荷载的标准值的最小值,应按表 7.2.1 的规定采用。停产检修工况下,非检修区的平台活荷载值宜取 2.0kN/m^2 。

表 7.2.1 构筑物各工况平台均布活荷载的标准值

项次	类 别	正常操作、充水 试压工况(kN/m^2)	停产检修工况 (kN/m^2)
1	焦炭塔支座以上钢结构框架平台及类似平台	1.0	3.0
2	离心式压缩机构架式基础平台	2.0	10.0
3	水池顶盖	2.0	3.5
4	一般石油化工构筑物平台	2.0	4.0
5	楼梯	3.5	3.5

7.2.2 设计平台设备梁、框架梁、柱及基础时,应对本规范表 7.2.1 中的平台均布活荷载标准值进行折减,折减系数宜取 0.5。

7.2.3 对高耸结构,如楼梯间、火炬塔架等高宽比较大的构架,设计基础、地脚螺栓时可不考虑平台活荷载。

7.2.4 检修或安装时,当局部需搁置较重的检修设备及其他工具时,平台板、平台次梁、平台主梁宜按实际受力情况设计。

7.3 催化剂振动荷载

7.3.1 反应器因催化剂波动产生的振动荷载,应根据实际情况考虑。催化装置、MTO 装置的反应器、再生器内因催化剂波动产生的振动力,可仅在正常操作工况下考虑其对框架任意水平方向的作用,并可按静力荷载作用于催化剂重心处;振动力标准值可按下

式计算:

$$F_{nk} = 0.1m_n g \quad (7.3.1)$$

式中: F_{nk} ——反应器或再生器内因催化剂波动产生的水平振动力标准值(N);

m_n ——反应器或再生器内的催化剂质量(kg);

g ——重力加速度,应取 9.81m/s^2 。

7.3.2 计算再生斜管和待生斜管的推力时,应按正常操作和设备安装两种不同的荷载工况分别取值。塔型设备支架结构计算时,应考虑管道及附属设备的偏心作用。

7.4 风 荷 载

7.4.1 构筑物基本风压值应符合下列规定:

1 正常操作、停产检修工况下,基本风压值不得小于 0.35kN/m^2 ;

2 充水试压工况,基本风压值宜取 0.15kN/m^2 ;

3 考虑室外吊车荷载时,基本风压值宜取 0.30kN/m^2 。

7.4.2 火炬及排气筒塔架、烟囱、高度大于 30m 且高宽比大于 1.5 的构架、结构基本自振周期大于 0.25s 的落地立式设备应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,考虑顺风向风振的影响。烟囱、落地高耸立式设备宜符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关规定,考虑横风向风振的影响。

注:计算结构高度时应包括设备高度。

7.4.3 结构构件及栏杆、梯子的风荷载计算应符合下列规定:

1 圆管构件时体型系数宜取 0.7 ,其他类型构件的体型系数可取 1.3 ;

2 钢栏杆体型系数宜取 1.3 ,钢栏杆的挡风面积宜取 $0.26\text{m}^2/\text{m}$,当栏杆立柱、扶手均为圆钢管时体型系数可取 1.0 ;

3 钢直梯体型系数宜取 1.3 ,无保护圈钢直梯的迎风面总挡风面积宜取 $0.13\text{m}^2/\text{m}$,有保护圈钢直梯的迎风面总挡风面积宜取 $0.2\text{m}^2/\text{m}$;

4 钢斜梯体型系数宜取 1.3 ,钢斜梯的侧向总挡风面积按水平投影长度宜取 $1.0\text{m}^2/\text{m}$,钢斜梯的正向挡风面积宜取斜梯轮廓宽度乘以斜梯高度的一半。

7.4.4 管架风荷载应包括管架构件、管道、电缆槽盒或桥架、栏杆梯子承受的风荷载。管架构件、管道、电缆槽盒或桥架承受的风荷载计算应符合下列规定:

1 管架可不考虑风振的影响;

2 管架构件、栏杆梯子承受的风荷载可按构架风荷载的规定计算,单、双跨管架可不考虑前后樘的遮挡;

3 管道风荷载体型系数宜取 0.7 ;电缆槽盒或桥架风荷载体型系数宜取 1.3 ;

4 管道径向挡风面积宜取管架梁上考虑保温后的最大管径加上 10% 的梁长之和乘以管架间距;

5 单层平铺电缆槽盒横向挡风面积宜取槽盒高度加上 10% 的梁长之和乘以管架间距;

6 电缆桥架横向挡风面积宜取桥架总高度乘以管架间距;

7 可不考虑管道轴向风荷载、电缆槽盒或桥架纵向风荷载;

8 竖向弯管的挡风面积宜取 90% 的梁跨度乘以竖向弯管高度,可不考虑各组竖向弯管间的遮挡,竖向弯管风荷载体型系数,可取 1.3 ;

9 无竖向弯管的管架区段可不考虑纵向风荷载的影响。

7.4.5 计算设备风荷载时应考虑相邻设备的放大或遮挡影响。并列布置立式圆形设备的风荷载整体体型系数的取值应符合下列要求:

1 当风作用方向垂直于设备排列方向时,外侧设备风荷载体型系数宜按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 上下双

管(双塔)或密排多管(多塔)取值;中间设备风荷载体型系数宜取边设备体型系数的 1.2 倍。

2 当风作用方向平行于设备排列方向时,设备风荷载体型系数宜按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 前后双管(双塔)或密排多管(多塔)取值。

7.4.6 风沿卧式圆形设备纵向作用时,设备风荷载体型系数宜取 1.3。风沿卧式圆形设备横向作用时,设备风荷载体型系数,单台时宜取 0.7,重叠布置时宜取 1.2。

7.4.7 小型立式圆形设备的风荷载体型系数宜取 0.7。高度与外径比值不大于 7 的两器类设备,其风荷载体型系数宜取 0.5。塔型设备、高度与外径比值大于 7 的两器类设备的风荷载体型系数宜取 0.6。

注:两器类设备指催化装置的反应器、再生器,重整装置的反应器等类似设备。

7.4.8 空冷器的风荷载体型系数宜取 1.3。多台并列时,风沿纵向作用时的挡风面积宜取最宽一台空冷器的挡风面积。

7.4.9 计算设备挡风面积时,挡风面积应包括设备保温层厚。管径大于 200mm 的设备附属管道应单独计算其风荷载;直梯、管径不大于 200mm 的设备附属管道及阀门等设备配件的风荷载,立式、卧式设备均可按其直径增加 0.45m 计算。

7.4.10 两器类设备构架的结构构件风荷载放大系数宜取 1.2。两器类设备的风荷载放大系数,当设备内径大于或等于 8.5m 时宜取 1.2,内径小于或等于 5.0m 时宜取 1.3,中间直径取 1.25。

注:1 管径不大于 200mm 的设备附属管道及阀门等设备配件的风荷载影响已包括在内。

2 当设备为变直径时,内径可取按各段高度和内径计算的加权平均值。

7.4.11 当塔型设备有平台时,塔型设备的风荷载应乘以放大系数。塔型设备风荷载放大系数可按表 7.4.11 采用。表 7.4.11 中的数据适用于平均垂直间距 h_s 。不小于 3.5m 的平台,当平台平均垂直间距 h_s 大于 3.5m 时,表中数值应乘以折减系数 $3.5/h_s$ 。

表 7.4.11 塔型设备风荷载放大系数

塔型设备的内径(m)	独立平台(有直梯)	联合平台(无斜梯)	联合平台(有斜梯)
0.6	1.75	1.88	2.07
0.8	1.56	1.69	1.88
1.0	1.45	1.59	1.74
1.2	1.38	1.51	1.66
1.4	1.33	1.45	1.61
1.6	1.29	1.41	1.55
1.8	1.26	1.36	1.51
2.0	1.24	1.34	1.47
2.5	1.22	1.30	1.41
3.0	1.20	1.26	1.36
4.0	1.18	1.22	1.30
5.0	1.17	1.20	1.26
≥6.0	1.15	1.19	1.22

注:1 管径不大于 200mm 的设备附属管道及阀门等设备配件的风荷载影响已包括在内;

2 当塔型设备变直径时,可按各段高度和内径的加权平均值。

7.4.12 球罐风荷载体型系数宜取 0.45。球罐及钢支架结构的风振系数 β_z 宜根据球罐的基本自振周期 T 按表 7.4.12 确定。

表 7.4.12 球罐及钢支架结构的风振系数 β_z

$T(s)$	<0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	≥5.0
β_z	1.350	1.490	1.595	1.700	1.805	1.875	1.945	2.050	2.120

注:中间值可用内插法计算。

7.4.13 构架风荷载应包括结构构件和附件风荷载、设备和管道风荷载。结构构件和附件风荷载计算应符合下列规定:

1 单榀构架挡风面积应包括该榀构架所有结构构件及附件的挡风面积,结构构件应包括组成本榀构架的柱、梁、支撑,还应包括平行于风向的各构架在该榀构架到下榀构架之间的支撑,附件

应包括该樘构架范围内的栏杆、梯子,不应包括设备、管道、槽盒挡风面积。两樘构架之间,平行于风向的人字形、八字形、X形、V形等支撑,应仅计入一根支撑的挡风面积;计算构件挡风面积时应考虑构件的防火层;

2 当平台采用封闭楼板时,该层构架的结构风荷载宜乘以折减系数,折减系数宜按下式计算:

$$\eta_i = 1 - 0.2(A_i/A_s) \quad (7.4.13)$$

式中: A_i ——迎风面第一樘支承封闭楼板的框架梁挡风面积;

A_s ——此梁所在樘该楼层的挡风面积。

3 当构架按整体计算风荷载时,结构构件和附件风荷载可按本规范附录B的规定计算。

7.4.14 构架上设备和管道风荷载应符合下列规定:

1 设备风荷载宜分层逐个计算;

2 各层构架管道挡风面积宜取为风沿设备横向作用时该层设备挡风面积的10%;

3 当卧式设备均匀布置时,该层设备横向总风荷载不宜大于最大一组设备风荷载的3倍;

4 当构架按整体计算风荷载时,设备和管道风荷载可按本规范附录B的规定折减;高出顶层平台的设备和管道风荷载可不折减;风沿冷换设备纵向作用时,纵向无支撑冷换框架上的设备和管道风荷载可不折减。

7.4.15 当构架平面长宽比小于2时,应计算对角风对结构的影响。

7.4.16 构筑物结构的风荷载计算,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《高耸结构设计规范》GB 50135的有关规定。

8 荷载组合

8.1 一般规定

8.1.1 石油化工建(构)筑物结构设计时,应根据正常操作、停产检修和充水试压三种工况中可能存在的荷载,按承载能力极限状态进行荷载组合,并应取各自的最不利组合进行设计。正常操作工况、有吊车正常工作的工况、有较大荷载作用的构件,尚应根据结构或构件上可能同时出现的荷载,应按正常使用极限状态进行荷载组合,并应取最不利组合进行设计。正常操作工况尚应考虑地震作用效应或可能出现的事故状态与其他荷载效应的组合。

8.1.2 对于承载能力极限状态,应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值,并应满足下式要求:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (8.1.2-1)$$

结构构件的截面抗震验算,应满足下式要求:

$$S_d \leq \frac{R_d}{\gamma_{RE}} \quad (8.1.2-2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153等有关规范确定;

S_d ——荷载组合的效应设计值;

R_d ——结构构件抗力的设计值,应按各有关石油化工建、构筑物结构设计规范的规定确定;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011等有关规范确定。

8.1.3 对于正常使用极限状态,应根据不同的设计要求,采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合,并应满足下式要求:

$$S_d \leq C \quad (8.1.3)$$

式中: C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值,例如变形、裂缝、振幅、加速度、应力等的限值,应按各有关结构设计规范的规定采用。

8.1.4 当结构上有多台需充水试验的设备时,应按实际情况考虑充水荷载,建筑物宜按单台或多台设备充水试验分别对结构进行验算。

8.1.5 构筑物 and 变配电室等楼层上布置多台设备的石油化工建筑物,宜考虑停产检修工况荷载对整体结构的影响。其他结构可仅考虑检修荷载对部分楼板、次梁和相关主梁的影响。

8.1.6 工程分期建设时,宜考虑各期工程的设备、管道情况,分别进行各工况荷载组合,应取其最不利者进行设计。

8.2 荷载组合

8.2.1 荷载基本组合的效应设计值 S_d ,应从可变荷载效应控制的效应设计值和永久荷载控制的效应设计值中取最不利的效应设计值。效应设计值应按下列规定计算:

1 由可变荷载效应控制的效应设计值,应按下列规定计算:

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_j,k} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_1,k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_i,k} \quad (8.2.1-1)$$

式中: γ_{G_j} ——第 j 个永久荷载的分项系数,应按第 8.2.2 条采用;

$S_{G_j,k}$ ——按第 j 个永久荷载标准值 $G_{j,k}$ 计算的荷载效应值;

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数,其中 γ_{Q_1} 为主导可变荷载 Q_1 的分项系数,应按本规范各章的规定采用;

γ_{L_i} ——第 i 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数,其中 γ_{L_1} 为主导可变荷载 Q_1 考虑设计使用年限的调整系数;

$S_{Q_i,k}$ ——按第 i 个可变荷载标准值 $Q_{i,k}$ 计算的荷载效应值;其中 $S_{Q_1,k}$ 为诸可变荷载效应中起控制作用者;

ψ_{c_i} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的组合值系数,应分别按本规范

各章的规定采用;

m ——参与组合的永久荷载数;

n ——参与组合的可变荷载数。

2 由永久荷载控制的效应设计值,应按下列规定计算:

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_j,k} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_i,k} \quad (8.2.1-2)$$

注:1 基本组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

2 当对 $S_{Q_1,k}$ 无法明显判断时,轮次以各可变荷载效应为 $S_{Q_i,k}$,选其中最不利的荷载效应组合。

8.2.2 基本组合的荷载分项系数,应按下列规定采用:

1 永久荷载的分项系数应符合下列规定:

1) 当永久荷载效应对结构不利时,对由可变荷载效应控制的组合,应取 1.2,对由永久荷载效应控制的组合,应取 1.35;

2) 当永久荷载效应对结构有利时,不应大于 1.0。

2 可变荷载的分项系数应符合下列规定:

1) 对操作荷载应取 1.3;当操作介质重的荷载效应对结构有利时,操作介质荷载的分项系数不应大于 1.0;

2) 对检修荷载应取 1.3;

3) 对试压荷载应取 1.1;

