

# 门刚高低屋面处雪堆积计算的理解和分析

毕安

武汉东研智慧设计研究院有限公司, 武汉市, 430000;

**摘要:** 我国地域广阔, 由于门式刚架轻型房屋钢结构屋盖较轻, 对屋面的雪荷载比较敏感, 尤其当厂房屋面有高低跨时, 低跨处积雪会形成堆积。因此《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 相对于老版增加了<荷载和荷载组合的效应>这一章节, 对屋面积雪分布给出了积雪堆积高度和积雪堆积长度更详细的计算公式, 对比《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 中积雪堆积高度和积雪堆积长度的计算公式有所不同, 本文就此计算公式并结合美国 MBMA 中的相关规定对两本规范的计算结果进行比较分析。

**关键词:** 积雪危害; 高低跨; 积雪堆积高度; 积雪堆积长度

## Understanding and Analysis of the Calculation of Snow Accumulation on High and Low Roofs

Bi An

Wuhan Dongyan Intelligent Design and Research Institute Co., Ltd, wuhan, 430000;

**Abstract:** China has a vast territory, Because the steel structure roof of portal frame light housing is relatively light, it is more sensitive to the snow load on the roof. especially when the factory roof has high and low spans, the snow load is very large. Therefore, the " Technical specification for steel structures of portal frame light houses " GB 51022-2015 specifically adds a section titled "Effects of Load and Load Combination" to the old version, which provides more detailed calculation formulas for the height and length of snow accumulation on the roof, There are differences in the calculation formulas for snow accumulation height and snow accumulation length in the " Load Code for the Design of Building Structures " GB50009-2012. This article compares and analyzes the calculation formulas in conjunction with relevant regulations in the MBMA of the United States.

**Keywords:** Snow hazard; High and low spans; The height of snow accumulation; Snow accumulation length

DOI:10. 69979/3029-2727. 24. 03. 030

## 引言

在工程设计中, 门式刚架轻型房屋钢结构采用的设计荷载主要包括永久荷载、竖向可变荷载(活荷载, 吊挂荷载, 雪荷载, 积灰荷载等)、风荷载、温度作用和地震作用。其中雪荷载具有很大的不确定性, 这种不确定性一方面表现在实际降雪量上, 另一方面还表现在建筑体型对积雪的具体分布情况上。而极端雪荷载作用下加上积雪的不利分布很容易造成结构的整体破坏, 后果严重。所以我们设计人员应该对雪荷载引起足够的重视。

## 1 雪荷载标准值确定方法

门式刚架轻型房屋钢结构屋面水平投影面上的雪荷载标准值应按下式计算:  $S_k = \mu_r S_0$ , 式中:  $S_k$ ——雪荷载标准值;  $\mu_r$ ——屋面积雪分布系数;  $S_0$ ——基本雪压。通过雪荷载计算公式我们知道影响雪荷载标准值大小的除了当地基本雪压, 还有结构上的积雪分布系数  $\mu_r$ , 屋面积雪分布系数  $\mu_r$  就是屋面水平投影面积

上的雪荷载  $S_h$  与基本雪压  $S_0$  的比值。

## 2 《门刚技术规范》与《结构荷载规范》高低跨处雪荷载的计算

工程概况, 某厂房为长 300m, 宽 100m 多跨双坡轻钢门式刚架厂房, 旁边贴建跨度为 15m 高度为 5 米的单跨单坡卸货雨篷, 柱距 6m, 屋盖坡度 5%, 雪荷载: 0.45kN/m<sup>2</sup> (按重现期为 100 年), 柱距为 6m, 雪密度  $\rho = 180\text{kg}/\text{m}^3$ , 结构尺寸简图如下图所示:

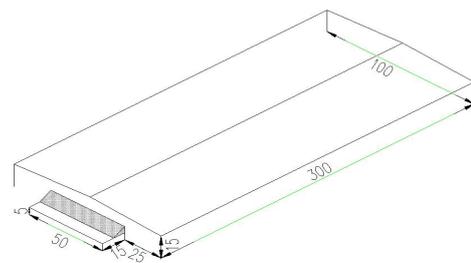


图 1 结构尺寸简图

Fig.1 Structural dimension diagram

本文主要针对《门规》中关于高低屋面雪堆积计算的理解和分析,所以上述图中仅进行雨篷处雪荷载堆积计算,并结合《荷规》和美国MBMA中的计算结果进行对比。

1,《门规》规范中规定当高低屋面及相邻房屋屋面高低满足 $(hr-hb)/hb$ 大于0.2时,应按下列几种情况考虑雪堆积:(1)存在高低跨屋面处应考虑低跨屋面雪堆积分布;(2)当相邻房屋的间距 $s$ 小于6m时,应考虑低屋面雪堆积分布;(3)当屋面突出物的水平长度大于4.5m时,应考虑屋面雪堆积分布;其中 $hr$ 为高低屋面的高差, $hb$ 为按屋面基本雪压确定的雪荷载高度(m),如下图所示:

