

Technology  
实用技术



# 空调 自动控制与节能

〔日〕高桥隆勇 著  
刘 军 王春生 译

MP

# 空调自动控制与节能

〔日〕 高桥隆勇 著  
刘 军 王春生 译

科学出版社

北 京

图字:01-2011-6459号

## 内 容 简 介

本书根据作者常年收集的大量数据资料,通过众多实例、曲线和柱状图分析空调的自动控制与节能技术。内容包括二次泵的控制、冷冻机的冷却水及冷水温度控制、冷冻机台数控制、蓄热放热、自由冷却、空调机的控制、空调负荷的削减、自动控制基础、各种仪表和设备等。

本书可供从事空调设备设计与施工的技术人员参考,也可供工科院校相关专业师生阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

空调自动控制与节能/(日)高桥隆勇著;刘军,王春生译. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-032915-8

I. 空… II. ①高…②刘…③王… III. ①空气调节设备-自动控制  
②空气调节设备-节能 IV. TB657.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第246268号

责任编辑:杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:一克米工作室

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳艺恒彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年1月第一版 开本: B5(720×1000)

2012年1月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—4 000 字数: 258 000

**定 价: 36.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

从远处眺望富士山,山姿优美耀眼。可是攀登时看到的只不过是陡峭的山路。处理楼宇监控屏上的运行数据时,其道理也是同样的。将从 BEMS(建筑物能源管理系统)观察到的信息及获取的数据用微型计算机进行数据分析与评价,可以得到更有价值的信息。从监视屏上可以直接得到诸如“因为炎热请降低温度”或者“冷冻机发生故障”等信息。但是,当研究空调设备节能运行问题时,应该脱离监视屏,用其他数字设备(当然包括计算机)对运行数据作时间序列分析。本书就是基于这一概念编写的,对于建筑维护管理人员、尤其是从事空调设备的设计及与施工有关的建筑部门人员是一本实用性较强的技术书籍。

可视化这一术语现在在使用频率很高、在各种场合都可能接触到的技术流行语。把单纯显示运行数据方式改变为显示运行曲线或柱状图方式没有什么困难,但是能够实现节能并不是一件简单的事情。

经常看到,由于不能理解空调设备的自动控制,导致运行中浪费能量的例子。

在本书中,作者根据长年收集的大量数据资料,用很多实例、曲线或柱状图进行分析。从这些分析可以看出,只是单纯掌握空调自动控制的知识,不能实现节能,极为重要的是必须让空调系统和自动控制协调配合运行。

本书使用(财)节能中心开发的 BEMS 数据分析支持工具(EAST),以分析实例为中心。书中的趋势图及程序可以从节能中心的主数据库(<http://www.eccj.or.jp/east/bems/index.html>)免费下载。这个程序是作者在开发经济产业省、(财)节能中心委托的项目中,把日常使用的程序整理成的一个通用化软件,并将其公开发布。

该程序以微软公司的办公软件——Excel 的制作曲线图功能为基础,经改进,可以很容易地把 BEMS 数据展开、做各种分析。

<b>本书中使用的趋势图的看图方法</b> .....	<b>1</b>
0.1 趋势图的主要特征 .....	1
0.2 图和趋势图的使用区别 .....	3
<b>第 1 章 二次泵的控制</b> .....	<b>5</b>
1.1 控制理论 .....	6
1.1.1 二次泵 .....	6
1.1.2 基于泵的选择余裕的节能 .....	8
1.1.3 基于变频器的节能 .....	11
1.1.4 负荷流量和电力消耗量 .....	16
1.1.5 二次泵的评价 .....	17
1.2 基于控制数据的分析 .....	21
1.2.1 压差控制(事例 1) .....	21
1.2.2 压力控制与静压水头(事例 2) .....	23
1.2.3 复杂系统分析的事例(事例 3) .....	24
1.2.4 压差达不到设定值的例子(事例 4) .....	26
1.2.5 供水压力适当(事例 5) .....	26
1.2.6 设备规模 .....	29
1.2.7 DHC 接入升压泵(事例 6) .....	30
1.3 二次泵功率计算仿真 .....	31
1.3.1 利用 Excel 制作复合 $Q-H$ 特性曲线 .....	31
1.3.2 系数说明 .....	33
1.3.3 负荷流量所对应的电力消耗量 .....	36
1.3.4 负荷流量数据 .....	37

