

# Thermal Hazard Technology 加速绝热量热仪 (ARC)

作者：李茂刚 (13917060599)

## 一、简要介绍

加速绝热量热法 (ARC) 是一种在近似绝热的情况下对样品热安全性进行测试分析的方法。能够模拟电池内部热量不能及时散失时放热反应过程的热特性，获得热失控条件下反应的动力学参数。作为多样化的锂离子电池安全性测试仪器，绝热加速量热仪能提供一个控制精确的绝热环境，使反应更接近于真实反应过程。它具有以下几个特点：

- 测量灵敏度高(0.005 °C/ min 甚至更高)；
- 测试灵活，新型的加速量热仪将样品室改造后能够容纳各种不同尺寸和型号的电池，也可以进行电池组件的研究；
- 能模拟热失控情况，给出精确的热数据；
- 能获得压力数据，直观地给出温度和压力随时间变化的曲线；
- 能得到可靠的动态测试热数据并进行数据分析，得到初始分解温度、放热速率、反应热、活化能和压力
- 增加速率等众多的热特性参数。

自 1990 年 Moli 能源公司的研究者们率先应用 ARC 研究锂离子电池电极材料在电解液中的热稳定性至今，基于自身所具有的特点，ARC 已经成为世界上锂离子电池生产厂家和研究者进行安全性测试和热稳定性研究的主要手段。

## 二、工作原理

ARC 测试的过程中，炉子的顶部 2 个加热器，中间 4 个加热器及底部 2 个加热器能及时补充样品与其周围环境的温差所带来的热损失，从而维持样品球的绝热测试环境。在 ARC 绝热测试的过程中，先将样品装入样品室内，在计算机上设置好实验起始温度，终止温度，斜率敏感度，加热幅度和等待时间等运行参数，启动量热仪开始工作，在“加热—等待—搜寻”模式运行的“加热”阶段，量热仪的温度按设定的加热幅度升高；在“等待”阶段，控

制器通过比较样品室温度与绝热炉各个区域的温度，保持绝热炉内的温度处于均匀平衡状态（在该阶段控制器不采集样品测试系统的温升速率数据），当绝热炉内的平衡状态建立后，测试系统进入搜寻阶段；在“搜寻”阶段，将试样的温升速率与设定的斜率敏感度（一般为  $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ）相比较，如果前者小于后者，则自动进入下一个“加热—等待—搜寻”循环；如果前者大于后者，则量热仪自动转为“放热”方式，在放热阶段，ARC 控制器根据绝热炉各个区域温度与样品测试系统的温度差异调整绝热炉各个区域加热器的功率，从而维持绝热炉温度与样品测试系统温度的一致，保证绝热条件的实现。在整个过程中，计算机会自动记录时间，温度，温升速率，压力及压力速率等参数，保存为.DAT 文件，结束实验后，系统会自动提示保存放热数据文件，文件为.EXO 文件。

### 三、技术比较：（侧重与 DSC 比较）

- 1、ARC 是绝热测试（没有任何热量损失！），记录整个体系放热过程；DSC 非绝热过程，只是记录相变热；
- 2、ARC 的样品质量为“克级”，可以有效模拟真实放热过程；而 DSC 仅是“毫克级”，不具有代表性，依赖于不同取样；
- 3、ARC 比 DSC 灵敏度要高 100 倍以上，可检测微小的热量放出（ $0.001\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ）；
- 4、ARC 可以测试整个体系压力变化（安全因素之一）；对于 DSC，反应池的密封性能很差，无法完成压力测试；
- 5、锂离子蓄电池材料的放热反应开始温度、反应热、表观反应活化能等参数是评价锂离子蓄电池材料稳定性的重要参数，利用 ARC 能有效地检测这些参数，可直接通过软件求得电池材料分解的热力学和动力学参数，进而有效地评价锂离子蓄电池材料的热稳定性和热危险性。而 DSC 和其软件不具备这个特点。