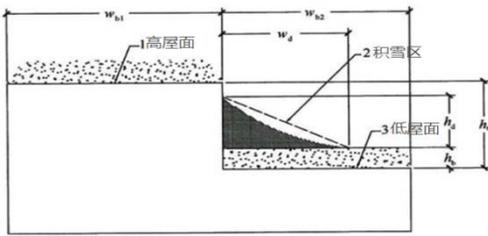


图2 高低屋面低屋面雪堆积分布示意图<sup>[1]</sup>

Fig.2 Schematic diagram of snow accumulation distribution on high and low roofs

$$hb=100 S_0/\rho=45/180=0.25m \quad (1)$$

考虑屋面5%找坡后:

$$hr=(16.25+17.5)/2-5=11.875 \quad (2)$$

$$(hr-hb)/hb=(11.875-0.25)/0.25=46.5>0.2$$

(3)

式中: $hb$ —按屋面基本雪压确定的雪荷载高度(m)

$hd$ —积雪堆积高度(m)

$hr$ —高低屋面的高差(m)

$\rho$ —积雪平均密度(kg/m<sup>3</sup>)

故高低跨屋面处应考虑低跨屋面雪堆积分布,计算简图如下:



图3 计算简图

Fig.3 calculation diagram

积雪堆积高度 $hd$ 应按下列公式计算,取两式计算高度的较大值,

$$hd=0.416\sqrt[3]{Wb1} \sqrt[4]{S_0+0.479}-0.457=0.416\sqrt[3]{300} \sqrt[4]{0.45+0.479}-0.457=2.28m$$

$$\leq hr-hb=11.625m \quad (4)$$

$$hd=0.208\sqrt[3]{Wb2} \sqrt[4]{S_0+0.479}-0.457=0.208\sqrt[3]{15} \sqrt[4]{0.45+0.479}-0.457=0.046m$$

$$\leq hr-hb=11.625m \quad (5)$$

式中: $Wb1, Wb2$ —屋面长(宽)度(m),最小取7.5m

5m

$S_0$ —基本雪压(kN/m<sup>2</sup>)

取上述两式计算高度的较大值 $hd=2.28m$ 。堆积雪荷载的最高点荷载值 $S_{max}$ 应按下列式计算:

$$S_{max}=\rho *hd=180*2.28=410kg/m^2=4.1kN/m^2 \quad (6)$$

$hd < (hr-hb)$ , 故积雪堆积长度:

$$Wd=4hd=4*2.28=9.12m \quad (7)$$

最后按6m柱距换算成单榀刚架上的积雪堆积最大线荷载 $q=4.1*6=24.6kN/m$ ,故雨篷雪的堆积线荷载分布图如下图所示:

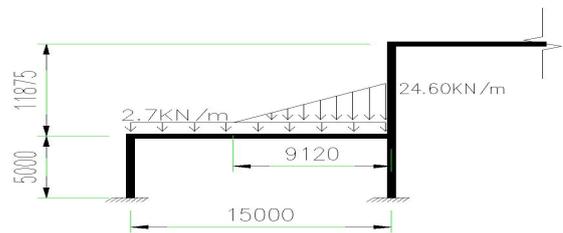


图4 线荷载简图一

Fig.4 Line load calculation diagram I

2,《荷规》中规定高低屋面应按下图所示情况考虑雪堆积:

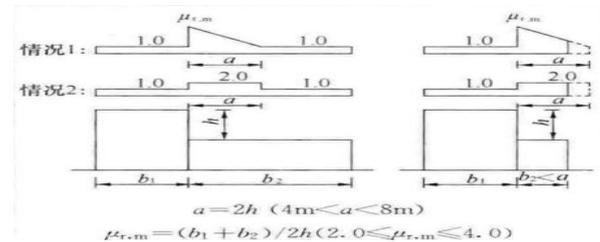


图5 雪堆积计算简图<sup>[2]</sup>

Fig.5 Calculation diagram of snow accumulation  
图中 $a=2h=2*11.875=23.75m$ ,  $a>b_2=15m$ ,

$$\mu_{r,m}=(b_1+b_2)/2h=(300+30)/23.75=13.9>4 \quad (8)$$

取 $\mu_{r,m}=4$ 。线荷载 $q=0.45*4*6=10.8kN/m$ 和 $q=0.4$

$5 \times 2 \times 6 = 5.4 \text{ kN/m}$ , 故低跨雨篷处雪堆积线荷载

按《荷规》计算的分布图如下图所示:

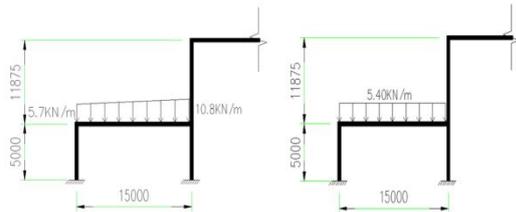


图 6 线荷载简图二

Fig. 6 Line load calculation diagram II

通过上面的计算我们可以发现荷载规范中根据公式  $\mu_{r,m} = (b_1 + b_2) / 2h$  计算出的积雪分布

系数达到了 13.9, 但规范又把积雪分布系数  $\mu_{r,m}$  的取值范围进行了限定  $2 \leq \mu_{r,m} \leq 4$ , 所以荷载规范中积雪分布系数  $\mu_{r,m}$  最大值为 4。

3, 由于 MBMA 中雪荷载取值单位, 长度单位及计算公式均与国内规范不同, 我们首先把上图结构尺寸图及荷载单位换算成 MBMA 中的单位。计算尺寸简图如下:

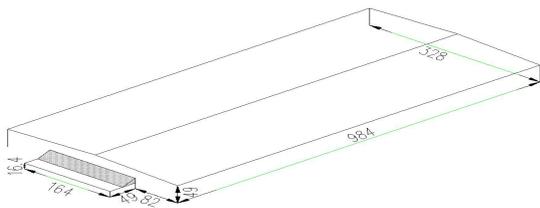


图 7 MBMA 结构尺寸简图

Fig. 7 Structural dimension diagram of MBMA

$$hb = 100 \text{ S0} / \rho = 45 / 180 = 0.25 \text{ m} = 0.82 \text{ 英尺} \quad (9)$$

$$hr = (53.3 + 57.4) / 2 - 16.4 = 39 \text{ 英尺} \quad (10)$$

$$(hr - hb) / hb = (39 - 0.82) / 0.82 = 46.5 > 0.2 \quad (11)$$

故应考虑低跨屋面雪堆积分布, 雪堆积厚度计算如下取较大值:

$$hd = 0.75 [0.43 \times \sqrt[3]{49} \sqrt[4]{9.3 + 10} - 1.5] = 0.97 \text{ 英尺} \leq hr - hb = 38.18 \text{ 英尺} \quad (12)$$

$$hd = 0.43 \times \sqrt[3]{984} \sqrt[4]{9.3 + 10} - 1.5 = 7.46 \text{ 英尺} \leq hr - hb = 38.18 \text{ 英尺} \quad (13)$$

取上述两式计算高度的较大值再换算成单位米,  $hd = 7.46 \text{ 英尺} = 7.46 \times 0.3048 \text{ m} = 2.27 \text{ m}$ 。堆积雪荷载的最高点荷载值  $S_{max}$  应按下式计算:

$$S_{max} = \rho * hd = 180 \times 2.27 = 409 \text{ kg/m}^2 = 4.09 \text{ kN/m}^2 \quad (14)$$

积雪堆积长:  $Wd = 4hd = 4 \times 2.27 = 9.09 \text{ m}$ , 最后按 6m 柱距换算成单榀刚架上的积雪堆积最大线荷载:

$q = 4.09 \times 6 = 24.5 \text{ kN/m}$ , 计算结果与《门规》基本一致。这也验证了《门规》是参照美国 MBMA 进行雪荷载设计这一说法。

## 结论

通过对比计算结果,《门规》在低跨雨篷雪的堆积线荷载最大值与基本雪压产生的线荷载的比值为 10.1, 而积雪堆积长度为 9.12m。《荷规》在低跨雨篷雪的堆积荷载与基本雪压的比值为 4, 但低跨雨篷整个区域都考虑了堆积。《门规》低跨雨篷刚架承担的雪堆积总荷载为 152.7kN,《荷规》低跨雨篷刚架承担的雪堆积总荷载按最不利的情况 1 计算为 123.7kN。

结合上述计算过程和计算结果的对比,说明随着我国经济实力的提升,在涉及安全的规范方面也在向发达国家看齐,我们设计人员在轻型屋盖结构的高低屋面的低跨屋面处可以采取以下措施:

1, 遇到高低跨门刚结构设计时不仅要注意这些地方的高低差,更要留意高跨屋面的长(宽)度,此因素可能成为积雪堆积荷载计算值的决定因素。

2, 设计时我们应该采取建筑措施,减小极端天气下低跨处雪的堆积。如低跨屋面尽量不设女儿墙和内天沟,在有条件的情况下加大低跨屋面的坡度,在低跨屋面处设置电加热等措施以减小低跨屋面雪的堆积。

3, 后续使用过程中如遇极端大雪天气,需在保证人员安全的前提下做好高低跨相交处低跨屋面的除雪措施。

## 参考文献

- [1] 《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012, 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012
- [2] 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015, 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2015
- [3] 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS102:2002, 中国工程建设标准化协会, 2002