



HONG KONG
ASIAWORLD-EXPO
亞洲國際博覽館

3RD TO 6TH
DECEMBER
2025



基于电子质量追溯系统的灭菌器 能耗监测与节能优化

汇报人: 李晓光

单 位: 北京大学口腔医院





能源挑战与医院责任

➤ 可持续发展

运营效率

医疗机构为能源消耗大户

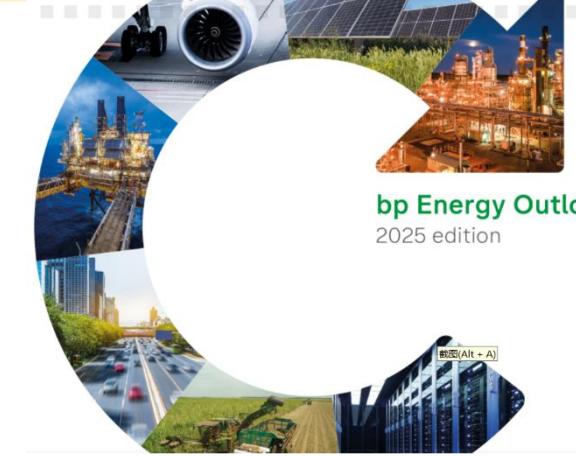
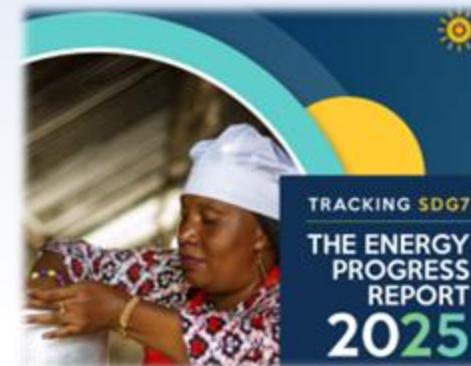
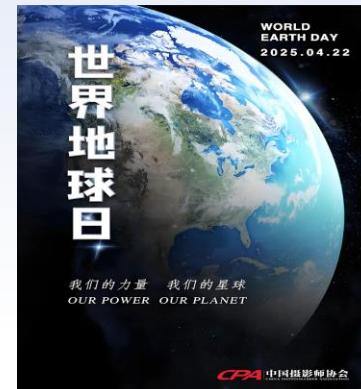
经济考量

在追求卓越医疗服务的同时，

考量经济效益

社会责任

作为社会的重要组成部分，
有责任为此做出贡献





目录

- A. 背景**
- B. 将追溯系统转变为决策智能**
- C. 成效验证**
- D. 增强智能和未来发展**
- E. 结论**





A. 背景

➤ 北京大学口腔医院

- ✓ 4个国际合作中心
- ✓ 国家口腔疾病临床医学研究中心
- ✓ 口腔数字化医疗技术和材料国家工程试验室



A. 背景

- 始建于1941年，集口腔医学院、口腔医院和口腔医学研究所为一体
- 现有牙科综合治疗台807台，病床173张
- 年住院手术量 **0.9万** 台，门急诊量 **209万** 人次

典型的“大门诊、小病房”模式

单位时间内工作量集中，门诊间歇或停止后工作量即下降



A. 背景

➤ CSSD：高负荷运营下的独特挑战

灭菌器 (台) (1500L)	清洗机 (台) (PG8528)	关键设备 运行时长	日处理器械 (件)
4	7	7: 00—20: 00	22000

粗犷式管理

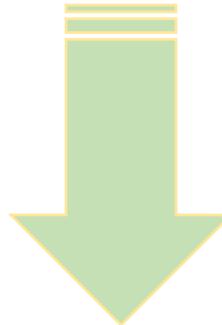


低工作负荷时，设备闲置直至下班关机



A. 背景

曾尝试依靠人员进行主动关机，但因工作经验和个体意愿的差异，导致操作随意性大



能否智慧化预测设备闲置时间，减少能源浪费？

- 患者安全
- 临床应急响应能力



B. 将追溯系统升级为决策智能



传统认知：记录系统

为满足EN ISO 13485强制记录而生
保障患者安全



新范式：决策智能

设备开关机、程序类型等工作日志
转化为能耗预测的数据

从“记录系统”到“决策支持系统”的跃迁，实现数据价值的二次开发



B. 将追溯系统升级为决策智能



- CSSD 电子质量追溯系统——一座等待挖掘的数据金矿
- 将用于质量保障的数据拓展应用于能源管理, 让系统成为我们的"智慧大脑"



