

有效利用热电联供热源网络

丰田汽车株式会社 堤工厂

1. 背景

主题选定理由

堤工厂 CO₂ 减排活动以在原动力部门引进低 CO₂ 设备，在制造部门通过工厂间的零件集约（减少运转设备）、改造生产线来精简设备来推进的。虽然工厂方面逐步降低了 CO₂ 的排放量，但是在热电联供的能源利用方法以及厂房空调方面仍存在以下改善余地。

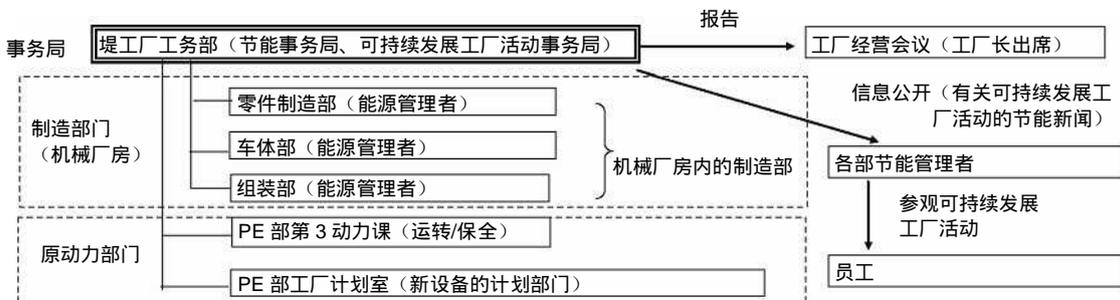
- A: 对于 2005 年底公司首次引进的 2 台 5500KW 级燃气发动机的内燃机冷却水产生的废热，由于基础利用设施尚未完善，而没有得到利用
- B: 现有的燃气轮机到了夏季，无法充分降低进气温度，发电量会降低
- C: 对机械厂房供暖的面积超过所需范围，导致使用量（重煤油和蒸汽）增加
- D: 在原动力部门通过由吸收式制冷机更新为电动制冷机，减少了夏季夜间的蒸汽需求。因此需要设定新的使用目标

在这种情况下，堤工厂成为了公司内可持续发展的工厂活动的模范工厂，该活动之一就是重新调查可利用的能源，将其作为设备及供暖设备的热源有效利用，从而实现大幅节能。此次为了在原动力设备及制造部门有效利用热电联供的热源，我们决定原动力、制造两个部门共同开展活动。

可持续发展的工厂活动：在产品、生产、地区贡献中，通过可持续的活动来实现与地区、社会的共存。堤工厂作为生产工厂的模范，将节能改善、经济林、绿色概念作为 3 大支柱，并正在推进该活动

活动经过（措施体制）

堤工厂从 30 年前开始就致力于节能活动。以前是分为制造部门和原动力部门来分别开展活动，制造部门以各制造部为主，以设备对策及日常管理的改善为主题开展活动，原动力部门是以工厂设备管理课为中心，以锅炉的高效化（获得 1997 年度大臣奖）、燃料转换、引进小型锅炉为主题开展活动。从 2005 年开始，由于公司内部组织的变更，工务部成为了堤工厂节能活动的管理部门，协调制造部门和原动力部门的节能活动。此次可持续发展工厂活动的 1 大支柱即作为节能改善的一环，就是与制造部、工厂设备工程部（PE 部）合作，致力于寻找是否有将热电联供的未利用热源应用到原动力设备及机械厂房空调的方法。



2. 掌握现状

对能源供应方的调查 [对热电联供产生的未利用能源进行调查]

由于冷却燃气发动机产生的热水在附近没有派上用场，因此未进行热回收，而是在冷却塔中自然散热。其结果如图 1 中所示，由于无法利用内燃机冷却水的热源，因此对于输入的能源，一直处于效率较差的状态。另一方面，燃气轮机在夏季是采用冷却水槽（开放型）

