



## 将送风机械化以削减工厂气体

电装公司 丰桥制作所  
制冷暖制造 3 部 生产计划室

**关键词：** 电气动力、热变换的合理化（电动力应用设备、电气加热设备等）

### 主题的概要

在以零配件加工为主体的工厂里，为了进行加工零件的控水、除去异物、零配件搬运等，需要在多个部位使用送风。并且，该送风一般使用的是用压缩机来升压的压缩空气（在本部称作工厂气体，升压至 0.5MPa）

我们这次开发出了即使用送风机制造出的低压空气（0.05MPa 以下）来进行送风，也能得到同等送风能力的方法。并且把该方法在现有设备的送风上，从简单的种类到复杂的种类这样螺旋状的提升，通过彻底的开展得到了非常好的效果。

### 该事例的实施期间

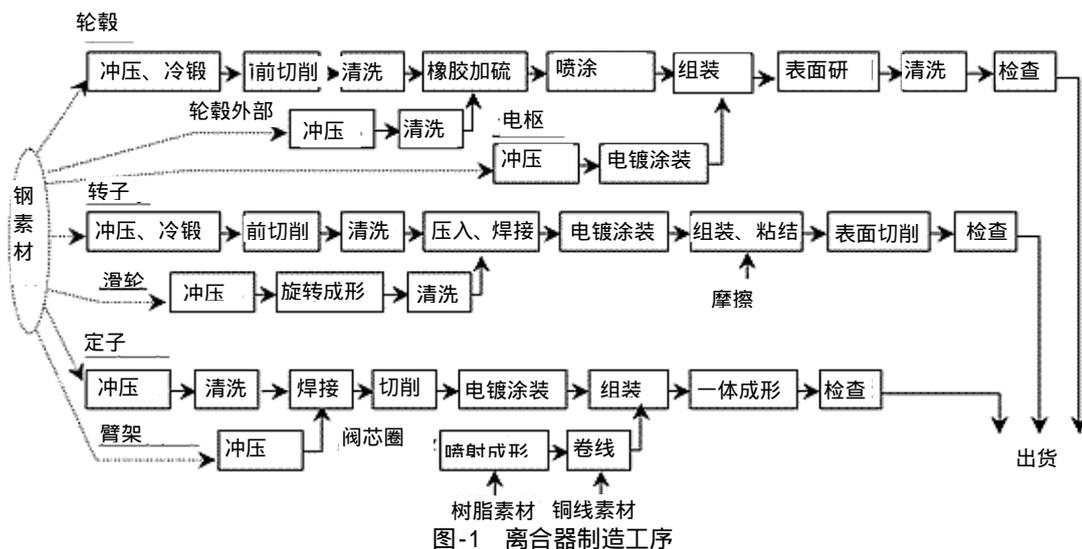
· 计划立案期间	2000 年 1 月～2000 年 3 月	（共计 3 个月）
· 措施实施期间	2000 年 4 月～2003 年 10 月	（共计 43 个月）
· 措施效果确认期间	2000 年 10 月～2004 年 3 月	（共计 42 个月）

### 企业概要（制冷暖制造 3 部）

- 生产品种 车用空调零配件（离合器、送风机、压缩机等）、CO<sub>2</sub> 输热水机
- 职员数量 1,100 名（2004 年 8 月 1 日现在）
- 能源年度使用量（2003 年实际情况）
  - 电气（买电） 64,890 MWh/年
  - LPG 711 ton/年
  - A 重油 3,363 kL/年

### 工序概要

本部主力产品离合器的制造工序如图 1 所示。由该图可知，本部主要是以冲压、切削、清洗等零配件加工为主的工厂。



### 1. 选定主题的理由

在（股）电装里，于2000年制定了“生态构想2005”，在整个公司掀起了节能运动，对产品以及产品生产设备进行针对二氧化碳的排放量的削减活动。其中生产设备的二氧化碳削减如图2所示，给各个部门规定了具体的二氧化碳削减目标，进行了推进。