4) 对标准值大于 4kN/m^2 的平台及楼(屋)面活荷载应取 1.30;

5) 对风荷载、雪荷载、积灰荷载、标准值不大于 4kN/m^2 的平台及楼(屋)面活荷载等其他可变荷载应取 1.40;

6) 当正常操作工况下,可变荷载采用极限值时,分项系数应取 1.0。

3 对结构的倾覆、滑移或漂浮验算,荷载的分项系数应按有关的结构设计规范的规定采用。

8.2.3 可变荷载考虑设计使用年限的调整系数 γ_L 应按下列规定采用:

1 对风荷载和雪荷载,应取重现期为设计使用年限,并按按

现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定基本风压和基本雪压；

2 操作荷载、检修荷载、试压荷载等考虑设计使用年限的调整系数 γ_L 宜取 1.0；

3 其他荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

8.2.4 石油化工建(构)筑物考虑正常操作工况下地震作用和其他荷载的组合时,其基本组合的效应设计值 S_d 应按式 8.2.4 进行计算。地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的有关规定确定。

$$S_d = \gamma_{GE} S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} + \psi_t \gamma_t S_{tk} + \psi_m \gamma_m S_{mk} \quad (8.2.4)$$

式中: γ_{GE} ——重力荷载分项系数,一般情况应取 1.2,当重力荷载效应对结构承载力有利时,不应大于 1.0；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应；

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数,应根据组合情况按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的有关规定取值；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应；

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数,应根据组合情况按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的有关规定取值；

ψ_w ——地震作用时的风荷载组合值系数,高耸结构、风荷载起控制作用的建(构)筑物应取 0.2,一般结构宜取 0；

γ_w ——风荷载分项系数；

S_{wk} ——风荷载标准值的效应；

ψ_t ——地震作用时的介质温度作用组合值系数,重要的构筑物应取 0.6,一般结构宜取 0；

γ_t ——介质温度作用分项系数,应取 1.4；

S_{tk} ——介质温度作用标准值的效应；

ψ_m ——地震作用时,动设备的动力作用组合值系数,对大型离心式压缩机、大型电机、大型鼓风机应取 0.7,一般动设备宜取 0；

γ_m ——设备动力作用分项系数,应取 1.4；

S_{mk} ——设备动力作用标准值的效应。

8.2.5 计算正常操作工况地震作用时,结构的重力荷载代表值应取永久荷载和可变荷载中的重力荷载组合值之和;各可变荷载组合值系数,应按表 8.2.5 采用。

表 8.2.5 重力荷载组合值系数

可变荷载种类	组合值系数
生产类建(构)筑物楼面、平台活荷载	0.5
存储类建(构)筑物楼面、平台活荷载	0.8
操作介质重	1.0
建筑物雪荷载	0.5
建筑物屋面积灰荷载	0.5
硬钩吊车悬吊物重力	0.3
其他竖向活荷载	0

8.2.6 荷载偶然组合的效应设计值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定。

8.2.7 荷载标准组合的效应设计值 S_d 应按式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_jk} + S_{Q_1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{Qi} S_{Q_ik} \quad (8.2.7)$$

注:组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

8.2.8 荷载频遇组合的效应设计值 S_d 应按式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_jk} + \psi_{t_1} S_{Q_1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{Qi} S_{Q_ik} \quad (8.2.8)$$

式中: ψ_{t_1} ——第 1 个可变荷载 Q_1 的频遇值系数,应分别按本规范

各章的规定采用；

ψ_{q_i} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的准永久值系数，应分别按本规范各章的规定采用。

注：组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

8.2.9 荷载准永久组合的效应设计值 S_d 应按下式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G,j,k} + \sum_{i=1}^n \psi_{q_i} S_{Q_i,k} \quad (8.2.9)$$

注：组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

8.2.10 各工况活荷载的组合值系数、频遇值系数、准永久值系数的取值，不应小于表 8.2.10 的规定。表中未列出的各类活荷载的组合值系数、频遇值系数、准永久值系数的取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。计算地震作用时，各重力荷载组合值系数应符合本规范第 8.2.5 条的规定。

表 8.2.10 各工况活荷载的组合值系数、频遇值系数、准永久值系数

项次	活荷载类别	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	操作荷载	1.0	1.0	1.0
2	试压荷载、检修荷载	1.0	1.0	1.0
3	各工况风荷载	0.6	0.4	0
4	充水试压、停产检修工况楼面、平台均布活荷载	0.7	0.5	0.4
5	正常操作工况生产类建(构)筑物楼(屋)面、平台均布活荷载	0.7	0.5	0.4
6	正常操作工况存储类建(构)筑物楼(屋)面、平台均布活荷载	0.9	0.9	0.8
7	贮焦池吊车	1.0	0.95	0.95
8	积灰荷载	0.9	0.8	0.8

8.2.11 主控室、机柜间等建筑物进行抗爆设计时，偶然组合可不考虑风荷载、雪荷载、屋面活荷载及地震作用。

8.2.12 不上人屋面均布活荷载可不与雪荷载和风荷载同时组合。

8.2.13 积灰荷载应与雪荷载和不上人屋面均布活荷载两者中的较大者同时考虑。

8.2.14 排架厂房设计时，在荷载准永久组合中可不考虑吊车荷载；但在吊车梁按正常使用极限状态设计时，宜采用吊车荷载的准永久值，吊车荷载的准永久值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

8.2.15 石油化工构筑物平台均布活荷载可不考虑其不利布置。

8.2.16 当构架支承多台设备时，应根据实际操作中设备可能出现的各种操作介质状态分别组合，取最不利效应组合进行设计。计算焦炭塔框架最不利效应组合时，各塔介质状态宜按本规范附录 C 的规定采用。

附录 A 常用动力设备的动力系数

A.0.1 常用动力设备的动力系数 μ 值可按表 A.0.1 取用。

表 A.0.1 常用动力设备的动力系数 μ 值

序号	设备名称		设备重量 (t)	转动部件重 (t)	机器转速 (r/min)	动力系数 μ
1	轴转动或 电机传动的轻型机械		—	—	—	不小于 1.2
2	电动机		电机重	—	300~400	1.2
			电机重		500	1.25
			电机重		750	1.6
			电动机重		1000	2.0
			电动机重		1250	2.5
			电动机重		1500	3.0
3	离心式通风机		机重	—	300~500	1.2
			机重		750	1.35
			机重		1000	1.6
			机重		1250	2.0
			机重		1500	2.25
4	排风机		—	电机齿轮 离合器	—	1.5
5	鼓风机	高压	机重	—	>2 个大气压	3.0
		中压	机重	—	1~200	2.0
		低压	机重	—	<100	1.2

续表 A.0.1

序号	设备名称		设备重量 (t)	转动部件重 (t)	机器转速 (r/min)	动力系数 μ
6	离心泵		机+料	—	300~400	1.2
			机+料		500	1.25
			机+料		750	1.6
			机+料		1000	2.0
			机+料		1250	2.6
			机+料		1500	3.0
7	烧碱蒸发器		机+料	—	—	1.5
8	沸腾床反应器(水处理)		—	—	—	1.3~1.5
9	螺旋输送机、搅拌机		机+料	—	—	1.5
10	旋风除尘器		—	—	—	1.2
11	旋风分离器		—	—	—	1.4
12	反应罐		—	—	—	1.5
13	空气过滤器及气罐		—	—	—	1.2
14	回转筛		机+料	—	—	1.5
15	悬挂筛		机+料	—	—	2.0
16	旋转式包装机		—	—	—	1.2
17	真空机		—	—	—	4.0
18	空压机		—	—	—	5.0
19	抽风机/排风机		—	—	—	1.5
20	滤碱机		—	—	—	1.5
21	搅拌机		机+料	—	—	1.5
22	斗式 提升机	传动装置 和机头部分	机+料	—	—	1.4
		中间及 下部支架	机+料	—	—	1.2
23	龙门式起重机		机+吊重	—	—	1.3
24	振动筛		机+料	—	—	4.0

续表 A.0.1

序号	设备名称		设备重量 (t)	机器转速 (r/min)	动力系数 μ
25	电动铰车		设备重	—	1.1
26	刮泥机		—	—	1.2
27	球磨机	静重 $\geq 40\text{kN}$	—	—	5.0
		静重 $< 40\text{kN}$	—	—	4.0
28	破碎机	颚式	机+料	—	5.0
		锥式	机+料	静重大于 或等于 4t	5.0
				静重小于 4t	4.0
		锤式	机+料	—	4.0
		辊式	机+料	—	3.0
29	料浆搅拌机		机+料	—	1.1
30	减速机		机重	—	1.2
31	传动装置		机重	—	1.2
32	干燥机		机+料	—	1.5
33	料浆蒸发器		机+料	—	1.5
34	壳形自动秤		机+料	—	1.2
35	电吸尘器		机+料	—	1.2
36	空气自动开关		设备重	—	1.2
37	翻车机	翻车机	机+料+ 矿车	—	2.0
		翻车机 (传动部分)	传动部件重	—	3.0
		托辊上水平力	机+料	—	3.0

续表 A.0.1

序号	设备名称		设备重量 (t)	机器转速 (r/min)	动力系数 μ
38	双辊 破碎机	垂直荷载	机+料	—	2.5
		水平荷载	1/2(机+料)	—	2.0
39	四辊 破碎机	垂直荷载	机+料	—	2.0
		水平荷载	1/2(机+料)	—	2.0
40	球磨机(棒磨机)		机+料	—	2.5
41	板式给矿机		机+料	—	1.5
42	圆盘给矿机		机+料	—	1.3
43	圆筒混合机		机+料	—	3.0
44	单辊破碎机		机+料	—	2.0
45	分级机		电机及传动 部分轮轴	—	1.3
46	浮选机		传动部分重	—	1.5
47	皮带机	中尾部分	机+料	—	1.3
		传动部分	机+料	—	1.5
		拉紧装置	机+料	—	1.0
48	振动给料机		机+料	—	4.0
49	电动悬挂吊车、 电葫芦		设备及 吊物重	—	1.1
50	槽式 给矿机	垂直荷载	机+料	—	1.5
		水平荷载	机+料	—	2.0
51	离心 脱水机	立式	—	—	2.0
		卧式	—	—	4.0

A. 0. 2 对于静止设备上附有小型动设备传动装置时,可仅将小型动设备或传动装置的重量乘以动力系数。

A. 0. 3 对于下列设备,当采取适当的隔振措施后,可不考虑动力荷载(钢平台除外):

- 1 电动机功率不大于 100kW 的一般设备;
- 2 电动机功率不大于 75kW 的破碎机、振动筛等类型设备;
- 3 型号小于 10 号的送风机。

附录 B 构架风荷载的整体计算

B. 0. 1 构架风荷载整体计算应符合下列规定:

1 构架挡风面积 A_s 应取迎风面第一榀构架的挡风面积和各榀构架挡风面积平均值的较大值;

2 与风平行方向构架的跨度 S 宜取迎风向第一跨跨度和构架平均跨度的较小值,与风垂直方向构架的轮廓宽度 B (图 B. 0. 1)可取各层轮廓宽度的平均值或多数层的轮廓宽度;

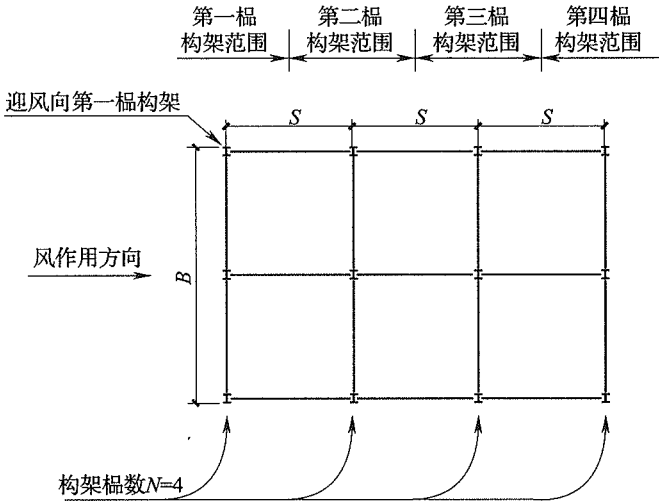


图 B. 0. 1 构架平面示意

3 构架的风荷载整体体型系数 μ_{sw} 根据 S/B 的不同比值宜分别按表 B. 0. 1-1~表 B. 0. 1-5 采用。

表 B.0.1-1 构架的整体体型系数 μ_{sw} ($S/B=0.1$)

ϕ	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	N=11	N=12
0.10	2.52	3.41	4.14	4.88	5.44	6.01	6.50	6.99	7.39	7.72	8.04
0.15	2.38	3.09	3.63	4.23	4.66	5.04	5.36	5.74	6.01	6.23	6.55
0.20	2.23	2.88	3.33	3.78	4.14	4.43	4.71	5.04	5.28	5.53	5.77
0.25	2.11	2.67	3.06	3.45	3.77	4.06	4.32	4.58	4.81	5.01	5.23
0.30	1.95	2.44	2.79	3.11	3.39	3.63	3.85	4.09	4.28	4.50	4.71
0.35	1.83	2.25	2.55	2.83	3.09	3.30	3.48	3.69	3.88	4.09	4.29
0.40	1.75	2.11	2.38	2.62	2.86	3.05	3.21	3.39	3.58	3.78	3.98
0.50	1.63	1.92	2.13	2.32	2.55	2.70	2.83	2.97	3.15	3.35	3.54

表 B.0.1-2 构架的整体体型系数 μ_{sw} ($S/B=0.2$)

ϕ	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	N=11	N=12
0.10	2.53	3.42	4.15	4.89	5.45	6.02	6.51	7.00	7.48	7.96	8.53
0.15	2.39	3.10	3.68	4.24	4.71	5.15	5.58	5.96	6.34	6.77	7.26
0.20	2.24	2.89	3.34	3.79	4.23	4.63	5.04	5.44	5.85	6.30	6.78
0.25	2.12	2.68	3.12	3.51	3.90	4.29	4.71	5.10	5.46	5.88	6.27
0.30	1.96	2.45	2.87	3.20	3.55	3.90	4.25	4.63	5.01	5.39	5.74
0.35	1.86	2.28	2.65	2.97	3.27	3.62	3.95	4.32	4.64	4.99	5.34
0.40	1.77	2.15	2.48	2.80	3.07	3.41	3.72	4.08	4.37	4.69	5.06
0.50	1.66	1.98	2.24	2.57	2.78	3.12	3.40	3.75	3.98	4.27	4.65