中的水,进行进气冷却,但是一旦户外温度上升,水槽的温度也会上升而降低进气冷却效果,这是造成发电量降低的主要原因(图2)。

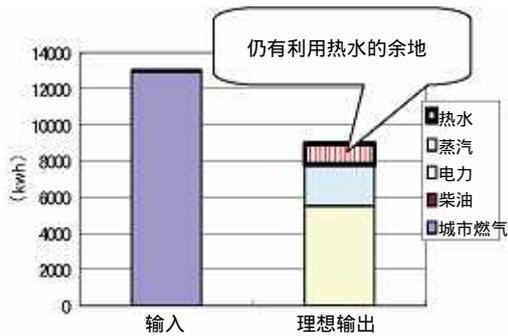


图1 燃气发动机的输出能源
对能源消费端的调查 [厂房空调、锅炉补给水]

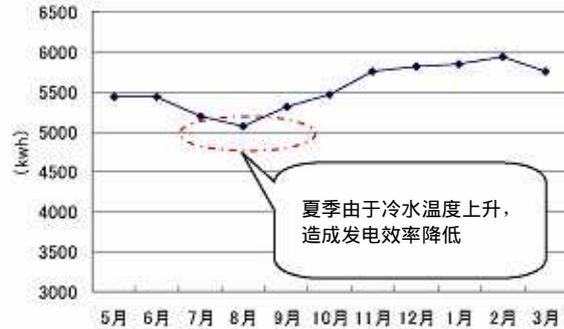


图2 燃气轮机每小时平均发电量

i. 机械厂房的供暖设备

在机械厂房内,当初主要是制造机械零件以及需要进行热处理的零件,由于零件向其他工厂集约转移,因此产量不断减少。但是2004年组装部的部分工序、以及2008年引进的车体部部分焊接工序等发生了较大变化,特别是在冬季供暖的空调能源比例(重煤油、蒸汽)近年来有增加的趋势。活动开始后不久,机械厂房与其它厂房相比较,设备及人员的占有比例较低,发热设备较少,因此对厂房供暖使用了大量的热源。北侧为整体供暖式,在门附近没有供暖管道,在车辆进出的升降门附近,有外部空气灌入。因此作业人员有很大意见,因此有些地方我们在升降门上部用蒸汽式气帘代替供暖机,使用了大量的蒸汽。由于此次对厂房平面布局进行变更,我们就借此机会,对使用气帘的地方进行了整理以及探讨了能否改变用于气帘的热源。机械厂房供暖相关的蒸汽管道图和冬季热源使用量如图3~5所示。

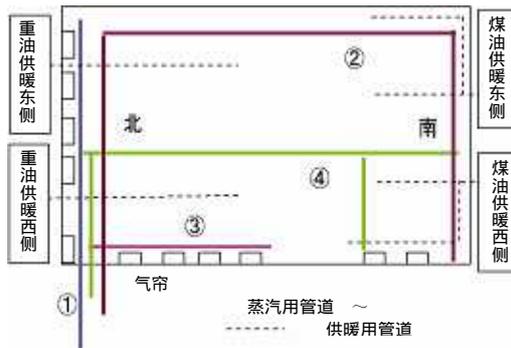


图3 机械厂房蒸汽管道图

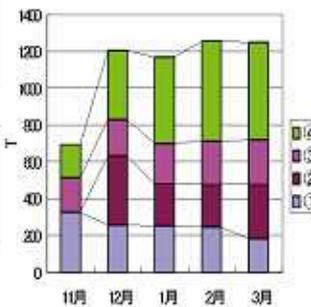


图4 蒸汽使用量

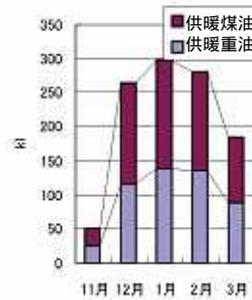


图5 重煤油使用量

ii. 锅炉补给水(原动力设备的能源损失)

在工厂内生成蒸汽时,如图6中所示,通过软化器、软水罐将补给水供应到锅炉房的小型锅炉及热电联供装置上。近年来,原动力的蒸汽供应体制由以采用大型锅炉为中心转变为采用多台小型锅炉对台数进行控制的方式,使用燃料也由重油转变为城市燃气,开展了原动力设备的节能。这几年虽然对锅炉效率进行了改善,但是如果我们将县里供应的大约20的水输送到锅炉室,生成150的蒸汽,因此需要使用大量的热能。

