

依托能源可视化管理 开展全员参与节能活动

丰田汽车株式会社
设备工程部
能源效率可视化工作小组

关键词：[以单台设备为单位的能源管理体制] [热能的动能等交换的合理化]

主题概要

对于动力设备的最佳运行方法问题，由于条件各种各样，其答案也不计其数，故而处于难以判断的状况。因此，我们开发了可实时显示设备的“效率”，“二氧化碳”，“运行成本”几项指标的软件，为运行部门引进可视化系统，以根据实际需求优化运行编组，改善运行方法。然后，我们又构建了依托实时可视化系统，反复实施“制定运行计划 实际运行 检查能耗效率、二氧化碳、成本指数 提出改善方案”的 PDCA 循环体系，并在各工厂动力运行部门广泛推广，通过改善取得了巨大成效，下面介绍活动情况。

对该事例的实施期限

- 项目规划期：2007 年 1 月～2007 年 3 月 共计 3 个月；
- 对策实施期：2007 年 4 月～2008 年 3 月 共计 12 个月；
- 效果确认期：2007 年 4 月～2008 年 3 月 共计 12 个月。

事业所概要

- 从事行业：汽车制造；
- 员工人数：69,478 人；
- 第一类能源管控指定工厂。

1. 主题选定理由

众所周知，运行部门的使命不仅是确保能源质量并稳定供应，而且还要将单位能耗的二氧化碳和成本控制到最小。我公司动力部门在 2005 年 1 月进行了整合（图 1），通过 TECS 系统（后述）集中控制和监控 12 个工厂。为实现此前的二氧化碳减排目标，我们持续不断地推行效率管控和改善。但改善本身无止境，故 2007 年度也将坚持实施改善列为我部的重点工作内容，并为进一步的改善活动采取了措施。

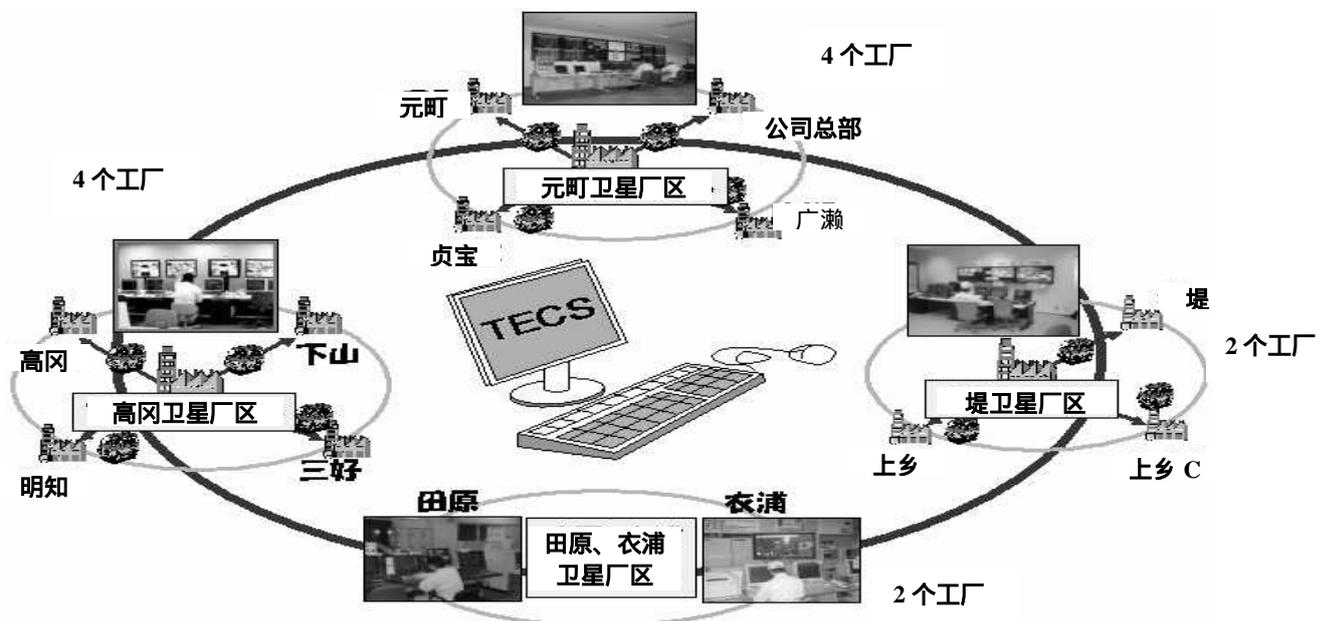


图 1 动力部门的整合

◆ 2007 年度我部工作方针：“确立与生产量相适应的高效动力运行管理”

◆ 具体作业项目

- (1) 根据生产计划预测负荷；
- (2) 针对各种能源分析运行经验，实现可视化；
- (3) 对操作人员的操作流程进行明确化与系统化；
- (4) 通过模拟运行确定运行方法；
- (5) 在日常工作中贯彻实施并取得成效。

◆ TECS 系统简介

TECS (Toyota Energy Control System) 系统是用于对电力、蒸汽等能源供给设备、空调设备等进行自动运行和远程监控的系统，于 70 年代后半期开始引进，目前已在 4 个卫星厂区实施集中监控，达到了进一步节省人力的效果。

