

*Niubility of HVAC NO.34*

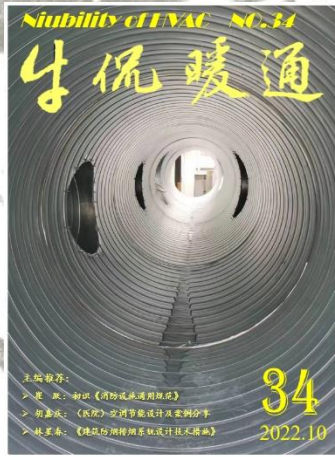
# 暖通空调

主编推荐：

- 崔 跃：初识《消防设施通用规范》
- 胡嘉庆：（医院）空调节能设计及案例分享
- 林星春：《建筑防烟排烟系统设计技术措施》

34

2022.10



## 牛侃暖通

(月刊)

Niubility of HVAC

2022年10月第34期

创刊年份：2013年

主办单位：牛侃江湖

主 编：林星春

副 主 编：赵 申、刘 璐

顾问指导：董丽萍、宋 凯、刘 静

本期编委：林星春、赵申、刘璐、卢孟龙、

王志国、撒世忠、赵海涛、苏喜庆、赵国强、

赵建博、Alan、郭进、杜韶锋、付宝弟、林和

虎、霍金鹏、李海军、张仕杰、米秀伟、张涛、

刘东、黄中、李强、娜娜、凌飞、郑文茜、王

沂萌、周凯歌、易福玲、马敏、沈东君、张利、

杨云开、顾蓉蓉、邵喆、马辉、辛玉广、张均、

李春萍、宋中华、胡嘉庆、张晓晗、蔡逢逢、

孝夕夕、李海龙、莫俊卿、臧广宇、陈慧和、

刘汉华、李百公、江北、罗杰、骆艳、何轩

发 布：牛侃江湖

暖通空调在线

投稿邮箱：[28136076@163.com](mailto:28136076@163.com)

订阅信箱：[28136076@163.com](mailto:28136076@163.com)

### 郑重声明：

- 1、本微杂志不定页数不限内容  
不限期数不定发布时间，一切  
看主编心情。
- 2、本微杂志对所有内容和言论  
概不负责。至于你信不信，反  
正我是信了！
- 3、本微杂志无刊号无版面费无  
纸质版。

## 目 录

### 图片摄影

流浪兔：螺旋风管内部 封面

### 牛侃暖通

董哲生：关于冷水机组 IPLV 表达式构建的  
两篇指导纲领性文件读后感 1

崔跃：初识《消防设施通用规范》 9

### 行业茶聊

徐 荣：新冠病毒与人类在玩一场博弈游  
戏？ 14

胡嘉庆：（医院）空调节能设计及案例分享 18

### 民间论文

吴小俊，等：读《中国高效空调制冷机房发  
展研究报告》-----谈对冷却水系统节能设计  
与实践新认识 20

### 牛友故事

夜风微凉：学海泛舟终不弃 长风破浪自从  
容 26

粉色纳米蓝：梅花香自苦寒来，宝剑锋从磨  
砺出——坚持努力，你想要的终会来到 30

### 牛侃讲堂

李 强：走进净化 风光无限 32

李海军：游泳池水处理及热泵除湿设计 33

### 新番推荐

林星春：《建筑防烟排烟系统设计技术措施》 34

### 暖通才艺

林天怡：《牛侃江湖》 36

牛立群：《暖通鉴》 封底

## 合作支持

 暖通空调在线  
[www.51hvac.com](http://www.51hvac.com)



