

# 高效电机与铸铜转子电动机

赵凯

国际铜业协会（中国）

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会（中国）  
International Copper Association Ltd. China

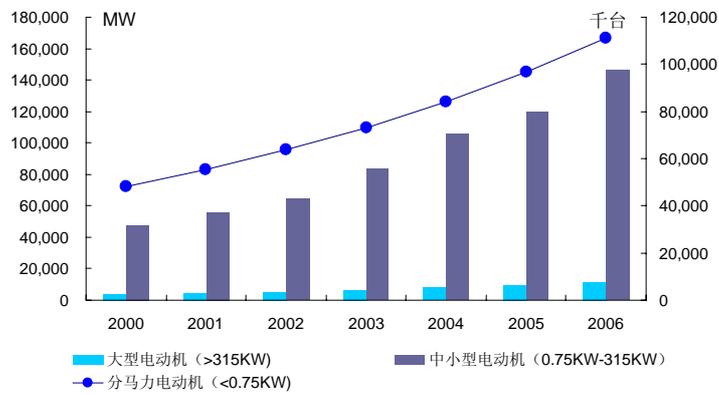
## 内 容

- 中国高效电动机市场现状
- 实现高效电机的途径
- 铸铜转子电动机

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会（中国）  
International Copper Association Ltd. China