2. 活动的经过

(1) 设定目标

在《第 4 次丰田环保保护规划》中确定的二氧化碳减排目标为：到 2010 年度，在 90 年度基础上实现减排 20%，168 万吨。而在 2006 年度，已经实际实现了减排 160 万吨。目前，为响应全球的防止气候变暖行动，公司已经规划调整减排目标，更大幅度的减排已成必然，动力部门也逐年调高了减排目标。2007 年度的减排指标相比 06 年提高了 1 千吨，达到 18 千吨(见图 2)。

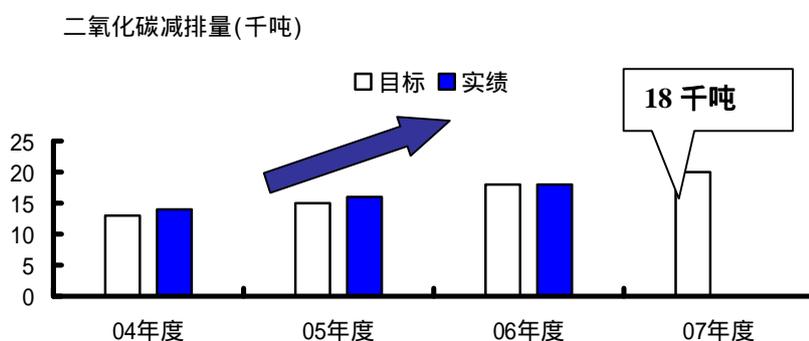


图 2 减排目标与实绩

(2) 动力部门的背景介绍

随着整合的实施，所有的 12 个工厂的能源指标（动力月度报告）也实现了规范化，但各个工厂在意识上的重视程度不同，已经到了必须共享运行经验、改善流程的阶段。

(3) 实施体制

作为特别项目，从 12 个工厂的运行部门中选派 20 个人，成立了“能源效率可视化项目工作小组”（以下称 WG）。

(4) 现状的掌握

动力设备的效率管理是利用 TECS 系统开展远程监控以及统计日报和月报来实施的。各工厂引入了自动控制系统，部分工厂还引进了负荷预测最佳运行系统，由操作人员实施“各种设置”及“运行及停机判断”，实现最佳匹配运行。

◆ 公司对“最佳匹配运行”的定义

利用多台热电联供设备和锅炉设备供给电力和蒸汽时，通过组合运行、负荷分配实现二氧化碳原单位和运行成本的最低化。

(5) 现状的分析

作为 WG 的研究案例，我们验证了 2006 年 10 月发生的总公司工厂热电联供设备 2 号机的突发停机事件。

正常运行情况下的每吨蒸汽成本指数为 100，二氧化碳排放量为 0.18 吨。但对于突发停机的情况，由于实施的是应急运行方式，因操作人员对于该优先保证二氧化碳排放指标，还是优先保证稳定供给这一问题上判断的不同，使成本指数及二氧化碳排放量指数上分别出现了 28 和 0.02 吨的偏差。这是“作业标准没有明确非正常运行模式如何操作”的事例（图 3）。

