第5卷 第3期 无锡轻工业学院学报 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY Vol.5 1986 No.3

CC-83型测温探头的研制

唐 永 炎

(自动化系)

一、前 言

众所周知，食品罐头中心温度的测试精度与测温探头的性能密切相关。

从丹麦引进的Z4FD仪、CTF-84和CMC-821温度信息处理机[1]，以及由作者等研制的CS-2温度信息处理机[2]等，都具有相当高的精度指标并具有巡迴检测多点温度和自动计算F_0值的功能，而实现这类仪器的功能、指标与性能优良的测温探头分不开的。

丹麦ellab公司生产的测温探头，其结构有十多种，适用于不同的包装材料和不同的罐型的测试，如图1。其中最常用的是DC-67型，如图2。过去我国从丹麦引进仪器以及测温探头附件，而本研究的CC-83型测温探头立足于国内条件，除主要用于CS-2型温度信息处理机外，尚可与丹麦产DC-67型探头互换使用。

本文重点介绍有关研制工作方案选择；CC-83型探头的结构工艺设计；CC-83探头的实测性能以及CC-83与丹麦DC-67测温探头的性能对比试验和CC-83型测温探头的实际试用。

二、测温探头的研制方案

1. 问题的提出

所研制的测温探头主要配合CS-2温度信息处理机用于食品罐头杀菌中心温度测定。杀菌工艺中探头的具体要求是适用于长距离(7米)以及耐高温、高压(蒸汽温度130℃以下，压力几个大气压)；绝热、绝缘和耐酸碱耐油等。以上要求为探头类型的选择上提出了依据。

2. 几种不同类型测温探头的对比

与罐头杀菌中心温度测试仪配套使用的测温探头敏感元件有热电偶[1],[3]，热敏电阻[4]和热电阻[5]。经过对这三种测温元件的对比，作者认为采用热电偶更为合适，其优点如下：

1) 热电偶具有一定的输出灵敏度和精度以及热

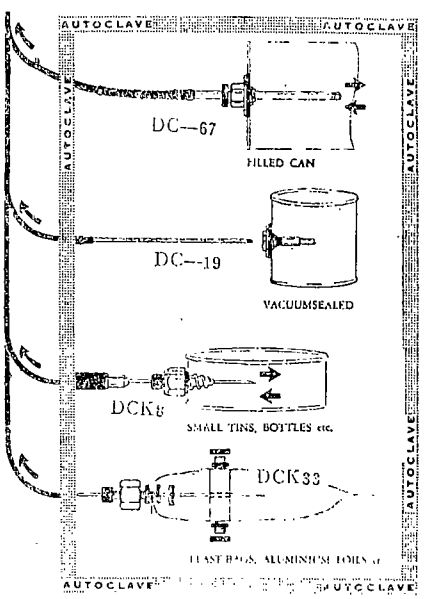


图1 测温探头在食品杀菌锅内应用
注①上述探头的测点均在端点
②DCK8、DCK33探头外套为不锈钢
DC-19为尼龙外套
③各探头时间常数不同

本文1985年1月29日收到

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

稳定性，而用铜—康铜热电偶测量0～130℃的介质是比较理想的。

2）各探头间具有一定的可互换性。经校核后的铜—康铜测温探头，其离散性可控制在±0.1℃以内[1]。这对实际使用带来方便；而热敏电阻探头[4]，由于受半导体器件限制，其离散性较大，故使用中限制某一通道指定使用某一探头[5]，因此给使用带来不便。

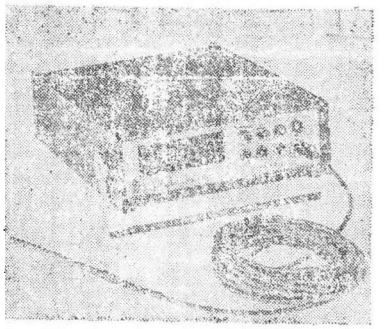


图2 CTD型数字温度计及DC-67型测温探头　（丹麦产）

3）探头测点可做成远较热电阻和热敏电阻探头为小。如利用铠装热电偶，则目前国内条件可做到1.5毫米外径。探头尺寸小可更正确反映被测点的实际温度。作者等曾使用2毫米外经的特制探头，实测了真空状态下罐头内容物的温度获得成功。