## 2000年-2006年中国各类电动机产量

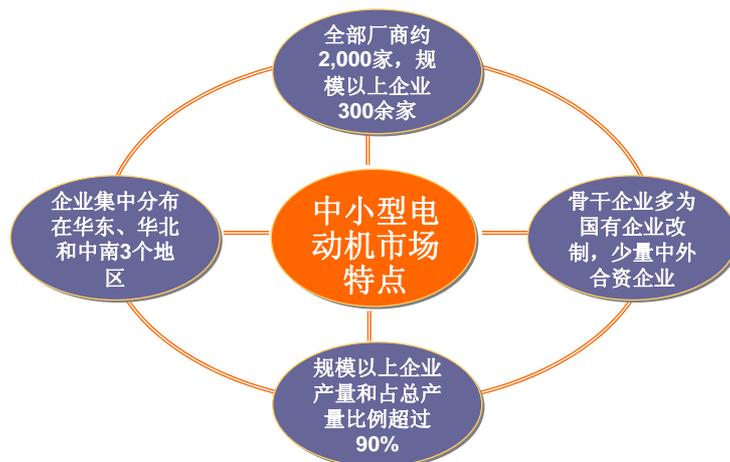


中小型电动机占比超过90%

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

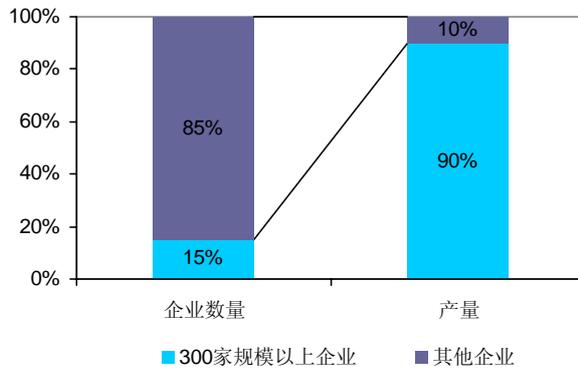
## 中小型电动机市场特点



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 中小型电动机厂商的数量和产量



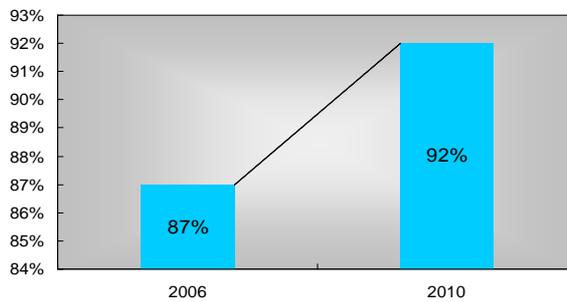
300家规模以上企业的产量占总产量的比例达90%

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 中小型电动机节能水平分析

中小型电动机的效率水平



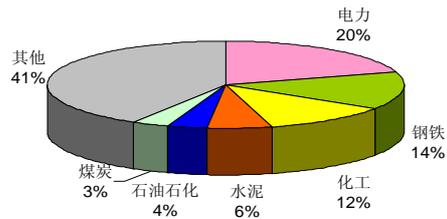
2010年中国中小型电动机的效率水平将达到90-92%

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 中小型电动机节能行业分析

主要工业行业耗电量占工业用电量的比例



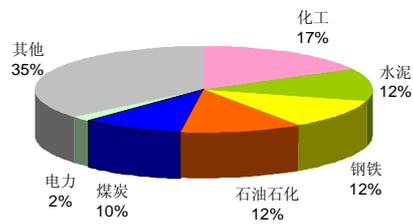
电力、钢铁、化工等行业是中国主要的耗电行业，耗能越大，节能潜力越大

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 中小型电动机节能行业分析

中小型电动机在主要工业行业的应用比例



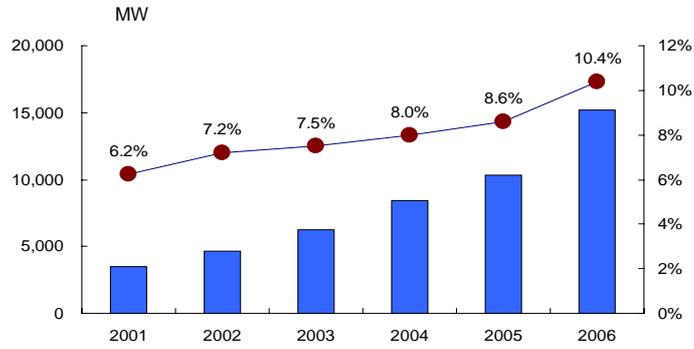
电力、钢铁、化工等行业也是中小型电动机应用最多的行业，推广高效电动机潜力更大

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机产量状况

高效电动机产量及在中小型电动机中的占比

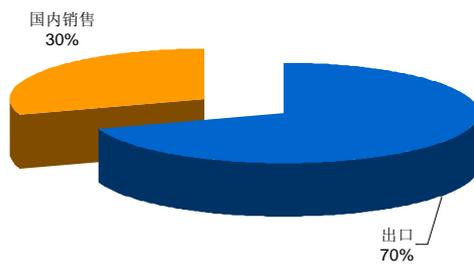


目前中小型电动机年产量中约10%为高效电动机

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机销售情况



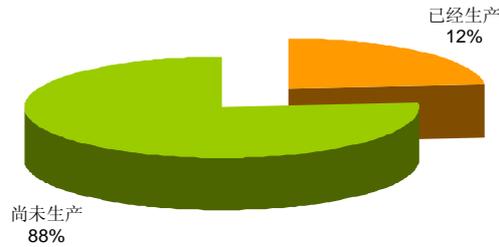
中国高效电动机以出口为主