表 B.0.1-3 构架的整体体型系数 μ_{sw} ($S/B=0.33$)

ϕ	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	N=11	N=12
0.10	2.54	3.43	4.23	5.04	5.61	6.42	7.07	7.72	8.29	8.94	9.59
0.15	2.40	3.11	3.69	4.33	4.88	5.36	5.96	6.50	7.10	7.75	8.40
0.20	2.25	2.90	3.49	4.06	4.59	5.04	5.57	6.09	6.66	7.27	7.92
0.25	2.13	2.69	3.25	3.71	4.19	4.68	5.23	5.82	6.40	7.05	7.61
0.30	1.97	2.49	2.98	3.44	3.90	4.36	4.93	5.47	5.99	6.53	7.04
0.35	1.86	2.39	2.83	3.25	3.69	4.13	4.57	5.06	5.57	6.06	6.55
0.40	1.78	2.30	2.72	3.11	3.51	3.96	4.35	4.77	5.26	5.71	6.13
0.50	1.67	2.18	2.57	2.91	3.28	3.72	4.00	4.36	4.83	5.22	5.59

表 B.0.1-4 构架的整体体型系数 μ_{sw} ($S/B=0.5$)

ϕ	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	N=11	N=12
0.10	2.55	3.44	4.31	5.12	5.93	6.66	7.39	8.21	9.10	9.80	9.80
0.15	2.41	3.12	3.79	4.50	5.15	5.85	6.50	7.10	7.80	8.50	9.26
0.20	2.26	2.93	3.58	4.18	4.83	5.57	6.22	6.87	7.52	8.17	8.86
0.25	2.21	2.76	3.35	3.97	4.58	5.27	5.92	6.66	7.41	8.16	8.94
0.30	2.03	2.57	3.11	3.66	4.23	4.85	5.50	6.18	6.88	7.58	8.31
0.35	1.95	2.46	2.95	3.46	3.99	4.62	5.20	5.85	6.62	7.22	7.92
0.40	1.89	2.36	2.80	3.31	3.76	4.45	4.94	5.57	6.30	7.03	7.78
0.50	1.80	2.23	2.62	3.10	3.48	4.21	4.60	5.20	5.95	6.70	7.46

表 B.0.1-5 构架的整体体型系数 μ_{sw} ($S/B=1.0$)

ϕ	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	N=11	N=12
0.10	2.60	3.84	5.04	6.21	7.33	8.42	9.46	10.47	11.44	12.37	13.26
0.15	2.50	3.48	4.44	5.45	6.36	7.39	8.32	9.05	9.81	10.53	11.20
0.20	2.40	3.29	4.19	5.07	5.98	7.03	7.96	8.76	9.45	10.11	10.71
0.25	2.28	3.11	3.92	4.81	5.66	6.65	7.57	8.50	9.32	10.10	10.80
0.30	2.20	2.90	3.65	4.43	5.22	6.12	7.04	7.88	8.65	9.39	10.05
0.35	2.10	2.77	3.45	4.19	4.94	5.84	6.66	7.46	8.32	8.94	9.57
0.40	2.00	2.65	3.28	4.02	4.65	5.62	6.32	7.10	7.92	8.70	9.40
0.50	1.88	2.51	3.06	3.76	4.30	5.32	5.89	6.64	7.48	8.29	9.02

注： ϕ 为构架的挡风系数； N 为与风向垂直的构架总档数， S 为与风平行方向构架的跨度， B 为与风垂直方向构架的轮廓宽度；挡风系数 $\phi = A_s / A_g$ ， A_s 为构架挡风面积， A_g 为构架挡风面的轮廓面积。

B.0.2 构架风荷载整体计算时，设备和管道风荷载宜折减，折减系数 η_e 可按下式计算：

$$\eta_e = \exp[-1.4 (\mu_{sw} \phi)^{1.5}] \quad (\text{B.0.2})$$

B.0.3 按本附录方法整体计算风荷载时，宜取一个主方向构架风荷载与另一个主方向结构构件和附件风荷载的 50% 共同作用。

附录 C 焦炭塔框架最不利效应组合

C.0.1 焦炭塔框架结构设计时,焦炭塔宜按水焦、满焦和空三种状态相互组合,并应按最不利的效应组合进行承载能力极限状态设计。计算焦炭塔框架最不利效应组合时,各塔介质状态宜按表 C.0.1-1~表 C.0.1-4 采用。

表 C.0.1-1 纵向框架最不利效应组合(一架四塔)

组合编号	工 况	组 合 内 容			
		塔 1	塔 2	塔 3	塔 4
1	正常操作	满焦	空	满焦	水焦
2	停产前(一)	空	水焦	水焦	空
3	停产前(二)	空	水焦	空	水焦
4	停产检修	空	空	空	空
5	地震作用	满焦	空	满焦	水焦

表 C.0.1-2 横向框架最不利效应组合(一架四塔)

组合编号	工 况	组 合 内 容			
		塔 1	塔 2	塔 3	塔 4
1	正常操作	满焦	水焦	水焦	空
2	停产检修	空	空	空	空
3	地震作用	满焦	水焦	水焦	空

表 C.0.1-3 纵向框架最不利效应组合(一架二塔)

组合编号	工 况	组 合 内 容	
		塔 1	塔 2
1	正常操作	满焦	水焦
2	停产前	空	水焦
3	停产检修	空	空
4	地震作用	满焦	水焦

表 C.0.1-4 横向框架最不利效应组合(一架二塔)

组合编号	工 况	组 合 内 容	
		塔 1	塔 2
1	正常操作	满焦	水焦
2	停产检修	空	空
3	地震作用	满焦	水焦

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《烟囱设计规范》GB 50051

《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069

《高耸结构设计规范》GB 50135

《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153

《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053

《石油化工压缩机基础设计规范》SH/T 3091

《石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范》SH/T 3132

中华人民共和国国家标准

石油化工建(构)筑物结构荷载规范

GB 51006-2014

条 文 说 明

制 订 说 明

《石油化工建(构)筑物结构荷载规范》GB 51006—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 6 月 23 日以第 459 号公告批准发布。

本规范在编制过程中,编制组在广泛征求意见的基础上,认真总结工程经验,吸收国内外科研成果,同时参考国外先进技术法规、技术标准,通过实践经验总结和研究,取得了石油化工建(构)筑物荷载的重要技术参数。

为便于广大设计、审查、科研和学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解的执行条文规定,《石油化工建(构)筑物荷载规范》编制组按章、节、条顺序编制了本条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(51)
2	术语和符号	(53)
3	荷载分类和荷载代表值	(54)
4	永久荷载	(55)
5	可变荷载	(56)
5.1	一般规定	(56)
5.3	动力荷载	(56)
5.5	冷换设备抽芯荷载	(57)
5.6	温度作用	(57)
6	建筑物荷载	(58)
6.2	楼面均布活荷载	(58)
6.3	屋面活荷载	(58)
7	构筑物荷载	(59)
7.1	一般规定	(59)
7.2	平台均布活荷载	(59)
7.3	催化剂振动荷载	(59)
7.4	风荷载	(59)
8	荷载组合	(63)
8.1	一般规定	(63)
8.2	荷载组合	(63)
附录 A	常用动力设备的动力系数	(65)
附录 B	构架风荷载的整体计算	(66)

1 总 则

1.0.1 目前在石油化工建(构)筑物结构设计时,荷载计算主要依据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009。该规范主要规定了民用、公共建筑和一般生产性工业建筑的荷载取值和效应组合,而石油化工企业常见的建(构)筑物包含甚少。该规范所涵盖的内容和条款不能满足石油化工企业中建(构)筑物的荷载分类、取值和组合的要求,在石油化工行业的应用受到很大限制。目前石油化工行业内采用的方法,是在行业各建(构)筑物设计标准中分别对荷载作出规定,但由于石油化工分属中石化、中石油、中海油等多个国有特大企业,各行业标准对荷载的规定不统一,荷载的分类、取值和组合方式较为混乱,因此有必要编制适合于石油化工企业的建(构)筑物荷载的国家标准。

石油化工企业由于原料和产品及加工过程的特殊性、复杂性和危险性,建(构)筑物的主要任务是确保它所支承的设备在各种条件下都能正常工作,并确保其他事故不影响本结构的正常使用,避免事故升级或产生次生灾害,这些都与《建筑结构荷载规范》GB 50009 有所不同。因此,石油化工企业建(构)筑物的型式、设计目的、荷载分类和取值有其特殊性,目前执行的国家标准和行业标准均不能较为准确、系统地解决其特定问题,给石油化工企业建(构)筑物的设计带来较大的困难,为更好地贯彻执行技术先进、安全适用、经济合理、确保质量的设计原则,编制本标准。

1.0.2 石油化工建筑物主要包括变配电室、主控室、机柜间、分析化验室、压缩机类厂房、生产类厂房、各类仓库或储存间、泵房(包括半地下泵房)、消防站及其他小型建筑;不包括厂区内的办公楼、倒班宿舍等。石油化工构筑物可分为构架类、落地设备基础类、池

类等。构架类构筑物包括各类石油化工构架、管架、火炬及排气筒塔架、栈桥等。池类构筑物包括水池、各种地沟、各种井。石油化工企业内的非石油化工特有的建(构)筑物的荷载及组合见相关国家标准,其他行业的类似结构也可参照本规范。

1.0.4 本规范仅在组合中涉及地震引起的作用。设备温度变化及爆炸对结构的作用用等效荷载的形式考虑。

1.0.5 本规范主要规定石油化工特有的建(构)筑物和常见建(构)筑物在石油化工行业特有的荷载及其组合,本规范对结构常见荷载及其组合未做详细规定,结构设计时应遵守相应规范。

2 术语和符号

术语和符号是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132、《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083的规定,并结合本规范的具体情况给出的。

3 荷载分类和荷载代表值

3.0.1 操作荷载、检修荷载、试压荷载分别表示设备及管道正常操作、停产检修、充水试压三个工况中,与设备及管道有关的可变荷载。

3.0.2 本条文为强制性条文,必须严格执行。结构设计中采用何种荷载代表值将直接影响到荷载的取值和大小,关系结构设计的安全,要以强制条文给以规定。

荷载标准值是指其在结构的使用期间可能出现的最大荷载值。对某些荷载,习惯采用其规定的平均重现期来定义标准值,即相当于以其重现期内最大荷载的分布的众值为标准值。目前,并非所有荷载都能取得充分的资料,因此,从实际出发,根据已有的工程实践经验,通过分析判断后,协议一个公称值作为代表值。这两种方式规定的代表值统称为荷载标准值。

对偶然荷载应按荷载和建(构)筑物结构使用的特点,分别采用极限值、折算值、等效静力荷载作为其代表值。

3.0.3 本条文为强制性条文,必须严格执行。在确定可变荷载的标准值时,会涉及荷载最大值的时域问题,这个时域也就是设计基准期。为了与其他设计规范配套,本规范也采用结构设计使用年限 50 年作为规定荷载最大值的时域。

4 永久荷载

4.0.4 石油化工企业内的固定隔墙、固定操作平台使用过程中位置基本不修改,自重宜按永久荷载考虑。

5 可变荷载

5.1 一般规定

5.1.2 目前平台设计中设备梁、框架梁均布活荷载采用 2kN/m^2 , 次梁、平台梁均布活荷载采用 4kN/m^2 , 也是考虑检修工况与正常操作工况平台活荷载不同的一种表述。目前构架设计中对正常操作与检修工况, 风荷载用不同值。

5.1.3 操作荷载指设备及管道在正常工作时作用在结构上的活荷载。目前石化各规范对介质重有不同的处理, 按永久荷载或按可变荷载考虑都有, 不统一, 本规范按可变荷载考虑, 主要是考虑与国标荷载组合的方法统一。由于介质重不能参与所有组合, 介质重如按永久荷载考虑, 就须列举出各种组合, 不能采用国标荷载规范穷举法的统一公式。

5.1.4 停产检修工况包括设备及管道安装和停产检修, 检修荷载指设备及管道在安装、检修时作用在结构上的活荷载。

5.1.5 试压荷载指设备及管道在充水试压(液压试验、气压试验)时作用在结构活荷载。

5.1.9 避雷针、投光灯塔等钢结构越来越高, 设计中覆冰荷载不能忽略。

5.1.11 本条规定与现行行业标准《石油化工企业建筑物结构设计规范》SH/T 3076 相同。在设计水池、挡墙、半地下泵时应考虑该荷载; 设计该区域基础、地面时也应考虑此荷载。

5.3 动力荷载

5.3.5 事故状态的各荷载都采用极限值, 故不能再乘系数。对未设限制振动设施的振动管道, 管架所承受的振动力将大大增加, 若

仍采用 1.3 的动力系数是不安全的, 但目前尚提不出一个准确的系数, 因此本规范的规定不包括不设限制振动设施的振动管道。

5.3.6 跨越管架和相邻第一个低管架、相邻高低跨管架由于水锤作用、竖管的收缩和膨胀作用, 高低两个管架承受的竖向荷载比正常情况大很多, 因此应乘以 1.5 的增大系数。这个系数只反映荷载的转移问题, 不反映振动问题。如果管架支承的是振动管道, 还应乘以动力系数。水平方向转弯的管架可参照本条执行, 水平推力的放大系数可适当提高。

5.5 冷换设备抽芯荷载

5.5.1 计算冷换设备抽芯荷载时, 考虑到管束的锈蚀、介质为稠油等因素, 一般取管束重, 当内部介质为轻油、纯净水时, 可根据经验适当降低, 部分国外项目降低到管束重的 0.3 倍~0.5 倍。

5.6 温度作用

5.6.2 由环境温度、太阳辐射等产生的温度作用在多本规范中有规定, 设计时应根据工程情况按相关规范计算和构造。

5.6.5 当固定架两侧活动管架数量明显不同时, 要特别注意两侧活动管架的不平衡水平推力。

5.6.8 计算管架等效水平推力时, 混凝土管架采用短期刚度。

6 建筑物荷载

6.2 楼面均布活荷载

6.2.2 低压配电间一般宜取 $6.0\text{kN/m}^2 \sim 8.0\text{kN/m}^2$, 但实际工程中, 很多低压配电柜的折算均布荷载大于 8.0kN/m^2 , 设计时应根据该工程选用的低压配电柜参数, 核算折算均布荷载; 高压配电间一般宜取 $8.0\text{kN/m}^2 \sim 10.0\text{kN/m}^2$ 。一般考虑两排配电柜之间至少放置一排需检修或更换的配电柜, 检修工况下配电柜的支承梁至少支承两排配电柜(包括恒载一排和活载一排)。压缩机、主风机、过滤机厂房及动力站的检修区宜根据最大检修部件的最不利位置, 对平台梁进行计算, 并与采用均布活荷载的计算结果对比, 取二者中的最大值。

