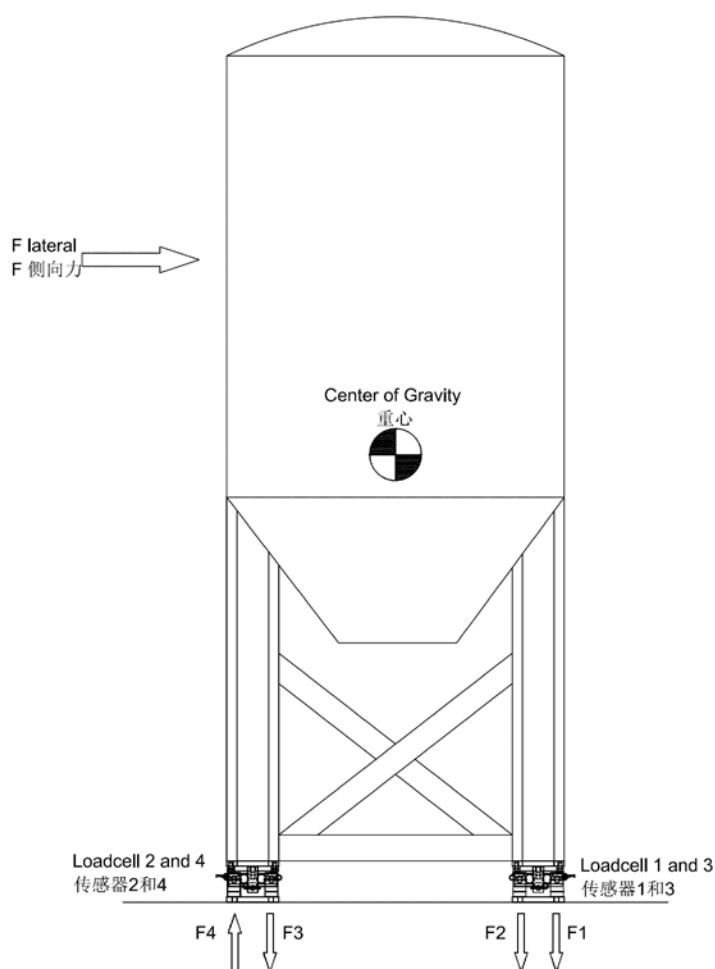


## 风对料仓的影响

本章内容旨在介绍风对料仓的影响，分析称重装置所承受的除料仓重量外、风作用在称重装置上的力。下面的计算为近似值，不能代替安装人员和质量人员应该进行的必要的计算和安全因素。

首先，我们应该确定所涉及的力，以确定他们是如何影响传感器的量程和安装套件的选择，然后考虑是否必要进行一些额外的限位。

下图显示一个 4 个支腿的料仓，风力的作用：



**F 侧向力：** 是横向作用的风力

**F1：** 是重力（仓重和料重）对传感器 1 和传感器 3 的垂直力；

**F2：** 是重力（仓重和料重）对传感器 2 和传感器 4 的垂直力；

**F3：** 是风的侧向力对传感器 1 和传感器 3 产生的垂直力；

F4: 是风的侧向力对传感器 2 和传感器 4 产生的垂直力;

