


食品杀菌新技术

涂顺明 邓丹雯 余小林 杨荣华
徐步前 欧朝东 李儒荀 编
高福成 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品杀菌新技术/涂顺明等编. —北京: 中国轻工业出版社, 2004. 1

ISBN 7-5019-4172-6

I. 食… II. 涂… III. 食品卫生-灭菌-技术
IV. TS201. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 107241 号

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 滕炎福 封面设计: 李云飞
版式设计: 郭文慧 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷:

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27

字 数: 650 千字

书 号: ISBN 7-5019-4172-6/TS·2452 定价: 54.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—88390721 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30802K1X101ZBW

前 言

在食品加工中，杀菌技术是非常重要的关键技术之一，它与食品的保鲜和营养以及产品的品质和风味密切相关，一向受到工程技术人员的高度重视。

100多年来，经过研究人员的不懈努力，杀菌技术从普通的加热杀菌发展到今天各种先进的热力杀菌和非热力杀菌，特别在非热力的高压杀菌，生物技术、辐射及电效应杀菌等方面，有了重大的进展，取得了许多新成果，对我们日常饮食生活的安全方便和营养健康产生了深远的影响。

在全世界，每年因杀菌不当所引起的食品腐败变质现象频频出现，甚至因微生物诱发的食物中毒等事故也屡见不鲜，为了减少或杜绝此类事故的发生，帮助人们更好地了解食品杀菌的基本知识及掌握正确的杀菌方法、技术和工艺，我们编写了本书。书中内容包括各种不同杀菌技术的现况和发展趋势、杀菌基本原理和主要设备、微生物控制和包装材料的特性等。

全书共分十三章，编写分工如下：

涂顺明	教授级高工	中国食品发酵工业研究院	第一、二、三章
邓丹雯	研究员	南昌大学中德食品工程中心	第四、七章
余小林	副教授	华南农业大学食品学院	第五章
杨荣华	教授	杭州商学院食品学院	第六章
徐步前	副教授	华南农业大学园艺学院	第八章
欧朝东	高级工程师	广西粮油科学研究所	第九、十、十一章
李儒荀	教授	江南大学	第十二、十三章

全书由江南大学高福成教授主审。

编著者署名顺序按章序排列。

目前，全面系统地介绍食品杀菌技术的书籍在国内并不多见，希望本书的出版，能为从事食品科学研究和生产的有关大专院校师生、科研单位和企业的技术人员及实际操作者有所帮助，我们将感到莫大的欣慰。

在编写过程中，我们得到了各方的大力支持和协助，在此深表谢意！

由于时间仓促，收集的资料不尽全面，书中难免出现错漏或不当之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 高压釜式热杀菌技术拓广应用.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 高压釜式热杀菌新设备.....	6
第三节 高压釜式热杀菌用新型包装材料	13
第四节 高压釜式热杀菌食品新工艺	21
第五节 高压釜式热杀菌保健食品和药品	31
第二章 新型超高温杀菌技术 (UHT 杀菌)	37
第一节 UHT 杀菌食品的类型及其杀菌装置和效果	37
第二节 欧姆加热法超高温杀菌	45
第三节 低黏性食品超高温杀菌	50
第四节 高黏性食品超高温杀菌	58
第五节 超高温杀菌与无菌包装系统	65
第三章 微波加热杀菌技术	75
第一节 微波加热与微波杀菌	75
第二节 微波杀菌设备与利用技术	81
第三节 微波加热器 (微波炉) 用容器	89
第四节 包装食品的微波杀菌	98
第四章 高压杀菌技术.....	107
第一节 概述.....	107
第二节 高压杀菌的原理和效果.....	110
第三节 高压装置的应用技术.....	122
第四节 果汁饮料的高压杀菌.....	131
第五节 鱼肉的高压杀菌.....	141
第六节 包装材料及包装技术.....	147
第五章 臭氧杀菌技术.....	154
第一节 臭氧杀菌原理与杀菌效果.....	154
第二节 臭氧杀菌装置及其应用技术.....	164
第三节 臭氧水制造装置及其应用技术.....	170
第四节 无菌空气制造装置及其应用技术.....	183
第五节 臭氧处理在食品加工过程中的应用.....	191
第六章 天然生物抗菌剂杀菌技术.....	205
第一节 蛋清溶菌酶.....	205
第二节 鱼精蛋白.....	212
第三节 乳酸菌.....	221
第四节 香辛料提取物.....	228
第五节 抗菌性肽.....	241

第六节	脂肪酸及其酯	249
第七章	紫外线杀菌技术	255
第一节	紫外线杀菌原理	255
第二节	紫外线杀菌装置	263
第三节	紫外线杀菌在肉类及肉制品工业中的应用	271
第四节	紫外线杀菌在乳品、饮料等工业中的应用	277
第八章	电离放射线杀菌技术	288
第一节	电离放射原理和电离放射杀菌效果	289
第二节	电离放射线杀菌装置及其应用技术	294
第三节	包装材料的电离放射线杀菌	302
第四节	食品的放射线杀菌	311
第九章	微生物培养系统的杀菌	320
第一节	微生物培养装置	320
第二节	微生物培养装置的杀菌操作及其自动化	324
第十章	植物组织细胞培养系统的杀菌	328
第一节	植物材料灭菌技术的地位	328
第二节	无菌环境的确保和无菌设备	329
第三节	植物组织细胞的培养基、用水及器具的灭菌	331
第四节	植物组织材料的灭菌和无菌操作	334
第五节	大规模培养系统的灭菌和无菌操作	344
第十一章	水产养殖系统的杀菌	346
第一节	饲养用水及排水的杀菌	346
第二节	饲养器具、器材及设施的杀菌和消毒	349
第三节	饲养生物的消毒	351
第十二章	脉冲放电、电解、交变电流杀菌技术	354
第一节	液中脉冲放电杀菌技术	354
第二节	电解杀菌技术	372
第三节	交流电杀菌技术	378
第十三章	超声波、激光、磁场杀菌技术	386
第一节	超声波杀菌技术	386
第二节	激光杀菌技术	406
第三节	磁场杀菌技术	414

