



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

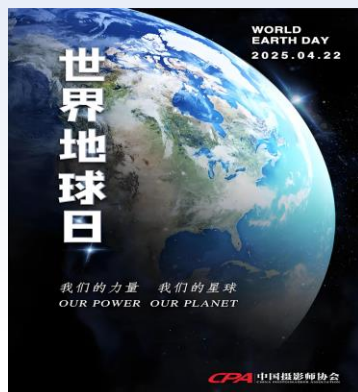
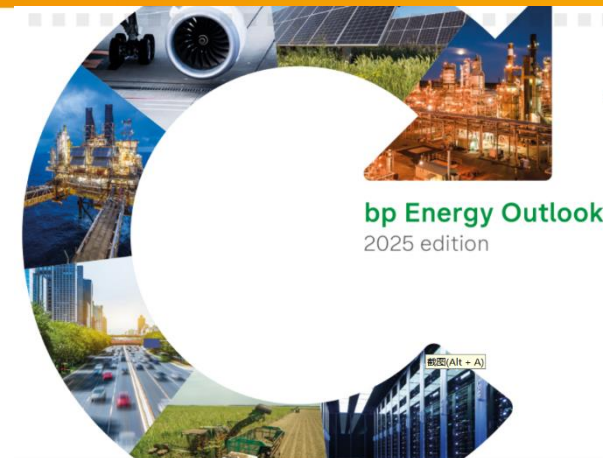
医疗机构为能源消耗大户

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实验室



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

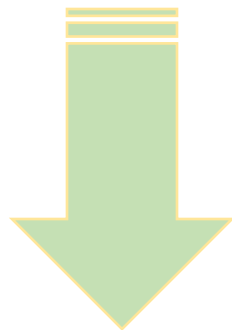


低工作负荷时，设备闲置直至下班关机



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



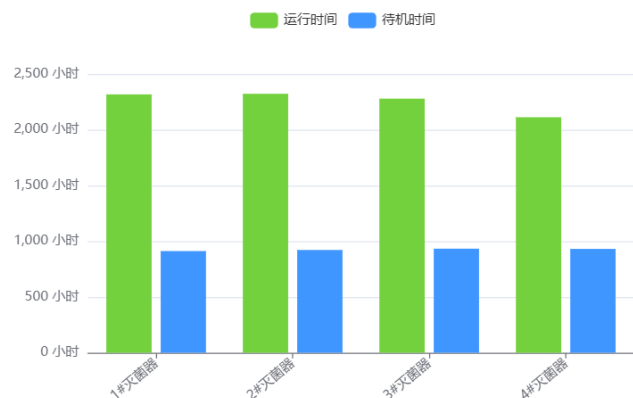
- CSSD电子质量追溯系统——一座等待挖掘的数据金矿
- 将用于质量保障的数据拓展应用于能源管理，让系统成为我们的"智慧大脑"



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？

分析



设备名称	总开机时间(h)	运行时间(h)	待机时间(h)	待机时间占比	待机耗电量(kw·h)	待机蒸汽消耗量(kg)
1#灭菌器	3228.89	2317.02	911.87	28.24%	300.92	13860.37
2#灭菌器	3244.45	2322.54	921.91	28.42%	304.23	14013.05
3#灭菌器	3212.09	2278.72	933.37	29.06%	308.01	14187.29
4#灭菌器	3043.84	2112.37	931.46	30.60%	307.38	14158.23

灭菌器运行-能耗汇总

#	灭菌时间	设备名称	运行批次	灭菌批次	器械件数	设备待机时间(h)	待机耗电量(kw·h)	待机蒸汽消耗量(kg)
1	2024	1#灭菌器	631	499	62659	243.03	80.20	3694.03
2	2024	2#灭菌器	645	513	75309	241.16	79.58	3665.63
3	2024	3#灭菌器	623	491	68873	230.34	76.01	3501.22
4	2024	4#灭菌器	598	468	56652	220.87	72.89	3357.29
合计			2497	1971	263493	935.41	308.68	14218.18