问题 最佳运匹配行没有实现可视化

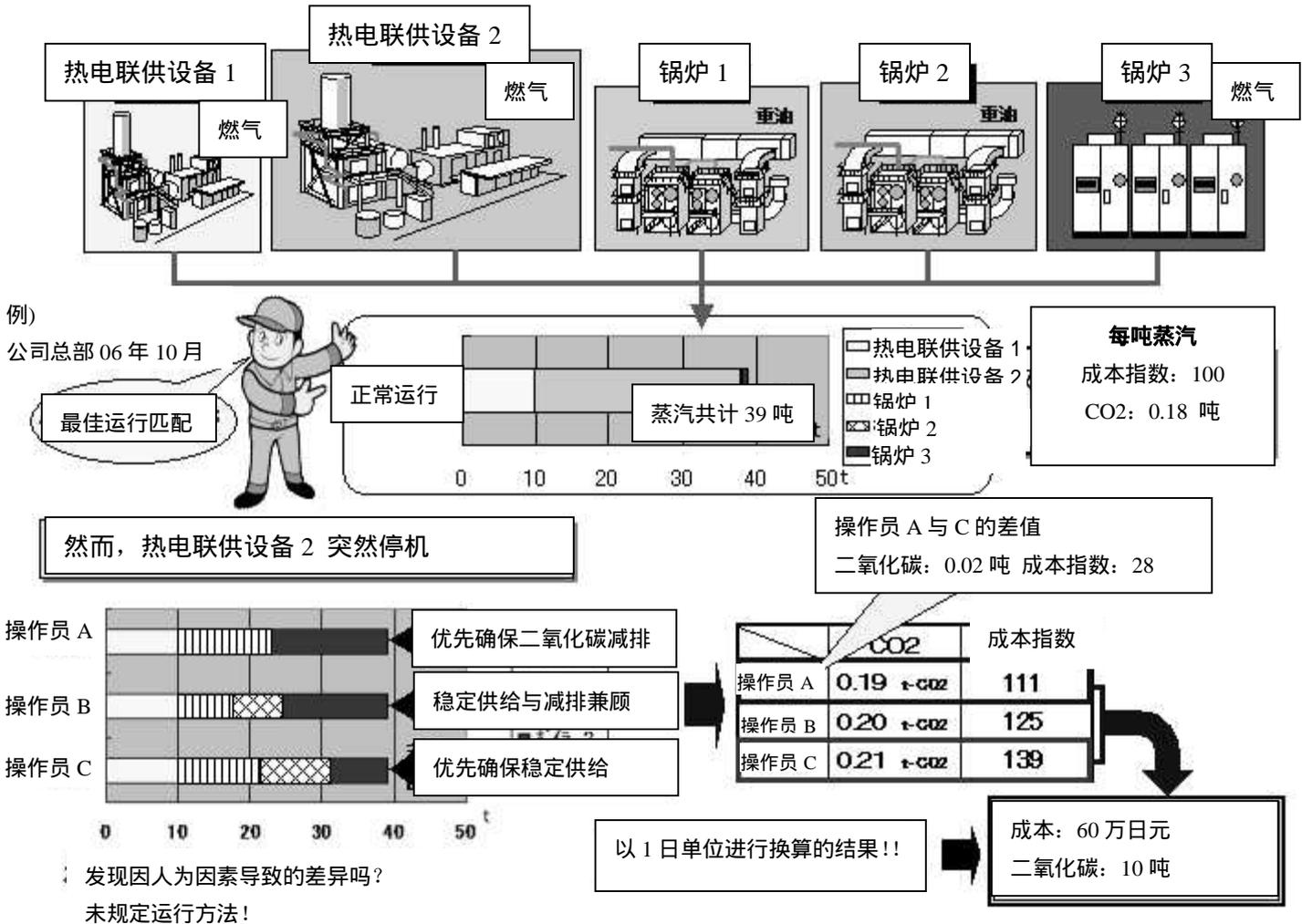


图 3 总部工厂 热电联供设备 2 号机 突发停机案例

此外，通过讨论各工厂的运行管理循环后，我们发现以下的问题点：

- 1) P (计划)：计划多是依据老员工的经验制定的，但却没有将思路传授给年轻员工；
- 2) D (运行)：没有将最佳匹配运行进行可视化，操作人员没有成就感；
- 3) C (检查)：效率的计算是在当天、当月结束以后才做的，故不能把握每天、每小时的情况；
- 4) A (改善)：由于要等到 1 个月以后才能发现问题，所以无法推行实时整改。

问题 运行管理中未贯彻 PDCA 循环

(6) 对策的内容：引进可视化系统

无论是二氧化碳还是成本的控制，只要能实时掌握情况，操作人员便能迅速采取措施，并由此提高个人成就感。于是，我们将目光转向 PRIUS 的油耗显示系统（图 4）。我们坚信只要能够迅速洞悉成果之所在，动力设备上那些以前未被注意到的改善瓶颈就会显现出来。



图4 油耗监视画面

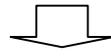
1) 基准

效率管理系统普遍由多家系统制作公司以各种形式开展，实现可视化。但外包不但成本较高而且增加了公司经费外流。所以，工作组全员一致决定自行开发所需系统。在自行开发中，有人提出“必须先明确我们想要知悉哪些信息，才能有效运用”，的意见，于是大家一起罗列出了必要的图表显示和功能。

