



# 中小企业节能手册

2012年4月



[www.bsr.org](http://www.bsr.org)

## 关于手册

中国政府正计划大幅削减能源强度和污染物排放总量，其中到 2015 年，万元国内生产总值能耗预计与 2005 年同比下降 20%。为了达到这一目标，中国政府于 2011 年 8 月颁布了《“十二五”节能减排综合性方案》（以下简称“方案”）。方案中特别提出对电力、建材等高耗能企业采取节能措施。与此同时，数量众多的中小企业的总体能耗占据了全国能耗总量的一半左右，但是他们的能源效率却只是大型企业的 30%到 60%。为实现“十二五”节能减排目标，提升中小企业的能源管理水平刻不容缓。

在对国内中小制造企业面临的能源管理困境的大量研究，以及对经济可行的节能方法进行一系列探索的基础上，BSR 精心编制了本手册。手册为中小企业建立能源管理体系提供指导，并且详细介绍了能源审计的概念和流程。同时，手册还介绍了中小企业能效自我诊断方法、最新的节能技术和最佳实践。我们希望手册中通俗易懂的管理和技术建议可以为中小企业能源管理水平的提升助一臂之力。

本手册由 BSR 香港办公室的王逢源和广州办公室的陈国坤共同编写。编者在此感谢英国外交和联邦事务部繁荣战略基金对手册编写的资助，以及星巴克公司及其供应商在手册编写过程中的大力配合。

### 声明

基于对企业角色、企业社会责任和负责任商业实践最新趋势的把握，BSR 不定期发布各类研究报告。研究报告的相关结论与观点不代表 BSR 任何会员企业、机构，同时，BSR 对任何具体政策或标准保持中立态度。本研究报告观点与结论仅代表作者意见，与任何 BSR 会员企业、机构无关。

### 关于 BSR

商务社会责任国际协会（Business for Social Responsibility, BSR）成立于 1992 年，是企业社会责任领域的领先国际机构。通过咨询、研究与行业协作，BSR 为全球超过 250 多家会员企业提供可持续业务发展战略及解决方案。目前，BSR 已在亚洲、欧洲和北美地区设有办公室，借助 BSR 在环境、劳工权益、经济发展、企业治理与责任等方面的专业见解，帮助全球企业共同创造一个公平和可持续发展的世界。有关更多信息，请访问 [www.bsr.org](http://www.bsr.org)。

# 目录

## 4 能源管理体系

概述

建立体系

## 15 能源审计

企业能源审计说明

能源审计基本思路

企业节能诊断方法

## 26 主要用能系统节能

供配电系统

照明系统

压缩空气系统

空调与通风系统

注塑生产系统

# 能源管理体系

## 1. 概述

### 1.1 背景介绍

自改革开放以后，中国经济增长常年保持在 8% 以上，相应的能源生产量和消费量也处于持续的增长之中，作为经济发展的支柱的工业，资源消耗，尤其是能源的消耗量更是巨大。根据国家统计局公布的信息，自 2006 年到 2009 年，中国能源生产总量从 232167 万吨标准煤增加到 274618 万吨标准煤，消费总量从 258676 万吨标准煤增加到 306647 万吨标准煤，能源缺口从 26509 万吨标准煤扩大到 32029 万吨标准煤。



图 1-1 2006-2009 中国能源消费与供给对比图

与能源缺口伴随的是我国能源利用率低的现实。目前我国能源平均利用率只有 30% 左右。每吨标准煤的产出效率仅相当于日本的 10.3%、欧盟的 16.8%、美国的 28.6%，每一美元 GDP 的耗能量是世界平均水平的 3 倍，是所有发展中国家平均水平的 2 倍。中国的 GDP 不到世界总量的 4%，却消耗了世界总量中近 10% 的能源，以及相当于全球总产量 30% 的主要资源和原材料。在这其中，工业领域具有非常巨大的节能潜力。

在这样的背景下，各地不断出现拉电限电的情况，电荒现象不断出现，如在刚刚过去的 2011 年，中国广东、广西、云南、贵州与海南五省区就遭遇 5 年来最严重电荒，其中，在制造业集中的珠三角，多个地区已启动工业用电错峰方案，从 2011 年 5 月开始，该省在东莞、深圳、佛山等工业重镇陆续启动工业用电错峰方案。其中，东莞超过 60% 的镇街工业企业从上月起实行“开四停三”，即每周停电 3 天。深圳宝安区目前工业企业的限电措施是“开六停一”，即每周停电一天。但在珠三角其他区域，限电措施更为严峻，如在东莞的石碣镇、塘厦镇、大朗镇等 21 个镇街，部分工业目前实行的是“开四停三”。在限电措施下，原本面临成本上升、人民币汇率等压力的企业生产再受到影响，经营状况雪上加霜。

在企业内部建立能源管理体系，从管理上技术上对企业的用能情况进行统计分析，提升用能效率，降低企业用能成本，对企业来说是具有非常重要的商业价值，考虑到占企业数量绝大部分的是中小企业，（国家工商总局数据显示，截至 08 年底，中国实有企业 971.46 万户，其中 99% 以上为中小企业），中小企业对 GDP 的贡献超过 60%，对税收的贡献超过 50%，提供了近 70% 的进出口贸易额，创造了 80% 左右的城镇就业岗位，而中小企业当前在能源管理方面普遍处于空白状态，在接下来的篇幅里面，我们将会重点介绍什么是能源管理体系，如何在企业尤其是中小企业内部建立切实可行的能源管理制度并分享各种最佳做法，期望能对广大的中小企业带来帮助。

## 1.2 ISO50001 和 GB/T23331-2009

2011 年第三季度，国际标准化组织 ISO 发布了 ISO 50001 国际能源管理标准。ISO 50001 将为工厂、商业设施或各类机构组织建立一个对能源进行管理的框架体系，目的是能在全中国各经济领域得到广泛应用。预计该标准将对全球 60% 以上的能源使用产生影响。ISO 50001 由 ISO/PC 242 能源管理项目委员会制定。该委员会负责人指出，每天全球各机构组织都在处理诸如能源供给、能源可靠性、气候变化以及资源枯竭的问题。这其中涉及的一个关键因素就是一个组织机构如何有效地对其能源使用进行管理。ISO 50001 提供了一个经过验证了的模式，将帮助各类组织系统地计划和管理其能源使用。由于 ISO 50001 更多集中在能源绩效和持续改进上，该标准有助于提高能效和能源的节约使用。

该文件根据所有 ISO 管理体系标准的共同要素而制定，确保与 ISO 9001（质量管理）和 ISO 14001（环境管理）的高度一致。ISO 50001 将提供以下好处：

- » 它提供将能效问题变成管理规范的一个框架体系
- » 更好地利用现有的用能资产
- » 测量、用文件证明以及报告能源强度的改进情况及其预计在减少温室气体排放的影响
- » 能源资源管理的透明度和交流沟通
- » 能源管理的最佳实践和良好的能源管理行为
- » 评估和确定新能效技术实施的先后顺序
- » 提高整个供应链能效的框架体系
- » 在温室气体排放减少计划背景下的能源管理改进情况

美国能源部建筑技术项目经理是 ISO/PC 242 项目组的美国技术咨询小组负责人，他强调指出，这一新的国际标准为商业公司和实业公司持续改善其能源强度——即省钱、提高竞争力和减少污染，提供了结构框架。只要企业将能效与盈利能力联系起来，那就是双赢的结果

早在 2002 年，中国标准化研究院中标认证中心就开始了有关能源管理体系标准的研究工作，逐步探索建立我国的能源管理体系系列国家标准。在 2009 年 4 月 30 日，国家颁布了 GB/T 23331-2009《能源管理体系 要求》国家标准并于 2009 年 11 月 1 日正式实施。在标准起草和研制的过程中，起草组非常注重国际的动态和趋势，一直与有关国际组织（如 ISO, UNIDO）和相关国家（如美国、英国）保持紧密的联系与合作。在 2007 年 3 月、5 月和 2008 年 4 月，分别参加了相关国际组织召开的能源管理体系标准国际研讨会，并根据研讨会的情况及国际能源管理体系标准的发展趋势对标准草案进行了修改和完善。

总的说来，无论是 ISO50001 还是 GB/T23331-2009，都是基于相同的管理模式即 PDCA 循环：Plan（策划）-Do（实施）-Check（检查）-Action（处置）。



图 1-2 能源管理模式运行图

## 2. 建立体系

那么如何借鉴 ISO50001 和 GB/T23331-2009，从零开始建立企业的能源管理系统呢？

### 2.1 管理承诺（必选）

首先，任何一项规章制度的建立都离不开高层的支持，同样的，要在企业内部建立能源管理系统也需要企业高层的支持，在这里我们称之为管理承诺。最高管理者应对建立、实施、保持和持续改进能源管理体系作出承诺，这样的承诺不仅仅是口头进行表态，并需要通过以下活动提供证据：

- » 执行适用的法律法规、标准及其他要求并在组织内贯彻实施；
- » 制定和实施能源方针和目标，并作为组织的发展方向和战略目标的组成部分；
- » 传达节约能源的重要性，增强全员节能意识；
- » 确保配备能源管理体系所需的适宜资源；
- » 进行管理评审。

#### 企业节能承诺书（样板）

- » 建立能源消费统计和能源利用状况分析、报告制度，对各类能源的消费实行分类计量和统计，并确保能源消费统计数据真实、完整。
- » 设立能源管理岗位，在具有节能专业知识、实际经验以及中级以上技术职称的人员中聘任能源管理负责人，并报管理节能工作的部门和有关部门备案。
- » 加强能源计量管理，按照规定配备和使用经依法检定合格的能源计量器具。
- » 建立节能目标责任制，对节能工作取得成绩的集体、个人给予奖励。
- » 制定并实施节能计划和节能技术措施。
- » 执行产品国家能耗限额标准，制定严于国家标准、行业标准的企业节能标准。
- » 对列入国家能源效率标识管理产品目录的用能产品标注能源效率标识。
- » 定期开展节能宣传教育和岗位节能培训。
- » 不生产、进口、销售国家明令淘汰或者不符合强制性能源效率标准的用能产品、设备；不使用国家明令淘汰的用能设备、生产工艺。

### 2.2 能源方针（可选）

有了企业管理层的支持，还需要为整个工厂的能源管理体系定下一个基调，也就是设定整个工厂能源管理政策。对于部分中小企业来说，管理层承诺可以包括能源方针政策。

一个好的政策具有以下特点：

- » 适用于本组织的活动、产品和服务特点，与已有的其他管理体系方针相协调；
- » 包含对降低能源消耗、提高能源利用效率及持续改进的承诺；
- » 包含对遵守与能源管理适用的法律法规、标准及其他要求的承诺；
- » 为制定和评价能源目标、指标提供框架；
- » 形成文件，使全体员工能充分理解并实施；
- » 可为相关方所获取。

### 能源管理组织架构图（样板）

组长：XXX，企业副总

组员：

- » XXX 生产部主管
- » XXX 工程部设备工程师
- » XXX 财务部主管

### 能源管理负责人应具备有以下能力：

- » 属于中高级管理层，具有直接汇报最高管理层或老板的权限；
- » 熟悉企业主要生产工艺，了解整体生产流程；
- » 对各种生产设备，电气系统，锅炉系统，空调系统，照明系统等辅助系统都有所了解；
- » 具备一定的财务知识，对能源合同管理有一定的认识；
- » 执行力强，具有独立组织改善计划的能力。

## 2.3 能源管理负责人（必选）

企业可以根据企业规模和人力资源调配，在可能的情况下尽量安排独立的能源机构或者节能专员负责企业能源管理，即使面临企业规模小或者专业人员缺乏等情况下，也至少应任命中层管理人员兼职负责能源管理，一般情况下，我们建议由生产部和设备部/工程部的主管以上管理人员负责能源管理。能源管理负责人/组织应具有以下方面的职责和权限：

- » 确保按照本标准的要求，建立、实施、保持并持续改进能源管理体系；
- » 向最高管理者报告能源管理体系的运行情况；
- » 提出改进建议；
- » 负责与能源管理体系有关的外部联系。

## 2.4 策划

在设立了能源管理政策并配置了合格的负责人/组织后，我们可以开始进行 PDCA 循环的第一步：策划。策划包括以下五个方面内容：

- » 能源因素识别；
- » 法律法规，标准及各种要求；
- » 能源管理基准与标杆；
- » 能源目标和指标；
- » 组织能源管理方案。

### 2.4.1 能源因素识别

能源因素的识别与评价是过程策划的基础工作，能源因素的识别是否全面、重要能源因素评价是否合理决定着过程策划的成败。

能源因素的识别方法可参照以下流程：



能源因素识别可按照能源消耗的种类和工艺流程进行识别，也可以按照机构设置的部门职能进行识别。下面我们按照能源消耗消耗的种类进行分析：

首先，根据企业根据数量列出消耗的能源种类（企业也可按照成本列出消耗的能源种类），

表：某企业用能结构分析表

项目	天然气 (万 m3)	煤油 (t)	柴油 (t)	外购电 (万 kwh)	自发电 (万 kwh)	压缩空气 (万 m3)	地表水 (万 t)	总能耗 (tce)	回收 (tce)	实际消耗 (tce)
实物量	1711.52	14.80	297.54	182825.66	2780.84	62.34	164.06	—	—	—
折标煤	10832.21	21.78	433.55	224692.74	3417.65	22.44	200.81	239621.18	3640.91	235980.27
比例(%)	4.52	0.01	0.18	93.77	1.43	0.01	0.08	100.00	1.52	98.48

接下来根据企业内部生产和员工生活用能情况，画出企业能流示意图：

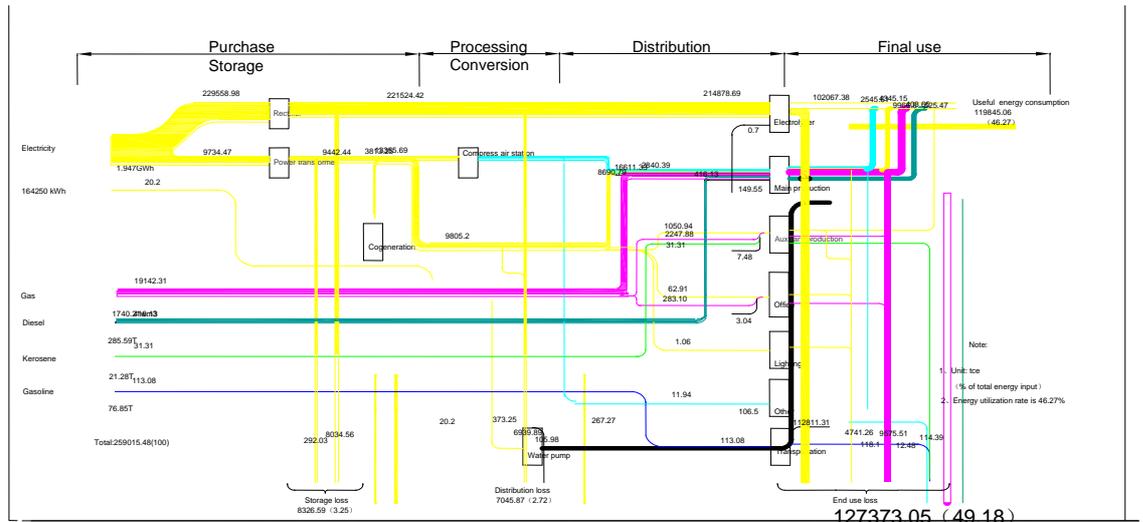


图 1-3 企业能流示意图

接下来对各个用能环节进行细致化的分析，一般说来，20%的用能设备消耗了 80%的能源，因此对重点耗能设备要进行重点分析，对主要的用能环节和重点耗能设备画出能流示意图作为下一步的参考。

在形成能源因素清单前，我们要邀请企业内部或外部的节能专家对各个能源因素进行诊断，一方面对各个能源数据进行分析，确保数据可信度和合理性，一方面可以结合企业实际情况，建议采用先进的节能技术，管理方法，对各个用能环节，耗能设备分析节能空间，提出节能思路。在这个过程中要充分与企业一线员工和技术主管进行交流，没有一个专家能比企业员工更了解自己的企业，因此发动员工积极性，全员参与，对完善节能思路大有裨益。在确定了各个能源因素和节能思路后，我们可以根据以下原则对能源因素进行优先性排序：