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机现有生产厂商分析

生产高效电动机的厂商占比



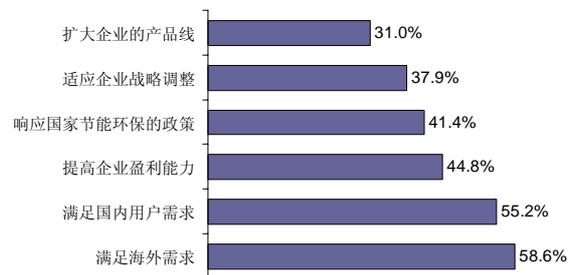
规模以上企业中，已经生产高效电动机企业较少

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机现有生产厂商分析

厂商生产高效电动机的驱动力



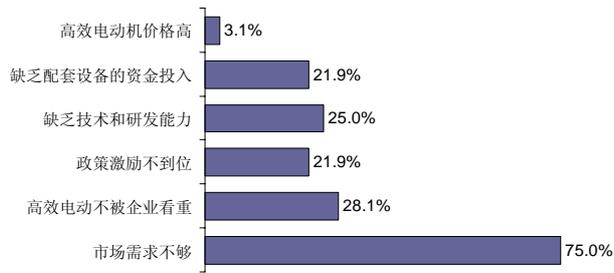
满足用户需求是厂商生产高效电动机的主要动力

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机潜在生产厂商分析

目前尚未生产高效电动机的原因



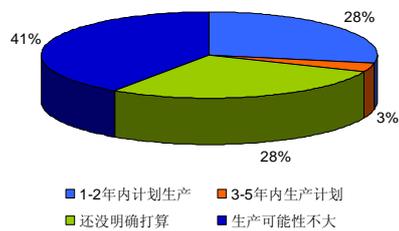
市场需求不足是厂商不生产高效电动机的主要原因

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机潜在生产厂商分析

电动机厂商生产高效电动机的意愿



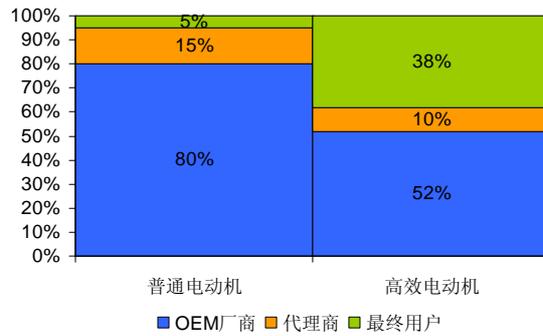
厂商对高效电动机前景看好

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机用户结构分析

高效电动机和普通电动机的用户结构对比



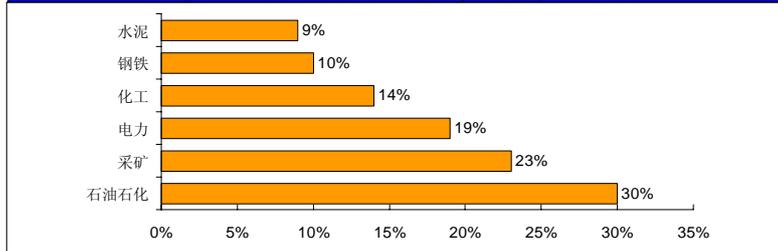
厂商对高效电动机前景看好

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机应用行业分析

主要工业行业是否应用高效电动机的比例



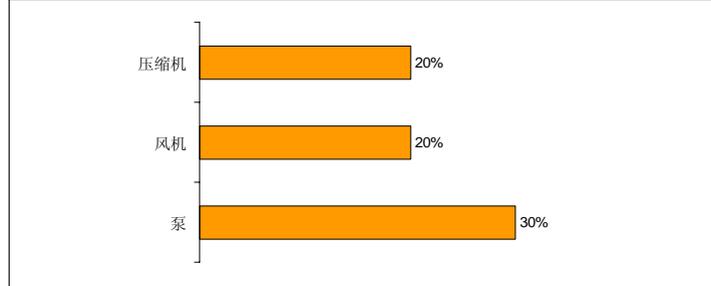
最终用户行业	调研样本量	使用高效电动机	没有使用高效电动机
石油石化	63	19	44
煤炭	48	11	37
电力	32	6	26
化工	59	8	51
水泥	54	5	49
钢铁	48	5	43

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机应用领域分析

主要机械设备是否配套高效电动机的比例



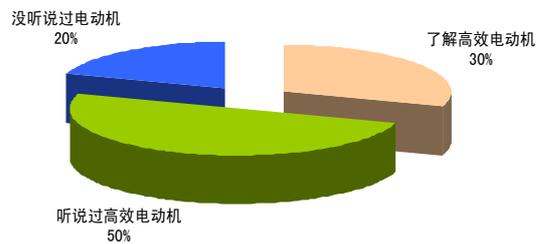
OEM厂商	调研样本量	使用高效电动机	没有使用高效电动机
泵生产厂商	10	3	7
风机生产厂商	10	2	8
压缩机生产厂商	10	2	8

