

文章编号: 1004 - 7204(2004)03 - 0005 - 04

温度冲击试验设备实现途径及热负荷分析

王保贵

(63921 部队, 北京 100094)

摘要: 结合试验指标要求,对温度冲击试验设备实现途径进行分析比较,选择两箱式作为试验设备的实现方式;对设备组成结构及制冷、加热流程进行阐述,并对温度冲击试验过程中两种制冷状态下的热负荷进行了分析计算。

关键词: 温度冲击; 制冷流程; 制冷量; 热负荷

中图分类号: X968

文献标识码: A

The Analysis of Completed Approach and Heat Loads on the Facility of Temperature Shock Test

WANG Bao-gui

(Unit 63921 PLA, Beijing, 100094, China)

Abstract: Combined with test parameter, analyzed the completed approach on the facility of temperature shock test. The apparatus consists of two chambers is chose as the test facility. The composing and structure of facility is discussed, the cooling and heating flow is described. The heat loads in two different cooling conditions of temperature shock test is calculated.

Key words: temperature shock; cooling flow; cooling quantity; heat loads

1 引言

环境条件是影响装备质量和使用可靠性的关键因素,对在周围大气温度急剧变化环境中使用的装备而言,温度冲击环境的影响是一个必须考虑的因素,这种环境给装备带来多种典型的环境效应,如零部件的变形或破裂、绝缘保护失效、运动部件的卡紧或松弛、电气和电子元器件的变化、快速冷凝水或结霜引起电子或机械故障等。能否在温度冲击环境下正常工作,直接反映了装备对这种环境的适应能力的强弱。

GB150 - 86《军用设备环境试验方法》正在进行修订,修订原则是以美国军用标准 MIL - STD - 810F 为蓝本。MIL - STD - 810F 中方法 503.4(温度冲击试验)规定:可能部署在空气温度急剧变换环境中的装备应进行温度冲击试验,试验箱必须具备试件转换后 5min 内重新稳定试验条件的能力,试验转换时

间为 1min,试件周围使用的空气不超过 1.7m/s。

如何建设温度冲击试验设备?设备采用何种试验模式?设备采用何种制冷方式?如何确定设备制冷量、加热量都是在建设设备之前需要解决的主要问题。

2 试验方案的确定

温度冲击试验设备的结构通常有三种形式:单箱式、垂直升降式和水平两箱式。三种结构的比较如表 1 所示。

综合比较以上三种形式,单箱式由于所需制冷量及加热量较大,这种结构可行性较差,实际应用很少;垂直升降式通过内部升降的转换,避开了外界环境的影响,但由于升降装置本身作为一个热负载要消耗冷量或热量,因此这种方式通常适用于小型试验箱,对于中、大型试验箱,由于升降装置太重,该方式不适用;水平两箱式通过两箱间的相互转换,减小

收稿日期: 2004 - 02 - 25

作者简介: 王保贵 (1971 -),男,山西,工程师,硕士,常规兵器测试。

表 1 温度冲击试验设备三种结构的比较

	单箱式	垂直升降式	水平两箱式
特点	在同一箱内实现高温和低温的转换	上下两箱式,通过试件升降架实现高温和低温之间的转换	试件通过转换装置在高温箱和低温箱之间转换
优点	试件不动,无需试件转移设备,外界环境对试件温度的影响小	转换时间短,所需制冷量及加热量较小	所需制冷量及加热量较少,温度控制比较容易
缺点	高低温转换时不仅要冷却、加热试件,还要冷却、加热围护结构,所需制冷量及加热量大;温度变换速度很快,温度控制有一定难度	对中、大型试验箱,升降架不易实现,并且升降架增加了更多负荷	需要两个尺寸相同的箱体以及试件的转换设备;试件转换过程中要受外界环境影响。
应用情况	很少应用	适用于小型设备	适用于中、大型设备

了箱体的负载从而减小了设备的制冷量和加热量,但需要水平转换装置,并会受到外界环境的影响。因此,试验方式的选择要根据具体情况具体分析,对于小型设备,采用垂直升降方式少了一个箱体,可以节约费用;对于中、大型试验设备,只要方案合理可行,能保证满足国军标指标要求,采用水平两箱式的试验方案是一种较好的选择。