微信公众号



逍遥阁书库

# 关于冷水机组 IPLV 表达式构建的两篇指导纲领性文件读后感

董哲生

## 0. 问题背景

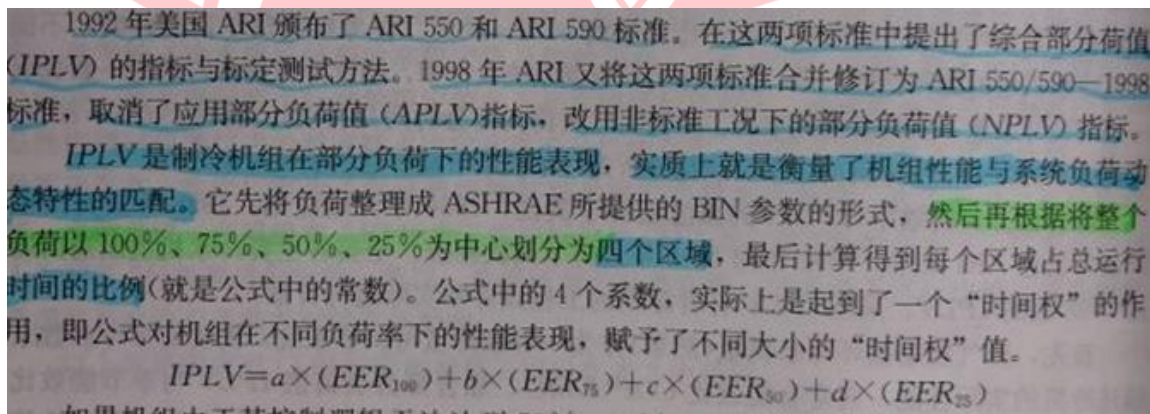
我国住建部先后发布并实施了两版《公共建筑节能设计标准》，即 GB189-2005 和 GB189-2015。出于标准推广和培训的需要，住建部还另出版了两本与之对应的培训辅导类专著，即《公共建筑节能设计标准宣贯辅导教材》（与 GB50189-2005 对应，以下简称文献[1]），以及《公共建筑节能设计标准实施指南》（与 GB50189-2015 对应，以下简称文献[2]）。

以上两本专著中涉及到冷水机组 IPLV 表达式构建内容的，是两篇指导纲领性文件，即文献[1]的专题 6“冷水机组综合部分负荷性能系数（IPLV）条文计算说明及分析”，以及文献[2]的专题 6“冷水机组综合部分负荷性能系数（IPLV）研究”。

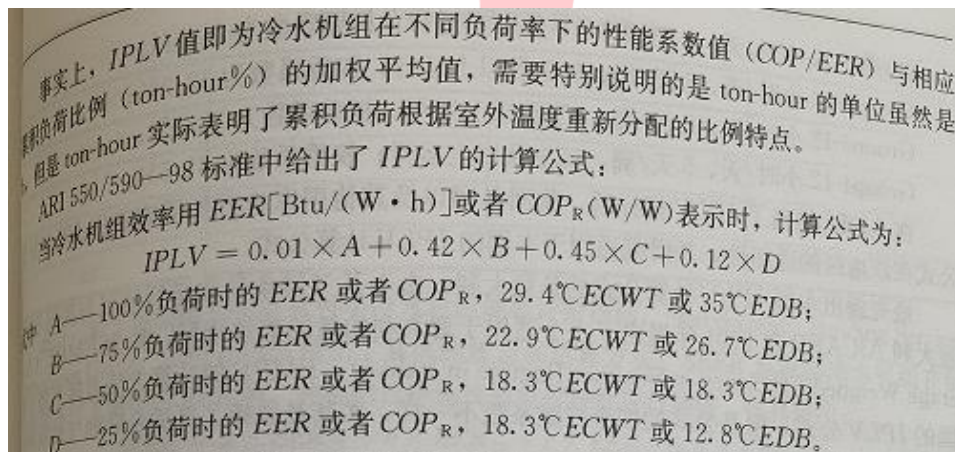
本文主要针对这两篇指导纲领性文件，即文献[1]的专题 6 和文献[2]的专题 6，抒发一些笔者的读后感。权当是胡说八道的刍议吧。

