

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2014]189号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1总则;2术语和符号;3基本规定;4荷载与作用;5结构体系;6结构分析;7驱动与轨道系统;8控制系统;9防腐蚀与防火;10制作、安装、调试与验收;11使用与维护。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国建筑设计研究院有限公司(地址:北京市西城区车公庄大街19号,邮编:100044)。

本标准主编单位:中国建筑设计研究院有限公司  
哈尔滨工业大学

本标准参编单位:同济大学  
浙江大学  
北京交通大学  
北京工业大学  
天津大学  
中国建筑科学研究院有限公司  
机械科学研究总院集团有限公司  
北京市建筑设计研究院有限公司  
上海建筑设计研究院有限公司  
中信建筑设计研究总院有限公司

中冶京诚工程技术有限公司  
浙江精工钢结构集团有限公司  
江苏沪宁钢机股份有限公司  
上海栎汇铨杰工程技术有限公司  
上海海珀联动力技术有限公司  
上海太阳膜结构有限公司  
河北粤华装饰工程有限公司

本标准主要起草人员：范重 范峰 陈以一 杨庆山  
赵阳 刘中华 彭翼 张毅刚  
陈志华 田玉基 温四清 程书华  
唐泳 甘明 徐晓明 宋涛  
胡纯炀 高继领 赵然 顾昉  
明翠新 姜学宜 魏华强

本标准主要审查人员：董石麟 刘树屯 傅学怡 冯远  
王立军 金新阳 顾磊 于革刚  
智浩

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	5
3	基本规定	8
3.1	一般规定	8
3.2	屋盖开合方式	9
3.3	开合屋盖设计性能指标	9
4	荷载与作用	11
4.1	一般规定	11
4.2	永久荷载与活荷载	11
4.3	雪荷载	11
4.4	风荷载	12
4.5	温度作用	13
4.6	地震作用	15
4.7	活动屋盖运行荷载	15
4.8	偶然事故荷载	16
4.9	荷载组合	17
5	结构体系	19
5.1	一般规定	19
5.2	活动屋盖结构	19
5.3	支承结构	20
5.4	围护结构	21
6	结构分析	22
6.1	一般规定	22

6.2	静力分析	22
6.3	稳定性分析	23
6.4	抗震分析	24
7	驱动与轨道系统	25
7.1	一般规定	25
7.2	驱动系统计算	26
7.3	轮式驱动系统	28
7.4	钢丝绳驱动系统	29
7.5	齿轮齿条驱动系统	30
7.6	链条链轮驱动系统	30
7.7	液压驱动系统	31
7.8	台车和轨道	31
7.9	其他主要机械装置	32
8	控制系统	34
8.1	一般规定	34
8.2	控制系统	34
8.3	安全应急保障措施	36
9	防腐蚀与防火	37
9.1	防腐蚀	37
9.2	防火	37
10	制作、安装、调试与验收	39
10.1	一般规定	39
10.2	加工制作与出厂检验	39
10.3	轨道和活动屋盖安装与调试	40
10.4	工程验收	42
11	使用与维护	45
11.1	一般规定	45
11.2	运行管理	45
附录 A	活动屋盖基本开合方式	47
附录 B	围护结构局部风压系数极值的计算方法	50

附录 C 主体结构等效静力风压系数的计算方法 .....	57
附录 D 活动屋盖操作指南 .....	60
本标准用词说明 .....	62
引用标准名录 .....	63

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	5
3	Basic Requirements .....	8
3.1	General Requirements .....	8
3.2	Moving Patterns of Retractable Roof .....	9
3.3	Performance Indexes of Retractable Roof Design .....	9
4	Loads and Actions .....	11
4.1	General Requirements .....	11
4.2	Permanent Load and Live Load .....	11
4.3	Snow Load .....	11
4.4	Wind Load .....	12
4.5	Thermal Action .....	13
4.6	Earthquake Action .....	15
4.7	Operational Load of the Retractable Roof .....	15
4.8	Accidental Load .....	16
4.9	Combination of Loads .....	17
5	Structural System .....	19
5.1	General Requirements .....	19
5.2	Moving Roof .....	19
5.3	Supporting Structure .....	20
5.4	Envelope Structure .....	21
6	Structural Analysis .....	22
6.1	General Principles .....	22

6.2	Static Analysis	22
6.3	Stability Analysis	23
6.4	Seismic Analysis	24
7	Driving and Rail Systems	25
7.1	General Requirments	25
7.2	The Calculation of Drive System	26
7.3	Self-driving Wheels System	28
7.4	Cable-traction Driving System	29
7.5	Rack and Pinion Driving System	30
7.6	Chain and Sprocket Driving System	30
7.7	Hydraulic Power System	31
7.8	Trolley and Rail	31
7.9	Other Major Mechanical Devices	32
8	Control System	34
8.1	General Requirements	34
8.2	Control System	34
8.3	Emergency Measures for Safety	36
9	Anticorrosion and Fire Protection	37
9.1	Anticorrosion Design	37
9.2	Fire Protection Design	37
10	Fabrication, Installation, Adjustment and Acceptance	39
10.1	General Requirements	39
10.2	Fabrication and Factory Inspection	39
10.3	Operation and Comissioning of Rail and Moving Roof	40
10.4	Acceptance of Engineering	42
11	Operation and Maintance	45
11.1	General Requirements	45
11.2	Operation Management	45
Appendix A Typical Moving Patterns of Retractable		

	Roofs .....	47
Appendix B	Calculation Method of Local Wind Pressure Coefficient of the Building Envelope .....	50
Appendix C	Calculation Method of the Equivalent Static Pressure Coefficient of the Main Structure .....	57
Appendix D	Operating Guidance of Moving Roof .....	60
	Explanation of Wording in This Standard .....	62
	List of Quoted Standards .....	63

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用



# 1 总 则

**1.0.1** 为在开合屋盖结构设计、施工、验收及维护中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于开合屋盖结构及驱动控制系统的设计、施工、验收及维护。

**1.0.3** 开合屋盖结构设计时，应根据建筑形式和使用功能，选用合理的结构体系、开合方式以及与之相适应的驱动控制系统，确保活动屋盖开闭运行可靠，便于维护。

**1.0.4** 开合屋盖结构的设计、施工、验收及维护，除应符合本标准外，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 开合屋盖结构 retractable roof structure

通过移动部分或整体屋盖实现屋顶开启或闭合的结构，建筑物可在室内空间与室外环境之间相互转换。

#### 2.1.2 活动屋盖 moving roof structure

开合屋盖结构中屋盖可移动的部分，由一个或多个单元组成。

#### 2.1.3 固定屋盖 fixed roof structure

开合屋盖结构中屋盖不可移动的部分。

#### 2.1.4 支承结构 support structure

支承活动屋盖的结构，通常为下部支承体系或固定屋盖。

#### 2.1.5 开合屋盖结构的基本状态 fundamental state of retractable roof structure

活动屋盖的常驻位置，应根据建筑使用功能确定。

#### 2.1.6 开合屋盖结构的非基本状态 nonfundamental state of retractable roof structure

开合屋盖结构除基本状态和活动屋盖运行状态之外的状态。

#### 2.1.7 常闭状态 frequently closed state

在开合屋盖结构设计使用年限内，活动屋盖以全闭状态为主，建筑物通常作为室内空间使用。

#### 2.1.8 常开状态 frequently open state

在开合屋盖结构设计使用年限内，活动屋盖以全开状态为主，建筑物通常作为露天场地使用。

#### 2.1.9 开启率 opening ratio

活动屋盖处于全开状态时，开口投影面积与整体屋盖投影面

积比值的百分率。

**2.1.10 开合方式 retractable pattern**

活动屋盖单元开启与闭合运动的方式，包括平行移动、绕枢轴转动、折叠移动等基本方式及其组合。

**2.1.11 沿平行轨道移动 moving along parallel tracks**

活动屋盖单元沿若干互相平行轨道移动的开合方式，根据轨道的形状和设置方向，可分为水平移动、空间移动和竖直移动。

**2.1.12 绕枢轴转动 moving around pivot**

活动屋盖单元绕枢轴旋转移动的开合方式，根据枢轴设置的方向，可分为绕竖向枢轴转动和绕水平枢轴转动。

**2.1.13 折叠移动 moving by folding**

通过柔性屋面材料的折叠或卷绕实现屋面开启与闭合，可分为水平折叠、空间折叠和放射状折叠三种方式。

**2.1.14 等效服役年限 equivalent working life**

活动屋盖在建筑服役期内处于非基本状态或运行状态的总计时间。

**2.1.15 等效静力风荷载 equivalent static wind load**

根据随机振动理论计算分析结构的风振响应，按照风振响应极值等效的原则得到的静力风荷载值。

**2.1.16 太阳辐射吸收系数 absorbing coefficient of solar radiation**

材料吸收的太阳辐射能与投射到材料表面的太阳辐射能的比值，是衡量材料吸收太阳辐射照度的性能指标。

**2.1.17 合拢温度 closure temperature**

分段施工的主体结构连接为整体或形成约束时的环境温度。

**2.1.18 活动屋盖运行荷载 moving load of the retractable roof**

活动屋盖运行过程中产生的荷载，包括运行阻力、水平推力和制动惯性力等。

**2.1.19 刚性折叠结构 rigid folding structure**

活动屋盖结构由若干刚性组件构成，通过各组件的相对运

动，实现屋盖的开启与闭合。

#### **2.1.20 柔性折叠结构 flexible folding structure**

活动屋盖结构采用索膜结构，依靠膜材的收纳与展开实现屋盖的开启与闭合。

#### **2.1.21 驱动系统 driving system**

驱动活动屋盖运行的动力装置以及其他相关机械设备的统称。

#### **2.1.22 台车 trolley**

支承活动屋盖在轨道上运行的装置，通常由车架、车轮、导向轮及反钩轮等组成，根据是否安装驱动装置可分为驱动台车和从动台车；根据承重轮的数量可分为单轮台车和多轮台车；根据承重轮轨道的数量可分为单轨台车和双轨台车。

#### **2.1.23 轨道 rail**

直接支承活动屋盖台车车轮，引导台车行走的部件。

#### **2.1.24 控制系统 control system**

实现活动屋盖运行的电气控制系统，包括动作顺序控制、速度控制、同步性控制、紧急制动控制及安全报警等。

#### **2.1.25 轮式驱动 self-driving wheels**

将驱动装置安装于台车之上，直接驱动车轮旋转，利用车轮与轨道之间的摩擦力驱动台车行走。

#### **2.1.26 钢丝绳驱动 cable-traction driving**

通过卷扬机的卷筒缠绕钢丝绳牵引活动屋盖行走，卷扬机可设置在固定位置或活动屋盖之上。

#### **2.1.27 齿条齿轮驱动 rack and pinion driving**

利用齿轮与齿条之间的啮合力驱动活动屋盖运行，可将齿条安装于支承结构，在活动屋盖或台车上设置齿轮驱动装置；或将齿条安装于活动屋盖，在支承结构上设置齿轮驱动装置。

#### **2.1.28 链条链轮驱动 chain and sprocket driving**

利用链轮与链条的啮合作用驱动活动屋盖运行，可将链条沿轨道固定，在活动屋盖或台车上设置链轮驱动装置；或将链轮驱

动装置固定，由环形链条系统牵引活动屋盖运行。

### 2.1.29 液压驱动 hydraulic power

电动机驱动油泵产生流体动力，通过油缸等液压元件的伸缩运动实现活动屋盖的开启与闭合。

### 2.1.30 锁定装置 locking device

活动屋盖处于全开状态、全闭状态以及紧急制动时，所需的固定装置。

### 2.1.31 缓冲限位装置 buffer limit device

设置在活动屋盖开启或闭合行程终点位置的装置，具有缓冲与限位作用，避免活动屋盖超行程运行或发生刚性碰撞，保证结构安全。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 荷载与作用

$C_{pe}$ ——局部风压系数极值；

$C_{pi}$ ——内压系数；

$T_{0,max}$ ——结构最高初始平均温度；

$T_{0,min}$ ——结构最低初始平均温度；

$T_r$ ——太阳辐射引起的钢结构表面温升值；

$w_0$ ——基本风压；

$w_k$ ——风压标准值；

$\mu_{H1}$ ——开合屋盖平均高度处的风压高度变化系数；

$\mu_{pe}$ ——等效静力风压系数。

### 2.2.2 荷载组合

$S_{SGk}$ ——支承结构的永久荷载效应值；

$S_{RGk_j}$ ——第  $j$  个活动屋盖单元在特定位置时的永久荷载效应值；

$S_{Q_{ik}}$ ——按第  $i$  个可变荷载  $Q_{ik}$  计算的荷载效应值，其中  $S_{Q_{1k}}$  为诸可变荷载效应中起控制作用者；

$r_G$ ——永久荷载分项系数；

- $r_{Q_i}$ ——第  $i$  个可变荷载分项系数；  
 $r_{L_i}$ ——第  $i$  个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数；  
 $\psi_{c_i}$ ——第  $i$  个可变荷载  $Q_i$  的组合值系数；  
 $m$ ——开合屋盖活动单元数量。