- » 合规性；
- » 以确保安全环境和原有功能为前提；
- » 技术可行性；
- » 经济可行性；
- » 节能量；
- » 无降费方案优先。

最后形成能源因素清单，如下图所示：

用能过程	用能环节	是否法规要求强制淘汰	情况描述	能源因素	技术可行性 1-10	经济可行性 1-10	不良影响 (安全、质量、环境) 重大；一般；轻微；无	评价结果 A: 保持 B: 优先控制 C: 待研究 D: 无措施	涉及部门
空气调节	中央空调	否	未进行分区、分时和气候补偿方式控制，管理较粗放。	气候变化对空调需求产生变化	9	9	无	B	办公楼 车间
				不同区域、不同时段所需供冷供热不同	7	8	无	B	

当能源因素或者相应的法律法规，标准，评价方法发生变化时，企业应及时更新该清单。

#### 2.4.2 法律法规，标准及各种要求

企业应主动并及时的获取各类与能源管理体系相关的法律法规，标准及各种要求，并确保遵守这些规定和要求，为企业评价能源因素，制定目标指标等一系列活动的策划提供依据。简单来说就是建立企业自身法律法规资源库可依据以下流程：



能源管理体系适用法律法规清单（节选）			
序号	法律、法规及其它要求	颁布部门	颁布、实施日期
1	中华人民共和国节约能源法	全国人大常委会	2007.10.28 颁布 2008.4.1 实施
2	能源计量监督管理办法	国家质监总局	2010.7.22 颁布、2010.11.1 实施
3	电力需求侧管理办法	国家发改委、工信部、能源局 国家财政部、国资委、电监会	2010.11.4 颁布、2011.1.1 实施
4	用能单位能源计量器具配备和管理通则	国家质监总局	2006.06.02 颁布、2007.01.01 实施
5	能源管理体系要求	国家质监总局	2009.03.11 发布、2009.11.01 实施
6	国务院关于进一步强化淘汰落后产能工作的通知	国务院	2010.02.06 颁布实施
7	高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第一批）	国家工信部	2009.12.4 发布

8	可再生能源产业发展指导目录	国家发改委	2005.11.29 实施
9	国家重点行业清洁生产技术导向目录	国家环保总局	2006.11.27 实施
10	节能机电设备(产品)推荐目录(第一批)	国家工信部	2009.5.27 发布
11	节能机电设备(产品)推荐目录(第二批)	国家工信部	2010.8.16 发布实施
12	高耗能特种设备节能监督管理办法	国家质监总局	2009.7.3 发布、2009.9.1 实施
<b>序号</b>	<b>标准</b>	<b>颁布部门</b>	<b>颁布、实施日期</b>
1	评价企业合理用热技术导则(GBT3486-1993)	国家技术监督局	1993.6.19 颁布、1994.6.1 实施
2	企业能源设计技术通则(GBT17166-1997)	国家技术监督局	1997.12.22 通过、自 1998.10.1 实施
3	工矿企业电力变压器经济运行导则(GBT13462-2008)	国家技术监督局	2008.5.27 通过、自 2008.1.1 实施

基准：如某火力发电厂 2002 年的供电煤耗为 390 克。

标杆：如《中国节能技术政策大纲》制定的我国火力发电厂的目标是：2010 年，火电厂平均每千瓦时供电煤耗由 2000 年的 392g 标准煤降到 360g 标准煤，2020 年达到 320g 标准煤。发电厂综合厂用电率由 6.28% 降到 5.5%，2020 年达到 5.1%

能源方针：企业电力消耗最小化

初评现状：生产环节存在较大的节电潜力

目标：2012 年吨产品生产电耗比 2010 年减少 10kW·h

指标：

—2012 年吹塑工艺吨料生产电耗比

2010 年减少 2kW·h

—2012 年钻孔工艺吨料电耗比 2010 年降低 5kW·h

目标：降低锅炉单位煤耗

指标：2012 年每吨蒸汽煤耗在 2010 年的基础上降低 5%

措施：设置蒸汽蓄热器；检测排烟中 CO 和 CO<sub>2</sub> 含量，增设燃烧控制装置

执行部门：工程部

负责人：工程部设备科科长

资金：20 万元

启动日期：2012.5

完成日期：2012.7

### 2.4.3 确定能源管理基准，建立标杆

能源管理基准包括技术基准和数据基准，技术基准反映所使用的技术状况，数据基准以数据指标来表示，反应了能源使用或能源管理的水平。设定标杆可参考国际或国内先进经验或者国家制定的相关能耗指标，例如《清洁生产标准》中的相关能耗指标，《中国节能技术政策大纲》中的相关指标。

### 2.4.4 能源目标和指标

企业设置能源目标应具体，设置指标应量化，能源目标指标必须与能源方针保持高度的一致。

### 2.4.5 能源管理方案

在之前工作的基础上，结合专家意见和一线员工建议，组织编写能源管理方案。方案内容应包括：

- » 方案的目的
- » 具体应采取的措施和相应的负责人
- » 方案执行时间表
- » 评价/考核的方法，相应的指标体系
- » 应对突发情况及时调整并实时更新方案的规定

## 2.5 实施和执行

接下来是 PDCA 循环的第二步，Do 也就是实施和执行，实施和执行包括以下几个方面：

- » 能力建设与信息交流
- » 利益相关方参与(可选)
- » 文件控制和记录控制
- » 运行控制
- » 应急准备与响应

### 2.5.1 能力建设与信息交流

### 某冶金企业对炼焦用煤的要求

炼焦用煤要有较好的结焦性和粘结性，需符合以下指标：

- 1：灰分 Ad ( % )。炼焦精煤的灰分一般在 10%以下，最高不应超过 12.45%；
- 2：硫分 St, d ( % )。炼焦用精煤的全硫量一般在 1.5%以下，个别稀缺煤种（如肥煤）最高也不超过 2.5%。

### 某企业用能规定

- 1：办公室夏季温度控制在 26 度，风量控制在 15 m<sup>3</sup>/h.p；
- 2：车间控制在 28 度，风量控制在 20 m<sup>3</sup>/h.p。

根据《节能法》规定：对于重点用能单位，需要每年向管理节能工作的部门报送年度能源状况报告。能源利用状况包括能源消费情况、能源利用效率、节能目标完成情况和节能效益分析、节能措施等内容。

企业应该保证能源管理负责人及参与到能源管理中相关人员具备相应的能力，这些能力不仅限于管理能力，也应具备相应的技术能力。尤其是与能源管理工作有重大影响的人员，在一定条件下，企业应提供专业的技能培训，这些培训可以是内部专家的口传身教，也可以来自外部专家。

企业也要把节能的重要性传达给普通员工，提升员工节能意识，提倡全员参与，并注意在培训中吸收员工尤其是一线员工的节能建议。

企业人事部门应根据企业具体情况，制定相应的规章制度，对降低能耗，提高能效给企业带来效益的个人或者部门进行能源管理绩效考核，给予一定的激励。

企业内部还应建立相应的流程和规定，明确内部各职能部门和层次之间关于能源信息方面汇报及沟通流程。高效且清晰的内部交流机制能够大大减少具体工作中经常出现的事故推诿，责任不清等情况，促进能源管理体系的顺利开展和运行。

### 2.5.2 利益相关方参与（可选）

管理学意义上的利益相关方（stakeholder）是指组织外部环境中受组织决策和行动影响的任何相关者。在企业能源管理中，利益相关方包括企业内部的员工，企业外部的各级供应商及客户，还包括上级主管部门如当地政府及企业周边社区居民等等。

利益相关方的参与非常重要，在当今这个高度互联又日益透明的世界，对于那些拥有有利的产品、健全的管理体系以及技术优势的公司来说，引入利益相关方参与和沟通机制，是保持新市场和资源的重要途径。公司建立利益相关方参与机制、项目和部门，可以与本地社会建立相互信任，更好地理解并遵守当地各种成文和不成文的规定，同时将风险和冲突降至最低。相对来说，大型企业更加重视利益相关方参与，而中小企业由于自身规模，认识的局限，在利益相关方机制的建立上处于初级乃至空白阶段。

对于广大的中小企业来说，根据当前中国国情，在利益相关方参与方面更为现实的考虑是，将能源管理体系建立及取得的成就及时与当地政府及客户进行沟通，在条件允许的情况下，将企业能源政策制度及取得的成就在公司网站，各级公司网络和企业内部进行宣导，一方面营造企业内部良好的节能氛围，增强员工对企业的自豪感，一方面对外展示企业社会责任进行的工作和取得的成就，增强员工凝聚力，提升企业形象，增强政府及客户对企业认同度。

### 2.5.3 文件控制和记录控制

类似 ISO 体系要求，企业要制定能源管理体系各级程序文件并保留相应的记录。制定程序文件应遵循以下原则：

- » 有专业的能源管理体系负责人制定
- » 文件发布前由授权人员进行批准
- » 文件可以清晰的显示文件发布，修改日期及授权人等信息
- » 定期对程序进行更新，删除无效或者废止的条款并做好标识
- » 保证所有相关部门和人员均能得到最新的文件
- » 所有文件合法，清晰并能全面覆盖能源管理体系要求

企业还应做好记录控制工作，主要包括两方面：

- » 内部记录：包括设备维护记录，能源统计报表，能源因素登记表，各种内审记录，培训记录，改善计划书等。

» 外部记录：能源审计报告，重点用能设备档案等。

#### 2.5.4 运行控制

企业根据所设定的能源方针政策制定一系列的作业文件，对能源管理体系的运行进行控制。

具体说来有以下几个方面：

- » 从产品研发和流程设计进行控制。在满足产品质量，安全性和成本的前提下，尽量进行绿色设计，减少工艺流程，减少能源的消耗，提高能源使用效率，尽可能的利用可再生资源等；
- » 用能设备控制。对用能设备，尤其是重点用能设备，在采购时要特别注重节能因素，进行优化配置，在使用时尽量安排在经济条件下运行，并且要安排合理的保养频率；
- » 能源采购。在进行能源采购时要以节能为原则制定详细的标准，包括供应商的选择，能源的计量和验证，运输和贮存要求；
- » 生产和服务提供过程的控制。企业在生产和服务提供过程中要检测用能过程，进行能源统计，评价用能状况，淘汰落后的工艺。

#### 2.5.5 应急准备和响应（可选）

企业应根据自身情况，制定紧急预案。



### 2.6 检查与纠正

在完成实施和运行后我们将要进行 PDCA 循环的第三步，Check 即检查与纠正。

#### 2.6.1 监测与评价

企业应对照基准和标杆，对前文所述的管理方案和关键指标（KPI）进行检测，并进行绩效考核。企业还应设计并保存好完整的监测和评级记录。

### 某企业节能统计表

2010 年饲料生产企业节能减排统计表													
填表单位:						填报日期:							
		每吨饲料耗能及产值情况				与 2009 年同比情况(+、-)				增加幅度(%)			
		耗电(度)	耗煤(吨)	耗油(升)	产值(万元)	耗电(度)	耗煤(吨)	耗油(升)	产值(万元)	耗电(度)	耗煤(吨)	耗油(升)	产值(万元)
配合饲料	粉料												
	颗粒料												
浓缩饲料													
添加剂预混料													

### 2.6.2 制定改善计划

企业应根据监测和评价结果制定相应的改善计划，目的在于：

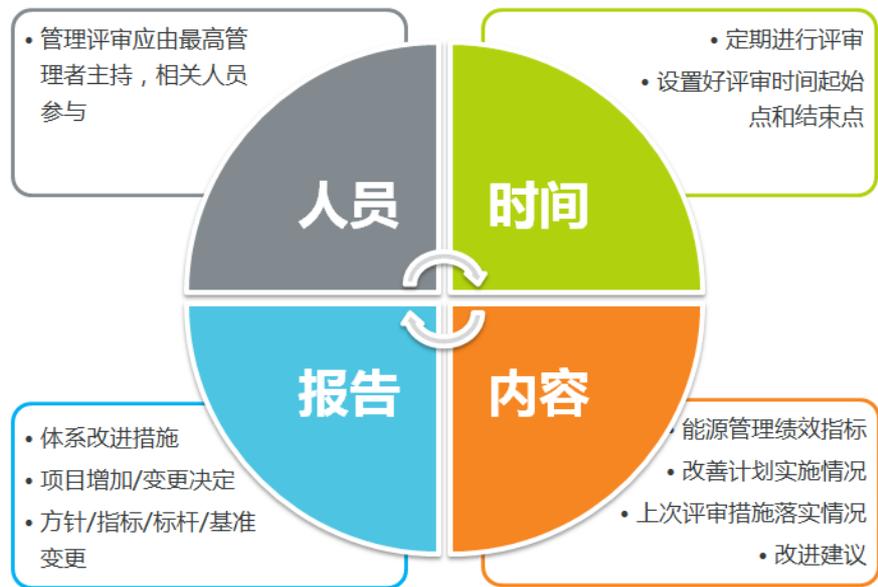
- » 就发现的违规点进行纠正；
- » 就潜在的不符合点就行预防措施；
- » 保留记录，对负责人、改善时间进行跟进。

#### 某企业不符合项目报告（纠正措施记录表）

被审核部门：
观察结果  上述观察结果不符合 规定，为 不符合项。 审核人员/日期：
被审核部门负责人接收签字： 年 月 日
原因分析及纠正措施： 要求完成日期： 被审核部门负责人： 审核人员确认： 批准：
纠正措施执行情况： 被审核部门负责人： 年 月 日
纠正措施跟踪检查有效性： 审核人员/日期：

### 2.7 管理评审

PDCA 循环的最后一步就是 Action，管理评审。一般说来，建议企业每年应至少对能源管理体系进行一次管理评审。评审包括以下几个要素：



# 能源审计

## 1. 企业能源审计说明

### 1.1 什么是能源审计

企业能源审计最初目的，是计算分析企业综合能耗产值、综合能耗工业增加值、主要产品单位产量能耗指标，以便同行业对比，初步确定企业在能源消耗方面的技术水平及差距。但一个企业的生产过程是由若干工序过程组成的，能源也分解到各个工序过程，企业技术水平及差距可以分解到具体的工序工程，以便判断企业是总体先进（或落后），还是某些工序过程存在较大问题。

在具体工序过程能耗指标分析过程中，应该分析影响工序能耗的主要因素，一般来说影响工序能耗有客观因素，如原材料品质、所采用的工艺、设备的规模及先进性、能源品种。主观因素，如企业的管理水平、人员因素、生产过程的合理安排，设备的保养状态等。

对于在工序能耗分析过程中，若对比问题较大，或某工序能耗占产品生产全过程能耗比例较大，则应该进行该工序能耗各影响因素的量化分析，以便找出问题产生的原因，必要时要进行能量平衡测试。在此基础上，规划的节能技改，可以合理预计节能量。

能源审计是指审计单位依据国家有关的节能法规和标准，对企业和其他有能单位能源利用的物理过程和财务过程进行的检验、检查和分析评价，是审计工作在能源管理方面的延伸。

从形式上看，能源审计的本质就是针对某一具体的能源消费系统，通过对某一特定的能耗指标体系的计算和分析，以判断该能源消费系统的能源利用效率的高低以及其可能存在的节能潜力。

能源审计本身并不能给企业带来直接的节能效果，但它能发现问题，并规矩企业实际情况提出节能整改意见或节能规划，若企业能够切实按照这些建议进行相应整改，则能改企业带来良好的节能效益。就好比 we 定期去医院进行身体检查，体检报告只能发现我们在健康方面存在的问题，它并不能治病，而根据体检报告医生所提供的治疗建议或开出的治疗处方也不能有治病的效果，只有我们根据体检结果，并遵照医生的建议去实施各种治疗措施，才能最终将我们发生的病变治好。从这个意义上讲，企业能源审计就是对企业能源系统的一次全面的“体检”。