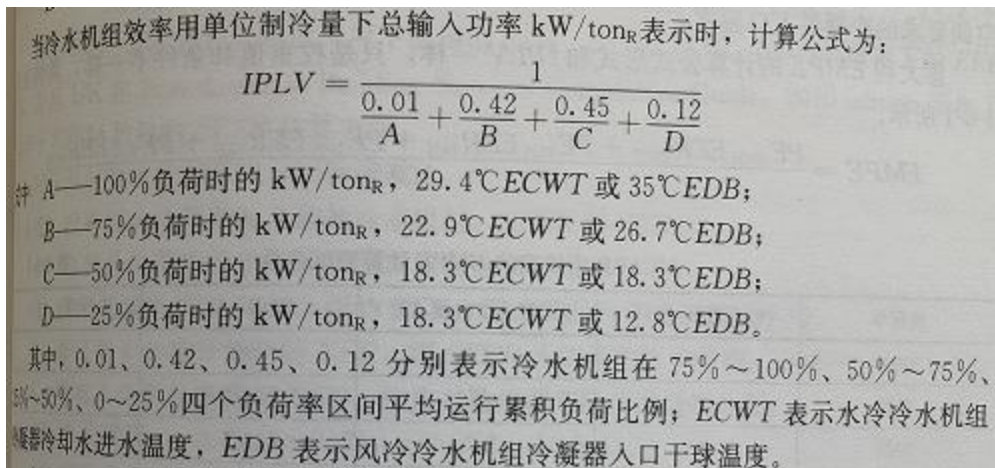
## 1. 关于美国 ARI 标准 IPLV 定义表达式的解读表述及区别

文献[1]的表述如下图所示：



文献[2]的表述如下图所示：





从以上文献[1]和文献[2]对美国 ARI 标准不同解读表述可看出有如下区别：

### 1.1 关于 4 个负荷率的划分区域不同解读

文献[1]对美标的解读是“将整个负荷以 100%、75%、50%、25%为中心划分为四个区域。”

而文献[2]对美标的解读是“分别表示冷水机组在 75%~100%、50%~75%、25%~50%、0~25% 四个负荷率区间。”

至于美国 ARI 标准究竟是如何表述的？由于笔者英文阅读水平很差，不敢对以上两种不同解读作出谁是谁非的判断。仅从排他性逻辑分析，以上两种解读中至少有一种是错误的。

笔者从制冷空调理论层面分析，文献[1]对美标的解读似乎更合理一些，但实施起来由于配套数据不够完整很难真正实现。

按照“将整个负荷以 100%、75%、50%、25%为中心划分为四个区域”的原则，同时追求每个区间宽度相等，那么最理想的划分就是 87.5%~112.5%、62.5%~87.5%、37.5%~62.5%、12.5%~37.5%这样四个区间。可惜文献[1]中给出的基础数据（原文表 6），不足以支撑这样的统计计算。

如果仅考虑“四个中心”原则，不追求四个区间宽度都要相等，那么也可以划分为 100%、60%~90%、50%、10%~40%这样四个区间。但如此划分显然弱化了 100%和 50%这两个区间的权重系数。

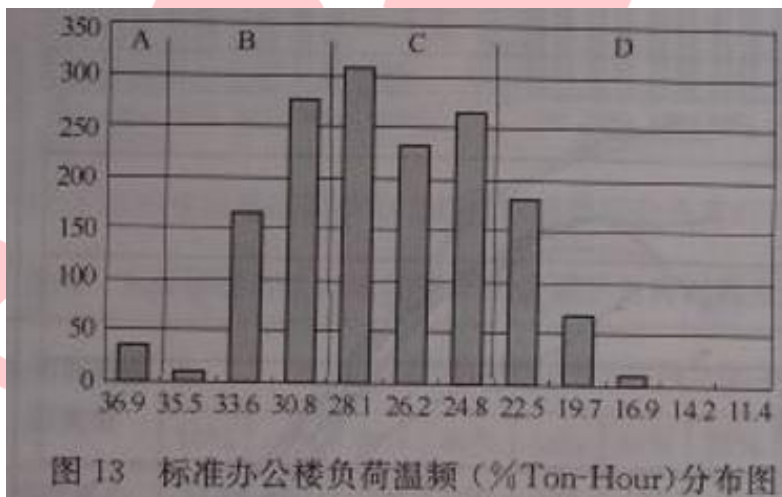
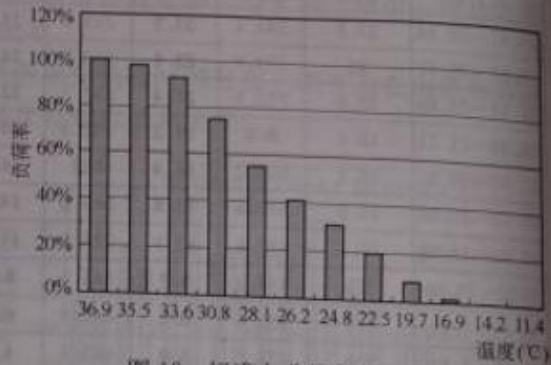
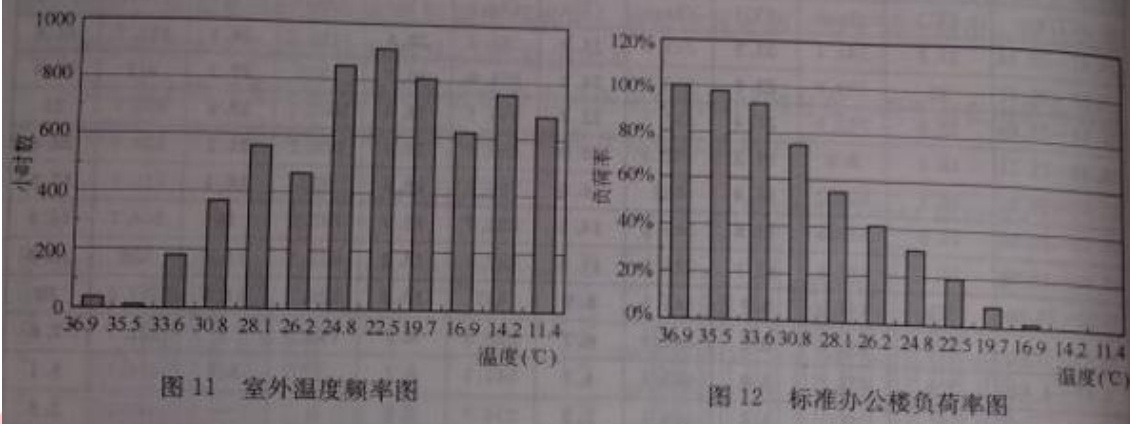
文献[2]对美标的解读便于实施，而且所划分的四个区间符合“全范围覆盖且区间等宽”原则，但显然不符合“四个中心”原则。如果按照这样划分，IPLV 定义式中关于能效值 A、B、C、D 的定义也应该相应修改，不能像现行国标那样分别定义为冷水机组在 100%、75%、50%、25%这四个负荷率工况下的能效值。