### 2.2.3 驱动控制系统

- $F_C$ ——台车的自重；  
 $F_D$ ——活动屋盖运行所需的总驱动力；  
 $F_j$ ——稳态运行阻力；  
 $F_O$ ——台车支承的荷载；  
 $\Sigma F_a$ ——所有台车的坡道阻力之和；  
 $\Sigma F_m$ ——所有台车的摩擦阻力之和；  
 $\Sigma F_q$ ——所有台车的曲线运行附加阻力之和；  
 $P_{\max}$ ——开合屋盖运行最大撞击力；  
 $P_{ct}$ ——活动屋盖以额定速度冲击缓冲器时的撞击力；  
 $P_D$ ——活动屋盖驱动总功率；  
 $P_{Dv}$ ——单台驱动装置的驱动功率；  
 $P_S$ ——单侧轨道承受的横向推力；  
 $\Sigma P_i$ ——轨道受横向推力一侧的最不利轮压之和；  
 $C_f$ ——考虑车轮轮缘与轨顶侧面摩擦或牵引供电电缆等的附加摩擦阻力系数；  
 $f_k$ ——车轮沿轨道的滚动摩擦力臂；  
 $i_1$ ——减速机的传动比；  
 $i_2$ ——中间传动机构的传动比；  
 $v$ ——台车运行速度；  
 $\lambda$ ——水平横向荷载系数；  
 $\varphi$ ——活动屋盖运行冲击系数；  
 $\phi_C$ ——活动屋盖撞击动力系数；  
 $\mu$ ——车轮轴承摩擦阻力系数；  
 $\xi$ ——曲线运行附加阻力系数；  
 $\eta_1$ ——电动机的效率；

$\eta_2$ ——减速机的传动效率；

$\eta_3$ ——中间传动机构效率；

$\eta_4$ ——末端驱动机构效率。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 活动屋盖结构形式和驱动系统的选择应与建筑造型及支承结构相协调。

**3.1.2** 开合屋盖的开启率应根据建筑使用功能、工程造价、技术可靠性等因素综合确定。开合屋盖宜采用合理的开启率，并应选用自重轻、经济性好的活动屋盖形式，中小型建筑可采用开启率较大或全部开启的方式。屋盖开启率 $\alpha$ 应按下式计算：

$$\alpha = \frac{A}{A_0} \times 100\% \quad (3.1.2)$$

式中： $A_0$ ——整体屋面的投影面积；

$A$ ——活动屋盖所覆盖开口的投影面积。

**3.1.3** 根据建筑使用情况，可将开合屋盖的全开或全闭状态作为结构设计的基本状态，也可将全开和全闭状态均作为结构设计的基本状态。基本状态、非基本状态以及活动屋盖运行移动状态应进行相应的承载能力极限状态设计与正常使用极限状态验算。

**3.1.4** 开合屋盖设计时，荷载与作用应符合现行国家标准的规定和本标准的要求。

**3.1.5** 在任何荷载作用下，活动屋盖与支承结构、活动屋盖各部分之间严禁发生碰撞，且在任何运行状态下不应出现阻碍活动屋盖正常运行的变形。

**3.1.6** 开合屋盖的声学效果应根据建筑声学环境要求分别对全开状态与全闭状态进行声学设计。当声学效果不满足使用功能要求时，应采取吸声或隔声措施。

**3.1.7** 开合屋盖建筑应根据其使用要求，制定相应的开合屋盖使用与维护管理规定。



## 3.2 屋盖开合方式

- 3.2.1 开合屋盖的开合方式应根据建筑使用功能、建筑外形、建造成本、运营管理方式等综合确定。
- 3.2.2 活动屋盖基本开合方式应符合本标准附录 A 的规定。
- 3.2.3 活动屋盖可由多个单元构成，各单元可采用基本开合方式或基本开合方式的组合。

## 3.3 开合屋盖设计性能指标

### I 基本控制指标

- 3.3.1 开合屋盖结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定。当活动屋盖跨度大于 60m 或悬挑长度大于 20m 时，整体结构的安全等级应为一级。
- 3.3.2 开合屋盖结构的基本风压与基本雪压的取值，对基本状态应按 100 年重现期采用；对非基本状态应按 50 年重现期采用。
- 3.3.3 台车与活动屋盖之间连接部件的承载力，以及台车与支承结构之间锁定装置的承载力，均应高于相邻构件的承载力。
- 3.3.4 台车等驱动系统部件几何尺寸及其与周边部件的间隙应满足台车运行安全的要求。

### II 变形控制指标

- 3.3.5 轨道梁在活动屋盖运行过程中产生的变形不应超过活动屋盖驱动系统的容许变形值。当无具体规定时，轨道梁挠度不应大于其跨度的  $1/800$ ，且不应大于 15mm。轨道在相邻台车之间的变形差不宜大于台车间距的  $1/1000$ ，且不应大于 10mm。

### III 抗震性能指标

- 3.3.6 开合屋盖的结构构件、驱动系统部件的抗震性能指标应

根据设防烈度、场地条件、结构类型、结构规则性、结构构件的重要性、活动屋盖状态以及震后修复难易程度确定，并应分别进行多遇地震、设防烈度地震与罕遇地震作用下的验算。

**3.3.7** 直接支承活动屋盖轨道的桁架、轨道梁、轨道、台车及与支承结构相邻的节点和构件，在罕遇地震作用下不应屈服。

#### IV 开合驱动控制系统性能指标

**3.3.8** 驱动系统机械部件的设计使用年限不宜小于 25 年，控制系统主要元件的设计使用年限不宜小于 10 年。

**3.3.9** 活动屋盖的年开合运行次数和开合运行速度应根据建筑使用要求与综合技术经济性确定。

**3.3.10** 活动屋盖运行的加速度绝对值应根据活动屋盖单元的重量确定，活动屋盖启动和制动时的加速度绝对值宜为  $0.02\text{m/s}^2 \sim 0.10\text{m/s}^2$ 。

**3.3.11** 活动屋盖运行时的机械噪声不宜大于 60dB，当使用要求较高时，噪声不宜大于 50dB，并应满足建筑使用需求和现行国家有关标准的规定。

**3.3.12** 当最大积雪荷载大于  $0.1\text{kN/m}^2$  或最大风速超过  $15\text{m/s}$  或环境温度超过设计允许的温度范围时，不应进行活动屋盖的运行操作。

## 4 荷载与作用

### 4.1 一般规定

4.1.1 活动屋盖宜采用自重轻的结构体系与屋面围护结构，并宜减少活动屋盖的附加荷载。

4.1.2 开合屋盖结构应按活动屋盖全开、全闭状态确定荷载与作用，并应考虑活动屋盖运行时的移动荷载以及驱动装置故障引起的偶然作用。

4.1.3 开合屋盖结构构件设计时应采用荷载设计值，按国家现行建筑工程设计标准验算；驱动系统及相关构件设计时，应采用标准值按国家现行机械工程设计标准验算。

### 4.2 永久荷载与活荷载

4.2.1 活动屋盖结构的永久荷载除应包括结构构件自重、屋面系统重量外，尚应包括驱动与控制系统等附属设备的重量。

4.2.2 当活动屋盖处于全开或全闭状态时，均布活荷载可取  $0.3\text{kN/m}^2$ ；当活动屋盖投影面积小于  $100\text{m}^2$  时，均布活荷载宜取  $0.5\text{kN/m}^2$ 。当活动屋盖处于运行状态时，均布活荷载可取  $0.1\text{kN/m}^2$ 。集中检修荷载应取  $1.5\text{kN}$ 。屋面均布活荷载可不与雪荷载或积水荷载同时组合。

4.2.3 建筑屋面应采用合理坡度和有效排水措施。对于局部积水，积水荷载应按最大可能积水深度确定。

### 4.3 雪荷载

4.3.1 开合屋盖屋面积雪分布系数应符合下列规定：

1 应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中适用屋面形式确定；

2 安全等级为一级或体型复杂的开合屋盖，可由试验方法或数值模拟方法确定。

4.3.2 对多雪地区安全等级为一级的开合屋盖结构，可采用相应的除雪、融雪措施，并应考虑融雪过程中雪荷载的不利分布。

#### 4.4 风 荷 载

4.4.1 开合屋盖结构的风荷载应符合下列规定：

1 当建筑物的体型与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的规定类似时，可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定屋盖结构的风压标准值；

2 体型复杂的开合屋盖结构宜进行风洞试验，分别根据本标准第 4.4.3 条、第 4.4.5 条确定屋面围护结构和主体结构的风压标准值。

4.4.2 风洞试验应符合现行行业标准《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338 的有关规定，试验工况除全开与全闭状态外，也可包括活动屋盖运行过程的中间状态。

4.4.3 围护结构的风压标准值可按下式计算：

$$\omega_k = (C_{pe} - C_{pi})\mu_H\omega_0 \quad (4.4.3)$$

式中： $\omega_k$ ——风压标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$C_{pe}$ ——局部风压系数极值，按本标准附录 B 确定；

$C_{pi}$ ——内压系数；屋盖封闭状态下的内压系数按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定；非封闭状态的内压系数可按风洞试验结果确定；

$\mu_H$ ——开合屋盖平均高度处的风压高度变化系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定；

$\omega_0$ ——基本风压 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

4.4.4 围护结构的风荷载从属面积超过  $1\text{m}^2$  时，围护结构局部

风压系数极值应乘以面积折减系数；围护结构风荷载的面积折减系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

**4.4.5** 主体结构的风压标准值可按下式计算：

$$w_k = \mu_{pe} \mu_H w_0 \quad (4.4.5)$$

式中： $\mu_{pe}$ ——等效静力风压系数，按本标准附录 C 确定。

## 4.5 温度作用

**4.5.1** 温度作用应考虑气温变化、太阳辐射及使用条件等因素，活动屋盖结构或构件上的温度作用应采用结构服役期间温度与结构施工合拢温度的差值分析确定。

**4.5.2** 结构或构件的温度作用效应计算时，常用材料的线膨胀系数  $\alpha_T$  可按表 4.5.2 采用。

表 4.5.2 常用材料的线膨胀系数  $\alpha_T$

材 料	线膨胀系数 $\alpha_T$ ( $\times 10^{-6}/\text{C}$ )
普通混凝土	10.0
钢、锻铁、铸铁	12.0
不锈钢	16.0
铝、铝合金	24.0
钢丝束	18.7
钢绞线	13.8
钢丝绳	19.2
钢拉杆	12.0

**4.5.3** 开合屋盖结构宜考虑极端气温的影响，基本气温  $T_{\max}$  和  $T_{\min}$  以及均匀温度作用的标准值可根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定。

**4.5.4** 结构的最高初始平均温度  $T_{0,\max}$  和最低初始平均温度  $T_{0,\min}$  应根据结构合拢或形成约束时的温度确定，或根据施工时结构可能出现的不利温度确定。

4.5.5 对处于室内环境的结构，应考虑使用阶段空气调节方式与屋面保温材料热工性能的影响；对于暴露于室外的结构或施工期间的结构，宜根据各部位的朝向和表面吸热特性确定太阳辐射影响。

4.5.6 太阳辐射引起的钢结构表面的温升值  $T_r$  可按下式确定：

$$T_r = \frac{\rho J}{\alpha_w} \quad (4.5.6)$$

式中： $\rho$ ——结构表面太阳辐射吸收系数，可按照表 4.5.6 确定；

$J$ ——结构所在朝向太阳辐射照度 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )，应按现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 确定；

$\alpha_w$ ——结构表面换热系数 ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ )，应按现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 确定。

表 4.5.6 常用面漆/防火涂料的太阳辐射吸收系数  $\rho$

面漆颜色/防火涂料类别	太阳辐射吸收系数
白色	0.40
黄色	0.61
灰色	0.75
红色	0.81
绿色	0.86
超薄型防火涂料	0.35
薄型防火涂料	0.44
厚型防火涂料	0.83

4.5.7 温度作用引起的结构变形和轨道变形不得影响台车的正常运行。

4.5.8 开合屋盖结构驱动控制系统应避免温度过高引起电器与线缆使用寿命缩短、机电部件烧毁，以及低温运行导致的机械部件磨损与金属材料冷脆破坏。

## 4.6 地震作用

4.6.1 开合屋盖结构的地震动参数应根据其基本状态、非基本状态分别确定。

4.6.2 对于基本状态，应采用建筑物所在地区设计使用年限的地震动参数；对于非基本状态，可根据结构的等效服役年限对地震动参数折减，但折减系数不应小于 0.5。对于活动屋盖运行状态可不进行抗震验算，但应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采取抗震构造措施。

