

充气橡胶芯模的结构设计

王庆军 张粉英 包建忠 曹 宏 何震天
(江苏里下河地区农科所, 扬州 225002)

摘要 介绍 NR 和 CR/NR 充气芯模(简称充气芯模)的结构、应力分析和计算、强度核算及接缝结构。本充气芯模主要由圆柱体、锥形封头和椭圆形封头组成,各部位的经向和纬向应力计算式各不相同。由强度核算确定骨架材料选用尼龙水坝布,椭圆形封头的长径比 K 为 2。接缝部位为双面密封胶片结构,搭接面宽为 60 mm。

关键词 橡胶芯模, 充气芯模, 结构设计, NR, NR/CR

充气橡胶芯模(简称充气芯模)是钢筋混凝土构件的抽孔模具,为柔性囊体胶布制品。该制品用尼龙帆布作骨架材料,双面覆胶制成。本工作探讨了 NR 和 NR/CR 充气芯模的结构设计。

1 产品的性能要求

(1)气密性能良好。从混凝土浇筑到抽孔,充气芯模不能掉压漏气,否则会导致梁体出现气孔、裂纹、局部坍塌现象,甚至会造成整个梁体报废。通常要求充气芯模的漏气率 $\leq 0.002\text{ MPa}\cdot\text{d}^{-1}$ (以每次使用 15 h 计)。

(2)耐磨性能好、拉伸强度高。充气芯模在使用过程中要在钢筋笼中及粗糙的混凝土中反复拖拉使用,钢筋扎头或混凝土尖角对充气芯模的表面破坏性很强,同时为了节约铸造成本,通常要求每条充气芯模浇筑 100 件以上的混凝土构件。

(3)耐天候和耐环境性能好。充气芯模不但要在冬季 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的环境中正常使用,而且要在夏季阳光的直射下使用(囊体表面温度有时达 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$),并要求能耐混凝土的碱性。

作者简介 王庆军,男,33岁。工程师。1987年毕业于南京大学化学系高分子专业。已发表论文2篇,申请发明专利1项。

2 覆胶胶料配方及性能

本设计确定的覆胶胶料配方及性能见表 1^[1~4]。

3 结构设计

3.1 结构

根据混凝土构件成孔的孔形,充气芯模

表 1 覆胶胶料配方及性能

项 目	配方 1	配方 2
配合剂用量/份		
CR120	90	0
NR	10	100
氧化锌	5	5
氧化镁	4	0
硬脂酸	3	3
硫黄	0	2
促进剂 NA-22	0.3	0
促进剂 CZ	0	1
半补强炭黑	30	40
高耐磨炭黑	10	20
粘合粘 RS	1.5	0
粘合剂 A	2	0
变压器油	8	5
松焦油	2	5
防老剂	适量	适量
物理性能(硫化条件: $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times 10\text{ min}$)		
拉伸强度/MPa	17.7	19.3
扯断伸长率/%	527	490
邵尔 A 型硬度/度	62	64
硫化胶与尼龙帆布的粘 合强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	4.50	4.56

可设计成圆形、椭圆形、方形和异形结构。本设计充气芯模结构如图 1 所示。

3.2 应力分析和计算

在材料力学中,壁厚较其它尺寸小得多,且壁的曲率半径比壁厚大 20 倍以上的容器称为薄壁容器。充气芯模即是薄壁容器。薄壁容器的受力分析如图 2 所示。

薄壁应力方程式(拉普拉斯方程式)为

$$\frac{T_1}{\rho_1} + \frac{T_2}{\rho_2} = P$$

(1)

式中 T_1 ——经向应力;

T_2 ——纬向应力;

ρ_1 ——垂直面上经向曲率半径;

ρ_2 ——横截面上纬向曲率半径;