6.3 屋面活荷载

6.3.4 室内悬吊包括采暖、通风、消防管道, 电缆槽盒, 吊灯, 工艺管道等。

7 构筑物荷载

7.1 一般规定

7.1.3 地沟、井的荷载可以按水池取值。

7.2 平台均布活荷载

7.2.1 焦炭塔支座以上钢结构框架平台及类似平台中的类似平台指的是正常操作工况下不需要巡检或操作人员基本不到达的平台。停产检修工况包括安装荷载。考虑设备安装和检修的要求, 离心式压缩机构架式基础平台均布活荷载宜按工艺要求取值, 但不宜小于表中的 10kN/m^2 , 与压缩机厂房一致。

7.2.3 这类构筑物在使用过程中大部分时间无平台活荷载, 设计基础、地脚螺栓时可不考虑。高宽比较大的构架可按结构是否考虑风振来区分。

7.3 催化剂振动荷载

7.3.1 化工装置中部分反应器的振动力比规范条文第 7.3.1 条规定的值大, 设计时应根据工艺要求确定该值。

7.4 风荷载

7.4.1 第 1 款中的基本风压最小值要求来源于《高耸结构设计规范》GB 50135—2006 第 4.2.1 条。塔基础、两器的石油化工业标准也有些规定, 考虑到石化构筑物的特殊性, 本规范对所有石化构筑物均采用此规定。充水试压工况和有正常运行的室外吊车参与的组合基本风压最小值要求主要是考虑大风天不能正常工作和检修。

7.4.3 钢栏杆考虑 100mm 高的踢脚板;计算钢直梯风荷载时要计入高出平台的扶手高度;钢斜梯的栏杆不考虑有踢脚板,斜梯轮廓宽指包括两侧梯梁翼缘宽的总宽度。

由于现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053 规定的栏杆水平荷载加大,栏杆构件加大了,栏杆的挡风面积加大了。

栏杆挡风面积测算:

栏杆 1:立柱采用 $L63 \times 6@1000$,扶手采用 $\Phi 38$,中间栏杆 $2-30 \times 4$,踢脚板 -100×3 ,栏杆轴线高度 1220,挡风面积 = $[63 \times 1220 + 38 \times 1000 \times 0.7/1.3 + (2 \times 30 + 100) \times 1000]/1000/1000 = 0.257$;

栏杆 2:立柱采用 $\Phi 48.3@1000$,扶手采用 $\Phi 42.4$,中间栏杆 $2\Phi 26.9$,踢脚板 -100×3 ,栏杆轴线高度 1220,挡风面积 = $[(48.3 \times 1220 + 42.4 \times 1000 + 2 \times 26.9 \times 1000) \times 0.7 + 100 \times 1000 \times 1.3]/1000/1000 = 0.239$;

栏杆 3:立柱采用 $J50 \times 40@1000$,扶手采用 $\Phi 42.4$,中间栏杆 $2-30 \times 4$,踢脚板 -100×3 ,栏杆轴线高度 1220,挡风面积 = $[50 \times 1220 + 42.4 \times 1000 \times 0.7/1.3 + (2 \times 30 + 100) \times 1000]/1000/1000 = 0.244$;

直梯挡风面积测算:无保护圈:立柱 -60×10 或 $L63 \times 6$,踏步 $\Phi 20@300$,扶手高出平台 1m 弯 300,挡风面积 = $2 \times 63/1000 = 0.126$;

有保护圈:立柱 $L63 \times 6$,踏步 $\Phi 20@300$,保护圈 $5-40 \times 5$,保护圈加强带 $-50 \times 6@600$,扶手高出平台 1.3m,正面挡风面积 = $[2 \times 63 \times (1000 - 1000/600 \times 50) + (700 \times 50 \times 1000/600 + 2 \times 40 \times 1000) \times (4 + 1.3 - 2.1)/5.3]/1000/1000 = 0.199$;侧面挡风面积 = $2 \times 63 \times (1000 - 1000/600 \times 50) + (720 \times 50 \times 1000/600 + 2 \times 40 \times 1000) \times (5.3 - 2.1)/5.3]/1000/1000 = 0.2$;

斜梯挡风面积测算:

梯梁按]18a,栏杆没有踢脚板,踏步@200 包角 $L30$,正面按 800mm、600mm 宽测算;

斜梯侧面挡风面积 = $2 \times (180/1000 + 0.26 - 0.1)/\sin 45^\circ = 0.96$;

800mm 宽斜梯正面挡风面积 = $[2 \times 68 \times 1000 + 30 \times 800 \times 5 + 2 \times 0.7/1.3 \times 42.4 \times 1000 + 2 \times 63 \times 1000]/(800 + 2 \times 68) = 0.457$;

600mm 宽斜梯正面挡风面积 = $[2 \times 68 \times 1000 + 30 \times 600 \times 5 + 2 \times 0.7/1.3 \times 42.4 \times 1000 + 2 \times 63 \times 1000]/(600 + 2 \times 68) = 0.54$;

综合以上结果,栏杆挡风面积取 $0.26\text{m}^2/\text{m}$;无保护圈直梯的迎风面挡风面积宜取 $0.13\text{m}^2/\text{m}$,有保护圈直梯的迎风面挡风面积宜取 $0.2\text{m}^2/\text{m}$;斜梯的侧向挡风面积按水平投影长度宜取 $1.0\text{m}^2/\text{m}$,斜梯的正向挡风面积取轮廓投影面积的一半。

7.4.4 管道挡风面积参考 ASCE《Wind Loads for Petrochemical and Other Industrial Facilities》2012 年版的计算方法。

7.4.5 相邻设备中心连线与风作用方向垂直时,该设备风荷载比单独放置的设备风荷载要大,通常称为风荷载相邻设备的放大影响。相邻设备中心连线与风作用方向平行时,下风向设备的风荷载比单独放置的设备风荷载要小,通常称为风荷载相邻设备的遮挡影响。并列布置塔的风荷载的体型系数可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中架空管道一项中的上下双管、前后双管及密排多管计算。由于焦炭塔形状及布置方式基本不变,各焦炭塔承受的风荷载可采用经简化后的系数。当风作用方向垂直于焦炭塔排列方向时,边焦炭塔可取 1.2;当风作用方向平行于焦炭塔排列方向时,顺风向第一个焦炭塔可取 0.60,其他焦炭塔可各取 0.30。

7.4.9 计算落地设备风荷载时,附属管道及阀门等设备配件的风荷载按本条要求,通过加大直径的方式来计算;立式设备有平台时

按本规范第 7.4.10 条和第 7.4.11 条采用放大系数的方式考虑平台、梯子和附属管道及阀门等设备配件的风荷载;构架上设备的附属管道及阀门等设备配件和支座的风荷载按本条执行,构架上的其他管道按设备风荷载放大 10% 来考虑。

7.4.10、7.4.11 塔和两器的风荷载放大系数主要考虑塔身平台风荷载的影响,由于两器的重要性,取值略大于独立塔基础,由于各自针对的直径范围不同,两者不要跨项选值。

7.4.12 球罐风荷载体型系数中已包括球罐附件增大系数。

7.4.16 对于山区、远海海面和海岛的石油化工建(构)筑物,计算风压高度变化系数时,应考虑地形条件的修正。修正系数计算应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。不少石化企业的火炬均建造在山顶或山腰上,风荷载放大很多,设计时要特别注意。

8 荷载组合

8.1 一般规定

8.1.1 石油化工建(构)筑物结构设计时,必须按正常操作工况设计计算,并根据设备使用情况决定是否验算停产检修或充水试压荷载工况。正常操作、停产检修是石油化工厂设备的必有的二种工作状态,是否验算充水试压工况应根据设备使用情况决定,结构应能满足设备各工作状态的要求。设备的安装并入停产检修工况。一般情况下停产检修、充水试压两工况不验算正常使用极限状态。有吊车时,要验算正常使用极限状态。有较大荷载作用的构件也应验算变形,但变形限值要求可适当放宽。

8.1.5 变配电室由于同一楼层布置的高低柜数量较多,安装和检修时,柜子的摆放对楼板和主次梁的影响很大,有时甚至影响到柱和基础,因此必须整体计算。验算变配电室检修工况时,检修荷载宜根据楼层梁布置情况及柜子重要确定检修荷载大小。设备数量少、重量大的结构可按检修荷载验算楼板、次梁及上级梁,设备梁可不考虑检修荷载的影响。验算承载能力极限状态不验算基础的零应力区,对建筑物是可行的。

8.2 荷载组合

8.2.1 在承载能力极限状态的基本组合中,条文中公式(8.2.1-1)和公式(8.2.1-2)给出了荷载效应组合设计值的表达式,直接涉及结构安全性。在应用条文中公式(8.2.1-2)的组合式时,对可变荷载,可仅考虑与结构自重方向一致的竖向荷载,可忽略影响不大的横向荷载。

8.2.2 由于操作介质重在正常操作工况下变化较小,工况下有部

分恒载的特性,而且操作荷载中的水平荷载都基于操作介质,正常操作工况下必须有操作介质,这一条中就出现了活载有利时还参与组合的规定。在某些特殊状态下,上游专业提供的荷载值为极限值,此时分项系数值要降低。特殊状态指正常操作工况下的紧急放空状态、可控的设备或管道非正常工作状态(事故状态)等,不包括管道试压时盲板脱落等安全事故。

8.2.4 重要的构筑物指抗震设防类别为乙类的构筑物等。

8.2.5 各可变荷载中的重力荷载应折减后再乘组合值系数。

8.2.10 各工况与设备工作有关的活荷载值相差较大,但在指定工况内基本不变,因此组合值系数取 1.0。设备通常会分为正常液位(通常为容积的 50%~80%)、高液位(通常为容积的 70%~80%)、低液位。操作介质荷载按正常液位考虑。

8.2.15 石油化工构筑物中平台均布活荷载占竖向荷载的比例较小,且平台多为简支梁,平台均布活荷载的不利布置可不考虑。

附录 A 常用动力设备的动力系数

A.0.1 本条源于现行行业标准《石油化工企业建筑物结构设计规范》SH/T 3076 和《化工、石化建(构)筑物荷载设计规定》HG/T 20674。动力设备宜采用动力分析方法,空压机等设备目前多用动力分析方法设计。

附录 B 构架风荷载的整体计算

B.0.1 构架风荷载参考 ASCE《Wind Loads for Petrochemical and Other Industrial Facilities》2012 年版的计算方法,体型系数根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 进行了修改。

根据 ASCE《Wind Loads for Petrochemical and Other Industrial Facilities》2012 年版图 5.1, C_{Dg} 转化成下表。

表 1 C_{Dg}

S/B	ϕ	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.1	0.1	0.31	0.42	0.51	0.60	0.67	0.74	0.80	0.86	0.91	0.95	0.99
0.2	0.1	0.31	0.42	0.51	0.60	0.67	0.74	0.80	0.86	0.92	0.98	1.05
0.33	0.1	0.31	0.42	0.52	0.62	0.69	0.79	0.87	0.95	1.02	1.10	1.18
0.5	0.1	0.31	0.42	0.53	0.63	0.73	0.82	0.91	1.01	1.12	—	—
0.1	0.15	0.44	0.57	0.67	0.78	0.86	0.93	0.99	1.06	1.11	1.15	1.21
0.2	0.15	0.44	0.57	0.68	0.78	0.87	0.95	1.03	1.10	1.17	1.25	1.34
0.33	0.15	0.44	0.57	0.68	0.80	0.90	0.99	1.10	1.20	1.31	1.43	1.55
0.5	0.15	0.44	0.57	0.70	0.83	0.95	1.08	1.20	1.31	1.44	—	—
0.1	0.2	0.55	0.71	0.82	0.93	1.02	1.09	1.16	1.24	1.30	1.36	1.42
0.2	0.2	0.55	0.71	0.82	0.93	1.04	1.14	1.24	1.34	1.44	1.55	1.67
0.33	0.2	0.55	0.71	0.86	1.00	1.13	1.24	1.37	1.50	1.64	1.79	1.95

续表 1

S/B	ϕ	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	0.2	0.55	0.72	0.88	1.03	1.19	1.37	1.53	1.69	1.85	—	—
0.1	0.25	0.65	0.82	0.94	1.06	1.16	1.25	1.33	1.41	1.48	1.54	1.61
0.2	0.25	0.65	0.82	0.96	1.08	1.20	1.32	1.45	1.57	1.68	1.81	1.93
0.33	0.25	0.65	0.82	1.00	1.14	1.29	1.44	1.61	1.79	1.97	2.17	2.34
0.5	0.25	0.68	0.85	1.03	1.22	1.41	1.62	1.82	2.05	2.28	—	—
0.1	0.3	0.72	0.90	1.03	1.15	1.25	1.34	1.42	1.51	1.58	1.66	1.74
0.2	0.3	0.72	0.90	1.06	1.18	1.31	1.44	1.57	1.71	1.85	1.99	2.12
0.33	0.3	0.72	0.92	1.10	1.27	1.44	1.61	1.82	2.02	2.21	2.41	2.60
0.5	0.3	0.75	0.95	1.15	1.35	1.56	1.79	2.03	2.28	2.54	—	—
0.1	0.35	0.79	0.97	1.10	1.22	1.33	1.42	1.50	1.59	1.67	1.76	1.85
0.2	0.35	0.80	0.98	1.14	1.28	1.41	1.56	1.70	1.86	2.00	2.15	2.30
0.33	0.35	0.80	1.03	1.22	1.40	1.59	1.78	1.97	2.18	2.40	2.61	2.82
0.5	0.35	0.84	1.06	1.27	1.49	1.72	1.99	2.24	2.52	2.85	—	—
0.1	0.4	0.86	1.04	1.17	1.29	1.41	1.50	1.58	1.67	1.76	1.86	1.96
0.2	0.4	0.87	1.06	1.22	1.38	1.51	1.68	1.83	2.01	2.15	2.31	2.49
0.33	0.4	0.87	1.13	1.34	1.53	1.73	1.95	2.14	2.35	2.59	2.81	3.02
0.5	0.4	0.93	1.16	1.38	1.63	1.85	2.19	2.43	2.74	3.10	—	—

