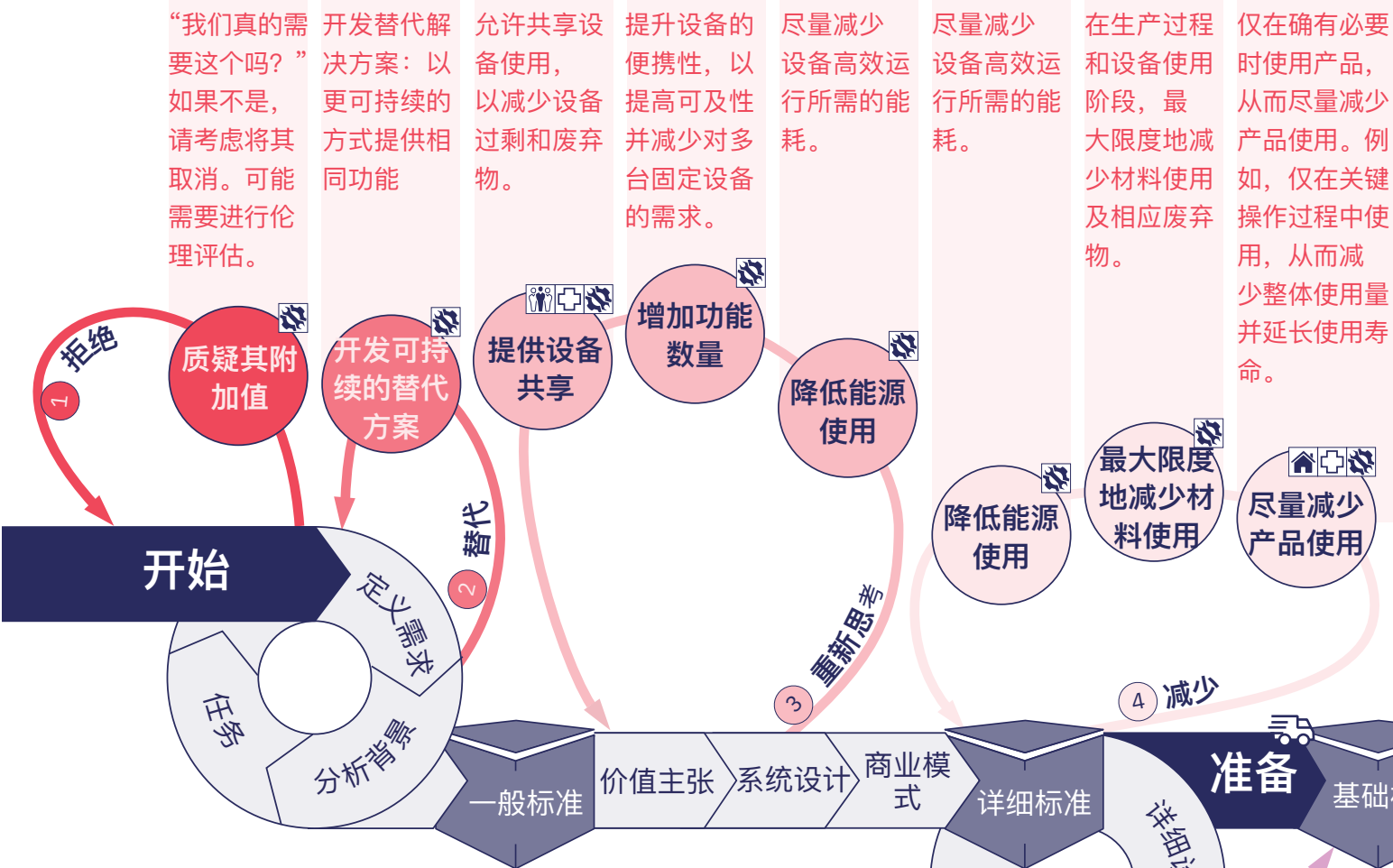


循环医疗流程

研究、设计与开发



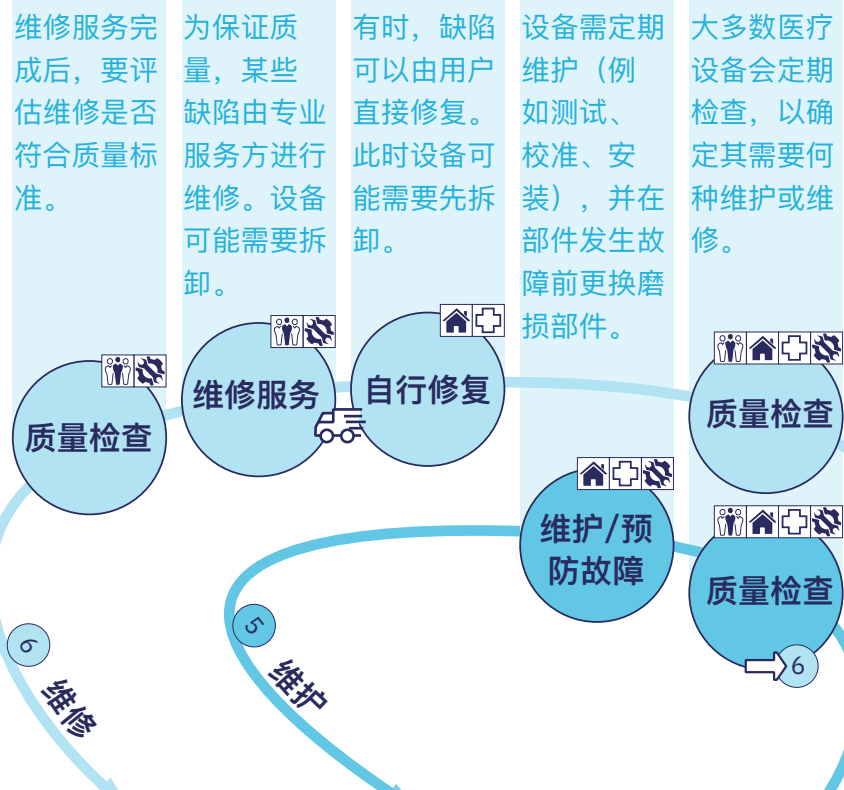
最好在设计阶段就考虑拒绝、替代、重新思考和减少等原则，但在产品商业化之后，用户行为也可以通过降低能源消耗、促进共享或影响采购决策等方式发挥作用。

设备的设计应尽可能支持多种循环策略，以最大限度地减少对环境影响。例如，确保对设备质量进行评估，以便进行维护和维修；优先考虑耐用性，以实现重复使用；便于重新组装，以实现用途转换；并使用适合回收和/或再生的材料。

改编自 Hoveling 等人的研究。（2026）

- 一般步骤/图标
- 设计流程步骤
 - 线性 生命周期 步骤
 - 系统关键步骤
 - 循环性准备步骤
 - 有形因素
 - (通常) 需要运输
 - 部件可能转移至 [CHF]
- 利益相关者/地点
- 制造商
 - 医/保健机构
 - 用/患者家中
 - 回收公司
 - 堆肥厂
 - 危/物/理/施
