

制药行业对于降耗减排的需求正在逐渐增强



制药企业中的能耗分析与节能策略

制药行业属于技术密集型产业，与传统工业相比，各种能源消耗量较低——但随着我国制药企业向国际市场的进军以及国内医保制度的不断进步，国内制药市场正逐步规范化与规模化，同时 GMP 对制药洁净室内洁净生产环境的要求也越来越严格，这些正使得净化空调系统的设备投资在建筑总投资中的比重逐渐加大，运行能耗也不断增加。

文 / 张帅 梁志国

1. 确定研究对象

在制药企业的各项能耗中，电能的消耗最高。国外某项相关研究分析了制药企业的能源使用情况，如图 1 所示。从图 1 可以看出，环境控制系统与冷水系统的能耗约占总能耗的 65%，该能耗结构说明，制药企业如想实现节能减排的目标，环境控制系统与冷水系统是优化控制策略的主要实施目标。

再对环境控制系统与冷水系

统进行详细分析，可以发现：环境控制需要冷源与热源的供给。而在制药行业，热源往往直接采

用市政蒸汽或由市政蒸汽制备的热水，总体用量低，且不同地域消耗量不同，热能制备与使用较

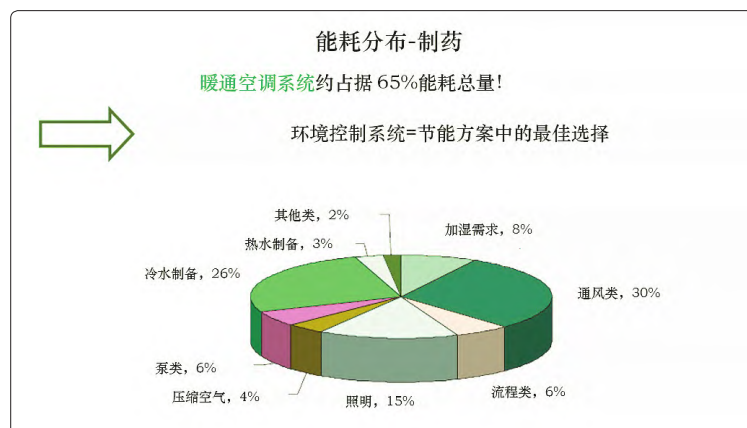


图 1 制药企业的能耗分布

本文作者均就职于奥星制药设备(石家庄)有限公司自动化控制事业部。

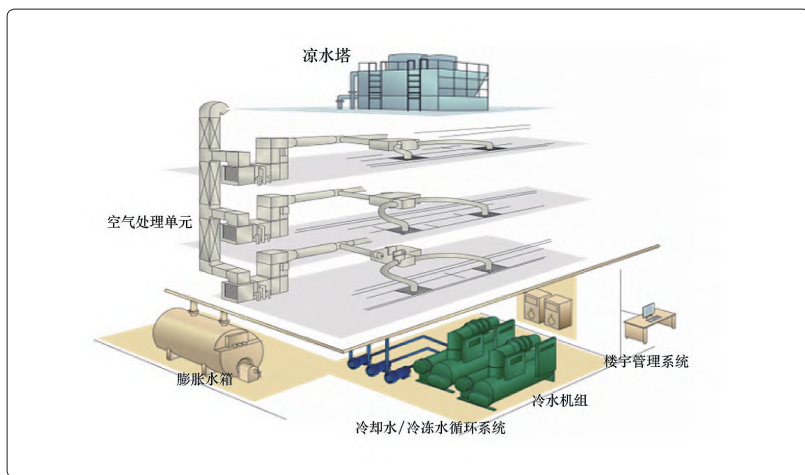


图 2 环境控制系统与制冷系统的组成

编号	主机制冷量 (kW)	主机功率 (kW)	冷冻水泵 (kW)	冷却水泵 (kW)	冷却塔 (kW)
CH2-1	3500	603	110	90×4 四用一备	55×3
CH2-2	3500	603	110		
CH2-3 (备用)	1450	258	55		
CH2-4	1450	258	55		
CH2-5	1450	258	55		
CH2-6	450	220	11		
CH2-7	450	220	11		
分项设备功率合计 (kW) (不含备用)		2162	352	360	165
分项设备功率占比 (%)		71.1%	11.6%	11.9%	5.4%

图 3 系统各能耗单元的功率

为平缓，若想从此处着手节能，应主要通过设计前期的二次回风与热回收系统来实现，对此本文便不再赘述，下文将主要对冷源系统进行分析。

2. 系统组成分析

在评价机房能效时一般使用各个关键设备的综合能耗与效率进行计算，在自动化系统中，需要对关键设备的功率进行实时监测和记录，并计算整个冷源系统的能耗值，最终计算整个系统的制冷系数 (COP)。机房能效计算公式如下：

$$COP_{sys} = \frac{Q_{total}}{E_{ch} + E_{chpump} + E_{cwpump} + E_{tower}}$$

从系统组成概图（如图 2 所示）与公式可以看出，系统能耗主要来自末端空调机组、冷冻水循环、制冷机组、冷却水循环以及冷却塔这 5 个方面。

图 3 展示了某实际应用案例中，设计院在进行系统设计时为各个能耗单元设定的功率，从中可以清晰地看到，在制冷机房中主机功率占比可高达 70% 以上，而两类循环泵分别占有 10%，冷却塔占据 5%。当考虑整体节能，再加入末端设备空调机组功耗，可以得出总能耗分布如图 4 所示。

