

# 一种弹性涨圈的结构设计及优化

靳文江 曹治涛 崔昌州 宋晋波

(新乡航空工业(集团)有限公司 116厂 河南 新乡 453019)

**摘要:** 本文针对钢丝制弹性涨圈(以下简称弹性涨圈)在使用过程中发生的脱落问题,进行了关于弹性涨圈的结构形式、特点、加工方法等方面分析优化,论述了弹性涨圈的结构设计要点、优选结构及材料。

**关键词:** 弹性涨圈; 密封性能; 结构要素

## 1 问题描述

某产品弹性涨圈的典型结构如图1所示,在库存及使用过程中均发现有端头连接部位脱落现象,影响使用及交付。

## 2 原因分析

图1所示弹性涨圈结构的连接强度,主要由连接段的末端1圈紧固锥形部分产生咬合力;但由于连接部位有效连接圈数只有1圈,连接强度有限,且在存放及使用过程中,受旋紧应力的反向应力作用或震动过程的影响,易发生脱落现象。

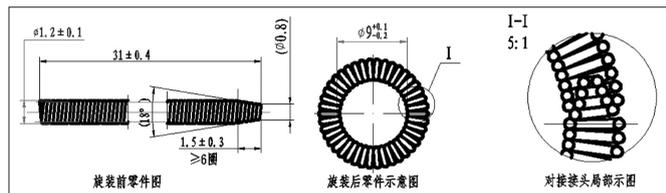


图1 某弹性涨圈零件图

图1所示弹性涨圈结构的加工流程为:绕制——热处理——截断——连接——检验尺寸。在加工流程中无连接强度的检查要求工序,造成脱落隐患未被及时发现。

## 3 改进措施

### 3.1 弹性涨圈的端头结构优化

针对弹性涨圈的端头脱落的原因,对比不同连接结构的弹性涨圈,优选连接结构。常见的连接结构主要有以下几种:

锥形连接结构(见图2);

挂钩连接结构(见图3);

连接圈连接结构(见图4);

台阶轴连接结构(见图5);

为验证上述四种结构连接强度的差异,选取材料为1Cr18Ni9,钢丝直径为 $d=0.3\text{mm}$ ,外径为 $D_w=2.5\text{mm}$ 的几种端部结构,进行了不同端部结构连接强度拉脱力试验;同时结合图2、图3、图4、图5四种连接结构的特点、连接强度、涨圈受力特点、工艺特点等方面进行对比分析,结果见下表。