## 4.7 活动屋盖运行荷载

4.7.1 作用于活动屋盖结构的牵引力应根据驱动系统的特点确定，台车的最不利荷载应根据活动屋盖各种可能位置确定。

4.7.2 对采用轮轨方式移动的开合屋盖，应计入横向推力的影响。活动屋盖偏斜运行时，轨道承受的横向推力  $P_s$  应按下列公式计算：

$$P_s = \frac{1}{2} \sum P_i \cdot \lambda \quad (4.7.2-1)$$

$$\lambda = \frac{0.15}{6} \left( \frac{S}{a} - 2 \right) + 0.05, 2 \leq \frac{S}{a} \leq 8 \quad (4.7.2-2)$$

$$\lambda = 0.05, \frac{S}{a} \leq 2 \quad (4.7.2-3)$$

$$\lambda = 0.2, \frac{S}{a} \geq 8 \quad (4.7.2-4)$$

式中： $P_s$ ——单侧轨道承受的横向推力 (kN)；

$\sum P_i$ ——轨道受横向推力一侧的最不利轮压之和 (kN)；

$S$ ——活动屋盖结构跨度 (m)；

$a$ ——台车有效轴距 (m)；

$\lambda$ ——水平横向荷载系数，与活动屋盖结构跨度  $S$  及台车有效轴距  $a$  有关。

4.7.3 轨道接头或轨道不平整引起的水平及竖向冲击动力荷载，

应根据台车平稳运行时的水平与竖向作用力乘以运行冲击系数  $\varphi$  确定。运行冲击系数  $\varphi$  可按下式计算：

$$\varphi = 1.1 + 0.058v\sqrt{h} \quad (4.7.3)$$

式中： $\varphi$ ——运行冲击系数；

$v$ ——台车运行速度 (m/s)；

$h$ ——轨道接头处或轨道不平整处的两轨道面的高度差 (mm)。

**4.7.4** 活动屋盖结构在非事故状态下运行时，可不考虑惯性力和制动力的影响。

## 4.8 偶然事故荷载

**4.8.1** 偶然事故荷载应包括由制动失灵产生的撞击、非对称停靠及脱轨引起的荷载效应。

### I 撞 击

**4.8.2** 当终点行程开关失灵，活动屋盖以额定速度冲击缓冲器时，采用弹簧缓冲器及液压缓冲器的活动屋盖的运行撞击力 ( $P_{cts}$ 、 $P_{cth}$ ) 应分别按下列公式计算：

$$P_{cts} = \frac{\sum G_i v_r^2}{gs} \quad (4.8.2-1)$$

$$P_{cth} = \frac{\sum G_i v_r^2}{2gs} \quad (4.8.2-2)$$

式中： $\sum G_i$ ——活动屋盖自重荷载总和 (kN)；

$v_r$ ——额定运行速度 (m/s)；

$g$ ——重力加速度 ( $m/s^2$ )；

$s$ ——缓冲器压缩量 (m)。

**4.8.3** 活动屋盖发生撞击时，最大撞击力应按下式计算。

$$P_{cmax} = \phi_c P_{ct} \quad (4.8.3)$$

式中： $P_{cmax}$ ——开合屋盖运行最大撞击力 (kN)；



$P_{ct}$ ——活动屋盖运行撞击力  $P_{cts}$  或  $P_{ctb}$ ；

$\phi_c$ ——撞击动力系数。对于弹簧缓冲器， $\phi_c$  取 1.25；  
对于液压缓冲器， $\phi_c$  取 1.5。

## II 非对称停靠

**4.8.4** 对于有多个可移动单元的活动屋盖结构，当驱动或控制系统故障导致移动单元停留于不对称或者非正常位置时，应考虑其对支承结构产生的不利荷载效应。

## 4.9 荷载组合

**4.9.1** 开合屋盖结构荷载组合应按承载能力极限状态和正常使用极限状态确定，并应取各自最不利的组合。荷载组合除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**4.9.2** 活动屋盖运行过程中的变形计算，可采用正常使用极限状态的频遇组合；计算活动屋盖变形对其他结构和驱动设备的影响时，应采用标准组合。

**4.9.3** 活动屋盖结构事故荷载的承载能力极限状态设计时，可仅考虑永久荷载标准值和本标准第 4.8 节规定的偶然事故荷载标准值的组合。

**4.9.4** 对于基本组合，开合屋盖结构荷载效应组合的设计值  $S_d$  应从下列组合中取最不利值确定：

1 由可变荷载控制的效应设计值，应按下式计算：

$$S_d = \gamma_G S_{SGk} + \gamma_G \sum_{j=1}^m S_{RGk_j} + r_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n r_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_{ik}} \quad (4.9.4-1)$$

式中： $r_G$ ——永久荷载分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

$r_{Q_i}$ ——第  $i$  个可变荷载分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；

- $r_{L_i}$ ——第  $i$  个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数；  
 $S_{SGk}$ ——支承结构的永久荷载效应值；  
 $S_{RGk_j}$ ——第  $j$  个活动屋盖单元在特定位置时（全开、全闭或运行过程中的位置）的永久荷载效应值；  
 $S_{Q_{i,k}}$ ——按第  $i$  个可变荷载  $Q_{ik}$  计算的荷载效应值，其中  $S_{Q_{i,k}}$  为诸可变荷载效应中起控制作用者；  
 $\psi_{c_i}$ ——第  $i$  个可变荷载  $Q_i$  的组合值系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用；  
 $m$ ——活动屋盖位置状态的数量；  
 $n$ ——参与组合的可变荷载数。

2 由永久荷载控制的效应设计值，应按下式计算：

$$S_d = \gamma_G S_{SGk} + \gamma_G \sum_{j=1}^m S_{RGk_j} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_{i,k}} \quad (4.9.4-2)$$

**4.9.5** 开合屋盖结构荷载标准组合的效应设计值  $S_d$  应按下式计算：

$$S_d = S_{SGk} + \sum_{j=1}^m S_{RGk_j} + S_{Q_{1,k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{c_i} S_{Q_{i,k}} \quad (4.9.5)$$

## 5 结构体系

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 开合屋盖结构体系应与屋盖开合方式及驱动控制系统相适应。
- 5.1.2 活动屋盖应采用自重轻、变形适应能力强的结构形式；活动屋盖宜采用高强材料。
- 5.1.3 活动屋盖宜采用对称结构。当采用不对称结构时，应采取减少结构不对称导致的变形影响。
- 5.1.4 活动屋盖单元的台车数量和位置应根据活动单元重量、台车负载能力等因素综合确定，各台车宜均衡受力。
- 5.1.5 活动屋盖应进行运行过程干涉检验，活动屋盖运行时不得发生各活动屋盖单元之间、活动屋盖与支承结构之间的碰撞。
- 5.1.6 活动屋盖的屋面坡度应有利于排水，并应避免不利积雪的影响。

### 5.2 活动屋盖结构

- 5.2.1 活动屋盖采用刚性结构时，应符合下列规定：
  - 1 宜采用沿跨度方向传力为主的结构形式，如平面桁架、空间桁架及张弦桁架等单向受力结构。
  - 2 结构两端的推力宜均衡、对称，并应选择适当的水平约束条件，减小结构推力。
  - 3 直接与台车相连的活动屋盖边桁架，应具有变形适应能力，避免活动屋盖运行时变形差异对桁架内力产生不利影响。
  - 4 活动屋盖单元重心的平面投影位置，宜接近该活动屋盖单元各台车所形成的多边形的形心位置。
  - 5 水平旋转开启活动屋盖应设置旋转导向轴。导向轴宜仅

承受屋盖开启过程中的水平动力荷载，并应设置多道平面圆弧轨道，形成以旋转导向轴为圆心的同心圆弧。

**5.2.2** 活动屋盖采用刚性折叠结构时，应符合下列规定：

1 刚性折叠活动屋盖宜通过自身各组件的相对运动，以折叠方式实现屋面开启与关闭。刚性折叠活动屋盖屋面覆盖材料宜采用抗弯折性能良好的膜材。

2 刚性折叠结构各组件间宜采用锁铰连接。折叠结构可根据展开成型后的稳定平衡方式分为自锁式结构与外加锁式结构。

3 折叠部位的锁铰节点应具有足够的强度和刚度，并应保证所连接杆件在折叠、展开过程中运动平稳。

**5.2.3** 活动屋盖采用柔性折叠结构时，应符合下列规定：

1 柔性折叠结构以放射状折叠收纳式开合为主，应选用可折叠的膜材。

2 在支承结构的开口部位应设置刚性环梁，并应根据建筑造型及支承条件等确定活动屋盖膜材的收纳位置。

3 柔性折叠结构的几何形态应保证膜面折叠与展开运动自如。闭合时膜面不得松弛，与支承结构贴合紧密。在全开与全闭状态下，应分别满足强度、刚度和稳定性要求。

### 5.3 支承结构

**5.3.1** 根据建筑功能与使用要求，活动屋盖可直接支承于地面结构、下部结构或固定屋盖钢结构之上，也可设置专门服务于活动屋盖的支承结构。活动屋盖的下部支承结构应具有足够的刚度。

**5.3.2** 当活动屋盖支承于地面结构时，宜在地面标高以下设置沟槽作为活动屋盖运行机构的支承结构，驱动系统宜设置在沟槽内，沟槽顶面应设置活动盖板。沟槽宜采用钢筋混凝土结构，其基础应满足承载力及变形要求。

**5.3.3** 当活动屋盖支承于下部支承结构顶部时，下部支承结构不宜设置结构缝。

**5.3.4** 当活动屋盖支承于固定屋盖结构时，固定屋盖的几何形

态应适应活动屋盖的运行需求。固定屋盖、支承轨道桁架以及开合洞口周边构件应具有足够的刚度，对活动屋盖全开、全闭以及运行状态下的各种可变荷载具有充分的适应性。固定屋盖结构在活动屋盖运行过程中的最大变形不宜大于其跨度的  $1/400$ 。

**5.3.5** 支承结构应满足在各种荷载工况作用下以及活动屋盖各种可能位置时的承载力与刚度要求，直接支承轨道的杆件应满足活动屋盖最不利位置时的强度和变形要求，降低台车运行过程中承受的水平侧向力。

**5.3.6** 支承结构和活动屋盖设计时，应考虑基础不均匀沉降的不利影响。当活动屋盖支承于地面结构时，相邻基础间的变形差不应大于其间距的  $1/1200$ 。

## 5.4 围护结构

**5.4.1** 活动屋盖围护结构宜选择轻质与保温隔热性好的膜材、聚碳酸酯板或金属板作为屋面材料。

**5.4.2** 当运行过程中活动屋盖的结构变形较大时，其围护结构宜选用柔性或弯曲刚度小的材料。

**5.4.3** 屋面材料和连接件应进行强度验算和构造设计，并应考虑积雪滑落的不利影响。

**5.4.4** 活动屋盖单元之间、活动屋盖与支承结构之间接缝处的构造应满足相应的防雨、防风、防冻等密闭要求，其构造应满足风、地震、雪等荷载作用下板块间隙的变化。

**5.4.5** 围护结构设计应避免局部积水和积雪，在雪荷载较大地区，应加大屋面坡度和采取必要的防积雪措施。

**5.4.6** 屋面材料采用膜材时，应计算围护结构膜材张拉引起主体结构杆件的内力与变形，并防止膜面在风荷载振动时引起膜材损伤。

**5.4.7** 采用膜材作为屋面材料的折叠开合屋盖，设计时应考虑膜材反复折叠导致的膜材强度降低，宜适当增加安全储备，并应采取防止雨、雪或冰凌进入折叠后膜面的凹面。

## 6 结构分析

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 开合屋盖结构应分别进行活动屋盖全开状态与全闭状态下静力计算、稳定性分析和抗震验算，并应对活动屋盖运行过程中的不利位置进行相应计算。

**6.1.2** 荷载与作用的效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和本标准第 4 章的有关规定计算。地震作用效应和其他荷载效应的组合应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 计算。

**6.1.3** 结构分析模型应根据结构实际情况确定，并应准确反映结构中各构件的实际受力状况，包括台车作用的正确模拟。结构分析应采用整体模型分析活动屋盖、固定屋盖与支承结构间的相互作用。

**6.1.4** 当开合屋盖结构施工阶段与使用阶段受力情况差异较大时，应根据施工安装顺序验算在不同阶段相应荷载作用下的结构内力和位移。

**6.1.5** 开合屋盖结构中索膜构件的设计应按照现行行业标准《索结构技术规程》JGJ 257 执行。膜构件可不考虑地震作用的影响，但膜构件支承结构的抗震设计应按国家现行有关标准执行。

**6.1.6** 对轨道、台车、端止缓冲器等机械部件应进行专门计算分析。

### 6.2 静力分析

**6.2.1** 对结构的内力和位移进行分析应考虑永久荷载作用、可变荷载作用以及开合状态的影响。

**6.2.2** 对与驱动系统相连的部件进行承载力验算时，活动屋盖移动引起的内力应乘以 1.1 倍的动力放大系数。

**6.2.3** 支承结构设计应计算活动屋盖驱动力、横向推力以及端止缓冲器等对支承结构的作用。

**6.2.4** 对于活动屋盖运行过程中的多个位置的设计，应分别建立整体计算模型，进行包络设计。设计应包含全开状态、全闭状态和运行中的不利位置。

**6.2.5** 在设计使用年限内，年开合次数不多于 400 次的开合屋盖结构，结构构件可不进行疲劳验算。

### 6.3 稳定性分析

**6.3.1** 开合屋盖稳定性应符合下列规定：

1 拱形、曲面壳形开合屋盖结构应进行稳定承载力计算，荷载-位移全过程分析可采用几何非线性有限元法；

2 活动屋盖跨度大于 60m 或悬挑长度大于 20m 的开合屋盖结构，计算中宜考虑材料非线性的影响；

3 按弹性全过程分析时，稳定极限承载力安全系数不应小于 4.2；按弹塑性全过程分析时，稳定极限承载力安全系数不应小于 2.0。

**6.3.2** 对于全开状态、全闭状态和运行状态应分别进行稳定性计算，除应按满跨均布荷载外，尚应计算半跨等活荷载不利分布的情况。对有多个活动屋盖单元的结构，应根据控制系统特点，进行运行移动中活动屋盖单元不同步时的稳定性分析。

**6.3.3** 稳定承载力计算应考虑初始几何缺陷的影响。初始几何缺陷的分布可采用第一阶整体屈曲模态，最大值可取结构跨度的  $1/300$ 。

**6.3.4** 杆件的计算长度应根据杆件的边界条件及侧向支撑的情况确定，也可根据相应构件失稳模态所对应的屈曲承载力确定，也可直接采用二阶计算方法。

## 6.4 抗震分析

**6.4.1** 开合屋盖结构抗震设计时，应对基本状态和非基本状态分别进行地震作用效应分析，并应计算水平地震与竖向地震的作用。对于质量和刚度分布不对称的结构，应计入双向水平地震作用下扭转效应的影响。

**6.4.2** 活动屋盖跨度大于 60m 或悬挑长度大于 20m、体型复杂的结构应采用时程分析法进行地震作用效应补充验算。当固定屋盖跨度或屋盖支承结构平面尺寸大于 300m 时，宜进行多点地震输入的效应分析。

**6.4.3** 采用时程分析法时，应按建筑场地类别和设计地震分组选用多组实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线。当取三组加速度时程曲线时，结构地震作用效应宜取时程分析法计算结果的包络值和振型分解反应谱法计算结果的较大值；当取七组及七组以上的加速度时程曲线时，结构地震作用效应可取时程分析法计算结果的平均值和振型分解反应谱法计算结果的较大值。