转成体型系数 C_t 表为:

表 2 C_t

S/B	ϕ	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.1	0.1	3.10	4.20	5.10	6.00	6.70	7.40	8.00	8.60	9.10	9.50	9.90
0.2	0.1	3.10	4.20	5.10	6.00	6.70	7.40	8.00	8.60	9.20	9.80	10.50
0.33	0.1	3.10	4.20	5.20	6.20	6.90	7.90	8.70	9.50	10.20	11.00	11.80
0.5	0.1	3.10	4.20	5.30	6.30	7.30	8.20	9.10	10.10	11.20	—	—
0.1	0.15	2.93	3.80	4.47	5.20	5.73	6.20	6.60	7.07	7.40	7.76	8.07
0.2	0.15	2.93	3.80	4.53	5.20	5.80	6.33	6.87	7.33	7.80	8.33	8.93
0.33	0.15	2.93	3.80	4.53	5.33	6.00	6.60	7.33	8.00	8.73	9.53	10.33
0.5	0.15	2.93	3.80	4.67	5.53	6.33	7.20	8.00	8.73	9.60	—	—
0.1	0.2	2.75	3.55	4.10	4.65	5.10	5.45	5.80	6.20	6.50	6.80	7.10
0.2	0.2	2.75	3.55	4.10	4.65	5.20	5.70	6.20	6.70	7.20	7.75	8.35
0.33	0.2	2.75	3.55	4.30	5.00	5.65	6.20	6.85	7.50	8.20	8.95	9.75
0.5	0.2	2.75	3.60	4.40	5.15	5.95	6.85	7.65	8.45	9.25	—	—
0.1	0.25	2.60	3.28	3.76	4.24	4.64	5.00	5.32	5.64	5.92	6.16	6.44
0.2	0.25	2.60	3.28	3.84	4.32	4.80	5.28	5.80	6.28	6.27	7.24	7.72
0.33	0.25	2.60	3.28	4.00	4.56	5.16	5.76	6.44	7.16	7.88	8.68	9.36
0.5	0.25	2.72	3.40	4.12	4.88	5.64	6.48	7.28	8.20	9.12	—	—
0.1	0.3	2.40	3.00	3.43	3.83	4.17	4.47	4.73	5.03	5.27	5.53	5.80
0.2	0.3	2.40	3.00	3.53	3.93	4.37	4.80	5.23	5.70	6.17	6.63	7.07
0.33	0.3	2.40	3.07	3.67	4.23	4.80	5.37	6.07	6.73	7.37	8.03	8.67
0.5	0.3	2.50	3.17	3.83	4.50	5.20	5.97	6.77	7.60	8.47	—	—

续表 2

S/B	ϕ	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.1	0.35	2.26	2.77	3.14	3.49	3.80	4.06	4.29	4.54	4.77	5.03	5.29
0.2	0.35	2.29	2.80	3.26	3.66	4.03	4.46	4.86	5.31	5.71	6.14	6.57
0.33	0.35	2.29	2.94	3.49	4.00	4.54	5.09	5.63	6.23	6.86	7.46	8.06
0.5	0.35	2.40	3.03	3.63	4.26	4.91	5.69	6.40	7.20	8.14	—	—
0.1	0.4	2.15	2.60	2.93	3.23	3.53	3.75	3.95	4.18	4.40	4.45	4.90
0.2	0.4	2.18	2.65	3.05	3.45	3.78	4.20	4.58	5.03	5.38	5.78	6.23
0.33	0.4	2.18	2.83	3.35	3.83	4.33	4.88	5.35	5.88	6.48	7.03	7.55
0.5	0.4	2.33	2.90	3.45	4.08	4.63	5.48	6.08	6.85	7.75	—	—

ASCE7-10 图 29.5-2, 挡风系数 $\epsilon < 0.1$ 时, $C_t = 2.0$; 挡风系数 $0.1 \leq \epsilon < 0.3$ 时, $C_t = 1.8$; 挡风系数 $0.3 \leq \epsilon \leq 0.7$ 时, $C_t = 1.6$ 。又 ASCE《Wind Loads for Petrochemical and Other Industrial Facilities》2012 年版 5.1.3 条在規定管架体型系数时, 一层平台以下 $C_t = 2.0$, 一层平台以上 $C_t = 1.6$ 。考虑到现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 表 8.3.1 第 33 项和第 35 项中, S/B 为 1.0、挡风系数为 0.1 时不考虑遮挡, 上表通过外插值 (ASCE 允许) 补充 $S/B = 1.0$ 和 $\phi = 0.5$ 的数据, 再按 $C_t = 1.6$ 对 $\mu_s = 1.3$ 进行转换, 并对数据进行平滑处理得到表 B.0.1。

下面是两个构架常规计算方法和附录 B 整体计算法两种计算方法的风荷载的计算与比较:

构-1 中两种计算方法交叉计算并比较, SS-4 中两种方法分别计算然后比较。计算挡风面积时, 构-1 中某标高的计算范围为本层到上、下层各一半区域, SS-4 中某标高的计算范围为本层到下层的区域。