B. 将追溯系统升级为决策智能

➤ 第一步：精准量化问题--能耗“漏洞”在哪里？



B. 将追溯系统升级为决策智能

量化漏洞：925h的运行时间被待机吞噬

29%
待机时间占比

平均每日工作时间待机**4.5小时**，
定义为可削减的纯浪费



电力消耗

每台设备每年浪费 **305 kWh**



蒸汽消耗

每台设备每年浪费 **14,145 kg**

通过对1年灭菌锅次数据的挖掘，计算出了待机能耗的巨大“漏洞”



B. 将追溯系统升级为决策智能

➤ 第二步：算法介入--预测安全关机窗口

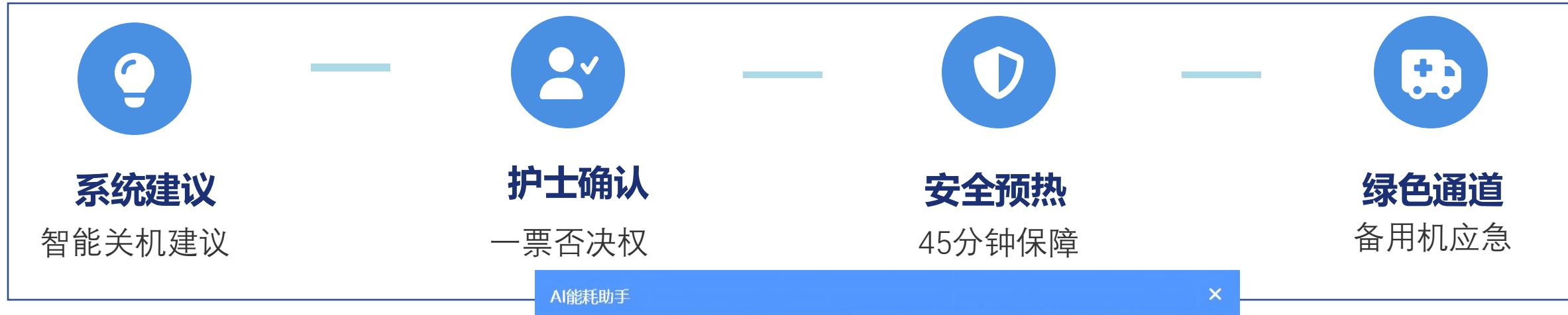


采用集成学习模型，综合多种算法优势，精准预测每日“最后任务”的结束时间



B. 将追溯系统升级为决策智能

➤ 第三步：人机共判闭环，保障急诊零延误



闭环流程将误关机风险降低 92%，
提升护士参与感与满意度



AI能耗助手

设备关机提醒 以下设备建议关机以节约能源

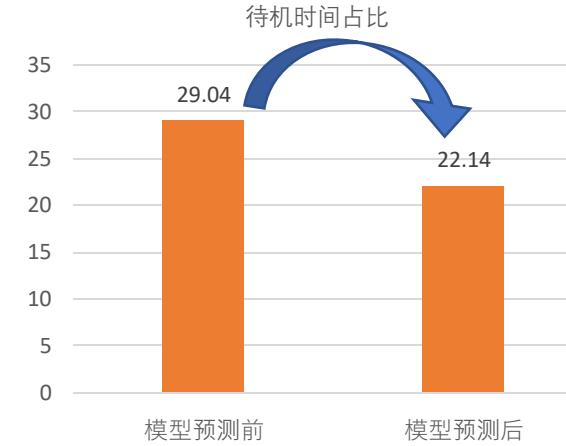
设备名称	位置	建议关机时间	预计节能
脉动真空灭菌器1	检查包装及灭菌区	16:13	约7.62%
脉动真空灭菌器4	检查包装及灭菌区	16:52	约5.62%