计算料仓的受力, 我们应该将这些力分解成侧向力和纵向力, 以得到称重传感器和安装套件所受到的载荷。

侧向力主要取决于风的力量和料仓的几何, 但是作用在称重传感器和安装套件上的纵向力则取决于料仓是空仓还是满仓, 因此有必要研究这两中情况下力的组合。

下表是气象博福特量表, 是显示与地面或海绵观测的风速相关的风的强度的量表。

| 博福特 | 风的名称 | 风速 m/s | 风速 km/h | 对陆地的影响                                                  |
|-----|------|--------|---------|---------------------------------------------------------|
| 0   | 无风   | <0.5   | 0-1     | 平静, 烟垂直上升                                               |
| 1   | 软风   | 0.6-1  | 2-5     | 烟能表示风向。树叶和风向标静止                                         |
| 2   | 软风   | 2-3    | 6-11    | 表露皮肤能够感觉到风。树叶微响。风向标能转动。                                 |
| 3   | 微风   | 4-5    | 12-19   | 树叶和小东西持续移动, 轻的旗帜开始展开。                                   |
| 4   | 和风   | 6-8    | 20-28   | 能吹起地面灰尘和纸张, 树的小枝微动。                                     |
| 5   | 清劲风  | 9-11   | 29-38   | 中等粗细的树枝能动。有树叶的小树枝摆动。                                    |
| 6   | 强风   | 12-14  | 39-49   | 大树枝摆动, 电线呼呼有声, 举伞困难, 空的塑料箱会倾翻。                          |
| 7   | 疾风   | 15-17  | 50-61   | 整树晃动, 迎风行走费劲。                                           |
| 8   | 大风   | 18-20  | 62-74   | 微枝折毁, 人向前行走感觉阻力很大, 路上行驶的汽车变向。                           |
| 9   | 烈风   | 21-24  | 75-88   | 树枝断裂, 小树被刮断, 建筑物/临时标识及路障有损坏。                            |
| 10  | 狂风   | 25-28  | 89-102  | 树木断裂或被连根拔起, 树苗弯曲变形。附着力较差的油毡和状态不好的墙面脱落。                  |
| 11  | 暴风   | 29-34  | 103-117 | 植物大面积受灾, 许多屋顶被损坏, 已经卷起及/或年久断裂的油毡会完全断裂。                  |
| 12  | 飓风   | >34    | >118    | 植物及大面积的受灾。有些窗户会损坏, 移动房屋和建筑状况较差的棚户和粮仓被损坏。碎片和未加固定的物体漫天飞舞。 |

第一步需要计算料仓所承受的侧向力。

## 计算料仓所承受的侧向力

计算公式:

$$F_{\text{侧向力}} = C_w \times 0.5 \times \rho_L \times v^2 \times A, \text{ 即}$$

$F_{\text{侧向力}}$  = 侧向力(N)

$C_w$  = 风力作用在圆柱体的载荷系数

$C_w = 0.8$

$\rho_L$  = 空气密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_L = 1.25(\text{kg/m}^3)$

$v$  = 风速 ( $\text{m/s}$ )

$A$  = 料仓的表面积( $\text{m}^2$ )

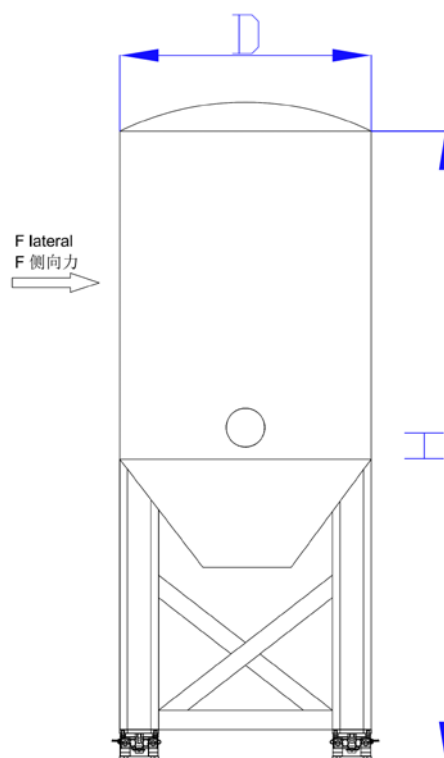
$A = H \times D$ , 即

$H$  = 料仓的高度 ( $\text{m}$ )

$D$  = 料仓的直径 ( $\text{m}$ )

把  $C_w$  和  $\rho_L$  数值代入公式, ?

$$F_{\text{侧向力}} = 0.5 \times v^2 \times A$$



## 料仓所受侧向力的计算举例:

料仓容积  $64\text{m}^3$ , 重量  $40\text{t}$ , 空载  $5\text{t}$ , 高度  $9\text{m}$ , 直径  $3\text{m}$ 。需要承受的风  $40\text{m/s}$ 。

$$F_{\text{侧向力}} = 0.5 \times v^2 \times A$$

$$F_{\text{侧向力}} = 0.5 \times 40^2 \times (9 \times 3)$$

$$F_{\text{侧向力}} = F_{\text{纵向力}}$$

$F_{\text{纵向力}} = 21600\text{N}$ , 或相当于  $2.2\text{t}$  的重量

第二步需要计算风作用在安装套件上的侧向力，这将帮助我们决定安装套件是否安全。一旦计算出了力值，需要分析是否需要采用额外的限位措施。我们需要区别对待 3 个支撑腿和 4 个支撑腿的料仓。