 - 垃圾焚
 - 其他/服/提供商

性能维持



回收与去污

按类型、状况、分类（非关键、半关键、关键）以及下一个 CHF 步骤，对设备进行收集和分类。医疗设备在使用后，根据设备类型和所需的去污水平，最多需经过四个步骤完成去污处理。有些设备需要先拆卸才能清洗。

1. 预清洁：受污染的设备可进行手工和/或机械预清洁（例如冲洗、超声清洗），以去除可见残留物。
2. 清洁：所有设备均需进行手工或机械清洁。通过该步骤可去除可见和不可见的污染物。
3. 消毒：与皮肤或黏膜接触的设备（例如体温计、内窥镜）通过化学制剂和/或加热进行手工或机械消毒。低水平消毒可去除大部分细菌、部分病毒和真菌，而高水平消毒可消除除部分芽孢外的几乎所有微生物。
4. 灭菌：能够穿透无菌组织或血液的设备（例如手术器械）必须进行灭菌处理。当设备中存活微生物的概率小于百万分之一时，可认为该设备达到无菌状态 (SAL)。对医疗设备进行灭菌的方法有多种（蒸汽、环氧乙烷、辐射、H₂O₂ 等）。优选方法取决于材料特性、设备数量、成本、环境影响和可获得性。

