

起重气袋的力学计算

罗贤光

(华南理工大学 510641)

起重气袋的应用日益广泛,国内已有这方面的专利。本文仅从力学理论方面对气袋的有关问题作些探讨。

1 几个力学计算公式

1.1 承载力

假设气袋呈扁平形,如图1所示,则承载力(W)为

$$W = PA \quad (1)$$

式中 W ——气袋标准承载力,kN;

P ——气袋充气后的相对压力,MPa;

A ——气袋的承载面积,mm²。

1.2 帘布层的内力

气袋 I-I 截面上(如图1所示)单位长度的内力(T_2)的示意图如图2(a)所示。根据平衡条件,可建立如下方程:

$$2(\pi r + a)T_2 = P(\pi r^2 + 2ra)$$

即

$$T_2 = Pr(\pi r + 2a)/2(\pi r + a) \quad (2)$$

由(2)式得:

$$\begin{aligned} T_2 &= Pr(\pi r + 2a)/2(\pi r + a) \\ &< Pr(2\pi r + 2a)/2(\pi r + a) \\ &= Pr \end{aligned}$$

为了简便和偏重于安全性,得

$$T_2 \approx Pr \quad (3)$$

式中 T_2 —— I-I 截面单位长度的内力,

N · mm⁻¹;

a ——气袋承载面一边的长度,mm;

r ——气袋侧墙的半径,mm。

气袋截面 II-II 上(如图1所示)单位长度的内力(T_1)的示意图如图2(b)所示。经推导可得与式(2)和(3)类似的结果:

$$T_1 = Pr(\pi r + 2b)/2(\pi r + b) \quad (4)$$

$$T_1 \approx Pr \quad (5)$$

式中 T_1 —— II-II 截面单位长度的内力,

N · mm⁻¹;

b ——气袋承载面一边的长度,mm。

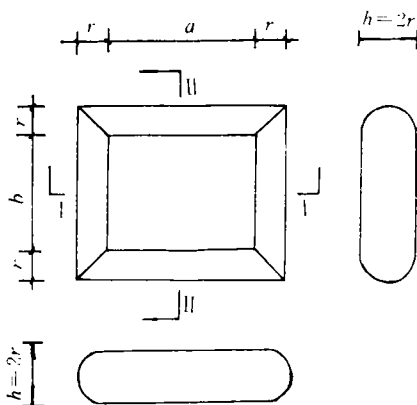


图1 气袋结构示意图

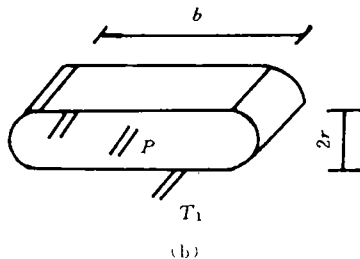
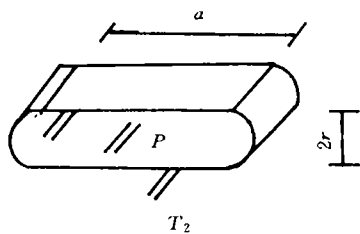


图2 气袋受力分析图

1.3 帘线角

气袋帘布层的帘线角(β)是指帘线与气袋径向的夹角,可按气袋的内力 T_1 和 T_2 计算。假设图1中1-1截面的截线表示气袋的径向,则 β (如图3所示)表示为

$$\beta = \arctg \sqrt{T_2/T_1} \quad (6)$$

当取 $T_1 = T_2 = Pr$ 时,有

$$\beta = 45^\circ$$

1.4 帘布层数的确定

图3为气袋中帘布(m 层)的示意图。由于气袋的帘布层是没有交叉丝束的经纬(不是指气袋的纬向)织物,且相邻帘布层的帘线是交叉排列的,因此帘布层的 m 应为偶数。

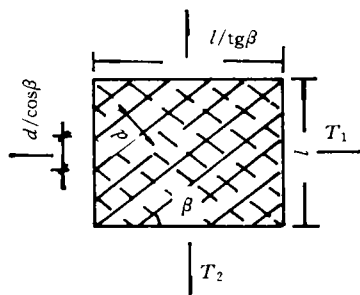


图3 帘线受力分析图

假设图3中径向内力 T_1 的作用边长是 l ,通过该边长的帘线有 n 根,则

$$n = lm \cos \beta / d \quad (7)$$

式中 l ——作用力边长,mm;

d ——帘线间距,mm。

考虑到所有的内力全部由帘线承担,故要求

$$CT_1 l = nK \cos \beta \quad (8)$$

将(7)式代入(8)式得

$$CT_1 l = lmK \cos^2 \beta / d$$

即

$$m = T_1 d C / K \cos^2 \beta \quad (9)$$

同理有

$$m = T_2 d C / K \sin^2 \beta \quad (10)$$

如果取 $T_1 \approx T_2 \approx Pr$, $\beta = 45^\circ$,则有

$$m = 2PrdC / K \quad (11)$$

式中 C ——安全系数;

