

工程塑料产品受力分析

罗荣海

浙江春晖智能控制股份有限公司 浙江 绍兴 312300

摘要: 工程材料之间的连接一般有螺纹连接, 焊接, 插针(片)连接, 卡箍连接, 卡扣连接等。其各种连接都有各种优点及缺点, 本文主要对以上连接中的连接方式作应用分析, 对比在工程材料中常用的插针式连接方法作对比突出其在安装操作, 制造成本, 受力分析上的优缺点的差异, 为以后产品设计提供思路。

关键词: 卡扣式连接; 插针连接; 螺纹连接; 受力分析

引言: 当前阶段, 随着科技的进步, 人们的生活中越来越多的使用工程塑料开发的产品越来越多, 工程塑料的应用范围不断扩大, 对其产品设计的要求也随之提高。在部分连接件之间也开始大量的使用工程塑料的产品, 尤其是连接部位的应力分析, 作为产品设计的关键环节, 直接影响产品的使用寿命。工程塑料作为铜制品的替代方案, 在抗腐蚀、耐污染水、抗结垢、成本和加工等方面具有显著优势。因此, 高效且快速地设计出优良的连接方式, 已成为工程塑料水路材料的关键任务。

本文详细讨论了应用在工业产品中的工程塑料产品的各种连接设计方案, 并通过对壁挂炉用的塑料水路阀体不同连接方式的材料力学性能和安装操作便捷程度的分析研究, 旨在为应用在高温环境中的工程塑料产品的受力情况在不同应用场景的设计提供指导和帮助^[1]。

1 各种连接方式的特点说明

1.1 插针式连接

1.1.1 尺寸及结构设计

设计原理: 采用插针固定流量传感器体, 插针与插针孔之间的间隙一般在0.2mm以下, 插针圆周面与流量传感器之间相切, 正常的间隙距离在0.3mm以下, 插针插入四个插针孔中, 通过与插针孔的面接触来提供与流量传感器体之间受力面共同作用达到力的平衡, 可以通过对插针孔面积大小的改变与插针之间的配合, 接触面积, 流量传感器体受力面的位置及面积, 阀体内部作用面积及最大压力, 及使用材料的综合设计, 达到最合理的方案。

1.1.2 插针设计形状及力学分析

①由图一可看出, 插针孔为圆柱形结构, 插针插入部分也为圆柱形结构, 因此, 其配合为面接触, 其具体分析为下图所示

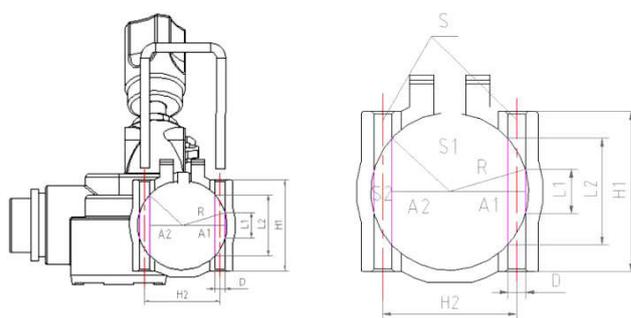


图1 插针设计形状及力学分析

②图中

$$P_2 = \frac{P_1 \pi R^2}{2D \left[H_1 - \sqrt{R^2 - \left(\frac{H_2 + D}{2}\right)^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{H_2 + D}{2}\right)^2} \right]}$$

式(1)中

P_2 —插针孔承受抗拉强度

P_1 —阀体内部承受水压压力

R —内部承受水压与水接触面的直径

D —插针孔直径数值

H_1 —插针孔长度数值

H_2 —插针孔之间间距

P —设计抗拉强度

S —安全设计系数(参考塑性材料一般取1.5~2)

实际计算结果如下

选取 P_1 的压力为0.7MPa时, 一般自来水使用压力结合插针孔受力分析, 由公式(1)可得:

$$P_2 = 3.65 \text{MPa}$$

设计抗拉强度

$$P = S * P_2$$

$$P = 2 * 3.65 = 7.3 \text{MPa}$$

结合以上数据, PA66+30%GF材料的吸水后的抗拉强度98MPa

综上面计算及设计分析, 得出以下结论:

上述插针孔设计相对比较合理, 主要关注插针的加

工精度及与插针孔之间的配合上的问题，需改进点主要是否存在设计降本的可能性，插针在固定等方面的考虑，设计插针长短与接触面积之间的平衡、过长导致的碰撞掉落、固定扣碰撞损伤的风险等^[2]。