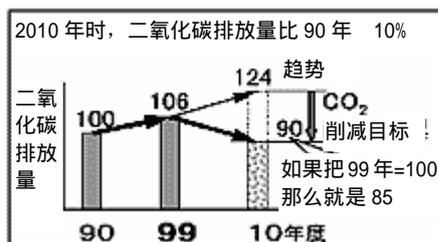
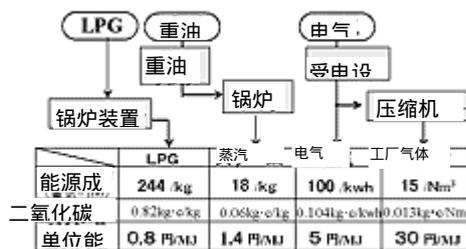


图-2 (股)电装 CO<sub>2</sub> 削减目标

像本部这样的零配件加工生产线上，为了对加工零配件进行控水、除去异物等，在很多的场合使用送风机。这种送风使用的是用大型压缩机升压的压缩空气（在本部升压至0.5MPa=以下称作工厂气体）。但是如果用单位能耗来试计算本公司各种能源成本的话，如图3所示工厂气体为电气的6倍，实在太高了，因此可知工厂气体的送风成本非常高。

如果降低工厂气体的设定气压能够大量节能、并从“从汽车窗户伸出手去，会发现风势非常强烈”这样的事例出发，假定新干线的速度（80m/sec），为了得到和它相同的吹出风速，试着计算出所需气压为0.005 MPa，非常低。从这些事实出发，为了降低成本，我们提出“采用更低的气压是否可行？”，把送风的低压化作为我们的课题，致力于实现各种送风的送风机化。



气体是电气的6倍，成本非常高

图-3 本公司的能源成本

## 2. 对现状的把握以及分析

### 2-1 对现状的把握

本部的能源使用情况如图 4 所示。从该图可知，工厂气体占能源消耗（二氧化碳排放量）整体的 20%。我们更进一步地按不同用途来看工厂气体则送风占了 53%，比一半还多。再按不同目的来对该送风进行分类的话便如图 5 所示，控水、除去异物、以及零配件搬运、排列这种由气体来实现的“物体吹运”占了 90%以上。

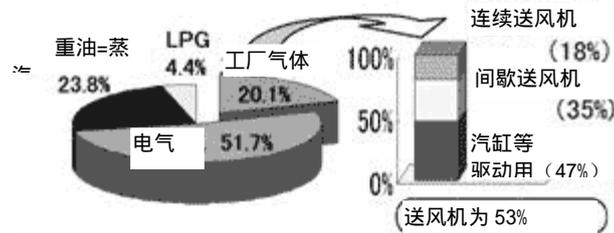


图-4 本部的能源使用（CO<sub>2</sub>排放量）情况- 99年度 -

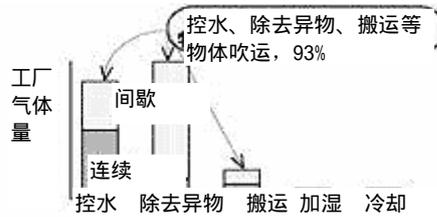


图-5 吹风的不同目的细目

### 2-2. 对现状的分析

对现有的送风情况进行调查，其中一例如图 6 所示，以 0.5MPa 供给的工厂气体中有时机内配管较细，在喷嘴旁边减压为 0.2 MPa，进行送风。

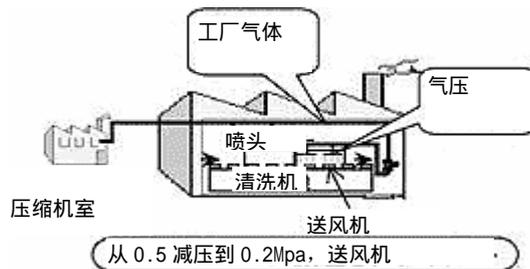


图-6 现状 清洗机送风（例）

我们根据工厂气体的状态变化计算出气体的工作量，如图 7 所示。送风的有效部分如该图所示，相对 7.61kw 动力，有效功为 3.01kw，只有约 40%，可知由于气压降低造成了大量的损耗。