(1) 某渣油加氢装置构-1, 横向二跨, 纵向五跨, 三层见图 1~图 5。挡风面积计算中未计入防火层厚度。

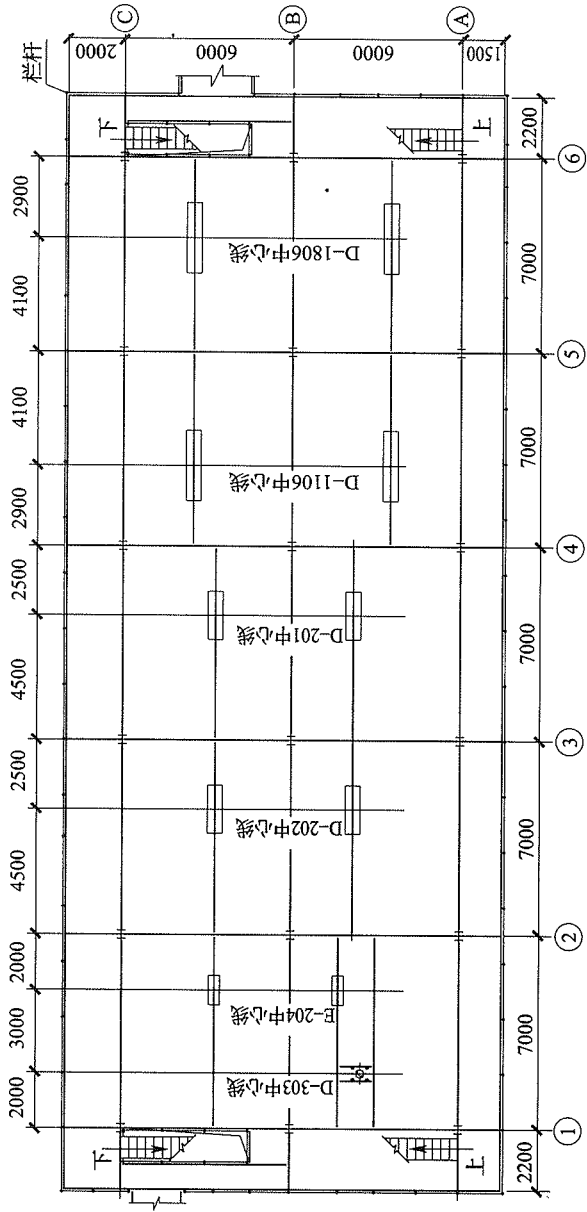


图 1 构-1 标高 9.00m 平台

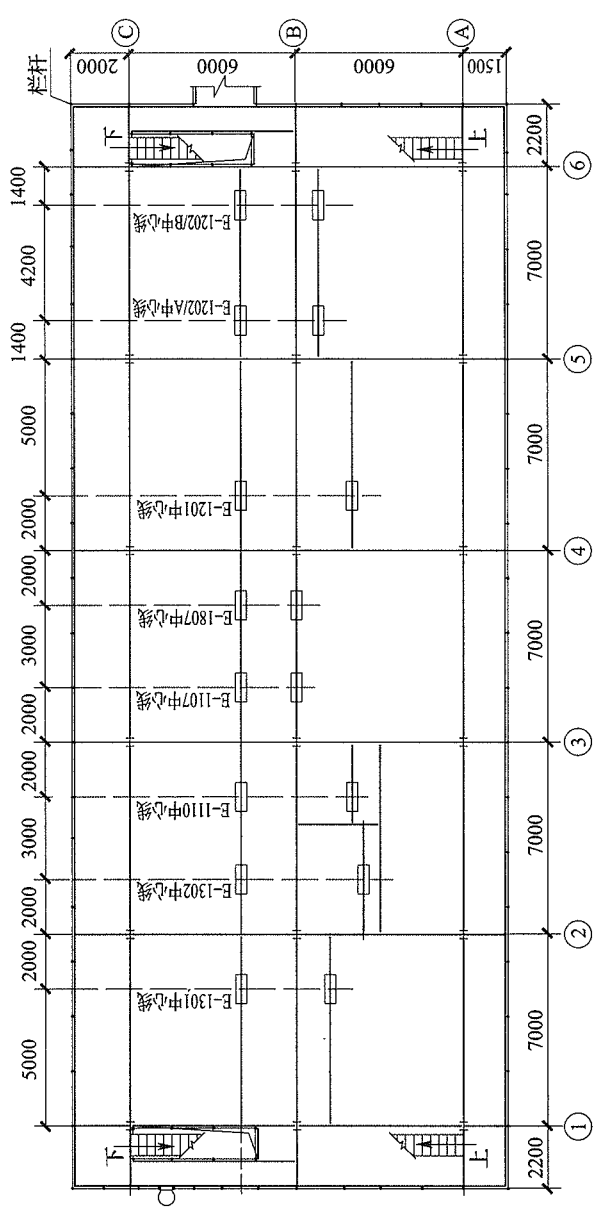


图 2 构-1 标高 18.00m 平台

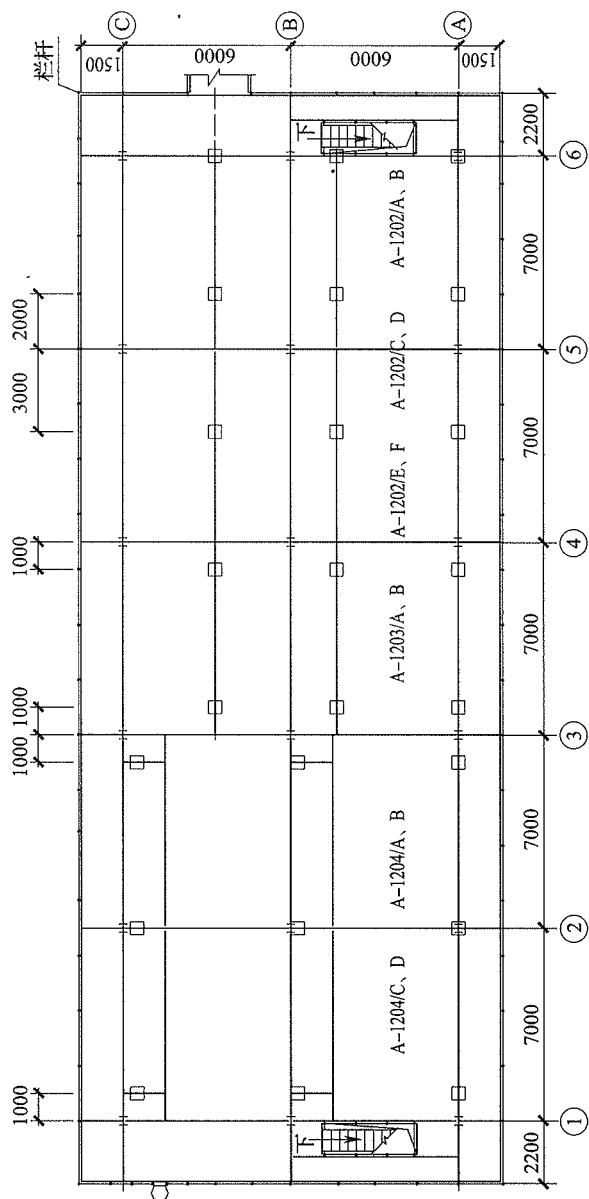


图 3 构-1 标高 23.00m 平台

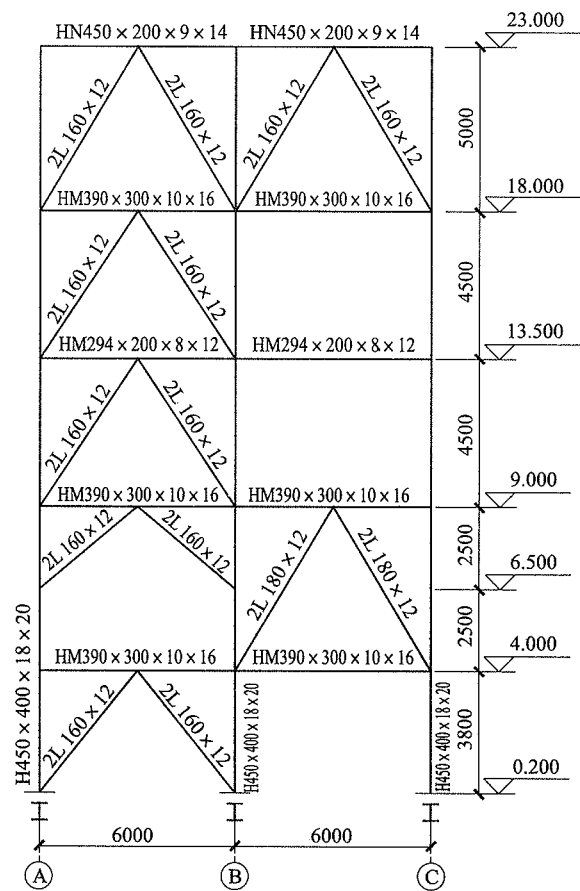


图 4 构-1①轴线立面

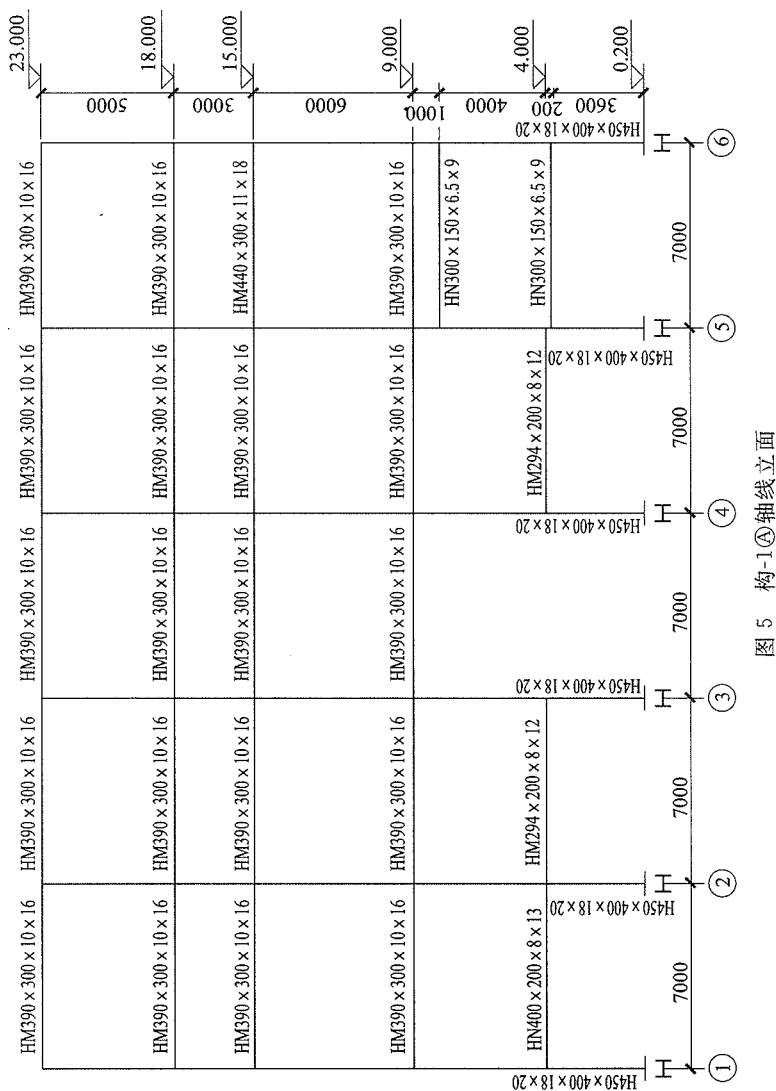


图 5 构-1①轴线立面

风沿 X 向即构架纵向作用时:

结构构件和附件挡风面积计算见表 3~表 8:

表 3 构-1①轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	$(9-0)/2 \times 0.4 \times 3 = 5.4$	$12 \times 0.39 = 4.68$	$0.16 \times 5 + 0.18 \times 5.83 = 1.85$	0	$7.5 \times 0.26 = 1.95$	$9/2 \times 1.0 = 4.5$	18.38
9.00	5.7	6.045	3.161	0	4.03	4.75	23.686
13.50	5.4	3.528	1.728	0	1.96	4.5	23.386
18.00	5.7	6.045	2.73	0	4.03	4.75	23.255
23.00	3	6.75	1.866	0	3.9	2.5	18.016
合计							106.723

表 4 构-1②轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	5.4	4.68	0.8	0	2.158	0.4	13.438
9.00	5.7	6.045	3.36	0	0	0.45	15.555
13.50	5.4	3.528	1.728	0	1.56	0.45	12.666
18.00	5.7	6.045	2.73	0	0	0	14.475
23.00	3	5.85	1.866	0	0	0	10.716
合计							66.85

表 5 构-1③轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	5.4	4.68	2.723	0	0	0	12.803
9.00	5.7	6.045	2.963	0	0	0	14.708
13.50	5.4	3.528	1.728	0	0	0	10.656
18.00	5.7	6.045	2.73	0	0	0	14.475
23.00	3	5.85	1.866	0	0	0	10.716
合计							63.358

表 6 构-1④轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	5.4	4.68	2.723	0	0	0	12.803
9.00	5.7	6.82	2.963	0	0	0	15.483
13.50	5.4	3.528	1.728	0	0	0	10.656
18.00	5.7	6.045	2.73	0	0	0	14.475
23.00	3	6.75	1.866	0	0	0	11.616
合计							65.033

表 7 构-1⑤轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	5.4	4.68	2.723	0	3.12	0.4	16.323
9.00	5.7	9.114	2.963	0	0	0	17.777
13.50	5.4	3.528	1.728	0	0	0	10.656
18.00	5.7	6.045	2.73	0	0	0	14.475
23.00	3	6.75	1.866	0	0	0	11.616
合计							70.847

表 8 构-1⑥轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	5.4	4.68	1.85	0	3.12	4.5	19.55
9.00	5.7	6.82	3.161	0	4.03	4.75	24.461
13.50	5.4	3.528	1.728	0	1.56	4.5	16.716
18.00	5.7	6.045	2.73	0	4.03	4.75	23.255
23.00	3	6.75	1.866	0	3.9	2.5	18.016
合计							101.998

按整体计算法计算 X 向风荷载:

从以上六个表看出: X 向总挡风面积 474.809m²。两个边跨由于有梯子和栏杆,明显比其他跨大,两跨相差很小,这个例子中①轴线 106.723m²最大。N=6, S=7m, B=15.5m, S/B=0.45, 挡风系数 $\phi=106.723/23/15.5=0.3$ 。

查表得 $\mu_{sw}=4.133$ 。遮挡折减系数 $=4.133 \times 106.723/1.3/474.809=0.715$, 表示构架考虑遮挡的风荷载是不考虑遮挡的 71.5%。

现行行业标准《石油化工钢结构冷换框架设计规范》SH/T 3077—2012 附录 A 中,挡风面积折减仅考虑跨数影响未考虑挡风系数的影响,梁柱挡风面积折减 $\frac{1-0.95^n}{1-0.95} \frac{1}{n}=0.883$, 斜撑折减 $\frac{1-0.9^n}{1-0.9} \frac{1}{n}=0.781$ 。

标高 9.00m、18.00m、23.00m 三层平台均为花纹钢板应考虑折减:

标高 9.00m: $\eta_t=1-0.2(A_t/A_s)=1-0.2(6.045/23.686)=0.949$

标高 18.00m: $\eta_t=1-0.2(A_t/A_s)=1-0.2(6.045/23.255)=0.948$

标高 23.00m: $\eta_t=1-0.2(A_t/A_s)=1-0.2(6.75/18.016)=0.925$

估算同场地同设备情况 1 跨~4 跨的结构构件和附件挡风面积的折减:

1 跨: N=2, S/B=0.45, $\phi=0.3$, 查表得 $\mu_{sw}=2.012$ 。①⑥轴总挡风面积 208.721m²。遮挡折减系数 $=2.012 \times 106.723/1.3/208.721=0.791$ 。

2 跨: N=3, S/B=0.45, $\phi=0.3$, 查表得 $\mu_{sw}=2.546$ 。①②⑥轴总挡风面积 275.571m²。遮挡折减系数 $=2.546 \times 106.723/1.3/275.571=0.758$ 。

3 跨: $N=4, S/B=0.45, \phi=0.3$, 查表得 $\mu_{sw}=3.072$ 。①②⑤
 ⑥轴总挡风面积 346.418m^2 。遮挡折减系数 $=3.072 \times 106.723 / 1.3 / 346.418 = 0.728$ 。

4 跨: $N=5, S/B=0.45, \phi=0.3$, 查表得 $\mu_{sw}=3.595$ 。①②③
 ⑤⑥轴总挡风面积 409.776m^2 。遮挡折减系数 $=3.595 \times 106.723 / 1.3 / 409.776 = 0.72$ 。

风沿 Y 向即构架横向作用时:

结构构件和附件挡风面积计算见表 9~表 11:

表 9 构-1④轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m^2)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	$(9-0)/2 \times 0.45 \times 6 = 12.15$	$7 \times (0.4 + 0.294 \times 2 + 0.3) = 4.956$	0	$9/2 \times 0.32 \times 6 = 8.64$	2.158	$0.94 \times 4/2 \times 2 = 3.76$	31.624
9.00	12.825	17.466	0	9.12	10.244	4.23	53.885
13.50	12.15	15.4	0	8.64	0	0	36.19
18.00	12.825	17.336	0	9.12	10.244	4.7	54.225
23.00	6.75	17.336	0	4.8	10.244	0	39.13
合计							215.054

表 10 构-1⑥轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m^2)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	12.15	2.1	0	0	1.53	8.46	24.24
9.00	12.825	18.152	0	0	0	0	30.977
13.50	12.15	2.1	0	0	2.34	8.46	25.05
18.00	12.825	16.752	0	0	0	0	29.577
23.00	6.75	15.366	0	0	0	4.7	26.816
合计							136.66

表 11 构-1③轴线结构构件和附件挡风面积计算表 (m^2)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
4.00	12.15	20.202	0	6.68	2.158	0	41.19
9.00	12.825	25.866	0	5.4	10.244	4.7	59.035
13.50	12.15	13.65	0	0	0	0	25.8
18.00	12.825	23.766	0	4.8	10.244	4.23	55.865
23.00	6.75	15.366	0	4.8	10.244	0	37.16
合计							219.05

按整体算法计算 Y 向风荷载:

从以上三个表看出: Y 向总挡风面积 570.764m^2 。两个边跨由于有梯子和栏杆, 明显比其他跨大, 大小基本相同, 这个例子中 C 轴线 219.05m^2 最大。 $N=3, S=6\text{m}, B=39.4\text{m}, S/B=0.15$, 挡风系数 $\phi=219.05/23/39.4=0.24$ 。

查表得 $\mu_{sw}=2.717$ 。遮挡折减系数 $=2.717 \times 219.05 / 1.3 / 570.764 = 0.802$, 表示构架考虑遮挡的风荷载是不考虑遮挡的 80.2%。

标高 9.00m、18.00m、23.00m 三层平台均为花纹钢板应考虑折减:

标高 9.00m: $\eta_t = 1 - 0.2(A_t/A_s) = 1 - 0.2(15.366/59.035) = 0.948$

标高 18.00m: $\eta_t = 1 - 0.2(A_t/A_s) = 1 - 0.2(15.366/55.865) = 0.945$

标高 23.00m: $\eta_t = 1 - 0.2(A_t/A_s) = 1 - 0.2(15.366/37.16) = 0.917$

设备和管道风荷载:

表 12 构-1 设备挡风面积计算表(m²)

设备位号	标高 (m)	设备外形 D×L(mm)	隔热层厚 (mm)	横向挡风面积	纵向挡风面积
D-1303	9.00	φ4516×11316	70	$(4.516+0.45+2\times0.07)\times11.316=57.78$	$(4.516+0.45+0.14)^2\times\pi/4=20.47$
E-1204	9.00	φ420×6859	0	5.97	0.59
D-1202	9.00	φ2424×7724	70	23.28	7.13
D-1201	9.00	φ2444×7744	70	23.28	7.13
D-1106	9.00	φ3316×10316	70	40.29	11.98
D-1806	9.00	φ3316×10316	70	40.29	11.98
E-1301	18.00	φ428×5660	0	4.97	0.61
E-1302	18.00	φ536×7433	0	7.33	0.76
E-1110	18.00	φ828×7845	0	10.03	1.28
E-1107	18.00	φ840×4500	0	5.81	1.31
E-1807	18.00	φ840×4500	0	5.81	1.31
E-1201	18.00	φ1028×8114	0	11.99	1.71
E-1202A	18.00	φ1348×6860	0	12.33	2.54
E-1202B	18.00	φ1348×6860	0	12.33	2.54
A-1204/ A~D	23.00	11500×6000 ×5017(h)	0	40.45	21.1
A-1203/ A、B	23.00	8700×5000 ×4507(h)	0	26.16	15.04
A-1202/ A~F	23.00	8700×5000 ×4520(h)	0	26.27	15.1
合计					

表 13 构-1 各层设备挡风面积计算表(m²)

标高(m)	设备位号	设备横向挡风面积	设备纵向挡风面积	管道挡风 面积
9.00	D-1303、1202、1201、 1106、1806、E-1204	190.89	59.28	19.1
18.00	E-1301、1302、1110、 1107、1807、1201、 1202A、1202B	70.6	12.06	7.1
23.00	A-1204/A~D, 1203/A、B、1202/A~F	40.45+26.27 =66.72	21.1×2+15.04 ×2+15.1×2 =102.48	10.2

按整体计算法计算时,设备和管道风荷载折减系数:

X向: $\eta_e=\exp[-1.4(\mu_{sw}\phi)^{1.5}]=\exp[-1.4(4.133\times0.3)^{1.5}]=0.1447$ 。顶层不折减。

Y向:没有支撑遮挡,也没有设备间相互遮挡,不折减。

表 14 构-1 折减后各层平台设备和管道挡风面积(m²)

标高(m)	X向设备和管道挡风面积	Y向设备和管道挡风面积
9.00	30.39	78.38
18.00	11.24	19.16
23.00	66.72+10.2×0.7/1.3=72.2	102.48+10.2×0.7/1.3=108

空冷考虑遮挡,每层横向总挡风面积不大于最大设备3倍。

标高9.00m最大设备挡风面积三倍=57.78×3=173.34m²

标高18.00m最大设备挡风面积三倍=3×12.33=36.99m²

表 15 构-1 常规方法未折减时各层平台设备和管道挡风面积(m²)

标高(m)	X向设备和管道挡风面积	Y向设备和管道挡风面积
9.00	173.34+19.1=192.44	78.38
18.00	36.99+7.1=44.09	19.16
23.00	66.72+10.2×0.7/1.3=72.2	102.48+10.2×0.7/1.3=108

为方便计算,地面粗糙度取 B 类,基本风压取 $\omega_0 = 1\text{kN/m}^2$, 不考虑风振。

按整体算法考虑折减与常规方便未考虑折减的挡风面积与体型系数乘积比较:

表 16 构-1 X 向风荷载比较表

标高(m)	整体算法			常规方法		
	结构构件和附件	设备和管道	小计	结构构件和附件	设备和管道	小计
4.00	76.00	0.00	76.00	121.30	0.00	121.30
9.00	92.90	21.30	114.20	145.20	134.70	279.90
13.50	105.81	0.00	105.81	120.58	0.00	120.58
18.00	108.67	9.42	118.09	161.87	36.86	198.73
23.00	88.46	120.55	209.01	134.68	120.55	255.23
水平力合计	471.84	151.28	623.11	683.63	292.11	975.74
弯矩合计	6559.09	3134.08	9693.17	9431.06	4648.51	14079.57
实墙比	548/1.3/15.5/23=1.18			876.8/1.3/15.5/23=1.89		

