

## 使用活用统计学方法, 实现热处理炉的节能

丰田汽车公司 明知工厂

差动齿轮制造部 热处理改善小组

关键词： 加热、冷却、传热合理化（加热设备等）

### 主题概要

通过缩短热处理炉的循环时间和提高处理数量的改善举措，收到了显著的节能效果。但是，由于在产品的质量方面，存在一定风险，为保证产品质量，需花费大量劳力，所以至今未能实施。

这次我们所介绍的事例，是通过活用统计学的方法，把保证质量所需的各种检验劳力控制在最小限度，有效地实现了节能。

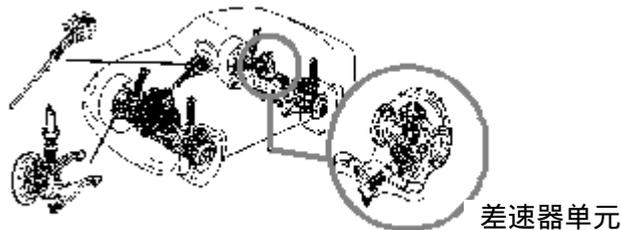
### 本事例的实施期间

· 计划立案期间	2004 年 1 月	~	2004 年 5 月	共计 5 个月
· 措施实施期间	2004 年 6 月	~	2006 年 12 月	共计 30 个月
· 措施效果确认期间	2007 年 1 月	~	2007 年 6 月	共计 6 个月

### 企业概要(明知工厂差动齿轮制造部)

· 汽车用机械加工组装工厂 生产品种

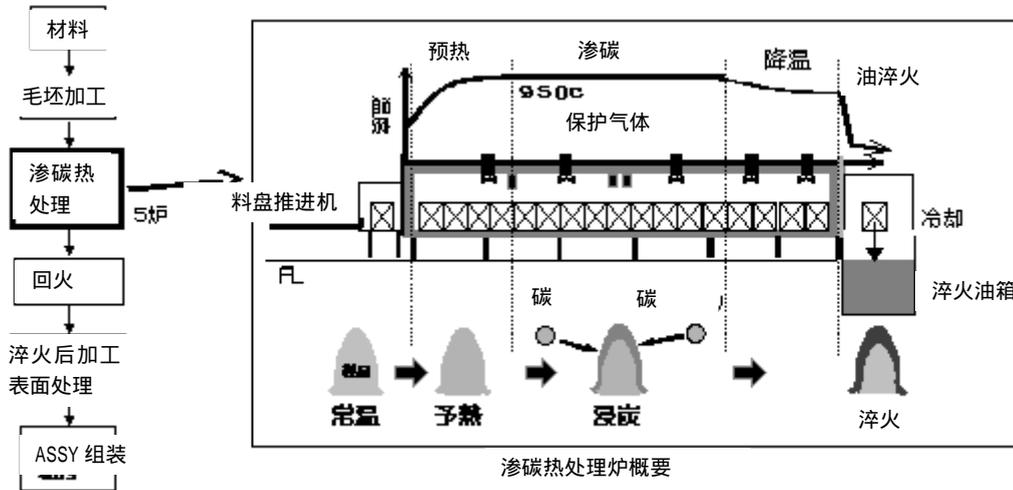
FR(后轮驱动)系高级汽车用差速器单元



· 从业人数 693 人 (截至 2007 年 8 月)

· 第一种能源管理工厂

### 对象设备工序



### 1. 选定主题的理由

我们遵从“丰田地球环境宪章”，以此作为明知工厂的一项环境方针，通过积极地开发、引入节能、节源的环境先进技术，提出了实现一流水平的目标。

作为热处理改善小组，有必要将该项方针定位为重点主题，开展活动。

### 2. 现状把握和分析

#### (1) 现状把握

观察一下齿轮加工工序的能耗比率，可知热处理工序占 27%。

(图 1)