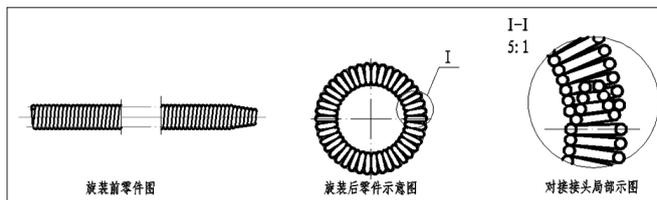


图2 锥形连接结构图

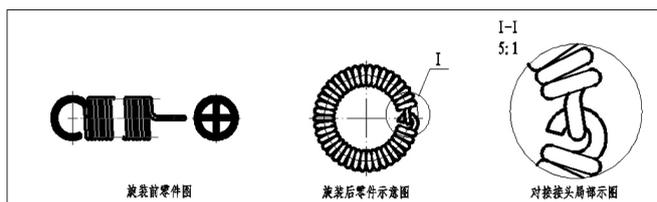


图3 挂钩连接结构图

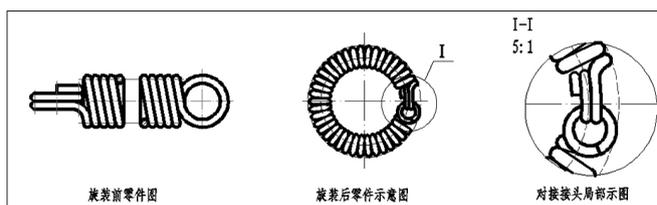


图4 连接圈连接结构图

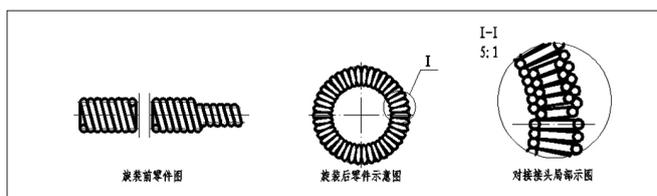


图5 台阶轴连接结构图

通过表中分析可以看出:图5所示台阶轴结构的弹性涨圈的结构合理性、工艺性、连接端的连接强度均较高,可

表 四种连接结构的差异化对比分析表

序号	连接结构	图号	连接结构特点	连接强度 / N(拉脱力)	涨圈受力特点分析	工艺特点分析
1	锥形	图2	尾部端圈1圈紧固锥形结构	3.6 ~ 5.4	能产生周向均布力	加工工艺方法简单,长度尺寸调整方便、对接方便
2	挂钩	图3	局部形成小角折弯,形成挂钩,两半圆挂钩连接	4.5 ~ 7.7	无法形成均匀周向力	挂钩成型困难,长度尺寸调整方便、对接简单
3	连接圈	图4	局部形成小角折弯,形成连接圈,两端连接圈旋合	> 10	无法形成均匀周向力	连接圈成型困难,长度尺寸调整、对接困难
4	台阶轴	图5	多圈旋入且均匀受力	> 10	能产生周向均布力	加工工艺方法简单,长度尺寸调整容易、对接方便

作为弹性胀圈的端头结构优化改进方案。

### 3.2 弹性胀圈的质量检验

弹性胀圈的质量检验主要有外观形状检查和结构几何尺寸检查,但连接强度检查通常容易被忽略。

连接强度检查常用的方法有:

①模拟装配及运动。将成环后的弹性胀圈模拟装配过程,模拟装配3~5次,检查连接端头是否有脱落或松动,淘汰脱落或松动件。

②模拟高温使用。将弹性胀圈模拟使用固定在工装夹具上,经高温条件下一定时间贮存后,检查连接端头是否有脱落或松动,淘汰脱落或松动件。

### 4 弹性胀圈的典型结构设计

弹性胀圈的典型结构如图6所示,在结构设计中应注意以下几个问题:

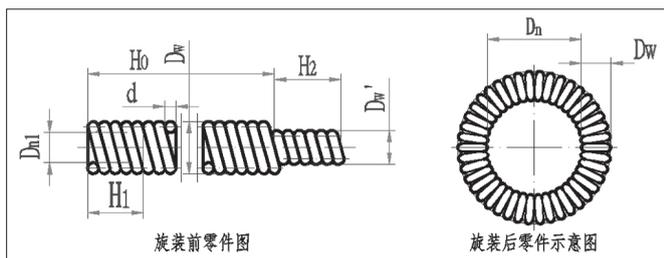


图6 典型弹性胀圈结构示意图

①  $D_w$ 、 $D_n$  与安装部位结构尺寸、使用中胀圈胀力大小需求有关;

②  $H_1 \geq H_2$ ,  $H_2$  一般取  $(4 \sim 6) \times d$ ;

③  $H_0$  与  $D_n$  有关,近似关系计算公式:

$$H_0 = (D_n + d) \times 3.14 \quad (1)$$

式中:

$H_0$  ——  $D_w$  部分长度,单位 mm;

$D_n$  —— 旋装后内径,单位 mm;

$D$  —— 钢丝直径,单位 mm;

$D_{n1}$  与  $D_w$  有关,  $D_{n1} < D_w$ ,  $D_{n1}$  与  $D_w$  的尺寸关系与丝径  $d$  大小有关;  $D_{n1}$ 、 $D_w$ 、 $d$  三者的关系计算公式为:

$$D_w = D_{n1} + (2 - \sqrt{3}) \times d \quad (2)$$

$$\approx D_{n1} + 0.268 \times d$$

式中:

$D_w$  —— 工作部分外径,单位 mm;

$D_{n1}$  —— 大端旋合部分内径,单位 mm;

$d$  —— 钢丝直径,单位 mm;

### 4.1 材料及表面处理方式的选择

如图6所示,弹性胀圈的结构为密绕成型,但在进行表面处理时,易发生夹缝内部无有效防护处理,且进入零件内径或内圈夹缝内的化学溶液清洗困难,易发生溶液腐蚀;因此在选材上,推荐选择不锈钢、高温合金、精密合金等无需额外表面防护工艺的材料。

### 5 结语

本文总结了典型弹性胀圈的结构形式、分析了加工工艺方法、受力特点、工艺特点等,并总结了弹性胀圈的典型结构设计、选材等应控制的要素等,为更加规范设计和加工弹性胀圈提供借鉴和参考。

### 参考文献:

- [1] 航空制造工程手册总编委会. 航空制造工程手册·弹性元件工艺[M]. 北京: 航空工业出版社, 1994.
- [2] 航空机械手册编写组. 航空机械设计手册(第二册下分册)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1979.
- [3] 张英会. 弹簧手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

作者简介: 靳文江(1983.05-),男,汉族,河南南阳人,本科,工程师,研究方向: 热处理及弹簧设计加工制造技术。

