

乳制品企业 CIP 环节关键控制点的确立

某工厂设备维护保养时自动阀切换延迟,导致管道内少量清洗用食品级碱水渗入流水线上的牛奶。据有关专家分析,“碱水牛奶”的问题很可能出现在生产管道的 CIP 清洗环节。目前食品企业在 CIP 环节通常采用氢氧化钠作为碱性洗液。氢氧化钠俗称烧碱,火碱或苛性钠,属于强碱,有强烈的刺激性和腐蚀性,如果混入牛奶喝下,会对食道和尝味道造成腐蚀性损伤,对儿童的伤害尤其严重。

由于 CIP 并不是生产乳制品的直接工序,目前多数食品企业将 CIP 的控制纳入前提性方案(OPRP)或卫生标准操作程序(SSOP)。但“碱水牛奶”以及此前的“含氯可乐”等事件都暴露出食品企业管道清洗环节存在着较大的安全风险,特别是清洗后对管道内残留化学物质的监测,应引起有关食品企业的高度重视。目前国内部分乳制品企业 CIP 过程操作不规范,记录不完整,更增加了 CIP 环节引入化学危害的风险。因此,将 CIP 环节监控升级为 HACCP 体系中的关键控制点是一个值得推荐的策略对全品环节引入的风险降低至可接受水平。HACCP 体系完整的监控、纠偏及验证措施可将 CIP 环节引入的风险降低至可接受水平,有效保证乳制品等相关产品的安全。

一、CIP 的原理和流程

CIP 的全称是“Cleaning in Place”,中文称“原地清洗”或“在线清洗”。CIP 技术和设备的发展始于 20 世纪 50 年代乳制品企业的加工过程。CIP 的定义为:大型设备、管线或系统,在原安装位置不作拆卸及移动的条件下的清洁作业(故又称为“原地清洗”),能极大地减少人工干预和清洗设备的时间。目前 CIP 的种类包括超声波清洗、干冰清洗、高压水射流清洗、化学清洗等。目前国内乳制品企业常用的是化学清洗,即利用化学清洗剂溶解污垢的作用、水的溶解及冲刷作用、温度作用,对容器及管道内表面进行清洗,以除去

残余产品、蛋白质、脂肪、有机及无机盐类和容器表面的微生物。一般 CIP 的清洗流程包括：水冲洗—碱液洗—水冲洗—酸液洗—水冲洗—杀菌等多个步骤。除了上述清洗流程，一些企业也根据清洗对象和清洗频率的不同，省略酸碱清洗步骤，采用碱清洗、酸清洗或热水清洗等简易步骤。在洗涤剂的选择上，碱液通常为 2%~4% 的氢氧化钠。酸液通常为 1%~2% 的硝酸、磷酸或柠檬酸。以深圳某乳制品企业为例，其超高温灭菌设备的 CIP 参数如下：

清洗碱液：氢氧化钠（2.0%~2.5%），清洗酸液：硝酸（1.5%~2.0%）

中途清洗：预冲洗—碱循环（137℃）—冲洗

完全清洗：预冲洗—碱循环 1（137℃）—冲洗—碱循环 2（85℃）—冲洗—酸循环（65℃）—冲洗—杀菌—最后冲洗

在连续生产乳制品 8 小时后，企业对灭菌设备进行一次中途清洗，再过 8 小时后，进行一次完全清洗，如此交替进行。

二、CIP 工序的危害分析

从上述例子可以发现，如果企业未严格按照 CIP 程序进行操作（比如漏掉最后的清水冲洗步骤），或发生设备故障等问题（比如“碱水牛奶”事件），就可能导致强酸强碱的残留。在“中途清洗”的方式中，如果碱循环之后的热水冲洗不充分，也可能导致碱液残留。本文根据 HACCP 体系危害分析的原理，对该企业 CIP 环节的危害分析如下：

表 1 超高温灭菌牛奶 CIP 危害分析工作表

公司名称：XXX			产品描述：超高温灭菌牛奶		
公司地址：			储存和销售方法：常温储存，超市货架销售		
			预期用途和消费者：普通消费者		
加工步骤	潜在危害	是否显著	判断依据	控制措施	是否 关键控制点
CIP 清洗	生物的：清	否	经过强酸		