热处理工序	288Mwh/月
切齿加工	192Mwh/月
产品组装	116Mwh/月
其他	467Mwh/月
共计	1,063Mwh/月

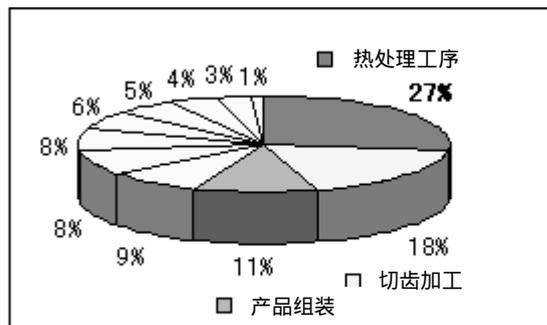


图 1 齿轮加工工序的耗电比率

## (2) 现状分析

响应环境方针，力求创建一流水平的工厂。  
在热处理工程水平这一方面，我们将单位能耗与制造同类产品的其他公司进行了基准测试之后，发现我们还未达到一流水平。  
假设具备一流水平的A公司为100，那么丰田明知为115。（图2）

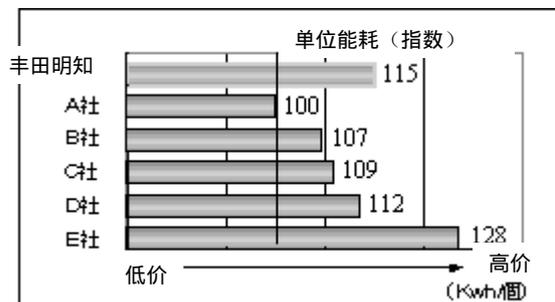


图2 与其他公司的单位能耗的比较（指标）

## 3. 活动经过

### (1) 实施的体制

每个工序的改善组分为3个组。由制造技术员的主任担任热处理改善组的负责人，积极地采用现场人员的改善提案，优先推进有效方案。在节能主题方面，听取节能事务局方面顾问意见的同时，推进节能活动。

（图3）

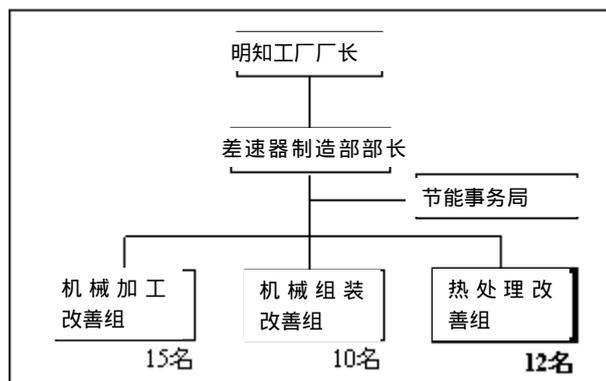
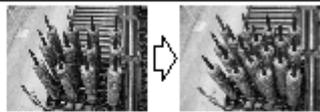
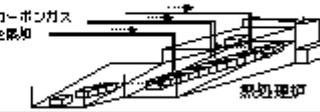
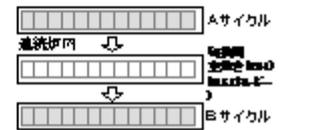


图3 节能工作的体制

### (2) 设定目标

基于同其他公司基准测试得到的结果，确定了将单位能耗提高至一流水平的目标，抽取、选定了水平提升项目，并付诸实施。（表1）

表 1 热处理单位能耗提升水平的推动计划

期间	水平提升项目	单位能耗	削减量
2003 }	产品装载率提升 增加处理料盘内的产品装载数量，提高处理效率。		在其他最佳 100 公司以下 180 GWh/年 以上削减
2004 }	以高浓度气化提高处理速度 把含碳的气体放入炉内，提高渗碳速度。		
2006 }	处理周期段的更换损耗为零 在一台炉内处理所需处理时间不同的产品时，需要变更条件的空烧时间。整合产品周期，把空烧损耗时间降低为零。		
2007			

(3)问题点及其研究

- [1] 在实施水平提升项目 I~III 的过程中，需要确认表 2 中要求质量特性的 20 个项目。
- [2] 热处理炉是通用设备，需要处理的品种很多，需要确认 54 种。
- [3] 在对热处理条件变动引起质量偏差的情况进行确认的时候，样品数量需达到 N=20 个。(图 4)
- [4] 在质量特性 20 个项目、54 个种类、样品数量 20 个的条件下，进行质量确认的时候，测定工时达到 5000 小时、产品试件需要 1800 个，这需要大量的劳力，是个大问题。
- [5] 如上所述，就是本次选定的提升水平项目之所以不能实施的理由。在不降低质量的前提下，不能保证有效的评估，那就无法实施。

