



白皮书: 乳品工厂

乳品工厂 次级工艺过程的 泵与系统

用于乳品行业的输送、调温、配量和消毒技术

GRUNDFOS iSOLUTIONS



目录

乳品厂需要的不仅是乳品泵	2
一站式服务理念	2
超大型乳品厂需要性能特别强大的泵	3
状态监测: 连续监控	3
用于膜技术的泵	4
取水和水分配领域的二级泵	5
调温工艺过程中的二级泵	5
清洁	9
污水和废水处理中的二次泵	10
能源检查和泵审计	11
格兰富在乳品行业的目标设定	11

乳品厂高度依赖泵和系统——因为几乎所有生产工艺过程都涉及到借助泵取水、水处理和水输送。此外，泵还安装在清洁、冷却和温控回路中。通过与格兰富这样的工艺泵专家合作，乳制品可以减少能源消耗，提高效率和有效的水处理，并进一步完善流程。

责任
远见
创新

be
think
innovate

格兰富
GRUNDFOS



乳品厂需要的不仅是乳品泵

通常情况下，乳品厂核心工艺过程是由设备施工方作为总规划方（原始设备制造商/设计采购施工总承包）设计和建造的。项目承包商通常也会在泵的使用方面做出建议和决定。但是，最终取决于乳品厂对泵供应商的选择。

该结构形式的适用范围是很有意思的。单级离心泵通常应用于“乳品输送”和“乳品处理”这两个工艺阶段——高效的标准泵通常应用于巴氏杀菌过程——容积泵也用于生产诸如酸奶或酸奶油之类的培养制品。计量泵在CIP（就地清洁）回路中工作（其只计量必要量的清洁剂——这在保证高计量精度的同时节省了成本，并将清洁所需时间和水需求降至最低程度）。

乳品厂使用的泵原则上可分为两类：

- 用于乳品本身和所有直接与乳品接触的介质的卫生泵（用于低粘度产品的离心泵、用于实现柔和处理以及高粘度产品的容积泵、用于高含气量的液环泵）。
- 用于诸如预热、冷却、（废）水处理和清洁工艺过程（“次级工艺过程”）之类用途的辅助泵。

一站式服务理念

格兰富不提供卫生泵，而是专注于次级泵产品。对于次级工艺过程，公司提供了全面的产品品类，在广度（设计多样性）和深度（材料多样性、性能等级）方面都是独一无二的。正是其一站式服务的理念，为经常使用多个此类辅助循环的用户简化了选择。产品品种齐全，涵盖了几乎所有工业核心工艺过程的解决方案：

- 原水取水：用于抽取地下水、海水脱盐和取地表水的泵。
- 水处理：通过反渗透技术处理工艺用水；通过计量单元对添加剂进行测量、分析和投加。
- 供水：用于向建筑物、工艺过程和系统供水，并提高压力。
- 工业废水：对在排放前必须处理的废水或部分回收再用于工业过程的废水进行处理
- 介质输送：输送含固体并对工艺过程起辅助作用的液态和高粘度介质
- 冷却和温度控制：输送经调温处理的介质和冷却液，用于必须恒温的工艺过程。
- 锅炉给水：为必须加热的下游工艺过程输送热水和粘性介质。
- 清洗系统：酸性和碱性清洁剂的计量和分配
- 氯、次氯酸钠和二氧化氯为基础的消毒技术

超大型乳品厂需要性能特别强大的泵

乳制品行业的发展——基于日益复杂的技术，新鲜乳品、奶油和乳脂制品的供应量呈不断增长之势，同时伴随着明显的市场整合（公司数量减少，其它公司也在成长），这也影响了对所安装泵的要求：越来越多的大型乳品公司需要性能更强大的泵。



数字化在乳品行业也有着明确的经济目标：以稳定的工艺过程控制为基础，保证质量和效率，并结合设备的可用性和灵活性。

CR结构系列的多级高压泵在乳品厂运行（右图，换热器应用）。



乳品厂 CIP 应用中的 DME 计量泵。

格兰富在新技术开发和持续技术开发方面有一系列的突破，并凭此满足乳品行业的需求和期望。对于更高的性能需求，CR型高压离心泵的最大输送流量可达240m³/h，并且压力可达50bar。与市场标准相比，其效率高出了5到10个百分点。对效率和灵活性具有重要意义：所有规格均可配备高效率MGE电机，并且电机集成有变频器，以实现转速调节。根据工艺过程所要求的性能对转速进行调整，这明显节约了成本。一个重要的方面在于，能源效率已经成为乳品加工企业的决定性因素。