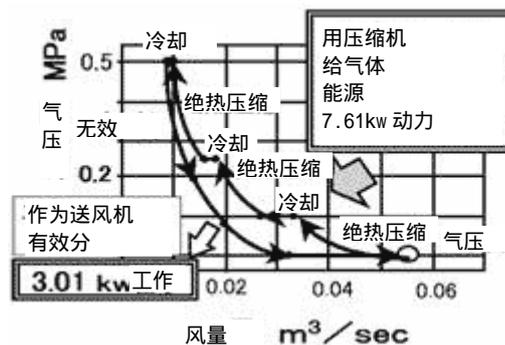


图-7 工厂气体的状态变化 (P-V 线图)

当我们更进一步从理论上对 0.2 MPa 的喷嘴部位的气体状态进行考察, 如图 8 所示, 气压从 0.2 MPa 到临界压之间, 该吹出风速为音速、比较稳定, 其后风速下降成为对象物。

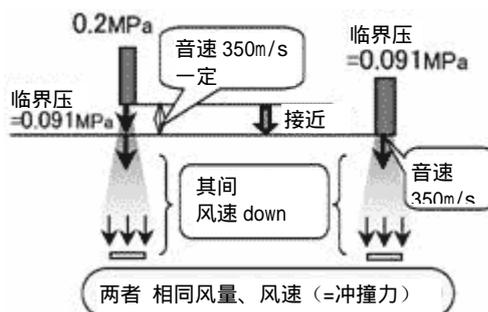


图-8 喷嘴部的气体状态

另一方面, 假定它在临界压 (=0.091 MPa) 下进行, 虽然吹出风速是音速, 但其后同样风速下降成为对象物。因此, 两者的风量 (标准状态) 相同, 进一步如图接近则两者几乎完全相同, 结果能够得到同样的送风强度。并且, 该“接近”距离为大气中从 0.2 MPa 到临界压为止的降压距离, 该距离可认为非常小。也就是说, 在用产生临界压的送风机进行送风的场合, 虽然只需要把喷嘴位置接近一点, 但是在同样的风量下能够得到同样的送风强度, 试着计算该消耗电力, 可知其只达到工厂气体成本的 1/6, 实现了大幅度的节能。

从以上事实可知, 可以说通过工厂气体 (临界压以上) 进行的送风方法能源效率极其低下。

### 3. 活动的经过

#### 3-1. 活动的探讨和配合体制

为了打破依赖于工厂气体的现状, 我们认为需要改变操作者以及技术员的意识, 把下面两点定为活动的目标进行了推进。且送风机化的对象为已有设备, 送风对象为“吹运物体”用送风。

#### 活动的目标

- 1] 通过对所有送风的研究, 让大家明白目标可能实现的条件是送风机而不是工厂气体。
- 2] 在投资允许的范围内一并进行推广, 使成果表面化, 让大家注意到工厂气体的成本较高。

#### 活动的推进方法

如图-9 所示, 反复进行下述两个步骤, 在积累经验、实际成果的基础上进行螺旋形提升改善。

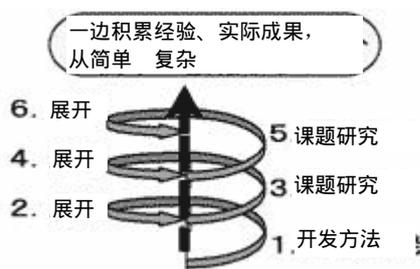


图-9 活动的推进方式 表现

- I. 开发满足送风机下送风条件的方法以及要实现目标所需要的对各种课题的研究
- II. 推广到已有设备的送风

#### 实施体制

为了一起横向展开, 公司决定让一部分业务骨干亲临现场, 于是从生产技术、设备设计、设备制作、设

备保全各部门各抽取 1 名，成立专门小组（4 名），以该小组为中心展开了行动。

### 3-2. 抽取课题和设定目标

#### 工厂气体的削减目标

我们考虑到活动成果的表面化和本公司投资标准（回收年：3 年以下），把目标定为将工厂气体使用量削减 30% 以上，在 00~03 年度一并进行推广。具体内容如图 10 所示，把目标定为削减所有的连续送风、1/3 以上的间歇送风。另外，由于间歇式送风的送风时间较短，投资回收较困难，所以把多个设备总括起来进行送风机化。