表 2 质量要求特性

淬火性	淬火变形	
	齿轮变形	整体变形
·表面硬度·内部硬度·渗碳深度·金属组织	·齿轮接触·齿轮振动·齿形、齿向·齿距  ·E/P	·轴振动·花键大径·花键小径·喇叭口·弯曲·BBD·OBD·圆筒度·内经·a 尺寸
	综合	
	·ASSY 振动	

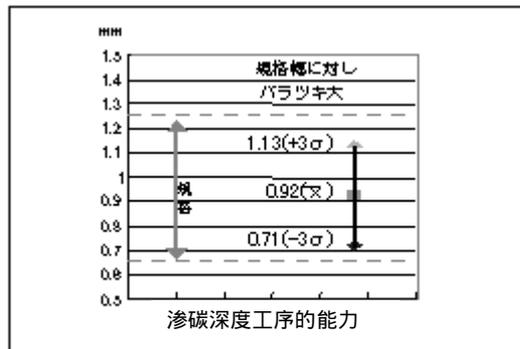


图 4 质量偏差 (例:渗碳深度)

#### 4. 措施内容

现在的质量保证方法一般采取截断、破坏检查。因此，由于无法对所有产品进行检查，只能通过抽取批量生产的一部分进行检查，据此把握、保证批量的整体水平。在这种确定方法上使用了统计学方法（SQC）。并且在丰田公司，该方法除了用于确保质量外，还被广泛应用于解决其它问题，在推进改善活动中，被认为是一种行之有效的办法。这次，就使用该方法，对是否能进行有效的评估，展开了讨论。

##### (1) 偏差因素解析

通过系统图（图 5），提炼了推进水平提高项目时，影响质量偏差的因素

运转 . . .

总热量处理炉，全年使用，没有影响。

料盘内位置 . . .

炉内空气气体浓度的变化，造成不同产品搭载位置不同，有可能引起存炉内温度不平均，因此影响很大。

产品 . . .

炉内空气气体流速的变化，造成产品形状不同，因此影响很大。

测定 . . .

测定者、测定机器、产品规格和目前相同，没有影响。

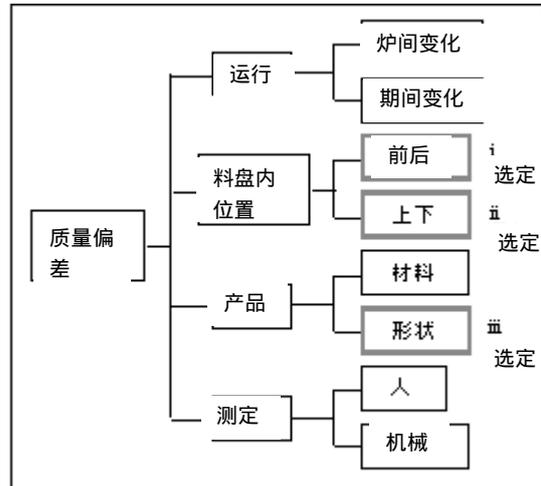


图 5 造成质量偏差的原因系统图

##### (2) 活用统计学方法的试验计划

这次，以质量要求特性的 F20 型表面渗碳硬化深度为例，进行说明（图 6）。

根据偏差因素的分析结果，使用统计学方法之一的配置试验，就料盘内产品的位置关系、形状的不同是否会造成明显的偏差差值进行了调查。（表 3）

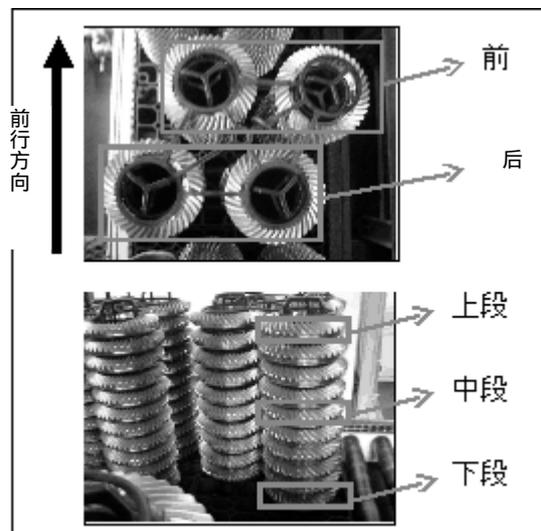


图 6 实验货物形状

表 3 配置实验

因子	水平
A 产品位置(前后)	A1:前 A2:後
B 产品位置(上下)	B1:上段 B2:中段 B3:下段
C 产品的大小	C1:大 C2:小

### 3) 试验结果

根据试验得出了下述结论。

#### [1] 产品位置前后的关系 (图 7)

表面渗碳硬化深度: 前 < 后

特征判定

(前后是否存在明显差别)