稍后提醒 全部接受



C. 成效验证

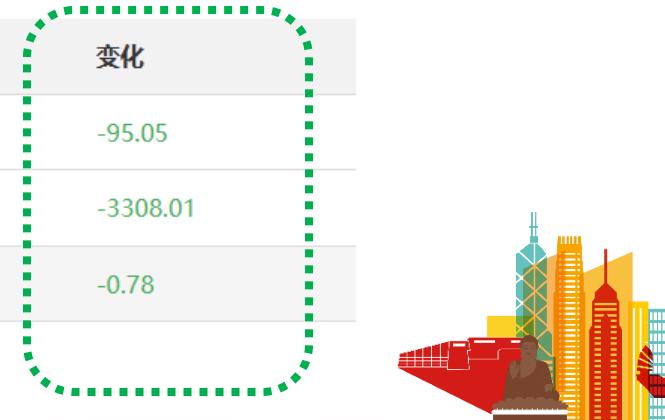
➤ 待机时间与能源消耗下降



平均待机时间占比下降，近四分之一的无效待机时间转化为了实实在在的节能

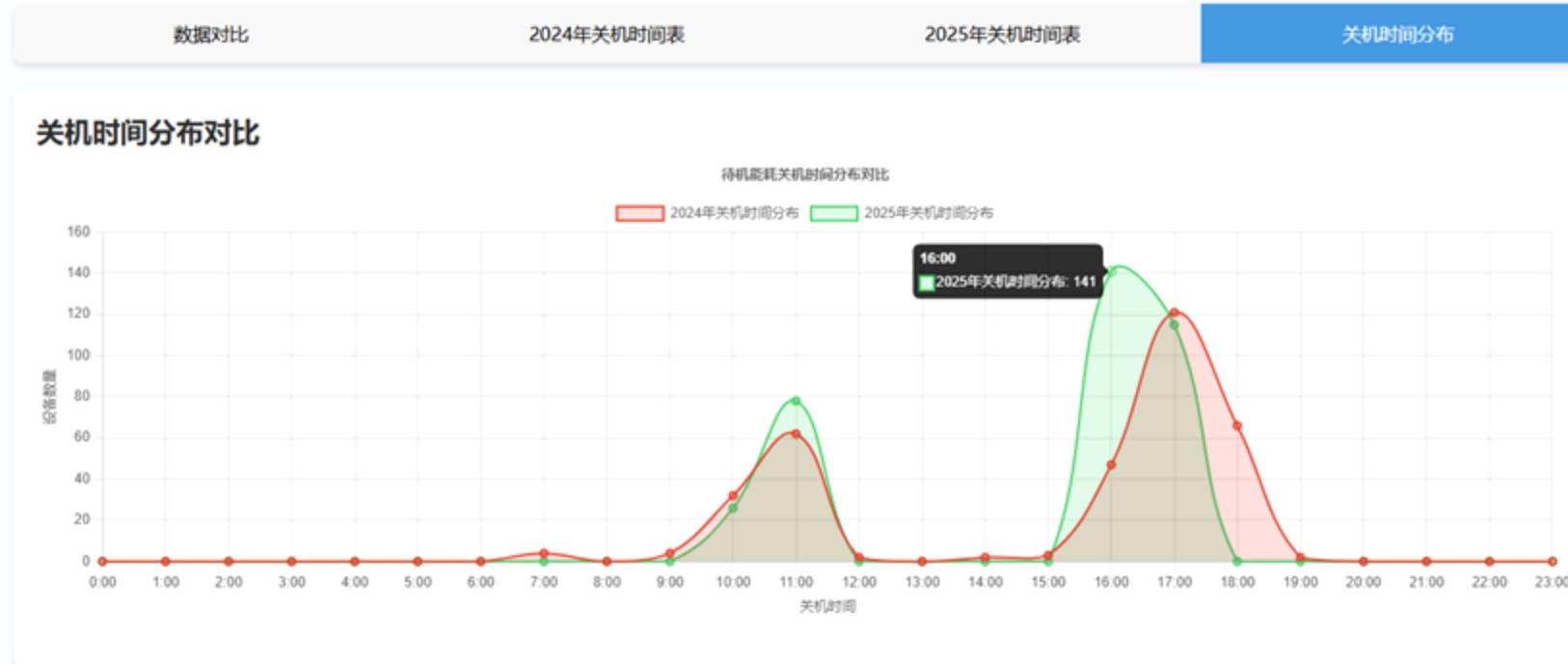
详细数据对比

指标	2024年1-3月 (未预测)	2025年1-3月 (已预测)	变化
总待机能耗(kWh)	400.05	305.00	-95.05
蒸汽消耗量(kg)	13916.76	10608.75	-3308.01
平均关机时间(小时)	3.31	2.53	-0.78