4）利用热电偶作测温探头，其时间常数可做得很小。可利用结构上的安排，控制在零点几秒到几秒。对被测点温度反应灵敏。

5）根据热电偶的中间导体定律[6]，由导体A、B组成的热电偶，当引入第三导体时，只要保持第三导体（C）两端温度相同，接入导体C后对回路总电势无影响。这对测量带来方便，在杀菌工段现场，可远离杀菌锅几米之外对热电势进行测量而不影响热电偶的输出。特别要指出的是，根据这一原理，在测定罐头内容物的中心温度时，探头与补偿导线间的转接（利用焊接或插接等），均不会带来问题。

6）利用热电偶作测温探头不必采用三线制。而采用热电阻时为使减少引线电阻的影响，必须采用三线制[7,8]，如图3所示。由文献[8]可知，为保证引线电阻所造成的候差小于0.1%，要求$r=r_1=r_2\leqslant 1\Omega$。显然这对实际杀菌场合下欲使用柔性好的电缆时是困难的。

7）对上述三种探头材料其温度—电阻或温度—电势关系上均具有非线性。在DDZ-Ⅲ型热电阻和热电偶温度变送器中，均分别在电路上作非线性校正[8]。但考虑到所研制的测温探头主要配用在带微机的CS-2温度信息处理机等仪器，因此可方便地采用软件校正测温元件的非线性。而对热电偶的非线性校正也是非常方便的。

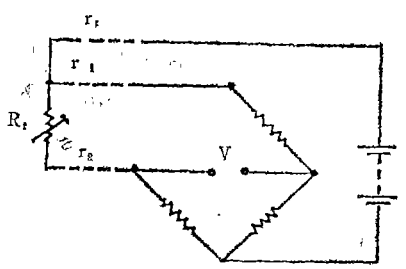


图3 热电阻测温探头的三线制联接

CS-2温度信息处理机对Cu—CuNi热电偶的非线性校正方法大致如下。

参见图4。结合实际杀菌需要，确定工作温度范围为0～130℃。将Cu—CuNi热电偶（分度号T）的热电势—温度关系作图，并以0至130℃作理想线性的拟合曲线。再将0～130℃分为三个区间即0～60℃，60～100℃和100～130℃，按这三个区间作拟合直线。再以每隔5℃分别计算出各区间的实际电势与理想拟合直线间的差值（图4中所作直线下的曲线已有意夸大了）。由于CS-2机使用12bitADC并使输入电势为5.712毫伏时，通过隔离放大器的输出（ADC输入）为5.11875伏，使ADC输出代码为十六进制FFF，即十进制4095。依此可计算出温度差值以及各分区温度的实际代码。

注：最佳校正分段分区间方法可根据精度要求由计算机辅助设计，在此仅举例说明方法原理

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

将这些代码分别存到EPROM表格内。当计算机读取实际被测温度相应的ADC输出代码后，可先判代码落在何大区间以及究竟靠近何小区间，则可加代码后并作平移和改换斜率，从而得到与理想总拟合曲线一致的、实际反映被测温度的代码。而这样经转换了的代码与被测温度成线性的(当然非线性误差还要受小区分度不够细以及隔离放大器和ADC的非线性限制)。

8) 当采用Cu—CuNi热电偶时，其探头主体和补偿导线可采用同一材料，价格低廉且工艺方便。此外，从实践中体会到，利用热电偶的测温探头，在高压蒸汽和水等介质中对探头的密封性要求较铜电阻作探头者为低。后者一经稍量渗漏，就不能正常工作。