3 设备组成及结构

3.1 设备组成

温度冲击试验设备由低温箱、高温箱、制冷系统、加热系统、控制系统、转换装置等设备组成。其设备组成图如图 1 所示。低温箱为温度冲击试验提供低温平台,同时也可以单独进行低温试验;高温箱为温度冲击试验提供高温平台,同时可以进行高温试验;制冷系统为低温箱提供低温环境;加热系统为高温箱提供高温环境;控制系统完成对设备和试验过程的控制和测量;转换装置用于试验过程中试件的转换。

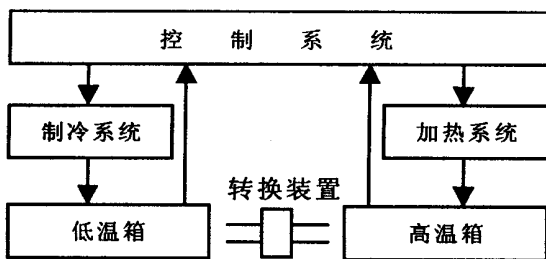


图 1 温度冲击试验设备组成图

3.2 设备结构确定

为保证温度冲击试验指标要求,需要对箱体结构、气流流通方式进行精心设计。低温箱结构应满

足设备由常温到要求低温的制冷和温度冲击过程中迅速制冷的要求,并保证箱内气流和温度均匀性要求;高温箱结构应满足方便设备由常温到要求高温的加热和温度冲击过程中迅速加热的要求,并保证箱内气流和温度均匀性要求。

气流组织方式是设备设计中的重要环节。常用的送风方式有上侧送下侧回和全面孔板顶送下侧回的方式。由于全面孔板送风方式具有气流混合快混合好、气流均匀平行扩散、温差和风速衰减快的优点,从而使工作区温度和气流速度分布更加均匀。因此低温箱、高温箱气流循环方式采用全面孔板送风下侧回风方式,其气流循环过程为:风机抽吸的箱内气流和制冷系统产生冷空气或加热系统产生的热空气混合,再沿循环风道进入稳压层使气流均流均压后送入箱内。

低温箱和高温箱均采用钢框架围护结构,加装保温层。在距顶壁一定高度装全面孔板,全面孔板与顶壁形成稳压层,箱前端为大门,箱后端设循环风道和循环风机。低温箱、高温箱结构示意图如图 2 所示。

3.3 转换装置的确定

为实现快速转换的功能,转换装置采用轨道式转换方式,由轨道车和试件车组成。转换装置结构示意图如图 3 所示。试件车作为试件的支架,和试件一起在两个箱之间转移和试验;转换轨道车用于将试件和试件车由一个箱迅速转换到另一个箱,下设转轮在地面轨道上滚动,上设轨道方便和两个箱内轨道的对接和试件小车的移动。