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

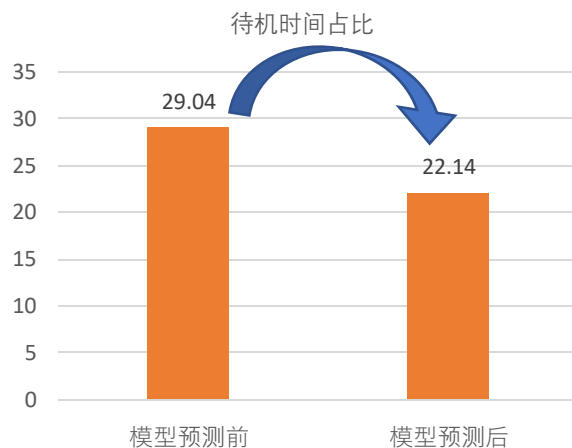


闭环流程将误关机风险降低 **92%**,
提升护士参与感与满意度



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(评均误差) 20.93分钟 最佳模型：高级模型 高级模型改进：39.0%		设备2(评均误差) 18.14分钟 最佳模型：高级模型 高级模型改进：39.4%		设备3(评均误差) 38.21分钟 最佳模型：高级模型 高级模型改进:34.1%		设备4(评均误差) 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

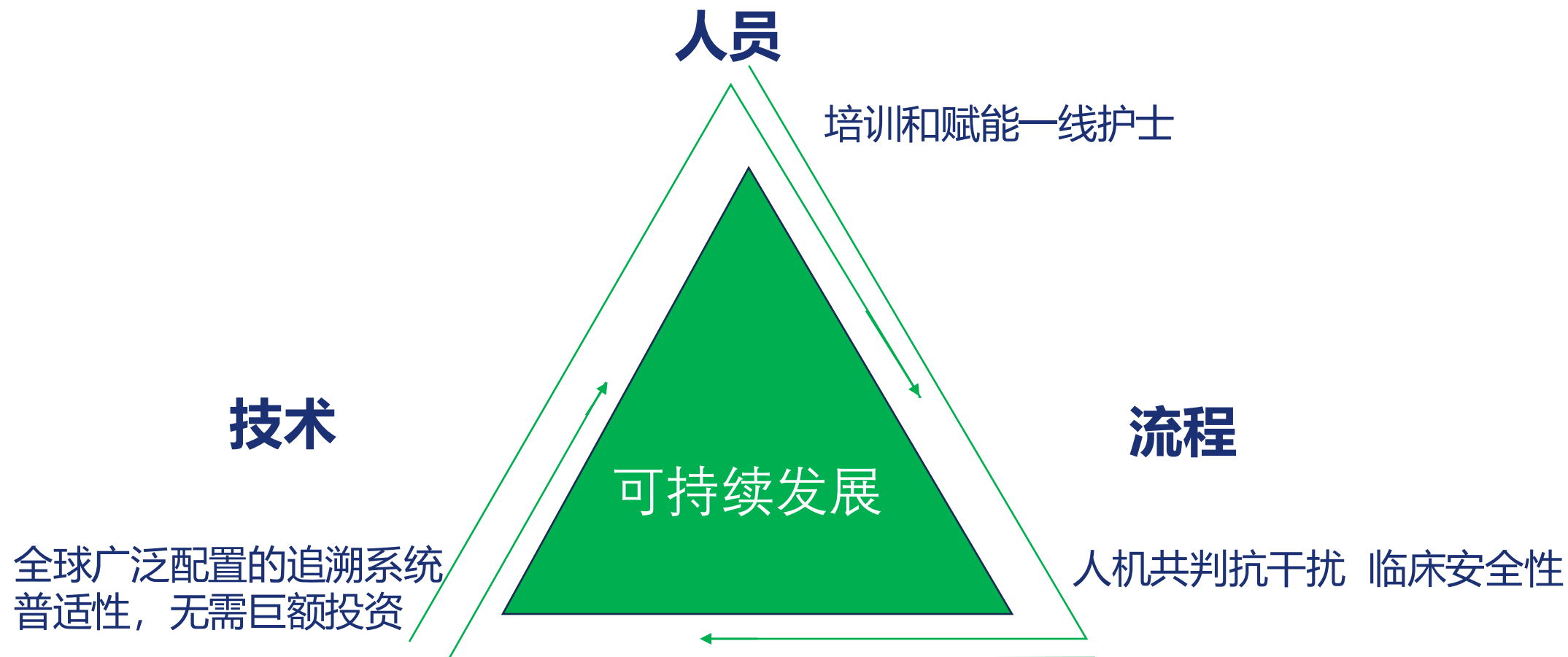
试运行期间，所有核心质量与应急指标均未受影响



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

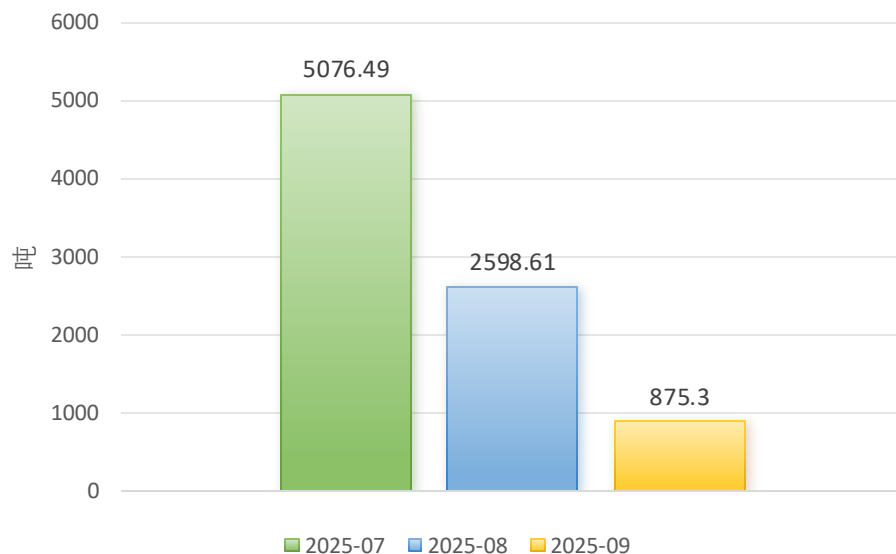


更适用于**24h运营**、**多台灭菌器**的医院，规模效应将更为显著，模式高度可复制



D. 增强智能和未来发展

消毒供应中心用水量情况



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