C. 成效验证

➤ 提前关机的实现



**2025年前3季度
提前关机共141次**

阶梯性关机，工作日最早于下午3点开始关第一台灭菌器



C. 成效验证

➤ 实际关机与预测关机的匹配及误差

设备1(平均误差) 20.93分钟 最佳模型: 高级模型 高级模型改进: 39.0%		设备2(平均误差) 18.14分钟 最佳模型: 高级模型 高级模型改进: 39.4%		设备3(平均误差) 38.21分钟 最佳模型: 高级模型 高级模型改进: 34.1%		设备4(平均误差) 21.48分钟 最佳模型: 高级模型 高级模型改进: 38.0%	
日期	星期	日期类型	设备	实际关机时间	预测关机时间	误差	
2025/09/01	星期一	工作日	设备 1	17:54	17:45	9.0	
2025/09/01	星期一	工作日	设备2	17:36	17:59	23.0	
2025/09/01	星期一	工作日	设备3	19:05	18:00	65.0	
2025/09/01	星期一	工作日	设备4	18:14	17:51	23.0	
2025/09/02	星期二	工作日	设备 1	17:19	17:29	10.0	
2025/09/02	星期二	工作日	设备2	18:40	18:26	14.0	
2025/09/02	星期二	工作日	设备3	19:12	17:36	96.0	
2025/09/02	星期二	工作日	设备4	17:19	17:32	13.0	
2025/09/03	星期三	工作日	设备 1	16:38	17:10	32.0	
2025/09/03	星期三	工作日	设备2	18:57	18:36	21.0	