### 1.2 关于 4 个权重系数的物理概念不同解读。

文献[1]对美标中 4 个权重系数的解读是“每个区域占总运行时间的比例。公式中的 4 个系数，实际上是起到了一个‘时间权’的作用。”

另外，文献[1]在关于“IPLV 系数的确定”（五.2 章节）部分，又提到采用了美标的“%Ton-Hour%方法”，分别得出室外温度频率图、标准办公楼负荷率图、标准办公楼负荷温度分布图（%Ton-Hour%）。原文的图 11~ 图 13 如下所示：

下面按照 ARI 550/590—1998 标准所采用的 %Ton-Hour 方法，对 4 个气候区的部分负荷进行整理，得到我国气候条件下 IPLV 的系数。由于篇幅所限，这里仅给出夏热冬冷地区的 %Ton-Hour 计算及作图过程(见图 11~图 13)。



但是，这个“%Ton-Hour%方法”显然是跟之前“时间权”的表述不一致。而且，本文后面还将会提到，实际上文献[1]的作者也仅仅是提出了这个概念，**并没有按照“%Ton-Hour%方法”计算 IPLV 表达式中的 4 个权重系数。**

而文献[2]对美标中 4 个权重系数的解读是“分别表示冷水机组在……四个负荷率区间平均累积负荷比例”，即“ton-hour%”。文献[2]还对文献[1]进行了批判性解读，指出 4 个权重系数是“累积负荷百分比”，而不只是“运行时间百分比”。

笔者仅从制冷空调理论层面分析，应该是文献[2]的解读相对合理一些，文献[1]关于“时间权”的解释肯定是不正确的。但文献[2]对“ton-hour%”的释义也不够详尽。

笔者认为这 4 个权重系数的本质，即文献[2]所谓“平均累积负荷比例”，又称“ton-hour%”，是**表征每个负荷率区间制冷量基于冷水机组在整个制冷季总冷量的占比权重。**

### 1.3 关于 IPLV 定义表达式的不同解读

文献[1]仅仅沿用了美标中 IPLV 定义表达式其中的一种，即加权算术平均值表达式。没有提及美标所述的另一种 IPLV 定义表达式，即加权调和平均值表达式。

文献[2]分别介绍了美标中两种不同形式的 IPLV 定义表达式。认为“当冷水机组效率用  $EER[Btu/(W \cdot h)]$  或者  $COP_R (W/W)$  时”，计算公式为加权算术平均值表达式（不赘述）；

而“当冷水机组效率用单位制冷量下总输入功率（kW/ton<sub>R</sub>）时”，计算公式为加权调和平均值表达式（不赘述）。

至于美国 ARI 标准究竟是如何表述的？由于笔者英文阅读水平很差，不敢妄议。

笔者仅从制冷空调理论层面理解和推测，要么就是**文献[2]对美标两种不同形式 IPLV 定义表达式的解读有误？**或者是**美标原文的解释就是不正确的？**

为了说明笔者的观点，我们不妨用一个更容易理解的例题来说明：

**已知从甲地到乙地有 40% 的路程为山路，汽车行驶的平均速度为 60km/h；另有 60% 的路程为平路，汽车行驶的平均速度为 90km/h。问驾车从甲地到乙地全程的平均速度为多少？**

求解这个例题的关键，是正确解读 40% 和 60% 这两个权重系数是基于哪个物理量？对于这个例题，题面已经明确了这两个权重系数是基于路程的，也就是基于待求解物理量速度（路程/时间）的分子，那么求解公式就应该是加权调和平均值表达式，即