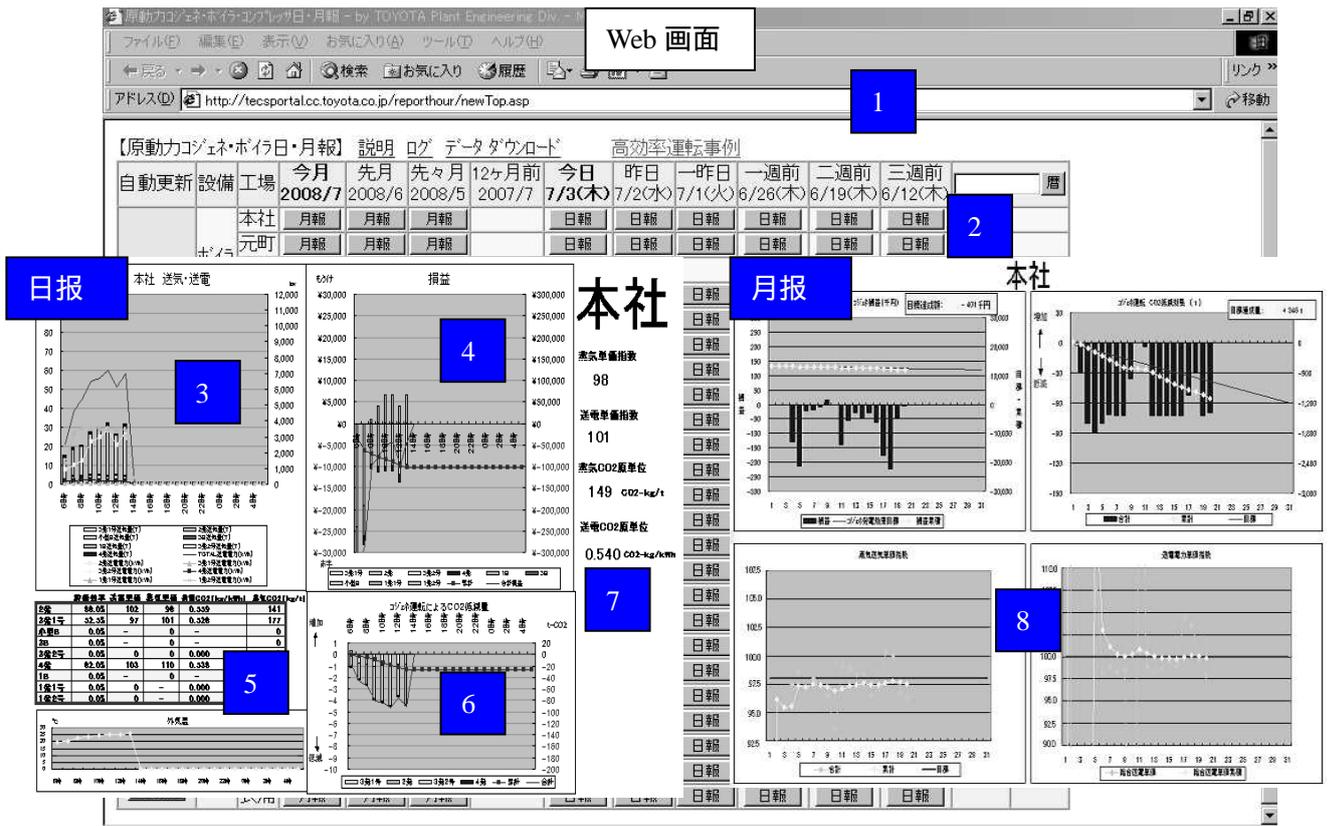
2) 系统必备的显示，功能项（图5）。

- 无论在任何地点都可通过内部局域网（LAN）查看；
- 可指定日期比对历史数据；
- 显示整体负荷的分配状况；
- 显示成本盈亏情况；
- 显示单台设备的二氧化碳和成本原单位；
- 显示二氧化碳减排量；
- 显示整体的原单位指数；
- 显示基于每月目标的每日推移情况。

数据收集：利用现有 TECS 系统实施数据收集，新开发按小时收集能源数据的软件。



以“日报”“月报”的形式实时反映设备的负荷情况、效率、二氧化碳、成本。



（图5）可视化系统的画面显示数据

(7) 对策的内容 在运行部门深入贯彻 PDCA 循环，培养人才固有的一些做法（老传统）已经在各工厂根深蒂固，最初推行“可视化系统”时，只是在专用显示器

画面上显示而已，却没有哪个岗位真正有效的利用过这些信息。对此，WG 召开研讨会，开展了深化活动。

1) 举行效率管理说明会

我们努力将效率管理的“P D C A”工作流程落实到日常工作中。首先是“P”环节，制定当月运行计划，在综合考虑“生产情况、各季节的负荷变化预测、一次能源的单价等”因素后确定运行的模式。这也为年青员工向老员工学习专业经验创造了机会；接着的“D”环节，按既定计划运行；在“C”环节，确认每小时和每天的运行能耗效率、二氧化碳及成本控制取得的成效；在最后的“A”环节中，将获得的成果体现到第二天和下个月的运行计划中。小组成员奔赴各个工厂，共计向 170 人解释以上内容，直到其理解为止。

2) 开展技能大赛

8 月，动力部门举行了“利用可视化系统实施最佳匹配运行模拟大赛”，本次大赛由各工厂选拔操作人员参赛，包括相关人员在内共计 80 人参与出席，场面盛大，相关人员比选手们更为热情，每当宣布各工厂的评审成绩时，现场都欢声雷动。参赛人员都表示“争取明年获胜”（图 6、图 7）。



图 6 选拔参赛的操作人员



图 7 比赛实况

3) 举行改善事例交流会

各工厂轮流举办改善事例交流会，介绍运用“可视化系统”开展改善的事例。在交流会上，操作人员共聚一堂，以在现场、面对实物的方式展开交流，对改善方案及设备构成的差异等展开讨论，并在各工厂横向推广成功经验。

当初困扰各厂的提不出改善提案的现象也从 07 年 8 月开始改观，改善活动步入正轨，本年度结束时（08 年 3 月）已累计达到 150 项。其中，优秀提案为 17 项（图 8），成了动力部门的转变点。接着，我们从优秀提案中选取了总部工厂的改善案例，遵循 P D C A 工作法进行介绍。

工厂	年月	改善提案题目	二氧化碳 (吨/年)	金额 (万日元/年)	改善中用到的系统显示和功能
上乡	07/8	机械工厂蒸汽的实时化输送	240	596	
高冈	07/9	更改中期热电联供设备的运作方法	264	672	
明知	07/9	关于确定夜班开机方式的改善提案	74	143	
总部	07/10	改变中期运行模式，减排二氧化碳，降低成本	229	3816	
下山	07/10	对第 2 发电厂发电量调节作业实施改善	46	127	
三好	07/11	变更燃气轮机轮机开机时间实现节能	144	336	
田原	07/11	第 3 发电厂进气冷却装置的稳定运行	43	248	
元町	07/12	降低锅炉供水泵电费的改善	132	155	
衣浦	07/12	对锅炉休息日运行方式的改善	72	204	
堤	07/1	提高燃气发动机运行效率	900	896	