## 风作用在 3 个支撑腿料仓的力的分布和侧向力值的

$$F_{\text{合}} = F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}$$

$$F_{\text{合}} = F_{\text{侧向力}} = F_{\text{纵向力}}$$

$$F_{\text{纵向力}} = F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}$$

$$F_{r1} = 0$$

$$F_{r2} = F_{\text{安装套件}} \times \cos \text{切角}$$

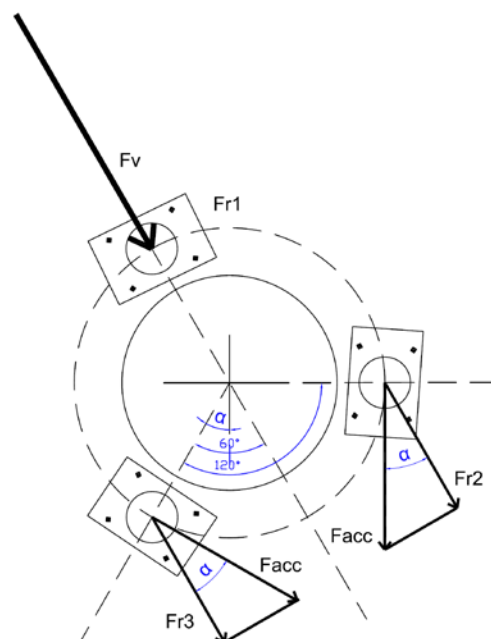
$$F_{r3} = F_{\text{安装套件}} \times \cos \alpha$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F_{\text{纵向力}} = 2 \times F_{\text{安装套件}} \times \cos \alpha$$

$$F_{\text{安装套件}} = \frac{F_{\text{纵向力}}}{2 \times \cos 30^\circ}$$

$$F_{\text{安装套件}} = 0.58 \times F_{\text{纵向力}}$$



根据这个公式，我们应该确保 3 个支撑腿料仓的安装套件可以承受至少风力乘以 0.58。

### 3 个支撑腿的料仓的水平力的总和的举例说明

$$F_{\text{安装套件}} = 0.58 \times F_{\text{纵向力}}$$

$$F_{\text{安装套件}} = 0.58 \times 21600$$

$$F_{\text{安装套件}} = 12.6000 \text{ N, 或相当于 } 1.3\text{t 的重量}$$

此例中，安装套件至少承受的侧向力为 1.3t。

### 风作用在 4 个支撑腿料仓的力的分步和水平力值的计算

$$F_{\text{合}} = F_{r1} + F_{r2} + F_{r3} + F_{r4}$$

$$F_{\text{合}} = F_{\text{侧向力}} = F_{\text{纵向力}}$$

$$F_{\text{纵向力}} = F_{r1} + F_{r2} + F_{r3} + F_{r4}$$

$$F_{r1} = 0$$

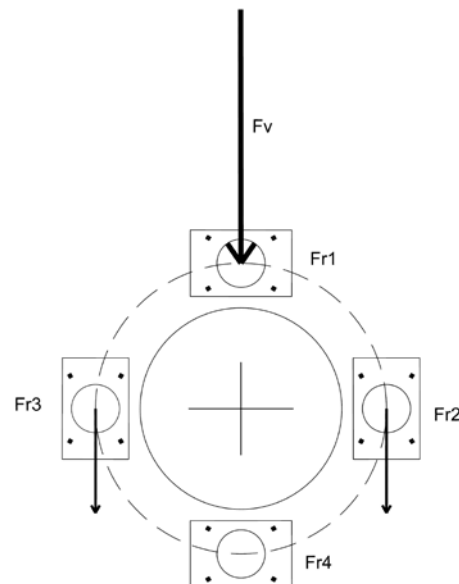
$$F_{r2} = F_{\text{安装套件}}$$

$$F_{r3} = F_{\text{安装套件}}$$

$$F_{r4} = 0$$

$$F_{\text{纵向力}} = 2 \times F_{\text{安装套件}}$$

$$F_{\text{安装套件}} = 0.5 \times F_{\text{纵向力}}$$



根据这个公式，我们应该确保 4 个支撑腿料仓的安装套件可以承受至少风力乘以 0.5。

## 4 个支撑腿的料仓的侧向力的总和的举例说明

$$F_{\text{安装套件}} = 0.5 \times F_{\text{纵向力}}$$

$$F_{\text{安装套件}} = 0.5 \times 21600$$

$$F_{\text{安装套件}} = 11000\text{N}, \text{ 或相当于 } 1.2\text{t 的重量}$$

此例中，安装套件至少承受的侧向力为 1.2t。

下一步，我们要计算风对料仓垂直受力的影响。这些里直接影响传感器量程的选择以及安装套件的选择。计算之后，我们才能确定是否有必要采用额外的限位。

我们需要区别对待 3 个支撑腿和 4 个支撑腿的料仓。

## 3 个支撑腿料仓

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{\text{安全系数} \times \text{总重量}}{\text{支撑腿的数量}}$$