$$\text{全程平均速度} = 1 / (0.4/60 + 0.6/90) = 75 \text{ km/h}$$

反之，如果 40% 和 60% 这两个权重系数是基于时间的，也就是基于待求解物理量速度（路程/时间）的分母，那么求解公式就应该是加权算术平均值表达式，即

$$\text{全程平均速度} = 0.4 \times 60 + 0.6 \times 90 = 78 \text{ km/h}$$

再回到关于 IPLV 定义表达式的问题上来，本文在以上 1.2 小节中笔者已经阐述了自己对美标解读的观点，认为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  这 4 个权重系数的本质，是**表征每个负荷率区间制冷量基于冷水机组在整个制冷季总冷量的占比权重**。

那么，如果  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  这 4 个权重系数是基于主机能效定义（冷量/功耗；or 功耗/冷量）的分子，IPLV 表达式就应该是**加权调和平均值表达式**，即

$$IPLV = \frac{1}{a/A + b/B + c/C + d/D} \quad (1)$$

反之，如果  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  这 4 个权重系数是基于主机能效定义（冷量/功耗；or 功耗/冷量）的分母，IPLV 表达式就应该是**加权算术平均值表达式**，即

$$IPLV = a \cdot A + b \cdot B + c \cdot C + d \cdot D \quad (2)$$

在中国关于冷水机组 COP 的表述是“冷量/能耗”，4 个权重系数是基于 COP 定义的分子，所以适用于中国的 IPLV 表达式就应该是公式（1）那样的**加权调和平均值表达式**。

## 2. 关于中国 IPLV 定义表达式中四个权重系数的计算方法

### 2.1 关于文献[1]的计算过程分析

首先是通过大量计算，分别得到 4 个气候区的标准办公建筑的“冷水机组部分负荷运行时间随负荷率的分布（原文表 6）”。

然后阐述说明采用了美标中的“%Ton-Hour%方法”，得出了图 11~图 13（见本文以上 1.2 小节的截图）。

再然后，就得出 4 个气候区的标准办公建筑的“IPLV 的系数分布（原文表 7）”。

文献[1]的表 6 和表 7 如下图所示：

2. IPLV 系数的确定  
通过大量计算，分别得到 4 个气候区的标准办公建筑冷机部分负荷时间随负荷率的分布(见表 6)。

表 6 不同气候区冷水机组的部分负荷运行时间分布

气候分区	冷机的部分负荷时间分布(hrs)										总运行 时间(h)
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
严寒地区	192	129	163	182	178	171	119	87	39	13	1273
寒冷地区	131	109	163	210	232	211	156	87	29	9	1337
夏热冬冷地区	163	124	167	181	173	162	157	126	83	31	1366
夏热冬暖地区	245	187	217	233	270	292	317	284	115	16	2174
											183

表 7 不同气候区办公建筑 IPLV 的系数分布

IPLV 的系数	A	B	C	D
严寒地区	1.04%	32.68%	51.22%	15.06%
寒冷地区	0.68%	36.17%	53.36%	9.79%
夏热冬冷地区	2.28%	38.61%	47.19%	11.92%
夏热冬暖地区	2.21%	46.31%	41.21%	10.27%

究竟文献[1]作者是怎样由表 6 数据出发，进而得出表 7 数据的？在推导计算过程中原文的图 11~图 13 的数据究竟起到了什么作用？这两个问题曾经让我一度产生了困惑。

终于，我根据文献[1]作者在开篇提出的“时间权”概念，推测他们并没有采用“%Ton-Hour%方法”（那只是个幌子），也没有遵循“将整个负荷以 100%、75%、50%、25%为中心划分为四个区域”的原则，而是将表 6 中的 10 个负荷率时间段进行简单粗暴地划分，然后就得出表 7 数据。

我冒昧揣测文献[1]作者的简单粗暴计算过程，如下表所示：

负荷率	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	累计
权重系数	<i>d</i>	<i>c</i>				<i>b</i>				<i>a</i>	
严寒地区	192	129	163	182	178	171	119	87	39	13	1273
	15.08%	51.22%				32.68%				1.02%	100%
寒冷地区	131	109	163	210	232	211	156	87	29	9	1337
	9.80%	53.40%				36.13%				0.67%	100%
夏热冬冷地区	163	124	167	181	173	162	157	126	83	31	1367
	11.92%	47.18%				38.62%				2.27%	100%
夏热冬暖地区	245	187	217	233	270	292	317	284	115	16	2176
	11.26%	41.68%				46.32%				0.74%	100%