第一章 高压釜式热杀菌技术拓广应用

第一节 概 述

高压釜式热杀菌技术是采用湿热的方式对包装食品进行加热处理，杀灭食品中微生物，并使包装保持完好的一种加工技术。严格地说，它主要针对装在密封容器中的低酸性食品，在卫生方面以杀死危害巨大的肉毒杆菌为最低处理条件，并采用湿热加热的方式达到商业无菌的目的。

以加热方式杀死微生物的技术历史悠久，广泛应用于商业等各个方面。高压釜式热杀菌技术是其中之一。后者目前除传统的金属罐和玻璃瓶杀菌技术外，还开发了其它新型耐热性包装容器及其相应的加热杀菌技术、充填密封技术等。新法高压釜式热杀菌技术及其新产品在经济、卫生、流通、市场等方面具有明显的优越性，在食品加工技术中占有重要的地位。

目前，高压釜式热杀菌食品尚没有统一明确的定义，人们一般将采用高压釜式热杀菌技术生产的包装食品统称为高压釜式热杀菌食品（retort food）。它是指经充填密封装入包装容器的产品，在高压杀菌釜中进行加热杀菌后可在常温下流通的一类食品。与此相关的用语有“容器包装密封加压加热杀菌食品”和“软罐头食品”。前者在日本食品卫生法规中定义为“装入具有密封性的包装容器中，经密封、加压加热杀菌后的食品”。它包括金属罐、玻璃瓶以及其它容器包装的食品。后者指采用塑料薄膜或金属箔以及它们的多层复合薄膜制成袋状或其它形状的包装容器，将加工产品充填入包装容器中，经熔封、加压加热杀菌制成的食品。其中包装容器有袋状、杯状和浅盘状。

本章主要介绍与上述食品相关的高压釜式热杀菌新技术。

（一）高压釜式热杀菌技术的历史

高压釜式热杀菌技术不仅仅限于加热装置，它还包括包装容器及其材质、充填密封装置等，由此构成三要素。如前所述，高压釜式热杀菌的目标是，杀死包装食品中的肉毒杆菌，使食品可在常温下流通，达到商业无菌。因此，作为它拓广的新技术，三要素仍缺一不可。从该技术的发展过程可以了解其基本情况。

人们很早就研究了玻璃瓶和金属罐装的食品，1765年，意大利的阿培·斯巴拉则尼就开始了玻璃瓶罐头保存技术的研究。1804年，法国的尼古拉·阿培尔用密封的玻璃瓶将食品加热保藏的方法获得了成功。1821年，美国开始制造金属罐装食品。1874年，日本的长崎首次制造成功金属罐食品。由此可见，玻璃瓶罐和金属罐的历史都很长，而软罐头和包装容器食品的历史还不长。至于高温高压杀菌装置，法国在1917年开发了回转式高温高压杀菌装置；德国的Stock公司在1947年开发了加压热水循环回转式全自动高温高压杀菌装置。

美国在1940年就开始了软罐头食品的研究，1956年伊利诺伊大学的Nelson和Sein-

berg 对包括聚酯薄膜在内的几种薄膜进行了试验。从 1958 年起, 美国陆军的 Natick 和 Swift 两个研究所就开始从事供军队使用的软罐头食品的研究, 进行了一系列试制和性能试验。1977 年, 有一部分蒸煮袋得到了食品与药物管理局 (FDA) 和美国农业部 (US-DA) 的批准, 这样才正式投产和销售。瑞典是世界上最早生产和销售软罐头食品的国家, 但世界上把软罐头食品作为商品大规模生产的, 当以日本为最。

显然, 蒸煮袋热封口比金属罐二重卷边密封机械强度差。为了使包装袋在加热、冷却过程中保持密封完好, 20 世纪 60 年代中期出现了加压加热反压冷却的方法。同时还研究了杀菌釜中框架的结构, 适当的蒸汽、空气混合比, 使温度分布更均匀。杀菌剂 AF-2 被禁用, 对食品企业, 尤其是畜肉、鱼肉糜状制品生产企业影响较大, 使他们对高压热杀菌技术更加关注, 给以热水为加热介质的高压热杀菌技术的应用带来了契机。产品在热水中加热杀菌, 形状不易被破坏。此后, 20 世纪 70 年代中期连续式高压釜热杀菌设备和技术的应用有着划时代的意义。包装也从塑坯预塑成型发展到成型灌装封口连续一体化生产。同时高温短时热杀菌概念的引用以及相应的杀菌装置的开发, 对保持软罐头的形状和产品质量起了重要作用。软罐头包装容器对外压具有很好的耐压性, 因材质柔软, 即使迅速加热也不会产生永久性的变形, 热封口也不易破损, 经过努力, 迅速冷却时亦没有问题。因此, 一个循环所需时间比原来缩短了 $1/2 \sim 1/3$, 而且加热温度的上限可以突破 120°C , 设备精度得到提高, 同时也促进了包装材料的革新。软罐头的出现使原来以饱和水蒸气为加热介质的杀菌釜发展到加压加热反压冷却的杀菌装置。包装容器的多样化, 如多层复合容器、半硬性容器的出现, 促进了具有新功能的杀菌设备的出现。半硬性容器虽然在保持热封口完好方面和软罐头一样, 但不同的是必须考虑受外压产生永久变形的问题。这就要求杀菌设备必须保持包装容器内外压力的平衡, 使封口不受损, 使容器不产生永久变形。为了满足这一要求, 20 世纪 80 年代出现了蒸汽与空气混合的定差压式杀菌设备。新法高压釜式热杀菌食品的新包装所要求的新加热方法, 与传统罐头等硬性容器的加热方法有较大区别。新容器的明显发展趋势是要求压力控制更精确、从热水式等压杀菌发展到热水喷淋式等压杀菌。