**6.4.4** 结构整体地震效应分析时，各方向的振型质量参与系数均不应小于 90%。钢结构阻尼比可取 0.02，混凝土结构阻尼比可取 0.05，对于下部为混凝土结构、上部为钢结构屋盖的开合结构，结构整体地震效应分析时可采用模态阻尼比法，也可采用根据振型质量参与系数进行加权平均的一致阻尼比法。

**6.4.5** 开合屋盖结构构件的截面抗震验算与抗震构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。支承结构中与会车相邻的构件长细比不宜大于 120，且应采取防止活动屋盖发生脱轨、碰撞等事故的抗震构造措施。



## 7 驱动与轨道系统

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 驱动方式应根据活动屋盖的支承结构、运行特点、驱动荷载、空间位置、自然环境等条件确定，保证受力合理，减小结构变形和施工误差对活动屋盖运行的影响，操作维护方便。

**7.1.2** 活动屋盖驱动系统的驱动力和制动力应满足结构荷载设计要求，确保在最不利运行状态下能够驱动活动屋盖可靠运行。

**7.1.3** 跨度较大的屋盖宜采用多台驱动装置，应保证多台驱动机构同步运行。当活动屋盖由多个单元构成时，应分别设置独立的驱动系统，确保各单元沿轨道同步或等速比移动，防止出现相互干涉或卡滞现象。

**7.1.4** 小型开合屋盖无源开启可利用轨道坡度或配重牵引方式实现。无源可开启系统应设置机械同步和可调阻尼限速装置，保证活动屋盖速度可控，且不发生偏斜。

**7.1.5** 开合运行速度应与结构体量大小及开合行程相匹配。当活动屋盖在垂直轨道方向的总长度大于 40m 时，活动屋盖运行线速度不应大于 5m/min；当活动屋盖在垂直轨道方向的总长度小于 20m 时，活动屋盖运行线速度不应大于 10m/min；中间可按插值处理。

**7.1.6** 驱动与轨道系统应结合活动屋盖的外形尺寸和开合方式设置轨道清扫装置、防倾翻装置及行程检测装置等设备。

**7.1.7** 轨道行程终点应设置缓冲限位装置，其高度不应小于行走轮半径。在行程终点前 1m 处应设置预停止开关，在终点位置应设置停止开关，并应在每组轨道的适当位置设置锁定装置。

**7.1.8** 驱动与轨道系统宜设置检修马道，在轨道的任何部位均可进行维护，部件拆卸更换方便。

7.1.9 当活动屋盖采用筒支体系时,轨道宜设置在支承结构之上;当活动屋盖悬挑跨度较大时,可将轨道设置于活动屋盖。

7.1.10 电动机、减速器等驱动系统部件的设计、选型与加工制作应符合现行国家标准的相关规定。

7.1.11 开合屋盖驱动系统宜符合使用等级 T4、荷载状态级别 L3、机构工作级别 M5、机械零件工作级别 E4 的规定。

7.1.12 驱动控制系统应设置防掀翻反力轮或夹轨器。

## 7.2 驱动系统计算

7.2.1 驱动系统设计时,应在允许运行的最大风速条件下考虑运行阻力,风阻力应采用等效静风荷载计算。风荷载稳态运行阻力  $F_j$  应包括摩擦阻力  $F_m$ 、坡道阻力  $F_a$ 、按计算风压得到的活动屋盖的风阻力  $F_{w1}$ 。对于曲线轨道上运行的台车应考虑曲线运行附加阻力  $F_q$ 。稳态运行阻力可按下式计算:

$$F_j = \sum F_m + \sum F_a + F_{w1} + \sum F_q \quad (7.2.1)$$

式中:  $F_j$ ——稳态运行阻力 (kN);

$\sum F_m$ ——所有台车的摩擦阻力之和 (kN);

$\sum F_a$ ——所有台车的坡道阻力之和 (kN);

$F_{w1}$ ——按计算风压得到的活动屋盖风阻力 (kN);

$\sum F_q$ ——所有台车的曲线运行附加阻力之和 (kN)。

7.2.2 台车沿直线轨道运行时摩擦阻力  $F_m$  应包括车轮的滚动摩擦阻力、车轮轴承的摩擦阻力以及附加摩擦阻力,可按下列公式计算:

$$F_m = F_{\Sigma} \frac{\mu d + 2f_k C_f}{D} \quad (7.2.2-1)$$

$$F_{\Sigma} = F_c + F_o \quad (7.2.2-2)$$

式中:  $C_f$ ——考虑车轮轮缘与轨顶侧面摩擦或牵引供电电缆等的附加摩擦阻力系数,取  $C_f=1.2$ ;

$D$ ——车轮踏面直径 (mm);

$d$ ——车轮轴径 (mm);

- $F_C$ ——台车的自重 (kN);  
 $F_O$ ——台车支承的荷载 (kN);  
 $F_{\Sigma}$ ——台车支承的荷载与台车自重之和 (kN);  
 $f_k$ ——车轮沿轨道的滚动摩擦力臂 (mm);  
 $\mu$ ——车轮轴承摩擦阻力系数。

7.2.3 台车的坡道阻力可按下式计算:

$$F_a = (F_C + F_O) \cdot \tan \alpha \quad (7.2.3)$$

式中:  $\alpha$ ——轨道倾斜的角度 ( $^{\circ}$ )。

7.2.4 按计算风压得到的活动屋盖的风阻力可按下式计算:

$$F_{w1} = C_w \cdot p \cdot A \quad (7.2.4)$$

式中:  $C_w$ ——风压系数;

$p$ ——计算风压 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$A$ ——行走方向的迎风面积 ( $\text{m}^2$ )。

7.2.5 台车曲线运行的附加阻力可按下式计算:

$$F_q = \xi \cdot (F_C + F_O) \quad (7.2.5)$$

式中:  $\xi$ ——曲线运行附加阻力系数, 取  $\xi=0.005$ 。

7.2.6 活动屋盖的启动惯性力可按下式计算:

$$F_g = \Phi_5 \cdot M \cdot a / 1000 \quad (7.2.6)$$

式中:  $F_g$ ——启动惯性力 (kN);

$\Phi_5$ ——动载系数, 取  $\Phi_5=1.5$ ;

$M$ ——活动屋盖包含台车等设备的总质量 (kg);

$a$ ——活动屋盖启动运行的加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )。

7.2.7 活动屋盖运行所需的总驱动力应按下式计算:

$$F_D = (F_j + F_g) \cdot c \quad (7.2.7)$$

式中:  $F_D$ ——活动屋盖运行所需的总驱动力 (kN);

$c$ ——驱动力安全系数, 取  $c=1.25$ 。

7.2.8 活动屋盖驱动总功率应按下式计算:

$$P_D = \frac{F_D \times V}{\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4} \quad (7.2.8)$$

式中:  $P_D$ ——活动屋盖驱动总功率 (kW);

- $V$ ——运行速度 (m/s);
- $\eta_1$ ——电动机的效率;
- $\eta_2$ ——减速机的传动效率;
- $\eta_3$ ——中间传动机构效率, 若减速机轴直接驱动末端机构,  $\eta_3 = 1$ ;
- $\eta_4$ ——末端驱动机构效率。

**7.2.9** 屋盖采用多台驱动装置驱动时, 应确保每台驱动装置的驱动荷载及功率均衡, 单台驱动装置的功率应按下式计算:

$$P_{D_i} = P_D \cdot K \quad (7.2.9)$$

式中:  $P_{D_i}$ ——单台驱动装置的驱动功率 (kW);

$K$ ——分配系数, 可根据各驱动点的荷载及速度情况确定, 各驱动装置的分配系数总和应为 1。

**7.2.10** 电动机类型与规格应根据活动屋盖驱动负载的性质对电动机的启动、制动、反转、调速以及工作环境等要求确定, 减速机的传动比、输出扭矩和型号规格应根据活动屋盖的运行速度、机构传动比、电机功率及额定转速确定, 减速机的使用系数不应小于 1.1。减速机的传动比可按下列公式计算:

$$i_1 = \frac{n_1}{n \cdot i_2} \quad (7.2.10-1)$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot d} \quad (7.2.10-2)$$

式中:  $i_1$ ——减速机的传动比;

$i_2$ ——中间传动机构的传动比;

$n_1$ ——电动机的额定转速 (r/min);

$n$ ——驱动轮的输出转速 (r/min);

$v$ ——开合运行速度 (m/min);

$d$ ——车轮直径或齿轮分度圆直径或链轮节圆直径或卷筒直径 (mm)。

### 7.3 轮式驱动系统

**7.3.1** 轮式驱动系统可适用于无坡度或小坡度的直线或圆弧轨

道上运行的活动屋盖。

**7.3.2** 活动屋盖台车可根据荷载大小，采用单轨单轮、单轨双轮、双轨多轮等多种形式。

**7.3.3** 轮式驱动系统的驱动车轮与轨道之间的摩擦系数不宜小于 0.15。在同一组轨道上，驱动轮的支承荷载总和不宜低于所有车轮支承荷载总和的 50%。

**7.3.4** 轮式驱动系统的轨道宜置于地面或刚性支承结构上，轨道平整度与平行度应满足台车运行要求。

**7.3.5** 轮式驱动系统的轨道应能承受台车竖向压力、倾覆上掀力与侧向推力。

## 7.4 钢丝绳驱动系统

**7.4.1** 牵引驱动系统可适用于活动屋盖在水平面或空间的轨道上运行。轨道坡度较大时，宜采用单向牵引，并宜设置双绳备份；轨道水平或坡度较小时，宜采用双向牵引。

**7.4.2** 单向牵引的卷扬驱动系统应保证轨道坡度能提供足够的下滑力。双向牵引的卷扬驱动系统宜通过卷扬机和转向滑轮组成钢丝绳闭环系统，且应设置张紧装置，确保钢丝绳双向受力均处于可靠的张紧状态。

**7.4.3** 开合屋盖牵引钢丝绳应选用强度高、柔韧性好、耐久性好的产品，并应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB 8918 的有关规定，且设计安全系数不应小于 6.0。牵引钢丝绳与活动屋盖的连接构造应避免产生偏心力。卷筒直径不应小于 20 倍的钢丝绳直径。

**7.4.4** 采用钢丝绳牵引的开合屋盖结构，控制系统应具有冗余校验功能。每根钢丝绳上均宜安装测力检测装置，实时判断牵引钢丝绳有无异常或断索情况。

**7.4.5** 牵引钢丝绳转向滑轮、托辊等的固定支架应与主体结构可靠连接，并应考虑牵引连接部件对主体结构产生的作用力。

## 7.5 齿轮齿条驱动系统

**7.5.1** 齿轮齿条驱动可适用于活动屋盖在平面轨道和空间轨道上移动。齿轮齿条驱动宜采用浮动式啮合设计，齿轮齿条应精确啮合。

**7.5.2** 活动屋盖运行距离大于活动屋盖单元开合运行方向的尺寸时，动力装置宜设置在活动屋盖上，齿条应固定于支承结构；活动屋盖运行距离小于活动屋盖单元开合运行方向的尺寸时，动力装置宜设置在支承结构上，齿条应固定于活动屋盖。

**7.5.3** 齿轮、齿条应选用强度高、耐磨性好的钢材，齿的弯曲强度安全系数不应小于 2.5。表面应进行防腐处理，齿条安装应使齿顶或齿长方向朝下。

**7.5.4** 齿轮、齿条的加工制作应符合现行国家标准《齿轮几何要素代号》GB/T 2821 与《齿条精度》GB/T 10096 的有关规定。

## 7.6 链条链轮驱动系统

**7.6.1** 链条链轮驱动系统可用于在直线轨道或圆弧轨道上运行的活动屋盖，可采用开放式链条或封闭式链条。

**7.6.2** 链条链轮驱动系统的驱动装置宜设置于活动屋盖，链条应固定于支承结构。当驱动装置设置于支承结构时，链条应固定于活动屋盖。链轮和链条应可靠啮合。

**7.6.3** 当采用封闭式链条时，应设置链条张紧装置，链条应处于张紧状态。链轮链条啮合的包角宜大于  $120^\circ$ ，宜设置链条啮合导向和限位装置，链轮和链条应可靠啮合。当链条长度较大时，宜采用带滚轮的链条，并应设置链条导槽。