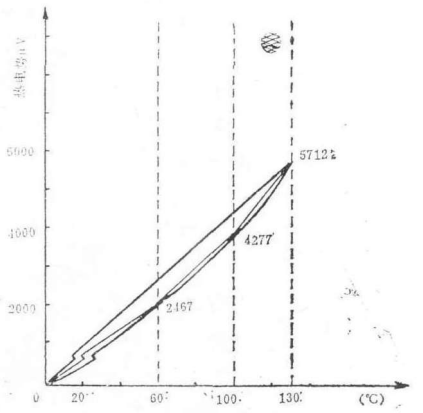


图4 Cu—CuNiC（分度号T）热电偶的计算机非线性校正原理

综上所述，CC-83型测温探头是专门配合食品罐头杀菌中心温度测定所用，其主体和补偿导线均采用分度号为T的Cu—CuNi(铜一康铜)热电偶丝制成。补偿导线采用硅橡胶电缆，可满足杀菌工艺的实际需要。

三、CC-83型测温探头的结构工艺设计

CC-83型测温探头主要配用于CS-2机，但考虑到可与丹麦产CC-67型互换使用，故在结构上作了相应安排。图5是CC-83型探头的外观。



图6 CC-83型测温探头内部结构

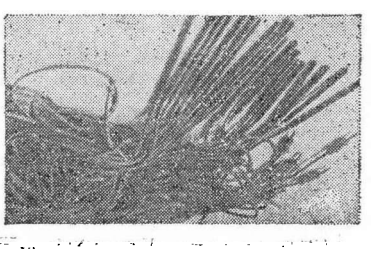


图5 CC-83型测温探头

设计中考虑的要点如下：

1. 探头的主体

探头的主体包括隔热的绝缘套管和集中传热用的铜头。铜一康铜热电偶的热点位于铜头内一定距离。其内部结构为图6所示。

套管与补偿电缆间的连接除用环氧树脂封固外，还用不锈钢制的弹簧加固。

2. 探头的主体部分尺寸

套管长度为105毫米和250毫米，外径均为6毫米。前者与丹麦产DC-67兼容，可测深度最大为80毫米。后者为CC-83所特有，以适应大型食品罐头中心温度的测试。

3. 连接电缆

连接电缆(补偿导线)的绝缘层由硅橡胶制成。线芯为多股康铜丝(19×0.15毫米)，外包硅橡胶绝缘层；再用镀锡软铜丝作屏蔽编织(64×0.1毫米)，最外层为硅橡胶的绝缘护套。

硅橡胶电缆具绝热、绝缘、耐热、耐酸碱等特点。CC-83测温探头的电缆长度为7米

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

亦有制成4米长度的，以适用于小型立式杀菌锅。

4. 时间常数的控制

CC-83测温探头时间常数的控制，主要借调节铜头与热点之间的距离，实际距离约1～2毫米间，并用环氧树脂间隔。实测时间常数与丹麦产DC-67探头基本相同。

四、CC-83型测温探头的实测性能

1. 温度——电势分度标定

我们试制的几批CC-83型测温探头，由无锡市标准计量局作了在杀菌工艺有效温度区间的热电性能标定，结果符合IEC标准的I级精度。表1列出部分实测数据，同时列出DC67型测温探头的对照数值。

表1　CC-83与DC-67型测温探头的热电性能

名称 \ 温度(℃) / 电势(mV)	110	115	120	125	130
ellab DC-67	4.769	5.003	5.249	5.492	5.731
CC-83 №1002	4.766	5.000	5.250	5.490	5.734
CC-83 №2002	4.767	—	5.244	—	5.730
CC-83 №3001	4.755	—	5.236	—	5.717

2. 时间常数的测定

在恒温121.1℃油浴中，将CC-83探头阶跃升温，按达到整个温度变化范围63.2%瞬时止所需的时间定义，实测时间常数约为10秒上下。

3. 电缆的耐温和绝缘性能测定

长期工作温度为－60℃＋150℃。线芯绝缘经受50赫，2000伏火花交流电压检验无损。

4. 测温探头寿命考核

测温探头的主体与连接电缆经多次生产现场工作，证明其机械性能良好，能满足杀菌工艺要求。

五、CC-83型与DC-67型测温探头性能对比试验

1. 电势—温度分度标定对比

参看表1，可知CC-83与DC-67性能接近。符合IEC标准的I级精度。

2. 时间常数对比试验

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

我们曾在上海泰康厂利用丹麦 Z4FD 仪器作了两种测温探头在恒温甘油浴中的时间常数响应的对比试验。整理后的结果为图 7 所示。由图可知，两种探头时间常数基本一致。