将我这个冒昧揣测计算得出的数据表与文献[1]的表 7 对比，可以看出两者所得 4 个权重系数值有许多惊人的相似！仅有夏热冬暖地区的  $a$ 、 $d$  两个数据跟表 7 数据对比的偏差较大。这就反证出我的“冒昧揣测计算”是可以令人置信的。

## 2.2 关于文献[2]的计算过程分析

首先，“以北京地区酒店建筑模型为例，分别计算平均负荷率、平均室外干球温度、平均湿球温度、累计时间分布，如图 3-6-5~3-6-7 所示。”

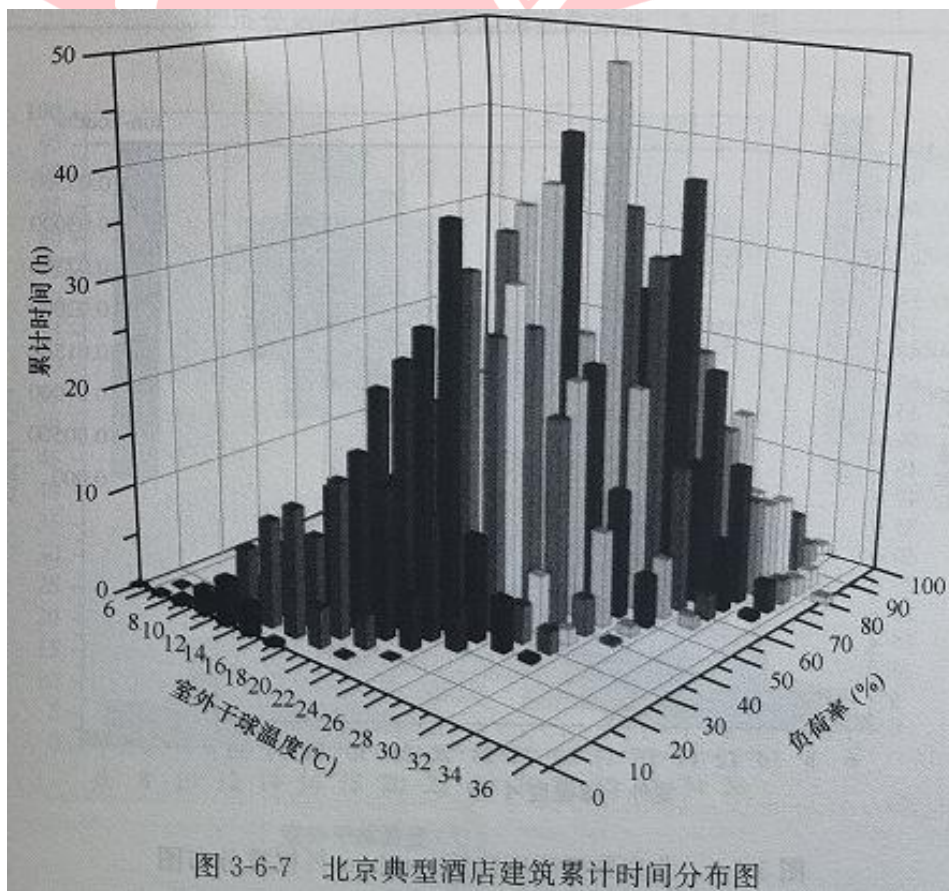
然后，分两步分别计算“ton-hours（累积负荷率）分布”和“ton-hour%（累积负荷比例）权重分布”，如图 3-6-8~3-6-9 所示。”

再然后，根据图 3-6-9，对整个负荷率分布进行划分为 4 个区间（也没有严格按照文献[2]开篇所说“75%~100%、50%~75%、25%~50%、0~25%”划分，本文不赘述），计算得出了“基于北京酒店类建筑计算 IPLV 公式权重分布”，如表 3-6-4 所示。