（图 8）优秀提案内容

（8）活用“可视化系统”开展改善的事例

主题：“改变总部工厂的热电联供设备和锅炉的中期运行模式，减排二氧化碳，降低成本”。

设备概况如图 9 所示，其中的中期运行部分包含 4 台设备。3 号电站 1 号机组（以下简称 3 发 1 号，其他同）和 2 号机组为主机，2 号电站（以下简称 2 发，其他同）和小型锅炉用于调节负荷。

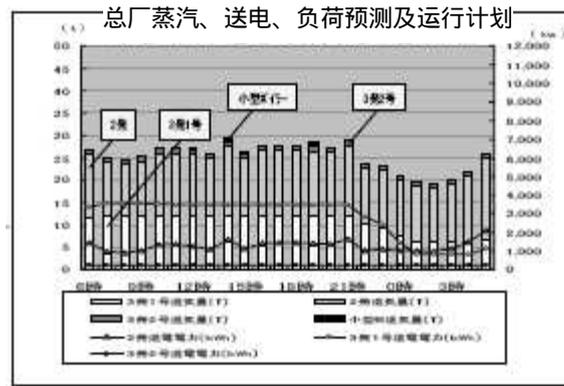
1-仅冬季运行。 2-定期维护中。 3-有电力需求时运行。 4-与基准（蒸汽：水管锅炉，电力：外售）相比的二氧化碳减排量

	锅炉设备 (蒸汽)		热电联供设备 (发电+蒸汽)				发电设备 (发电)	
	1号	3号	小型锅炉	2发	3发1号	3发2号	※2 4发	※3 1发DG
燃料	LSA	LSA	LNG	LNG	LNG	煤油	LNG	LSA
蒸汽	30 t	30 t	35 t	30 t	11 t	1 t	1 t	—
电力	—	—	—	4800 kW	4100 kW	290 kW	290 kW	3000 kW
※4 CO2减排量	标准状态		-0.07 t/t	-0.13 t/t	-0.18 t/t	-0.08 t/t	-0.10 t/t	+0.17 t/kWh

(图9) 总部工厂 设备概况

1) P: 运行计划

9月下旬~10月上旬的计划如图10所示。虽然按二氧化碳减排量从多到少排列的运行优先顺序为3发1号>2发>3发2号>小型锅炉，但是在夜间运行(22点至6点)时间段，在确保2发最低负荷(13吨)的同时，调节3发1号的功率，使其综合效率不至过度下降。