**7.6.4** 在活动屋盖驱动系统中，链条按静力计算进行强度验算时，安全系数不应小于 4.0。

**7.6.5** 链条与链轮的设计与加工制作应符合现行国家标准《齿形链和链轮》GB/T 10855 的有关规定。

## 7.7 液压驱动系统

7.7.1 液压驱动系统可用于绕轴转动、行程较短的水平移动或组合转动的开合方式，也可用于活动屋盖固定插销等部件的驱动。

7.7.2 当活动屋盖采用液压驱动时，驱动系统宜设置于支承结构上，避免油管过长。

7.7.3 液压驱动系统的负载能力额定值与设计负载值之比不应小于 1.4。

7.7.4 液压驱动系统除应符合现行国家标准《液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求》GB/T 3766 中的有关规定外，尚应保证液压系统密封的可靠性。

## 7.8 台车和轨道

7.8.1 台车形式应根据屋盖的开合方式、支承荷载、变形特点及施工误差等要求确定。

7.8.2 台车顶部应与活动屋盖可靠连接，并宜设置水平导向轮。在活动屋盖运行过程中，各台车受力变化不宜过大。台车的横向推力与水平位移应符合设计要求。

7.8.3 台车车轮、水平轮及反钩轮与轨道之间应采用点接触结构，并应进行接触疲劳强度验算。

7.8.4 台车应按工作状态和非工作状态最不利荷载的包络值进行设计。台车结构及零部件静力强度验算应采用许用应力法，并应符合现行国家标准《起重机设计规范》GB/T 3811 的有关规定。

7.8.5 台车结构和零部件应进行疲劳强度验算，最大应力应按工作状态的最大荷载确定，疲劳许用应力应按照工作级别 E4、应力集中等级 W1 和 K2 选取。

7.8.6 台车尺寸及车轮宽度与直径应满足实际空间的需要，并可设置高度调节装置。台车的水平荷载与水平位移应符合设计

要求。

**7.8.7** 滑动铰支座宜设置弹簧或液压阻尼装置提供约束力。台车车轮与轨道的切线夹角应小于  $0.2^\circ$ ，避免因瞬间滑移产生轨道振动异响。

**7.8.8** 台车宜设置垂直反钩轮，防止活动屋盖在风荷载、地震作用及运行水平力作用下的漂移与车轮脱轨。

**7.8.9** 应根据承载需求与台车构造进行轨道设计，轨道应满足台车的竖向支承、水平导向及倾覆上掀荷载的要求，轨道刚度应满足台车运行的要求。

**7.8.10** 轨道通过垫板和压板固定在轨道梁上，支承间距不宜大于 600mm，并应根据最大车轮轮压进行验算。轨道梁承载力验算应符合现行国家标准《起重机设计规范》GB/T 3811 的有关规定。

**7.8.11** 轨道固定应安全可靠，轨道顶部承受的水平力和上掀力均不应超过台车轮压的 20%。当水平轮或反钩轮的荷载大于台车轮压的 20% 时，应设置专门的轨道进行支承，或直接作用在支承结构的轨道梁上。

**7.8.12** 轨道加工制作应采用强度高、耐磨性好的材料，接头部位应平整光滑，加工精度应符合现行国家标准《起重机 车轮及大车和小车轨道公差 第 1 部分：总则》GB/T 10183.1 的规定。可采用设置伸缩缝的方式克服超长轨道温度变形的影响。安装轨道梁时，应在主体结构永久荷载全部施加后进行精细调节定位。

## 7.9 其他主要机械装置

**7.9.1** 在活动屋盖处于全开与全闭位置时，应在活动屋盖与支承结构之间设定锁定装置，确保活动屋盖在风、地震等荷载作用下不发生与轨道间的相对移动。

**7.9.2** 活动屋盖在运行过程中任意位置紧急制动时，可利用驱动系统的制动力及专门的夹轨器提供锁紧力，驱动系统的制动力



和夹轨器的锁紧力不应小于驱动力的 2 倍。

**7.9.3** 活动屋盖各单元之间可通过互锁装置连成整体，增强活动屋盖在全闭状态下的抗风、抗震能力。互锁装置的位置、数量和承载力应根据计算确定。互锁装置提供的锁紧力不应小于活动屋盖的下滑力。

**7.9.4** 台车应设置反钩装置。反钩装置的承载力不应小于扣除结构自重后的向上作用力，荷载分项系数应取为 1.4。

**7.9.5** 应在活动屋盖运行轨道端部设置缓冲限位装置。缓冲限位装置及连接构造应满足可阻止活动屋盖正常速度运行的要求。

住房城乡建设部  
浏览专用

## 8 控制系统

### 8.1 一般规定

- 8.1.1** 控制系统的设计应与开合驱动系统及活动屋盖运行方式相适应。
- 8.1.2** 控制系统设计应确保活动屋盖运行平稳，并应对外部条件的变化具有较好的适应性。
- 8.1.3** 活动屋盖应按预先设定的参数精确运行，不得出现活动屋盖偏斜或活动屋盖单元之间相互干涉的情况。
- 8.1.4** 控制系统应具备快速响应能力，及时反应设备状态。一旦出现意外情况，应能快速纠正或切断电源，确保人员、结构和设备的安全。
- 8.1.5** 开合屋盖控制系统设计应具有适当的冗余度，当某一部位出现故障时，不应影响其他部位工作。
- 8.1.6** 控制系统的电气防护等级应符合现行国家标准的相关规定。

### 8.2 控制系统

#### I 常规控制

- 8.2.1** 大型开合屋盖由多个驱动装置驱动时，宜采用总线控制技术，应设置与控制系统功能要求相匹配的一个或多个终端控制器，各个终端控制器应通过总线和控制室的主控设备相连。
- 8.2.2** 各活动屋盖单元的控制子站和该单元上的驱动设备、检测设备应构成闭环系统，屋盖终端控制器应按照指令程序运行。
- 8.2.3** 在活动屋盖运行过程中，相互关联的运动部件，应按互锁逻辑关系进行设计。

**8.2.4** 大、中型开合屋盖宜优先采用自动控制操作系统，并可实现自动与手动两种操作模式的切换。

**8.2.5** 控制系统中应设置紧急停止开关按钮，屋盖运行遇到故障或特殊情况时，应可随时触动开关，切断运行主回路。

**8.2.6** 控制台及相关电气设备应放置在专门的控制室中。控制室应邻近活动屋盖位置，并具有良好的视野。控制台应设置电源开关、手动（自动）模式转换开关、手动分步控制开关、速度选择开关、图像显示设备和通信设备等。

## II 驱动同步控制

**8.2.7** 控制系统在启动阶段应保证匀加速，不对结构和机械部件产生冲击；在运行阶段应保持匀速，各驱动装置相互协调，确保同步控制；在停止阶段，应在预设减速位置设置触发器，保证各点匀减速。

**8.2.8** 控制系统设计应实现对驱动机械的高精度同步控制。电动机的控制可采用变频技术实现调速，液压执行元件可通过比例（伺服）系统对流量的控制实现调速。

**8.2.9** 活动屋盖运行过程中，沿轨道方向的运行允许偏差不宜大于相邻轨道中心距的 $1/2000$ ，且不宜大于 $10\text{mm}$ ，到达终点时的允许偏差不宜大于 $5\text{mm}$ 。

## III 台车均载控制

**8.2.10** 台车可设置均载装置，通过控制系统调节均载装置的位移量，使台车在运行过程中的荷载与预期设计荷载相一致。

## IV 运行纠偏控制

**8.2.11** 控制系统应设置偏斜运行紧急制动装置，当活动屋盖偏斜率超过规定范围时应采取紧急制动措施。

**8.2.12** 台车可设置压力传感器、位移传感器和调整装置，主控器应通过数据采集分析，及时调整台车动作及驱动力，随时纠正

活动屋盖的运行姿态。

**8.2.13** 钢丝绳驱动系统的位置检测和控制应考虑钢丝绳长度变化的因素，宜采用传感器直接检测活动屋盖的位移。

## V 检测、监控与自诊断系统

**8.2.14** 控制系统应具有冗余校验功能与自诊断功能。应根据检测信号相互之间的关联关系，编制自诊断程序。当某一关联关系遭到破坏时，可判断为故障。

**8.2.15** 活动屋盖应设置实时监测系统，实现活动屋盖运行状态及各机械部件状况的远程监控，并应保证控制室与屋面及地面之间的通信畅通。

**8.2.16** 大型活动屋盖应设置大气温度与风速监测仪器，每个活动屋盖单元应设置不少于一个风速仪。

**8.2.17** 控制系统应带有信号采集功能，实现设备运行状态的实时显示，并应记录和存储运行数据。系统发生故障，可通过历史记录查找原因。

## 8.3 安全应急保障措施

**8.3.1** 驱动系统应采用断电锁紧设计，能单独提供停电制动功能。

**8.3.2** 控制系统在正常情况下，可通过采集和发出信号控制活动屋盖运行。当控制系统无信号或发生故障时，驱动系统应自动停止工作。

**8.3.3** 当活动屋盖运行中突发地震或偶然事故时，控制系统应立即发出停机指令，并应采用锁紧机构将活动屋盖与轨道梁锁紧固定。

**8.3.4** 活动屋盖驱动控制系统设计，可根据消防设计要求预设相应的火灾报警联动功能。

**8.3.5** 开合屋盖建筑防雷装置应根据活动屋盖驱动控制系统的具体情况合理设置。

## 9 防腐与防火

### 9.1 防腐

**9.1.1** 开合屋盖结构防腐设计应以基本状态为基础。常开状态防腐设计宜按室外结构确定；常闭状态可按室内结构确定，当密闭条件较差时，其防腐等级应适当提高。当钢结构处于露天环境时，应按室外结构采取防腐措施。

**9.1.2** 开合屋盖结构防腐设计应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

**9.1.3** 涂层构造与涂层厚度应根据结构的使用环境类别、腐蚀分级和防护层使用年限确定。

**9.1.4** 活动屋盖结构构件的防腐做法应与支承结构的防腐做法协调一致。

**9.1.5** 驱动与控制系统部件的防腐做法应根据其设计使用年限确定，驱动控制系统部件与结构构件之间连接件的防腐标准应与所连接的主体结构相同。对易磨损的部位应采取特殊的防腐措施。

**9.1.6** 在使用过程中，应对钢结构及驱动控制系统定期进行防腐检查与维修。

### 9.2 防火

**9.2.1** 开合屋盖结构消防设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，宜采用活动屋盖开启与消防报警联动的方式，耐火等级、耐火极限及相应的防火措施应结合活动屋盖的基本状态确定。必要时，可通过消防性能化评估确定其相应的防火标准。

**9.2.2** 开合屋盖结构体系中预应力钢结构部分的防火应符合现

行国家标准的有关规定。

**9.2.3** 防火涂料应符合现行国家标准的有关规定，并应与防腐涂装有较好的相容性。宜选用轻质、强附着性的薄型防火涂料。防火涂料的施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

**9.2.4** 驱动控制系统设计时，除应符合相关行业标准外，尚应符合开合屋盖建筑的消防要求。

## 10 制作、安装、调试与验收

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 下部支承结构和活动屋盖在工厂加工制作前，应复验原材料；驱动与控制系统组装前，应检查所有成品标准件合格证明，加工前应复验非标准加工件原材料。结构构件及驱动控制系统部件应经检验合格后方可运至现场安装。

**10.1.2** 施工详图、工艺控制流程及现场安装方案，应根据结构与驱动控制系统设计要求确定。

**10.1.3** 施工时应重点控制与活动屋盖运行有关的轨道、啮合部件、台车、连接法兰及驱动系统等部件的安装精度。

**10.1.4** 调试应分为部件单独调试、部件综合调试以及全系统综合调试等阶段。

**10.1.5** 验收可根据安装工程的进度分阶段进行，对隐蔽工程应随时验收并做好记录。

### 10.2 加工制作与出厂检验

**10.2.1** 开合屋盖钢结构的加工制作应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

**10.2.2** 大型开合屋盖结构应结合施工顺序进行模拟分析，并根据活动屋盖全闭状态与全开状态下的变形规律和变形值采取拱措施。

**10.2.3** 当轨道梁的支承结构分段加工制作时，宜进行预拼装。

**10.2.4** 台车出厂前应进行检测与调试，检测与调试项目应符合下列规定：

- 1 应检查各转动组件如车轮、轴承、齿轮及链传动等回转

情况；

- 2 应按 1.25 倍的设计最大承载能力进行静载试验；
- 3 带自驱动装置的主动台车应进行通电空载运行试验；
- 4 应对台车液压装置进行带载调整能力等动作试验和保压、密封试验；

