

**3800-15300 预制泵站有限元**

**FEA 分析报告**

委托人:江苏舜工机械有限公司



江苏大学镇江流体工程装备技术研究院

国家水泵及系统工程技术研究中心



2019 年 3 月

## 一、模型简介

泵站安装于地下，因此外壳将受到周边土壤的压力，假设压力大小与预埋深度成正比，而泵站底部则与夯实基础接触，此分析基于以上工作条件，筒壁厚度为，30mm，评估泵站在运行过程中的结构强度。泵站简化为圆柱形玻璃钢容器，二维轴对称截面图 1 所示。

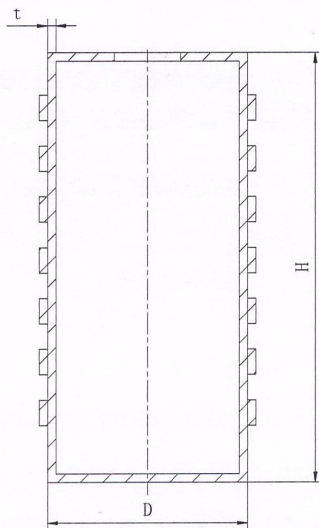


图 1 泵站外壳剖面图

泵站基本参数如下表 1 所示

表 1 泵站参数

|           |          |
|-----------|----------|
| 型号        | D3800-30 |
| 内径 D (米)  | 3.8      |
| 高度 H (米)  | 15.3     |
| 厚度 t (毫米) | 30       |

在 UG10.0 中完成泵站结构的三维造型，其实体如图 2 所示：

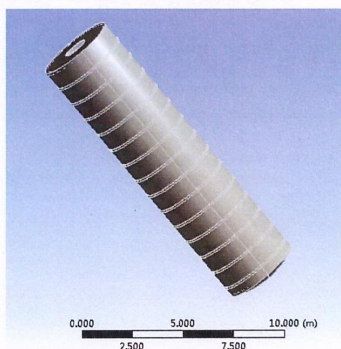


图 2 泵站实体图

## 二、材料选择

泵站外壳为 GRP 玻璃钢材料制作，根据相关资料，普通玻璃钢的弹性模量为  $8.6 \times 10^{10} \text{Pa}$ 、泊松比为 0.35、密度为  $1500 \text{kg/m}^3$ 、抗剪切模量、屈服强度、张力强度通过软件的数据库自动匹配，同时十年后的材料属性强度取以上数据的 85%，二十年后的材料属性强度取以上数据的 70%。如图 3 所示。

|   | A                    | B            | C                  | D | E |
|---|----------------------|--------------|--------------------|---|---|
|   | Property             | Value        | Unit               |   |   |
| 1 |                      |              |                    |   |   |
| 2 | Density              | 1500         | $\text{kg m}^{-3}$ |   |   |
| 3 | Isotropic Elasticity |              |                    |   |   |
| 4 | Derive from          | Young's M... |                    |   |   |
| 5 | Young's Modulus      | $8.6E+10$    | Pa                 |   |   |
| 6 | Poisson's Ratio      | 0.35         |                    |   |   |
| 7 | Bulk Modulus         | $9.5556E+10$ | Pa                 |   |   |
| 8 | Shear Modulus        | $3.1852E+10$ | Pa                 |   |   |

图 3 材料选择

## 三、边界条件

考虑到泵站是预埋在土壤中的，因此外壁受到的压力与预埋深度成正比，相关资料表明土壤密度为水密度的 1.6 倍左右，因此，设置压强 pressure 为  $1.6 \times 1000 \times 9.8 \times z$ ，固定约束为外壳的下壁面，同时地球引力竖直向下。如图 4 所示。可以看到，压力从上至下逐渐增大。

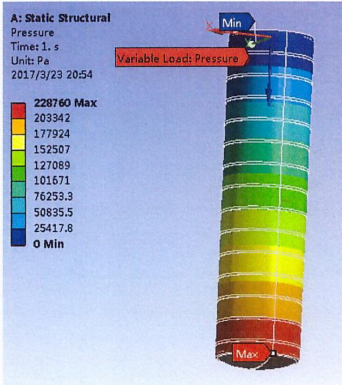
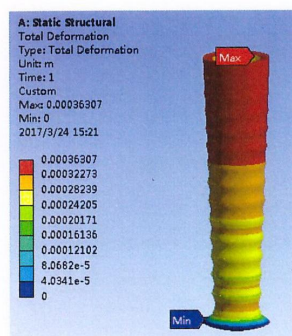