从图 4 可以看出，组合式空调与冷水机组是整个环境控制系统中



上海意发玛制药设备有限公司

E-PHARMA (SHANGHAI) PHARMACEUTICAL EQUIPMENT CO., LTD



We are **E-Pharma**
sanitary heat exchanger
supplier

我们是 **意发玛**
卫生级换热器提供商

Your good **Partner**
良好的 **合作伙伴**

Specialized, Focus, Try for the Best
专业、专注、精益求精



Web: www.epharmatech.com
E-mail: info@epharmatech.com
Tel: +86-21-32503721 32503722
No.39, Xinjin Road Qingpu District, Shanghai, PRC
中国·上海市青浦区新金路39号

广告

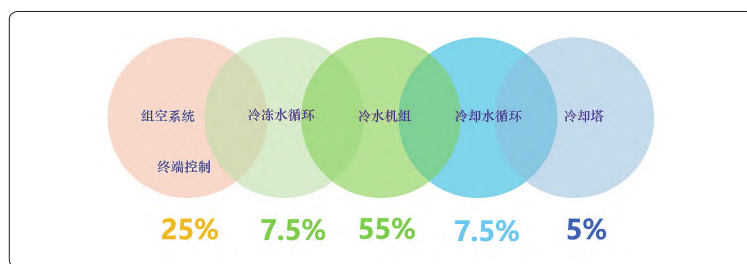


图4 环境控制系统的总体能耗分布

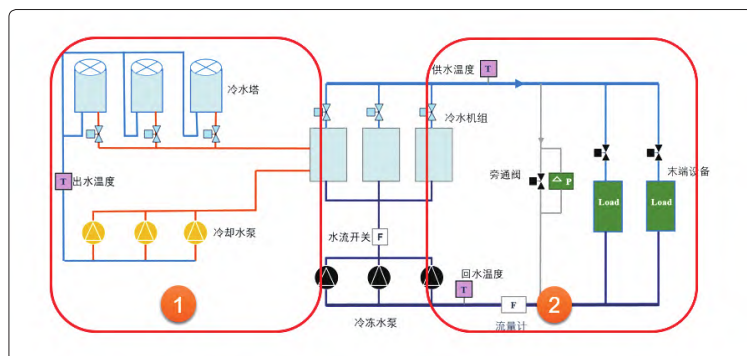


图5 冷却水环路与冷冻水环路示意图

能耗最大的两类核心设备。需要注意，图4中表示的各个元件是相互依存、相互影响的，如冷水量的供给与冷水温差的大小会直接影响终端空调的运行效率，冷却水循环的流量与温差也会直接影响冷水机组冷凝端的运行效率。因此，我们在分析整个空调能耗时，应根据各个系统的相互关系进行细致分析并制定相关控制策略。

2. 控制策略优化

(1) 冷却水环路分析

冷却水环路的组成包括冷机的冷凝器侧，冷却塔，冷却水泵等（如图5所示）。

在冷却水环路中，冷却水温度的设定非常重要，其影响主要有以下几点：

- 冷却水温度升高会导致冷机压缩功率增加，进而影响到冷机的能耗。

- 由于冷却塔的转速/频率和台数通常会根据冷却水温度进行

调整，因此冷却水温度设定值的优化和重置，将决定冷却塔风扇的转速。而冷却塔风扇的转速与其能耗之间有着近似成三次方的关系。所以冷却水温度的调整势必也将对冷却塔风扇的能耗产生显著影响。

- 冷却水温度的设定对于冷却水泵的运行控制也有着较大的影响。根据能量守恒可以得知，冷却水流量与温度之间存在耦合关系，因此当冷却水供回水温度一定时，冷却水流量的调节也会影响到冷却塔风扇的运行效率。

此外，室外环境湿球温度以及冷却塔的台数都会对整个环路的最佳运行效率产生一定的影响。

在自控策略中，通常应首先保证冷却水环路的水力平衡，再使用变频水泵对水泵进行恒压或恒压差控制，进而对冷却塔风扇进行供回水恒温差控制。同时，根据外界湿球温度，不断对冷却水温度进行重置，避免外界气候

的变化对冷凝端与冷塔造成效率影响。

(2) 冷冻水环路分析

冷冻水系统的组成包括冷水机组，冷冻水循环泵及末端表冷器。

由于冷冻水出水温度与冷机的运行台数及水泵运行台数相互耦合，因此冷机的出水温度设定值需要根据外界气候与设计余量进行优化设定，同时冷机的台数应根据冷负荷的变化进行加减载。

冷冻水环路的优化主要依赖于冷冻水系统的冷负荷监测。对冷冻水温度进行调整，冷机的负载便会随之改变。应根据冷机的加减策略确定冷机的运行台数。而冷冻水循环泵通常需要根据冷水循环系统的水力平衡要求进行恒压差控制，以保障末端用户的冷量需求。

(3) 末端空调系统分析

在组合式空调机组的运行过程中，应首先保证洁净环境符合GMP要求，在符合要求的基础上，寻找除湿、加热、加湿的最佳运行点。

由于空调系统在自动化应用中反馈的滞后时间较长，因此通常会使用送回风串级与分程控制等手段来稳定温湿度曲线，以减少环境温度振荡过程中对能源的浪费。

3. 结语

设计冷站控制策略时应从整体效率出发，关注冷站系统中的多个目标（末端空调机组、冷冻水循环、制冷机组、冷却水循环、冷却塔），建立合适的逻辑关系，合理应用自动化手段对各个关键参数进行控制与修正，以此来提高冷站最终的整体效率。