3. 两种探头的可互换性试用

1) 在上海泰康食品厂，利用丹麦产 Z4FD 仪器，分别使用 CC-83 和 DC-67 测温探头对蚕豆罐头杀菌工艺做了实测。实测结果为图 8 所示。考虑到两种探头没有放在同一罐内，所测结果是合理的。

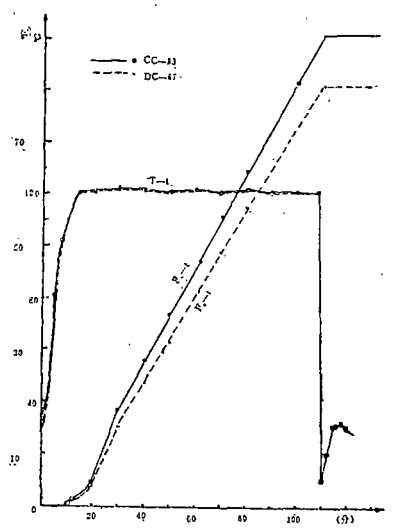


图 8 在上海泰康厂对两种探头的可互换性试用(用 Z4FD 仪)

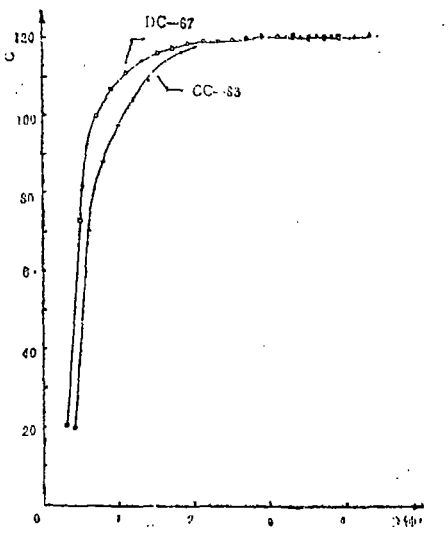


图 7 CC-83与DC-67测温探头时间常数的对比试验结果(用Z4FD 仪)

2) 在上海泰康梅林食品厂，利用作者研制的 CS-2 机以及梅林厂的 Z9CD 仪器，对两种探头为蚕豆罐头杀菌做了可互换性实际试用。试验结果为图 9 新示。

试验结果表明，CC-83 型测温探头与 DC-67 型测温探头基本上达到了可互换使用的目的。

六、CC-83 型测温探头的应用

CC-83 型测温探头曾配合 CS-2 温度信息处理机连续使用了一年多时间。已实测了午餐肉、咖哩鸡、蚕豆、五香鱼、芦笋、蘑菇、青豆等罐头的 Fo 值；实测了几十台杀菌锅的热分布；同时还配合镇江罐头厂作了蘑菇罐头的高温短时杀菌试验。

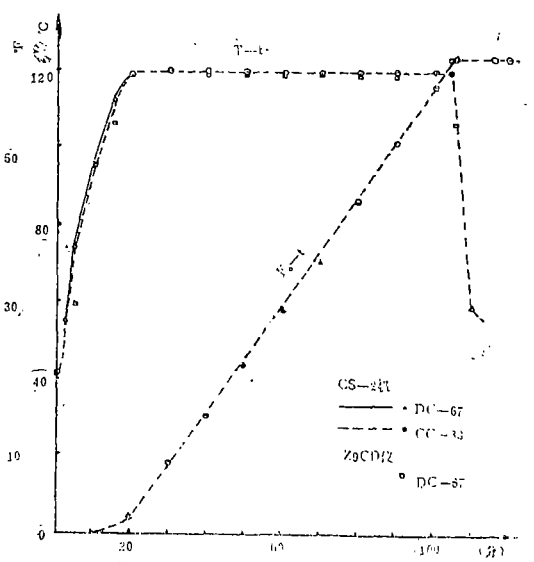


图 9 在上海梅林厂对两种探头的可互换性试用(用 CS-2 机和Z9CD仪)