1.3.5	计算结果的文档汇编 .....	37
1.3.6	与仿真计算结果进行比较研究 .....	38
1.3.7	电力消耗总计 .....	40
1.4	温馨提示 .....	42
<b>第 2 章</b>	<b>冷冻机的冷却水及冷水温度控制 .....</b>	<b>45</b>
2.1	冷却水和冷水温度条件 .....	46
2.2	冷却水温度和冷冻机能量消耗量的关系 .....	47
2.3	冷却水实际温度 .....	47
2.4	冷却水温度设定时注意事项 .....	48
2.5	冷水供水温度的上限值 .....	50
2.6	冷水温度变更事例 .....	53
2.6.1	出口温度设定变更试验 .....	53
2.6.2	与整个冬季的比较 .....	54
2.6.3	吸收冷冻机的例子 .....	57
2.7	冷水泵流量调节 .....	59
<b>第 3 章</b>	<b>冷冻机台数控制 .....</b>	<b>61</b>
3.1	人们为什么不喜台数的自动控制 .....	62
3.1.1	冷冻机能力的变化 .....	62
3.1.2	设计、施工的不完善 1(回水集管) .....	63
3.1.3	设计、施工的不完善 2(供水集管) .....	64
3.1.4	喘 动 .....	65
3.1.5	自动启停 .....	65
3.1.6	容易发生浪费的时间带 .....	68
3.2	台数控制存在的问题及解决策略 .....	70
3.2.1	集管的问题 .....	70
3.2.2	冷水负荷低温回送 .....	71
3.2.3	推荐的台数控制逻辑 .....	72

## 第 4 章 蓄热放热 ..... 75

4.1 蓄热槽运用中存在的问题 .....	76
4.2 蓄热系统运行时间的考虑 .....	77
4.3 冰蓄热的蓄热量计算 .....	77
4.4 放热控制 .....	79
4.4.1 只用蓄热槽热量就能够供热的放热控制 .....	79
4.4.2 大负荷时的放热运行 .....	80
4.4.3 小负荷热量时的放热控制 .....	82
4.5 热源台数控制(密闭系统) .....	83
4.6 冰蓄热的节能运行 .....	86
4.7 水蓄热的控制 .....	88
4.7.1 蓄热冷冻机入口温度控制 .....	88
4.7.2 放热用热换热器控制(HEX) .....	90
4.7.3 蓄热量计算 .....	95
4.8 一次能量和 CO <sub>2</sub> 排量 .....	96
4.9 热负荷预测 .....	97

## 第 5 章 自由冷却 ..... 99

5.1 自由冷却系统的现状 .....	100
5.2 问题与对策 .....	100
5.2.1 系统的条件 .....	100
5.2.2 热泵系统启动时自由冷却投运判断 .....	100
5.2.3 运行中的自由冷却判断 .....	101
5.2.4 自由冷却和冷冻机台数控制 .....	102
5.2.5 自由冷却时的冷水供水温度 .....	102
5.3 实际运行效果 .....	104
5.4 取自外调机的冷热源 .....	105