$F_0$ (分散比)=5.93

不存在明显差别

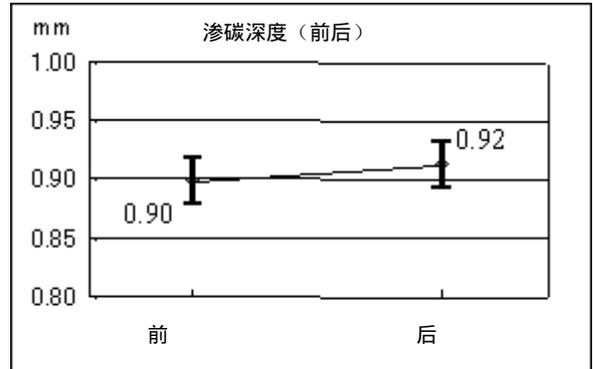


图 7 产品位置前后的的关系

考察 . . .

炉的结构为连续炉，料盘之间试件相同，前后炉内没有发生空气差。

#### [2] 产品位置上下关系 (图 8)

表面渗碳硬化深度: 中段 < 下段 < 上段

特征判定

(上下是否存在明显差别)

$F_0$ (分散比)=29.00

存在明显差别

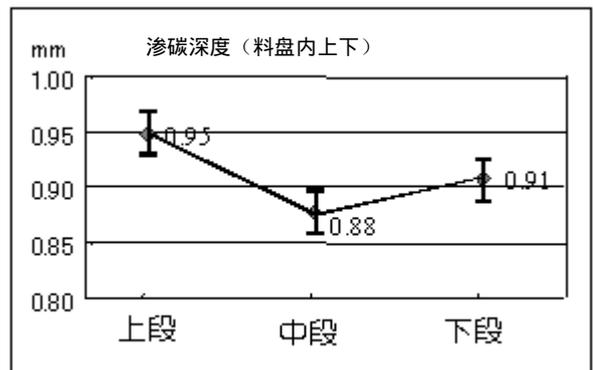


图 8 产品位置上下关系

考察 . . .

中段产品密集，互相争夺炉内空气中的碳成分，碳浓度比上段下段都要稀薄。

[3]产品大小的关系 (图 9)

表面渗碳硬化深度：大 < 小

特征判定  
(大小是否存在明显差别)

$F_0$ (分散比)=14.17

存在明显差别

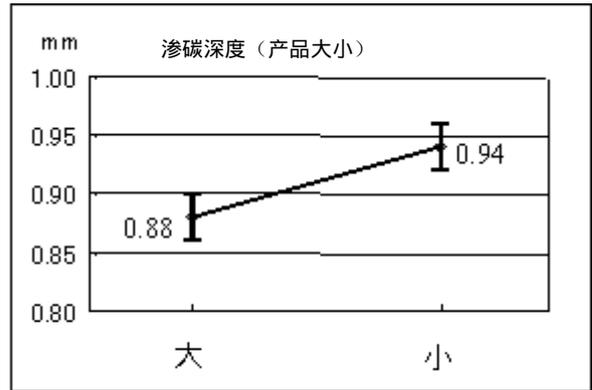


图 9 产品大小的关系

考察 . . .

产品越大，表面积也越大，较小型产品需要更多空气中的碳成分。

(4)有效评估

根据试验结果，研究了有效评估。(表 4)

[1] 根据品名单位进行评价。(S/G,P/G,H/S. . . . etc)