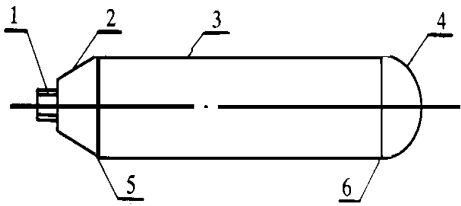


图 1 充气芯模结构示意图

1—接气嘴; 2—锥形封头; 3—圆柱体; 4—圆形封头; 5—锥形封头搭接处;
6—椭圆形封头搭接处

P ——容器内气体压力。

仅有拉普拉斯方程式还不能求解应力 T_1 和 T_2 , 因此再用截面法, 即用垂直于 Z 轴的法向平面将容器截开, 如图 3 所示。

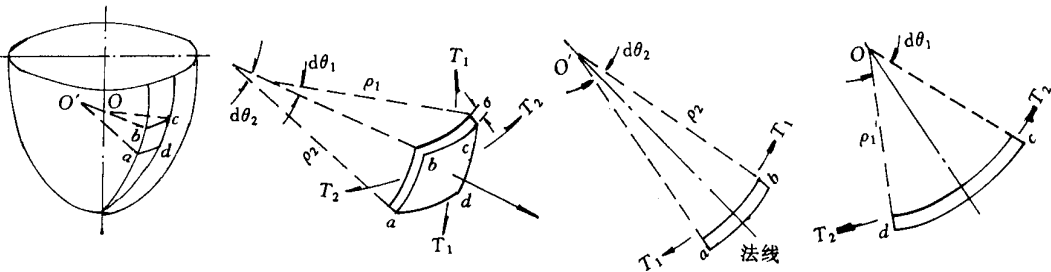


图 2 薄壁容器受力分析简图

α —— T_1 与 Z 轴方向的夹角。

根据式(1)和(2), 可分别得出充气芯模圆柱体、锥形封头和椭圆形封头部位的应力计算式。

(1)圆柱体部位的应力计算式

圆柱体部位的圆筒半径为 R , 受 P 的作用, $\rho_1 \rightarrow \infty$, $\rho_2 = R$, $\alpha = 0$, 由式(1)和(2)得圆柱体部位应力计算式:

$$T_1 = \frac{RP}{2}$$

(3)

$$T_2 = RP$$

(4)

(2)锥形封头应力计算式

按圆柱体部位的推导方式, 可得锥形封头应力计算式:

$$T_1 = \frac{PR}{2\cos\alpha}$$

(5)

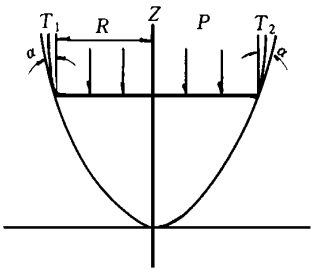


图 3 薄壁容器法向截面受力示意图
由应力平衡条件得

$$2\pi R T_1 \cos \alpha - \pi R^2 P = 0$$

即

$$T_1 = \frac{RP}{2\cos\alpha}$$

(2)

式中 R ——截面圆半径;

$$T_2=\frac{PR}{\cos\alpha'} \tag{6}$$

式中 α' 为锥形封头锥顶半角。

(3)椭圆形封头应力计算式

同样是按圆柱体部位的推导方式,得椭圆形封头端部应力计算式:

$$T_1=\frac{aP}{2} \tag{7}$$

$$T_2=aP(1-\frac{K^2}{2}) \tag{8}$$

式中 a ——椭圆长轴长;

K ——椭圆长轴与短轴比。

3.3 强度核算

(1)圆柱体部位

圆柱体部位强度核算主要是为了选择骨架材料。由于圆柱体部位受双向应力的作用,而通常胶布的检测为单向拉伸测试,一般情况下测得的强度数据偏高,不能反映实际工作状态,因此取修正因数 $k=0.9$ 。同时为安全起见,还需设一安全因数 n , n 的取值范围为 $3\sim 5$ 。本设计取 $n=5$ 。将 k 和 n 代入式(3)和(4),得 $T_1=nRP/(2k)=208\text{ N}\cdot(5\text{ cm})^{-1}$, $T_2=nRP/k=416\text{ N}\cdot(5\text{ cm})^{-1}$ 。据此,对上海工业用布三厂的3种型号的工业用尼龙帆布进行对比,见表2。根据性能与价格比,选择水坝布作骨架材料较合适。

表 2 3 种尼龙帆布性能对比

布型	密度/(根·cm ⁻¹)		断裂强度/[N·(5 cm) ⁻¹]		断裂伸长率/%		吸湿率/%	厚度/mm
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向		
630	269.7	111.5	798.0	477.3	46.5	28.3	3.0	1.41
642	100.0	101.0	930.0	625.0	50.0	55.0	5.3	0.90
水坝布	91.7	151.8	360.8	642.0	17.0	23.0	4.3	0.81

(2)圆锥形封头部位

锥形封头部位的强度计算主要是考察圆柱体与锥形封头搭接部位的应力集中情况。如果把锥形封头部位与圆柱体部位的应力之比设为应力增大因数,则由式(3), (4), (5)和(6)得

$$I_1=\frac{T_1(\text{锥形})}{T_2(\text{圆柱})}=\frac{1}{2\cos\alpha'} \tag{9}$$

$$I_2=\frac{T_2(\text{锥形})}{T_2(\text{圆柱})}=\frac{1}{\cos\alpha'} \tag{10}$$

式中 I_1 ——经向应力增大因数;

I_2 ——纬向应力增大因数。

(3)椭圆形封头部位

椭圆形封头部位的强度核算是为确定椭圆形的 K 值。椭圆形封头部位的应力增大因数图如图5所示(r_0 为椭圆上任意一点到短轴的垂直距离)。由图5看出,不同的 K 值对应不同的 I_1 和 I_2 曲线。在封头顶心部位, T_2 最大;在封头端搭接处, T_2 最小,如果这时 T_2 过小,封头就会由于压缩应力的作用而出现匀状变形,直接影响产品的质量及外观。因此应选择适宜的 K 值。试验得出, $K=2$ 时封头部位基本无匀状变形。