<b>第 6 章</b>	<b>空调机的控制</b> .....	<b>107</b>
6.1	室内温度设定 .....	108
6.2	VAV(可变风量方式)控制 .....	109
6.2.1	VAV 控制的基本原理 .....	110
6.2.2	室温和风量 .....	112
6.2.3	送风温度和 VAV 风量 .....	112
6.2.4	重 置 .....	114
6.2.5	CRT 推荐界面 .....	115
6.2.6	VAV 控制框图 .....	116
6.3	新风制冷和新风输入控制 .....	118
6.3.1	适合新风制冷的新风条件 .....	118
6.3.2	预热时的新风制冷 .....	119
6.3.3	制冷供热时的 CO <sub>2</sub> 控制 .....	119
6.3.4	冬季 24 小时运行的夜间新风制冷 .....	120
6.3.5	新风制冷的基础 .....	121
6.3.6	VAV 方式的最佳新风摄取 .....	122
6.3.7	新风制冷控制框图 .....	123
6.3.8	制冷供热时的控制例子 .....	124
<b>第 7 章</b>	<b>空调负荷的削减</b> .....	<b>127</b>
7.1	室内温度设定变更与节能 .....	128
7.1.1	事例 1(VAV 方式) .....	128
7.1.2	事例 2(回风温度控制方式) .....	131
7.2	基于削减空调机潜热的节能 .....	134
7.3	采用 VAV 方式的建筑的事例 .....	138
7.3.1	控制数据分析 .....	138
7.3.2	控制状况的推理 .....	138
7.3.3	送风温度和室内湿度的关系 .....	141
7.3.4	中间期的策略 .....	142



7.4 送风温度和空调潜热负荷削减的水平	143
----------------------	-----

## **第 8 章 自动控制的基础** 145

8.1 自动控制与自动化仪表	146
8.1.1 反馈控制	146
8.1.2 开环控制	147
8.1.3 过程控制主要术语	147
8.1.4 基于目标值的控制方式分类	148
8.1.5 控制器或控制仪表驱动能源	149
8.2 各种控制规律	150
8.2.1 ON/OFF 控制(二位式控制)	150
8.2.2 P 控制	150
8.2.3 PI 控制	151
8.2.4 PID 控制	152
8.3 最佳整定方法	152
8.4 自整定	153
8.5 模糊控制	153

## **第 9 章 各种仪表和设备** 157

9.1 信号的种类	158
9.2 温湿度传感器	158
9.2.1 温度传感器	158
9.2.2 湿度传感器	159
9.2.3 温湿度传感器和调节器的安装	160
9.3 半导体压力传感器	161
9.4 流量计	162
9.4.1 测量误差	162
9.4.2 电磁流量计	164
9.4.3 涡流量计	165

9.4.4	超声波流量计 .....	166
9.5	风速计 .....	168
9.5.1	热线式 .....	168
9.5.2	风车式 .....	168
9.5.3	皮托管式 .....	169
9.5.4	VAV 用风速计 .....	169
9.6	控制阀和控制风挡的执行器 .....	170
9.7	调节阀 .....	172
9.7.1	调节阀特性 .....	173
9.7.2	调节阀口径计算 .....	173
9.8	调节风挡 .....	175
9.9	逆变器 .....	175
9.9.1	逆变器的原理 .....	175
9.9.2	逆变器谐波 .....	176
9.9.3	基于逆变器的节能 .....	177
9.9.4	逆变器的使用寿命 .....	177
9.10	UPS .....	177
9.10.1	停电和瞬间停电 .....	178
9.10.2	UPS 的结构 .....	178

## 第 10 章 资料篇 ..... 179

10.1	趋势图、编程说明 .....	180
10.1.1	制作趋势图 .....	180
10.1.2	数据文档的风格 .....	181
10.1.3	趋势图的环境设定 .....	181
10.1.4	菜单和趋势图 .....	183
10.1.5	趋势图菜单操作 .....	184
10.1.6	显示多幅趋势图 .....	187
10.1.7	趋势图标题的移动 .....	187
10.1.8	从多编辑文档登录趋势图 .....	188