品名改变，形状完全不同，根据品名单位进行评价。

[2] 根据产品大小和表面渗碳硬化深度的关系，大与小存在着明显差别，按大小限定各种产品种类，减少确认种类数量。

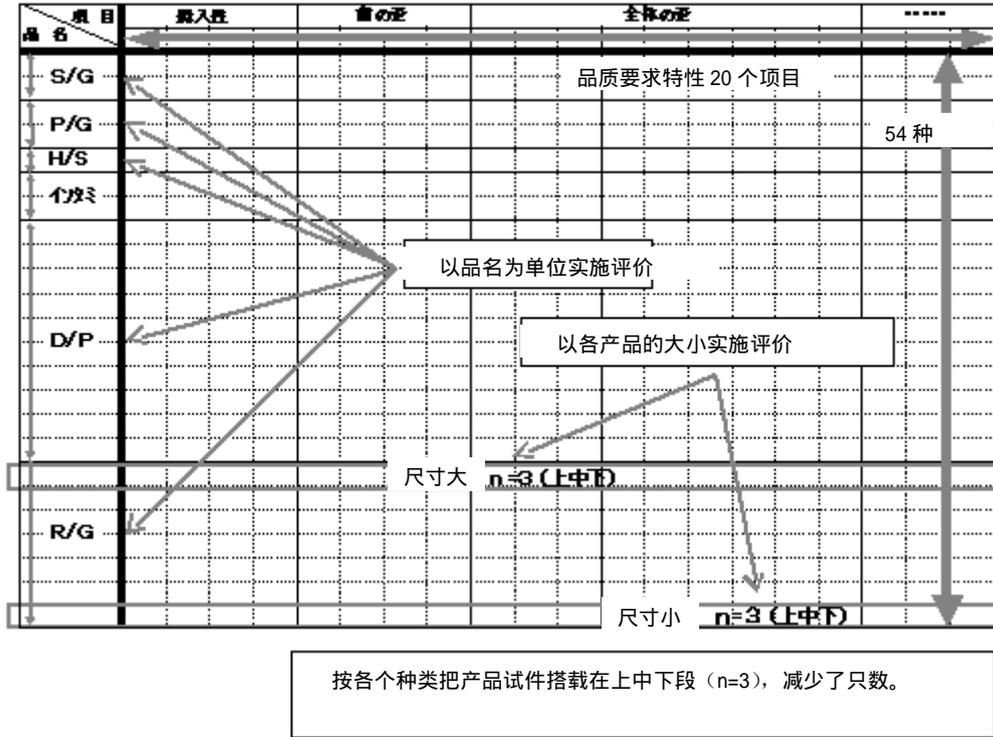
[3] 根据产品的上下位置关系，上段、中段、下段存在明显差别，试件分别放置 3 处不同之处，可确定偏差差值，从而减少同类试件。