由式(9)和(10)作应力增大因数图,结果如图4所示。由图4可知, α' 越小, I_1 和 I_2 就越小,锥形封头锥体就越长,显然 α' 不能取得过小;当 $\alpha'=90^\circ$ 时, $I_1\rightarrow\infty$, $I_2\rightarrow\infty$,这当然也不合适。为了使圆锥形封头部位与圆柱体部位的应力相适宜,选择 $\alpha'=30^\circ$,这时 $I_1=0.577$, $I_2=1.155$,搭接部位平滑,无皱褶,基本无应力集中现象。

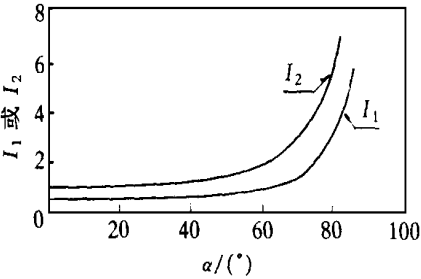


图 4 锥形封头部位的应力增大因数图

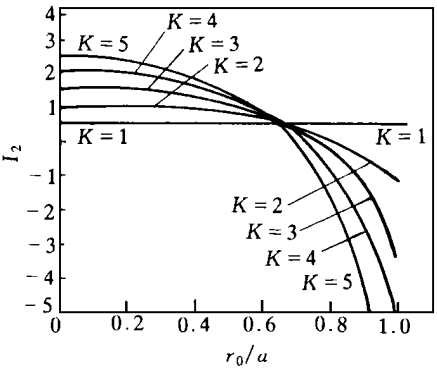
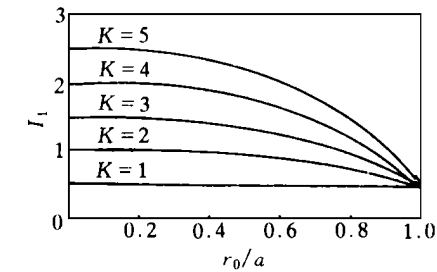


图5 椭圆形封头部位的应力增大因数图

3.4 接缝的结构设计

充气芯模接缝的质量直接影响产品的质量。根据使用要求和试验确定, 接缝部位采用双面密封胶片的结构, 如图 6 所示。搭接面宽度通过试验来确定, 试验结果见表 3。从表 3 看出, 搭接面宽度为 60 mm 时, 用冷粘法或热粘法成型, 粘合面的粘合强度都较高, 不会出现开胶或剥离现象。

4 结语

用充气芯模浇筑的混凝土构件与钢质或

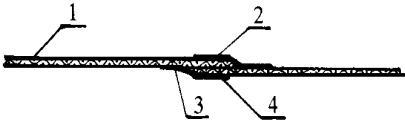


图6 接缝的结构

1—胶布(厚 2 mm); 2—外保护层(宽 60 mm); 3—内外保护层(宽 60 mm); 粘合面胶层(宽 60 mm)

表3 搭接面宽度的试验结果

项 目	搭接面宽度/mm		
	30	60	90
硫化胶与尼龙帆布粘合强度/[N·(5 cm) ⁻¹]			
热粘法	683 *	675 *	685 *
冷粘法	376 **	678 *	680 *

注: *断裂处在搭接缝外, 为胶布本体断裂; * 破坏面在搭接缝内, 为粘合面破坏。

木质模具浇筑的混凝土构件性能完全相同, 且与木质、钢质抽孔模具相比, 充气芯模具有施工方便、装卸灵活、结构简单、质量稳定、成本低廉、周转便捷和抽孔迅速等优点。因此充气芯模广泛用于桥梁制造、房屋施工、船舶生产和码头建造等行业, 深得用户喜爱。

参考文献

1 邓本诚, 纪奎江. 橡胶工艺原理. 北京: 化学工业出版社 1984. 183~189

2 河冈丰(日). 橡胶配方手册. 刘登祥, 傅彦杰, 盛德修, 等译. 北京: 化工部橡胶工业科技情报中心站, 1989. 1~100

3 霍金斯 W L. 聚合物的稳定化. 吕世光译. 北京: 轻工业出版社, 1981. 222~392

4 王贵恒. 高分子材料成型加工原理. 北京: 化学工业出版社, 1982. 220~221

收稿日期 1997-08-28

《英汉高分子科学技术词汇》出版

由化工部北京化工研究院张中岳教授主编的《英汉高分子科学技术词汇》已经出版, 共 134 万字。该书收词范围包括高分子化学、高分子物理、高分子工程与工艺、高分子材料(包括塑料、橡胶、纤维、涂料、胶粘剂等)

及其加工应用。该书收词约 6 万条, 既注意收集传统高分子词汇, 又注意收集各种文献中新发展出的词汇, 覆盖了高分子专业的方方面面。可为高分子及相关专业人员阅读文献时提供帮助。

(本刊讯)