5 应对车轮和轨道进行额定运行速度下的承载能力与过载能力测试、台车运动阻力测试、刹车系统可靠性测试。

**10.2.5** 安全锁定装置应在出厂前通电试运转，锁销动作方向、顺序应符合设计要求，动作极限位置应调整到位，限位反馈信号应检测正常。

**10.2.6** 出厂前应对电气控制程序进行调试，通过多工况组合模拟测试，优化和改进控制程序及控制参数。

### **10.3 轨道和活动屋盖安装与调试**

**10.3.1** 轨道与活动屋盖的安装应包括轨道系统、活动屋盖钢结构、台车、牵引设备、电气控制设备及监控系统等。

**10.3.2** 活动屋盖安装与调试应编制专项施工方案，经设计、监理会签，经专项评审后方可实施，并应由第三方进行安装全过程的施工监控。

**10.3.3** 活动屋盖安装时应保证对下部支承结构的作用力均匀对称并不超过设计限值。活动屋盖的安装、调试应在拆除支承结构的临时支撑后进行。

**10.3.4** 轨道安装前，应复测轨道支承构件标高、水平位置及垂直度，并应清理轨道梁与轨道贴合面的铁屑、杂物、锈蚀及焊渣等杂物。

**10.3.5** 轨道接头部位应平整光滑，加工和安装精度应符合现行国家标准《起重机 车轮及大车和小车轨道公差 第1部分：总则》GB/T 10183.1 的规定。轨道安装宜从中间向两侧推进，在主体结构永久荷载全部施加后应进行精细调节定位。

**10.3.6** 活动屋盖安装时，宜在支承结构顶面设置临时支撑代替



台车承托活动屋盖，活动屋盖安装完成后，将台车与活动屋盖、轨道临时固定，并应精确调整各台车与活动屋盖的相对位置。

**10.3.7** 全部台车与活动屋盖连接完成后，应测试台车实际承载荷载，当与设计荷载偏差超过 10% 时，宜进行调整。

**10.3.8** 在现场调试前，应首先进行静态检查，检查应包括下列内容：

- 1 动力线路、控制与通信线路、接地保护线的连接；
- 2 各种信号开关、检测电气元件的安装位置与方式；
- 3 机柜接地电阻的安全性；
- 4 配电柜内配线有无接触不良。

**10.3.9** 活动屋盖运行前，应进行通电检查与测试，并应包括下列内容：

- 1 总电源动力线电压；
- 2 从站控制柜电源；
- 3 急停按钮、限位开关及保护开关的动作信号；
- 4 控制系统网络通信信号；
- 5 电机运转方向与动力驱动装置动作；
- 6 传感器等检测元件读数是否正常；
- 7 编码器等检测元件标定。

**10.3.10** 活动屋盖运行调试时，应按不同的运行速度、移动距离进行手动与自动运行控制调试，并在此基础上进行控制参数与程序的优化。

**10.3.11** 活动屋盖应进行单元同步运行调试与活动屋盖整体纠偏测试，通过修正闭环控制参数实现同步。

**10.3.12** 活动屋盖应进行开合极限行程检测，按额定运行速度全程自动开合，当活动屋盖运行及启停状态满足要求后，应精确固定锁定装置和缓冲装置。

**10.3.13** 活动屋盖调试过程中应记录相关数据，并形成调试报告。活动屋盖调试完成后，应通过完整运行次数不低于年开启设计次数 10% 的检验。

## 10.4 工程验收

**10.4.1** 开合屋盖结构施工质量验收应按子分部工程，依据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和本标准的有关规定执行。

**10.4.2** 支承结构、活动屋盖结构与驱动控制系统应在屋盖运行调试完成后进行总验收，并应选取活动屋盖处于全闭与全开两个状态的位形作为验收状态，验收过程中应执行不少于两次开闭循环运动。

**10.4.3** 验收时应重点检验连接件可靠性、轨道变形、台车点位差、累计误差等，并应检验紧急制动响应及时性、开合运行速度、平稳性、同步性、噪声、密闭性等指标。

### I 支承结构与活动屋盖验收

**10.4.4** 预埋钢板应分别测量四个角点的相关尺寸，条形预埋件除应测量角点外，中间测点间距尚不应大于1m。对于超过设计图纸规定的正误差应进行修正。

**10.4.5** 轨道顶面平整度的允许误差不应大于1/1000，活动屋盖全闭状态下，相邻两根平行轨道同一位置标高的相对偏差不应大于5mm，轨道接头两侧高差不应大于0.5mm，轨道接头的平面错位不应大于0.5mm，轨道接头处间隙不应大于2mm。

**10.4.6** 齿条顶面平整度的允许误差不应大于1/2000，全长误差不应大于3mm。齿条接缝时应有可靠的定位装置。

**10.4.7** 验收时应重点检查驱动系统、防倾翻设备、终点安全插销或锁定装置安装的可靠性，以及各相关连接件的连接紧密性、屋盖的密闭性等。

**10.4.8** 验收时应应对活动屋盖与台车连接、牵引系统与活动屋盖连接、轨道或齿条与轨道梁连接、终点安全锁销与活动屋盖连接、车挡与支承结构连接进行全数检查。

## II 驱动控制系统验收

**10.4.9** 驱动控制系统验收应包括外观检查、安全设备测试、机械性能测试、设备运动状态测试、电气系统检查、控制系统各项功能测试及安全标记检查等。

**10.4.10** 开合屋盖结构安全功能测试应包括工作行程开关和超行程开关、与主机的连锁开关、安全防护装置、超速保护、超载保护、同步运动误差控制、紧急停止控制、不同控制点控制元件互锁及安全警示信号等。

**10.4.11** 机械性能测试应包括速度测试、停位精度测试、同步精度测试及设备连锁运动测试，并应符合下列规定：

1 开合屋盖的实际开合时间与设计开合时间偏差不宜大于10%。在设计的调速范围内，特别是低速运转时，调速设备应平稳运转。

2 在额定速度条件下，通过活动屋盖全行程运动，检查终点停位精度，反复次数不应少于3次，测量停位误差。

3 同步精度测试：在额定速度条件下，进行成组设备的同步精度测试。设定不同行程进行3次测量，组内设备最大绝对误差值的平均值不应超过设计的允许误差。

4 在正常连锁条件下，设备应按指令运转；当人为模拟事故状态、破坏连锁条件时，设备应停止运转。重复3次以上，每次均应正确工作。

**10.4.12** 电气系统设备检验与测试应包括柜内布线是否整齐美观、导线及电缆接头是否牢固、标记是否准确、设备使用元件是否符合设计要求，并应测试电气系统绝缘、接地、屏蔽、电源隔离、电压保护以及电磁兼容性能等。电气设备的验收除应符合本标准外，尚应符合现行国家和行业有关标准的规定。

**10.4.13** 控制系统检查测试应包括下列内容：

1 控制台的各种开关（按钮）、指示灯、显示器等的正确性；

2 在主控制台，按设计要求和程序进行手动、自动、预选等操作，必要时手动介入进行功能检查，操作检查可采用便携式操作盒；

3 紧急停机功能及信号显示正确性；

4 警示系统信号盒与设备状态的一致性。

**10.4.14** 对于体育场馆或用于会议的开合屋盖结构，应进行噪声测试。屋盖应以额定速度运行，测试3处~5处，距离屋盖噪声源最近的座席处噪声级别应符合设计要求。

## 11 使用与维护

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 活动屋盖机械驱动系统与控制系统属于特种设施，应严格管理，确保其安全性、可靠性与耐久性。

**11.1.2** 操作使用说明书应根据开合屋盖构造形式及其驱动方式制定，应严格按照操作使用说明书的规定操作，并应符合本标准附录 D 的规定。

**11.1.3** 开合屋盖的使用手册应对气温、风力、降雪、降雨等运行条件，维护注意事项，以及发生事故时的应急预案做出明确规定。

**11.1.4** 活动屋盖开合过程应通过人员或摄像监控设备进行全面监测。

**11.1.5** 活动屋盖系统应定期检查或临时检查，及时发现并排除驱动系统的故障。

**11.1.6** 钢结构部件之间的紧固件应定期检查，钢结构与台车的紧固件不得松动。定期检查屋面的密封情况，发现漏水等现象应及时处理。

### 11.2 运行管理

**11.2.1** 活动屋盖操作应由经过专门培训、具备资格的被授权人员承担。操作人员应熟练掌握屋盖机械装置的操作规程、安全措施、警示标记、信号含义和故障紧急处理措施，并应具备预知故障、判断和处理事故的能力。

**11.2.2** 管理人员应熟悉、掌握屋盖驱动机械设备和电气控制系统的基本构造、工作原理、主要功能、可能出现的故障和排除方法、故障紧急处理流程、设备的关键零部件、易损件及其更换

方法。

**11.2.3** 应定期对设备进行运行检验和保养，确保机械零件处于良好的工作状态，驱动和控制系统应保持稳定运行至设计使用年限。

**11.2.4** 活动屋盖设备应保证三个层级的维护管理和定期大修，并应符合下列规定：

1 一级维护管理为日常维护管理，应由操作人员自行管理，定期对设备进行清扫擦拭、定期加注润滑油；检查维护各开关（按钮）的灵敏性；检查各紧固件有无松弛情况。如长期不使用，宜每月开启、关闭屋盖一次。应及时更换损坏电器元件，并填写维护保养记录单。

2 二级维护管理宜每年进行一次，可请相关厂家协助，检查更新机械设备的易损件；检查更新损毁的电器元件；检查屋盖各处密封件有无损毁和需更换等。应填写维护保养记录表。

3 三级维护管理每3年进行一次，必须请相关厂家或集成商协助，强制报废、更新已过时的电气元器件；更换已老化的电线电缆；更换磨损严重的机械零部件；更换屋盖接缝处的所有密封条，确保屋盖的机械性能达到良好状态。

4 根据活动屋盖的实际情况，制定大修年限，宜每6年或9年进行一次，大修内容包括：检查钢结构的锈蚀情况，并重新涂刷油漆；检查屋面材料有无破损并进行维修保养；强制报废和更新已过时的电气元器件；更换机械设备的易损件等，确保大修后的活动屋盖机械性能达到最佳状态。