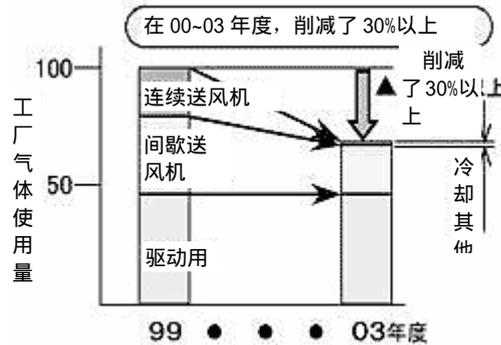


图-10 目标达成的具体措施

#### 技术课题和实行日程

要实现目标所需要的技术课题有下面 2 点，制定实行日程进行推进。

- 1] 开发出满足与已有送风强度相同、低压（送风机）下送风条件的手法。
- 2] 制定出针对各种送风形态（连续/间歇/一揽子送风）的送风机系统的开发实行日程。

#### 实行日程

实行项目	00 年度	01 年度	02 年度	03 年度
开发引入用送风机送风的方法	⇔ 开发			
开发和展开连续送风的送风系统	⇔ 展开			
开发和展开间歇送风的送风系统		⇔ 展开		
开发和展开多个设备送风的一揽子送风系统			⇔ 展开	

## 4. 措施的内容

### 4-1. 开发导出送风机（低压下）送风条件的方法

在开发方法之际，首先找出低压气压的目标值，调查各种市面上在销送风机的吐出压，其结果如图 11 所示。虽然水冷式罗茨风机能够产生临界压附近的气压，但是从成本面出发只能放弃，我们决定的前提是除该送风机之外，采用其他的各种送风机。因此，目标是开发出在比临界压更低的 0.05 MPa 以下的气压下，得到与已有设备的工厂气体送风强度相同的方法。

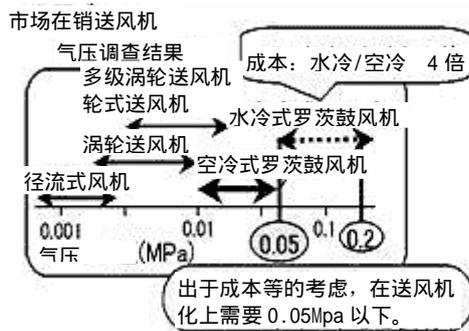


图-11 市场在送风机 调查结果

该想法如图 12 所示，“通过提高风量，减少风速下降，与现状相等的风速下为对象物”来替代现状“大幅度降低风速为对象物”。换句话说即着眼于“用风量来补充气压的低下”，开始着手于方法的开发。

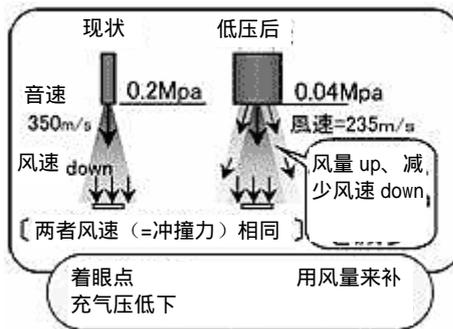


图-12 低压化的考虑方式

我们以已有设备的送风为对象，取出送风条件下的气压、风量，以其他喷嘴的位置、距离、姿势等和已有设备相同为前提，进行如图 13 所示的试验，求出与工厂气体相同冲撞力的送风机送风条件。