(图10) 负荷预测及运行计划

2) D: 实际运行

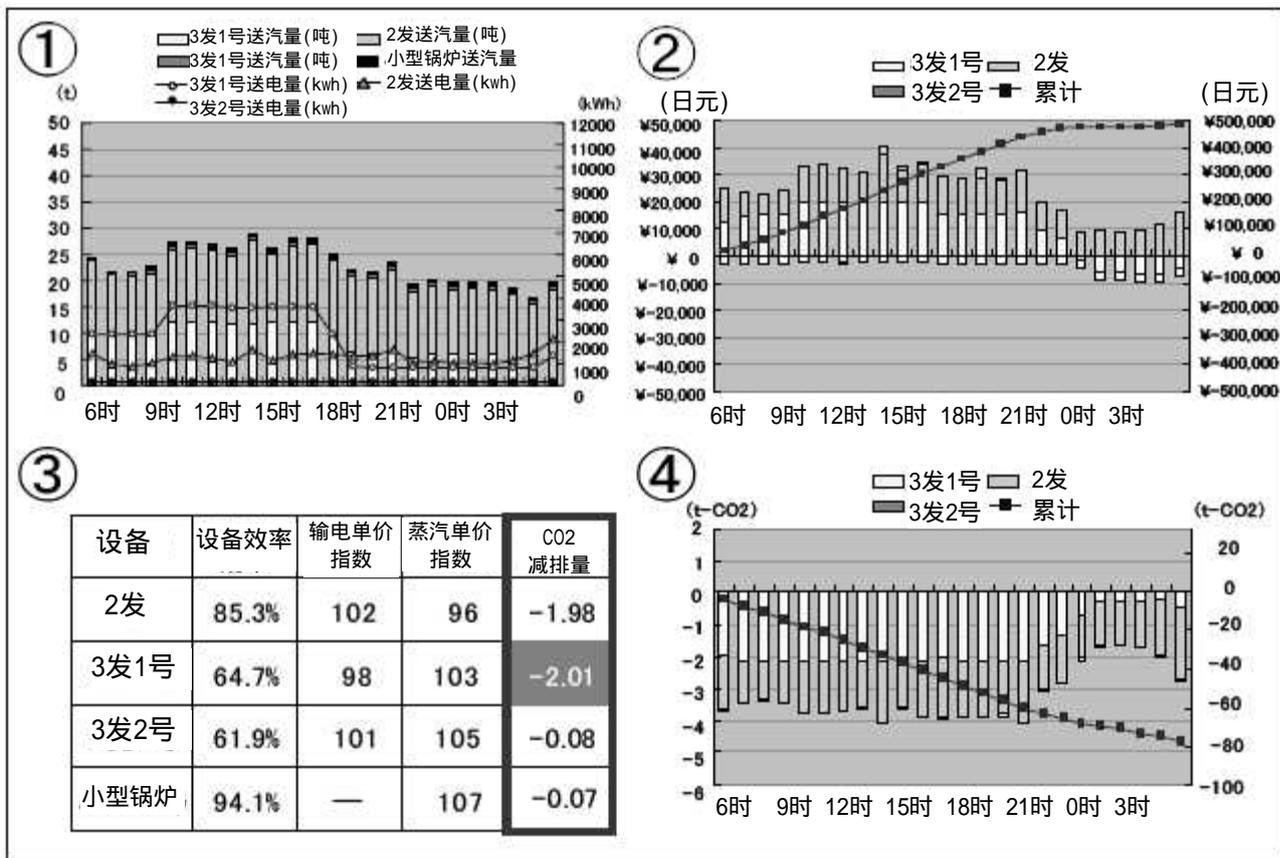
在“日报”中，以小时为单位进行监控，确认以下各项指标(图11)：

各设备的负荷分配情况；

成本盈亏；

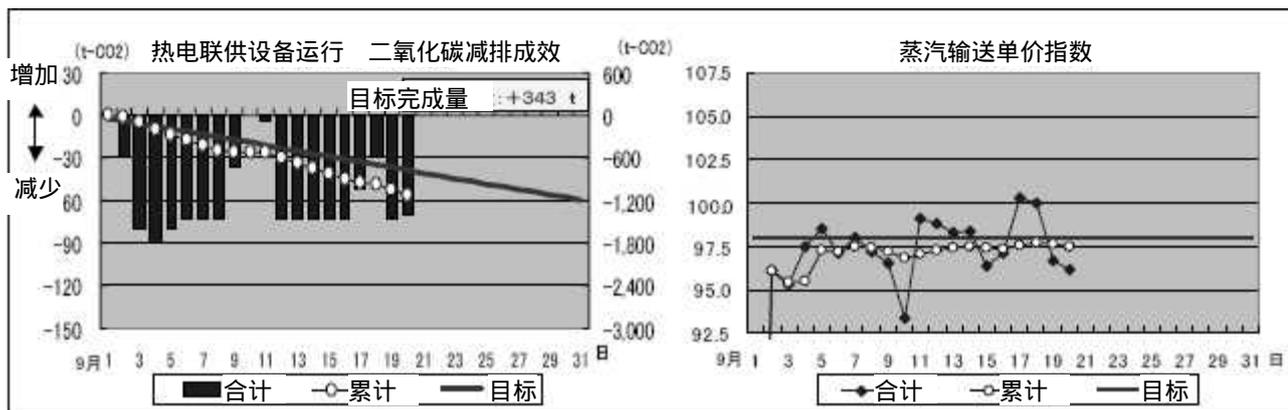
单台设备的效率、二氧化碳排放量、成本；

二氧化碳减排量。



(图11)“日报”中的每小时推移数据

在“月报”中，以月度目标为依据，“二氧化碳减排量”、“蒸汽单价”等目标完成情况是作为每日管理项目体现的。如图 12 所示，该图表的特点是：可以累计的方式判断相较于目标线的优劣情况，而目标线是以去年数据为基准的。



(图12)“月报”中的每日推移数据

3) C: 确认效率、二氧化碳排放、成本情况。

进入 10 月以后，在“日报”“月报”统计中发现连续两天各种目标值都未达到的情况。详细分析“日报”后发现 2 发和 3 发 1 号的效率都处于降低状态（图 13）。