3 个支撑腿的料仓的安全系数通常是 1.3。

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{1.3 \times \text{总重量}}{\text{支撑腿的数量}}$$

根据上面的举例，

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{1.3 \times 45.000}{3}$$

$$\text{称重传感器的量程} = 20\text{t}$$

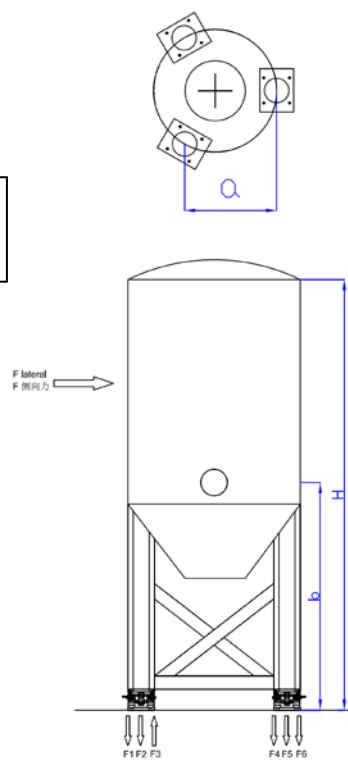
3 个支撑腿的料仓，所涉及的力为：

F1 = 物料的重力 (N)

F2 = 结构的重力 (N)

F3 = 提升力 (N)

F4 = 物料的重力 (N)



F5 = 结构的重力 (N)

F6 = 提升力 (N)

$$F_{\text{提升力}} = F_{\text{侧向力}} \times \frac{b}{a}, \text{ 即}$$

$F_{\text{侧向力}}$  = 风对料仓产生的侧向力 (N)

b = 力的作用点与传感器安装面之间的垂直距离 (m)

a = 传感器之间的水平距离 (m)

a3 个支撑腿 =  $0.75 \times D$

H = 料仓的高度 (m)

$b = \frac{H}{2}$ , 代入公式

$$F_{\text{提升力}} = 0.5 \times v^2 \times A \times \frac{H}{2 \times 0.75 \times D}$$

$$F_{\text{提升力}} = 0.5 \times 40^2 \times (9 \times 3) \times \frac{9}{2 \times 0.75 \times 3}$$

$$F_{\text{提升力}} = 43200\text{N}, \text{ 相当于 } 4.4\text{t}$$

下一步，我们要计算迎风受力的支腿所承受的垂直力的合成。料仓空仓时，必须支撑安装套件的关键。？

$$\text{空仓的力合成} = F1 + F2 + F3, \text{ 即}$$

F1 = 物料的重力 (N)，案例中为 0

F2 = 料仓的重力 (N)

F3 = 提升力 (N)

$$F1 = \frac{\text{物料的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

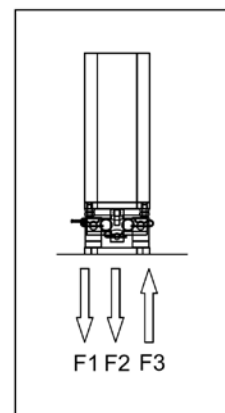
$$F2 = \frac{\text{料仓的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

F3 = 提升力 (N)

案例中，

$$\text{空仓的合成力} = \left(0 + \frac{5000}{3}\right) \times 9.8 - 43200$$

$$\text{空仓的合成力} = -27000 \text{ N}, \text{ 或相当于 } 2.8\text{t}$$



负值表示空仓时，料仓承受的是迎风的支撑腿产生的 2.8t 的提升力。我们应该选择的安装套件，至少抵御 2.8t 的提升力。如果不是这样，应采用额外的限位措施。

最后，计算满仓时背风的支撑腿所承受的最大力值，对计算称重传感器所承受的力值，极为关键。

**满仓的力合成 = F4 + F5 + F6, 即**

F4 = 物料的重力 (N)，案例中为 0

F5 = 料仓的重力 (N)