夏季夜间的蒸汽供需平衡

关于热电联供产生的蒸汽,由于原动力部门更新为电动式制冷机(涂装厂房用),制造部门精简了工序,因此非运转时间带中的蒸汽需求量减少,热电联供装置产生的蒸汽出现了剩余。特别是到了夏季的夜间,蒸汽需求较小,因此即使降低连续运转的燃气轮机的输出,

蒸汽量每小时会剩余大约 2t。(图 7)

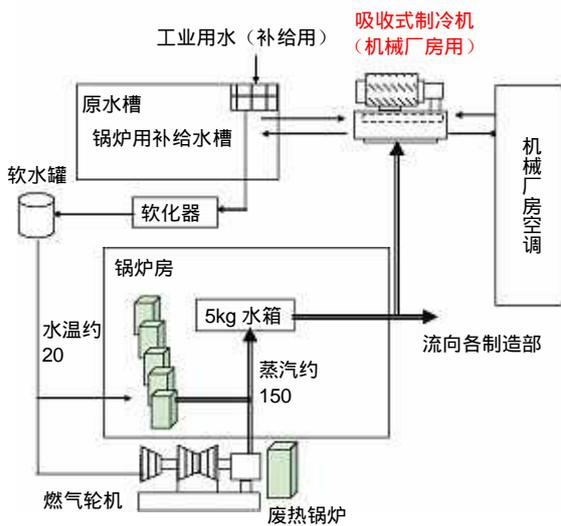


图 6 原动力设备

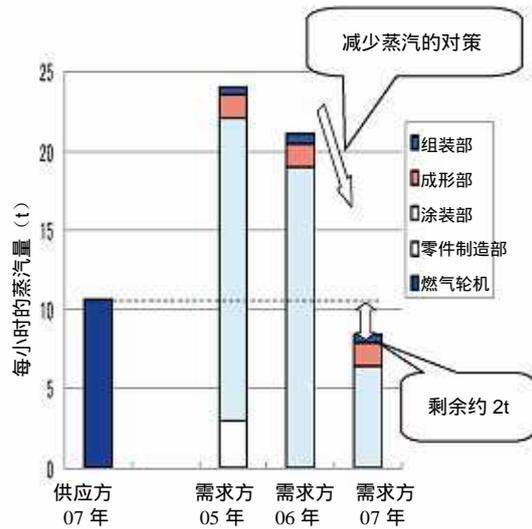


图 7 夏季夜间蒸汽量需求的变化

3. 改善内容

我们利用了闲置的水槽作为热电联供未使用热源的蓄热装置。水槽如图 8 中所示，根据用途区分为蓄热水槽和锅炉补给水槽。蓄热水槽通过在现有水槽中设置隔板，区分为接受热源的蓄热端和送水至燃气发动机及吸收式制冷机的送水端 2 层，除此之外可以沿用现有的水槽。以往利用的锅炉补给水槽是作为加热补给水的水槽使用的。温度、压力、正常/异常状态等在原动力部门的现有监控画面上随时显示，对运转进行着管理。