4 制冷、加热流程确定

目前低温箱制冷方式常采用蒸汽压缩机制冷或空气制冷。

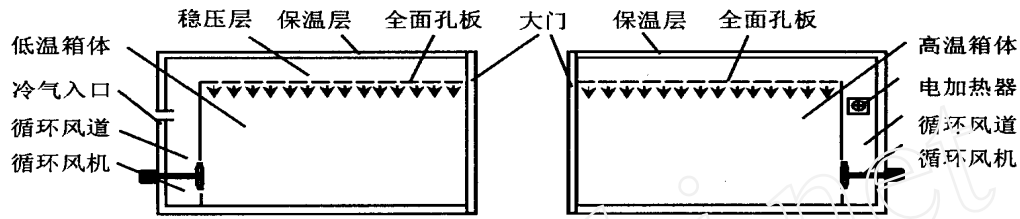


图 2 低温箱、高温箱结构示意图

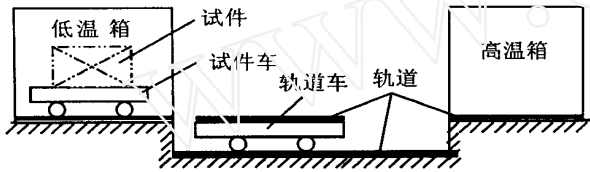


图 3 转换装置结构示意图

空气制冷和蒸气压缩机制冷相比较具有以下优点:在较低温度下制冷系数高,易于获得较低温度,调温范围宽;对设备泄露不敏感,小的漏气对制冷性能影响不大,制冷性能比较稳定;制冷剂为空气,对环境无任何危害;运行可靠,操作简单,维护方便,运行费用低。对于较大尺寸温度冲击试验设备,温度

变化速度要求较快,空气制冷是一种较好的选择。

正升压式制冷方式是用涡轮膨胀机二次压缩,提高涡轮的膨胀比,加大涡轮机温降,提高制冷能力。由于正升压式制冷方式有制冷系数高,调节性能好,制冷性能稳定,启停以及调节过程平稳,装机电量、运行能耗和设备投资较少等优点,系统采用正升压式制冷系统。空气制冷系统分为气源和制冷两部分。气源部分包括空压机组、后冷却器、干燥塔、水分离器等;制冷部分包括涡轮机组、回冷器、水冷器、过滤器等。低温箱空气正升压式制冷系统基本流程图如图 4 所示。

高温箱加热采用电加热器加热的方式实现;采用可控硅调控器对电加热器进行调节、控制,实现加热量的无级调节。

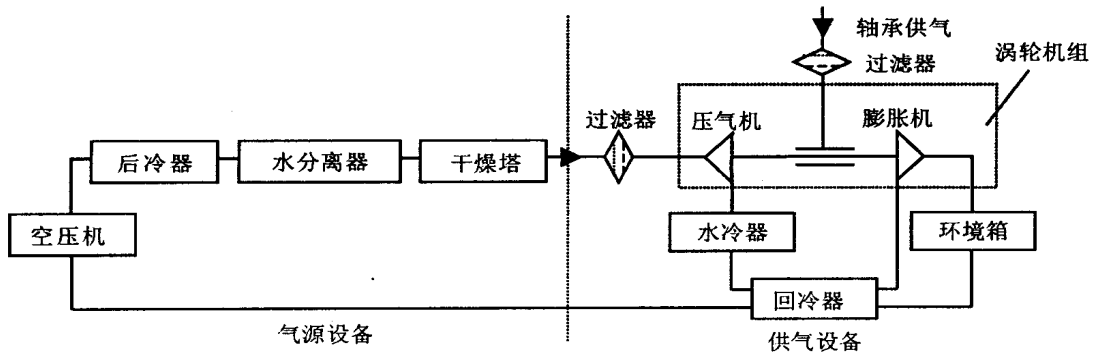


图 4 低温箱空气制冷基本流程图

5 制冷量、加热量的确定

制冷量、加热量的大小直接关系到制冷设备、加热设备参数的确定、选择、设备成本、运行能耗和费用等。因此,在确定制冷设备、加热设备之前要先确定系统所需制冷量和加热量。

5.1 制冷量及制冷设备的确定

低温箱既可作为温度冲击试验的低温部分,又

可独立完成低温试验功能。因此,低温箱的制冷有两种状态:状态 1:低温试验过程中由大气温度到要求低温的制冷过程;状态 2:温度冲击试验过程中,试件由高温箱迅速转移到低温箱时恢复原低温的制冷过程。两种制冷状态不同,制冷负荷和冷量的变化也不同。

a. 状态 1 所需制冷量

低温试验过程中的制冷主要是将试件从常温降

温到要求的低温。该制冷过程中的冷负荷主要包括:试件 Q_1 、全面孔板 Q_2 、保温层 Q_3 、循环风道 Q_4 、照明和风机做功发热量 Q_5 等。这些冷量变化主要是由负荷吸热而产生的,而照明和风机做功发热量 Q_5 与照明灯、风机电机功率以及作用时间有关。