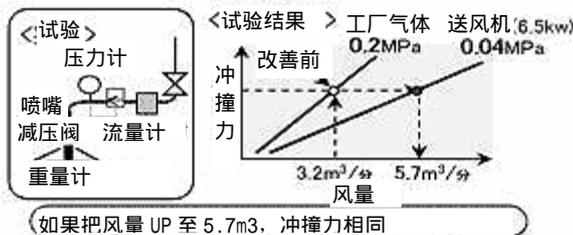


图-13 求出相同冲撞力下风量的试验

以该结果为基础，如图 14 所示在机器上进行了验证。结果得到了与工厂气体相同的送风强度，并得到了能源成本 1/5（回收年 1.2 年）的良好成果。

与此同时，也实际证明了“工厂气体下的送风效率低下，通过此送风计划能够得到良好效果”。

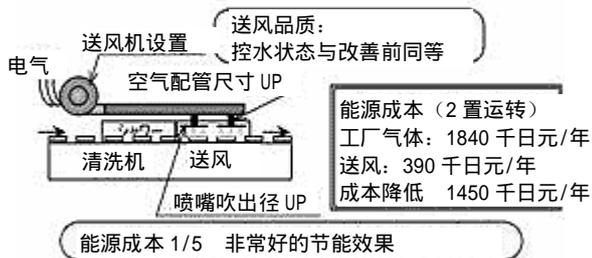


图-14 改善后的清洗机送风

#### 4-2. 连续送风的送风机系统的开发和推广

我们首先着手于工厂气体使用量较大、仅通过我们开发的方法就能够实现的连续送风的送风机化。

在我们进行研究的同时，为了能够将该计划一并推广，如图 15 所示，在各种条件下进行前述的试验，从该数据出发求出近似式，开发出“不用逐个进行试验，通过输入已有设备的送风条件，计算出送风机送风条件”的程序。由于低压化上存在极限，从作用在流体中物体的力的理论式和试验数据中求出该低压化的限值。

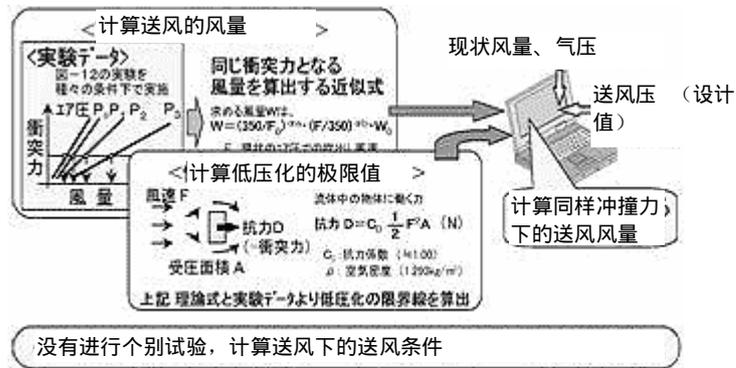


图-15 送风机下条件的计算程序

作为向外推广时的必需工具，我们自动计算了为支援配管设计的压损，进行了替代喷嘴的开发。另外如图 16 所示对多用作气体源的罗茨风机进行了标准化。并且在调整送风强度时，通过变压器来调整旋转数。

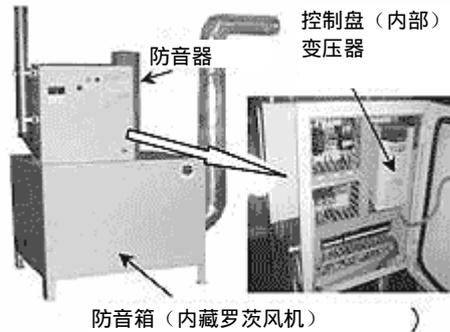


图-16 罗茨风机的标准化

对已有设备的推广情况如下述采取 5 项措施后的效果所示，共计实施了 39 台，能够将能源成本降低 60.2 百万日元/年（回收年 1.5 年），获得了很大的成效。

关于送风品质方面，也得到了操作者的评价：“与其说相同，不如说比以前更强了”，“由于罗茨风机送的是热风(MAX80)，控水效果比以前更好了”，这加深了我们对于送风机化的信心。

#### 4-3 对间歇送风的送风机系统的开发和推广

如图 17 所示，接下来我们着手于间歇送风的送风机化。

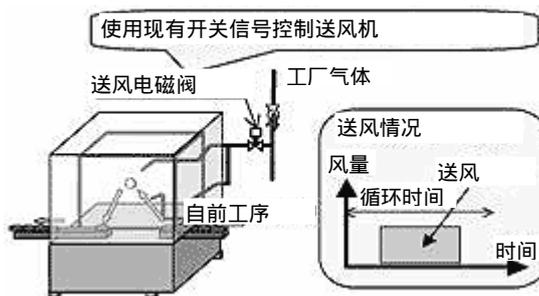


图-17 间歇送风一例

因为我们的目标是希望在已有设备上整体推广，所以避免改变已有的电气控制线路（时机、时间 等的变更），以照原样使用现有送风间歇信号的送风机化为目标。  
该场合的课题存在下述两点。