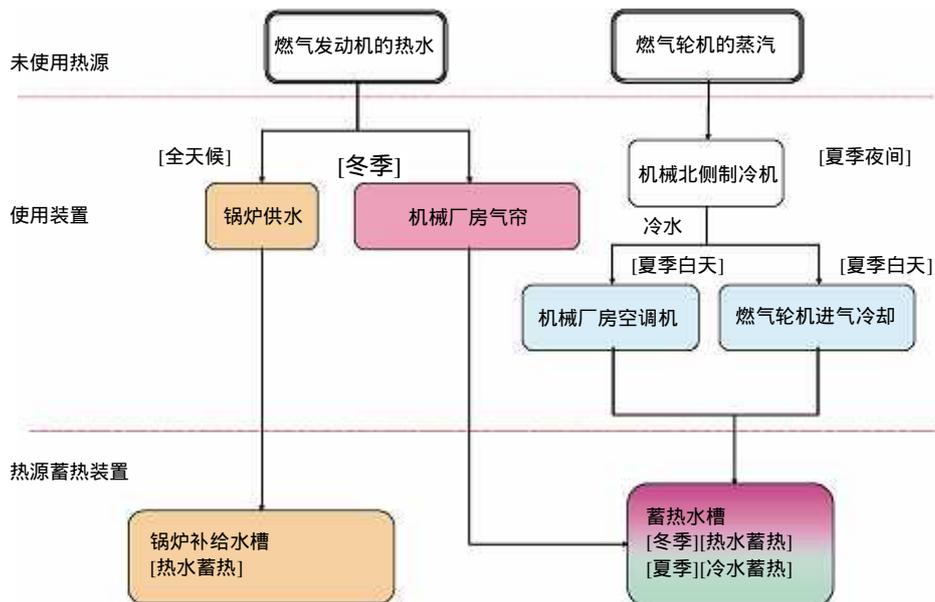


图 8 此次的热源、使用装置、蓄热装置流程

热水利用 [燃气发动机的内燃机冷却水]

热水所具有的 60 热能，其能够进行利用的转换效率较低，大约为 5%，但是这次我们发现可将冷却燃气发动机内燃机冷产生的热水充分利用到锅炉补给水的升温、机械厂房气帘的热源中（图 9）。燃气发动机的内燃机冷却后，热水通过热交换机与各水槽中的水进行热交换。

从 1 号燃气发动机的热水中能够获得大约 900kwh 的热量，将其利用到供应给锅炉补给水槽的补给水中，从而实现全天候的利用。

从 2 号燃气发动机的热水中能够获得大约 900kwh 的热量，冬季将其利用到蓄热水槽与机械厂房之间的气帘中。热水用气帘（每台约 45kwh：图 10）共计可设置大约 20 台。

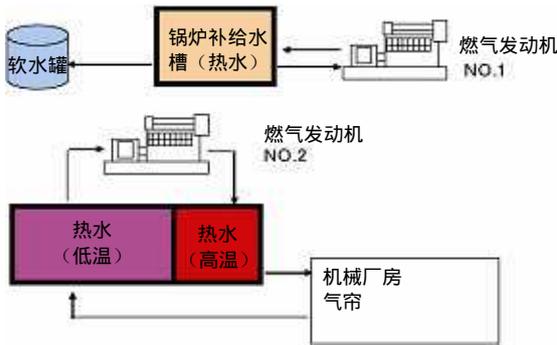


图 9 来自燃气发动机的热转移

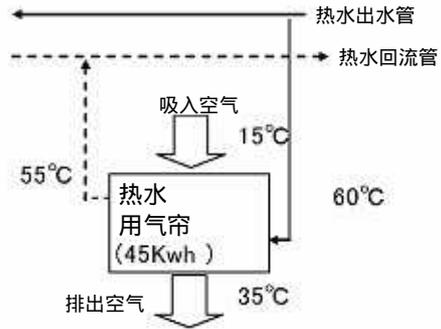


图 10 热水气帘获得的热量

消除剩余的蒸汽和利用冷水 [燃气轮机的蒸汽]

夏季夜间通过运转吸收式制冷机（额定 800RT），对蓄热水槽中的大约 450m³ 的水进行处理，生产冷水（图 11）。制冷机的热源通过利用燃气轮机的剩余蒸汽，获得蒸汽供需平衡，从而不需要制作新的蒸汽蓄能器。虽然由于生产布局的变更，在机械厂房内追加了一台作业人员用的空调机（图 12），但是根据制冷机的能力，不仅机械厂房的空调机而且燃气轮机也能够利用冷水来冷却进气（图 13）。