CC-83 型测温探头用于杀菌锅热分布测定的实例如表 2 和图 10 所示。结果表明效果是良好的。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

CC-83型测温探头的实际应用表明，其结构、性能（电学的、力学的、化学的）可以满足生产的要求。

表2 热分布测定的原始记录之一

1985年05月17日
1分定时
4点

0时01分
1—041.8————
2—043.9—00.00
3—020.8—00.00
4—036.0—00.00

0时02分
1—094.6————
2—094.7—00.00
3—085.7—00.00
4—086.8—00.00

0时03分
1—101.6————
2—101.5—00.01
3—101.6—00.01
4—101.4—00.01

0时04分
1—103.2————
2—103.1—00.02
3—103.2—00.02
4—103.2—00.02

0时05分
1—106.5————
2—106.4—00.04
3—106.5—00.04
4—106.1—00.04

0时06分
1—112.9————
2—112.8—00.11
3—113.0—00.13
4—112.3—00.10

0时07分
1—115.0————
2—114.9—00.32
3—115.0—00.34
4—115.1—00.28

0时08分
1—113.8————
2—113.9—00.53
3—113.7—00.54
4—113.9—00.47

0时09分
1—114.9————
2—114.8—00.74
3—114.7—00.75
4—114.6—00.66

0时10分
1—116.0————
2—116.0—01.01
3—116.3—01.03
4—116.1—00.91

0时11分
1—116.4————
2—116.4—01.35
3—116.4—01.37
4—116.4—01.21

0时12分
1—117.4————
2—117.4—01.72
3—117.5—01.74
4—117.3—01.54

0时13分
1—119.3————
2—119.2—02.26
3—119.6—02.31
4—119.3—02.04

0时14分
1—120.0————
2—119.9—03.02
3—119.9—03.07
4—119.9—02.73

0时15分
1—120.3————
2—120.3—03.86
3—120.6—03.93
4—120.6—03.49

0时16分
1—120.7————
2—120.8—04.78
3—121.0—04.87
4—121.1—04.34

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

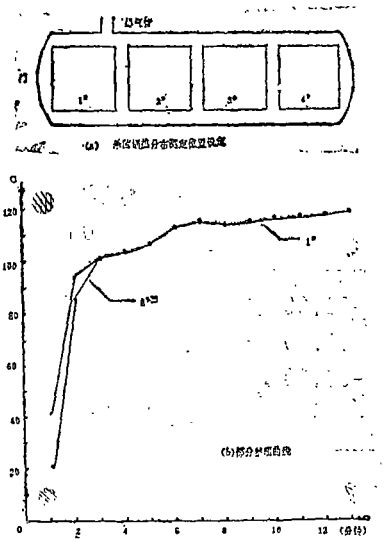


图 10 杀菌锅热分布测定的位置设定和部份整理曲线

七、结束语

CC-83 型测温探头可与丹麦 ellab DC-67 型探头相兼容并可互换使用。因而可与国内研制的 CS-2 型仪或丹麦 ellab 公司最近生产的罐头中心温度测定仪配合使用。在结构、尺寸等方面还优于 DC-67 型探头。例如，加长了的探头主体结构部分，可测定特大型罐头食品的中心温度。

在研制过程中，得到了自动化系孙星海和周烨两位同志的协助，特此深表谢意。

参考文献

[1] ELLAB INSTRUMENTS, CMC-821 TEMPERATURE MICROPROCESSOR SYSTEM. 1985.1

[2] 唐永炎等，“CS-2 温度信息处理机的研制”，《无锡轻工业学院学报》，1985. №3

[3] 轻工部食品发酵研究所编，《罐头食品杀菌温度检测、处理、控制应用知识》，1985.9

[4] 日本，日板制作所，《FVAC 仪器使用手册》，1983

[5] 西德，《TME-2 仪器使用说明书》

[6] 吴训一主编，《自动检测技术》，1981

[7] Herman KP Neubert, Instrument Transducers. 1975

[8] 化工部化工进口项目建设指挥部组织编写，《DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表》，化学工业出版社，1980

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net