- (1) 使用罗茨风机时的高温对应（防止停止时的温度压力损害送风机）
- (2) 对送风机高速追随性的追求（如何快速地开启送风机）

我们采取的高温处理措施通过在送风停止时将送风机 Lo 运转，由此实现在少风量、极低压的冷风下从送风机的内部开始进行冷却，通过变压器来实现 Hi-Lo 运转。另外通过变压器的 Pr 设定来处理高速追随性。由此进行各种测试，求出最佳变压器 Pr（例如罗茨风机中，Lo 运转频率：15hz、加速时间：0.3 秒等），实现标准化以进行推广。另外，我们还确认了在 Lo 运转时浪费的消耗电力为罗茨风机的场合 60Hz 运转时的 1/10 以下。关于把本系统推广到已有设备的情况如 5 项对策后效果所示，虽然从投资标准出发一共只实施了 45 台，但获得了能源成本降低 36.7 百万日元/年（回收年 2.3 年）的良好成效。

#### 4-4. 对多台设备一揽子送风机系统的开发和推广

为了实现“降低工厂气体 30%”的目标，希望推广到投资效果较低的间歇送风，致力于多台设备的一揽子送风机化。

图 18 中显示了投资效果较低的间歇送风的一例。在该例中，由于工厂气体使用量较少，处于无法投资的情况。因此将这些设备多个总括起来将之送风机化。

在这种场合存在着下述技术课题。

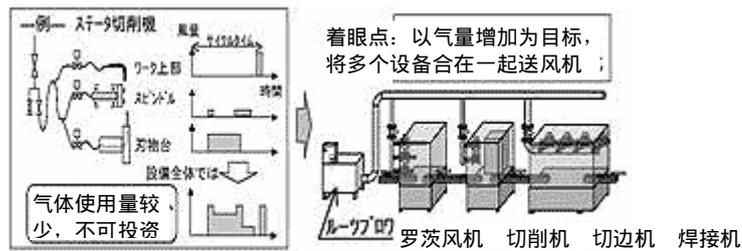


图-18 投资效果较低的送风例和多台设备的一揽子送风机化

##### (1) 对包含零的复杂、高频的风量大变动的对应

一般处理风量变动的方式有储气罐式，为了顺应其条件，对罐容量进行了试计算，得出结果为由于低压的缘故需要十分巨大的罐体，因此不可能进行设置。

因此我们以采用气压较高的罗茨风机为前提，采取压力 PID 控制来处理风量的变动。另外，由于“在 PID 控制下进行零风量操作时，会出现如图 19 所示‘滑动旋转数’导致持续旋转，异常高温”，因此我们认为要处理零风量需要引入 ON-OFF 控制。