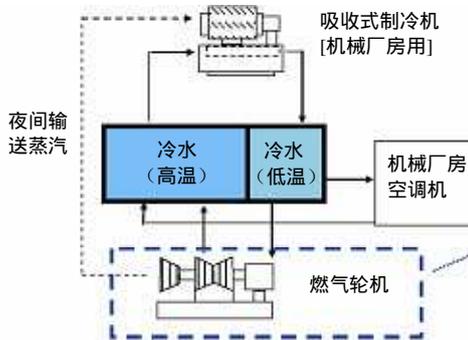


图 11 吸收式制冷机的热转移

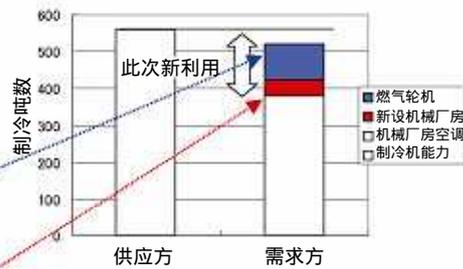


图 13 吸收式制冷机能力



图 12 机械厂房的空调机配

利用现有水槽

现有水槽（图 14）的未利用部位如图 15 中所示，我们确定了用途并加以利用。

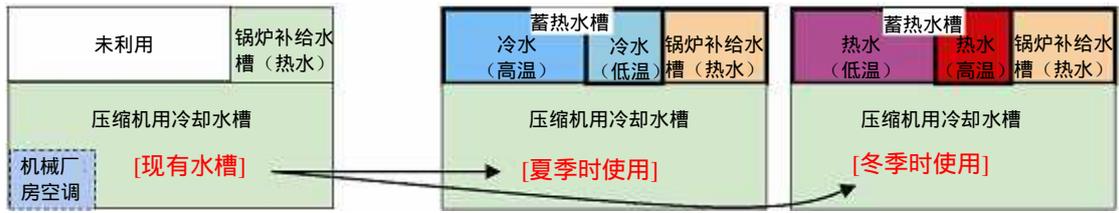


图 14 冷却水槽（改善前）

图 15 冷却水槽（改善后）

锅炉补给水槽的改造点如图 16 中所示，为了提高锅炉补给水的温度，将来自燃气发动机的回流热水管道铺设在软化器进水管附近。另外，蓄热水槽的改造点如图 17 中所示，在蓄热水槽内设置区分送水端和蓄热端的隔板，加快运转开始时蓄热端的温度上升，从而在短时间内就能够运转厂房空调。

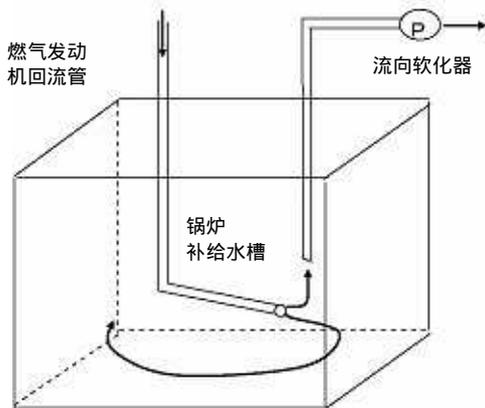


图 16 锅炉供水槽中的热源供应管道

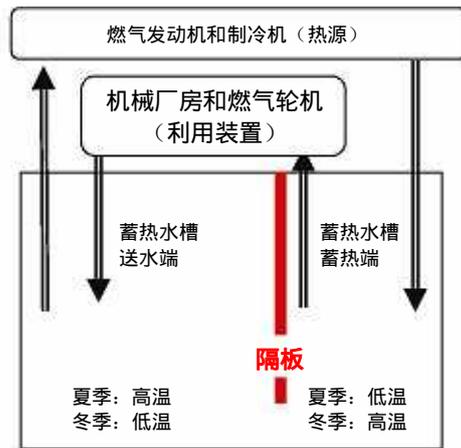


图 17 蓄热水槽中的分隔

研讨预防蓄热槽的散热 [采用绝热球]

由于此次利用的水槽为开放型，因此在热水蓄热时，向外部空气的散热量特别大。但是当前如果在水槽上设置顶盖，则水质管理比较困难，并且设置顶盖的成本（上部有冷却塔）也是一个问题，因此需要研讨更加简单的方法。此次我们在锅炉补给水槽、蓄热水槽的水面约 200m² 范围内设置了 22000 个绝热球，结果如图 18 中所示，大幅抑制了水槽表面的散热损失。另外还具有抑制蒸汽腐蚀管道及钢架的效果。

