

文章编号: 1003-1480 (2003) 01-0033-04

# 热电池作为飞机应急系统 电源应用研究

侯满义, 秦玉勋, 刘占辰, 杜海文

(空军工程大学工程学院, 陕西 西安, 710038)

**摘 要:** 介绍了热电池的工作原理, 根据飞机应急系统对电源的特殊要求, 研究了热电池作为电源取代肼燃料催化分解装置为应急系统提供启动能量的应用方式。应用实例表明: 以热电池作为飞机应急系统电源是可行的而且是可靠的。

**关键词:** 热电池; 电源; 肼燃料催化分解装置; 应急系统

**中图分类号:** TJ459

**文献标识码:** A

## Application Study of Thermal Batteries as a Power of Aircraft Emergency System

HOU Man-yi, QIN Yu-xun, LIU Zhan-chen, DU Hai-wen

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, 710038)

**Abstract:** This article introduces the working principle of thermal batteries. Application mode of thermal battery has been studied according to the special requirement of aircraft emergency system to power. Thermal batteries can generate full power in seconds and have much more advantages than other types of batteries or cells. The using of thermal batteries for aircraft emergency power has a excellent performance, which takes place of the catalytically decomposing hydrazine equipment. It is proved by experiment that it is feasible and reliable with thermal battery as the power of aircraft emergency system.

**Key words:** Thermal batteries; Power; Catalytically decomposing hydrazine equipment; Emergency system

飞机应急系统是在特定的紧急情况下为飞机提供应急液压和电能, 以维持飞行控制、确保应急着陆或乘员逃离的系统, 在整个飞机操作系统中占有举足轻重的地位。传统方式下, 通常是以肼燃料催化分解装置和排气系统作为飞机应急系统的动力源, 带动应急液压装置和应急发电机工作。但随着肼燃料缺点的日益突出和热电池技术的不断成熟, 以热电池取代肼燃料催化分解装置

为飞机应急系统提供电源成为必然。本文论述了热电池的工作原理、性能及作为飞机应急系统电源的应用方式。

## 1 热电池结构及工作原理

热电池又叫热激活电池, 是一种储备式电池。在不被激活的情况下, 热电池能够保持惰性和稳

收稿日期: 2002-09-19

作者简介: 侯满义 (1979- ), 男, 在读硕士, 主要研究方向为航空军械技术研究与应用。

定性。一旦被激活,通常可以在0.2~0.3s内输出峰值电能。由于热电池具有体积小、比功率大、适用温度和地域范围广、贮存时间长且无需维护、抗冲击和震动能力强等优点,已被广泛应用于引信、导弹、火箭的工作电源装置以及多用途的自控体自动系统的电源中。

热电池(尤其大型、大功率热电池)通常由若干电池单元串联组装而成。单元热电池的负极材料一般为活性金属,如锂(Li)、镁(Mg)、钙(Ca)等,正极材料一般为氧化物,如 $\text{FeS}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CaCrO}_4$ 等,电解质是无机盐和粘合剂的固态混合物。电解质在固态下将正、负极隔离开,电池保持惰性。在各单元电池之间填有烟火剂。电池被激活时,烟火剂燃烧,放出的热使电解质升温。当温度达到电解质的熔点后,电解质熔解成导电性能极好的液态离子导体,阳极反应和阴极反应迅速进行,从而产生电流。烟火剂中含有过量的铁作为导体将单元电池串联起来,热电池的电压就是各单元电池电压的总和。各单元电池产生的电流经汇流传导至热电池壳体顶端的正、负极端,向负载输出电能。热电池基本结构如图1所示。

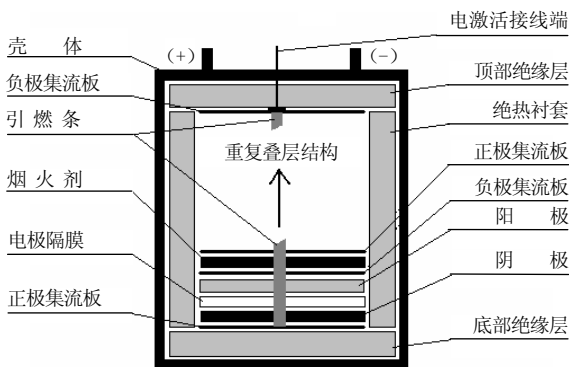
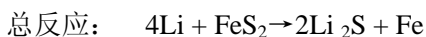
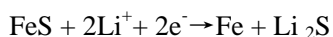
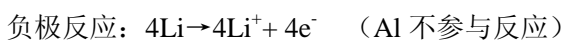


图1 热电池结构示意图

热电池被激活后,电子和离子的导通源于其内部的电化学反应产生的电势。以 $\text{Li}(\text{Al}) \mid \text{LiCl-KCl} \mid \text{FeS}_2$ 电化学体系热电池为例。热电池的电化学反应式为:



热电池的激活方式通常有两种:(1)机械能激活:由撞针击发延期雷管,引燃烟火热源;(2)电激活:由外电路向热电池激活接线端加电,产生电火花,引燃烟火热源。

## 2 热电池在飞机应急系统中的应用

### 2.1 飞机应急系统对电源的要求

飞机应急系统在几种特定应急情况下启动并为操作系统提供动力:(1)发动机停车;(2)主液压系统故障;(3)主电源系统中断等。

针对这几种应急情况,应急系统的电源装置应该能辅助系统满足以下要求:(1)启动可靠性高;(2)在任何飞行地域都可以工作;(3)工作持续时间足以满足应急需要;(4)能够提供足够的应急液压和电能,以维持飞行控制、确保应急着陆或乘员逃离;(5)独立于其他系统工作。

热电池以其激活时间短且工作可靠、放电功率高、不需要外加热源等特性,完全能够满足作为飞机应急系统电源的要求。

### 2.2 热电池作为应急系统电源的应用

应急系统液压装置的传统工作方式是,利用催化分解装置将液态肼燃料分解成气体,推动涡轮油泵的叶片转动产生液压。在发动机工作正常的情况下,排气系统也参与这一过程。产生的液压能传导给舵面操纵系统,使飞机可控。同时,肼燃料催化分解装置也向应急系统发电机的涡轮部分提供动能,带动发电机发电。产生的交流电先经交流汇流条和转换装置变成直流电,再由直流汇流条送给飞行控制计算机等用电负载。

应急系统使用肼燃料催化分解装置,能够提供足够的动能,使应急系统工作,效能很高。但缺点是,肼是一种有毒物质,不仅会对环境造成污染,使用过肼的应急系统,装置的净化和清洗费用也很高。因此,使用热电池作为电源直接给液压装置的电动油泵以及用电负载提供电能,是科学合理的,而且同样可以保证应急系统正常工作。同时,保留使用排气系统,为涡轮油泵和应急发电机的涡轮部件提供动能,不仅可以确保液压能和电能的供应满足要求,也增加了系统的可靠性。热电池作为应急系统电源为液压装置和用电负载提供电源的使用方式如图2和图3所示。

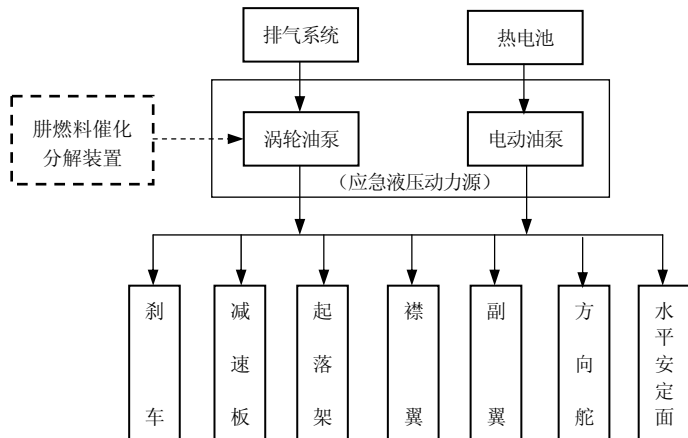


图2 应急液压装置动力传导框图

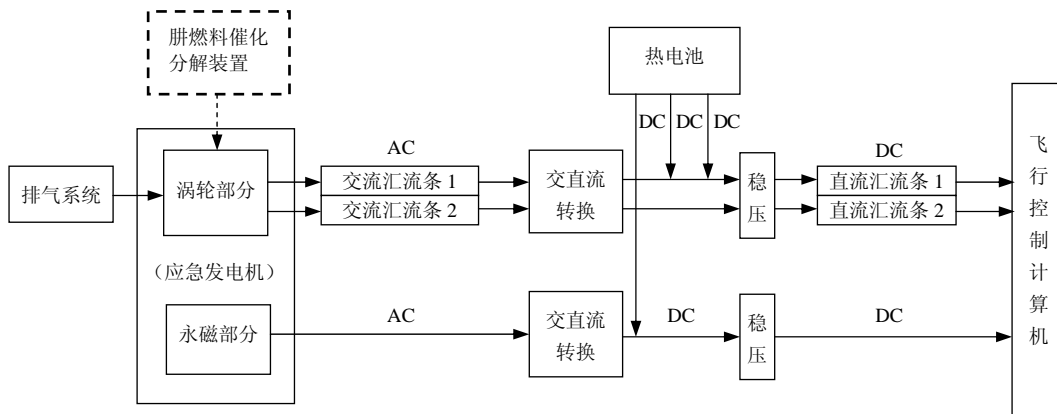


图3 应急电源供电流程框图

### 3 应用实例

以  $\text{Li}(\text{Al}) \mid \text{LiCl-KCl} \mid \text{FeS}_2$  电化学体系+27V 热电池为例，其工作环境温度范围为  $-40 \sim +80^\circ\text{C}$ ，它作为某型战斗机应急系统电源使用，典型温度下对特定负载的放电曲线和工作性能如图4。