高压釜式热杀菌食品要想达到商业无菌, 必须对包装食品进行正确的加热杀菌, 同时还需防止杀菌之后的二次污染。二次污染一般因热封口不严或包装物表面产生针孔引起。其中非常重要的是要保证充填机的良好封口性能。1971 年时, 充填封口机由 6 头发展到 8 头, 即从 1 次加热封口法发展到 2 次加热和 1 次冷却的三次封口法, 显著地提高了热封口的安全稳定性, 此法获得了广泛应用, 一直沿袭至今。由于热封口的重要性, 在“容器包装密封加压加热杀菌食品”中制订了相应的标准, 规定了耐压缩试验和热封强度试验的具体数值, 特别是热封强度, 其日常品质管理目标值为 $22.6\text{N}/[\text{cm}^2 \cdot 15\text{mm}(\text{宽度})]$ 以上。随着半硬性容器使用的增多, 要求具有易开封性的呼声日益增高, 既要保持热封强度, 又要使儿童、妇女能打开包装, 这就是当前需要进一步研究的课题。

关于高压釜式热杀菌技术的微生物学依据, 在“容器包装密封加压加热杀菌食品的标准”中, 作为生产标准有明确的规定, 其法定的提示是: 对于 $\text{pH}5.6$ 以上, 且 A_w 超过 0.94 的食品, 必须进行 120°C , 4min 或与此同等效果以上的杀菌处理。

(二) 高压釜式热杀菌技术确保无菌的要点

高压釜式热杀菌技术的杀菌基本原理在许多书中已介绍, 本文不再赘述。关于杀菌效

果，须考虑不同包装容器的因素，使用与金属罐、玻璃罐不同的柔软性或半硬性的容器有其独自的特点。在此主要介绍这些特点。要达到良好的杀菌效果，必须对包装产品进行彻底的杀菌以及防止在生产、流通过程中产生二次污染。影响产品彻底杀菌的主要原因有杀菌釜、内容物传热、微生物等方面的因素，各因素的具体情况如下：

(1) 杀菌釜的影响因素：有装置出现故障，温度分布不均匀，产品在托盘上排列不当等。

(2) 内容物传热的影响因素：有固形物大小、液体黏度、固液比，残留空气，使用冷冻原料等。

(3) 微生物影响因素：有耐热性芽孢的菌数，菌的状态变化，食品性状（pH、产菌物质）等。

二次污染主要原因是因封口不良或容器损伤引起微生物再污染，从而破坏了产品的无菌性，需注意如下因素：

(1) 封口不良：封口条件（温度、时间、压力）调节不当，封口部位内表面被内容物污染（固形物加入时、灌液体时、传送时被污染）。

(2) 产生针孔：生产时操作不当，输送时的冲击，存放管理不严，商店销售不当。

尽管杀菌彻底，且没有因容器破损产生二次污染，但仍出现腐败变质现象，这是因为杀菌前食品已经变质腐败所致。没有任何原因，也检测不出微生物，但打开包装后可以闻到腐败变质的臭味，这有几种原因，一是使用了腐败变质的原料；另一原因是杀菌前生产过程中放置时间过长，导致微生物大量繁殖而产生腐败，此后再进行高压热杀菌，杀死了所有微生物，因此检测不到活菌的存在。此外，在原料中混有耐高温性细菌，而杀菌又不足，也会产生腐败现象。有些食品是以中温性细菌为对象来确定杀菌条件的。因此，生产中尽可能不要被高温性细菌污染。

（三）高压釜式热杀菌技术的发展动向

一般杀菌效果与设备硬件、操作条件、包装容器的特性、内容物微生物控制以及包装产品的生产、流通等有很大关系。此领域的技术进步非常显著。新的加热系统、新的包装材料和容器不断推出。这些新技术的应用都是围绕高压釜式热杀菌技术的基本要求——保持无菌来开展的。

1. 各种成型容器的开发和推广

高压釜式热杀菌主流食品的发展是从软袋包装容器出现后开始的。现在仍是此类包装占据主要市场，如广泛采用软袋包装的咖喱等主流食品，在市场上到处可见。目前，集团供餐食品的包装大多数采用成型容器，如大型包装袋和自立袋等。与此同时发展的具有隔氧性的半硬性容器也逐渐受到人们的重视，其中微波食品包装容器的开发在企业界竞争激烈，且市场应用逐步扩大。半硬性容器中，作为阻隔氧气的材料有乙烯/乙烯醇共聚物（EVOH）、偏二氯乙烯/氯乙烯共聚物、金属箔等。金属箔则使用了铝箔和钢箔，与食品接触的内层和最外层使用聚丙烯。在塑料容器制造中，一般采用阻隔性材料与聚丙烯形成多层复合材料，然后加热成形。此外，在材质和容器盖方面还有不少新的成型和生产方法。在日本，如以 EVOH 作为阻隔层的有东洋制罐和东罐兴业的层压容器盖，日本印刷社推出的卷边密封的金属盖。在 PVDC 制品中，为了满足挤压成型性、阻隔性、耐热性的要求，东洋制罐实现了以甲基丙烯酸酯共聚物和偏二氯乙烯树脂作为基础聚合物，使具

有阻隔性的层压容器-S产品商品化。此容器采用特殊的熔融成型法,可以进行深拉伸成形,使得此前不能用浅盘或杯形容器包装的食品亦可使用。东洋制罐还推出了用钢铁金属箔生产的包装容器,用能加工特殊弹性材料的冲床进行冷加工成型。昭和电工、大洋渔业、出光石油化学等公司开发了用铝箔确保阻隔性的铝箔复合容器。味之素公司开发的“FK罐”是以铝箔为阻隔层的塑料多层复合罐,其上下为金属的底和盖。在欧美,DRG公司用熔融回转成型法生产了“RTF容器”(PP/EVOH,金属盖),美国一公司用注入加热成型法开发了“Omni罐”(PP/EVOH,PP/干燥剂/EVOH,金属盖),HITEK公司采用熔融、顶端扩展法开发了深拉伸容器(PP/EVOH,金属盖)。MB和CSC等公司报道以固相成型法生产成型容器。