**11.2.5** 电气设备均应防雨、防潮。当出现淋雨和受潮现象时，应立即擦拭干净并烘干，绝缘性能符合要求后方可通电使用。

**11.2.6** 易耗零件应有必要的储备，或建立通畅的供货渠道满足及时更换的需求。

## 附录 A 活动屋盖基本开合方式

**A.0.1** 活动屋盖沿平行轨道移动开合可采用水平移动（图 A.0.1a）、空间移动（图 A.0.1b）和竖直移动（图 A.0.1c）三种方式。

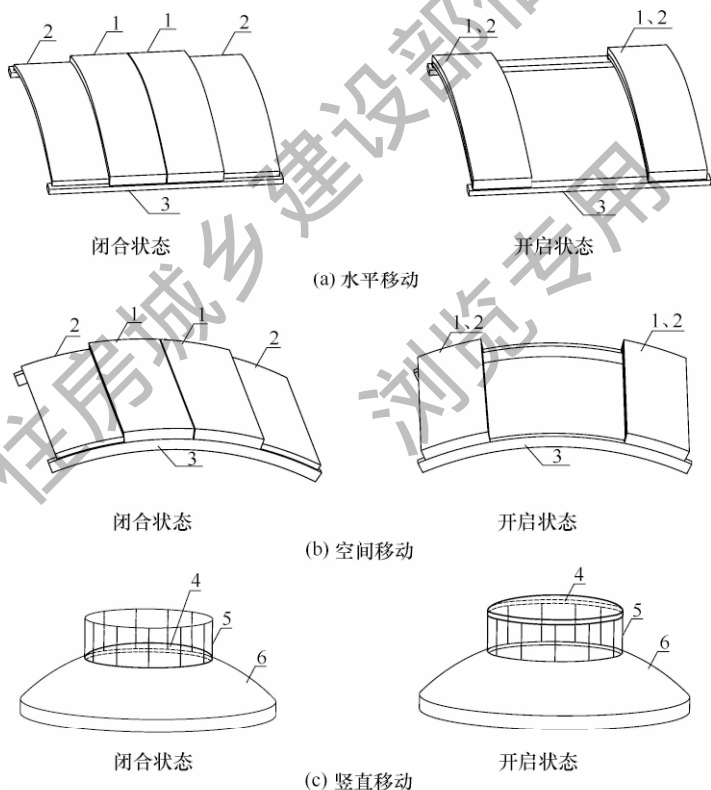


图 A.0.1 平行轨道移动开合方式

1—活动屋盖上部单元；2—活动屋盖下部单元；3—轨道；  
4—气枕；5—桅杆；6—支承结构

**A.0.2** 活动屋盖绕枢轴转动开合可包括绕竖向枢轴转动（图 A.0.2a、图 A.0.2b）和绕各自水平枢轴转动（图 A.0.2c）两种方式。

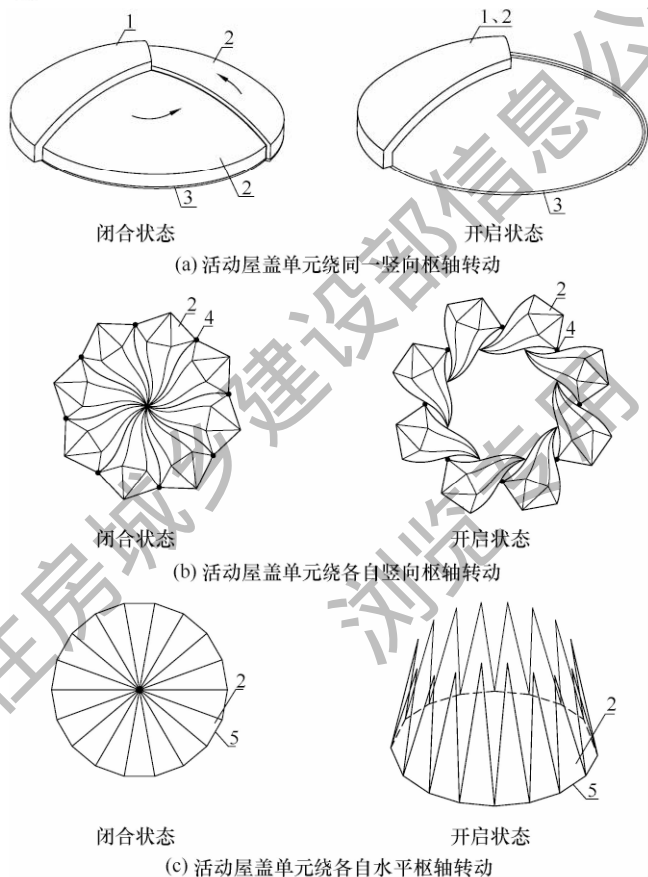


图 A.0.2 绕枢轴转动开合方式

1—固定屋盖单元；2—活动屋盖单元；3—轨道；

4—竖向枢轴；5—水平枢轴

**A.0.3** 活动屋盖折叠移动开合可包括水平折叠（图 A.0.3a）、空间折叠（图 A.0.3b）和放射状折叠（图 A.0.3c）三种方式。



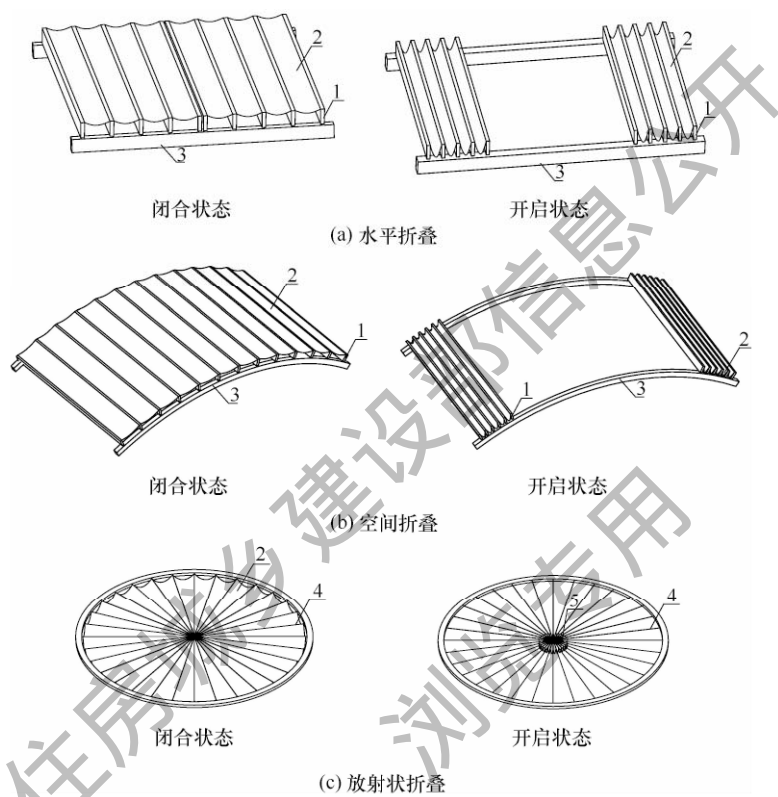


图 A.0.3 折叠移动开合方式

1—桁架；2—膜材；3—轨道；4—轨道索；5—膜材收纳位置

## 附录 B 围护结构局部风压系数极值的计算方法

**B.0.1** 局部风压系数极值  $C_{pe}$  应包括局部风压系数的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$ ；按风洞试验得到的风压系数时程换算为足尺结构风压系数时程  $C_p(t)$  后，其值应按本标准第 B.0.2 条确定。

**B.0.2** 局部风压系数极值可按下列方法之一确定：

1 当风压系数时程的持续时间  $C_p(t)$  不小于 250min 时，可按本标准第 B.0.3 条确定局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$ ；

2 当风压系数时程  $C_p(t)$  的持续时间小于 250min 但不小于 100min 时，可按本标准第 B.0.4 条确定局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$ ；

3 当风压系数时程  $C_p(t)$  的持续时间小于 100min 但不小于 30min 时，可按本标准第 B.0.5 条确定局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$ ；

4 可选择其他稳定、可靠的极值分析方法确定局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$ 。

**B.0.3** 风压系数时程  $C_p(t)$  的持续时间不小于 250min 时，应将风压系数时程  $C_p(t)$  等分为时长 10min 的  $N$  ( $N \geq 25$ ) 个样本，取每个时程样本的最大值组成序列  $\{C_{p1,max}, C_{p2,max}, \dots, C_{pN,max}\}$ ，取每个时程样本的最小值组成序列  $\{C_{p1,min}, C_{p2,min}, \dots, C_{pN,min}\}$ 。局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$ 、最小值  $C_{pe,min}$  应分别按下式确定：

$$C_{pe,max} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{pi,max} \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$C_{pe,min} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{pi,min} \quad (\text{B.0.3-2})$$

**B.0.4** 当风压系数时程  $C_p(t)$  的持续时间小于 250min 但不小

于 100min 时, 应将风压系数时程  $C_{pi}(t)$  等分为时长 10min 的  $N$  ( $10 \leq N \leq 24$ ) 个样本, 局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$ 、最小值  $C_{pe,min}$  应分别按下式计算:

$$C_{pe,max} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{C}_{pi} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_{pi} \cdot (\mu_{max} + 0.5772\alpha_{max}) \quad (\text{B. 0. 4-1})$$

$$C_{pe,min} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{C}_{pi} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_{pi} \cdot (\mu_{min} + 0.5772\alpha_{min}) \quad (\text{B. 0. 4-2})$$

$$\bar{C}_{pi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_{pi}(t_j) \quad (\text{B. 0. 4-3})$$

$$\sigma_{pi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n [C_{pi}(t_j) - \bar{C}_{pi}]^2} \quad (\text{B. 0. 4-4})$$

$$\mu_{max} = \sum_{k=1}^N a_k g_{pk,max} \quad (\text{B. 0. 4-5})$$

$$\alpha_{max} = \sum_{k=1}^N b_k g_{pk,max} \quad (\text{B. 0. 4-6})$$

$$\mu_{min} = \sum_{k=1}^N a_k g_{pk,min} \quad (\text{B. 0. 4-7})$$

$$\alpha_{min} = \sum_{k=1}^N b_k g_{pk,min} \quad (\text{B. 0. 4-8})$$

式中:  $\bar{C}_{pi}$  ——第  $i$  个风压时程的平均值, 按式 (B. 0. 4-3) 确定;

$\sigma_{pi}$  ——第  $i$  个风压时程的标准差, 按式 (B. 0. 4-4) 确定;

$\mu_{max}$ 、 $\alpha_{max}$  ——分别按式 (B. 0. 4-5)、式 (B. 0. 4-6) 确定;

$\mu_{min}$ 、 $\alpha_{min}$  ——分别按式 (B. 0. 4-7)、式 (B. 0. 4-8) 确定;

$C_{pi}(t_j)$  ——第  $i$  个风压时程  $C_{pi}(t)$  在第  $j$  时刻的风压系数;

$n$  ——风压时程的步数;

$g_{pk,max}$  ——第  $k$  个归一化时程  $g_{pk}(t) = [C_{pk}(t) - \bar{C}_{pk}] / \sigma_{pk}$  的最大值, 并且  $g_{pk,max}$  是按升序排列序列  $\{g_{p1,max}, g_{p2,max}, \dots, g_{pN,max}\}$  的第  $k$  个值;

$g_{pk,min}$  ——第  $k$  个归一化时程  $g_{pk}(t) = [C_{pk}(t) - \bar{C}_{pk}] / \sigma_{pk}$  的最小值, 并且  $g_{pk,min}$  是按降序排列序列  $\{g_{p1,min}, g_{p2,min}, \dots, g_{pN,min}\}$  的第  $k$  个值;

$a_i$ 、 $b_i$  ——加权系数, 按表 B. 0. 4 确定。

表 B.0.4 加权系数  $a_i$ 、 $b_i$  的值

$i$	$N=10$		$N=11$		$N=12$		$N=13$		$N=14$		$N=15$		$N=16$		$N=17$	
	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$
1	0.223	-0.348	0.204	-0.329	0.188	-0.313	0.175	-0.298	0.163	-0.285	0.153	-0.274	0.144	-0.263	0.131	-0.205
2	0.162	-0.091	0.151	-0.095	0.142	-0.097	0.133	-0.098	0.126	-0.099	0.119	-0.099	0.113	-0.098	0.111	-0.120
3	0.134	-0.019	0.127	-0.029	0.120	-0.036	0.114	-0.041	0.108	-0.045	0.103	-0.048	0.099	-0.051	0.097	-0.067
4	0.113	0.022	0.108	0.010	0.104	0.001	0.099	-0.007	0.095	-0.013	0.091	-0.018	0.088	-0.022	0.086	-0.035
5	0.096	0.049	0.093	0.035	0.090	0.025	0.088	0.016	0.085	0.009	0.082	0.003	0.079	-0.002	0.077	-0.012
6	0.081	0.066	0.080	0.052	0.079	0.041	0.077	0.032	0.075	0.024	0.074	0.018	0.071	0.012	0.070	0.004
7	0.067	0.077	0.068	0.064	0.069	0.053	0.068	0.044	0.067	0.036	0.066	0.029	0.065	0.023	0.063	0.016
8	0.054	0.083	0.058	0.071	0.059	0.061	0.059	0.052	0.060	0.044	0.059	0.037	0.059	0.032	0.058	0.025
9	0.042	0.084	0.047	0.075	0.050	0.066	0.052	0.058	0.053	0.050	0.053	0.044	0.053	0.038	0.052	0.032
10	0.029	0.078	0.037	0.075	0.042	0.068	0.045	0.061	0.046	0.055	0.047	0.048	0.048	0.043	0.047	0.037
11	—	—	0.026	0.070	0.033	0.068	0.037	0.062	0.040	0.057	0.042	0.051	0.042	0.046	0.043	0.042
12	—	—	—	—	0.024	0.063	0.030	0.062	0.034	0.058	0.036	0.053	0.038	0.049	0.038	0.045
13	—	—	—	—	—	—	0.022	0.057	0.027	0.057	0.030	0.054	0.033	0.050	0.034	0.047
14	—	—	—	—	—	—	—	—	0.020	0.053	0.025	0.052	0.028	0.050	0.030	0.048
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.019	0.049	0.023	0.049	0.025	0.048
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.018	0.045	0.021	0.048
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.017	0.046

续表 B.0.4

$i$	N=18		N=19		N=20		N=21		N=22		N=23		N=24	
	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$
1	0.124	-0.193	0.117	-0.183	0.111	-0.174	0.106	-0.166	0.101	-0.158	0.097	-0.151	0.093	-0.145
2	0.106	-0.118	0.101	-0.116	0.097	-0.113	0.093	-0.111	0.090	-0.109	0.086	-0.106	0.083	-0.103
3	0.093	-0.069	0.089	-0.071	0.086	-0.072	0.083	-0.072	0.080	-0.072	0.077	-0.072	0.075	-0.072
4	0.083	-0.038	0.080	-0.041	0.078	-0.043	0.076	-0.045	0.073	-0.047	0.070	-0.048	0.068	-0.049
5	0.075	-0.016	0.073	-0.020	0.070	-0.023	0.068	-0.026	0.066	-0.028	0.065	-0.030	0.063	-0.032
6	0.068	-0.001	0.066	-0.005	0.064	-0.008	0.063	-0.011	0.061	-0.014	0.060	-0.017	0.058	-0.019
7	0.062	0.011	0.061	0.007	0.059	0.003	0.058	0.000	0.057	-0.003	0.055	-0.006	0.054	-0.008
8	0.057	0.020	0.056	0.016	0.055	0.012	0.054	0.008	0.052	0.005	0.051	0.002	0.050	0.000
9	0.052	0.027	0.051	0.023	0.050	0.019	0.050	0.015	0.049	0.012	0.048	0.009	0.047	0.006
10	0.047	0.033	0.047	0.028	0.046	0.024	0.046	0.021	0.045	0.017	0.045	0.015	0.044	0.012
11	0.043	0.037	0.043	0.033	0.043	0.029	0.042	0.025	0.042	0.022	0.042	0.019	0.041	0.016
12	0.039	0.040	0.039	0.036	0.039	0.032	0.039	0.029	0.039	0.026	0.039	0.023	0.039	0.020