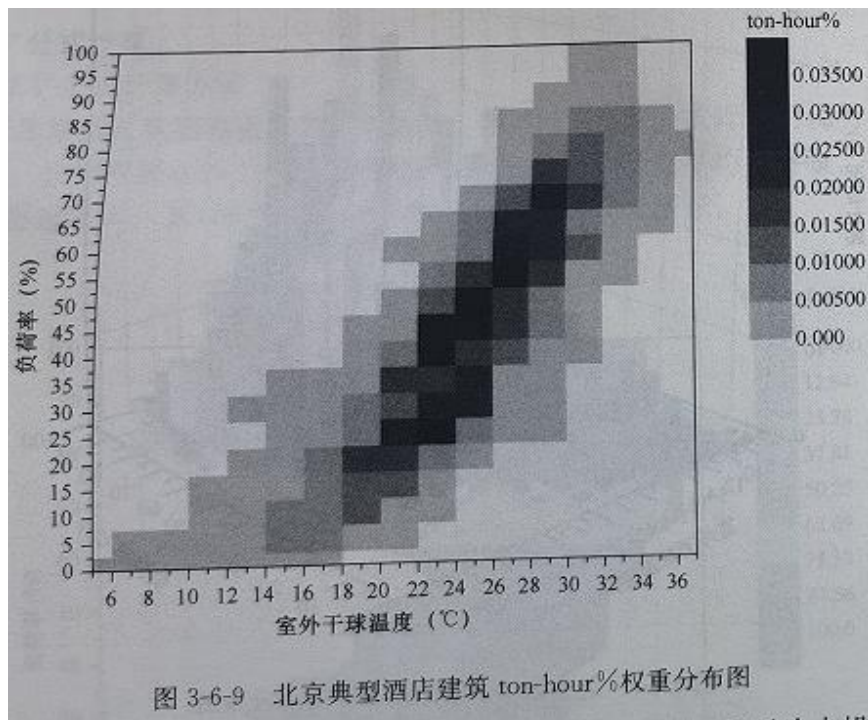
说实话，笔者没看懂文献[2]中以三维柱状图形式表达的图 3-6-7，猜测应该是跟文献[1]中的表 6 所要表达的相同一个意思，即部分负荷运行时间分布。

说实话，笔者也没看懂文献[2]中作者由图 3-6-7 出发，如何得出图 3-6-9？然后再如何得出表 3-6-4 数据？故此不敢妄加评论。如果实在忍不住想要妄议一句，那就是存心不想让人读懂。在这方面，文献[2]跟文献[1]最大的不同，就是少了一个类似文献[1]表 6 那样的部分负荷运行时间分布数据表，这就彻底打消了笔者想要揣摩试算的念头！

以下仅贴出原文的图 3-6-7、图 3-6-9 和表 3-6-4。







北京酒店	权重	Load (%)	EDB (°C)	MCWB (°C)	ECWT (°C)
A	0.33%	99.13%	33.7	27.8	32.2
B	22.45%	74.65%	31.1	23.8	28.2
C	48.86%	49.51%	26.6	21.2	25.6
D	28.35%	19.64%	20.8	17.5	21.9

### 2.3 笔者自以为正确的构建 IPLV 定义表达式方法

本文在 1.2 小节和 1.3 小节已经阐述，IPLV 表达式中的 4 个权重系数，不可能是基于“运行时间”的权重系数，**其实是表征每个负荷率区间制冷量基于冷水机组在整个制冷季总制冷量的占比权重。**

由于笔者的英文水平确实很差，还是只能冒昧揣测美标中的“%Ton-Hour%”或者“ton-hour%”，究竟是什么含义？然后就想到了“当量满负荷时间分布”这个概念。

首先定义“当量满负荷小时数”，即“负荷率”与其对应“运行时间”的乘积，然后用某个负荷率区间的“当量满负荷小时数”除以整个制冷季的“总当量满负荷小时数”，则正好能够表述“该负荷率区间的制冷量”对应“整个制冷季总制冷量”的占比关系。

以下笔者以文献[1]的表 6 中夏热冬冷地区办公类建筑的相关数据为例，给出合理构建 IPLV 表达式的方法。

首先，计算与各负荷率对应的当量满负荷小时数（“负荷率”乘以“时间”）。

然后，将各负荷率区间严格按照“以 100%、75%、50%、25%为中心”划分为 4 个区间，

分别计算每个区间的当量满负荷小时数，以及每个区间对应总当量满负荷小时数的占比，即得到 IPLV 表达式的 4 个权重系数。笔者的计算过程及结果如下表所示：

负荷率	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	累计
时间	163	124	167	181	173	162	157	126	83	31	1367
当量满负荷小时数	16.3	24.8	50.1	72.4	86.5	97.2	109.9	100.8	74.7	31	663.7
划分区间	10%~40%			50%	60%~90%			100%			
当量满负荷小时数	163.60			86.50	382.60			31.00		663.7	
权重系数	$d$			$c$	$b$			$a$			
	24.65%			13.03%	57.65%			4.67%		100%	