2 螺纹式连接

2.1 尺寸及结构设计

设计原理：

2.1.1 流量传感器体加强筋的抗拉强度

由于流量螺纹设计在内部，如螺纹强度足够，流量传感器的受力点由上面四条

支撑筋来提供拉力，需要满足在整个液体压力接触面积上的抗拉强度，应此在对此材料的选择及对支撑筋面积大小的设计，都提出了较高的要求，需要综合考虑两方面因数。

2.1.2 螺纹连接之间的强度

采用螺纹固定塑料流量传感器体与主体，主要是通过流量传感器上螺纹与阀体螺纹之间的固定来达到连接的作用，应此，螺牙的大小及螺距的大小对产品的连接强度影响较大。

2.2 形状及力学分析

①加强筋

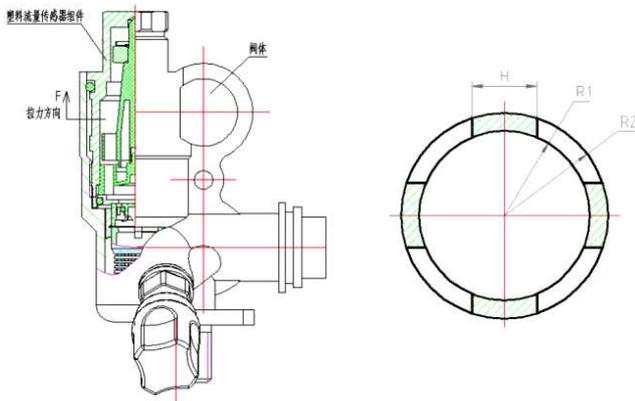


图2 形状及力学分析

式(2)中

$$P_2 = \frac{P_1 * \pi R^2}{4H(R_2 - R_1)}$$

P_2 —流量传感器加强筋承受抗拉强度

P_1 —内部承受水压压力

R —内部承受水压面与水接触面的半径

H —加强筋宽度数值

R_1 —加强筋内径数值

R_2 —加强筋外径数值

P —设计抗拉强度

S —安全设计系数(塑性材料一般取1.5~2)

实际计算结果如下

选取 P_1 的压力为0.7MPa时，一般自来水使用压力结合加强筋受力分析，由公式(2)可得：

$$P_2 = 6.2\text{MPa}$$

设计抗拉强度

$$P = S * P_2$$

$$P = 2 * 6.2 = 12.4\text{MPa}$$

结合以上数据，PA66+30%GF材料的吸水后的抗拉强度98MPa

综上所述：

上述加强筋设计强度合理，

材料的耐水解要求较高，由于产品使用在流水环境中，水中含氧量较高，同时含有氯成分，加强筋容易受到自来水冲刷，引起加强筋变细，玻纤外露的情况，导致抗拉力明显下降的情况，因此在设计过程中，在考虑吸水后强度下降的情况下，在部分水解后保证足够的强度，建议设计时，安全系数加强。

在使用环境中，往往存在水锤(水流突然截断产生的撞击，瞬间压力增大)的情况，一般水龙头关闭时就存在以上情况，水压往往提高到正常水压的五倍以上，因此需要综合考虑长期水锤的风险。

②螺纹强度

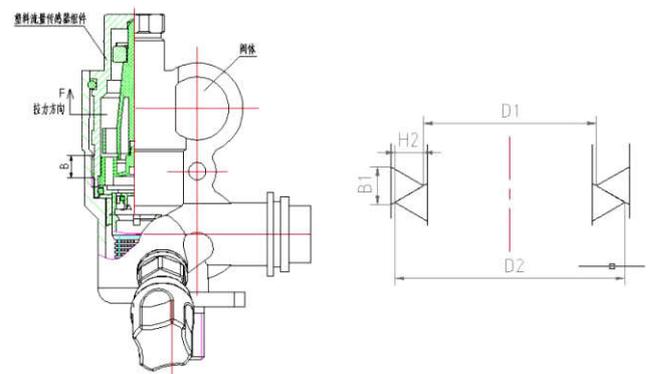


图3 螺纹强度

$$P_2 = \frac{4P_1 R^2 B_1}{(D_2^2 - D_1^2) B}$$

式(3)中

P_2 —流量传感器加螺纹承受抗拉强度

P_1 —内部承受水压压力

R —内部承受水压面半径数值

D_1 —阀体螺纹内径数值

D_2 —流量传感器螺纹外径数值

B_1 —螺纹节距

B —有效螺纹长度数值

P —设计抗拉强度

S—安全设计系数（参考塑性材料一般取1.5~2）
 实际计算结果如下
 选取 P_1 的压力为0.7MPa时，一般自来水使用压力
 结合螺纹面受力分析，由公式（3）可得：

$$P_2 = 2.9\text{MPa}$$

设计抗拉强度

$$P = S \cdot P_2$$

$$P = 2 \cdot 2.9 = 5.8\text{MPa}$$

结合以上数据，PA66+30%GF材料的吸水后的抗拉强度98MPa

综上所述：

螺纹设计合理，风险远小于加强筋，螺纹设计在铜制件上为最常见设计，但在塑料件配合中，由于工艺要求较高，部分存在螺旋方向不确定性等情况，因此应用较少。

螺纹设计应考虑塑料件与金属件配合之间摩擦力与扭力之间的关系，在长期使用后，是否会出现卡死，螺纹是否可以方便拧出更换等情况。因此，在设计过程中，螺纹的牙型大小，螺距大小等为设计的关键。需要结合实际应用场景来设计。