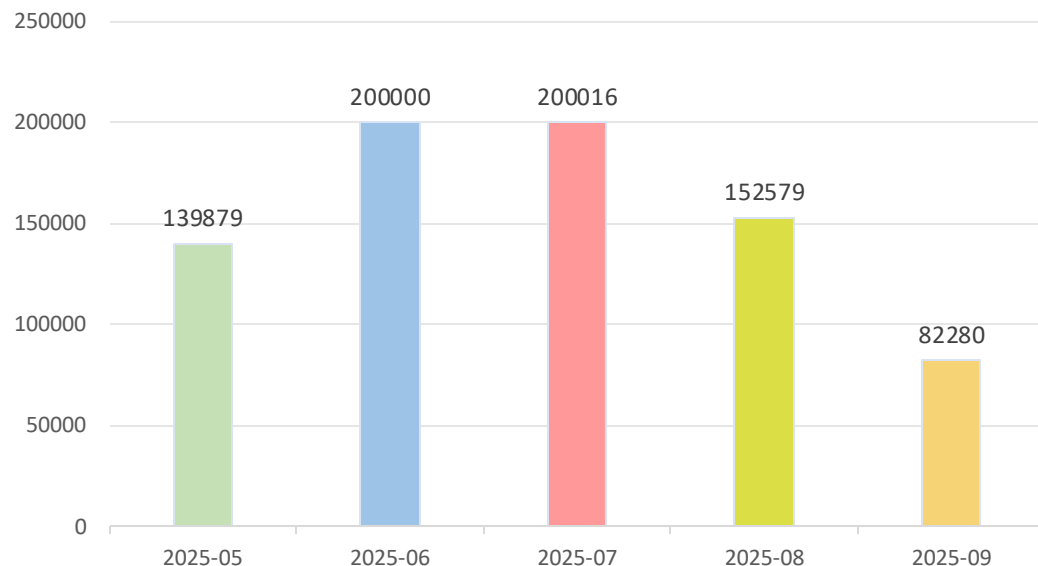
- 沟通设备生产商
- 调整管路连接
- 调整设备排废水温度（由30℃提高到45℃）

用水量节约**82%**，约**32760元**



D. 增强智能和未来发展

医院消毒供应中心设备用电量



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**94800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

设备预
测维护

- 构建维护模型
- 记录运行时间异常
- 追踪配件寿命

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

拓展可
能性

- 探索再生能源利用
- 集成物联网技术



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

26TH WORLD STERILIZATION CONGRESS

Supported by:

 HONG KONG
TOURISM BOARD
香港旅遊發展局

 政府總部
Government of the
Hong Kong Special Administrative Region

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