### 1.2 能源审计内容

根据企业开展能源审计工作的目的和要求，能源审计主要包括以下内容：

- » 企业能源管理概况：企业落实国家节能法律法规概况、企业能源管理的组织结构概况、能源管理制度建设及落实情况、配备计量器具概况及有效性概况以及企业的能源系统与生产匹配情况；
- » 企业用能概况及能源流程：企业能源的输入、贮存、转换、消耗、损失、外销等情况及用能流程图表述企业用能情况；
- » 企业能源及统计情况：企业的能源计量配备情况、检定情况、系统的计量检测率情况及计量器具的管理情况。企业能源统计报表范围、频度和细分程度，分析的深度等；
- » 企业能源消费指标计算分析：企业能源消费是指企业的纯消费的能量，与进入企业的能量概念不同；
- » 企业用能设备运行效率计算分析：用能设备就是消耗各种能源的设备，其输入能源中有效能源部分所占比例是衡量设备及企业能源利用水平的非常重要的指标；
- » 企业产品综合能耗和产值能源消耗指标计算分析：综合能耗指标分为六种，企业综合能耗、企业单位产值（净产值）综合能耗、产品单位产量综合能耗、产品单位产量直接综合能耗、产品单位间接综合能耗和产品可比单位产量综合能耗，通过综合指标计算比较来实现企业间能源消耗水平的可比性；
- » 能源成本指标计算分析：能源成本是单位产品耗能量与能源价格的乘积，此指标反映了企业的能源利用水平，区域能源结构和能源政策情况，是企业密切关注的一个指标；
- » 节能量计算：企业节能量是企业统计报告期内消耗的能源实际量与按比较基准值计算的总量之差，反应一个阶段内企业节能工作总体成绩的指标，但节能量要注意与基期内在各因素方面的可比性；
- » 节能技改项目的经济分析：在生产条件可比情况下，节能措施实施前后相比，生产相同数量的产品（或完成相同数量工作量）能源减少，而引起的能源消费费用及成本的变化。

### 1.3 企业能源审计依据

- » 《中华人民共和国节约能源法》
- » 《千家企业节能行动实施方案》
- » 《企业能源审计技术通则》（GB/T17166 - 1997）
- » 《节能监测技术通则》（GB/T15316）
- » 《设备热效率计算通则》（GB/T2588 - 1981）
- » 《综合能耗计算通则》（GB/T2589 - 1990）
- » 《企业能耗计量与测试导则》（GB/T6422 - 1986）
- » 《企业节能量计算方法》（GB/T13234 - 1991）
- » 《工业企业能源管理导则》（GB/T15587 - 1995）
- » 《用能单位能源计量器具配备与管理通则》（GB/T17167 - 2006）
- » 《评价企业合理用热技术导则》（GB/T3486 - 1993）
- » 《评价企业合理用电技术导则》（GB/T3485 - 1993）
- » 《评价企业合理用水技术导则》（GB/T7119 - 1993）
- » 《企业能量平衡统计方法》（GB/T16614 - 1996）
- » 《企业能量平衡表编制方法》（GB/T16615 - 1996）
- » 《企业能源网络图绘制方法》（GB/T16616 - 1996）

## 2. 能源审计基本思路

### 2.1 企业节能思路

#### ——从三个问题到计量管理

在绝大多数企业中，电能消耗是企业能耗的主要部分，因此我们以减少电能消耗作为例子阐述节能的基本思路。下图所示为企业电能消耗图：

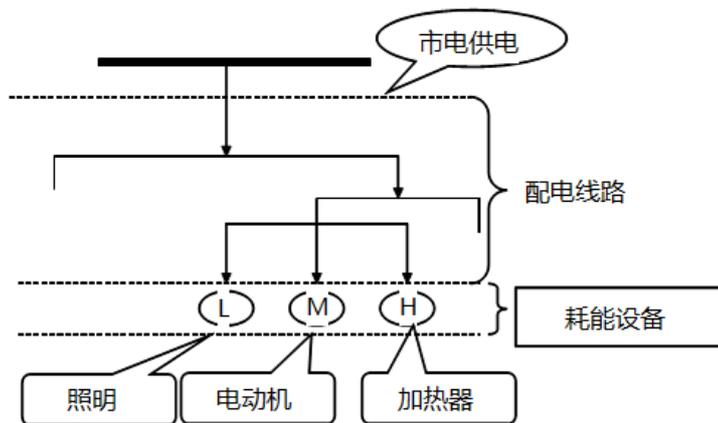


图 2-1 企业电能消耗图

由上图可知：企业电能消耗主要用于照明、电动机、加热器三种形式，无论是行业如何变化，企业电能消耗方式主要为以上三种形式，因此针对不同行业，节电方法可以是通用的。

#### 电耗常识：

1、即使没有电流，变压器也会耗电，只有关闭变压器前端的电源开关，变压器才不会消耗电能。

2、只要有电流，变压器、线路和用电设备都同时耗电。

#### 待机能耗的重要性

一台用电设备，关了开关，如果没有拔掉插头，设备仍然耗电。比如电脑在睡眠状态下也有能耗，约 7.5w；即便关机，只要插头还没拔，电脑照样有能耗，约 4.81w，一台电脑每年的待机能耗能达到 50kWh。考虑到企业生产车间一年大部分时间在运行，生产设备多，这样的待机能耗，日积月累下来，浪费掉的电能非常可观。

要实现企业的有效节电，必须分析如下三个问题：

- » 电能是如何被消耗掉的，消耗在什么地方？消耗量有多少？
- » 一个消耗点应该消耗多少？
- » 如何减少电能的消耗？

——从公共能耗到辅助能耗

一般说来，企业总能耗是由产品制造能耗和公共能耗构成，而产品制造能耗由产品制造直接能耗和辅助能耗构成。辅助能耗和公共能耗较容易被企业所忽视，而恰恰这两部分能耗存在较大的节能空间。减少企业能耗中的任何一种能耗，都能降低企业的总能耗。

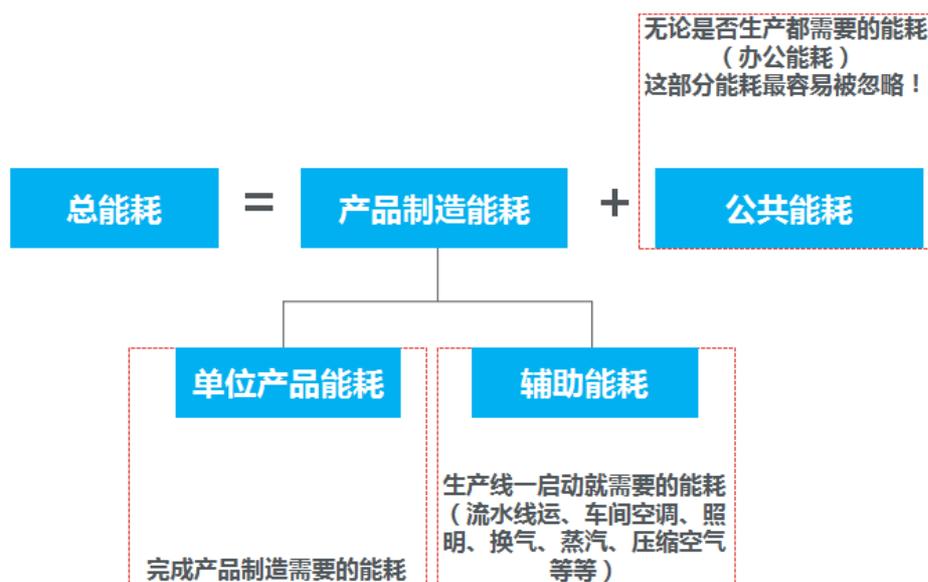


图 2-2 企业能源结构图

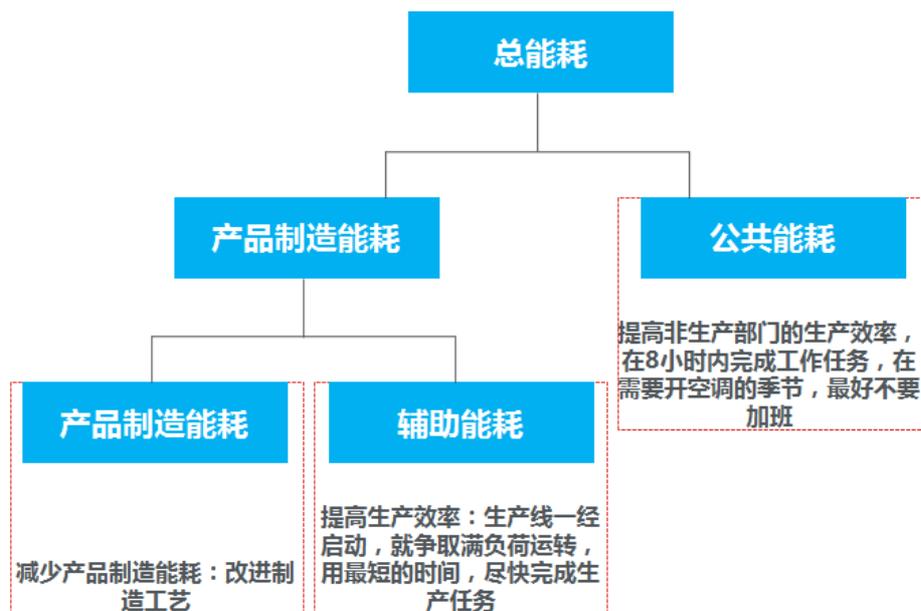


图 2-3 企业节能途径图

## 2.2 企业能源计量

重点耗能企业一般都会设置公司级独立的能源计量管理部门（如企业的计量科）和分厂（或车间）能源计量管理员组成的管理体系，并明确各级能源计量岗位的职责。对于规模较小的企业，有关能源计量管理工作往往由企业能源管理人员兼任，相应的职责也都并入到企业能源管理岗位职责内。

什么是企业的三级计量？

一级计量：企业总的能源消耗计量装置

二级计量：部门、生产线的能耗计量装置

三级计量：设备的能耗计量装置

企业能源计量管理是企业能源管理的重要组成部分。其主要内容包括：

- » 建立企业能源统计管理的组织体系
- » 设置专业的部门并配备专业人员
- » 按照国家标准要求，配备和用好计量器具，保证仪器、仪表安全运行
- » 准确、完整、及时地提供各种有关能源的数据，并形成文件的程序来实现规范能源计量人员行为，能源计量器具管理和能源计量数据的采集和汇总

为了实施企业能源计量管理，首先要做到组织落实，组织落实的关键是要明确计量部门的主要领导人和负责人。

文件化的企业能源管理制度是企业能源计量管理的核心内容，通常包括

- » 能源计量管理机构职责及人员岗位责任制度
- » 计量器具的选择、采购、入库、流转、报废等管理制度（如在企业现场调查中发现有些企业计量器具从来就没有报废过，处于无管理状态）
- » 计量器具的使用、维护、保养制度
- » 能源计量器具周期检定（校准）制度
- » 能源计量数据的采集、处理、使用、保管及监督制度等等（部分企业有安装计量器具，但从未安排人员进行过数据记录）。

其中建立完善《企业能源计量器具一览表》及《分厂（或车间）能源计量器具一览表》是企业能源计量管理的一项重要内容。《企业能源计量器具一览表》是反映企业计量器具管理状况、计量器具性能特征及是否在适用范围、有效期内。应列出：计量器具的名称、型号规格、准确度等级、测量范围、生产厂家、出厂编号、企业管理编号、安装使用地点、状态（指合格、准用、停用等）、检定日期及下次检定日期。

用能单位能源计量器具一览表（样板）

序号	计量器具名称	型号规格	准确度等级	测量范围	生产厂家	出厂编号	管理编号	安装使用地点(某车间、生产线、主要用能设备)及用途(能源计量、自检自查、能源质量分析)	状态(合格\准用\停用)
1	电能表	DX863-2K	0.5	-	瑞士	67877983	EP-301A01	301 变电所 1 楼高压室-申华 1 线进户计量表	合格
2	电能表	DS862-2	0.5	-	无锡威达	1685	EP-301A03	301 变电所 1 楼高压室-申华所用变进户计量表	合格
3	涡街流量计	DN200	2.5	-	上海横河	9803106	FQ-1100	152 管廊美亚蒸汽计量进户表	合格
4	电磁流量计	MAG-XE	0.5	-	ABB		WA-001	103C 南门全厂自来水进户计量总表	准用
5	涡轮流量计	DN200	1	-	上海横河		FQ-1350A	152 管廊美亚软水计量进户表	合格
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

计量数据反映“总的消耗量”，本身并不反映能源利用率，是评价能源利用率和节能机会的基础数据。能源管理是数据说话的，详细的能源消耗数据，是实施能源管理的基础。

有条件的企业，最好能做到三级计量。

企业目前还没有三级计量，如何估计耗电量？

首先需要直接测量一段时间的平均功率，包含：

- » 功率不变的系统：耗电量 = 实际功率 × 工作时间；
- » 功率变化的系统：耗电量 = 平均功率 × 工作时间。

其次决定什么地方需要装电能表？

- » 使用功率变化较大，能耗高的设备；
- » 准备进行节能改造的设备和系统；
- » 需要进行节能评价和考核的生产线和部门。

### 2.3 主要用能设备

根据《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB17167-2006）中规定单台设备能源消耗大于或等于表 2-1 中一种或多种能源消耗量限定值的为主要耗能设备。

表 2-1 主要用能设备能源消耗量（或功率）限定值

能源种类	电力	煤炭/焦炭	原油、成品油、石油液化气	重油/渣油	煤气/天然气	蒸汽热水	水	其他
单位	kW	t/h	t/h	t/h	m <sup>3</sup> /h	Mw	t/h	GJ/h
限定值	100	1	0.5	1	100	7	1	29.26

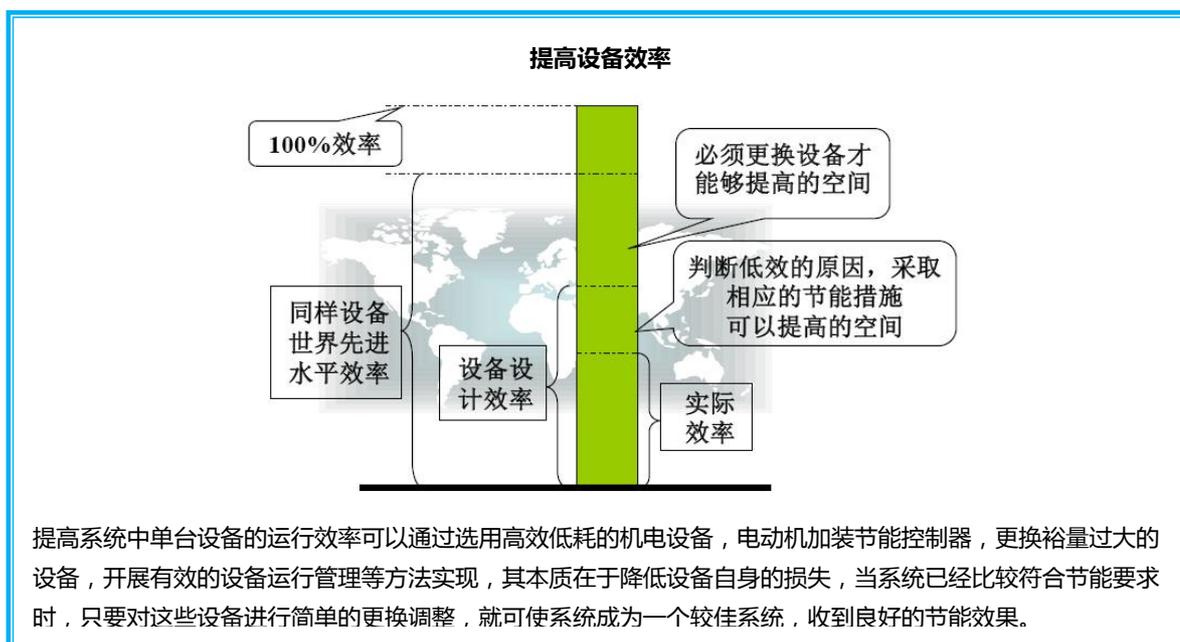
企业可以依据表 2-1 来界定企业生产设备，同时也可参照以下三点判断企业主要用能设备：

- » 估计年总能耗大于 80000kWh 的耗能设备；
- » 公司主要的设备（数量多，单机功率小）；
- » 长期偏离设计工况的设备；

主要耗能设备，一定要进行至少一次实际能效检测。在实际工作中可以利用表 2-2 对企业耗能设备进行定期的能源利用效率检测。如果条件允许，要尽可能多的检测耗能设备的能效，耗能设备能效检测数据是对整个企业能效评价的最基础数据，也是发现节能机会和空间的基础。设备的能效检测，必须由专业的检测仪器和人员完成。