- 注:1 表中水平力合计为各层风荷载的总和(kN);
 2 表中弯矩合计为各层风荷载与本层标高乘积之和(kN·m);
 3 表中的实墙比指构架总挡风面积与轮廓面积的比值,为了比较开放式构架与相同尺寸封闭结挡风面积的比值用,可从另一个方面观察挡风面积计算值的可靠性。

表 17 构-1 Y 向风荷载比较表

标高(m)	整体算法			常规方法		
	结构构件和附件	设备和管道	小计	结构构件和附件	设备和管道	小计
4.00	111.90	0.00	111.90	126.20	0.00	126.20

续表 17

标高(m)	整体算法			常规方法		
	结构构件和附件	设备和管道	小计	结构构件和附件	设备和管道	小计
9.00	152.10	54.90	207.00	187.10	54.90	242.00
13.50	76.70	0.00	76.70	123.86	0.00	123.86
18.00	171.05	15.98	187.04	216.62	15.98	232.60
23.00	118.89	180.25	299.14	172.04	180.25	352.29
水平力合计	630.64	251.14	881.78	825.82	251.14	1076.96
弯矩合计	8665.33	4927.66	13592.99	11716.88	4927.66	16644.54
实墙比	778.8/1.3/39.4/23=0.66			950.8/1.3/39.4/23=0.81		

ASCE《Wind Loads for Petrochemical and Other Industrial Facilities》2012 年版附录 5B 中提供了构架的相对于轮廓面积的极限体型系数:

$$L/B < 1.5 \text{ 时}, C_f = \frac{1}{4} \left(\frac{L}{B} \right)^2 + 1.4$$

$$L/B \geq 1.5 \text{ 时}, C_f = \frac{2}{3} \left(\frac{L}{B} \right) + 0.9$$

本例中 X 向 $L = 39.4\text{m}$, $B = 15.5\text{m}$, $C_f = 2.595$, 最大实墙比 = 1.62

Y 向 $L = 15.5\text{m}$, $B = 39.4\text{m}$, $C_f = 1.439$, 最大实墙比 = 0.9

比较两种计算方法的风荷载:

由于主风向不在正方向,按 B.0.3 条当计算对角风时,取一个主方向构架风荷载与另一个主方向结构构件和附件风荷载的 50% 共同作用。统计见表 18~表 19:

表 18 构-1 两种计算方法的风荷载工况一(X 向为主向)

标高(m)	整体计算法		常规方法	
	X 向	Y 向	X 向	Y 向
4.00	76.00	55.95	121.30	0
9.00	114.20	76.05	279.90	0
13.50	105.81	38.35	120.58	0
18.00	118.09	85.53	198.73	0
23.00	209.01	59.44	255.23	0
水平力合计	623.11	315.32	975.74	0
弯矩合计	9693.17	4332.66	14079.57	0

表 19 构-1 两种计算方法的风荷载工况二(Y 向为主向)

标高(m)	整体计算法		常规方法	
	X 向	Y 向	X 向	Y 向
4.00	38.00	111.90	0	126.20
9.00	46.45	207.00	0	242.00
13.50	52.90	76.70	0	123.86
18.00	54.33	187.04	0	232.60
23.00	44.23	299.14	0	352.29
水平力合计	235.92	881.78	0	1076.96
弯矩合计	3279.54	13592.99	0	16644.54

(2)某焦化装置 SS-4,横向一跨,纵向三跨,共三层见图 6~图 10。挡风面积计算中未计入防火层厚度。

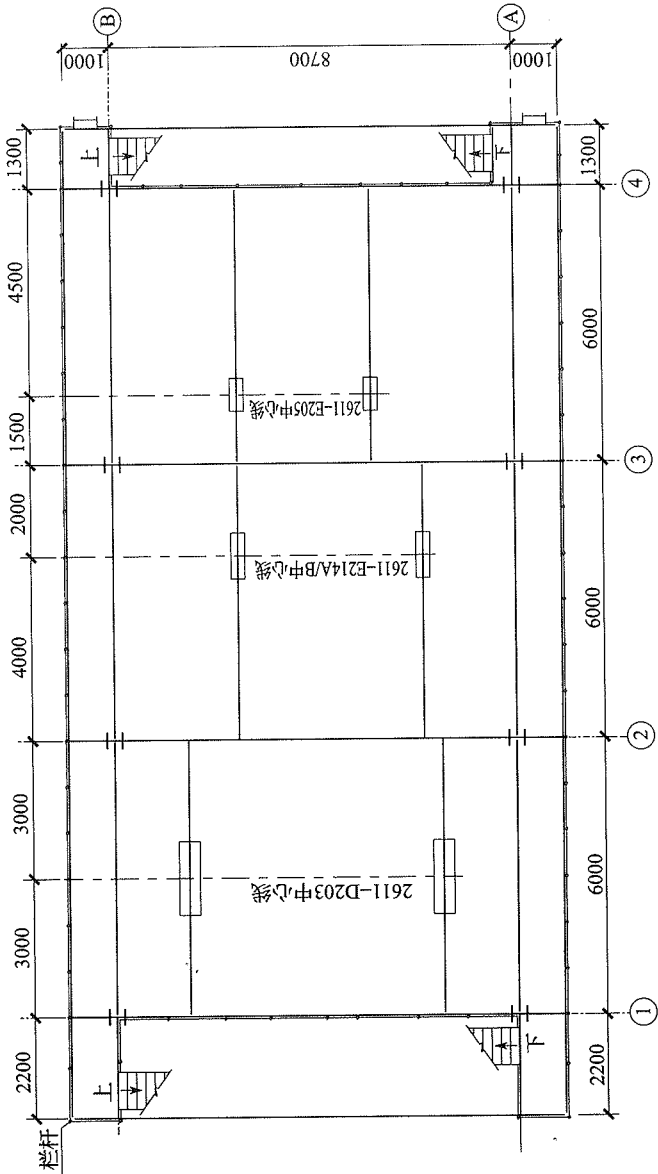


图 6 SS-4 标高 7.30m 平台

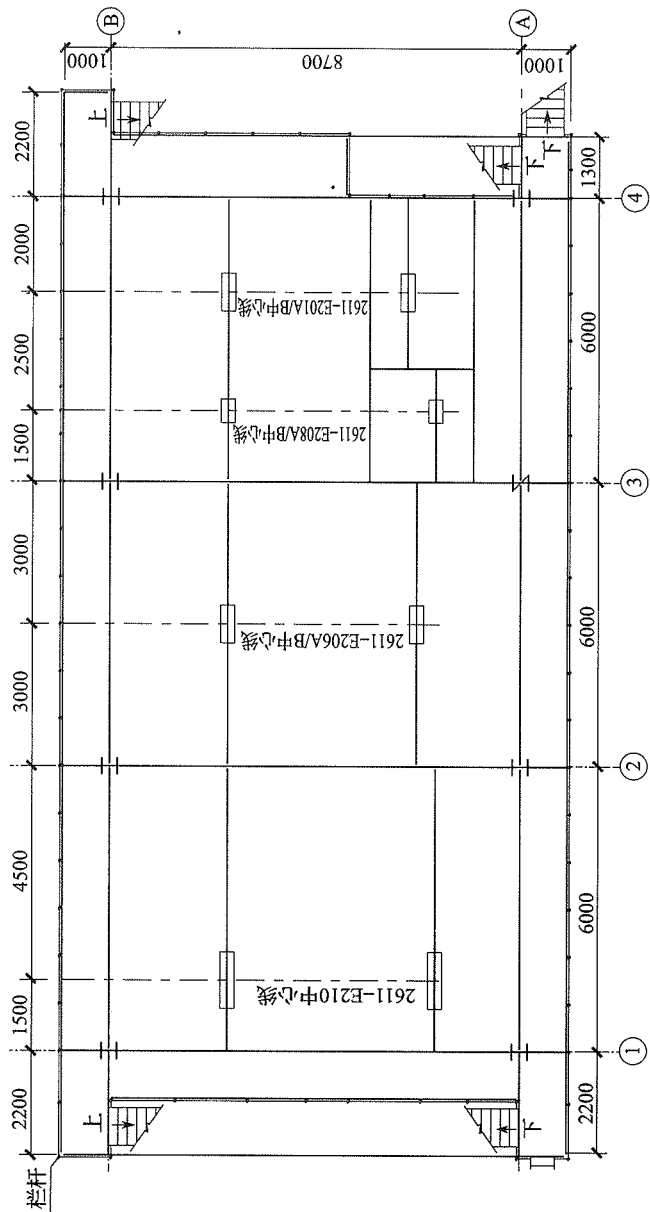


图 7 SS-4 标高 15.00m 平台

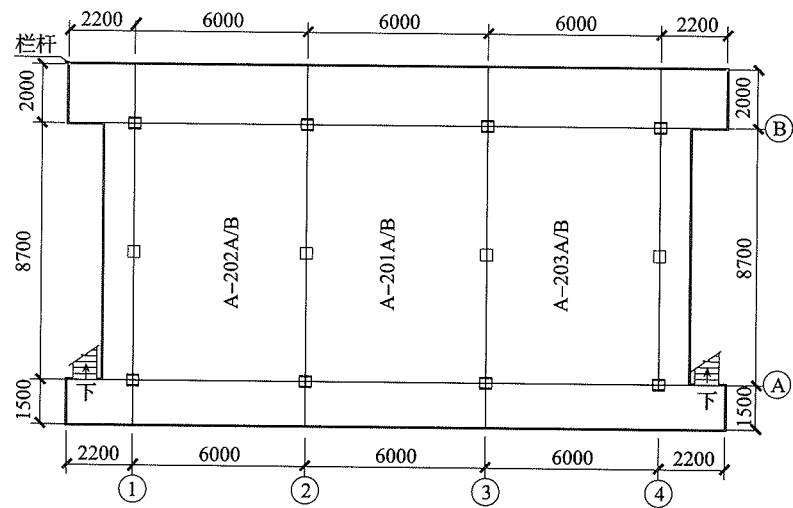


图 8 SS-4 标高 22.500m 平台

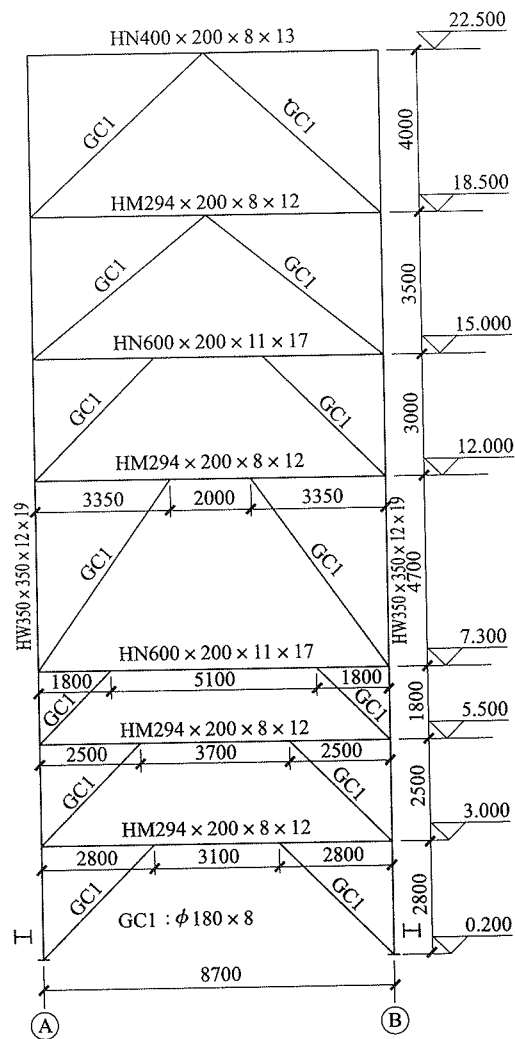


图 9 SS-4①轴线立面

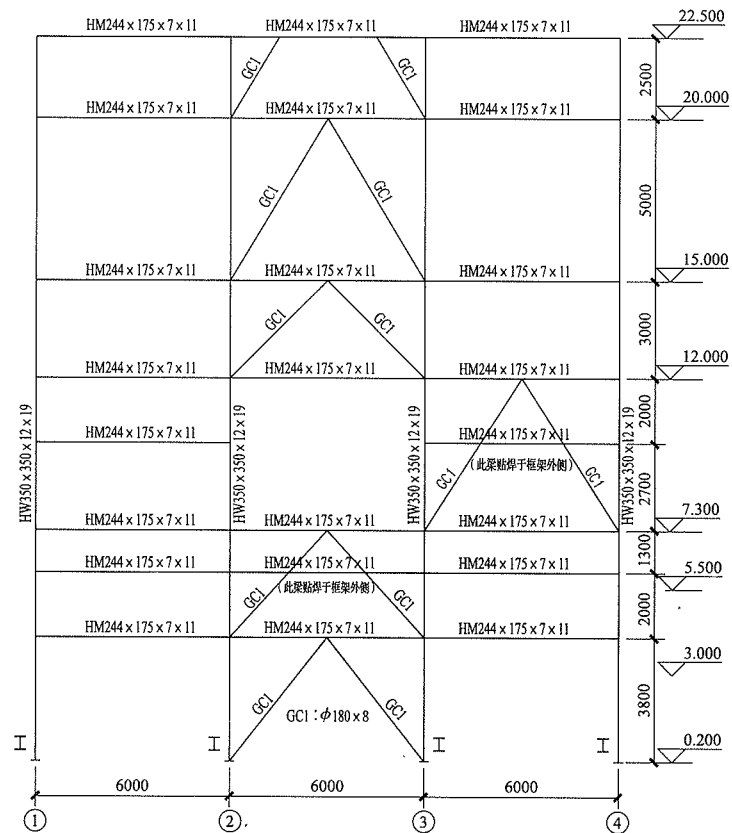


图 10 SS-4④轴线立面

先按常规方法计算:

各轴线结构构件和附件挡风面积计算见表 20~表 25:

表 20 SS-4①轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	2.56	2.55	0.00	1.30	5.00	11.98
7.30	0.81	8.98	1.17	0.00	2.78	2.30	15.50
12.00	1.65	2.56	2.39	0.00	0.52	4.70	10.71
15.00	1.05	6.42	1.53	0.00	2.78	3.00	14.07
18.50	1.23	2.56	1.78	0.00	0.62	3.50	8.87
22.50	1.40	4.88	2.04	0.00	3.17	4.00	14.55
合计							75.67