洗不充分，微生物残留并繁殖		强碱清洗，微生物残留存活概率较小；后续有杀菌工艺		
化学的：强碱、强酸残留	是	未充分冲洗或操作不当会导致洗液残留。	监控相关清洗设备及管道洗液的酸碱度或电导率	是
物理的：无				

通过危害分析工作表，我们可以发现该企业在 CIP 环节存在显着化学危害，而且该危害不能通过后续工艺流程消除，必须在 CIP 环节制定控制措施，是一个关键控制点。

三、基于检查酸碱度的 HACCP 计划

经上述危害分析，该企业需要对“强碱、强酸残留”这一显着危害制定控制措施。目前，许多乳制品企业通过检查 CIP 最后一个步骤洗液（通常为热水）的酸碱度来确保没有强酸强碱残留。因为极少量的强酸强碱残留都将引起管道内液体 pH 值的剧烈变化，所以企业可在 CIP 结束前用 pH 试纸或 pH 计检查洗液的 pH 值。若其 pH 值在 6.5 ~ 8.5 的区间内（国家生活饮用水标准），即可判定管道内已无强酸强碱残留。也有一些企业采用酚酞测碱及甲基橙测酸的定性试验，若试液没有变红则证明管道内洗液非强酸性或强碱性，可以结束 CIP 开始产品生产。

表 2 是一个基于检查酸碱度的 HACCP 计划模板。

四、基于监测电导率的 HACCP 计划

除了上述检查酸碱度的方法，监测洗液的电导率是一个更加新颖和方便的方法。电导率是溶液传导电流的能力，通常情况下溶液的电导率与其离子浓度成正比。电解质溶液在一定

浓度范围内，其电导率与溶质质量百分比成线性关系。溶质浓度小于 10%时，溶液电导率对其浓度的变化尤为敏感（图 1），这使利用电导率来监测溶液浓度十分方便。目前商业化