表 2-2 耗能设备能效检测表

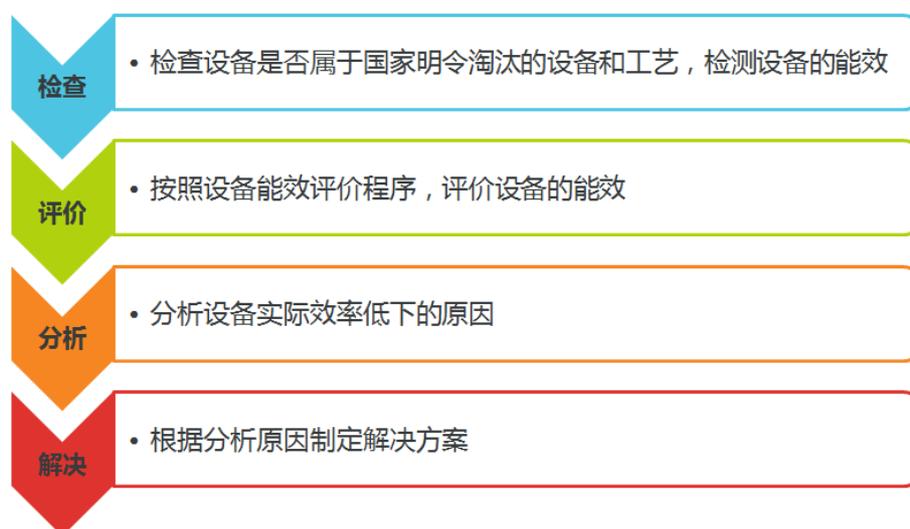
序号	耗能特征	设备名称	数量	地点	检测效率	设计效率
1	灯具数量超过 500 盏，年照明时间 4000 小时以上					
2	灯具数量超过 1000 盏，年照明时间 2000-4000 小时以上					
3	设备年耗电量 80000kWh 以上					
4	设备年耗电量 20000 - 50000kWh 偏离设计工况较大					
5	锅炉					



## 3. 企业节能诊断方法

### 3.1 设备能效诊断法

设备能效诊断法适用于单个耗能设备的节能评价，其基本步骤如下：



**检查：**国家定期发布淘汰的设备和工艺如《产业结构调整指导目录（2011年本）》中限制类及淘汰类项目、《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第一批）》（工节[2009]第67号）等，如果企业还在使用这样的设备和工艺，应当整改。许多企业的主管，对那些老的，淘汰的设备只要其还能够工作，就“舍不得”淘汰。实际上，继续使用只会增加企业的负担。侵蚀企业的利润，一定要坚决淘汰。

**评价：**如果设备不属于国家淘汰的产品，就要对设备的效率进行检测并按照节能评价标准体系或者设备行业、世界先进标准，对耗能设备的能效进行评价。

设备能效诊断法应用过程中存在的困难：

- 1、对设备的运行效率进行检测是设备节能必须要做的工作，而检测又必须由外部专业检测机构进行，许多企业不愿意出检测费；
- 2、如果不能用数据说明更换淘汰产品的，大多数企业内部专业人员就无法说服老板更换；
- 3、如果设备低效是由于设备的管理问题，可能涉及到企业内部某些人的责任，一般情况下企业内部人员都不愿意主动去发现；
- 4、需要进行节能投资的设备，如果不做准确的能效检测，投资收益很难确定。

某电子厂装配车间，车间照明、空调能耗等生产辅助能耗占整个车间总能耗的 80%。由于订单不足，生产效率下降但还是保持一班 8 小时工作时间的习惯。

节能建议：

- 1、生产线一经启动，就保持最高生产效率，现在的订单一天生产时间 6 小时即可完成，每天可节省 276kWh ( 220 元)。剩余时间培训和训练员工。
- 2、改为夜班生产，空调能耗大幅度降低，电费便宜，节能效果更佳，成本更低。（能源成本可以减少 80%）

**分析：**分析设备低效的原因，设备低效的原因一般可分为三种：

- » 设备固有效率低，例如属于国家淘汰产品、低质量产品或者设备选型出现错误；
- » 设备维护保养不当或者使用不当；
- » 由于具体工艺的需要，设备不能够工作在最佳效率区域。

**制定：**根据上述设备低效的原因，相应的解决方案也可归结为：

- » 更换更高效的设备
- » 加强节能管理，建设备维护保养及使用等规章制度
- » 结合具体工艺，整体布局各种节能技术

### 3.2 能源结构评价法

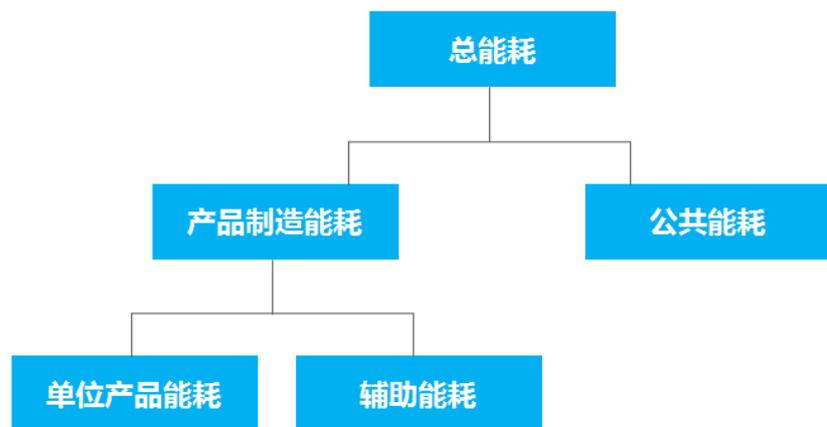


图 2-4 企业能源结构图

由上图得知，产品制造直接能耗、辅助能耗、公共能耗三个部分相互独立，涵盖了企业全部的能耗内容，降低每一个部分的能耗，都可以实现企业总能耗的降低。

**产品制造直接能耗：**制造产品消耗的能量（温度、压力、运动）。

- » 特点：取决于产品制造工艺，能耗总量与产量成正比；
- » 节能思路：要降低产品制造的直接能耗相对比较难，一般与生产工艺的提升直接挂钩，从产品的工艺入手，通过降低温度、压力、速度、流量等等实现。通常需要开展以节能为目标的工艺研究，需要一整套的程序，有组织的开展。

**产品制造辅助能耗：**车间照明、空调、换气以及生产线运转消耗的能量。

- » 特点：与产量无关（某种程度上），总能耗取决于工作时间；
- » 节能思路：提高生产效率并随时保持高效率生产；提高辅助耗能设备的能效（高费方案）；尽量减少工作时间。

**公共能耗：**办公、后勤、生活消耗的能量。

- » 特点：与产量无关，与工作时间成正比。
- » 节能方法：提高工作效率，尽可能不加班，普及节能知识，开展办公节能、缩短办公设备工作时间，厉行节约。

### 3.3 系统分析法

某污水处理厂抽水泵，电机功率 11kW，流量 100m<sup>3</sup>/h；扬程 25m；实测水泵效率达到额定效率的 95%；输入功率为 8.25kW。如果仅从水泵本身的效率看似没有问题，后发现管道中有一个阀门仅开启 1/3，这样做的目的是为了调整流量满足排水流量（100 m<sup>3</sup>/h）的工艺需要，全部开启阀门后，流量超过需要 10%，再检测水泵的效率，下降到设计效率的 64%。从能源利用率的角度看，管道中间没有完全开启的阀门，都是“无效能耗”的环节。解决方案，更换一个流量 100 m<sup>3</sup>/h，扬程 15m 的水泵，电机功率为 7.5kW。输入功率 6kW。新方案年节能量 = 2.25×24×350 = 1.89 万 kWh。半年收回投资。

系统分析法适合于复杂的系统分析，如中央空调、压缩空气系统、供水系统。系统分析法将能源供应、转化、传输和使用作为一个系统进行研究，对各个部分的能源效率分别进行检测，评估出整个系统的能源利用效率，找到系统的节能方案。

- » 特点：从能效入手，可迅速找到节能机会；
- » 优点：有量化指标，可以明确节能的空间，适合中央空调这样复杂的耗能系统；
- » 缺点：需要专业的检测设备和评估经验，不容易发现“低成本”的节能机会。

我们可以通过下面一个供水系统来较好的理解系统分析法运用，如果不通过系统分析法，单从单个设备的效率来分析，较难发现节能机会。

### 3.4 分类分析法

企业的所有活动，每一个人的工作，均离不开能源，因此，节能需要从全方位的角度进行分析，不能够仅仅看到“设备节能”。

企业节能分类分析法具有如下特点：

- » **全面性**：无论是什么节能机会，都能够在本方法中“对号入座”，采用本法不会遗漏可能的节能机会；
- » **合理性**：一个类别的节能机会，必须用相应方法才能够发现；一个类别的节能机会，不会同时出现在两个类别当中。一个类别的节能措施，不会节约另外一个类别的节能潜力；
- » **简单**：企业管理人员具备基本的节能知识，就很容易掌握，是“发现节能机会”最简单实用的方法。

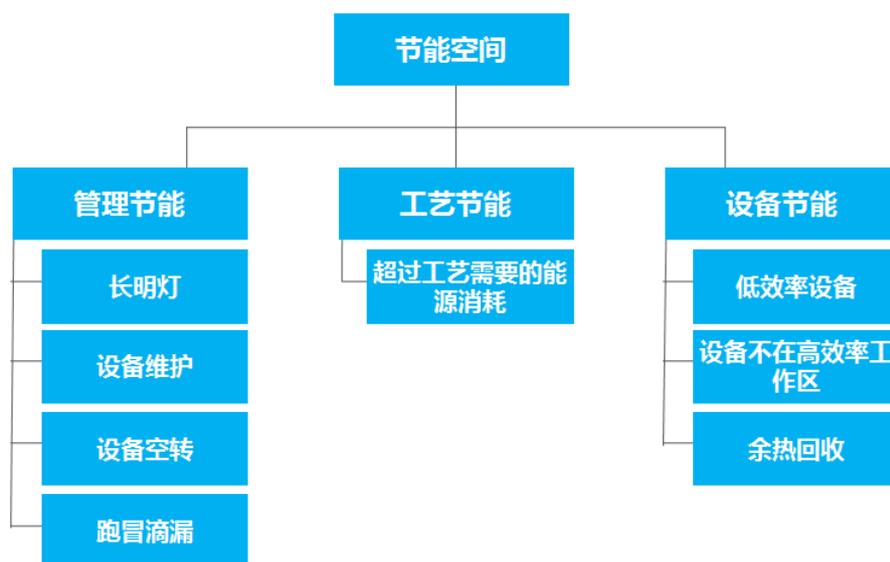


图 2-5 企业分类分析法

#### 3.4.1 管理节能

管理节能针对各种能源浪费现象，常见浪费的能量现象包括：

- » 无须照明的时间和地点还在开启的照明设备；
- » 所有的跑冒滴漏；
- » 没有生产（工作）时还在耗能（运转）的设备；
- » 生产能力低于设备能力（低效率生产）；

» 设备维护不当造成的设备故障和效率下降。

浪费能量的特点就是随处可见，每一个点都不大，难以量化，容易忽视，总量可观。

如何实现管理节能？

- » 全公司要树立“杜绝浪费”的企业文化，不能够因为一个浪费点的损失很小就可以不管；
- » 成立一个节能小组，专门培养，在全公司定期巡视，及时发现浪费能源现象；
- » 开展节能知识的培训，全体员工参与，充分发现身边浪费能量的现象；
- » 将节能的理念，贯彻到工厂的各个环节，大力宣传节能并有奖惩的管理措施。

### 3.4.2 工艺节能

工艺节能是指用能端的能耗超过需要的数量，这是最容易被企业忽视的潜在能源浪费，具体表现在：

- » 过度照明（一家世界 500 强企业，一个车间一年过度照明损失 40 万 kWh）；
- » 过高的温度、压力、流量（一家知名企业，零件清洁压缩空气由 0.58MPa 下降到 0.3MPa，节能 40%以上）；
- » 过低的室温（食品厂车间温度由 22℃提高到 24℃，空调节能超过 10%，每年节省电费即超过 20 万）；
- » 过高质量的水、压缩空气（高质量意味着高能耗）。

工艺节能是由工艺决定的能耗，识别和判定都较困难，需要节能顾问和企业工艺、生产、质量等部门技术人员密切合作，经过仔细研究、试验才能够完成。工艺节能一旦确定，实施方法非常简单，通常是调整工艺参数，可以实现以很低的成本取得非常好的节能效果。

大量的实践经验表明，工艺节能是高能耗企业最大的节能机会。

#### 为什么工艺节能的机会很多？

企业在选择工艺参数时，往往都是按照“最大生产负荷”的状况设计，为了“保险”，倾向于选择冗余参数，导致能源利用率“先天不足”。设备是通用的，而生产是特定的，通用的代价就是高能耗，只有量身定做，才能够降低能耗。设备制造商没有将“节能”作为设计的目标，容易造成高能耗的状况。

**工艺节能理念：为不需要的输出供应能量，无论效率多高，都是浪费。**

#### 为何工艺节能效果最显著？

能源通过变压器、能量转换设备、输送设备最后才到使用点（末端），末端一旦使用，前面所有的设备都需要耗能。

输入能量 = 输出能量/η

η 是系统的效率。因为 η 小于 1，所以，减少输出能量，节能效果非常明显

例如一个压缩空气系统，有 5 个环节：供电、压缩机、空气处理设备、空气传输管道，气动工具，系统总效率为 0.3。如果输出能量减少 1kW，输入能量减少 3.33kW，节能的效果非常显著。

那么工艺节能有没有好的研究方法呢？答案是肯定的。

- » 识别工艺能耗的方式和用量，重点关注一些过程控制参数如压力、流量、温度等，是否处于合适值或正常范围，能否降低或提高；

设备能效（效率）= 设备输出能量/输入能量

设备的效率包括固有效率和运行效率。设备的固有效率是设备的“铭牌效率”。设备的实际运行效率，需要实际检测才能够确定。如果设备维护不好，或者偏离“设计工况”都会影响设备的实际效率。

### 变频设备

凡是由电动机作为动力的设备，只有在设计状态（额定工况）下，才能够达到设备固有的最高效能。然而实际上，企业是按照“可能的最大需要功率”选择设备，设备大多数时间是在低于“最大额定功率”状态下运行的，这样就势必降低了设备的效率（特别是风机和水泵）。这就是变频技术的用武之地。采用变频技术，可以让流体机械不在额定工况时仍然能够保持接近设计效率的水平，但变频技术并不能让电机系统的效率高过系统设计效率。变频技术是流体机械节能的核心技术。



- » 对高能耗工艺，就意味着是高参数，例如高温、低温、高压、大流量等等，一般温度高于 80°C 为高温，温度低于 20°C 为低温，压力高于 0.7MPa 为高压，可以问一个为什么？是否这样的条件是必须的？对这些条件进行节能专项研究，成立一个由节能顾问、工艺、生产、质量、工程等部门的技术人员参加专门的研究小组。

工艺节能的研究，像研发产品，需要企业各部门高度的配合和较强的技术能力，有时一个小小的改动，可能会产生意想不到的效果。

### 3.4.3 设备节能

设备节能需要牢记以下两点：

- » 设计效率是设备能够达到的最高效率，实际生产过程中很难达到，不要过分的追求设计效率；
- » 节能技术是解决“设备偏离高效率区”的技术，不能解决由于维护不当造成的效率下降问题，可见企业对设备的维护保养有多么重要，设备的维护保养次数和要求只能比说明书中要求高，不能低。