状态监测：连续监控

所安装泵的可用性也是重中之重。有了可选集成的预测监测系统（“状态监测”），CR泵为乳品行业的经营管理者提供了更高的安全性。“Grundfos iSolutions Monitor” (GiM) 可跟踪受监测泵的运行状态，并识别诸如轴承损坏、不平衡或水锤之类可能的故障，还能发现诸如干运转、气蚀之类难以记录并可能严重损坏泵的情况。

这是一个基于多功能传感器的监测系统，并且在泵上有一个本地显示屏，SCADA数据采集与监视控制系统集成到工艺过程控制系统和可选的云端连接上。基于人工智能 (AI)，多功能传感器可通过智能模式识别功能及早发现可能导致泵停机的故障情况。这样，经营管理者便可根据运行情况在适当时间安排维护。GiM适用于所有CR泵，并且还可以加装。

其与市场上其他产品的主要区别在于，GiM能准确提示系统错误，而非仅提供数据图表；经营管理者能及时获得清晰的监测结果。另一个区别在于，GiM不仅仅可以通过跟踪泵的振动来发现轴承的磨损问题，还可以提供更多的故障预测功能。

大多数泵停机是由于工艺过程故障造成的。例如，干运行可能很快导致轴封的损坏。该设备不仅监控泵能否正常工作，还可监控导致系统和泵性能不佳的所有因素。

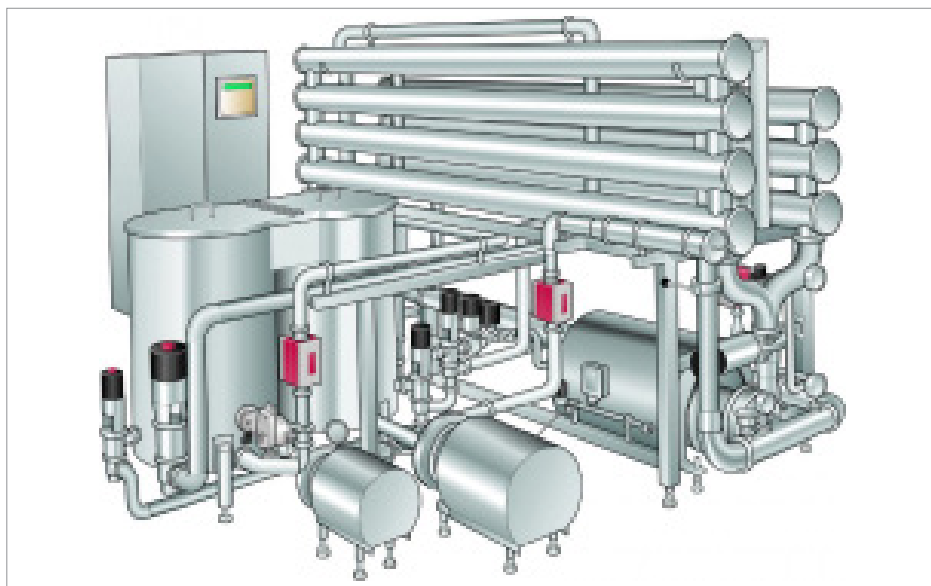
为了细化和扩展其监测方面的服务，格兰富与数据分析公司Augury达成战略合作伙伴关系。Augury是一家数据分析公司，也是机械设备人工智能诊断解决方案的提供商。其一项具体落实便是“Grundfos Machine Health”解决方案（机器状态诊断）。GMH系统借助电池供电的无线传感器来监测工业和水管理领域的泵和系统。以这种方式生成的传感器数据将被传输到格兰富的云平台；将借助由Augury提供的全球最大声学机器信号数据库对算法进行分析，并识别最轻微的振动、温度波动和不断变化的耗电量（通过磁场监测）。及早发现异常可延长使用寿命并提高泵的效率。具体而言：Machine Health解决方案保证能将生产力提高75%，将维护成本减少30%，并将耗电量减少20%。

乳品是天然健康的。“Grundfos iSolutions Monitor”监测和“Grundfos Machine Health”解决方案确保了泵也是“健康的”。