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机最终用户认知分析

最终用户对高效电动机的认知情况



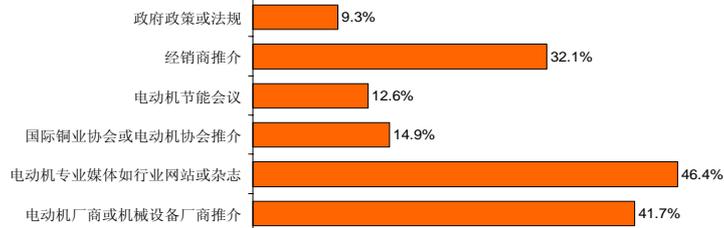
最终用户认知度需要进一步提升

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 高效电动机最终用户接触渠道分析

### 最终用户了解高效电动机的渠道



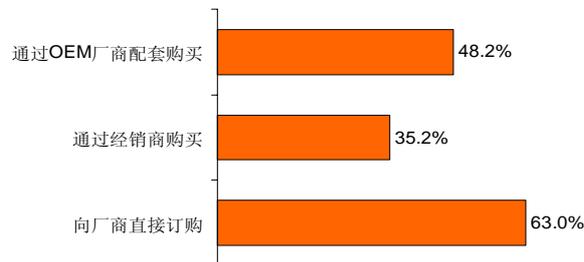
接触渠道 用户行业	电动机厂商 或机械设备 厂商推介%	电动机专业媒 体如行业网站 或杂志%	国际铜业协 会或电动机 协会推介%	电动机节 能会议%	经销商推介%	政府政策或 法规%
钢铁	43.75	43.75	20.83	10.42	29.17	8.33
化工	38.98	50.85	8.47	10.17	35.59	6.78
电力	40.63	25.00	18.75	21.88	43.75	12.50
水泥	39.62	50.94	16.98	15.09	24.53	5.66
煤炭	46.81	48.94	8.51	6.38	34.04	10.64
石油石化	41.27	49.21	17.46	14.29	30.16	12.70
总体	41.72	46.36	14.90	12.58	32.12	9.27