设备节能实施步骤：

- » 检查设备的维护工作（过滤器是否堵塞，换热器是否结垢，机器润滑是否良好等等）。首先消除由于设备维护管理不当造成的效率下降；例如：工业压缩空气系统评估中曾发现一台额定功率为 132kW、额定产气量为 23m<sup>3</sup>/min 的空压机由于维护不当入口过滤器阻塞，空压机处于过载运行状态，运行功率为 146kW，但产气量却只有 18m<sup>3</sup>/min。
- » 如果设备低效率是因为运行偏离设计工况，需要分析偏离是因为工艺需要还是设备选型不对；
- » 根据原因，有针对性的提出解决方案，“对症下药”非常关键。一些企业检测出设备效率低，还没有分析低效的原因，就匆匆忙忙加装变频器等节能设备，不仅没有起到真正的节能效果，也可能失去低成本的节能机会。

什么情况下使用变频设备呢？

- » 风机、泵类的运行工况点偏离高效区。
- » 压力、流量变化幅度较大，运行时间长的系统。

加转变频设备案例：



改造前



改造后

图 2-7 企业动力站变频恒压控制项目

某企业动力站水泵采用变频恒压控制项目投资 50000 元，项目实施后可提高设备能效降低电耗约 6500 kWh /月，每月节约电费 5200 元。



**图 2-8 电梯联网控制器**

某企业通过安装位置相邻的电梯采用变频联网控制，每月可节约用电 6000kWh，按电费 0.8 元/kWh 计算，每月可节约电费 4800 元。

# 主要用能系统的节能

## 1. 供配电系统

### 1.1 供配电系统节能诊断

从电网送到企业的电能（交流电），经降压后分配到各用电车间或用电设备，这就构成了企业内部的供电系统。企业内部一般都存在一个配电房，利用变压器降压后再利用电能。

供配电系统节能主要体现在提高供配电设备效率和输送效率，除了采用供电线路合理布局和变压器容量合理选择确保经济运行等有效措施外，选用高效变压器，采用无功补偿装置等节能产品和装置也是减少输配电损失的重要手段。

#### 功率因数

交流电力系统需要两部分能量，一部分电能用于做功被消耗，它们转化为热能、光能、机械能或化学能等，称为有功功率，另一部分能量用来建立磁场，作为交换能量使用，对外部电路并未做功，它们由电能转换为磁场能，再由磁场能转换为电能，周而复始，并未消耗，这部分能量称为无功功率。无功功率并不是无用之功，没有这部分功率，就不能建立感应磁场，电动机、变压器等设备就不能运行。

设负荷视在功率为S，有功功率为P，无功功率为Q，电压有效值为 $\bar{U}$ ，电流有效值为I，则功率三角形如图4-2。图中：

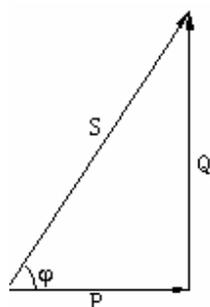


图 3-1 功率三角形

$$P = S \cdot \cos\varphi = \bar{U} I \cos\varphi \quad Q = S \cdot \sin\varphi = \bar{U} I \sin\varphi \quad S = \bar{U} I$$

有功功率常用单位为瓦或千瓦，无功功率为乏或千乏，视在功率为伏安或千伏安，相位角 $\varphi$ 为有功功率与视在功率的夹角，称为功率角或功率因数角， $\cos\varphi$ 表示有功功率P和视在功率S的比值，称为功率或功率因数。



通过分析功率因数可以得知：

- » 用户功率因数提高到1是不经济和不适宜的；
- » 最佳功率因数的确定与负荷的供电方式有关，需根据技术经济比较确定；
- » 进行无功补偿后功率因数一般不宜超过0.96，因此能源部规定电费按功率因数的奖惩制度，由过去“不封顶”改在0.95封顶（即功率因数超过0.95时不再另行增加奖励）是合适的。

### 1.2 供配电系统节能措施

- » 按经济电流密度选择导线截面：由于经济电流密度与导线材料线路年最大利用小时数有密切关系，且确定经济电流密度是一项很复杂的工作，需要统计计算大量数据，因此对一般的工业企业来说，通常采取类比法；
- » 适当地合理提高运行电压，既可提高电能质量，又可降低线路损耗。提高运行电压10%，可以减少线损18%（反之之低压将会增加线损）；
- » 提高负载的功率因数：采用各种措施减少无功电流，以提高线路功率因数，是降低线路损耗的有效途径。在一定的电压和电流下，功率因数越高，则在功率恒定的情况下，其有功功率越大。

例如：某化工厂安装了一个1500kVA的变压器。工厂的初步需求是1160kVA，功率因数为0.70。变压器的百分比载荷约为78%（ $1160/1500=77.3\%$ ），要想提高功率因数，避免供电局收取罚款，工厂需要在马达载荷上增加约438kVAr（无功补偿）。这样可以将功率因数提高到0.90，将需要的功率KVA降低到900，这个值就是KW和KVAr的矢量和。1500KVA的变压器的载荷只能占其能力的60%，这就允许工厂将来需要向变压器增加更多的载荷。

企业选择变压器的几点参考：

- » 按经济运行原则选择变压器容量，即：根据计算容量来选择变压器容量（扩建、新建企业时的原则）；
- » 按企业实际负载率调整或更换变压器容量。单台运行变压器负载率在70%~80%为宜。多台变压器运行时，应适当转移负荷，停用若干台变压器（适用于老企业）；
- » 选用节能型变压器（S11），减少空载电流，降低无功损耗。变压器配电房的温度控制问题，最好增加排风设施使变压器保持在60℃。



图3-2 企业配电房变压器温度读数

注：变压器的温度每下降1℃，功率损耗下降0.32% 每上升8℃，寿命减少一半。

## 2. 照明系统

### 2.1 照明系统节能诊断

企业照明系统常见有以下问题：

- » 长明灯（无须照明还在开启）；
- » 照度设置不合适（过高、过低都不合适）；
- » 没有充分利用自然光；
- » 以整个区域的高照度满足局部区域高照度的要求；
- » 清洁不及时，照明灯具布满灰尘；
- » 使用高能耗的照明器具。

照明系统的节能工作可以从管理，工艺和设备方面入手：

- » 管理节能：什么时候该亮？什么时候不该亮？保持灯具“清洁”，充分利用自然光等；多层厂房利用自然光，需注意临窗一列照明灯管，设置单独开关，由专人负责管理；
- » 工艺节能：确定需要照明的地点、照度（特殊需要还要考虑照明的色温、显色性等特性），照明开关控制方式
- » 设备节能：在满足照明工艺要求的前提下，用最节省能源的照明设备和控制方式。

## 2.2 照明系统节能措施

照明系统节能工作可以按照如下四个步骤开展：

第一步：按照区域功能确定需要的“照度”，照度过度或者不足都会影响工作的质量和效率。

建议的照度：

- » 走廊、产品周转区域：80 - 120Lux；
- » 无须“持续注视”的工作场所：150-200Lux；
- » 办公场所：200 - 250Lux；
- » 一般检验场所：350 - 450Lux；
- » 需要持续检查微小部位的“检验”场所：500 - 600Lux。

各个场所标准照度范围（LX）推荐如下：

序号	照度范围（LX）	场所或活动类型
1	20-30-50	室外活动场所及工作场所。如走廊、贮藏室、楼梯间、浴室、咖啡厅、酒吧、站前广告等等。
2	30-100-150	流通场所，短程旅行的方向定位。如电梯前室、客房服务台、酒吧柜台、室内菜场营业厅、值班室、邮电、游艺厅、剧场、进站大厅、问讯处、诊室、商场通道区等等。
3	100-150-200	非连续使用的工作场所。办公室、接待室、客房写字台、商店货架、柜台、小卖部、厨房、售票房、排演厅、检票处、手术室、放射室、广播室、总机室、电教室、保龄球、理发室等。
4	200-300-500	简单视觉要求的作业。如阅览室、设计室、橱窗、陈列室、美容、烹调、体育运动的训练场、玻璃、石器、金属品展览厅、保龄球、排球、羽毛球、武术等比赛场等等。
5	300-500-700	中等视觉要求的作业。体操、网球、篮球比赛场、游泳、跳水比赛场、绘图室、印刷机房、木材机械加工、一般精细作业、粗加工、机床区、电修车间等等。
6	500-750-1000	较强视觉要求的作业。乒乓球、围棋、象棋等比赛场、金属加工厂、机电装配车间的小件装配、电修车间（精密）、打字室、抛光车间等等。
7	750-1000-1500	较难视觉要求的作业。
8	1000-1500-2000	特殊视觉要求的作业。
9	2000 以上	进行很精确的视觉作业。

第二步：按照照度需要确定具体照明的功率、空间布置和控制方式。局部照度需要超过500Lux的地方，增加局部照明灯具提高照度。

第三步：采用节能的照明灯具和控制。

- » 采用 LED、T5 等照明灯具。照明灯具的发光效率越高就越省电。只有在同样的照度（色温、显色性）下对照不同照明器具的能耗才有意义。测量数据表明，T5 同比照度下比 T8（目前工业企业常用灯具）节省用电 35%以上。

表 4-2 照明灯具比较

照明灯具	发光效率	寿命
白炽灯	7~20Lm/W	1000-2000hr
荧光灯 T8	55Lm/W	3000-5000hr
荧光灯 T5	85Lm/W	8000-10000hr
LED	150Lm/W	10000-50000hr

### 节能镇流器

在使用荧光灯时需要配合镇流器才能够发光，照明总能耗 = 照明灯具的能耗 + 镇流器的能耗，因此节能的照明灯具 + 节能的镇流器才是最优的节能照明。

表 4-3 镇流器的类型

灯功率 (W)	镇流器能耗占灯功率百分比 (%)		
	普通型	节能型	电子型
20 以下	40~50	20~30	< 10
30	30~40	< 15	< 10
40	22~25	< 12	< 10
100	15~20	< 11	< 10

- » 增加反光罩加强反光（适用于“多一个灯具照度过度、少一盏灯具照度不足”的情况）。在“多一个灯具照明过度，减少一个灯具照度略显不足”的状况下，通过将照明灯具发出的光线，反射到需要增强照明的区域，通过叠加照明，可以提高 25%的照度，这样就可以减少灯具使用的数量从而实现节能，而且反光板还具有寿命长，无其它副作用的优点。

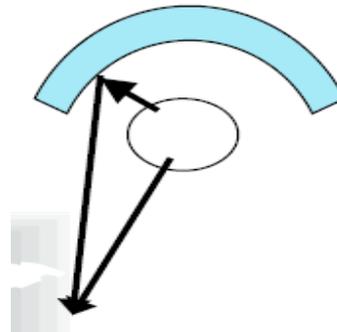


图 3-4 灯管反光罩

第四步：管理。常见的照明节能管理方法有：

- » 灯光控制（消灭长明灯）；
- » 定期清洁灯具（脏的灯具，就相当于降低照明效率）；
- » 尽可能利用自然光（自然光是最好的照明）。

## 2.3 照明节能的实例分析

背景介绍：某大型电子厂装配车间照明系统

照明均匀分布：900×3 = 2700 盏

总功率 = (36 + 2) × 2700 = 102.6kW (T8 照明)

(注：该公司已经采用了电子镇流器节能措施)

现场检测 50 个点：平均照度：500Lux

年耗电：8352×102.6 = 85.69 万 kWh；电费：42.84 万元

靠近窗户的一条生产线，白天的光线足以满足照明的需要但由于开关控制不合理，无法单独开关；过道和产品周转区域长期无人工作，照明系统也无法单独开关。



图 3-5 工厂车间布局图

节能分析：绝大部分的工厂照明设计，是按照整个工厂最高照度要求设计且为平均分布，导致工厂车间照度普遍过高，特别是没有考虑车间不同区域照度的需求。

节能措施：

- » 功能区划分：将车间按照工作照度需要，划分为三个功能区：过道与周转区，照度标准 150Lux，共 284 组，852 盏；装配区，照度 350Lux，共 602 组，1806 盏；检验区，照度 500Lux，共 14 组，42 盏；

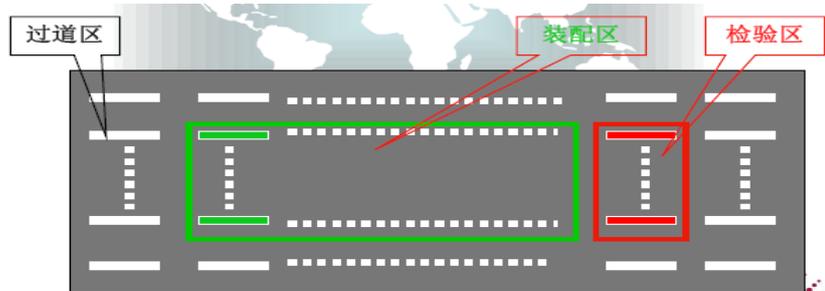


图 3-6 工厂车间功能分区图

- » 按照新的照度分配，调整照明灯具数量和控制方式：过道与周转区 每组减少 2 个，共减少 568 盏；装配区每组减少 1 个，共减少 602 盏；检验区，由于周边照度下降，为了不影响检验区的照明，保留原状并增加反光罩；合计减少 1170 盏灯；将靠近窗户的 2 排灯具，用一个开关控制，方便在白天日光充足时，关闭这两排照明；增加 5 个产品周转区域的专门开关控制，在无人时可关闭这些区域的照明；
- » 再将剩余的灯具改为节能灯，全部增加反光罩，同时采用照明节能控制装置，适当降低照明电压实现节能 给检验区域照明更换成 LED 照明，保护眼睛；
- » 培训员工养成节能的习惯，随时关闭无需照明的灯具 定期清洁灯具，杜绝长明灯，充分利用自然光。

### 3. 压缩空气系统

#### 3.1 压缩空气系统节能诊断

压缩空气系统包括供气侧和用气侧两部分组成。供气侧主要包括空气压缩机、储存压缩空气的储气罐、去除水蒸气的干燥机和去除油和固体粒子的过滤器等所有生产和处理压缩空气的设备。用气侧主要包括管道系统、空气存储系统、现场过滤装置和用气设备。

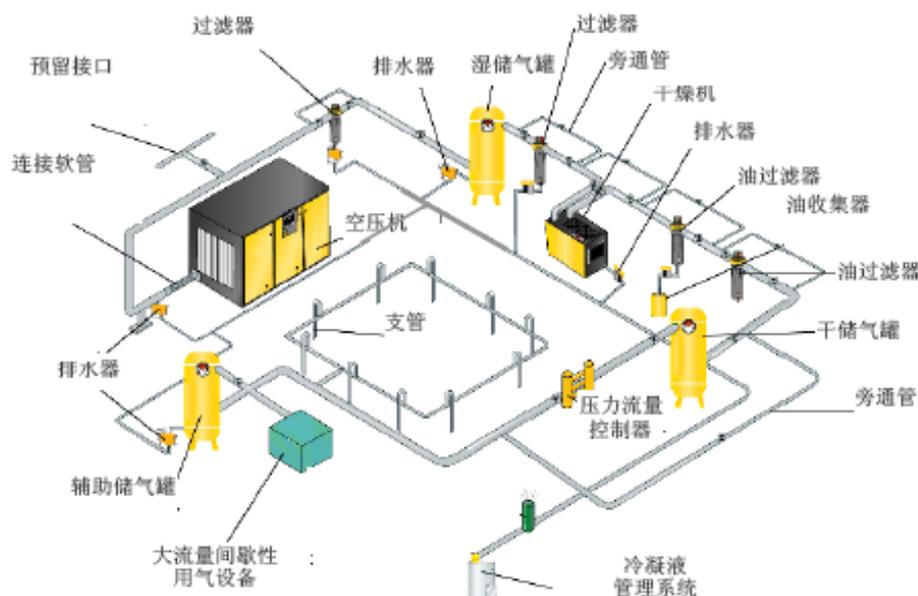


图 3-7 压缩空气系统组成图

压缩空气是工业领域中应用最广泛的动力源之一，由于其具有安全、无公害、调节性能好、输送方便等诸多优点，使其在现代化、自动化领域中应用越来越广。但要得到高品质的压缩空气需要消耗大量的能量。在大多数生产型企业中压缩空气的能源消耗占全部电力消耗 10%~35%。有研究机构通过 10 年时间压缩空气的总成本可估算发现：设备成本和维修保养成本只占压缩空气系统运行总成本的一小部分。电力成本通常超过总运行费用的 75%。