注:表中钢管支撑挡风面积已折算。

表 21 SS-4②轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	2.56	2.55	1.80	0.00	0.00	6.65
7.30	0.81	6.42	1.17	0.83	0.00	0.00	8.30
12.00	1.65	2.56	2.39	0.00	0.00	0.00	5.49
15.00	1.05	8.98	1.53	1.08	0.00	0.00	11.43
18.50	1.23	2.56	1.78	1.26	0.00	0.00	5.42
22.50	1.40	4.88	2.04	1.44	0.00	0.00	8.15
合计							45.44

表 22 SS-4③轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	2.56	2.55	0.00	0.00	0.00	5.68
7.30	0.81	6.42	1.17	0.00	0.00	0.00	7.86
12.00	1.65	2.56	2.39	0.00	0.00	0.00	5.49
15.00	1.05	8.98	1.53	0.00	0.00	0.00	10.85
18.50	1.23	2.56	1.78	0.00	0.00	0.00	4.74
22.50	1.40	4.88	2.04	0.00	0.00	0.00	7.38
合计							41.99

表 23 SS-4④轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	2.56	2.55	0.00	1.04	5.00	11.72
7.30	0.81	6.42	1.17	0.00	2.78	2.30	12.94
12.00	1.65	2.56	2.39	1.69	0.52	4.70	11.62
15.00	1.05	6.42	1.53	0.00	2.78	3.00	14.07
18.50	1.23	2.56	1.78	0.00	0.62	3.50	8.87
22.50	1.40	4.88	2.04	0.00	3.17	4.00	14.55
合计							73.77

表 24 SS-4⑤轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高(m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	5.03	2.55	2.70	0.00	3.10	12.70
7.30	0.81	9.64	1.17	1.24	5.59	3.10	20.43
12.00	1.65	7.95	2.39	2.54	0.00	2.82	15.07
15.00	1.05	5.95	1.53	1.62	5.82	2.82	17.34
20.00	1.75	5.03	2.55	2.70	0.00	3.76	13.36
22.50	0.88	5.95	1.27	1.35	5.82	3.76	17.82
合计							96.74

表 25 SS-4®轴线结构构件和附件挡风面积计算表(m²)

标高 (m)	柱	梁	平面内 支撑	顺风向 支撑	栏杆	梯子	小计
5.00	1.75	5.03	2.55	0.00	0.00	3.76	11.91
7.30	0.81	9.64	1.17	0.00	5.59	4.42	21.08
12.00	1.65	7.95	2.39	0.00	0.00	4.42	15.31
15.00	1.05	5.95	1.53	0.00	5.82	3.29	16.94
20.00	1.75	5.03	2.55	0.00	0.00	3.29	11.44
22.50	0.88	5.95	1.27	0.00	5.82	0.00	13.34
合计							90.01

设备和管道挡风面积见表 26~表 28:

表 26 SS-4 设备挡风面积计算表(m²)

设备 位号	标高 (m)	设备外径 D(mm)	设备长度 L(mm)	叠放标志	隔热层厚 (mm)	横向 挡风面积	纵向 挡风面积
D203	7.30	2048	8290		80	21.37	5.22
E214A/B	7.30	932	7920	叠放	0	37.53	3.00
E205	7.30	624	5586		0	6.00	0.91
合计						64.90	9.13
E210	15.00	728	7205		0	8.49	1.09
E206A/B	15.00	1140	7800	叠放	0	42.52	3.97
E208A/B	15.00	728	7205	叠放	0	29.10	2.18
E201A/B	15.00	1128	7601	叠放	0	41.12	3.91
合计						121.23	11.15

表 27 SS-4 空冷设备挡风面积计算表(m²)

设备位号	标高 (m)	空冷宽度 (mm)	空冷长度 (mm)	空冷高度 (mm)	横向 挡风面积	纵向 挡风面积
A-202A/B	22.50	8700	6000	4625	27.19	18.75
A-201A/B	22.50	8700	6000	4545	26.49	18.27
A-203A/B	22.50	8700	6000	4515	26.23	18.09
合计					79.91	55.11

空冷考虑遮挡,每层横向总挡风面积不大于最大设备 3 倍。

表 28 SS-4 各层平台设备挡风面积计算表(m²)

标高(m)	设备位号	设备横向 挡风面积	设备纵向 挡风面积	管道 挡风面积
7.30	D203、E214A/B、 205	64.90	9.13	6.49
15.00	E210、206A/B、 208A/B、201A/B	121.23	11.15	12.1
22.50	A-202A/B、 201A/B、203A/B	27.19	55.11	7.99

计算两个方向挡风面积和风荷载:

为方便计算,地面粗糙度取 B 类,基本风压取 $\omega_0 = 1\text{kN/m}^2$,不考虑风振。表 29~表 34 中,水平力以“kN”计,弯矩以“kN·m”计。

表 29 SS-4 常规方法计算的两个方向风荷载

标高 (m)	X 向			标高 (m)	Y 向		
	结构构件 和附件	设备和 管道	小计		结构构件 和附件	设备和 管道	小计
5	46.80	0.00	46.80	5	32.00	0.00	32.00
7.3	58.00	50.00	108.00	7.3	54.00	16.40	70.40
12	45.73	0.00	45.73	12	41.72	0.00	41.72

续表 29

标高 (m)	X 向			标高 (m)	Y 向		
	结构构件 和附件	设备和 管道	小计		结构构件 和附件	设备和 管道	小计
15	74.09	105.37	179.45	15	50.37	25.97	76.34
18.5	43.66	0.00	43.66	20	39.64	0.00	39.64
22.5	73.97	52.16	126.14	22.5	51.65	98.46	150.12
水平力 合计	342.25	207.53	549.78		269.39	140.84	410.22
弯矩 合计	4789.58	3119.23	7908.81		3765.47	2724.76	6490.23
实墙比	492.1/1.3/10.7/22.5=1.57				359.4/1.3/22.4/22.5=0.55		

按附录 B 的方法计算(各挡风面积同上):

风沿 X 向即构架纵向作用时:

采用①轴线做挡风面, $A_s=75.67\text{m}^2$;

$N=4, S=6\text{m}, B=10.7\text{m}, S/B=0.56$, 挡风系数 $\phi=75.67/22.5/10.7=0.314$

查表得 $\mu_{sw}=3.13$ 。

标高 7.30m, 12.00m, 22.50m 三层平台均为花纹钢板挡风面积应考虑折减, 即支承花纹钢板的梁面积打八折:

标高 7.30m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(6.42/15.5)=0.917$

标高 15.00m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(6.42/14.07)=0.909$

标高 22.50m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(4.88/14.55)=0.933$

设备和管道风荷载折减系数:

$\eta_e=\exp[-1.4(\mu_{sw}\phi)^{1.5}]=\exp[-1.4(3.13\times0.314)^{1.5}]=0.2556$ 。顶层无构架遮挡、空冷器间的遮挡已考虑折减, 不再折减。

风沿 Y 向即构架横向作用时:

采用④轴线做挡风面, $A_s=96.74\text{m}^2$;

$N=2, S=8.7\text{m}, B=21.5\text{m}, S/B=0.4$, 挡风系数 $\phi=96.74/22.5/21.5=0.2$

查表得 $\mu_{sw}=2.254$ 。

标高 7.30m, 12.00m, 22.50m 三层平台均为花纹钢板挡风面积应考虑折减:

标高 7.30m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(5.95/20.43)=0.942$

标高 15.00m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(5.95/17.34)=0.931$

标高 22.50m: $\eta_f=1-0.2(A_f/A_s)=1-0.2(5.95/17.82)=0.933$

设备和管道风荷载折减系数:

该方向设备间无相互遮挡, 构架对设备基础无遮挡, 不考虑折减。

计算两个方向挡风面积和风荷载:

同常规计算方法, 地面粗糙度为 B 类, 基本风压为 $\omega_0=1\text{kN/m}^2$, 不考虑风振。

表 30 SS-4 整体计算法计算的两个方向风荷载

标高 (m)	X 向			标高 (m)	Y 向		
	结构构件 和附件	设备和 管道	小计		结构构件 和附件	设备和 管道	小计
5	37.49	0.00	37.49	5	28.63	0.00	28.63
7.3	44.47	12.78	57.25	7.3	43.39	16.40	59.79
12	35.42	0.00	35.42	12	35.89	0.00	35.89

续表 30

标高 (m)	X 向			标高 (m)	Y 向		
	结构构件 和附件	设备和 管道	小计		结构构件 和附件	设备和 管道	小计
15	45.22	26.93	72.15	15	41.10	25.97	67.07
18.5	33.37	0.00	33.37	20	37.08	0.00	37.08
22.5	54.19	52.16	106.36	22.5	47.82	98.46	146.28
水平力 合计	250.16	91.88	342.04		233.91	140.84	374.74
弯矩 合计	3452.11	1671.03	5123.14		3324.53	2724.76	6049.29
实墙比	303.3/1.3/10.7/22.5=0.97				326.59/1.3/22.4/22.5=0.5		

比较 SS-4 两种计算方法的风荷载：

由于主风向不在正方向，按 B.0.3 条当计算对角风时，取一个主方向构架风荷载与另一个主方向结构构件和附件风荷载的 50% 共同作用。统计见表 31 和表 32：

表 31 SS-4 两种计算方法的风荷载工况一(X 向为主向)

标高(m)	整体计算法		常规方法	
	X 向	Y 向	X 向	Y 向
5.00	37.49	14.32	46.80	0
7.30	57.25	21.70	108.00	0
12.00	35.42	17.95	45.73	0
15.00	72.15	20.55	179.45	0
18.50(20.00)	33.37	18.54	43.66	0
22.50	106.36	23.91	126.14	0
水平力合计	342.04	116.95	549.78	0
弯矩合计	5123.14	1662.26	7908.81	0

表 32 SS-4 两种计算方法的风荷载工况二(Y 向为主向)

标高(m)	整体计算法		常规方法	
	X 向	Y 向	X 向	Y 向
5.00	18.75	28.63	0	32.00
7.30	22.24	59.79	0	70.40
12.00	17.71	35.89	0	41.72
15.00	22.61	67.07	0	76.34
20.00(18.00)	16.69	37.08	0	39.64
22.50	27.10	146.28	0	150.12
水平力合计	125.08	374.74	0	410.22
弯矩合计	1726.06	6049.29	0	6490.23

(3) 比较两个构架两种计算方法的风荷载计算值。

先比较两种计算方法各方向各单项风荷载计算值：

表 33 两种计算方法各向各单顶风荷载计算值比较表

构架	计算方法	X 向				Y 向			
		结构 构件和 附件	设备和 管道	总水平 力小计	弯矩 小计	结构 构件和 附件	设备和 管道	水平力 小计	弯矩 小计
构-1	常规方法	683.6	292.1	975.7	14079.6	825.8	251.1	1077.0	16644.5
	整体 计算法	471.8	151.3	623.1	9693.2	630.6	251.1	881.8	13593.0
	折减率	69.0%	51.8%	63.9%	68.8%	76.4%	100.0%	81.9%	81.7%
SS-4	常规方法	342.3	207.5	549.8	7908.8	269.4	140.8	410.2	6490.2
	整体 计算法	250.2	91.9	342.0	5123.1	233.9	140.8	374.7	6049.3
	折减率	73.1%	44.3%	62.2%	64.8%	86.8%	100.0%	91.4%	93.2%

注：表中折减率指整体计算法计算的各单项风荷载与常规方法各单项风荷载的比值。

再比较两种计算方法组合时各主向总风荷载:

表 34 两种组合采用的总风荷载比较表

构架	组合		整体算法		常规方法	
			X 向	Y 向	X 向	Y 向
构-1	X 向为主向	总水平力	623.11	315.32	975.74	0
		总弯矩	9693.17	4332.66	14079.57	0
		总水平力比值	63.86%	29.28%		
		总弯矩比值	68.85%	26.03%		
	Y 向为主向	总水平力	235.92	881.78	0	1076.96
		总弯矩	3279.54	13592.99	0	16644.54
		总水平力比值	24.18%	81.88%		
		总弯矩比值	23.29%	81.67%		
SS-4	X 向为主向	总水平力	342.04	116.95	549.78	0
		总弯矩	5123.14	1662.26	7908.81	0
		总水平力比值	62.21%	28.51%		
		总弯矩比值	64.78%	25.61%		
	Y 向为主向	总水平力	125.08	374.74	0	410.22
		总弯矩	1726.06	6049.29	0	6490.23
		总水平力比值	22.75%	91.35%		
		总弯矩比值	21.82%	93.21%		

注:表中水平力与弯矩的比值均指与同方向常规方法计算值的比值。

从上面两个表可以看出:

(1)随着榀数增加,整体算法计算的结构构件和附件的承受的风荷载与常规方法计算值之比逐渐减小,表示遮挡相应加大,比值从单跨的 86.8%减小到五跨的 69%。

(2)设备和管道挡风面积的折减很大,除顶层和横向风不考虑遮挡外,整体算法计算的设备和管道挡风面积与各设备挡风面积总和之比很小,上述两构架五跨时为 0.1447、三跨时为 0.2556,比值也随跨数减少而增加,但比值较小。上述两构架 X 向的设备和管道总风荷,折减后与未折减的比值也小于 55%。

(3)按整体算法计算时,上述两构架 Y 向风荷载是常规方法 Y 向的 80%~95%,同时作用的 X 向风荷载是常规方法 X 向的 20%~30%,整体算法计算的 Y 向风荷载对结构的影响与常规方法基本相同。

(4)按整体算法计算时,上述两构架 X 向风荷载是常规方法 X 向的 60%~70%,同时作用的 Y 向风荷载是常规方法 Y 向的 30%左右,整体算法计算的 X 向风荷载对结构的影响略小于常规方法。

(5)风沿 X 向作用时,结构和设备的遮挡现象明显,采用本规范附录 B 的方法计算风荷载时能够适当考虑遮挡对结构的影响,相比常规方法更符合实际情况。

(6)整体算法计算简便。整体算法每个方向只需计算一榀构架的挡风面积,而常规计算方法需计算构架的每一榀,整体算法降低工作量 50%以上,像构-1,2 跨×5 跨,整体算法是常规方法工作量的 2/7。

B.0.3 风沿构架正方向作用时,结构构件和设备的遮挡影响本附录计算方法均已考虑,风载有较大折减,结构效应最大的风荷载作用方向已不在正方向,为方便计算,提供本条简化组合方法。