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 最终用户购买渠道分析

### 最终用户购买高效电动机的渠道



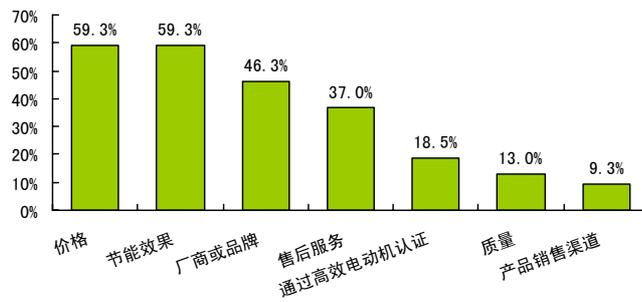
厂商的宣传将促进用户购买需求

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 影响最终用户购买的因素分析

最终用户购买高效电动机的考虑因素

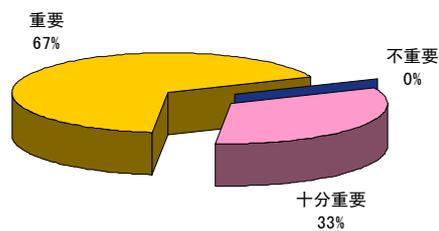


用户最关注价格和节能效果

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## OEM厂商对电动机的看重程度



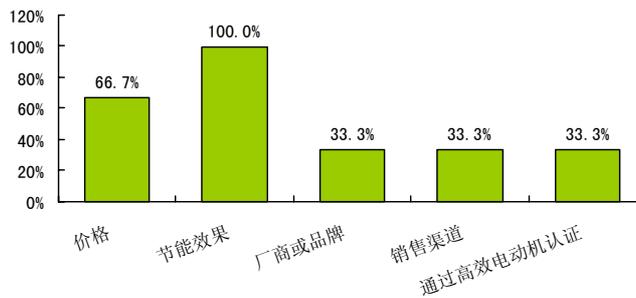
OEM厂商对电动机相当重视

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 影响OEM厂商购买的因素分析

OEM厂商购买高效电动机的考虑因素



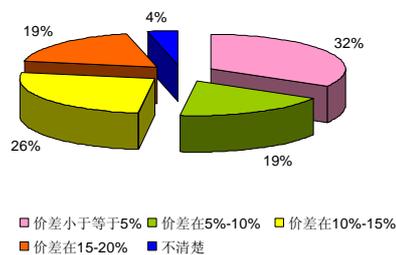
OEM厂商对节能的关注度非常高，是推广高效电动机的关键主体

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 价格对OEM厂商购买的影响

何种价差下，OEM厂商愿意购买高效电动机



超过50%的OEM厂商在价差< 10%才会购买

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 电动机效率

$$\eta = 1 - \sum \bar{p}$$

式中  $\sum \bar{p} = \sum \frac{P}{P_1}$  ,  $\sum P$  — 电机总损耗,  
 $P_1$  — 输入功率

如  $\eta = 0.87$  ,  $\sum \bar{P} = 0.13$  ,  
 当损耗  $\sum P$  下降**20%** ,  $\eta = 0.896$  ,  $\Delta\eta = 2.6\%$  。

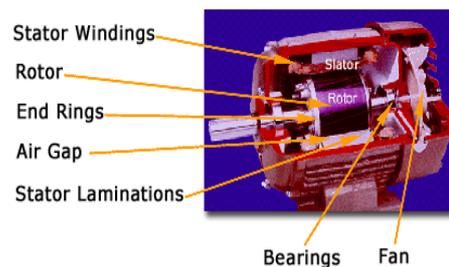
品质生活 共同创造

COPPER  
 国际铜业协会(中国)  
 International Copper Association Ltd. China

## 电动机损耗

(三相异步电机, 4 极 10-200 HP)

空载损耗	比例%	影响因素
铁心损耗	15-20	铁心材料的导磁性能; 气隙
风摩损耗	5-15	风扇的效率; 轴承; 润滑油
负载损耗		
定子绕组(铜)损耗	30-45	定子导体尺寸; 散热因素
转子绕组(铜或铝)损耗	20-25	转子笼型尺寸; 散热因素
杂散损耗	10-15	制造工艺; 槽形设计; 气隙



品质生活 共同创造

COPPER  
 国际铜业协会(中国)  
 International Copper Association Ltd. China

## 降低损耗提高效率的途径

- 增加有效材料，降低绕组损耗和铁耗
- 采用较好的磁性材料和工艺措施以降低铁耗
- 缩小风扇降低通风损耗
- 通过设计和工艺措施降低杂散损耗
- 应用计算机优化设计，降低损耗提高效率
- 改进压铸工艺，降低转子损耗，如采用铸铜转子工艺

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子及铸铜转子电动机



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 压铸设备



布勒660吨卧式压铸机

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子压铸过程模拟



品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子生产



品质生活 共铜物说

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子



品质生活 共铜物说

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子



品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子



品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜电动机转子的特点

- 提高电动机的能效
- 降低电动机的温升
- 降低电动机的成本
- 减小电动机的尺寸和重量
- 良好的机械特性



品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—高效率

电机 马力	功率 (瓦)	电机 极数	效率		效率 提高	损耗降低 %
			铸铝转子	铸铜转子		
4*	3	4	83.2	86.4	3.2	19.0%
7.5	5.5	4	74.0	79.0	5.0	19.2%
10	7.5	4	85.0	86.5	1.5	10.0%
15*	11	4	89.5	90.7	1.2	11.4%
25*	19	4	90.9	92.5	1.6	17.6%
40	30	4	88.8	90.1	1.3	11.6%
120	90	2	91.4	92.8	1.4	16.3%
270	200	4	92.0	93.0	1.0	12.5%