通过工业评估中心对美国的测试评估结果统计显示，美国中小企业的压缩空气系统具有平均 15% 的节能空间，简单回收期为 2 年。由于我国电机系统的效率比发达国家要低 20% 左右，据测算压缩空气系统的节能潜力可达 10%-40%，具有非常明显的提升空间。

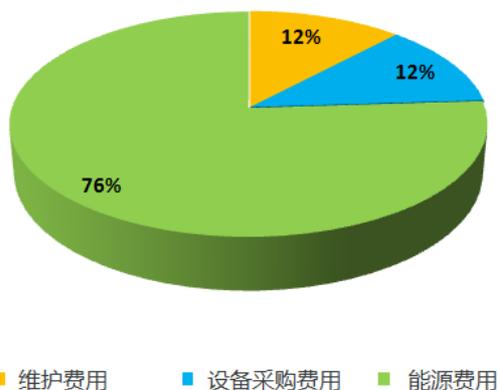


图 3-8 压缩空气系统成本分析

压缩空气也许是最为昂贵的能源形式了，如果压缩空气可以在其离开压缩机出口的温度下使用，同时管道系统进行了良好的保温，则所有进入压缩空气的能量在使用点都可被利用，那么压缩空气系统的效率将会是非常高的，但实际情况不是如此。实际情况是一个气动马达产生 1KW 功率就需要大约 5.2KW 的空压机功率输入，也就是说，在空压机所消耗的能源中，只有 19%被转化成了可供使用的功，而其他 81%均以热量的形式损耗掉了。这还只是理论计算的结果，其他系统损耗还没有被考虑进去。除此以外，目前绝大多数压缩空气系统，无论其新或旧，普遍存在着设备不匹配、管路损失大、系统泄漏、人为需求、不正确的使用和不适当的系统控制等问题。

### 3.2 压缩空气系统节能措施

压缩空气系统的节能可以从以下几个方面着手：

#### 3.2.1 空压机的进气温度

无论哪种结构类型的压缩机，都吸入空气当中的杂质并且将它们浓缩数倍，因此吸入空气的质量对于压缩机性能的影响不容低估。作为一般规则，“吸入空气的温度每升高 4°C，将会导致多消耗 1%的能源才能达到同等的产量”。因此，吸入凉爽的空气将会提高压缩机的能源性能系数。

表4-4 吸入空气温度对压缩机功率消耗的影响

进气温度 (°C)	相对出气量 (%)	节省功率 (%)
10.0	102.0	+1.4
15.5	100.0	Nil
21.1	98.1	-1.3
26.6	96.3	-2.5
32.2	94.1	-4.0
37.7	92.8	-5.0
43.3	91.2	-5.8

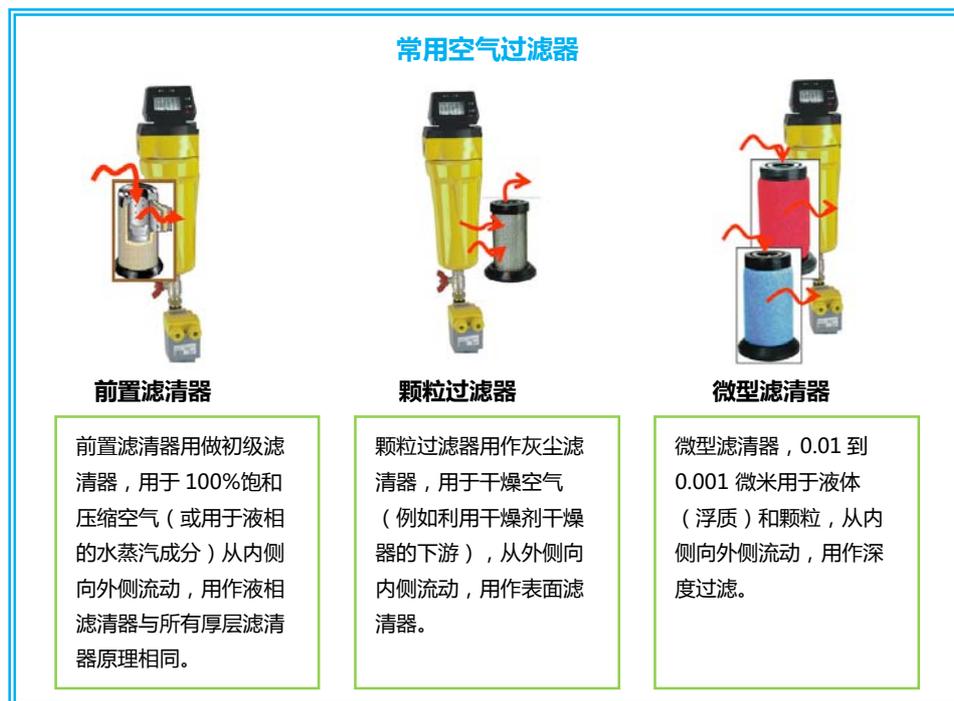
注：来源印度工业联合会。

#### 3.2.2 空压机的过滤器

压缩机的进气过滤器应该安装在清洁和凉爽的位置，压缩机进口的过滤效果越好，对压缩机进行维护的程度就越低，然而，整个进气过滤器的压降应该保持在最低值（通过调整过滤器尺寸和对它进行维护），以便防止节流效果的发生和压缩机生产能力的下降。一般情况下，“由于过滤器阻塞等原因使得吸入路径每增加 250 mm WC 的压降，将会使得压缩机的功率消耗增加 2%左右才能达到同样的产量”。

表4-5 空气过滤器压降对于功率消耗的影响

空气过滤器的压降 (mmWC)	功率消耗的增加 (%)
0	0
200	1.6
400	3.2
600	4.7
800	7.0



### 3.2.3 空压机的管路分配系统

**管径：**管路分配系统连接着压缩空气供气侧和终端用气设备，设计合理管径可以以最小的压力损失将足够的压缩空气输送至用气点。如果管道尺寸过小，系统阻力损失将会增加，这不但会增加空压机的能源费用，而且还会导致系统压力的波动，对生产工艺也会产生负面影响。

管径选择建议：

- » 空压站房内与空压机相连的总管尺寸选择时最好保证管道内流速不超过 6m/s，这样可以保证以后即使增加空压机增加，管道内流速也不至于过快。
- » 离开空压站到主管道尺寸选择应该保证其压缩空气流速不超过 9 m/s。
- » 用气点支管的管道尺寸选择应该保证其压缩空气流速不超过 15 m/s。

**最小化压力降：**系统压力降是指系统压力从空压机出口到实际用气点的减小程度。当压缩空气流经空气后处理设备和分配管路的时候，系统的压力降就会发生了。一个设计比较合理的压缩空气系统，从储气罐到用气点的压力损失不应该超过空压机排气压力的 10%。最小化压力降要求采用系统的方法来设计和维护压缩空气系统，并在系统改变后对系统管路进行合理的优化。

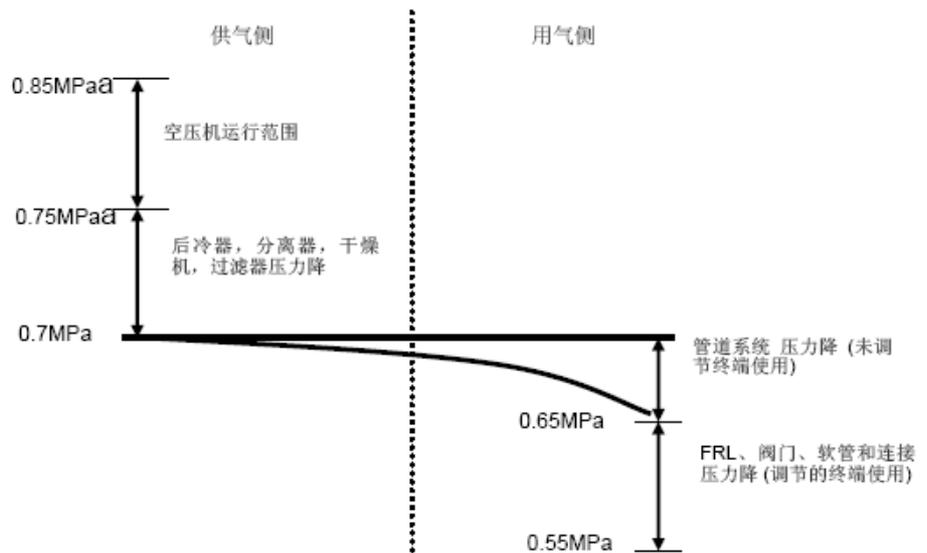
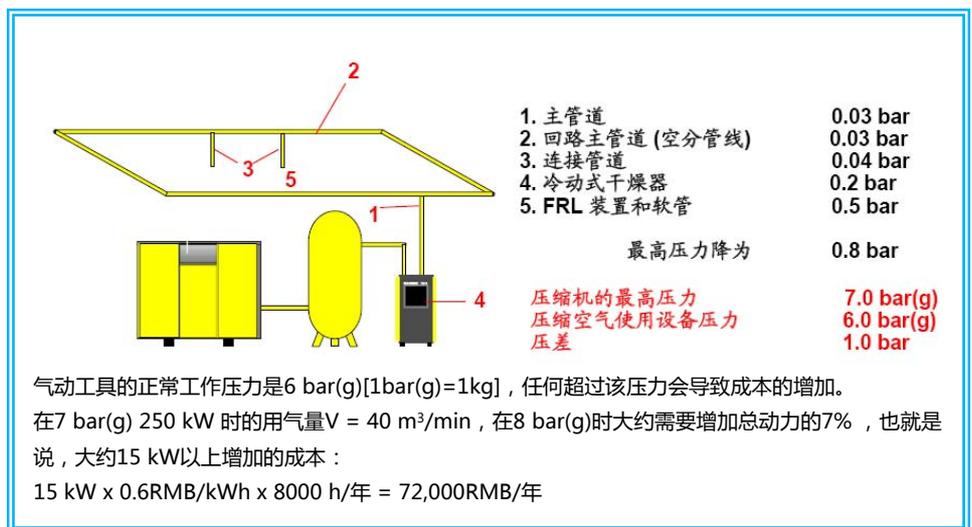


图 3-9 典型系统的压力梯度图



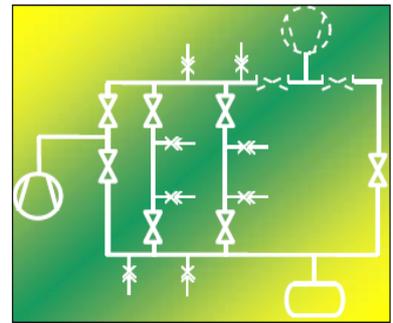
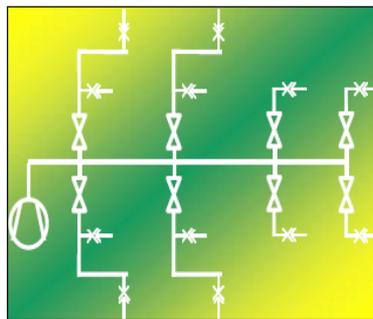
最小化压力降可以从三个方面开展工作：

- » 合理设计选型：在供气侧，后冷器、气液分离器、干燥机和过滤器等空气处理设备应该按照在最大流量运行条件下压降最低的原则来进行选型。在用气侧，调压器、润滑器、软管和接头等部件应该选择其在最低的压差条件下有最好的性能的产品；
- » 正确对系统进行维护：设备安装后应该定期监测系统各部分的压力降，并且按照供应商建议对其进行定期维护；
- » 优化管路系统：工业压缩空气系统的负荷有时变化很快，原本设计好的管路由于新的用气设备增加其压力损失也随之增加。在这种情况下，用户最常用的方法是增加空压机的排气压力。其实，有时只要对供气管路的部分进行改造就可以在投资最小的情况下减少整个能源系统的支出。



#### 改进案例一

上图是比较常见的压缩空气系统用气侧管路配置，通常情况下这种管道布置都会导致在压缩空气支管和用气点之间存在 0.14 ~ 0.2 MPa 或者更多的压力损失，结果很容易出现压缩空气使用效果非常差或气动性能的不可靠。其解决办法是应用尽可能短的软管，在不需要移动的地方尽量使用金属管道。



#### 改进案例二

上图是管网布置方式的改变，改造后能有效避免末端压力不足的问题，提高用气效率，降低输入压力。

### 3.2.4 空压机的存储系统

在许多工业工厂中，有许多间歇性高负荷的空气应用，会促使整个系统压力的严重波动，一些对压力非常敏感的用气工艺因此而不能正常运行，最终影响到产品的质量。很多工厂对于这样的问题的通常做法是增加空压机的排气压力或空压机的容量，其结果是使得整个空压机的能耗增加。这是因为，空压机排气压力每增加 0.1 MPa，空压机功率会增加约 7%。实际上，这样的问题可以通过在间歇性大负荷用气工艺的附近安装存储罐来解决。因为这种高负荷通常持续的时间会比较短，在两次负荷之间会有一定的时间间隔，二次存储系统可以利用这段时间差来重新充满储气罐，而不必增加空压机的容量。

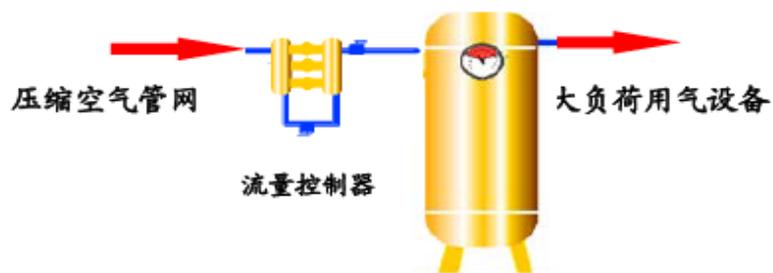
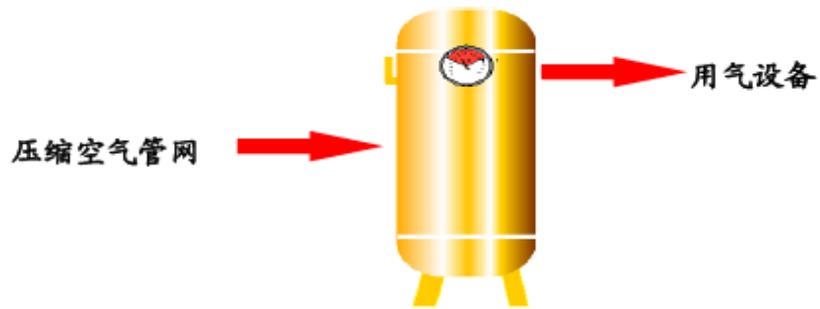


图3-10 空压机存储系统

### 3.2.6 选择与系统负荷特点相匹配的控制策略

压缩空气系统控制的目的是将压缩空气系统的供气与系统要求相匹配，控制策略的正确与否对压缩空气系统的运行效率起着至关重要的作用。一般而言，一个压缩空气系统会有多个空压机组成，空压机系统控制的目的是使不必要的空压机停止运行，并且除了正在运行的空压机外，其他所有运行的空压机只要运行就要处于满负荷运行状态。

### 3.2.7 压缩空气的泄漏

在工业压缩空气系统中，泄漏经常会导致比较严重的能源浪费，有时会占到系统产气量的20%-30%甚至更多。



图 3-11 压缩空气的泄漏检测

表 4-6 压缩空气泄漏损失

孔直径	在6巴 (g) 时空气消耗 m <sup>3</sup> /min	功率损耗 kW
1 毫米	0.065	0.3
2 毫米	0.240	1.7
4 毫米	0.980	6.5
6 毫米	2.120	12.0

注：按电费 0.6 元 RMB/kWh,使用时间小时数 8000h/年，直径为 4 毫米的小孔能够浪费企业 31200 元 RMB/年。

由于压缩空气泄漏无法直接通过眼睛观察加以识别，因此必须采用相关方法进行检漏。检测泄漏的最佳途径是采用超声波探测器，该探测器能够辨别伴随空气泄漏的高频率嘶嘶声音。这些便携式装置包括定向麦克风、放大器和滤波器，而且通常情况下还配置有指示器或耳机。