F6 = 提升力 (N)

$$F4 = \frac{\text{物料的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

$$F5 = \frac{\text{料仓的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

F6 = 提升力

案例中，

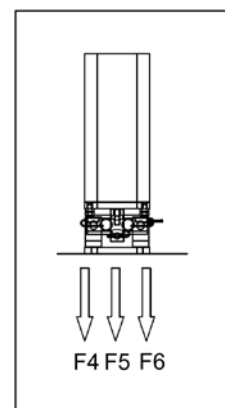
$$\text{满仓的合成力} = \left( \frac{40000}{3} + \frac{5000}{3} \right) \times 9.8 + 43200$$

**满仓的合成力 = 19100 N，或相当于20t。**

结果表示满仓时，料仓背风支撑腿上承受的合成力值是 20t。选择的称重传感器，至少能够承受这个合成力。

### 3 个支撑腿的料仓的总结:

1. 选择的安装套件至少能够承受 12600N（或相当于 1.3t）的侧向力；



2. 选择的安装套件至少能够承受 27000N（或相当于 2.8t）的提升力。若所选的安装套件不能承受这个力值，应该使用额外的限位装置；
3. 通过计算料仓满仓时每只传感器受到的合成力，以确定为每个支撑腿所选的传感器的量程是否合适。在所举的案例中，两种计算均证明每只传感器的量程至少是 20t。如果两种计算不能获得相同数据，需要选择数值大的量程，以预防极端情况的发生。更为重要的是在计算之后进行验证。

举例说明安装套件承受的力

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| 额定载荷                            | 15...40t |
| 可允许的最大横向偏移 (to retention arm) ? | ±4mm     |
| 保留臂最大横向力                        | 47 kN    |
| 最大提升力                           | 76 kN    |
| 最大提升距离，须进行调整                    | 3mm      |
| 材质                              | 合金钢，镀锌处理 |

**允许的在保留臂方向的横向力：**是指以切割线方式向安装的安装套件的横向组件所承受的力值。根据这些结果，安装套件能够承受 47kN 的侧向力。我们的系统需要至少 12.6kN 的力值。所以，所选择的安装套件能够满足需要，无需额外的限位装置。

**最大提升力：**是指以切割线方向安装的安装套件的侧向组件所承受的力，如推荐的数据表。根据这些结果，安装套件所能承受 76kN 的提升力。我们的系统需要至少 27kN 的力值。所以，所选择的安装套件，无需额外的限位装置。

## 4 个支撑腿的料仓

首先需要计算适合于料仓的传感器的量程，不考虑风力：

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{\text{安全系数} \times \text{总重量}}{\text{支撑腿的数量}}$$

出于安全考虑，4 个支撑腿的料仓的安全系数通常是 1.5。

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{1.5 \times \text{总重量}}{\text{支撑腿的数量}}$$

根据上面的举例，

$$\text{称重传感器的量程} = \frac{1.5 \times 45.000}{4}$$

$$\text{称重传感器的量程} = 17\text{t}$$

4 个支撑腿的料仓，所涉及的力为：

F1 = 物料的重力 (N)

F2 = 结构的重力 (N)

F3 = 提升力 (N)

F4 = 物料的重力 (N)

F5 = 结构的重力 (N)

F6 = 提升力 (N)

$$\mathbf{F_{提升力}} = \mathbf{F_{侧向力}} \times \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{a}}, \text{ 即}$$

$F_{\text{侧向力}}$  = 风对料仓产生的侧向力 (N)

$b$  = 力的作用点与传感器安装面之间的垂直距离 (m)

$a$  = 传感器之间的水平距离 (m)

$a_{4 \text{ 个支撑腿}} = 0.75 \times D$

$H$  = 料仓的高度 (m)

$b = \frac{H}{2}$ , 代入公式

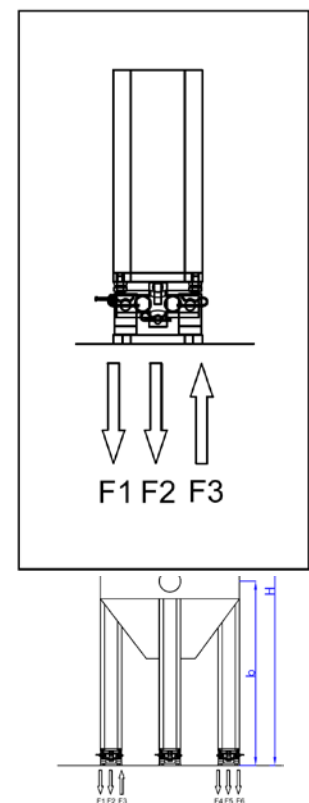
$$F_{\text{提升力}} = 0.5 \times v^2 \times A \times \frac{H}{2 \times D}$$