用于膜技术的泵

膜技术为乳品行业带来了革命性的变化，20世纪70年代以来，膜技术已经成为一种成熟的分离工艺，其应用范围如下：

- 反渗透 (RO, 30 至 40 bar)：从液态乳、乳清、UF 渗透液中分离水
- 纳滤 (NF, ≤ 20 bar)：从液态乳、乳清或 UF 渗透液（部分脱盐）中提纯
- 超滤 (UF, ≤ 10 bar)：提纯液态乳，液态乳和乳清中蛋白质，以及液态乳的蛋白质标准化，这里的液态乳是指，例如：用于制作奶酪和酸奶的液态乳
- 微滤 (MF, 0,5 bis 1 bar, 也被称为冷巴氏杀菌)：消杀细菌，分离大分子



CRN 泵可用于膜工艺，如用于乳品的 RO 反渗透过滤（例如：乳清/脱脂奶），尽管这些泵不是按照“卫生设计”进行设计的。

CRN结构系列的多级高压泵可用于诸如反渗透之类的膜工艺，包括乳品（例如：乳清/脱脂奶），尽管这些泵不是按照“卫生设计”进行设计的。

大部分情况下，乳品的加工温度为大约10°C至50°C。过滤系统通常会补充一个集成在内部回路中的简单冷却系统，其用于抵消运行过程中出现的轻微温升，并保持恒定的加工温度。

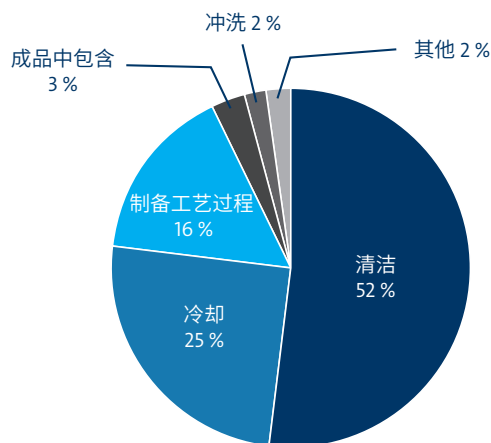
实例 1: CRN 空气冷却头始终保持头道工序处于冷却状态

Milch-Union Hocheifel (MUH) 为全球客户提供高质量乳品——其中就包括超高温灭菌乳品。如果是间接工艺，则大型换热设备中的循环热水将通过分离壁将所需热能传递给产品。问题在于，乳品成分将随时间的推移沉积在换热设备上，并进而导致传热系数不断变差。因此，还必须不断将热水温度调高，以便能始终保证所需的产品温度。

热水泵在这个调节回路中起到核心功能的作用，因为其必须根据当前传热系数提供不同的输送量。解决方案：一台空气冷却头结构系列的泵。无需外部冷却，也无需辅助介质的额外工作，如果采用这种泵，普通机械密封的使用寿命将明显延长。而且将泵集成到超高温灭菌设备的现有自动化技术中同样具有可行性，而且没有任何问题，CRN机组的转速将通过外部变频器调节。

取水和水分配领域的二级泵

乳品厂需要大量的水，这些水均来自水井或市政供水。因此，也面临着以下挑战：乳品生产的水需求通常波动很大——通常需求短而密集。因此，需要使用大型压力容器或转速可调的增压设备 (DEA)。



乳品厂里有大量的水被用于清洁和制备目的；平均用水量在 0.6至1.8 升/升奶之间。饮用级别的新鲜水最多98%。

通过技术解决方案，例如：节约用水（“水优化”）、工艺过程用水的回收再用、CIP 清洁工艺优化和水损失最小化，将现代乳品厂的耗水量降低。

格兰富的可用技术：

- SP泵（为深井潜水泵将水从水井中泵出）。泵使用的挑战：根据具体来源，泵的NPSH值（涉及吸入端和压力比例）在选型时起着重要作用。此外，水井有最大取水量限制的，因此在对泵进行尺寸设计的时候也要考虑这一点。
- NB(E) / NK(E)（标准和刚性连接泵将水输送到缓冲容器中）。
- CR(E)/CRN(E)（用于增压的立式高压泵；特殊配置：带法兰接口的CRN，依照DIN11853-2标准，不锈钢 AISI 316(1.4401) 并且表面粗糙度更低（选项：电抛光处理，表面粗糙度 $\leq 0.8 \mu\text{m}$ – 但不是卫生泵）。
- DEA（增压设备，例如在一个缓冲容器的后面）。