最简便的泄露检测方法是采用肥皂水，利用毛刷涂抹可能泄漏的区域，这种方法虽然可靠性高，但是会耗费大量的时间。

#### 工厂压缩空气系统“泄漏量”简易测量法：

- » 切断正在运行的压缩空气设备的电源（或者，在没有设备使用压缩空气时，对相关设备进行试验）。
- » 运行压缩机，以便向系统填充压缩空气，并确定操作压力。
- » 记录后来进行压缩机“装载”和“卸载”循环所花费的时间。为了使该时间更加准确，记录连续进行8-10个“装载”和“卸载”循环所花费的时间。然后，计算总的“装载”时间（T）和总的“卸载”时间（t）。

使用下述表达式计算系统的泄露率。如果Q是试验过程中的实际自由供气量（m<sup>3</sup>/分钟），那么系统的泄露量（m<sup>3</sup>/分钟）则是：

$$\text{系统泄漏量 (m}^3\text{/分钟)} = Q \times T / (T + t)$$

### 3.2.8 压缩空气系统的余热利用

工业空压机电耗的 80%-93%被转化为热能。在许多情况下，如果应用设计合理的热回收系统则能够将这些热能的 50%-90%进行回收，用于空气或水的加热。无论是空冷式空压机还是水冷式空压机都可以进行热回收，典型热回收应用包括空间辅助加热、工业工艺加热、水加热、循环空气加热以及锅炉补充水预热等。

#### 热回收用途之一：加热空气

空冷式螺杆空压机回收的热量非常适合用于空间辅助加热或其他空间加热用途。环境空气在通过系统的后冷器和润滑剂冷却器时被加热，它从压缩空气以及润滑油中吸取了热量。

热空气可以用于空间加热、工艺干燥、预热送气以供应燃油炉或者任何其他需要热空气的应用。一条简单的经验法则是，1m<sup>3</sup>/min 的容量（全负荷）大约可以获得 5kW 的能量。可以获得高于冷却空气入口 16~22℃ 的空气温度。一般情况下获得 80%-90% 的回收效率。

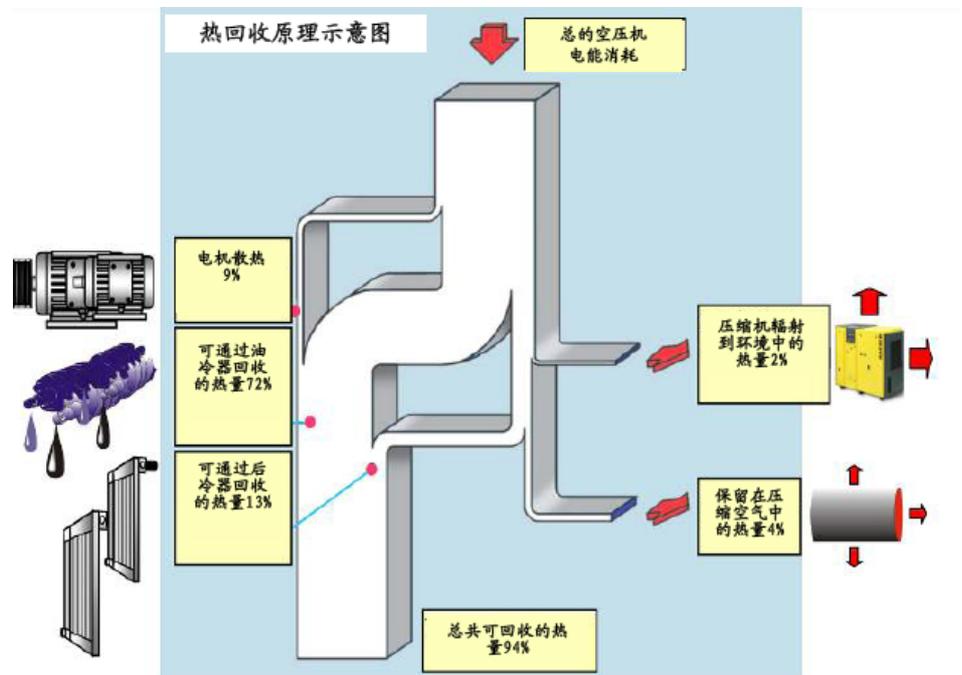


图 3-12 热回收原理示意图

## 4. 空调与通风系统

### 4.1 空调与通风系统节能诊断

空调的工作原理实际上就是将室内的热量，通过四次换热，“搬”到外部大气中。每一次换热，都是一个能耗环节。

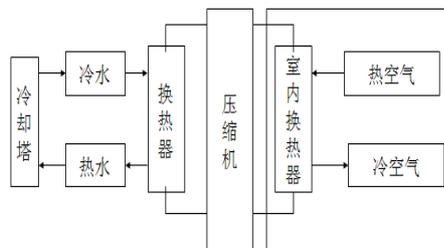


图 3-13 中央空调工作原理

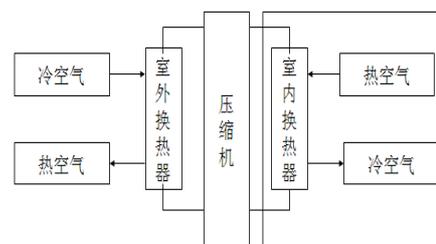


图 3-14 分体式空调的工作原理

空调系统的效率 = 制冷量/输入能量  
= COP

COP 是空调最重要的能效指标，也是国家对空调的管控指标。购买空调，首先要看 COP 值。

中央空调能耗 = 压缩机能耗 + 冷冻水泵能耗 + 室内换热器风机能耗 + 冷却塔风机能耗 + 冷却水泵能耗。

影响中央空调能效的因素：压缩机效率 + 两个水泵的效率 + 两个风机的效率 + 换热器的效率。一个环节效率的降低，会增加另外一个环节的能耗，这是中央空调最大的特点，也是中央空调最大的难点。

分体式空调能耗 = 压缩机能耗 + 室内换热器风机能耗 + 室外换热器风机能耗。压缩机能耗占总能耗的 75-80%，两个风机各占 10% 左右。

### 4.2 空调与通风系统节能措施

空调整能都有哪些途径？

- » 减少导入的热量（相当于减少冷量需求量，是低成本方案）；
- » 保持、提高换热效率（无低费方案）；
- » 减少“冷损”（无低费方案），“减少低温空间”；
- » 提高整个系统的自动控制水平（高费方案）。

空调整能低成本通用途径：

- » 保持两个换热器的换热效率（定期检查、及时清理过滤器）；
- » 减少“冷损”，做好冷冻水管路的保温（外表面温度不得超过室温 5℃）；
- » 减少导入热量；
  - 杜绝“既开空调，又开窗”，必须要开启的门，采用门帘或者风帘，减少冷气外泄；
  - 采用节能的墙体材料（节能建筑材料）和玻璃，或者采取一些低成本的保温措施（例如：加遮阳伞、遮阳布）；
- » 除非必要，尽量不开启各种用电设备；
- » 对无法避免的室内高温热源（例如某些生产设备会产生大量热量，但又要求室内温度低于一定值），可采取保温、热能回收或者局部热量引导排出室外的方法。



图 3-15 减少室内热源的途径

目前在许多工业企业中，中央空调的应用已经比较普遍了，作为一种高耗能的设备，节能工作可以从以下几个方面入手：

- » **选择合适的冷冻水泵、冷却水泵：**水泵的参数，要根据系统的实际情况，过高的参数会产生隐形浪费。
- » **冷却塔要定期检测冷却效率：**一般冷却水塔的温降在 5℃左右，出水温度高于环境温度 1-2℃（或者蒸发量在 1.5%左右），如果冷却效率低于上述值，就需要检修清理冷却塔。
- » **冷冻水管路要有良好的保温措施：**
  - 定期检查三个换热设备的换热效率，保持换热器表面干净，过滤器定期清洗；
  - 每一个独立的室内，设置区域空调开关，可以关闭当地的换热器风机或者风口；
  - 中央空调适合大面积的降温，不适合局部和过低室温的控制（例如某区域需要长期保持 22℃以下的温度），局部过低的温度，最好在本地采用柜式空调实现降温；
  - 冷冻水出水温度设定为 9℃，提高冷冻机的能效。

分体式空调的节能策略如下：

- » 采用高能效比、变频空调；
- » 根据需要，确定空调的功率；
- » 空调设定温度不低于 26℃，如果出风口能够直接将冷风吹到人，温度可以设定在 28℃；
- » 下班前 30 分钟关闭空调（决不能整夜开机）；
- » 室外机尽可能安装在太阳不直射的地方，进出气排气顺畅，室外机在长期不用的季节要加保护罩。

### 4.3 空调与通风系统节能实例

某食品加工配料车间，有五个中央空调出风口，有一个室内空调，功率 18kW；有 8 个化糖锅，表面温度超过 60℃；有一个真空罐，表面温度超过 80℃；车间布满保温热水、高温清洗热水、蒸汽等高温输送管道，这些管道的表面温度都超过 50℃；该产品线每年空调耗电 136 万 kWh；该车间配料工艺要求室温在 22℃±2℃。

#### 空调的“按需供给”

- ①对于需要恒温的场所，选择的空调功率必需能够满足恶劣气候（例如外部气温为 40℃）条件下能够保证室内温度；
- ②高度密集办公场所（人均面积小于 2m<sup>2</sup>），按照标准的空调选择方法选择空调功率，增加吊扇；
- ③人员稀少的办公场所，按照标准空调选择方法选输出功率的 70%，选出空调功率，空调的出风口要对准人长期座的位置；

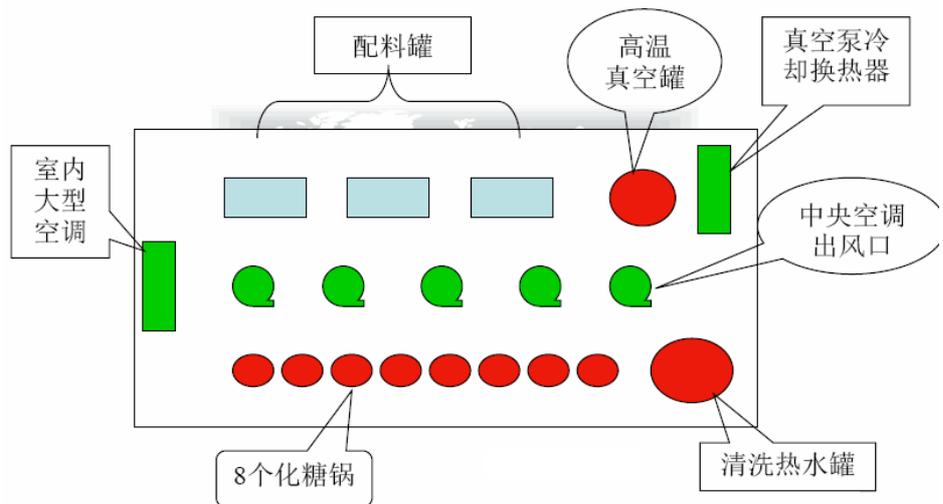


图3-16 配料车间布局图

导致高空调能耗的原因分析：

- » 实际上，车间真正需要低温的区域是配料区域；
- » 造成冬季还需要空调的原因，就是“车间的热源太多”；
- » 车间完全依靠空调降温，没有考虑利用室外低温天气给室内降温（2008年1月电费超过30万）。

配料车间解决方案：

- » 将车间按照温度需要，进行区域隔断，仅需三个中央空调出风口，关闭两个，室内大型空调给其他地方使用；

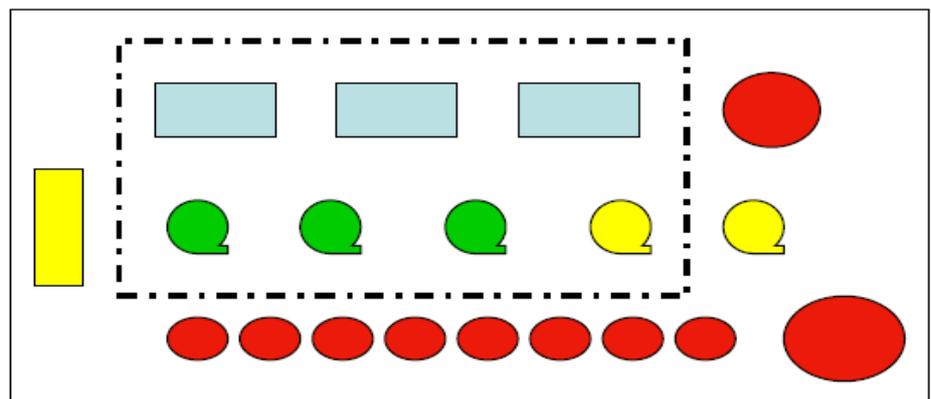


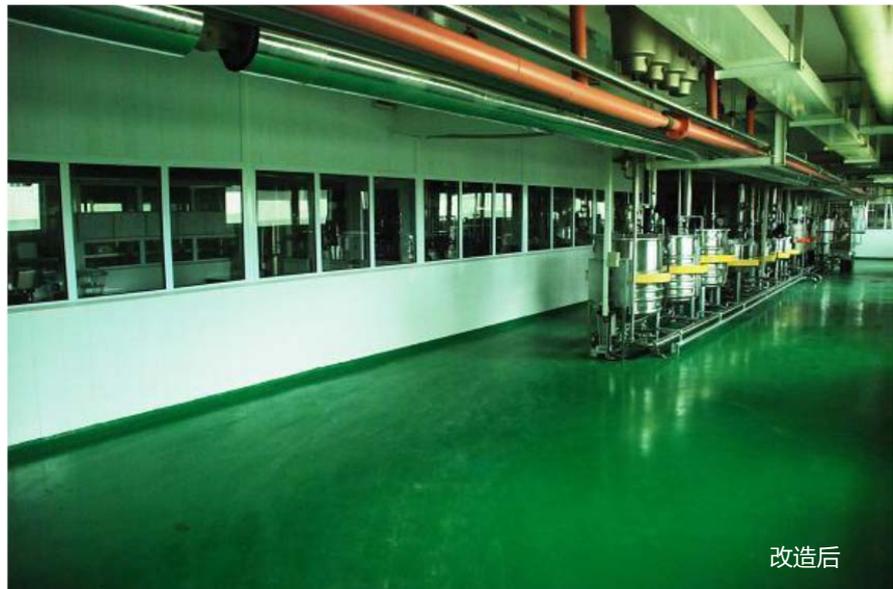
图3-17 改善后的车间布局图

- » 对高温的容器，进行保温（减少蒸汽消耗量，同时又可以降低空调的负荷）；
- » 高温真空浓缩改为低温真空浓缩，可以不用空调来给真空泵降温，减少空调负荷；
- » 利用热泵的冷热高效率转换，将原来由蒸汽提供的热能（加温清洗水，80°C，每天80吨），改为热泵提供，再利用热泵的冷气，给配料区降温，可以进一步降低空调负荷。

以上4项措施总投资：27.6万元；年节电量为37万kWh。



改造前



改造后

图3-18 项目实施前后对照图

## 5. 注塑生产系统

### 5.1 注塑生产系统节能诊断

注塑机与注射器相似，它是借助螺杆（或柱塞）的推力，将已塑化好的熔融状态（即粘流态）的塑料注射入闭合好的模腔内，经固化定型后取得制品。注塑机通常采用液压传动，其结构包含注射装置、开合模装置、液压传动装置和电气控制装置，其中注射装置和合模装置是注塑机的关键部件，而电气控制装置的作用是保证注塑机预定工序的要求（压力、速度、温度、时间、位置）和动作程序准确有效地工作。

经测试一台注塑机能耗和所占比例分别是：

- » 液压系统的耗能 75-80%；

- » 加热单元的耗能 10-15%；
- » 冷却系统的耗能 5-10%；
- » 控制组件的耗能 1-5%。

其中以液压系统用电量占注塑机的 75%以上，注塑机生产过程中的液压损耗主要由以下三部分组成：

- » 溢流损耗。随产品及加工工序不同，各工序所需液压、流量、压力不同。对于油泵电动机而言，注塑机在注塑过程的负载是处于变化状态。而油泵的流量是按照所需的最大流量来设计的，其原注塑油泵电动机以恒定的转速提供的液压流量，当注塑机所需的流量小于最大流量时，多余的液压将通过溢流阀回流，这一部分能量就损耗掉了；
- » 节流损耗。当液压油流经阀的节流口时会有一定的压降，这就是节流损耗。由于方向阀的节流面积比较大，所以大部分的节流损耗发生在比例阀上。同时由于液压长期全速循环流动与液压件机械剧烈磨擦，造成油温过高、噪音过大、机械寿命缩短等不良现象；
- » 设计余量损耗。通常在设计中，一般会考虑到共用性，设计时以最大容量为基础，因此用户油泵电动机设计的容量比实际需要高出很多，存在“大马拉小车”的现象，造成电能的大量浪费。