$$F_{\text{提升力}} = 0.5 \times 40^2 \times (9 \times 3) \times \frac{9}{2 \times 3}$$

$$F_{\text{提升力}} = 32400\text{N}, \text{ 相当于 } 3.4\text{t}$$

下一步，我们要计算迎风受力的支腿所承受的垂直力的合成。料仓空仓时，必须支撑安装套件的关键。？

$$\text{空仓的力合成} = F1 + F2 + F3, \text{ 即}$$



F1 = 物料的重力 (N)，案例中为 0

F2 = 料仓的重力 (N)

F3 = 提升力 (N)

$$F1 = \frac{\text{物料的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

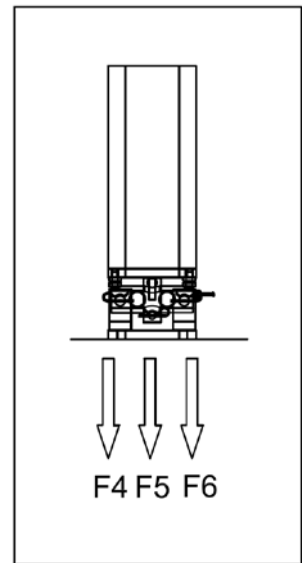
$$F2 = \frac{\text{料仓的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

F3 = 提升力

案例中，

$$\text{空仓的合成力} = \left(0 + \frac{5000}{3}\right) \times 9.8 - 32400$$

$$\text{空仓的合成力} = -20150 \text{ N, 或相当于} 2.1 \text{ t}$$



负值表示空仓时，料仓承受的是迎风的支撑腿产生的 2.1t 的提升力。我们应该选择的安装套件，至少抵御 2.1t 的提升力。如果不是这样，应采用额外的限位措施。

最后，计算满仓时背风的支撑腿所承受的最大力值，对计算称重传感器所承受的力值，极为关键。

$$\text{满仓的力合成} = F4 + F5 + F6, \text{ 即}$$

F4 = 物料的重力 (N)，案例中为 0

F5 = 料仓的重力 (N)

F6 = 提升力 (N)

$$F4 = \frac{\text{物料的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

$$F5 = \frac{\text{料仓的重力}}{\text{支撑腿的数量}} \text{ (N)}$$

F6 = 提升力

案例中，

$$\text{满仓的合成力} = \left(\frac{40000}{3} + \frac{5000}{3}\right) \times 9.8 + 32400$$

$$\text{满仓的合成力} = 143000 \text{ N, 或相当于} 15 \text{ t.}$$

## 4 个支撑腿的料仓的总结:

1. 选择的安装套件至少能够承受 11000N（或相当于 1.2t）的侧向力；
2. 选择的安装套件至少能够承受 20150N（或相当于 2.1t）的提升力。若所选的安装套件不能承受这个力值，应该使用额外的限位装置；
3. 通过计算料仓满仓时每只传感器收到的合成力，以确定为每个支撑腿所选的传感器的量程是否合适。在所举的案例中，两种计算均证明每只传感器的量程至少是 20t。如果两种计算不能获得相同数据，需要选择数值大的量程，以预防极端情况的发生。更为重要的是在计算之后进行验证。

## 举例说明安装套件承受的力

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| 额定载荷                          | 15...40t |
| 可允许的最大横向偏移（to retention arm）？ | ±4mm     |
| 保留臂最大横向力                      | 47 kN    |
| 最大提升力                         | 76 kN    |
| 最大提升距离，须进行调整                  | 3mm      |
| 材质                            | 合金钢，镀锌处理 |

**允许的在保留臂方向的横向力：**是指以切割线方式向安装的安装套件的横向组件所承受的力值。根据这些结果，安装套件能够承受 47kN 的侧向力。我们的系统需要至少 12.6kN 的力值。所以，所选择的安装套件能够满足需要，无需额外的限位装置。

**最大提升力：**是指以切割线方向安装的安装套件的侧向组件所承受的力，如推荐的数据表。根据这些结果，安装套件所能承受 76kN 的提升力。我们的系统需要至少 27kN 的力值。所以，所选择的安装套件，无需额外的限位装置。

希望此份技术说明能够帮助您计算风对料仓的影响。本文仅作为指南，不能作为合约规格。我们有权在任何时间对于本文内容进行变更。