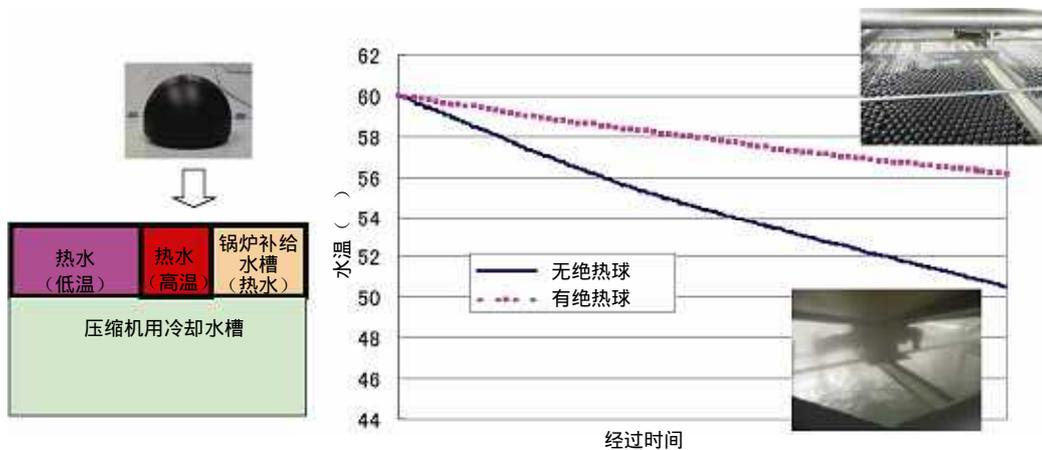


图 18 有无绝热球的温度降低情况

4. 节能效果总结

锅炉补给水的升温效果

在燃气发动机的废热回收中，执行变频控制，使锅炉补给水槽的温度达到约 55 度的恒温，每小时能够获得约 900kwh 的热能。通过利用热水，能够将锅炉所需的城市燃气使用量减少约 4%（原油换算：602kL），提高锅炉效率。

削减机械厂房的供暖用燃料

i 利用废热使热水气帘化

向机械厂房送水时，通过安装在厂房热水管道末端的压力传感器来变频控制水量。此次优先考虑车辆出入较多的地方，将蒸汽式气帘变更为 19 处热水式（图 19）。对于 60 度的热水，体感温度能够确保约 30 度的热风，能够获得与以往相同的温度（图 20）。蓄热水槽的热水温度也在 60 度附近变化（图 21）。通过连续运转气帘，具有减少供暖设备燃料使用量的效果。

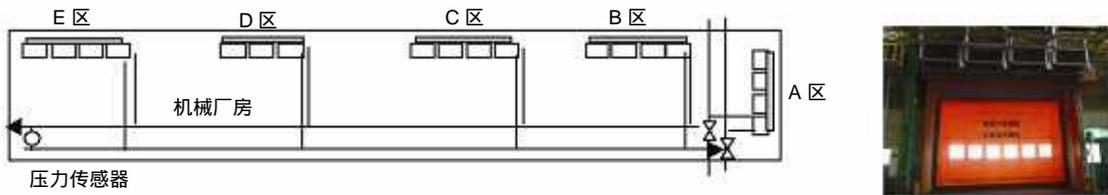


图 19 机械厂房的气帘配置图和照片

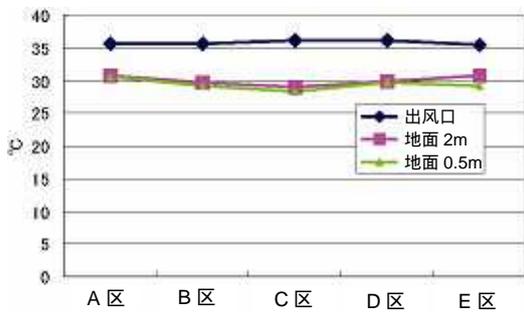


图 20 热水气帘的热风温度

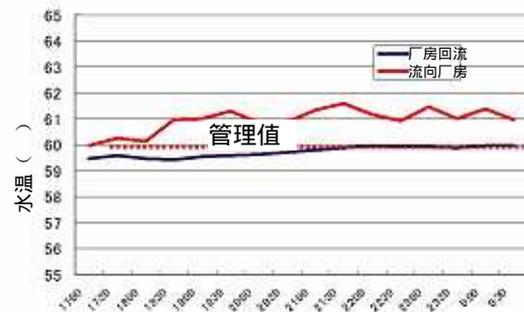


图 21 蓄热水槽的温度变化

ii 变更平面布局以及合并废除蒸汽管道

在变更平面布局时的规划中，如果存在未使用的区域，那么供暖效率会降低，因此我们通过汇总现有生产线，在追加工序时采用高效的平面布局，从而提高了供暖效率（图 22）。在此次的活动中，如图 23 中所示，通过合并以及废除机械厂房的蒸汽主管道，将蒸汽主管道由 4 条减少为 2 条（1 条热水化、1 条废除），进一步减少了疏水阀的损失。