10.1.9	数据链接的设定(DL)	189
10.1.10	数据编辑文档的制作	189
10.1.11	数据编辑程序的内容	190
10.1.12	从 BEMS 输出数据方法	192
10.1.13	ORG 文档的限制	193
10.1.14	基于 BEMS 的编辑文件的制作标准	194
10.2	冷冻机的原理	194
10.2.1	压缩式冷冻机的冷冻循环	195
10.2.2	热 泵	197
10.2.3	吸收式冷冻机原理	198
10.2.4	冷冻机出口温度的控制	199
10.3	空气线图的读图方法	199
10.4	累计值	203
10.4.1	累计值的特点	203
10.4.2	脉冲速率	204
10.4.3	信号变换器	204
10.4.4	制作趋势图时出现的错误	205
10.4.5	输出时间	206
10.5	设备位号和编辑板	207
10.5.1	设备位号	207
10.5.2	线的颜色变更	212
10.6	DDC 名称的由来	213
10.6.1	计算机在空调控制中的应用历程	213
10.6.2	早期的 DDC	214
10.6.3	分散式 DDC 的问世	214
10.7	网络主要用语	216
10.8	Excel 的技术	219
10.8.1	数据链接的宏指令处理	219
10.8.2	表格上制作空栏	221
10.8.3	自己编制宏指令程序	222
10.8.4	模板的切换	223

10.8.5	宏的执行	224
10.8.6	宏的修改	224
10.8.7	宏的应用	224
10.8.8	列的数字表示	227
参考文献		229
后 记		231

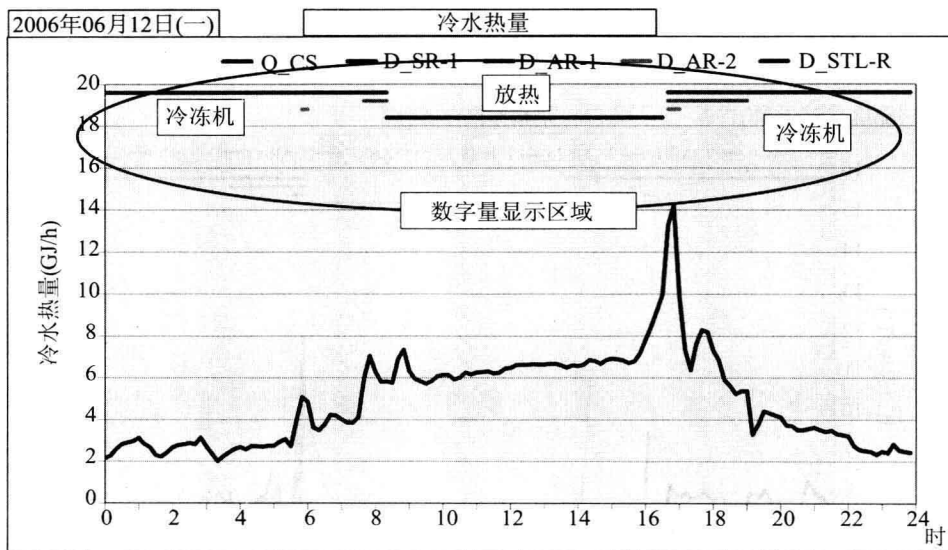
# 本书中使用的趋势图的看图方法

本书将以现场获得的运行数据为基础,用趋势图的方式表述运行状况。这里使用的趋势图及程序具有以下特征。

## 0.1 趋势图的主要特征

### 1. 数字量的显示

如趋势图 0.1 所示,在这个趋势图过程中,趋势图的上部有显示数字量的区域,一看就知道要监视的运行状况处于什么运行环境。从这个例子显示的画面可以很容易判断出,对冷水负荷来说,夜间由冷冻机运行供给,白天由蓄热水槽放热供给。