备注：EN 1935/2004（关于食品接触材料的规定）在法律层面不作强行规定，但有时会有这方面要求。可为部分产品派生型提供相应证书。



SP系列深井潜水泵早在1965年就已经成为公司在设计层面的一项里程碑之作。



格兰富为需要高效且可靠地输送大量水的应用研发了NB和NK系列。



乳品厂的水需求通常是有波动的。其需要大型压力容器或者使用转速可调的增压设备(DEA)，并且设备上配置有CR系列的高压泵。

水处理

乳品生产所用的水必须非常清澈，无异味、无色、无味，是软水并且几乎无菌。

CIP 工艺过程最后一步（冲洗）中所使用的水必须符合饮用水要求。乳品工业中，技术上蒸汽不仅作为传热介质，而且在灭菌和巴氏杀菌过程中被用作消毒剂。此处与产品的直接接触并不少见（例如：超高温灭菌奶）。这种情况下，水必须同时满足饮用水和锅炉制造商的要求（例如：硬度）。水处理第一阶段是过滤——从简单沙滤器到不同形式的膜过滤（超滤、纳滤、反渗透），直至活性炭过滤器和离子交换器。

所有这些技术中，过滤时出现的压降必须通过泵来抵消。例如，通过将增压设备 (DEA) 和多台高压泵 (CR) 串联。

水回收再用

水回收再用是乳品厂的一个重要主题。这不仅是一个“绿色议程”的主题，也涉及到经济方面：有时候，水回收再用减少了加热和冷却需求，并从而降低了所需的锅炉容量和泵功率。如果进行水的回收再用，则将相应降低废水量，从而减少弃置处理成本。

作为可持续战略的一部分，格兰富不仅在节约新鲜水给水方面有丰富经验，例如：水处理方面。公司还开发了简单的综合性解决方案，实现了安全且高效的水回收再用。其中，反渗透 (RO) 已证明是一种成本适宜的乳品厂废水回收再用处理工艺。

就地清洁设备 (CIP) 已成为大部分乳品厂的标配。由于CIP设备的水需求往往占乳品厂总水需求的50%左右，因此在节水和水回收再用方面潜力巨大。

- 冲洗水的临时储存和多次使用（通过测量电导率和浊度，优化识别已用冲洗溶液的可回收再用性；除了清洁剂之外，还可以回收热能）。
- 冲洗过程中定期供水，而不是持续供水。
- 如果使用反渗透系统进行水处理，只要排出的水质量足够好，就可以供给CIP设备使用。

计量泵和计量套件

水处理的时候通常会用到一些化学介质，这些化学介质将被添加到待处理的水中（例如：需控制pH值时）。并且，计量的方法、添加的物质以及混合的速度将对处理结果起到决定性作用。其既能实现处理目的和经济效率，并且能将不希望有的反应副产物和残留物降至最少程度。

格兰富提供采用特殊驱动方案，即步进电机技术的隔膜计量泵(Digital Dosing)。作为派生型，还提供带转速可变步进电机或伺服电机的计量泵(Smart Digital)。

由于使用了步进电机，数字式计量泵实现了最大1:3000的调节比。



步进电机技术意味着什么，其为经营者带来了哪些优势？传统采用紧凑设计的计量泵通过冲程长度调整和/或计量暂停进行计量，而 Digital Dosing 数字计量泵则始终以满冲程长度工作。计量仅通过调整挤压冲程的速度来改变。

使用步进电机之后，数字计量泵实现了最高 1:3000 的调节比（这比传统计量泵大了 30 倍！）。这样，一种模式便覆盖了极高的性能范围（例如：7.5至0.0025 l/h），并从而减少了产品和备件的种类。

另一大优点是低脉动和均匀计量。这样，就可实现明显高得多的工艺质量，并且可以不需要下游混合工段。

最后，格兰富提供了齐全的配件品种，以满足从计量容器到喷射点之间的一切需求（“计量套件”）。

实例 2: 数字计量技术优化了 CIP 清洁工艺

根据瑞典乳品公司 Milko (如今的 Arla Foods) 在生产方面令人满意的经验，在 CIP 清洁回路中安装了四台 DME 泵，其对 CIP 清洁工艺过程所需的酸碱进行最佳的计量。

特别让客户负责人信服的是数据输入方面：正是因为有了 DME 计量泵，传统计量泵需要逐步接近所需计量的操作方法已成为了过去。由于操作面板对用户友好，并且提供了多语言用户界面，而且只有五个操作步骤，员工只需输入所需计量量就可以了。而泵则负责剩下的工作，并均匀且精确地计量添加剂。