使用铸铜转子可以将损耗平均降低 **14.7%**

\*表示数据来源于ICA试验，其余数据来源于文献报道

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—高效率



使用铸铜转子电动机可以达到更高的效率，西门子在北美市场推出了15KW以下的超高效电动机系列。由于采用了铸铜转子，电动机的能效达到或者超过了NEMA Premium标准。铜业协会所做的测试中，5.5KW的西门子超高效电动机的效率为92.77%，而NEMA Premium标准为91.7%。



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—低温升

### 电动机温升测试结果比较

	铸铝转子	铸铜转子	温升降低	降低%
15马力(11千瓦)电动机	64.0	59.5	-4.5	-7%
25马力(18.7千瓦)电动机	79.9	47.2	-32.7	-41%

- ◆ 电动机的运行温度对电动机的使用寿命有很大的影响
- ◆ 电动机的运行温度每升高10摄氏度，电动机的使用寿命就要减少一半
- ◆ 使用铸铜转子可以大大增加电动机的使用寿命
- ◆ 从国外对高效电机的使用经验中可以得出相同的结论



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—低成本

铸铜转子与铸铝转子加工成本比较（美元）

	熔化成本	处理过程成本	模具折旧	合计
铸铝转子	<b>0.24</b>	-	<b>0.4</b>	<b>0.64</b>
铸铜转子	<b>0.7</b>	<b>0.25</b>	<b>10</b>	<b>10.95</b>
差额	<b>0.46</b>	<b>0.25</b>	<b>9.6</b>	<b>10.31</b>

结论：铸铜转子的加工成本要比铸铝转子每个高约**10.31美元**，约合**82.48元人民币**

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—低成本

不同铜价情况下铸铜转子与铸铝转子电动机成本比较（人民币）

铜价（元/吨）	<b>90000</b>	<b>80000</b>	<b>70000</b>	<b>60000</b>	<b>50000</b>
材料成本降低	<b>86.71</b>	<b>105.85</b>	<b>124.00</b>	<b>144.14</b>	<b>163.28</b>
制造成本增加	<b>82.48</b>	<b>82.48</b>	<b>82.48</b>	<b>82.48</b>	<b>82.48</b>
总成本降低	<b>4.23</b>	<b>23.37</b>	<b>41.52</b>	<b>61.66</b>	<b>80.8</b>
总成本降低率(%)	<b>0.23</b>	<b>1.28</b>	<b>2.28</b>	<b>3.38</b>	<b>4.43</b>

铝价按照**21000元/吨**进行核算



品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—小而轻

### 15马力电动机铸铜铸铝转子重量比较

定子用铜量减少20%	5磅
定子铁芯用铁量减少	5磅
转子铁芯用铁量减少	6磅
转轴, 机座, 机壳使用材料减少	约10磅
铸铜转子比铸铝转子重量增加	8磅
使用铸铜转子可以减少的重量	18磅

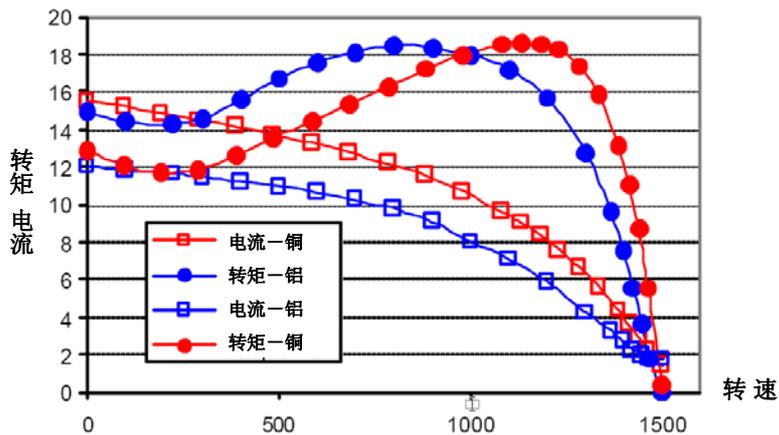
结论: 采用铸铜转子的电动机的总重量可以比采用铸铝转子的电动机每台降低18磅, 约占总重量的6%以上