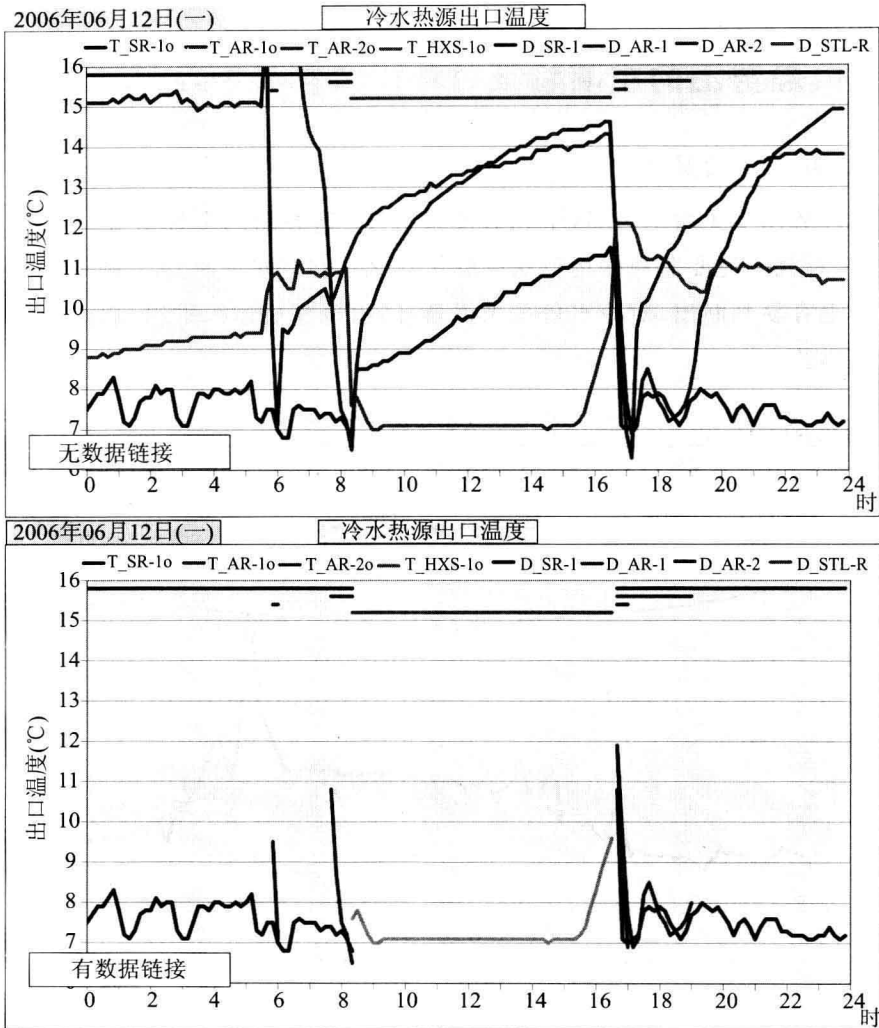
趋势图 0.1 数字量显示区域

在计时的场合,把时刻用数值表示叫做数字化。在摄影的场合,取代胶卷,将影像记录在存储器上叫做数字化。在建筑物能源管理系统中,空调机、泵等设备的运行状态(运行时为“1”、停止时为“0”)或者夏/冬的切换状态表示的数

据叫做数字化。

### 2. 数据链接

这些数字量的评价再进一步,利用趋势图 0.2 的数据链接功能可以只显示运行中的设备的测量数据。上段的趋势图表示 3 台热泵设备的出口温度,但是,进行运行评价时,停运的设备数据只会干扰观察视线。