另一个优点在于防汽穴模式，有了这种模式即使是更高粘度的添加剂和液体也可以使用此泵。将最大抽吸冲程速度降至 75、50 或 25%，从而让计量头达到最佳填充水平，即使是高粘度介质也能正确计量。

消毒技术

计量泵在消毒的时候也起到了决定性作用。乳品厂里的常见消毒剂或者技术包括：

- 过乙酸 (PAA): 一个缺点便是设备里的气味 (不是产品里的气味)
- 二氧化氯 (ClO₂): 介质扩散方面也取决于本地法律规定。
- 次氯酸钠/现场生成 (电氯化)：将用于对冷凝水中的细菌进行灭活。如果是其他应用，则关注重点是诸如氯酸盐之类消毒副产物 (DBP)。
- 过氧化氢 (H₂O₂): 5 到 20% 浓缩物，用于 CIP 应用。
- 紫外线辐射 (也用于空气和包装表面的消毒)
- 臭氧 (例如：用于冷凝水)
- 温度：主要用于巴氏杀菌设备，需要高温水；也用于 45°C 下在 CIP 中将脂肪溶解

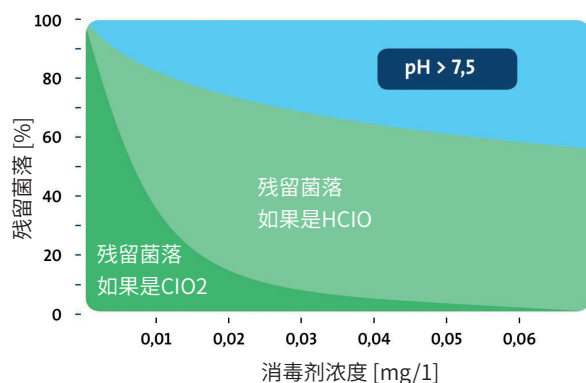
将在哪里消毒？根据水源和冷凝水的质量可能的过滤等级，还用于处理 CIP 水、清洁水、冷却塔用水，最后还将用于冷却水。

格兰富始终采用最合适工艺的产品解决方案 (Vaccuperm 搭配氯工作，Selcoperm 搭配次氯酸工作，Oxiperme 生产二氧化氯)。许多情况下，Oxiperme 在处理上有着诸多优势，成为首选方案。



格兰富的 Oxiperme Pro 消毒设备是用来制备和计量用于饮用水、生活用水、冷却水和废水消毒的二氧化氯的设备

二氧化氯通过不可逆氧化破坏活性细胞中的运输蛋白来杀死水中的微生物。与其它杀菌剂相比，二氧化氯是一种更有效的消毒剂，可以对抗各种细菌或杂质，如病毒、细菌、真菌和藻类，因为它具有高氧化还原电位，例如高于氯的氧化还原电位，这意味着需要使用的化学品更少（符合欧盟饮用水指令中的最小化要求。即使是耐氯细菌，如军团菌，也可以用二氧化氯可靠地杀死。



效果图——二氧化氯和氯在pH >7.5 时的消毒效果对比。

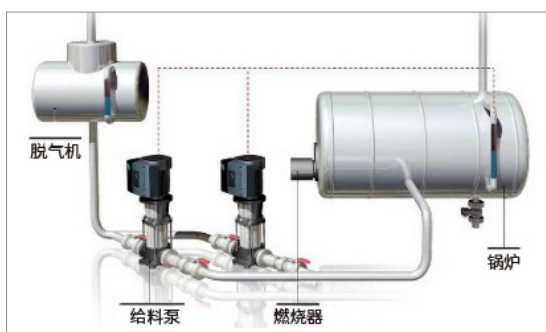
调温工艺过程中的二级泵

蒸汽锅炉

热会用于乳品加工，也用于清洁目的(CIP)或设备的蒸汽灭菌。很多情况下，产品必须先加热进行特别处理，然后再将其冷却下来。其中一个例子便是巴氏杀菌：冷却了的液奶从4°C加热到72°C的巴氏杀菌温度，并保持该温度15秒，然后再让其冷却至4°C（当然，液奶经过巴氏杀菌之后，其热量将通过换热器用于加热冷的液奶——这样可以节省加热和冷却能量）。