K ——单根帘线的抗张力,N。

2 计算中的问题讨论

2.1 A的选择

气袋的 m 一般以2—4为宜, m 过大,会给气袋的制造工艺增加难度,且使帘布层的受力情况变得复杂,不利于帘布层抗张功能的发挥。减少 m 的方法之一是减小气袋的 P ,由式(1)得

$$P = W/A$$

即在可能的条件下增大 A ,可以达到减小 P 的目的。

2.2 骨架材料的选择及布置方式

首先根据式(10)对帘布进行 m 的计算,再选取 m 合适的帘布进行经济、工艺和使用要求等方面的分析与比较,最后确定骨架材料的选用方案。

至于帘线的走向,则要求与气袋的径向成角 β ,如图3所示。这样布置的目的,是为了使各层帘布上的应力全部由各层帘布的帘线承担。如果帘线的走向布置成如图4所示的形式,则虽然有利于气袋横向刚度的提高,但也会导致层与层间的应力复杂化,从而影响层与层间的粘附强度。

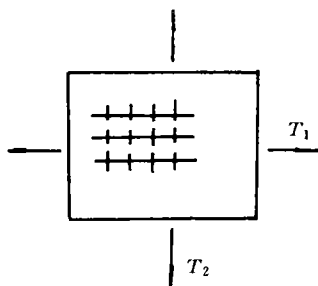


图4 帘线的走向图

2.3 C的确定

C 的确定可以采用分项系数法。具体确定方法如下:①考虑到力学计算公式的精确性不是很高,特别是没有研究集中应力的影响,确定安全分项系数 $C_1 = 2$ 。②考虑到工艺的困难及帘布强度的削弱,确定安全分项系

数 $C_2=2$ 。③考虑到气袋的重要性等,确定安全分项系数 $C_3=1.5$ 。④综合各分项系数,确定 $C=C_1C_2C_3=6$ 。⑤如果用式(10)计算, C 可取低点,如 5 以上;如 $m=4$, C 可取大些,如 7 以上。 C 的确定有赖于较多的资料和经验,且要集思广益。上面意见供参考。

3 计算实例

假设气袋的标准载荷为 450kN,最大举升高($h=2r$)为 400mm,气袋的承载面积为 $800 \times 750 \text{mm}^2$,选用帘布层数为 2,试求安全系数。

解:由式(1)得

$$P = W/A = 450000/800 \times 750 \\ = 0.75 \text{MPa}$$

由式(2),(4)得

$$T_2 = Pr(\pi r + 2a)/2(\pi r + a) \\ = 0.75 \times 200(3.14 \times 200 + 2 \\ \times 800)/2(3.14 \times 200 + 800) \\ = 117 \text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

$$T_1 = Pr(\pi r + 2b)/2(\pi r + b) \\ = 0.75 \times 200(3.14 \times 200 + 2 \\ \times 750)/2(3.14 \times 200 + 750) \\ = 115.8 \text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

由式(6)得

$$\beta = \arctg \sqrt{T_2/T_1} \\ = \arctg \sqrt{117/115.8} \\ \doteq 45^\circ$$

根据文献资料,确定采用高强度钢丝贴胶帘布,钢丝束 $K=1.5 \text{N} \cdot d=2.0 \text{mm}$ 。

由式(10)得

$$C = mK \sin^2 \beta / T_2 d \\ = 2 \times 1500 \times 0.5/117 \times 2 \\ = 6.4$$

若采用简易计算式(11),则

$$C = mK/2Prd \\ = 2 \times 1500/2 \times 0.75 \times 200 \times 2 \\ = 5$$

收稿日期 1995-04-05

年产 500t 丙烯酸酯橡胶生产装置投入生产

吉林省吉林市油脂化学工业公司有机化工厂采用北京化工大学技术,今年年初实现了年产 500t 丙烯酸酯橡胶工业化生产,并于前不久通过了化工部、吉林省经贸委组织的技术鉴定和新产品鉴定。鉴定认为:这套工业规模的丙烯酸酯橡胶生产装置生产技术工艺先进、产品性能达到国外同类产品先进水平,某些指标超过国外水平。

丙烯酸酯橡胶是我国汽车工业发展必不可少的特种橡胶品种之一,其耐高温、耐油、耐老化性能兼优,主要用于汽车曲轴、辊轴、

变速系统的各种油封、回油管、转矩变换器管、空气控制器管、真空控制管、蒸发控制管等软管,汽缸垫、变速箱油封及 O 型圈和刹车碗等耐高温、耐油环境中。吉林市油脂化学工业公司有机化工厂投资 1200 万元,于年初建成了这一生产装置。该技术采用分段聚合法,单体转化率达 99.5% 以上,无环境污染,产品门尼粘度值在 25—55 范围内任意可调。经试产,高、低温胶产品质量稳定,品种齐全,可完全替代进口,现已投放市场,价格远低于进口产品,备受用户青睐。

(摘自《中国化工报》,1995.9.22)