根据上述重新评估，实现了在不降低质量水平的前提下，测定工时降至 1/7 以下，产品试件降至 1/6 以下的有效评估。

效率化之前		效率化之后	
测定工时	50000 小时	测定工时	680 小时
产品试件	1800 个	产品试件	270 个
			1/7以下
			1/6以下

达到了可对提升水平的节能项目实施评估的规模。

表4 品质评估规模的修正

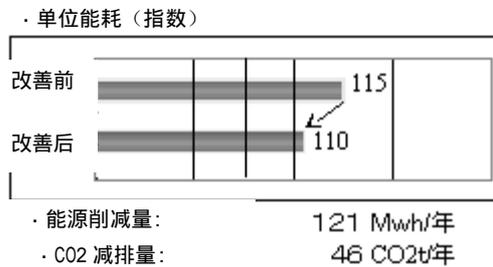


## 5. 措施效果

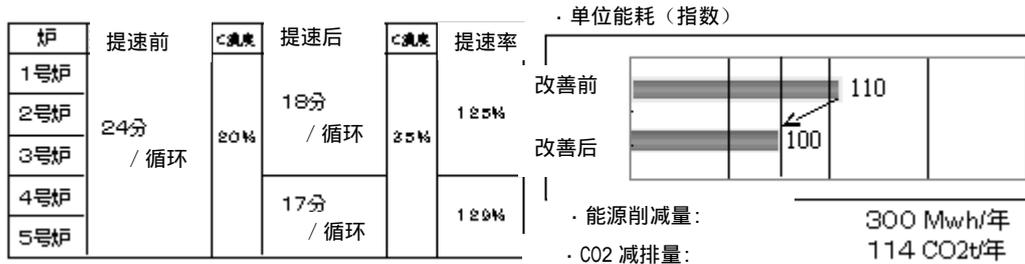
通过有效评估，实施的水平提升项目效果如下所述。

### (1) 提升产品装载率的效果

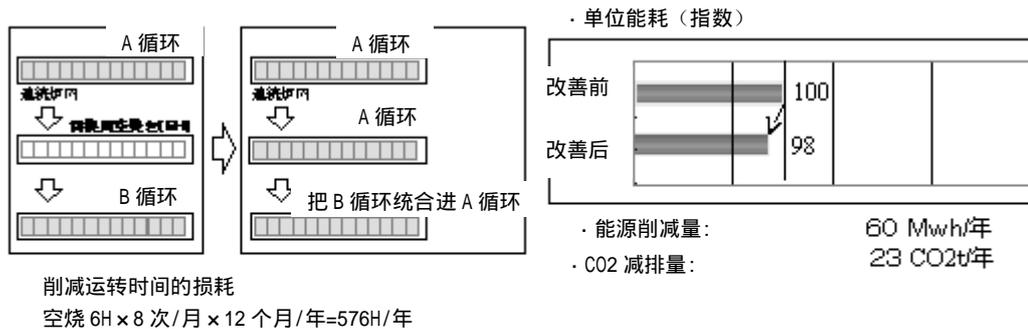
车型	产品名称	提升装载前	提升装载后	提升率
F15S	侧面齿轮	240個/トレ	480個/トレ	200%
F15S	韶 轮	300個/トレ	875個/トレ	292%
B180	侧面齿轮	180個/トレ	270個/トレ	150%
B180	韶 轮	300個/トレ	875個/トレ	292%
S20	韶 轮	306個/トレ	408個/トレ	133%
F20	侧面齿轮	40個/トレ	48個/トレ	120%
S20	侧面齿轮	36個/トレ	40個/トレ	111%
S22	侧面齿轮	32個/トレ	36個/トレ	113%



### (2) 高浓度气化产生的处理速度提升效果



**(3) 处理循环程序转换零损耗的效果**



(1)~(3)	· 能源削减量:	481 Mwh/年
共计	· CO2 减排量:	183 CO2t/年

**(4) 单位能耗效果总结**

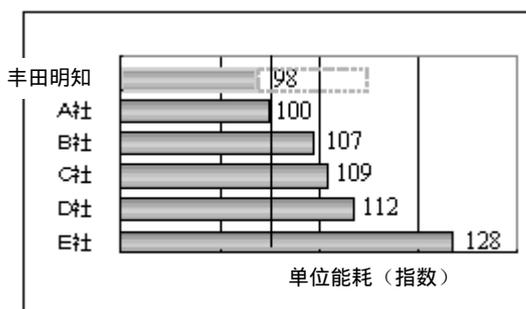


图 10 改善后的单位能耗 (指标)

**(5) 连带效果**

提高单位能耗效率之后, 以现有的处理炉还可完成其他工厂的生产部件, 而其他工厂可停止使用 3 台炉, 削减了其他工厂运转时的能耗。

其他工厂的 3 台炉停运后减少的能耗量	440 Mwh/年
其他工厂的 3 台炉停运后 CO2 的减排量	140 CO2t/年

**6. 总结**

[1] 通过活用统计学方法, 将保证质量的各种检验劳力控制在最小限度, 有效推进节能。

项目	改善前	改善前	效果
测定工时	5000 小时	680 小时	▲ 4320 小时
产品试件	1800 個	270 個	▲ 1530 個

[2] 达到了降低单位能耗的目标削减量。

	目标	实绩	达标率
单位能耗	115→100 以下(指標)	98	102%
能源削减量	420Mwh/年 以上	481Mwh/年	115%

[3] 连带效果，提高了单位能耗的使用率，现有炉台数可完成其他工厂的生产部件，其他工厂的 3 台炉也可停止使用。

	目标效果部分	连带效果部分	总效果
能源削减量	481Mwh/年	440Mwh/年	<b>921Mwh/年</b>
CO2 减排量	183 CO2t/年	140 CO2t/年	<b>323CO2t/年</b>

并且

明知工厂无需新增处理炉 . . . 2 亿日元 × 3 炉=6 亿日元 削减投资

[4] 通过这次改善，丰田明知工厂的单位能耗，达到了行业内的一流水平。

[5] 这次事例完全可在其他公司推广，扩大节能措施的用途。

## 7. 未来计划

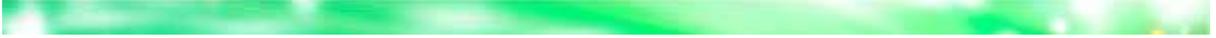
[1] 向其他工厂、集团公司进行横向推广。。

[2] 进一步实施节能改善措施

- 降低炉体散热损耗
- 进一步提升料盘收纳数
- 有效利用产品预热

[3] 参考其它公司改善事例，积极挖掘节能项目。

经济产业大臣奖



Copyright(C) ECCJ 1996-2010