上述半硬性容器具有许多软袋容器所不具备的功能,新产品不断涌现,各成型容器都是以单体形式出现,具有很好的功能,人们非常关注它的发展趋势。

2. 易开罐

具有不需使用特殊工具就能轻松开盖(或开封)的功能,对包装非常重要。软罐头有U切口、V切口易开封的方法。半硬性容器一方面使用热熔性黏合剂和热封口涂料,另一方面还开发了耐热性好、封口强度高的可撕开密封剂,在蒸煮食品中获得应用。此耐热性的可撕开密封剂是由普通的混合和共聚等改性后得到的产品,由黏结附着剂、充填剂等开发而成,基本适用于高压釜式热杀菌容器。但实际应用时,因热封条件和高压热杀菌条件的不同,较难保证稳定的剥离强度,所以不能广泛地被采用。在日本应用更难逾越的是厚生省的规定,即规定了高压釜式热杀菌食品包装容器的强度值,其热熔密封强度必须大于 $22.6\text{N}/(\text{cm}^2 \cdot 15\text{mm})$,而消费者可以轻松地撕开密封的强度是 $8.8 \sim 16.4\text{N}/(\text{cm}^2 \cdot 15\text{mm})$,如何协调这两种不同强度值要求是易开盖开发的重要课题。开封技术目前有两种主要方式:一种是封口部位完全熔融密封,以拉环式拉开顶盖的全开启方法;另一种是在热封口上下工夫,努力找出封口强度和消费者剥离方式的协调方法。前者有东洋制罐、昭和电工、大洋渔业公司生产的NP罐,后者有出光石油化学、东洋铝业、东洋制罐等公司的不同形式的超级剥离罐。上述两种方式的共同点是热封部分和剥离部分分别设计。

3. 等压式热杀菌系统

高压釜式热杀菌装置是确保完全杀菌效果的重要因素,要配合适用容器的特性进行开发,目标是如何确保包装容器的密封性不受损害,且被加工物品能均匀、高效地得到加热杀菌。加热介质有蒸汽-空气混合物和热水等。目前,大家更关注热水喷淋式杀菌。这和塑料成形容器在此领域的应用和扩大有很大关系。塑料成形容器也可称为半硬性容器,它没有金属罐那么硬,也不像软罐头那样具有柔软性,因此沿用原来的高压釜式热杀菌装置很难保持包装容器的形状,而必须不断寻求和探索用新的装置来解决。此前的塑料性容器大多是浅拉伸型的产品,尚没有太大问题,但目前出现的金属箔复合容器对压力变化的承受能力有一定限度,超过时会产生不可逆变形,再加上深拉伸成形容器的使用,就更有必要开发新的加热装置,以便与这种情况相适应。因此,注意力便集中到能防止变形的热水喷淋式杀菌装置上,其原理可简单概括为:供水—加热—杀菌—供水—冷却—排水—作业结束。在杀菌釜内供以喷淋和循环所必需的水,供水用循环泵输送,同时在程序控制的温度和压力下进行加热。杀菌时,热水以喷淋方式接触加热产品,反复不断循环,并保证达到规定的杀菌温度和时间。冷却和加热一样,在控制操作条件的同时还要控制供水液面,

逐渐将热水排出，冷却到规定温度后，再用循环泵将冷却水排出。热水喷淋方式具有降低热能成本、节约用水等诸多优点。但特别需要强调的是，能防止容器变形则是它独特的最主要优点。本方式的要点是根据不同的容器，巧妙地进行压力调节控制。生产时容器的变形位移的检测和控制，大致有两种方法，即手工控制和距离传感器方式。前者是作出每次杀菌时容器不产生变形的温度压力曲线图，以此曲线设定程序控制器，按照曲线图进行杀菌作业。此法虽然看上去是老式办法，但根据容器的每次变化，可以得到最佳曲线图，这是别的方法所不易效仿之处。同类产品批量加工时，可根据最初的曲线图进行自动操作。距离传感器的方式可以自动控制生产。此外，其它方法还有温度、压力转换方式，根据测出的容器内部温度，相应地增加防止包装变形的外压。但由于最适测定点不好确定以及罐内顶隙不规则，因此难于得到高的精度。实际应用时，在多种温度、压力曲线图中，选择与所用容器相适应的特性曲线进行自动操作。此外还有测定容器内压的方法，用传感器测标样或实罐顶隙压力，依此控制杀菌釜压力。具体生产究竟选择何种方法，取决于防止容器变形的难易程度。

4. 填充系统和密封性检测技术

成形容器的扩大使用以及深拉伸和钢铁箔复合等半硬性容器的出现，促进了充填密封装置和密封检测技术的发展。为了防止容器产生变形，必须开发与之相适应的充填密封装置和新的检测方法。在此介绍一种新型的充填密封方法，其简要过程如图 1-1 所示。内容物充填入成形容器后，以少量喷射蒸汽除去容器顶隙中的氧气，然后充入氮气，再进行密封。其最大的特点是用降低容器内压的办法来防止变形。该系统由发泡器、水蒸气喷头，氮气喷头等三部分组成。水蒸气由喷头吹向内容物，这样仅使内容物表面部分被加热，随后用氮气喷头进行氮气置换，除去了容器中的氧气，最后进行盖材的热封口。密封后，因内容物表面被加热产生了蒸汽，冷凝后其上方形成低压顶隙区。除了上述这种新型充填密封方法外，还有新的检测方法和装置如图 1-2 所示。包装容器的盖和底部具有因压力变化而产生可逆凹凸变化的特征。当容器完成充填、热封，内部形成低压后，用仪器检查其密封性能。测定容器底部凹罐的深度，可以判断产品减压的程度和密封的优劣。如果容器出现泄漏时，底部凹陷深度和原始状态相同，与密封正常的产品有明显区别。