制冷量计算公式如下:

$$Q = \sum_{i=1}^5 Q_i = \sum_{i=1}^4 c_i m_i t + Q_5 \quad (1)$$

式中:

Q —总的制冷量

Q_i, c_i, m_i —第 i 项冷负荷制冷量、比热、质量

t —温度差

b. 状态 2 所需制冷量

温度冲击试验过程中,试件从高温箱迅速转到低温箱后,低温箱温度回升,要求制冷系统迅速将低温箱温度恢复到要求的低温。该制冷过程主要是低温箱恢复低温的过程,热负荷主要包括:试件在高温热透后转移到低温箱低温环境下的放热量 Q_1 、打开大门时外界进入的热量 Q_2 、经围护结构传入热量 Q_2 、试件车放热量 Q_3 、风机做功转化热量和照明灯发热量 Q_4 等。这些冷量变化包括由于对流换热而产生的冷量和负荷吸热而产生的冷量,而照明和风机做功发热量 Q_4 与照明灯、风机电机功率以及作用时间有关。

制冷量计算公式如下:

$$Q = \sum_{i=1}^4 Q_i = {}_1F_1 t_1 + {}_2F_2 t_2 + c_3 m_3 t_3 + Q_4 \quad (2)$$

式中:

Q —总的制冷量

${}_1F_1, t_1$ —对流换热系数、试件表面积、试件表面和箱内空气平均温差

${}_2F_2, t_2$ —保温材料导热系数、围护结构表面积、围护结构内外温差

c_3, m_3, t_3 —试件车材料的比热、质量、试件车表面和箱内空气平均温差

由以上两种状态分别计算出所需制冷量。制冷设备参数以两种制冷状态中所需最大制冷量来确定。

c. 空气质量流量的计算

涡轮机组的选择通常依据空气质量流量而定,因此必须计算出空气质量流量值。空气制冷设备的制冷量与其空气质量流量成正比。其函数关系式为:

$$G_a = A \frac{Q}{q_0 - q_{en}} \ln \left(\frac{q_0}{q_{en}} \right) \quad (3)$$

式中:

G_a —空气制冷设备的空气质量流量, kg/h

h —要求的降温时间, h

A —与降温速率有关的系数,在 0.6~1.0 范围内

Q —冷负荷, kcal

q_0, q_{en} —初、终温时空气制冷设备的单位制冷量, kcal/kg

空气制冷设备单位制冷量计算公式:

$$q = c_p \left[T_{ei} \left(1 - \frac{1}{e^{0.286}} \right) e - (T_{hi} - T_d) (1 - h) \right] \quad (4)$$

式中:

T_{ei} —膨胀涡轮进口温度 (K)

q —单位制冷量, kcal/kg

T_{ei}, e, e —膨胀涡轮进口温度 (K)、膨胀比和热效率

T_{hi}, h —回冷换热器进口温度 (K)、传热效率

T_d —温压舱温度

d. 制冷设备的确定

由式(3)和式(4)可计算出空气质量流量 G_a , 依据空气质量流量确定涡轮机组的参数,而后进一步确定出其它供气设备和气源设备。

5.2 加热量及加热设备的确定

高温箱的加热经历两种状态:由大气温度到要求高温的加热过程和温度冲击试验过程中试件由低温箱迅速转移到高温箱时恢复原高温的加热过程。同样的方法,分别计算两种加热状态所需加热量。以最大加热量确定电加热器的功率。

6 结束语

通过空气制冷方式和轨道式转换装置实现了温度在 5min 内迅速恢复和试件在两箱之间 1min 内迅速转换的指标要求,通过采用两箱式方案减小了设备的制冷量和加热量。两箱式温度冲击试验设备的成功研制,对于类似大、中型温度冲击试验设备的研制和温度冲击试验的进行具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 国家军用标准 GB150 - 86. 军用设备环境试验方法 [S]. 总装备部, 1986.
- [2] ML - STD - 810F. 环境工程考虑和实验室试验 [S]. 中国航空第三零一研究所, 2000.
- [3] 王浚, 黄本诚, 万才大. 环境模拟技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.