工程塑料螺纹产品对设计及工艺要求相对较高，不像铜制件那样容易保持稳定的性能，所以在对产品要作相对严格的监控和评估体系。加工及制造工艺的稳定性也相对重要。

3 卡扣式设计的分析

3.1 结构设计

设计原理：

3.1.1 卡扣位置

通过流量阀体上的卡扣的设计，来与阀体之间的配合，需要考虑到卡扣的剪切强度，长时间受力后的疲劳等。

3.1.2 卡接设计

通过面与面的错位接触，利用主阀体与流量阀体之间的面接触来承受压力的变化，主要考虑接触面积的大小、接触面变形等因素的影响。

3.2 形状及力学分析

①剪切强度

受力分析

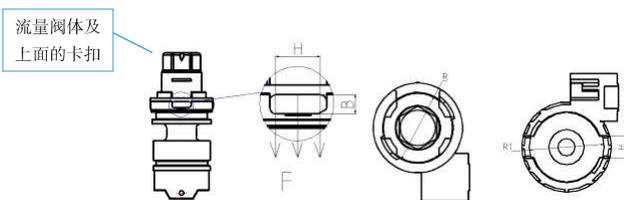


图4 剪切强度

由上图可以看出

F 为受内部水压作用后在 $H \cdot B$ 面上所受反向剪切压力
 结合上图，可得式（4）

$$P_2 = \frac{\pi R^2 P_1}{2HB}$$

式（4）中

P_2 —卡扣截面所承受剪切强度
 P_1 —内部承受水压压力
 R_2 —内部承受水压面直径数值
 B —卡扣截面宽度数值
 H —卡扣截面长度数值
 P —设计抗拉强度数值

S—安全设计系数（参考塑性材料一般取1.5~2）

实际计算结果如下

选取 P_1 的压力为0.7MPa时，一般自来水使用压力
 结合卡扣截面受力分析，由公式（4）可得：

$$P_2 = 11.775\text{MPa}$$

设计抗拉强度

$$P = S \cdot P_2$$

$$P = 2 \cdot 11.775 = 23.55\text{MPa}$$

结合以上数据，PA66+30%GF材料的吸水后的抗拉强度98MPa

综上所述数据所得：

设计合理，数据在设计范围内，材料选择无问题。因产品设计原因，卡扣的宽度基本确定，如需要再增加剪切强度，可以适当考虑增加卡扣的厚度，增大卡扣的面积大小。

②抗压强度

受力分析

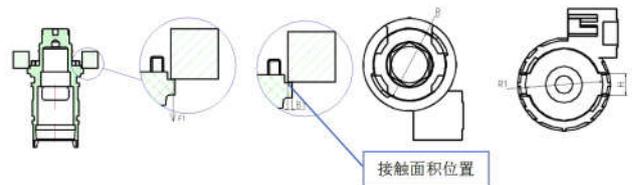


图5 受力分析

由上图可以看出

F_1 为受内部水压作用后在平面上所受反向压力
 结合上图，可得式（5）

$$P_2 = \frac{\pi R^2 P_1}{2HB_1}$$

式（5）中

P_2 —卡扣截面所承受抗拉强度
 P_1 —内部承受水压压力

R_2 —内部承受水压面直径数值

B_1 —卡扣截面宽度数值

H —卡扣截面长度数值

P —设计抗拉强度

S —安全设计系数(参考塑性材料一般取1.5~2)

实际计算结果如下

选取 P_1 的压力为0.7MPa时,一般自来水使用压力结合卡扣截面受力分析,由公式(4)可得:

$$P_2 = 15.26\text{MPa}$$

设计抗拉强度

$$P = S * P_2$$

$$P = 2 * 15.26 = 39.25\text{MPa}$$

结合以上数据,PA66+30%GF材料的吸水后的抗拉强度98MPa

综上所述数据所得:

上述设计合理,数据在设计范围内,材料选择无问题,在产品的设计过程中,可适当增大接触面积,因此,需要考虑主阀体与流量阀体之间的重合部分的面积部分的设计与考量^[3]。

结束语

通过对现有几种产品中三种方式的对比

①对设计计算承受抗拉强度都在设计范围内,经过实际设计的综合计算,插针式所受抗拉强度最低,但需要考虑到插针的固定和工艺的要求,与阀体配合孔公差要求,毛刺等。

②对产品使用位置及受压情况分析,插针式与卡接式受外界环境,水锤,介质对压力的影响都比较小,但对设计方面的考虑因素较多,如接触面积大小,整体设计要求较高。

③对整体性价比考虑,内部流体介质对产品整体的影响的评估,分析可以得到,卡接式为性价比最高设计方案。

通过对以上分析,在未来的产品设计过程中优先可以考虑插针与插接方式为主,也可以优化类似设计方案的延伸。

参考文献

- [1]徐灏主编.机械设计手册[J].机械工业出版社,2000,5(18):90-91.
- [2]罗河胜.塑料材料手册[J].广东科技出版社,2004,(Z1):88-89.
- [3]王永岗.分析力学[J].清华大学出版社,2019,(18):88-90