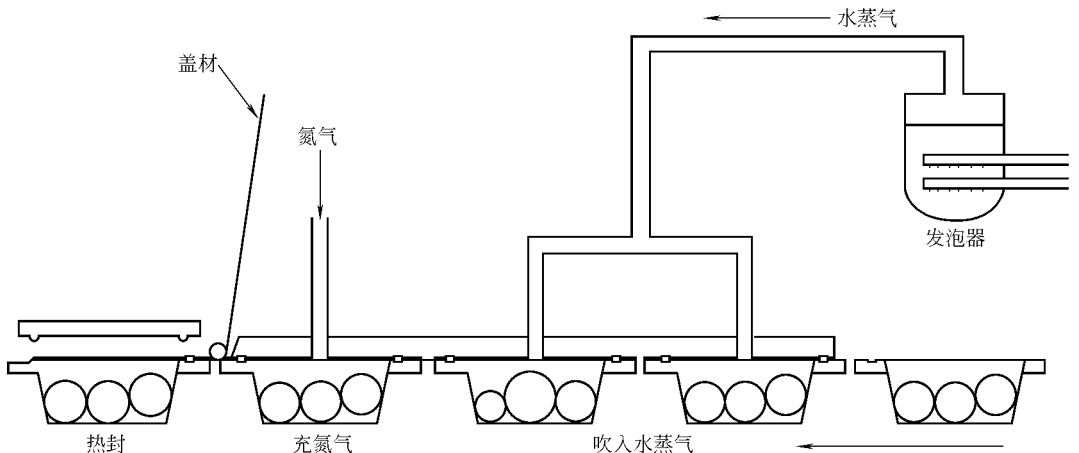


图 1-1 新型充填密封系统

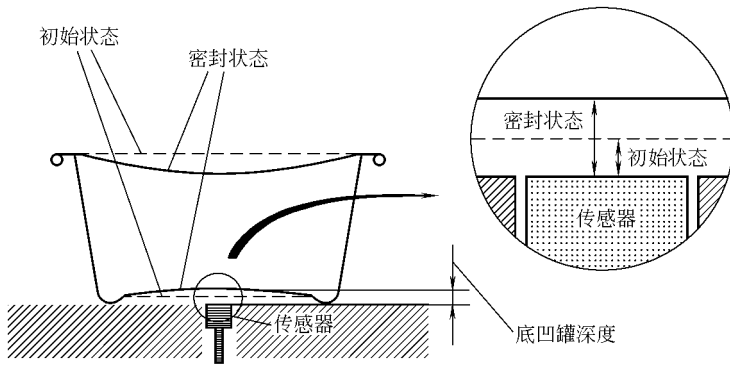


图 1-2 底部凹罐深度的测定方法

第二节 高压釜式热杀菌新设备

高压釜式热杀菌是对密封包装后的食品进行加热，杀死其中的微生物，防止产品腐败变质的杀菌方法之一。因此，所加热量必须充分传递到食品的中心部位。在一般食品卫生法的标准中，对高压釜式热杀菌食品都有如下要求，即对容器包装密封加压加热杀菌食品，其中心温度必须在 120°C 下加热保持 4min 或与此同等以上的效力。更确切地说，即测定食品的中心温度，由此计算出 F 值，必须使 F 值保持在标准值以上。这是高压釜式热杀菌的基本考虑方法。在实际应用时，作为杀菌装置必不可少的性能有加热均匀性、冷却均匀性和重现性。虽然还有其它的要害，但均匀性和重现性最重要，这是对杀菌装置最低的、必要的“基本性能”要求。所有产品在同一条件（温度）下杀菌，要求装置内各处温度必须相同。如果因为产品放置的位置不同而出现偏差，则可能造成有的产品已经杀菌充分，有的杀菌不足。

另外，通常生产时，某一品种的食品需大批量生产，反复多次使用杀菌装置。如果每次的升温、冷却时间等杀菌条件不同就会影响产品质量，因此，杀菌条件必须具有重现性。

上述两点是杀菌装置必须满足的条件。目前，已开发各种能满足此基本性能的杀菌设备。本文在此介绍食品杀菌时常用的热水式杀菌装置和目前使用呈上升趋势的喷淋式杀菌装置。

一、热水式杀菌装置

近年来，各企业开发生产了多种高压釜式热杀菌食品，而且包装容器形式多种多样。此类产品具有品种多、批量小的生产倾向，生产时大多采用间歇式杀菌方式，其中使用最多的是热水式杀菌装置。

1. 设备结构与操作

热水式杀菌装置由预先贮有热水的热水罐、装入产品的杀菌釜、热水循环泵、供水泵、各种阀门、传感器、全自动控制装置等组成（图 1-3）。

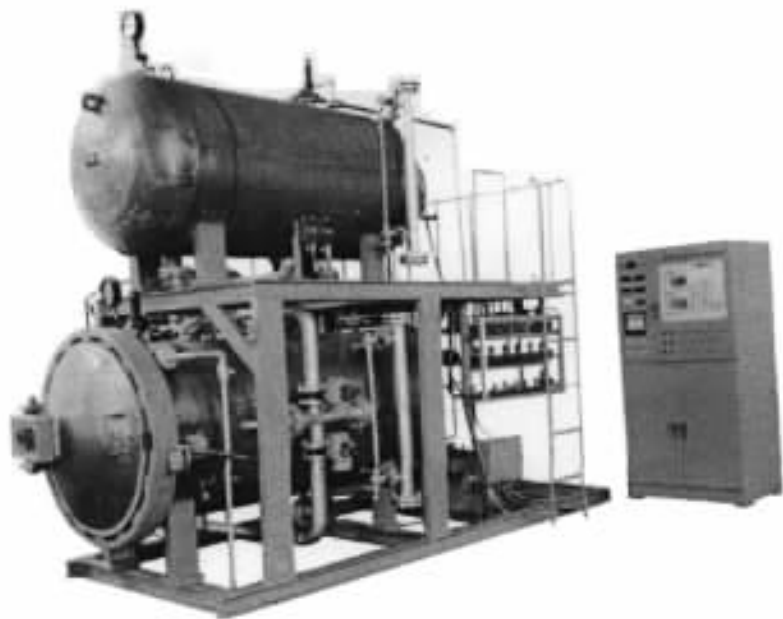


图 1-3 热水式杀菌装置

杀菌基本操作是先将热水罐中的热水送入装有产品的杀菌釜中，使产品处于热水之中，热水用泵进行搅拌循环，使产品均匀受热进行杀菌。即产品在热水中进行杀菌处理。

2. 杀菌方式和特点

由于高压釜式热杀菌食品有各种不同的种类和形态，为了更好地杀菌，开发了相应的不同的杀菌方式。在热水式杀菌装置中有 7 种主要的杀菌方式和 3 种副方式。在此简要介绍具代表性的回收式和含气式两种主方式和作为副方式的回转式杀菌方法。