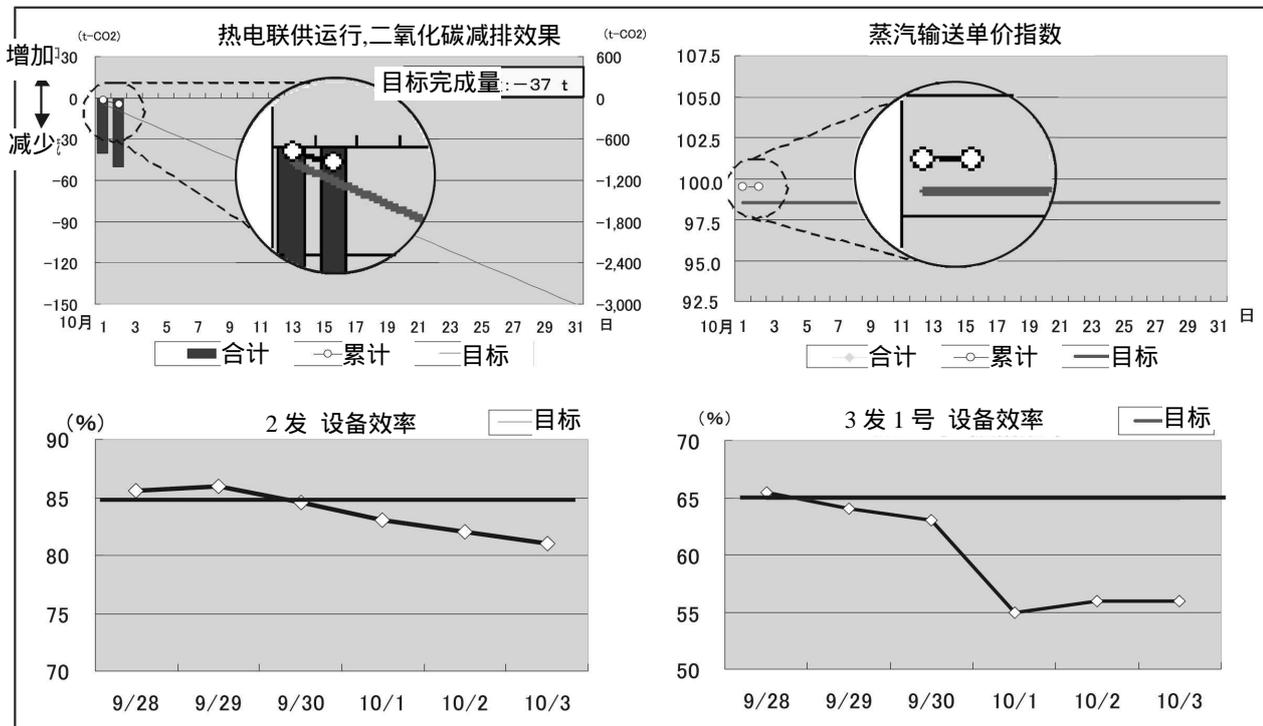
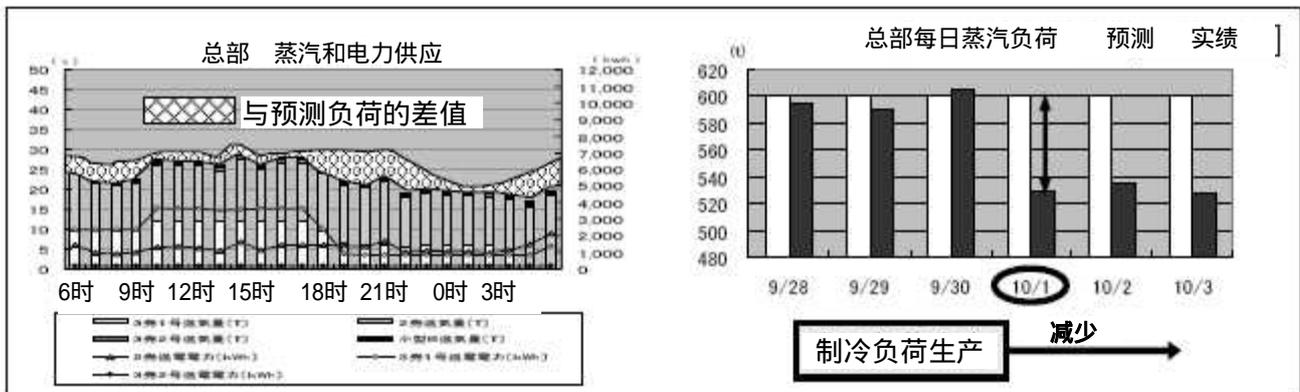


图 13 各项目标值均未达到

与负荷预测值相比较后发现，从 10 月 1 日起，蒸汽负荷平均每天降低 70 吨，变化的原因是空调负荷减少和生产减产（图 14）。



(图14) 分析未实现目标的原因

4) A: 改善

根据进入 10 月以后电力需求减少这一因素，我们提出了解决未达标问题的热电联供设备优化停机方案。我们利用以前的数据实施运行模式模拟，选择了二氧化碳排放与成本控制效果均最好的 B 方案，“以 2 发为运行主机，由小型锅炉调节负荷”。（见图 15）