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点—机械特性



SEW公司1.1千瓦的铸铜转子电动机和铸铝转子电动机的机械特性曲线以及电流—转速曲线



品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机的特点



## 铸铜电动机转子的技术难题

- 铜熔炼  
铜熔炼过程中的保护
- 铸铜工艺  
铸铜压铸工艺的摸索
- 模具寿命  
高温铜液对模具产生的热冲击

## 铸铜转子电动机在中国

- 国际铜业协会从**1996**年开始进行铸铜转子电动机研发项目
- 相关技术难题已经得到了较为圆满的解决
- 目前西门子已经在北美地区量产高效铸铜转子电动机
- 在中国帮助南阳防爆集团以及云南铜业集团合作，共同开展铸铜转子电动机在中国的商业化过程
- 已经成功生产出合格的铸铜电动机转子
- 试制出**10**马力**4**极的铸铜转子电动机样机，通过试验证明了电动机的能效超过**EPACT**能效指标 (**89.5%**)，同时材料成本降低**6.4%** (按照**2006**年**7**月原材料价格核算)
- 目前南阳防爆集团正在进行**2**马力**4**极超高效电动机的试制工作 (效率达到或超过**NEMA Premium**标准)

品质生活 共铜物说

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机在中国



中国生产的铸铜电动机转子

品质生活 共铜物说

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机在中国

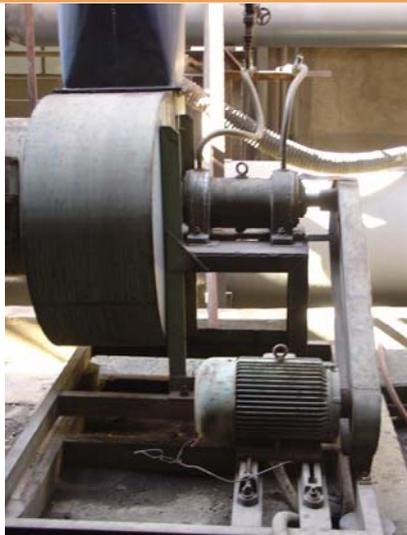


10马力4极铸铜转子电动机样机

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机在中国



原电动机日耗电量	70度
铜转子电机日耗电量	60度
铜转子电机日节电量	10度
工业用电价格	0.6元/度
年(360日)节省电费	2160元
普通电动机售价	约2000元

品质生活 共同创造

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机在中国



10马力，4极铸铜转子电动机样机

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 铸铜转子电动机在中国



中国生产的铸铜电动机转子

品质生活 共同创造

COPPER  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd. China

## 总结

- 电动机存在着巨大的节能潜力
- 铸铜转子电动机与传统的电动机相比，具有非常大的优势
- 采用铜转子替代传统的转子将会对电动机行业产生革命性的影响
- 在当前越来越重视能源的充分利用与可持续发展的情况下，铸铜转子所具有的高效特性将具有更大的意义
- 无论从市场还是技术角度来看，铸铜转子电动机都具有非常广阔的方展空间

品质生活 共铜构筑

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd, China

# COPPER

国际铜业协会(中国)

International Copper Association Ltd, China

品质生活 共铜构筑

谢谢!

品质生活 共铜构筑

**COPPER**  
国际铜业协会(中国)  
International Copper Association Ltd, China