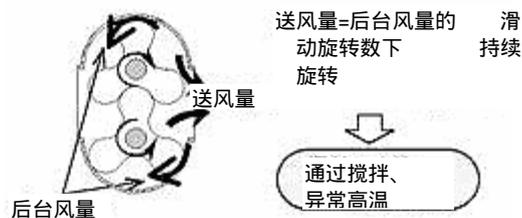


图-19 PID 控制下风量为零时

因此如图 20 所示，设计出综合了压力 PID 控制和 ON-OFF 控制的新型控制方式（命名为压力&ON-OFF 控制）。

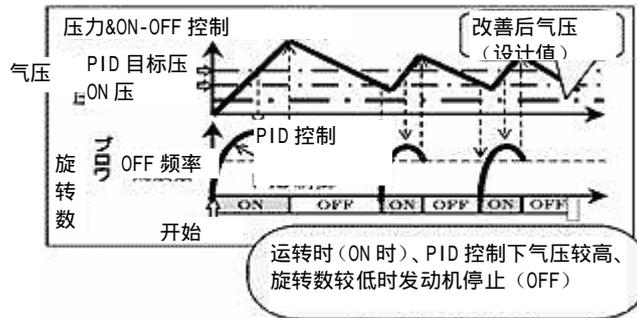


图-20 新控制方式：压力&ON-OFF 控制

并且，以该压力&ON-OFF 控制为基础，从“气压太高也不是问题”的经验出发，以改善至气压变动下限值以下后设定气压为前提，研究最佳变压器 Pr 与罐体的极小化，由此在各种条件下进行了测试。从其结果可知：罐体容量为最大吐出风量 × 1.5 秒即可，另外改善后的气压（设计值）为：PID 目标压 = 0.05MPa 时 0.03MPa 以下即可。把该场合的变压器 Pr 作为最佳 Pr，实现了标准化。另外为了顺应送风机的过度运转，研究了马达的直接联结化以及冷却扇的单独化。

本系统的实施例和其时的气压变动与频率变动如图 21 所示。

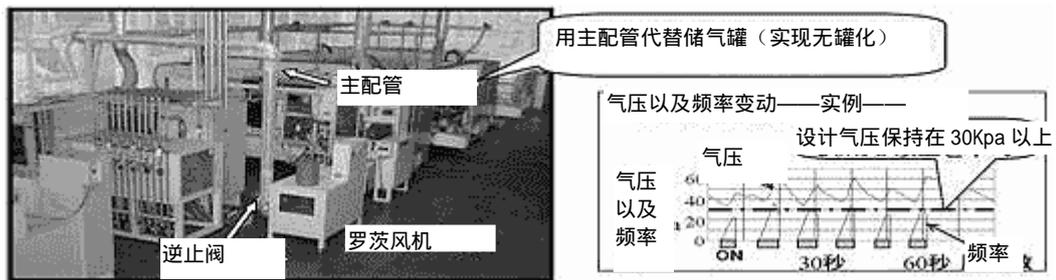


图-21 多台设备一揽子送风机化实施例和气压变动与频率变动

本系统的展开情况正如采取 5 项措施后的成效所示，实施了共计 80 台/10 件，获得了能源成本降低 21.9 百万日元/年（回收年 3.2 年）的良好成果。

## 5. 采取措施后的效果

### 本活动获得的成果

本活动的展开情况和工厂气体/电力的 CO<sub>2</sub> 削减量如图-22 所示。

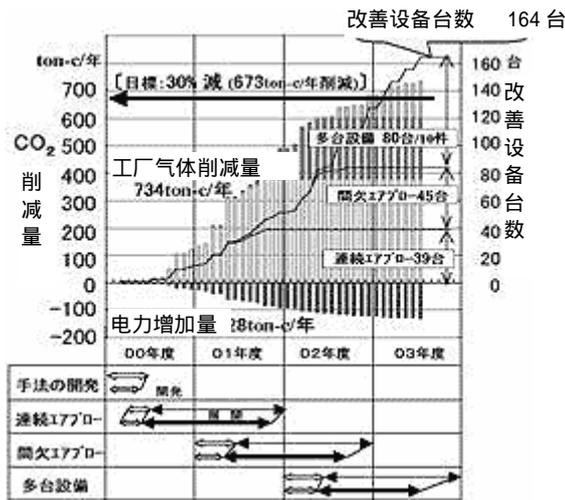


图-22 本活动的展开情况和工厂气体/电力的CO<sub>2</sub>削减量

将本活动归纳总结为下表。

	连续送风机	间歇送风机	多台设备	合计
CO <sub>2</sub> 削减量 t-c/年	306.6	187.7	110.8	605.3 t-c/年
工厂气体 电力	379.2	223.2	131.1	733.7
改善台数 台	▲ 72.6	▲ 35.5	▲ 20.3	▲ 128.4
节能金额 百万日元/年	39	45	80/10件	164 台
	60.2	36.7	21.9	118.8 百万日元/年
投资回收年 年	1.5	2.3	3.2	平均 2.1 年