实际与预测时间平均匹配误差**25分钟**, 短于一个灭菌循环时间



C. 成效验证

➤ 质量与应急响应指标零下滑



灭菌周期准时率

100%

与对照期持平



问卷调查满意度

93%

流程未增加工作负担



重启率

2次

均于45分钟内完成

试运行期间，所有核心质量与应急指标均未受影响

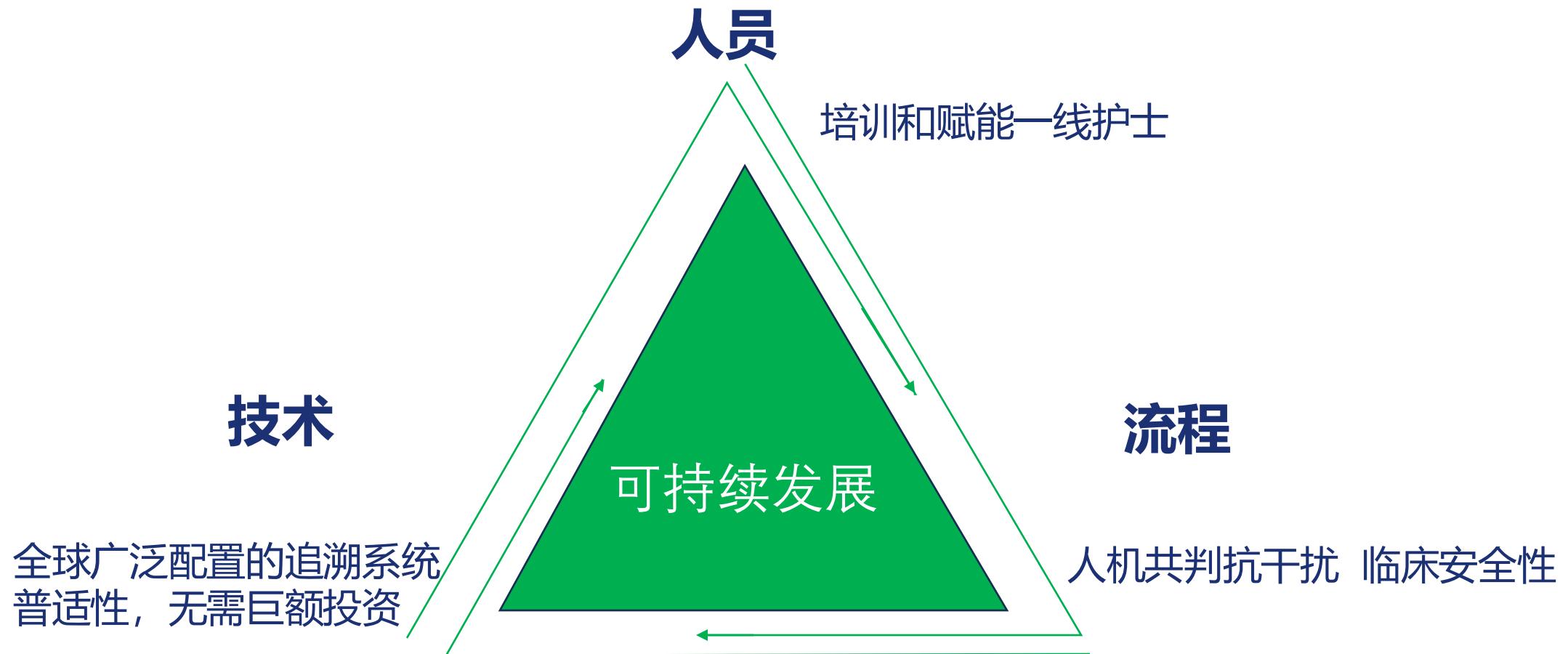




启示：从一家医院的经验到可复制的范式



关键要素与可复制性分析



D. 增强智能和未来发展



7月：利用系统收集数据并分析

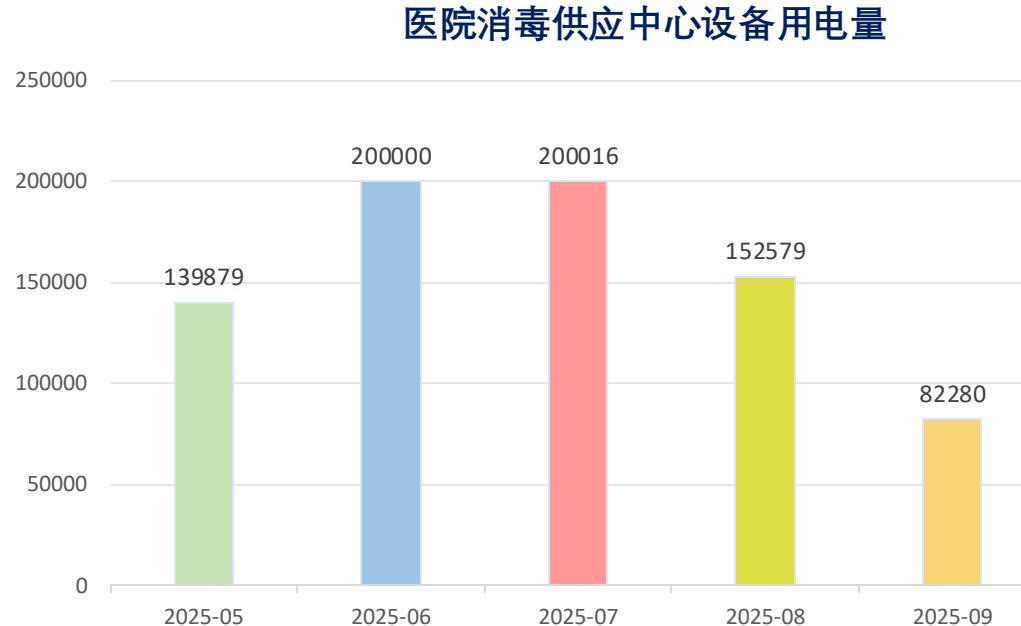
8月-9月：与设备提供的工作参数对比，发现疑问

- 沟通设备生产商
- 调整管路连接
- 调整设备排废水温度（由30°C提高到45°C）

用水量节约82%，约32760元



D. 增强智能和未来发展



5月-7月：利用系统收集数据

8月-9月：对比、分析、发现问题

- 减少无效待机
- 优化流程，减少小负载运行
- 净化系统夜间省电模式

9月用电量降低58%，节省约9480元

数据驱动的精细化管理

智慧CSSD 绿色CSSD



D. 增强智能和未来发展

- 设定节能目标
- 能耗异常报警
- 优化环境能耗

全面能
耗监测

- 构建维护模型
- 记录运行时间异常
- 追踪配件寿命

设备预
测维护

数据驱动的CSSD

- 清洗机Ao值
- 根据物品类型调整灭菌器程序

辅助参
数优化

- 探索再生能源利用
- 集成物联网技术

拓展可
能性

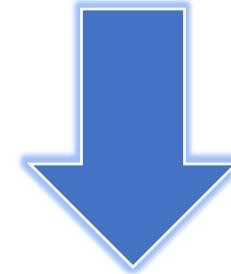


E. 结论

- 升级后的质量追溯系统能有效预测每台灭菌器的关机时间
- 阶梯式关机节能效果明显
- 提前关机未影响工作效率和工作秩序
- 管理模式可复制用于其他医院



质量追溯系统+预测算法+人机协同



安全 高效
可持续的CSSD运营

感谢团队每一位成员的卓越工作和奉献：曹登秀、苑广洁、李兴、赵广兰





谢谢关注 敬祈指导



Supported by:
HONG KONG
TOURISM BOARD
香港旅遊發展局



26TH WORLD STERILIZATION CONGRESS

BRING THE STERILIZATION SCIENCE TO THE NEXT LEVEL
將滅菌科學提升到新水平

3RD TO 6TH
DECEMBER
2025

HONG KONG
ASIAWORLD-EXPO
亞洲國際博覽館