以高压力和高温进行蒸汽锅炉给水，这是对泵提出的严苛要求。频繁开关操作会造成给水泵（CR结构系列）的额外负担。乳品厂通常采用低NPSH的特殊规格，即使在入口高度不利或预压力较低的情况下，也能可靠工作，并且不产生气蚀。该泵还可提供空气冷却轴密封腔，以防止机械密封因高温而损坏（CR Air-cooled Top规格，输送介质的温度可达+180°C，并且不需要复杂的外部冷却）。

建议：传统锅炉给水设备有一个调节阀、一个旁通管——而且大部分是采用过尺寸的泵。格兰富开发了一种不需要调节阀的锅炉给水方案。其大大节省了安装时和运行过程中的能耗。这种直接的给水方案，让设备成本更低，并且每年可以节省大约60%的运营成本。



锅炉给水设备配备有不含调节阀并且转速可调的泵。

冷却技术

最终产品的处理和存放必须采用持续冷却方式进行。所以，即使乳品厂暂时停产或放慢生产速度，至少有部分冷却系统仍保持开启状态（每周七天全天候 24 小时运行）。因此，优化冷却系统能效，并能灵活调整输出便尤为重要。

建议:为此，也可以借助可调速的 CR 泵在能效方面优化设备。一个更小的主循环泵，与每个冷却单元安装一台小泵用以替换控制阀的结合方案。主循环泵可采用恒压控制，各个制冷单元的循环泵可采用恒温控制。优点：转速可调的泵比电机驱动的电动阀反应更快而且更平稳。取消节流阀后可以减少压力损失，节约能源，并从而节省成本。

清洁

清洁工艺过程在乳品厂里是不可缺少的。

- 开放式设备清洁 (OPC): 设备、地面等的外部清洁，采用以下标准步骤：预冲洗、擦洗、起泡、消毒（可选）和冲洗。
- CIP: 工艺设备、管道等内表面的清洁，无需拆卸。
- 包装清洁: 有特殊要求，例如：用诸如H2O2和PAA之类的消毒剂对巴氏杀菌乳或超高温灭菌乳进行无菌包装，然后用无菌水冲洗。

需要耐化学腐蚀的增压泵（典型为 20 至 40 bar，最高可达50或80bar）。



每个乳品加工厂都需要大量的水用于冷却、加热、清洁、生成蒸汽，也用于产品直接加工。

卫生泵主要用于乳品厂的CIP清洁过程，因为该过程被认为是生产过程中的主要分。然而，以下这些泵也可以用于部分清洁工艺过程：NB/NK (SS) 或经过电抛光处理的CRN，铸铁泵也允许用于CIP的回水。

污水和废水处理中的二级泵

乳品废水的特点是pH值、COD（化学需氧量）、BOD5（生化需氧量）、TSS（总悬浮固体）、氮、磷和温度等参数波动较大，并含有溶解糖类和蛋白质、脂肪以及可能的添加剂残留物。因此，大部分大型乳品厂都要求对废水进行一定的预处理，以满足市政规定。



大部分大型乳品厂都需要对废水进行一定的预处理，以满足市政规定。

德国有大约25%的乳品厂是直接排放废水的，也就是说他们在自己的废水处理厂里对废水充分处理后直接排放到水体中。其中大约有58%的企业运营有一家废水预处理厂，并将废水排入城市废水处理厂。

乳品厂处理废水的时候只产生少量有害物质含量低，并且成分稳定的污泥。农业利用来自乳制品工业的污泥有助于资源节约（例如：磷酸盐）。

能源检查和泵审计

预热和冷却工艺是乳品加工行业中关键的生产和成本因素。泵在调温回路中起到的作用与其在输送产品和设备CIP清洁时同样重要。

生态设计指令和电机法规为在新驱动系统中使用高效技术制定了明确的规则，但没有在现有系统中使用。经验表明，安装在现有设备中的驱动系统具有相当大的节省潜力。改用高效电机和变速驱动器可将功耗降低多达 50%，特别是对于在部分负载下运行的泵。此外，以前安装的泵可以升级为智能数字功能。