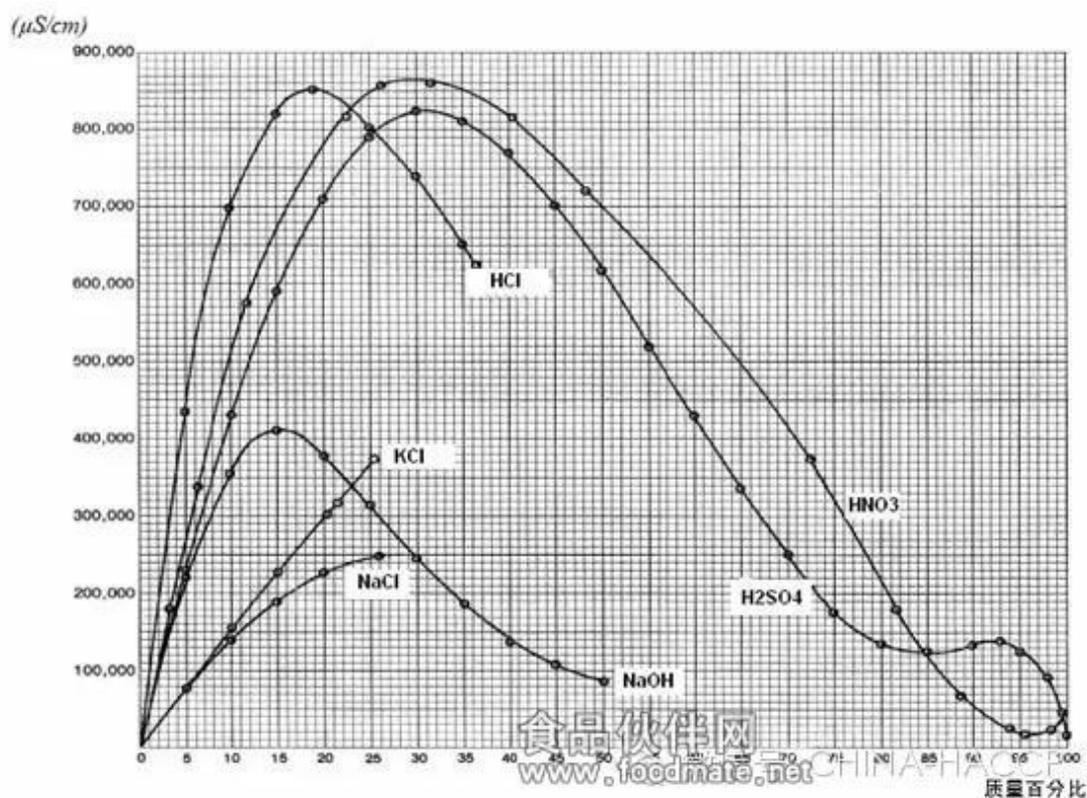


图 1 常见电解质溶液电导率与浓度对应关系 (ICTechnical Note., 2005 Issue 4-1)

的电导率探头及显示装置已经较为普遍。在使用 CIP 清洗的乳制品企业中，不但可以利用电导率探头监控酸碱洗液的浓度（强度）以保证清洗效果。另一方面，因为强电解质溶液和纯水的电导率差别很大（图 2），因此 CIP 从酸碱洗液转为清水冲洗时，管道中洗液的电导率会迅速下降至极低的水平，监测电导率就可以准确把握结束 CIP 的时间点，实现 CIP 时间最小化，节省大量清洗用水，同时保证冲洗充分和后续产品的安全。

表 3 是一个通过监测电导率控制 CIP 风险的 HACCP 计划模板。

因我国生活饮用水标准未制定电导率这一指标，本文采用了欧盟饮用水标准 98/83/EC 中的电导率指标作为关键限值（CL）。操作限值（OL）则可视企业具体情况设定，比如使

用净化水或过滤水清洗的企业应适当地将 OL 调低。我国瓶装饮用纯净水标准 (GB 17323-1998) 中电导率的限值为 $10\mu\text{S}/\text{cm}$, 一般自来水的电导率为 $1250 \sim 1500\mu\text{S}/\text{cm}$ 。另外 , 因为电导率和温度强烈相关 , 所以使用热水进行最后

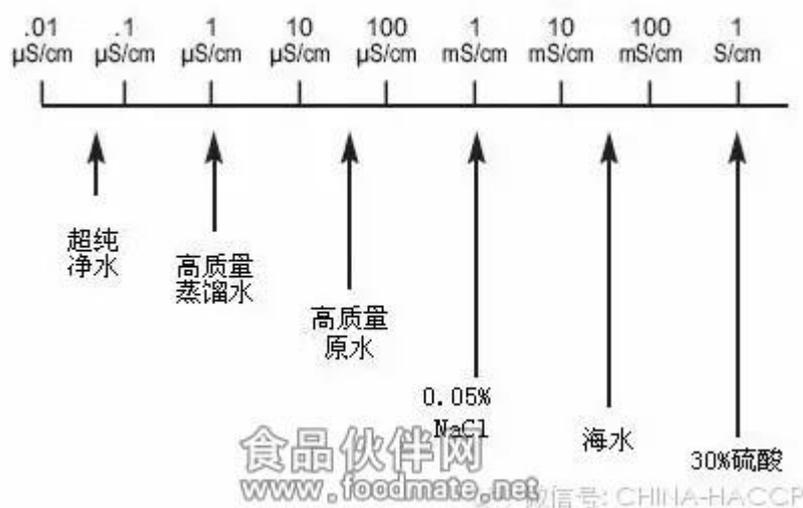


图 2 不同溶液 (液体) 的电导率差异 (RosemountAnalytical Inc., 2010)

冲洗的企业必须考虑到温度补偿因素。如表 3 中的 CL : $2500\mu\text{S}/\text{cm}$ (20°C) , 假定企业使用 85°C 热水 , 根据水的温度补偿斜率 $2\%/^\circ\text{C}$, CL 应改为 : $2500 \times [1 + 2\% (85 - 20)] = 5750\mu\text{S}/\text{cm}$ 。