回收式是与高压釜式热杀菌的理想概念“快速加热，快速冷却”最接近的方式之一。杀菌过程如下：

预备热水→装入制品→注入热水→升温→加热杀菌→热水回收→注入冷却水→冷却→排液→取出产品

从注入热水到冷却工序整个过程中，压力一直保持适当高于饱和蒸汽压，使产品在处理中不会破袋。

含气式杀菌是进行特殊的压力控制，使包装容器中含有空气的含气制品在杀菌时不变形或不破袋的一种新型处理方法。杀菌过程如下：

准备热水→装入制品→注入热水→升温（缓慢升温）→加热杀菌→循环置换→冷却（缓慢冷却）→排液→取出产品

此方法不是进行“快速加热，快速冷却”，而是“缓慢升温，缓慢冷却”的方法，压力是随着包装容器内部的压力而得到调节，因此容器不会产生变形或破袋。最近出现的用微波炉或烤箱加热食用的食品大多数就是这种含气形态的产品。

回转式杀菌作为回收式和含气式的副方法之一，它是用隔板或铝质浅盘将制品固定在

笼框中，笼框在杀菌釜中进行回转杀菌的一种方法。在热水式杀菌装置中以水为介质对制品进行加热和冷却。在包装容器内部，产品种类不同，传热的方式亦不同，内容物以黏性低的水质原料为主时，由传导和对流方式传热。固体内容物主要靠传导传热。但是，像咖喱沙司、牛奶沙司、肉末调味汁等黏稠度较高的食品，则需依靠机械的旋转力使内容物产生近似对流状态，增加传热速度，可以达到快速加热和冷却的目的，防止蒸煮杀菌过度现象的产生。

二、喷淋式杀菌装置

在高压釜式热杀菌装置中，常见的有热水式和蒸汽式两种杀菌设备，而喷淋式杀菌装置是综合了上述两者的优点而开发出来的新型杀菌设备。

1. 喷淋式杀菌装置结构与操作

喷淋式杀菌装置由装填制品进行杀菌的杀菌釜、加热和冷却循环水的片式热交换器、循环泵、供水泵、喷水的喷头、各种阀门、传感器、全自动控制装置等组成（图 1-4）。

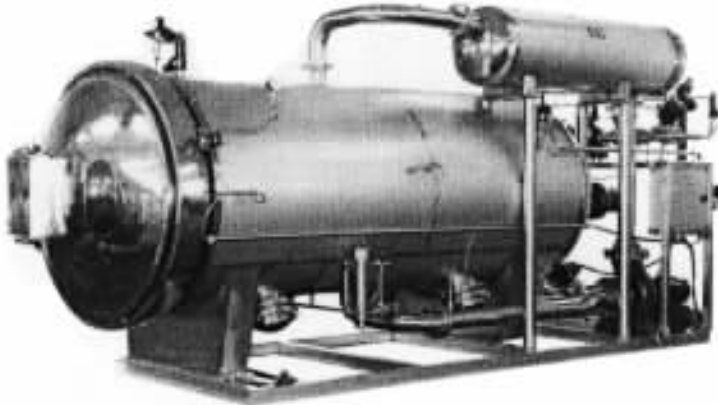


图 1-4 喷淋式杀菌装置

它的特征是仅有一个与热水式杀菌装置不同的杀菌釜，并带有能喷雾的喷头和热交换器。其杀菌作业如下（图 1-5）：

(1) 准备工序 将制品摆放在专用托盘上，然后把托盘堆积在小推车上，小车推入杀菌釜中，关闭杀菌釜的密封盖。

(2) 供水工序 将预先贮备在供水罐中的水注入杀菌釜，水积存在釜底部，此时，水不能浸没制品。

(3) 升温工序 对杀菌釜进行加压，确认处于加压密封状态后，将压力升到设定值。接着启动循环泵，杀菌釜中的水通过热交换器进行加热，热水从釜中的喷头喷出，使釜内温度升高，并对制品进行加热。