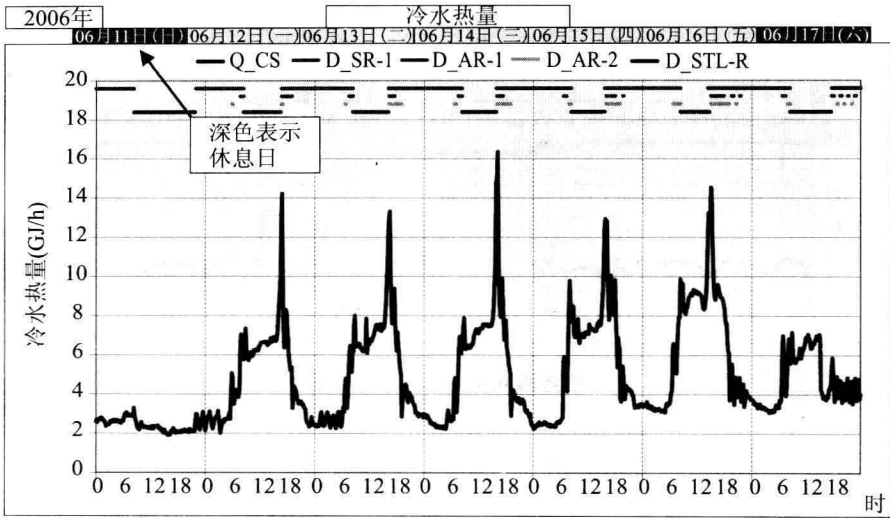


趋势图 0.2 数据链接

所以如下段趋势图所示,去掉停运的设备数据,画面上只出现真正需要的设备运行曲线。从趋势图判断运行的好坏时,只需观察运行中的设备数据。

### 3. 周趋势图

进行数据评价时,如趋势图 0.3 所示,压缩成周趋势图观察概貌后,再切换到日趋势图详细观察是非常便利的。并且,在日趋势图看不到景象,可以浮现在周趋势图上。



趋势图 0.3 周趋势图

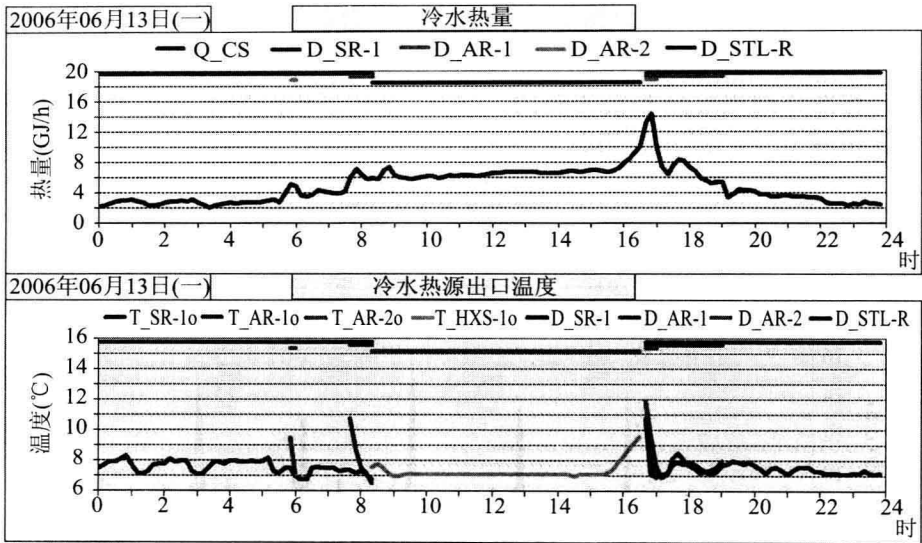
在这个图上,休息日用深色表示。比较分析这一天与其他天有什么不同时,能够在图上很直观地找到其原因。

### 4. 上下两段表示

有时,同时观察相关的两个监测数据,期望找到发生现象的因果关系。如图 0.4 所示,上下两段表示可以实现这个目的。另外,对于一个变量,指定上下两段显示功能,可以选择不同日期,所以可以比较夏季和冬季的不同以及去年和今年的不同。

## 0.2 图和趋势图的使用区别

在本书中,对于运行曲线,使用“趋势图”名称。对于其他图,使用“图”名称。



趋势图 0.4 上下两段显示



# 第 1 章

## 二次泵的控制

- 1.1 控制理论
- 1.2 基于控制数据的分析
- 1.3 二次泵功率计算仿真
- 1.4 温馨提示