泄漏

焚烧并进行能源回收本身并非循环利用，但可以避免为获取能量而燃烧化石燃料。

有些设备/部件不需要按医疗废物标准焚烧，但在焚烧前需要进行消毒以确保安全处置。

将感染性或危险部件（例如锐器、血液、毒素）移除，放入封闭容器中，在专用医疗废物焚烧炉中焚烧并进行能源回收。

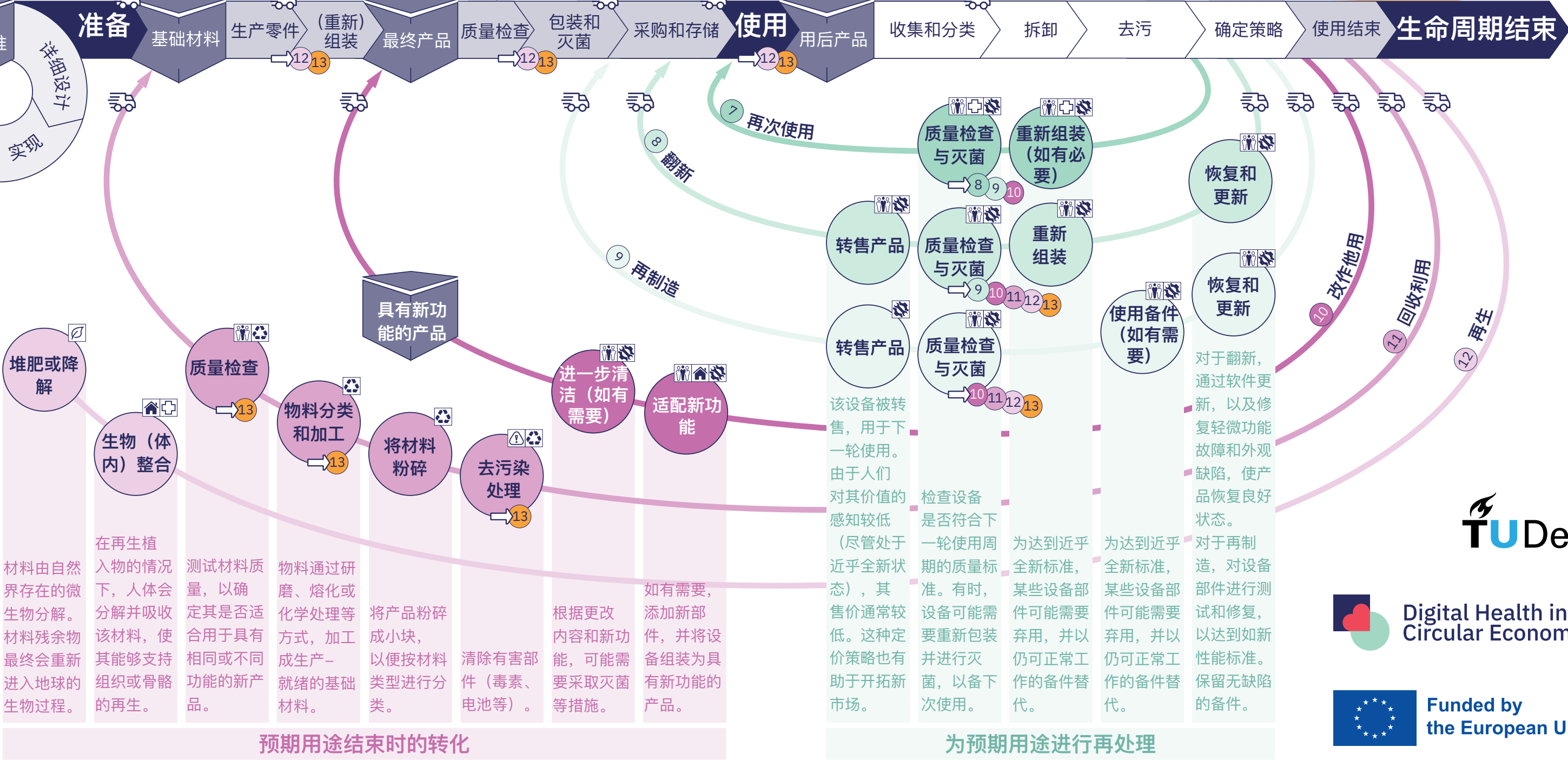
焚烧并进行能源回收

消毒

焚烧感染性部件

对于能源回收，应关注对危险废物、感染性废物和放射性废物等的差异化处理。

能源回收



1 拒绝

有意拒绝生产、消费或使用医疗产品、材料或诊疗程序，尤其是那些不必要、不可持续或有危害的产品、材料或诊疗程序。

2 替代

以替代性医疗产品或程序来取代原有医疗产品或程序，该替代方案能够实现相同目的，但显著降低环境影响。

3 重新思考

系统性地改进围绕产品使用的流程，以推动环境可持续的实践，例如重新思考患者转运和远程医疗、共享产品或引入多功能性。

4 减少

通过最大限度减少能源和资源使用、避免不必要的生产或消耗、限制有害物质，并最大限度减少（不必要的）诊疗程序，提高医疗保健服务和医疗制造的效率。

5 维护

维护医疗产品和临床环境的质量、功能和安全性，以确保性能可靠、延长其使用寿命，并降低可能导致潜在治疗失败的故障风险。

6 维修

将有故障或损坏的产品或部件恢复到可用状态，以满足其预期用途，这通常涉及纠正性维护，确保在较长时间内满足安全性和性能规范。

7 再次使用

在必要时进行去污处理，且不进行重大修改后，将同一医疗设备重复用于多名患者，以实现相同的预期用途。

8 翻新

通过去污、维修、升级、外观调整、性能检查、重新安装、保修保证和零件更换，使产品恢复到良好的工作状态。

9 再制造

恢复产品和组件，通常利用报废产品的零件，通过拆卸、去污、质量控制、认证、重新包装和重新分发，使其达到如新状态。

10 改作他用

将废弃产品或部件用于与最初预期不同的用途，例如在不同背景（如兽医诊疗过程）、不同用途（如其他人类诊疗过程）和不同地点（如发展中国家）中使用。

11 回收利用

通过去污、粉碎、成型等方式，将用过产品或资源中的废弃材料转化为质量相同或略低的新原材料。

12 再生

通过自然过程，将废弃材料、能源及其他物质转化为二氧化碳、水、生物质或人体组织（用于再生医学）等基本元素。

13 能源回收

对废弃物进行焚烧（或医疗焚烧），并回收能源。

TU Delft

Digital Health in the Circular Economy

Funded by the European Union