续表 B.0.4

$i$	N=18		N=19		N=20		N=21		N=22		N=23		N=24	
	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$	$a_i$	$b_i$
13	0.035	0.043	0.035	0.039	0.036	0.035	0.036	0.032	0.036	0.029	0.036	0.026	0.036	0.023
14	0.031	0.045	0.032	0.041	0.033	0.038	0.035	0.034	0.033	0.031	0.034	0.029	0.034	0.026
15	0.027	0.046	0.029	0.042	0.030	0.039	0.030	0.036	0.031	0.034	0.031	0.031	0.031	0.028
16	0.023	0.046	0.025	0.043	0.026	0.040	0.027	0.038	0.028	0.035	0.029	0.033	0.029	0.030
17	0.020	0.045	0.022	0.043	0.023	0.041	0.025	0.039	0.026	0.036	0.026	0.034	0.027	0.032
18	0.016	0.043	0.019	0.043	0.020	0.041	0.022	0.039	0.023	0.037	0.024	0.035	0.025	0.033
19	—	—	0.015	0.041	0.018	0.040	0.019	0.039	0.021	0.037	0.022	0.035	0.022	0.034
20	—	—	—	—	0.015	0.039	0.017	0.038	0.018	0.037	0.019	0.036	0.020	0.034
21	—	—	—	—	—	—	0.014	0.037	0.016	0.037	0.017	0.035	0.018	0.034
22	—	—	—	—	—	—	—	—	0.013	0.035	0.015	0.035	0.016	0.034
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.013	0.034	0.014	0.033
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.012	0.032

**B. 0. 5** 当风压系数时程  $C_p(t)$  的持续时间小于 100min 但不小于 30min 时, 计算风压系数时程  $C_p(t)$  的三阶中心矩  $m_3$  和四阶中心矩  $m_4$ :

$$m_3 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n [C_p(t_j) - \bar{C}_p]^3 / \sigma_p^3 \quad (\text{B. 0. 5-1})$$

$$m_4 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (C_p(t_j) - \bar{C}_p)^4 / \sigma_p^4 \quad (\text{B. 0. 5-2})$$

$$\bar{C}_p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_p(t_j) \quad (\text{B. 0. 5-3})$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n [C_p(t_j) - \bar{C}_p]^2} \quad (\text{B. 0. 5-4})$$

式中:  $\bar{C}_p$ ——风压系数时程  $C_p(t)$  的平均值;

$\sigma_p$ ——风压系数时程  $C_p(t)$  的标准差;

$n$ ——风压系数时程  $C_p(t)$  的步数;

根据  $m_3$ 、 $m_4$  的数值, 局部风压系数极值的最大值  $C_{pe,max}$  和最小值  $C_{pe,min}$  应按下列方法之一计算:

**1** 当风压系数时程  $C_p(t)$  的三阶中心矩  $m_3 \geq 0$  并且四阶中心矩  $m_4 \geq 3.0$  时, 局部风压系数极值应按下式确定:

$$\begin{cases} C_{pe,max} = \bar{C}_p + \sigma_p \cdot k(3.5 + 4h_3 + 27h_4) \\ C_{pe,min} = \bar{C}_p - \sigma_p \cdot k(3.5 - 13h_3 + 16h_4) \end{cases} \quad (\text{B. 0. 5-5})$$

$$h_4 = [\sqrt{1 + 1.5(m_4 - 3)} - 1] / 18 \quad (\text{B. 0. 5-6})$$

$$h_3 = m_3 / (6 + 36h_4) \quad (\text{B. 0. 5-7})$$

$$k = 1 / \sqrt{1 + 2h_3^2 + 6h_4^2} \quad (\text{B. 0. 5-8})$$

式中:  $h_4$ 、 $h_3$ 、 $k$ ——根据风压系数时程的三阶中心矩  $m_3$ 、四阶中心矩  $m_4$  确定的系数, 分别按式 (B. 0. 5-6)、式 (B. 0. 5-7)、式 (B. 0. 5-8) 确定。

**2** 当风压系数时程  $C_p(t)$  的三阶中心矩  $m_3 < 0$  并且四阶中心矩  $m_4 \geq 3.0$  时, 局部风压系数极值应按下式确定:

$$\begin{cases} C_{pe,\max} = \bar{C}_p + \sigma_p \cdot k(3.5 + 13h_3 + 16h_4) \\ C_{pe,\min} = \bar{C}_p - \sigma_p \cdot k(3.5 - 4h_3 + 27h_4) \end{cases} \quad (\text{B.0.5-9})$$

3 当风压系数时程  $C_p(t)$  的四阶中心矩  $m_4 < 3.0$  时，局部风压系数极值应按下列各式确定：

$$\begin{cases} C_{pe,\max} = \bar{C}_p + 3.5\sigma_p \\ C_{pe,\min} = \bar{C}_p - 3.5\sigma_p \end{cases} \quad (\text{B.0.5-10})$$



## 附录 C 主体结构等效静力风压系数的计算方法

**C.0.1** 主体结构静力等效风压系数应根据至少 1 个 10min 风压时程样本经计算分析确定。根据结构特点，宜选取结构不同位置和不同类型的控制响应作为等效目标。

**C.0.2** 主体结构等效静力风压系数  $\mu_{pe}$  可按式确定：

$$\mu_{pe} = \mu_s \pm (\omega_B \mu_B + \sum_{j=1}^m \omega_{R,j} \mu_{R,j}) \quad (\text{C.0.2})$$

式中： $\mu_{pe}$ ——等效静力风压系数；

$\mu_s$ ——体型系数；

$\mu_B$ ——背景响应极值的等效静力风压系数，按本标准第 C.0.3 条确定；

$\mu_{R,j}$ ——第  $j$  阶振型共振响应极值的等效静力风压系数，按本标准第 C.0.5 条确定；

$\omega_B$ ——背景响应极值对脉动响应极值的贡献率，按本标准第 C.0.6 条确定；

$\omega_{R,j}$ ——第  $j$  阶振型的共振响应极值对脉动响应极值的贡献率，按本标准第 C.0.7 条确定；

$m$ ——截断振型的个数。

**C.0.3** 在单一风向风荷载作用下，以主体结构第  $i$  个自由度的背景响应极值为等效目标，作用在第  $j$  个自由度的等效静力风压系数  $\mu_{B,ij}$  应按式确定：

$$\mu_{B,ij} = g_B \rho_{ij} \sigma_j \quad (\text{C.0.3})$$

式中： $\mu_{B,ij}$ ——第  $i$  个自由度背景响应达到极值时，第  $j$  个自由度的静力等效风压系数；其中  $j=1, 2, \dots, K$ ， $K$  表示风荷载板块的数目；

$g_B$ ——背景响应极值的峰值因子，其值不小于 2.5；

$\sigma_j$ ——第  $j$  个自由度风压系数的均方根；

$\rho_{ij}$ ——第  $j$  个自由度风压系数与第  $i$  个自由度背景响应的相关系数，按本标准第 C.0.4 条确定。

**C.0.4** 荷载-响应相关系数  $\rho_{ij}$  应按下式确定：

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K a_{ik} \gamma_{kj} \sigma_k}{\sigma_{B_i}} \quad (\text{C.0.4-1})$$

$$\sigma_{B_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^K \sum_{k=1}^K a_{ik} \gamma_{kj} \sigma_k \sigma_j a_{ji}} \quad (\text{C.0.4-2})$$

式中： $a_{ik}$ ——第  $k$  个自由度作用单位风压系数时，在第  $i$  个自由度产生的背景响应影响系数；

$\gamma_{kj}$ ——第  $k$  个自由度与第  $j$  个自由度脉动风压系数的相关系数；

$\sigma_{B_i}$ ——第  $i$  个自由度背景响应的均方根。

**C.0.5** 第  $j$  阶振型共振响应极值的静力等效风压系数  $\mu_{R,j}$  应按下式确定：

$$\mu_{R,j} = g_R M \boldsymbol{\varphi}_j^T \boldsymbol{\omega}_j^2 \boldsymbol{q}_{R,j} \quad (\text{C.0.5-1})$$

$$q_{R,j} = \sqrt{\frac{\pi}{2\omega_j^3 \zeta_j}} S_j(\omega_j) \quad (\text{C.0.5-2})$$

式中： $g_R$ ——共振响应的峰值因子，其值不小于 2.5；

$M$ ——结构的质量矩阵；

$\boldsymbol{\varphi}_j$ ——第  $j$  阶振型的振型向量或 Ritz 振型向量，并且

$$\boldsymbol{\varphi}_j^T M \boldsymbol{\varphi}_j = 1;$$

$\omega_j$ ——第  $j$  阶振型的圆频率；

$q_{R,j}$ ——第  $j$  阶振型共振响应的位移均方根；

$\zeta_j$ ——第  $j$  阶振型阻尼比；

$S_j(\omega_j)$ ——第  $j$  阶振型脉动风压系数时程的单侧功率谱在  $\omega_j$  处的谱值。

**C.0.6** 背景响应极值对脉动响应极值的贡献率  $\tau_B$  应按下式确定：

$$\omega_B = \frac{\sigma_B}{\sqrt{\sigma_B^2 + \sum_{j=1}^m q_{R,j}^2}} \quad (\text{C.0.6})$$

式中： $\sigma_B$ ——背景响应的均方根；第  $i$  个自由度背景响应的均方根按式 (C.0.4-2) 确定；

$\sigma_{R,j}$ ——第  $j$  个振型共振响应均方根；第  $j$  个振型、第  $i$  个自由度共振响应的均方根  $\sigma_{R,ij}$  按本标准第 C.0.8 条确定。

**C.0.7** 第  $j$  个振型的共振响应极值对脉动响应极值的贡献率  $\omega_{R,j}$  应按下式确定：

$$\omega_{R,j} = \frac{\sigma_{R,j}}{\sqrt{\sigma_B^2 + \sum_{j=1}^m \sigma_{R,j}^2}} \quad (\text{C.0.7})$$

**C.0.8** 第  $j$  个振型、第  $i$  个自由度共振响应的均方根  $\sigma_{R,ij}$  应按下式确定：

$$\sigma_{R,ij} = R_{ij} q_{R,j} \quad (\text{C.0.8})$$

式中： $R_{ij}$ ——惯性力  $F_j = \omega_j^2 \mathbf{M} \boldsymbol{\varphi}_j$  作用下结构的第  $i$  个自由度静力响应。

## 附录 D 活动屋盖操作指南

**D.0.1** 活动屋盖开合操作应按如下流程进行：检查清理障碍物→空载检查各个开关→打开附属的零部件→拔出终点锁紧插销→通电运转→到达终点后插上锁紧插销→切断电源。

**D.0.2** 活动屋盖开合操作前应完成下列工作：

- 1 检查并清理轨道与机械设备上的一切障碍物，检查电线、电缆及接头、插座的连接情况；
- 2 空载检查各行程开关的可靠性；
- 3 大型活动屋盖宜两人协同操作，一人观察指挥，一人操作控制。

**D.0.3** 活动屋盖开启应按下列操作进行：

- 1 接通控制台电源后，电源信号灯、终点锁紧信号灯和关闭到位终点信号灯亮；
- 2 开动终点电动推杆，拔出终点锁紧插销后，插销开锁信号灯亮；
- 3 解除相关设备的制动；
- 4 设定屋盖运行速度，接通屋盖开启回路，电动机通电运转，屋盖按照设定的速度运行，屋盖运行过程信号灯亮；
- 5 运行到位后，电动机停止运转，屋盖停止运行，运行过程信号灯灭，开启到位时终点到位信号灯亮；
- 6 开动终点插销电动推杆，插上锁紧插销，终点锁紧信号灯亮；
- 7 切断电源，屋盖开启完成。

**D.0.4** 活动屋盖闭合应按下列基本操作流程进行：

- 1 接通控制台电源后，电源信号灯、终点锁紧信号灯和开启到终点信号灯亮；

2 开动终点电动推杆，拔出终点锁紧插销后，插销开锁信号灯亮；

3 设定屋盖运行速度，接通屋盖关闭回路，电动机通电运转，屋盖按照设定的速度运行，屋盖运行过程信号灯亮；

4 运行到位后，电动机停止运转，屋盖停止运行，运行过程信号灯灭，关闭到终点时到位信号灯亮；

5 开动终点插销电动推杆，插上锁紧插销，终点锁紧信号灯亮；

6 切断电源，屋盖开启完成。

#### **D.0.5 活动屋盖开合操作应符合下列规定：**

1 活动屋盖开合操作时，风速与雪荷载均应小于设计允许限值；

2 每一步操作完成并发出相应信号后，方可进行下一步操作；

3 屋盖运动过程中，应注意观察电缆拖动装置的工作情况，避免出现电缆被拉坏的现象；

4 遇到紧急情况时，应立即停止设备运行；如果运行过程中突然停止工作，应检查并排除故障后方可继续运行。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 3 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 4 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019
- 5 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 7 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 8 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 9 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 10 《齿轮几何要素代号》 GB/T 2821
- 11 《液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求》  
GB/T 3766
- 12 《起重机设计规范》 GB/T 3811
- 13 《重要用途钢丝绳》 GB 8918
- 14 《齿条精度》 GB/T 10096
- 15 《起重机 车轮及大车和小车轨道公差 第1部分：总  
则》 GB/T 10183.1
- 16 《齿形链和链轮》 GB/T 10855
- 17 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251
- 18 《索结构技术规程》 JGJ 257
- 19 《建筑工程风洞试验方法标准》 JGJ/T 338