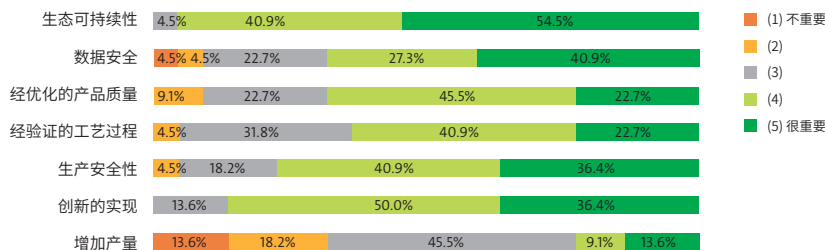
格兰富提供先进的能源检查，以发现潜在的节能潜力，并为高效、高性能的解决方案提供建议。在此基础上，始终建议进行泵审计。生成的报告提供了已安装泵系统及其当前效率的完整摘要。它还展示了运营商如何在财务和运营上受益，同时减少对环境的影响。

泵审计还有助于监控系统组件的状况。老化和磨损以及由此导致的效率降低，会改变原始系统参数，有时会缩短整个系统的使用寿命，并显著降低其能效。此外，测量能耗有助于识别不断变化的工况条件，并使系统更接近其能量最佳状态。

还应该指出的是，泵审计背后的基本思想不仅仅是用高效泵更换老化装置。其他方面和组件在更复杂的系统中起着关键作用，例如外部安装的变频器、现代监控设备（传感器）和控制系统的集成。泵审计对于系统优化也很重要：改变泵的接线和控制可以显著降低能耗，同时保持相同的性能水平。在某些情况下，它甚至可以减少所需的泵数量。

格兰富在乳品行业的目标设定：高系统效率

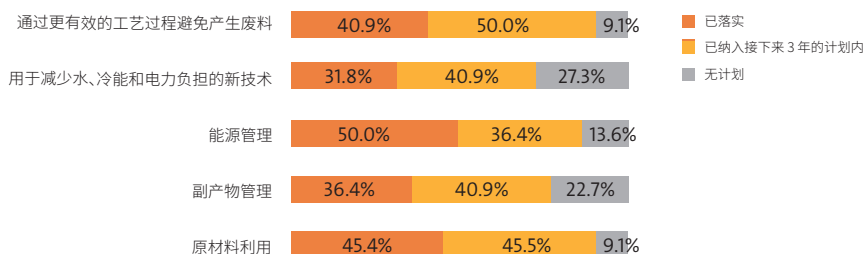
到目前为止，泵行业的发展往往强调技术产品和工艺创新，但现在更侧重于当前和未来的创新，以帮助泵用户优化其业务流程。最重要的是，提高环保意识的首要主题。我们如何才能总体上保护资源并更有效、更经济地使用能源？我们怎样才能减少我们的碳足迹？



接下来三年德国乳品经济投资的重要性。

资料来源: DLG 趋势监测 2019。

专家们一致认为, 只有采用基于系统的方法来解决整个装置 (泵、驱动器、管道、配件、测量和控制设备) 的系统效率问题, 才能实现最显著的效率提升。传感器记录目标值和实际值, 软件中的算法分析需求并将相应的信号发送到控制系统 (通过变频器调节速度, 通过阀门分配介质)。



已引入可持续性/生态/环保工艺流程或已计划在接下来三年里落实的领域。

资料来源: DLG 趋势监测 2019

与乳品行业负责人的讨论得出了这些重要趋势:

- 整体设备效率 (OEE) 正在成为乳品厂正常运行时间、产量和质量的最重要性能指标之一
- 减少用水量, 例如: 通过水回收利用或减少加热和冷却需求, 可以改变锅炉、泵等等的尺寸。
- 节能/能源回收: 主要是在冷却和加热系统中
- 减少化学品的使用: 例如: 在清洁过程中重复使用清洁剂 (碱或酸)
- 膜分离仍是牛奶加工的一个重要问题。

结论

格兰富的产品系列中没有卫生泵。但对于乳品生产过程中的所有其它泵送、计量、测量、控制以及消毒应用而言, 格兰富都能提供合适的成熟解决方案。

责任 远见 创新
be think innovate

格兰富水泵(上海)有限公司

中国上海市闵行区苏虹路33号

虹桥天地3号楼10层

邮编:201106

销售及售后咨询电话:400 920 6655

销售咨询邮箱:saleschina@sales.grundfos.com

www.grundfos.cn

格兰富
GRUNDFOS 

© Copyright Grundfos Holding A/S

The name Grundfos, the Grundfos logo, and be think innovate are registered trademarks owned by Grundfos Holding A/S or Grundfos A/S, Denmark. All rights reserved worldwide.