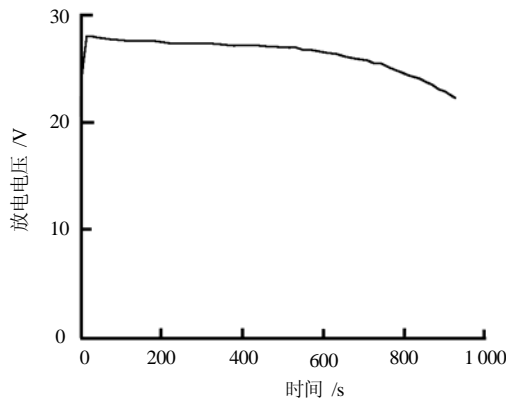
热电池在电负载下工作能量密度见表1。

表1 电负载下电池能量密度

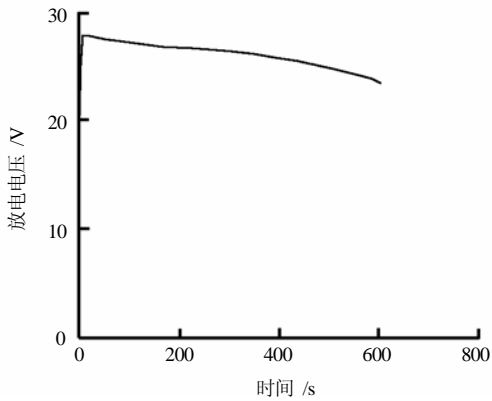
工作温度 / $^\circ\text{C}$	质量比能量 / $(\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1})$	体积比能量 / $(\text{Wh}\cdot\text{L}^{-1})$
-40	32.65	86.12
+80	44.10	117.03

该型热电池在极限工作温度下，工作持续时

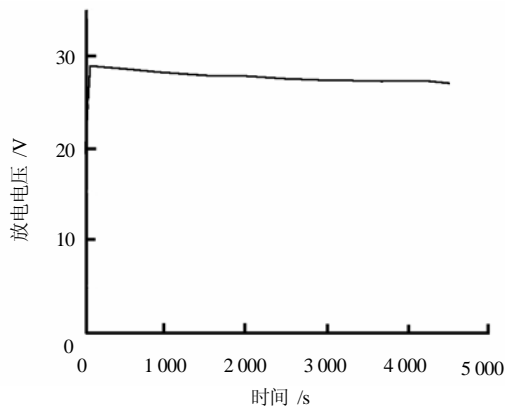
间有所缩减，但激活时间仍然很短且放电电压基本稳定。如果在设计时将极限温度下热电池的工作持续时间额定在应急系统工作时间之上，那么热电池作为应急系统电源是可行而且可靠的。



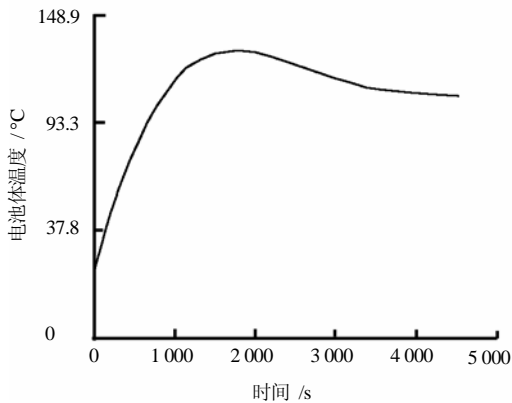
(a) 涡轮负载下电池高温(+80°C)放电曲线



(b) 电负载下电池低温 (-40°C) 放电曲线



(c) 电负载下电池常温 (+20°C) 放电曲线



(d) 电池工作时温度变化曲线

图4 热电池工作性能曲线

热电池作为飞机应急系统电源的优点是: (1) 工作可靠性高; (2) 待命贮存时间长; (3) 不需要交流汇流和交直流转换装置, 减少了系统的复杂程度; (4) 无污染, 使用和处理费用较低。

缺点是: (1) 如果不采用稳压装置, 直接输出的电压漂移量较大; (2) 每次使用后必须重新更换。

## 4 结束语

随着相关研究的不断发展, 基于热电池技术的各种功率的电源, 正以其独特的优势越来越多地被应用于飞机、导弹及引信中。热电池作为飞机应急系统电源, 已在瑞典 JAS 39 战斗机和美国 F-16 战斗机中有很好的应用。进一步的研究对于促进我国电源 (尤其军用电源) 及相关技术的发展同样具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 郭炳焜, 李新海, 杨松青. 化学电源 [M]. 中南工业大学出版社, 2001, 5: 356~362.
- [2] 杨国桢. 飞机液压传动与控制 [J]. 空军工程大学工程学院, 1997, 10: 180~182.
- [3] Joe Wells and Romy Saltat. Large thermal battery for emergency aircraft power [C]. Power Sources Conference, 1994.
- [4] Nicholas Schuster. A breakthrough in thermal battery performance expanding the envelope to multi-hour missile/aircraft missions [J]. Automotive Engineering, inc, 12, 1997.
- [5] D. Linden. Handbook of battery and fuel cells [M]. Chap. 40, McGraw-Hill, New York, 1984.