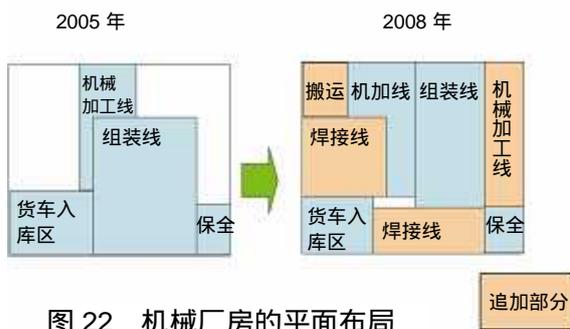


图 22 机械厂房的平面布局



图 23 机械厂房的蒸汽管道（仅、）

通过实施 i、ii 的对策，能够减少用于机械厂房供暖的重油、煤油、气帘中使用的蒸汽

量（原油换算：716kL）（图 24、25）。

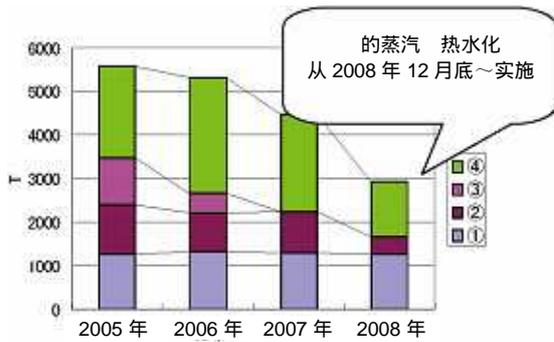


图 24 机械厂房的蒸汽使用量推移
制冷机对剩余蒸汽的利用 [燃气轮机进气冷却]

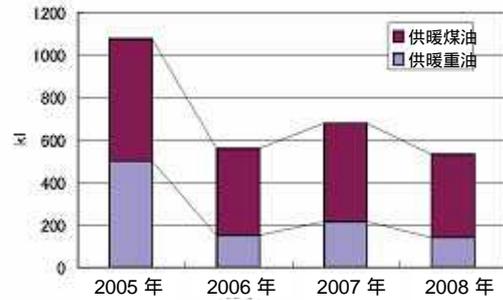


图 25 机械厂房的重煤油使用量推移

在夏季的夜晚，通过将燃气轮机的剩余蒸汽利用到吸收式制冷机上，能够降低蓄热水槽的冷水温度，平衡吸收式制冷机（机械厂房用）的运转。如图 26 中所示，夜间通过降低蓄热水槽的温度，能够应对运转开始时的制冷负荷。使用将水压送至制冷机的水泵，使蓄热水槽的冷水温度保持恒定，在机械厂房一侧的泵上，通过安装在冷水管道末端的 2 处压力传感器来进行变频控制。机械厂房空调泵当前按照 1 台的负荷，还是能够满足的，但是考虑到今后会增加设置空调机，因此需要对台数进行控制。泵的负荷达到 100% 时，将切换为全负荷运转，当负荷进一步提高时，会组合全负荷运转和变频运转进行控制。这样一来，在夏季的夜晚就能将略有剩余的蒸汽有效利用起来。（原油换算 44kL：夏季）

另一方面，使用水槽的冷水能够降低影响燃气轮机发电量的进气温度。由于吸入温度越低，发电量就越高，因此我们进行了变频控制，使进气温度保持恒温。有无进气冷却的情况如果图 27 所示。虽然对于每 100kwh 发电量的燃料使用量降低了一些，但是如果扣除新设置泵的电力增加额，也就不存在节能效果了。虽然燃气轮机的燃料使用量有所增加，但是由于自行发电量的增加，能够降低对电力公司的需求。根据燃料价格的变动，也有可能增加自行发电量的比例。而且像我公司一样，如果是产生光化学烟雾时的合作工厂，那么作为应对选项，具有可以停转其他发电设备的优势。