图 4 压力加载设置

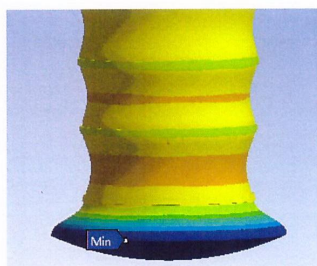
根据以上设置，计算泵站外壳受到外界应力应变，同时计算它们运行十年及二十年的应力应变。

## 四、当前运行情况

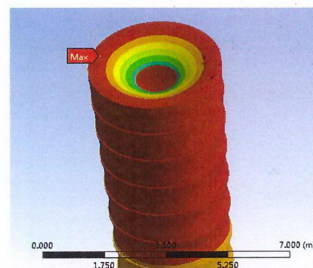
### 4.1 应变分析



全局应变



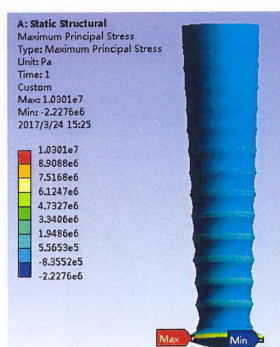
底部放大



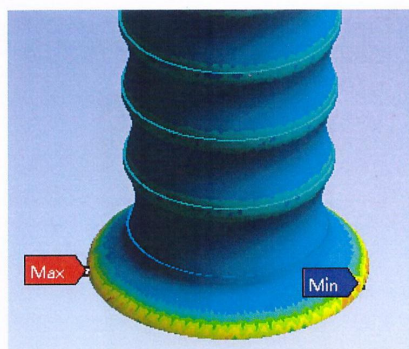
顶部放大

结构形变从底部到顶部逐渐增大，顶部边缘变形量最大，最大变形量为 0.3631mm。

#### 4.2 应力分析



全局应力分布

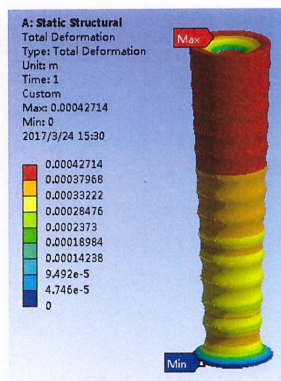


底部放大

结构总体受力较为均匀，其中底边缘应力集中现象较为明显，底部附近所受最大拉应力为  $10.301 \times 10^6 \text{Pa}$ ，最大压应力为  $2.2276 \times 10^6 \text{Pa}$ ，远小于玻璃钢的抗拉度  $120 \times 10^6 \text{Pa}$ ，说明结构的强度满足当前运行要求。

### 五、运行 10 年后

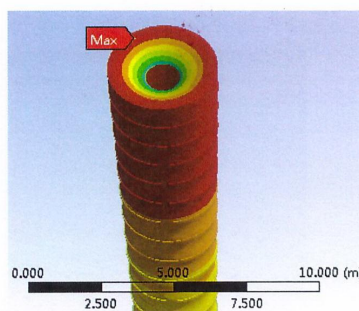
#### 5.1 应变分析



全局应变



底部放大



顶部放大

结构形变从底部到顶部逐渐增大，顶部边缘变形量最大，最大变形量为 0.42714mm。

## 5.2 应力分析



全局应力分布

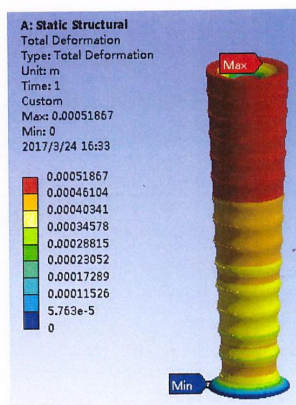


底部放大

结构总体受力较为均匀，其中底边缘应力集中现象较为明显，底部附近所受最大拉应力为  $10.301 \times 10^6 \text{Pa}$ ，最大压应力为  $2.2276 \times 10^6 \text{Pa}$ ，远小于运行 10 年后玻璃钢的抗拉度  $0.85 \times 120 \times 10^6 \text{Pa}$ ，说明结构的强度满足运行 10 年后的要求。