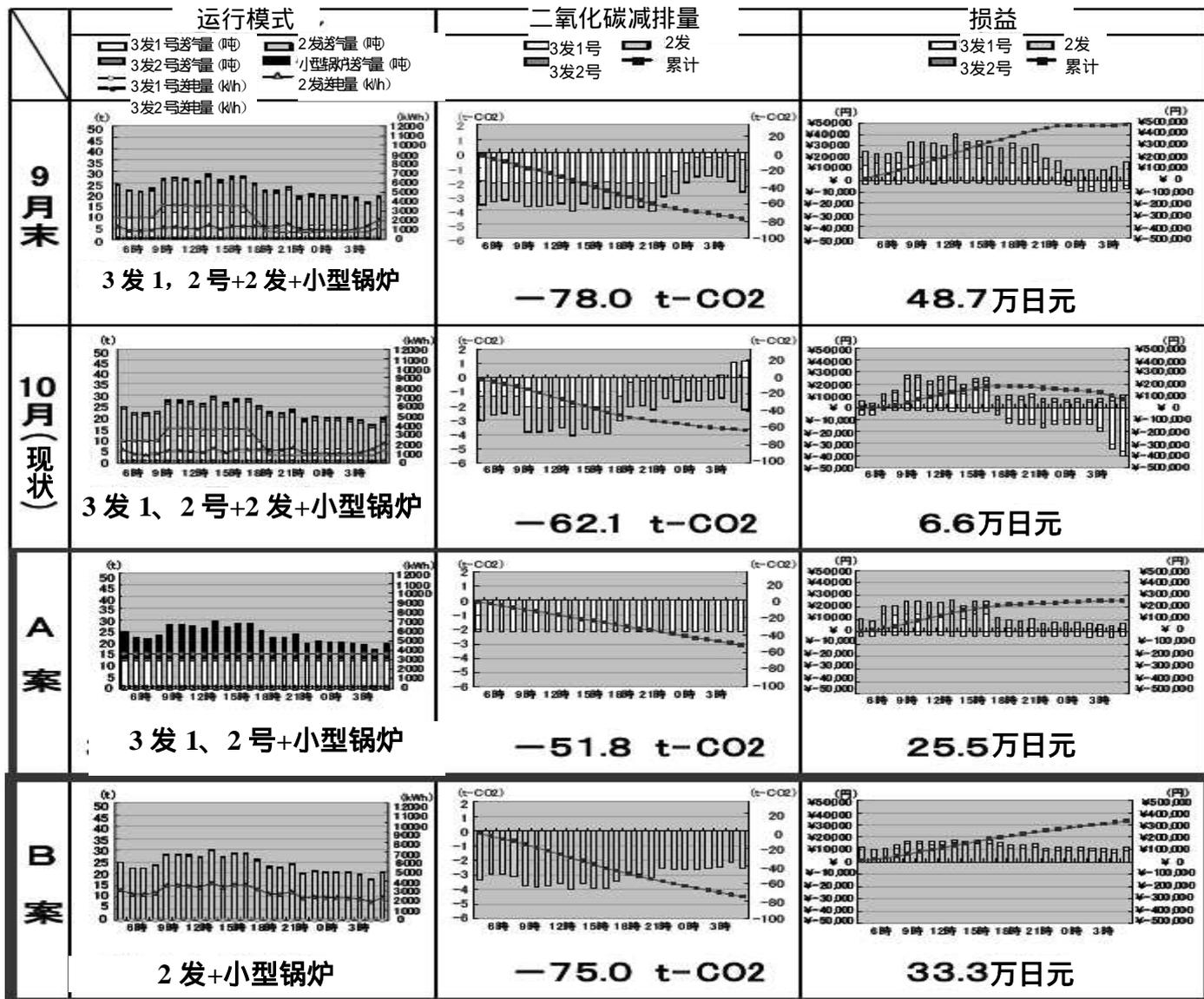


图 15 热电联供设备优化停机方案

迄今为止，我们都认为热电联供设备是应该连续运行的，但这次运用“可视化系统”却成功证明在目前生产减产（蒸汽负荷减少），燃料涨价的情况下，上述运行模式也是可选项之一；并且通过此系统还可以迅速确认在效率、二氧化碳、成本上的效果，从而加快了改善速度。

本案例获得的改善成效为：二氧化碳减排 229 吨/年，成本削减 3819 万日元/年。

(9) 对策实施的效果

我们利用“可视化系统”开展能源管理，改变了操作人员的意识，搞活了节能提案活动，2007 年度，12 个工厂总计实现二氧化碳减排 23 千吨，超出年目标值 5 千吨(图 16)；而节约成本金额达 5.09 亿日元。

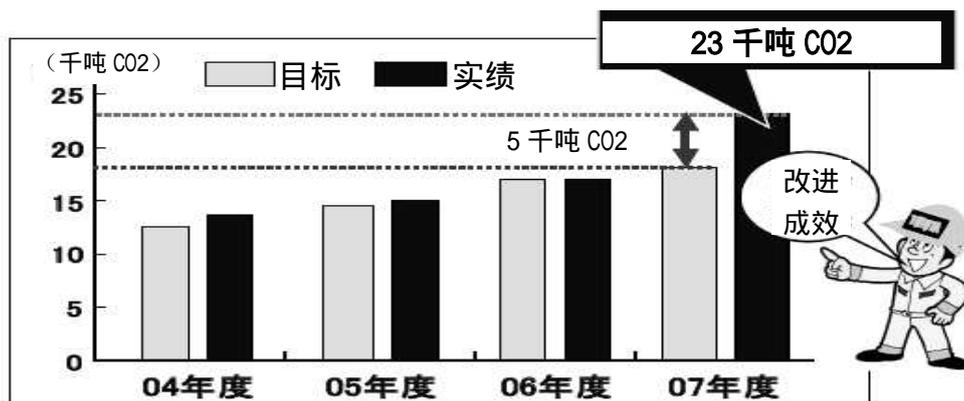


图 16 2007 年度二氧化碳减排成效

3 对策实施后的总结

从各工厂运行部门抽调人员组成的 20 人“能源效率可视化 WG”与各工厂操作人员一道，齐心协力为实现节能降耗大目标开展了各种活动，最终取得了巨大效果并使每个参与者都感受到了极大的成就感。

虽然许多企业都在利用可视化对能源实施管控，各方所使用的系统也各不相同，我公司开发的系统也并不比其他公司优秀，但是由于是自行开发的，故而简单，有针对性，可迅速修正和改造。最为可贵的是，我们为引入和贯彻系统而开展了各种活动，动力部门全体员工的“积极性”和“团队精神”产生了“创意”，使我们的系统得到了广泛的推广和运用。

4 今后的节能推进规划

目前，我们又成立了新的 WG 来推进压缩机设备的可视化，还致力于在计划部门的工作人员中推广，通过技能大赛培养人才，提高改善提案的参与度等。今后我们还将最大限度的运用“可视化系统”，以求实现更高运行效率。