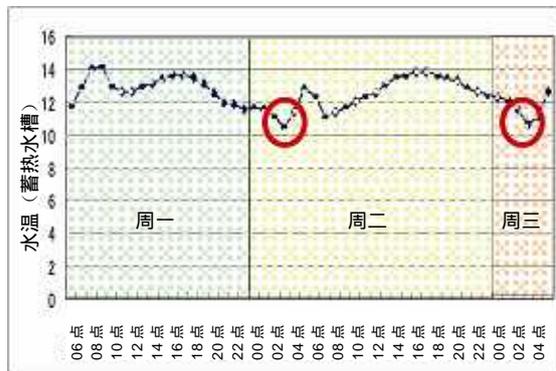


图 26 蓄热水槽（冷水）的温度变化
现有空调设备节能（～的附带效果）

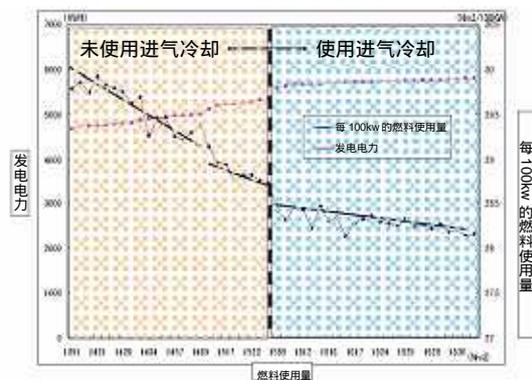


图 27 有无 G/T 进气冷却

经过此次的一系列改造，通过更新之前未进行维护的机械厂房空调泵、在新设置的泵上采用变频控制和台数控制、减少供暖运转时间等获得的附带效果，其削减的用电量如下所示：

- i 现有空调机泵的小型化、变频化 约 15kL（夏季）
- ii 减少供暖设备的诱导风扇和搅拌风扇的运转时间 约 81kL（冬季）
- iii 减少燃气发动机冷却塔泵的运转时间 约 56kL（年度）

整体效果

此次实施的节能效果总结如下：可在全年削减城市燃气及电力使用量、在夏季削减蒸汽使用量、在冬季削减供暖的重煤油和蒸汽能源的使用量。同时，通过热电联供运转，使节能效果得以持续持续。

	项目	使用的能源	效果
	锅炉补给水升温	· 燃气发动机废热	602kL
	减少机械厂房供暖燃料	· 燃气发动机废热	182kL (削减蒸汽)
		· 蒸汽主管道合并与废除	534kL (削减供暖燃料)
		· [变更平面布局]	
-1	将剩余蒸汽(夏季)利用于制冷机	· 通过利用剩余蒸汽来运转制冷机	44kL
-2	燃气轮机进气冷却		通过需求合同来降低用电费用 在燃料价格便宜时，比购电更具优势
	现有空调设备节能 [减少泵、风扇、电动机的运转时间]	1. 厂房空调用泵的小型化、变频化	15kL
		2. 减少供暖风扇、搅拌风扇的运转时间(通过减少厂房供暖设备的运转时间来实现)	81kL
		3. 减少燃气发动机的冷却塔运转时间	56kL
			共计 1514kL

5. 总结

此次通过与原动力设备的运转和保全相关人员、制造部门相关人员的合作，有效利用了热电联供的热源，实施了锅炉补给水的升温以及机械厂房内的节能。在机械厂房内，不论是否增加设备以及作业人员所占空间是否增大，都能够减少用于空调的热能，即使在工厂内也能够有效利用能源。另外，通过有效利用闲置设备，节省了投资，构建了一系列的节能系统。

6. 今后的展开

今后其他制造部的厂房也将同样对并非直接起因于生产的冷暖气设备能源进行削减，以及采用节能巡查的方式对未利用的能源进行调查和制定对策，削减热和电的能源使用量。同时我们今后仍将致力于提高职工的节能意识，全员参与，进一步推进工厂的节能。(推进和稳固可持续发展工厂活动)