## 六、运行 20 年

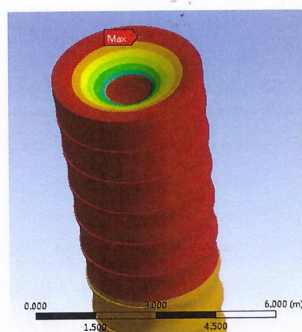
### 6.1 应变分析



全局应变



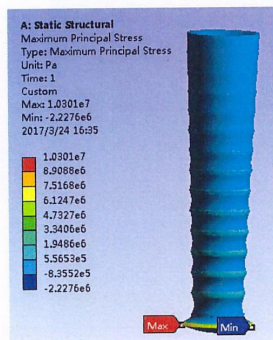
底部放大



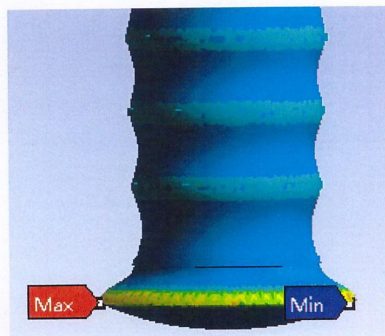
顶部放大

结构形变从底部到顶部逐渐增大，顶部中间变形量最大，最大变形量为 0.5187mm。

## 6.2 应力分析



全局应力分布



底部放大

结构总体受力较为均匀，其中底边缘应力集中现象较为明显，底部附近所受最大拉应力为  $10.301 \times 10^6 \text{ Pa}$ ，最大压应力为  $2.2276 \times 10^6 \text{ Pa}$ ，远小于运行 20 年后玻璃钢的抗拉度  $0.7 \times 120 \times 10^6 \text{ Pa}$ ，说明结构的强度满足运行 20 年后的要求。

## 七 屈曲分析

通过与应力的屈曲分析得到载荷因子，据此评估泵站是否会发生屈曲。泵站前 6 阶模态屈曲分

析结果表 2 所示:

表 2 屈曲模态载荷

| 型号                 | 模态 | 载荷               | 屈曲模态载荷因子 |        |        |
|--------------------|----|------------------|----------|--------|--------|
|                    |    |                  | 当前运行环境   | 10 年后  | 20 年后  |
| D3800mm<br>壁厚 30mm | 1  | P=1000*1.6*9.8*z | 5.7572   | 4.8936 | 4.03   |
|                    | 2  |                  | 5.7585   | 4.8947 | 4.0309 |
|                    | 3  |                  | 7.095    | 6.0308 | 4.9665 |
|                    | 4  |                  | 7.0991   | 6.0342 | 4.9694 |
|                    | 5  |                  | 9.3785   | 7.9717 | 6.565  |
|                    | 6  |                  | 9.3862   | 7.9783 | 6.5704 |

上屈曲模态载荷因子均远大于 1, 故可知, 泵站从当前到运行 20 年, 结构强度仍满足要求。

## 八、环刚度分析

有限元环刚度分析中, 采用实际环刚度实验所采用的平行板外载试验的原理与方法, 通过下部约束上部加载, 在一定的荷载下产生一定的变形, 然后根据相关规范的计算公式进行计算得到环刚度, 筒体总长 15.3 米。在筒体的最上部的平面预施加一个载荷 1530N, 相当于  $F=100\text{N/m}$ , 提取筒体的最大最小在 Z 方向的变形, 获得平均值,  $\delta z=4.3086\text{e-5m}$



$$\text{环刚度计算值: } S = 0.01935F / \delta z = 0.01935 \frac{100}{4.8036\text{e-5}} = 40282.3\text{N} / \text{m}^2。$$

该值远超过工程结构安全需求值  $10000\text{N} / \text{m}^2$ , 如果以筒体的主体变形计算, 本一体化预制泵站的实际环刚度值更大。