(4) 加热工序 当循环水的温度接近设定温度时，蒸汽控制阀自动调节蒸汽量，使釜内温度保持恒定。

(5) 冷却工序 加热结束时，升温、加热使用的热交换器中蒸汽被冷却水替换，冷却水对杀菌釜中的热水间接地进行冷却，被冷却的循环水和加热时一样地呈喷淋状喷向制

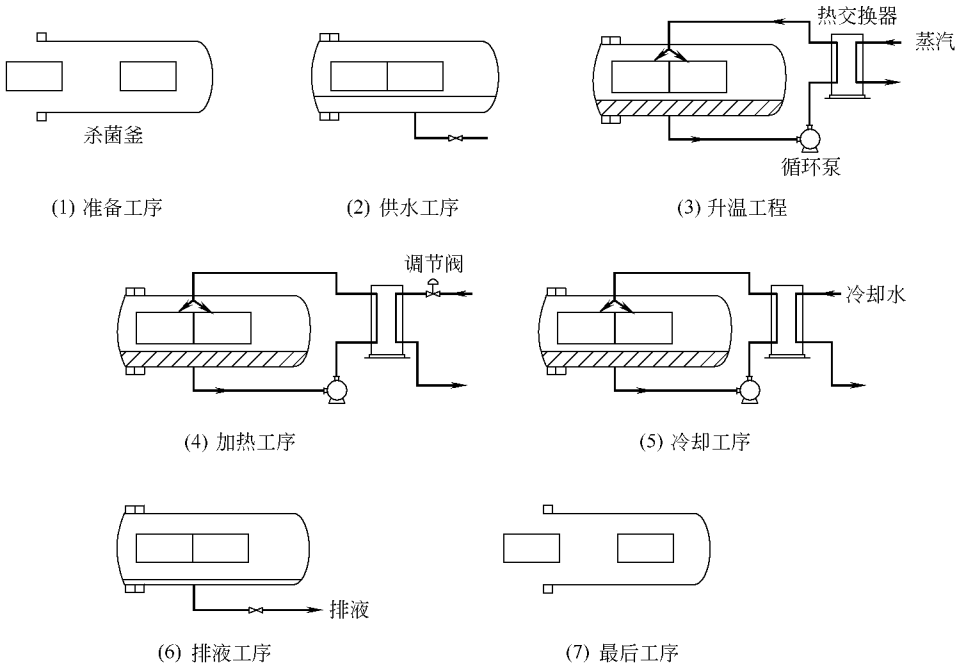


图 1-5 杀菌作业图

品，将制品冷却。

(6) 排水工序 冷却结束后，停止供给冷却水，加压将杀菌釜中的水排出。

(7) 最后工序 确认杀菌釜中温度、压力降低到正常安全值后，打开盖，推出小车，取出制品。

以上是喷淋式杀菌装置的基本操作过程。和热水式杀菌装置将制品浸在热水中不同，它是使热水以液滴状接触制品进行加热。因此，杀菌时制品的状态接近蒸汽式。

2. 喷淋式杀菌装置杀菌方式

使用喷淋式杀菌装置时有喷淋定压式和含气式两种杀菌方式。即杀菌釜中采用喷头喷射循环水，改变循环水的温度使釜内温度也发生变化，从而对制品进行杀菌处理。此时改变升温速度、冷却速度以及压力控制的方法，就分别产生了喷淋定压式和含气式两种不同的杀菌方式（图 1-6），具体如下：

(1) 喷淋定压式 最常使用的方式，一般袋状的制品杀菌时采用此方式。相当于热水式杀菌装置的回收式杀菌方式。实行“快速加热，快速冷却”原则，从升温工序到冷却工序结束一直保持恒定的压力。

(2) 含气式 除设备的操作不同外，温度控制、压力控制与热水式杀菌装置中使用的含气式方法几乎具有相同的作

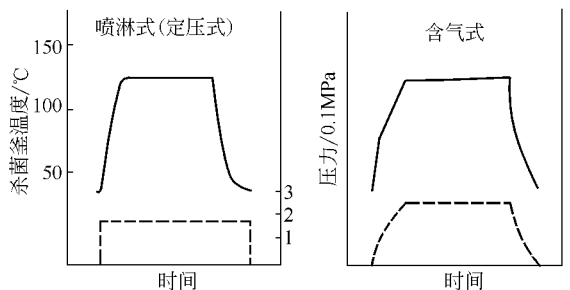


图 1-6 各杀菌方式的温度、压力变化

用。和热水式杀菌一样，对浅盘式容器等内部具有顶隙的制品杀菌时采用此方式。

3. 喷淋式杀菌装置基本性能

“均匀加热，均匀冷却”是杀菌装置的基本性能。对热水式杀菌装置，在循环水的搅拌方法上多下工夫就能具备温度分布均匀的性能。喷淋式杀菌装置是由杀菌釜中喷头喷射循环水对制品进行加热和冷却。因此，喷射的水成微细的液滴状均匀分布在杀菌釜中，不会产生温度的偏差，具有很好的均匀性。使用日本 RCS-120/20SPX 型喷淋式杀菌装置进行实验，该装置的杀菌釜直径 1200mm，釜体长度 2m，测定釜内温度分布得到图 1-7 的结果。釜内垂直方向和水平方向的温度偏差均在设计误差范围内，几乎没有明显误差。图 1-8 所示为实际生产时产品物料温度偏差及 F_0 值偏差的测定数据。从实测数据可以看到，不仅产品温度，就连 F_0 值也没有明显的偏差。因此，“均匀加热，均匀冷却”在杀菌釜直径 1600mm，釜体长度 7m 的生产型 RCS-160/50SPX 装置上也得到了验证。

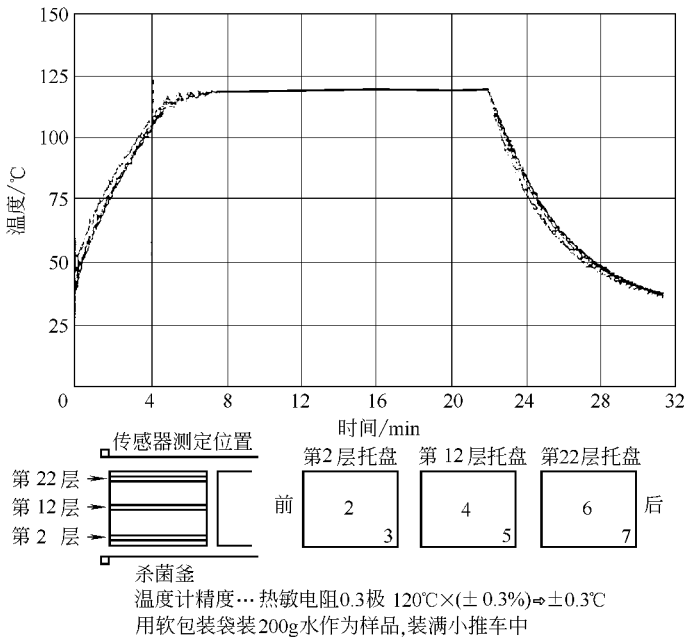


图 1-7 SPX 杀菌釜中温度分布

4. 喷淋式杀菌装置特点

喷淋式杀菌装置从外观上看只有一个杀菌釜，和蒸汽式杀菌装置相似，但从用水进行加热冷却来看，又和热水式杀菌装置类似。总之，它综合了热水式和蒸汽式杀菌装置的优点，具有如下特点。

(1) 可以用于含气形式的成形容器的杀菌 最近市场上含有顶隙的成形容器包装的食品不断增加。这些产品必须使用含气式杀菌方式进行处理，使用的含气式杀菌装置不仅仅是热水式，喷淋式也可以应用，而且喷淋式杀菌釜中压力不易波动，因此压力控制更严格。