## 5.2 注塑生产系统节能措施

注塑生产系统的节能改造可从以下几个方面入手：

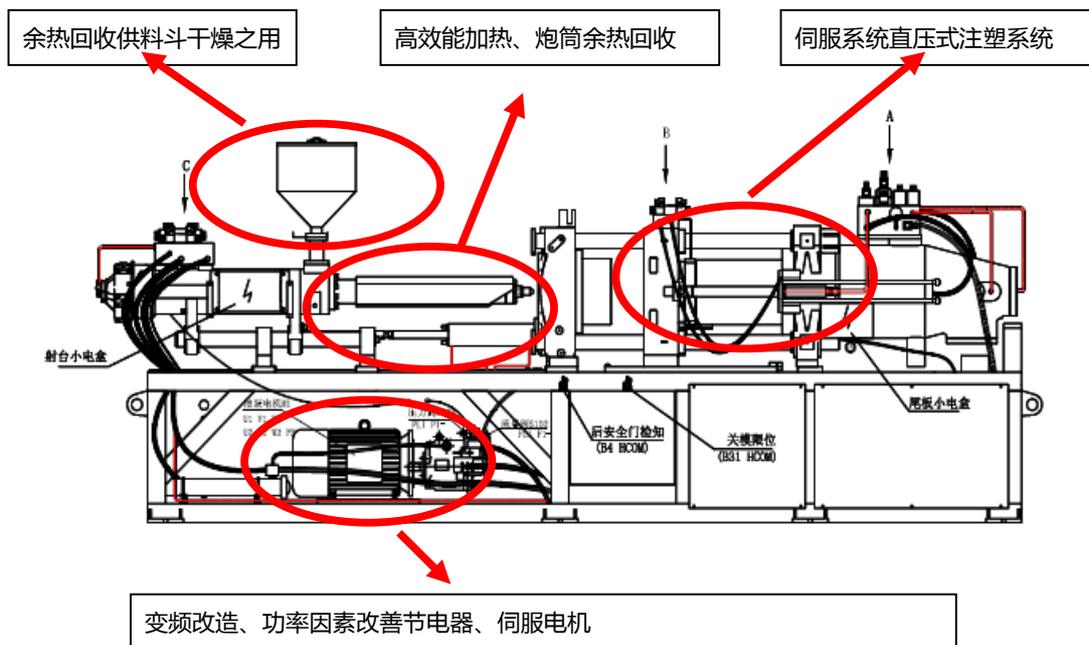


图3-19 注塑机节能改造空间图

### 5.2.1 红外线节能电热圈

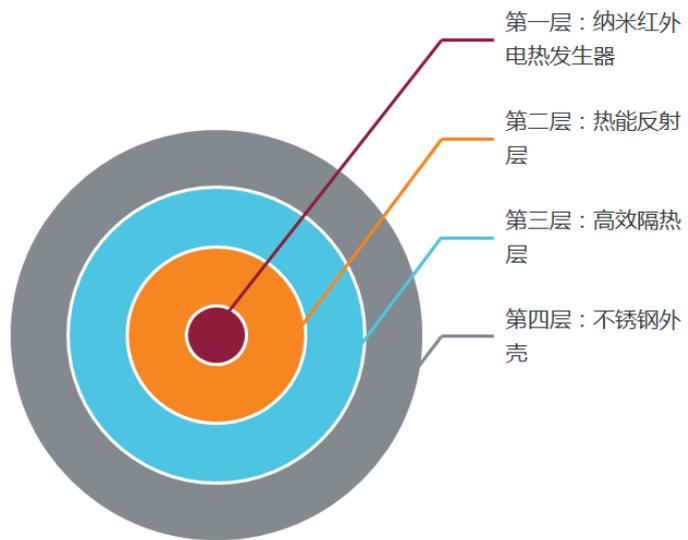


图3-20 红外线节能电热圈

技术特点：

- » 升温速度：纳米材料在 45 秒时间之内可以达到最高温度 1000°C，并可长期工作在 750°C 以内；
- » 热转换效率：热效率 99.8% 以上；
- » 材料使用寿命：确保连续使用 5 万小时以上；
- » 隔热/单向传热性能：使得外表温度在 80°C 以内。

成效分析：节电率 25 ~ 50%，成本回收期 5 个月。



图3-21 红外线节能电热圈改造前后

## 5.2.2 余热回收



图3-22 注塑机余热回收设备改造示意

注塑机炮筒废热回收是通过将注塑机炮筒热能的收集，再转移到烘料筒作烘料使用。由于将废热能经收集再利用，可节省因热损失及烘料而消耗的电费，同时不会对注塑机的正常使用

传统注塑机普遍存在能耗高及散热量大的问题，不仅导致生产成本上升，而且耗电而额外增加环境污染。其中发热部份主要表现为：

- 1、目前烘料采用电阻丝绕制的加热方式，电阻圈内外双面发热，外层的热量大部分散失到空气中，造成电能的损失浪费；
- 2、由于炮筒表面散发 200-300℃高温，造成车间温度升高，尤其是夏季车间温度一般普遍超过 40℃；若使用空调降温，造成能源的二次浪费；

产生任何影响。方法是以保温筒包裹炮筒的加热圈以减低热损失，而保温筒与加热圈之间以吹风方式带走余热。随即将余热风送到烘料筒供烘料使用，以节省烘料所需的电能。余热风经过烘料筒后以过滤器除去尘粒，然后返回保温筒与加热圈之间，造成热能循环。由于热能效率提升及废热散发量减少，车间不再出现高温闷热的现象，显著改善工作环境，达致降温、降耗及减排的效果。

通过采用电力量度仪，测试注塑机在装有炮筒余热回收系统的正常生产情况下，其炮筒、烘料斗和注塑机的用电情况；并对另一部没有炮筒余热回收系统的注塑机作出同样测试，以便计算炮筒余热回收系统的节电效能。透过计算以往及现在注塑机的耗能量及费用，来比两者所需的操作费用及估算设备投资费用的回本期，如下：

表 1 注塑机节电及经济成效表

热回收设备	功率因子	注塑机		烘料筒		回本期 (年)
		消耗功率 (千瓦时)	节电率 (%)	消耗功率 (千瓦时)	节电率 (%)	
<b>改造工厂 A</b>						
有炮筒热回收设备	0.88	31	1.6	2.3	20.7	2.4
没有炮筒热回收设备	0.88	30.5		1.69		
<b>改造工厂 B</b>						
有炮筒热回收设备	0.67	4.93	4.3	0.12	69	4
没有炮筒热回收设备	1	5.15		0.38		
<b>改造工厂 C</b>						
有炮筒热回收设备	0.77	1.13	16.3	0.36	37.9	0.4
没有炮筒热回收设备	0.85	1.35		0.58		

由此可知，以上工厂注塑机通过安装不同型号的炮筒热回收设备，每月的用电量均有所下降：烘料筒的用电量下降幅度由 20.7%至 69%，注塑机的用电量下降幅度由 1.6%至 16.3%。设备投资回本期由最快的 0.4 年到最长的 4 年。根据测试结果显示，炮筒热回收设备对于烘料筒的节电效果明显，可降低能源成本。实测时的注塑机能耗很大程度受到不同的产品影响，测试只反映个别厂商在当时设备装置及生产运作条件下的结果。

### 5.2.3 伺服系统直压式注塑机设备

传统液压注塑机的动力部份一般采用固定式油压加压系统，由电机驱动油压泵提供固定的动力。由于注塑过程每个步骤所需的速度和压力都不同，所需的液压油流量亦不同。若油泵电机以恒定转速提供固定流量的液压油，多余的液压油则回流，造成电能浪费。此外，发热部

份一般采用电阻式发热设备，但大部份热量散发于车间，造成浪费。如上图所示工厂使用“力劲 PT300Y 伺服直压注塑机”，该机型采用了伺服电机配合变量泵动力系统。伺服电机的特点是可以按所需负载的变化而实时调整输出功率。伺服系统可针对注塑机的动力要求，实现油泵电机的变速控制，同步跟踪压力和流量实现不同阶段时的不同转速，从而达到节电目的。也就是说，通过控制器调整油泵电机的转速，用以改变输出动力，使其随着负载的大小而变化，同时还可以提高功率因素。此外，直压注塑机采用了电磁加热系统，在金属材料内利用电磁感应原理产生无数的电流小涡流而发热。由于热力来自金属内部，外部的热量损失较低，故可提升电效率。

相比于一般液压式注塑机，伺服直压注塑机除了省电外，还可以提高工作精准度及降低操作噪音，以及有效提升产品质量及节省运作成本。

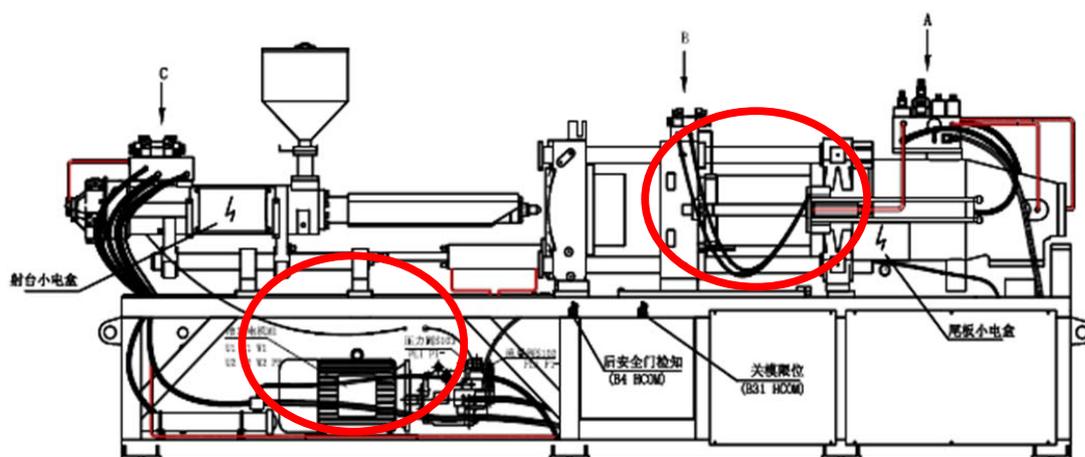


图3-23 伺服系统直压式注塑机设备



图3-24 传统油压注塑机与伺服直压注塑机

为了印证伺服直压注塑机(力劲 PT300Y)的成效，企业对同一个同等吨数的传统注塑机(宝源 320PC 及 PC-550)在相同操作条件下进行比较，结果如下：

表2 对比同样吨数机（锁模力）的测试结果（生产TS-728 食物盆）

测试项目	传统注塑机	伺服直压注塑机	节省率
单位时间能耗（千瓦时）	14.8	2.7	减 81.8%
生产周期（秒）	80	75	减 6.25%
品质合格率（%）	85	97	增加 12%
单位合格产量（EA/时）	35	42	增加 20%
车间温度（℃）	41	32.5	减 20.7%
维护成本（RMB/年）	每天锁模机构需加润滑油 1 升，每季加润滑油脂 1 次	每天不需要加润滑油，仅需每季加润滑油脂 1 次	减 5600 元

表3 对比同等开模行程机（PT300Y:910mm及PC-550:850mm）的测试结果（生产TS-806 水缸）

测试项目	传统注塑机	伺服直压注塑机	节省率
单位时间能耗（千瓦时）	23.5	3.2	减 86.4%
生产周期（秒）	92	70	减 23.9%
品质合格率（%）	83	96	增加 13%
单位合格产量（EA/时）	36	45	增加 20%
车间温度（℃）	40	31.5	减 21.3%
维护成本（RMB/年）	每天锁模机构需加润滑油 1 升，每季加润滑油脂 1 次	每天不需要加润滑油，仅需每季加润滑油脂 1 次	减 5600 元

由上图对比可知，伺服直压注塑机具有以下优点：

- » 节能效果明显。伺服直压注塑机的伺服电机和度量泵只有在部份工艺时才会运转，约有 45 秒是处于停止不用电的状态；
- » 设备维护成本低。伺服直压注塑机所以不用每天加润滑油，每年可少用 180 升/桶的润滑油 2 桶；
- » 产量高，生产用时短。伺服直压注塑机采用全计算机系统控制，具用精度高，灵敏性和稳定性好的特点；
- » 对生产环境温度影响较小。伺服直压注塑机工作油温相对较低；电磁加热系统保温效果较好，不容易对外传热。

#### 财务分析

按企业的实际生产情况，伺服直压注塑机多被用作生产时需要长开模行程的工件。对比同级开模行程的情况下，伺服直压注塑机在生产 TS-806 水缸时较传统注塑机省电 20.3kw。即使是对比同等吨数（锁模力）的机型在生产 TS-728 食物盆等也能省电 12.1kw。故此保守估计平均节电（较旧机型）约 15kw。

表4 财务分析表

工作天 (日/年)	工作小时 (小时/日)	电费(元/千 瓦时)	生产费用成本 (元/日)	省润滑油数量 (桶/年)	润滑油价格 (元/桶)
300	20	1	1350	2	2800

按上表数据计算，年节约电费 =  $15 \times 300 \times 20 \times 1 = 90,000$  (人民币)，生产时间短，降低生产成本。300T 注塑机的标准生产费用成本约 1,350 元/日，当单位产量提升了 20%。若保守估计同等产量下可减少 15%的使用时间：

- » 年节约成本 =  $1350 \times 15\% \times 300 = 60,750$  (人民币)



- » 年节约维护成本= 2,800 × 2 = 5,600 (人民币)
- » 年节约费用= 90,000 + 60,750 + 5,600 =156,350 (人民币)
- » 由于本项目的投资为人民币 408,000 元，估算投资回收期约 2.6 年 ( 408,000 ÷ 156,350 )

#### 5.2.4 注塑机变频改造

在注塑机上安装节能变频器，通过改变电源频率来控制马达运行速度，使电机在做无功时将运行速度降到最低即能耗最低，节能效率一般能提高 10 ~ 20%。

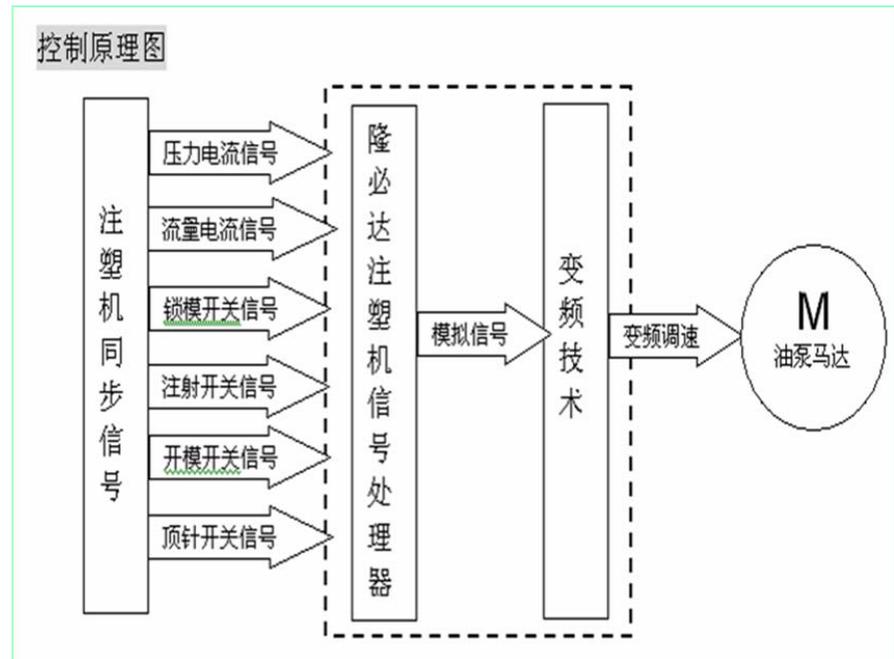


图3-25 注塑机变频改造