提前了5个月(03年10月)对合计164台的设备进行了改善,在CO<sub>2</sub>的削减量上,虽然电力增加了128ton-c/年,但工厂气体削减了734ton-c/年,这样总体上削减了605 ton-c/年。

另外,能源成本大幅度下降了118.8百万日元(回收年:平均2.1年)。

### 本部的CO<sub>2</sub>削减情况

从99年度开始的本部CO<sub>2</sub>排放情况如图23所示,在生产不断增长的同时,排放量确实下降了。特别是工厂气体上可看出比99年度大幅度降低了58%。

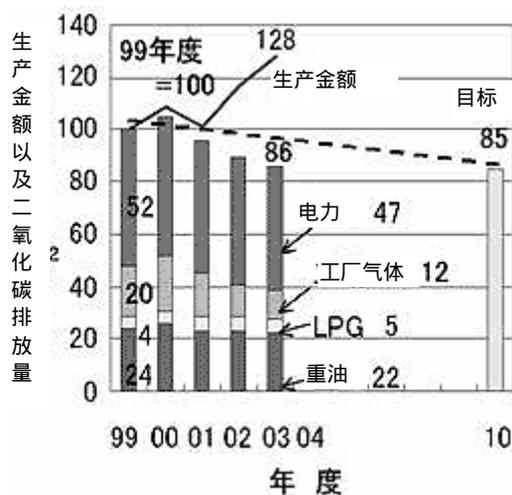


图-23 冷制3部CO<sub>2</sub>排放情况

抽出该工厂气体的CO<sub>2</sub>排放情况,再加上本活动成果即如图24所示,通过本活动工厂气体削减了33%,实现了

我们的目标“降低30%的工厂气体”。

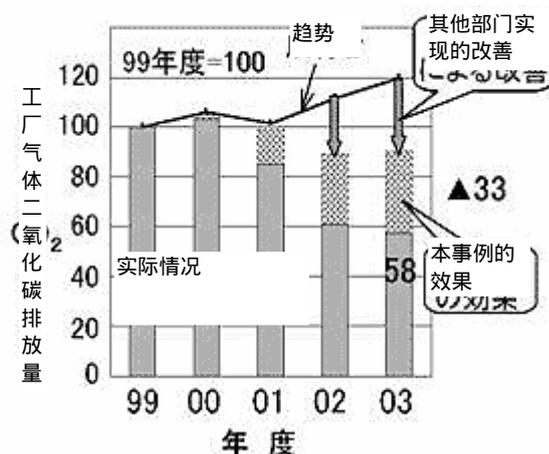


图-24 工厂气体 CO<sub>2</sub> 排放情况

自 02 年以来，除本活动以外，也从其他方面研究如何降低排放量。即防止作业人员引起的漏气、技术员采取的使气泵等气体驱动机器的内燃机化等，从工厂气体的改善出发以降低排放量的措施，从这些事实出发，可知“改变作业人员以及技术员的意识”的目标也实现了。

## 6. 总结

一直以来被认为是常识的（临界压以上的）由工厂气体进行的送风，从该理论考察出发，可知其效率非常低。且以应打破该常识的“操作者、技术员的意识改变”为目标，

- 1) 已有设备的所有送风的送风机化
- 2) 一并展开以及在投资许可范围内的彻底展开

的两点为命题，以(1)手法的开发 (2)连续送风 (3)间歇送风 (4)多台设备的路径，在积累经验、实际成果的同时进行螺旋形改善。

在对其进行推广的时候，从已有的送风条件计算出送风机下送风条件等出发实现各种标准化的同时，推广“送风的机械化”。结果取得了超目标（削减30%）的成果，削减了33%的工厂气体。

另外，在本活动中也有以已有设备为对象，对本部 CO<sub>2</sub> 削减目标作出了很大的贡献，同时在操作者、技术员中也产生了“工厂气体成本高、浪费大”的意识，削减了更多的工厂气体。

## 7. 今后的计划

至今为止研究出的技术不仅针对全公司、关系公司等，也希望推广、普及到公司外。在致力于研究如何将该技术在新设备中进行推广的同时，今后也将努力制造环保型的生产设备。

经济产业大臣奖 |