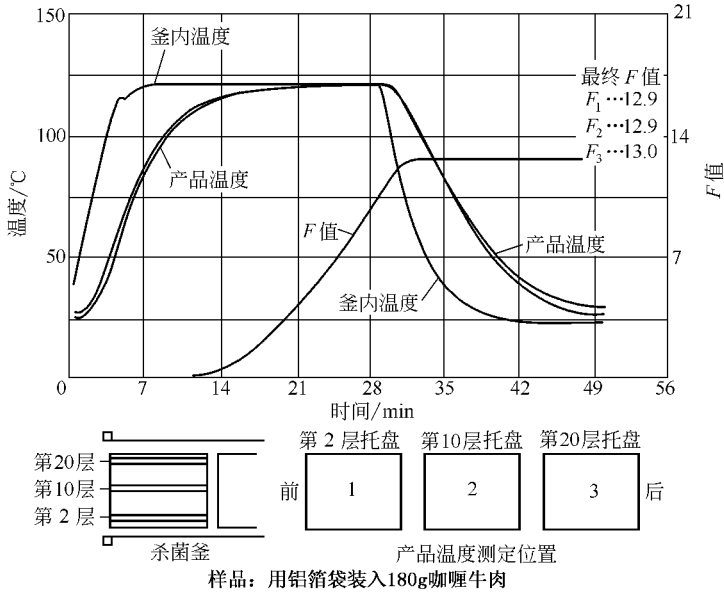


图 1-8 产品温度误差

(2) 每批杀菌单位蒸汽耗量少 热水式杀菌装置必须装满水后进行加热，需消耗大量蒸汽。而喷淋式用水量是热水式的 $1/8$ ，因此，蒸汽用量也约为 $1/8$ 。此外，喷淋式的热水还可以回收再利用，所以更省能源。

(3) 杀菌釜中各处的压力保持恒定 在满水的热水式杀菌装置中，液面和底部因液压而产生压力差，1.8m 的罐径其压力差在 0.01MPa 以上，对需严格控制压力的含气型产品会产生一定的影响。而喷淋式设备中，产品不被水浸泡，釜中压力各处均可保持相同、稳定，因此可以更严格地控制压力。

(4) 产品不受浮力的影响 杀菌釜中不是满水，因此，产品不需考虑因浮力而产生位移的问题，摆放产品的浅盘结构比较简单，也简化了杀菌前后输送产品再排列的问题。

(5) 产品 F_0 值误差小 热水式装置杀菌时，从处理开始的注水工序到加热结束的回收工序，整个供水过程中，水在釜中的进出需要一定的时间，而且此时有的产品浸泡在水中，有的没有浸泡，因此，在不同的地方易产生温度差，特别是回收和冷却水注入工序中，产品易产生温度误差，结果使 F_0 值出现误差。

但喷淋式装置杀菌时则不然，从注入适量水到冷却工序结束，此过程釜中水量没有大的变化，连续运转不会产生时间滞后问题。而且，采用热水回收系统时，时间也较短。冷却水是靠喷头一边喷射，一边输入，因此，不同地点较难产生温度差， F_0 值的波动非常小（图 1-8），可以保证产品的质量。

(6) 杀菌釜中温度反应灵敏 食品加工中，一般以 F_0 值作为杀菌条件的计算标准。实际应用时，大多采用以产品环境温度为基准，设定“多少度、多长时间”为杀菌条件。通常情况下，当设备设定温度和目标温度相同时，料温在前阶段因温差大上升较快，但接近设定温度时，上升较慢，需较长时间到达目标温度。为了避免这种情况，一般采用超过目标温度 $2\sim 3^\circ\text{C}$ 的设定方法，当料温升到目标温度后，立即将设定温度调回到目标温度，这样可以大幅度缩短处理时间。

热水式杀菌装置用此方法时，因循环水量较多，当到达物料温度后，釜内环境设定温度很难调回到目标温度，料温往往会超出目标温度。喷淋式杀菌装置则不同，因循环水的量只有热水式的 1/8，提高了温度反应的灵敏性，釜内环境温度比较容易随着设定温度而变化，因此，可以采用过调量的方法来控制。

(7) 提高了产品的安全性 在冷却工序结束之前，循环水中不会混入新的用水，因此，循环水自身已被杀菌，这对药品类产品特别有利，药品杀菌不仅是容器内部物料，容器外部也被灭菌，因此，处理后，产品可按原状直接送到无菌室，进行外包装的处理。另外，蒸汽不直接进入杀菌釜内部，所以不会出现铁锈等污染产品的问题，这些优点使产品的安全性得到进一步的提高。

(8) 杀菌装置结构小巧、重量轻、噪音低 和蒸汽式杀菌装置一样，只有一个釜体，占地面积少，结构非常小巧。因釜中不需灌满水，所以在顶棚低或二层以上的建筑物中也能安装。此外，循环水和加热蒸汽不直接接触，因此运行噪音低。

5. 热水式和喷淋式杀菌装置的比较

虽然喷淋式设备具有许多优点，但和热水式全面比较后，也有几点不足之处。如很难采用回转式方法进行杀菌。因没有浮力的影响，产品不需牢固地固定在托盘上，一旦出现移动，易产生针孔。因此，像软羊羹、牛奶沙司等必须采用回转式杀菌的食品不适合使用喷淋式设备。产品因自重太重，使得容器底部出现与托盘局部形状相似的痕迹，还有因包装材料太软，且内容物较重致使容器变形，这些产品也不适宜选择喷淋式杀菌装置。如 PP、PE 材料做成的输液瓶在高温下易软化，耐不住内容物的重量而变形，这些产品杀菌时需要特殊的托盘。因结构和性能的原因，产品装填量与筒体直径相同的热水式设备比，减少了一些装量。这是因为釜内喷头需要一定的距离，且为了均匀冷却，托盘和托盘之间有较大距离之故。表 1-1 所示为两种杀菌装置性能的对比如果，表 1-2 所示为大小相近杀菌釜对比数据，从中可以看出二者的优劣状况，根据不同的使用目的进行设备的选择，喷淋式设备的出现，为人们增加了一种选择。

表 1-1 杀菌装置性能的比较 (1)

项 目	热水式	喷淋式	备 注
温度均匀性	○	○	两者相同
运转的重现性	○	○	两者相同
含气式,定压式	○	○	两者相同
压力均匀性	较好	好	水深不同处有较小的压力差(热水式)
回转法的效果	好	差	因产品位移造成破损的可能性大(喷淋式)
F_0 值的误差	小	非常小	冷却时没有时间滞后问题(喷淋式)
产品的安全性	高	非常高	循环水被杀菌(喷淋式)
产品装填量	多	略少	托盘的间隙必须多(喷淋式)
蒸汽消耗量	多	少	喷淋式热水用量是热水式的 1/8
大小(高度)	高	低	喷淋式不需要热水罐
机体重量	重	轻	喷淋式不需要热水罐
运转时噪音	高	低	热水由热交换器间接加热(喷淋式)