考虑到以上给出的划分区间方法略显不尽合理，弱化了 50% 负荷率区间的权重，也可考虑按照 10%~30%、40%~60%、70%~90%、100% 来划分 4 个区间，计算结果如下：

负荷率	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	累计	
时间	163	124	167	181	173	162	157	126	83	31	1367	
当量满负荷小时数	16.3	24.8	50.1	72.4	86.5	97.2	109.9	100.8	74.7	31	663.7	
划分区间	10%~30%			40%~60%		70%~90%			100%			
当量满负荷小时数	91.20			256.10		285.40			31.00		663.7	
权重系数	$d$			$c$		$b$			$a$			
	13.74%			38.59%		43.00%			4.67%		100%	

必须强调，本文主要论述 IPLV 表达式的构建方法，并不推荐以上两种划分负荷率区间方法中的任何一种。这两种划分方法其实各有弊端，都不能兼顾“四个中心”和“全范围覆盖且区间等宽”原则。

### 3 结论

3.1 笔者认为文献[1]、[2]在解读美国 ARI 标准中关于 IPLV 定义表达式的相关内容中，都存在认识误区，也都存在对某些重要概念阐述不清晰。在叙述如何计算 4 个权重系数值的内容中，都涉嫌存心不想让人读懂，这种心态以文献[2]作者尤甚。

3.2 笔者给出了自以为正确的 IPLV 定义表达式构建方法。主要观点如下：

其一，适用于我国的 IPLV 定义表达式，其形式应该如本文公式（1）那样，是冷水机组在 100%、75%、50%、25% 负荷率下 4 个性能系数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  的加权调和平均值，而不是现行国标所表述那样的加权算术平均值。

其二，构成 IPLV 表达式的 4 个权重系数应该依据各负荷率区间内对应的当量满负荷小时数来进行统计，用各区间的当量满负荷时间占比作为相应的冷量权重系数。而不是仅依据各负荷率区间的运行时间来进行统计计算时间占比。

# 初识《消防设施通用规范》

崔跃

来源/“云南安泰”微信公众号

2022 年 7 月 15 日，住房和城乡建设部下发了关于发布国家标准《消防设施通用规范》的公告：现批准《消防设施通用规范》为国家标准，编号为 GB 55036-2023，自 2023 年 3 月 1 日起实施。本规范为强制性工程建设规范，全部条文必须严格执行。现行工程建设标准中有关规定与本规范不一致的，以本规范的规定为准。……同时废止下列工程建设标准相关强制性条文：

……十七、《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251-2017 第 3.1.2、3.1.5 (2、3)、3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.3.1、3.3.7、3.3.11、3.4.1、4.4.1、4.4.2、4.4.7、4.4.10、4.5.1、4.5.2、4.6.1、5.1.2、5.1.3、5.2.2、8.1.1 条 (款)。

以下就《建筑防烟排烟系统技术标准》（《烟标》）中将被废止的全部 20 个强制性条文（用斜体字表示）以及《消防设施通用规范》（《规范》）中相应的替代性条文（如有）分为 17 点作一列举（用正体字表示）和比，并附简单说明（用破折号后的较小号字表示）。个人浅见仅供参考，欢迎各位同仁批评指正！

1) 3.1.2 建筑高度大于 50m 的公共建筑、工业建筑和建筑高度大于 100m 的住宅建筑，其防烟楼梯间、独立前室、共用前室、合用前室及消防电梯前室应采用机械加压送风系统。11.2.1 下列建筑的防烟楼梯间及其前室、消防电梯的前室和合用前室应设置机械加压送风系统：1 建筑高度大于 100m 的住宅；2 建筑高度大于 50m 的公共建筑；3 建筑高度大于 50m 的工业建筑。——无区别，《规范》对前室的称谓更概括。

2) 3.1.5 防烟楼梯间及其前室的机械加压送风系统的设置应符合下列规定：2 当采用合用前室时，楼梯间、合用前室应分别独立设置机械加压送风系统。3 当采用剪刀楼梯时，其两个楼梯间及其前室的机械加压送风系统应分别独立设置。11.2.2 机械加压送风系统应符合下列规定：1 对于采用合用前室的防烟楼梯间，当楼梯间和前室均设置机械加压送风系统时，楼梯间、合用前室的机械加压送风系统应分别独立设置；2 对于在梯段之间采用防火隔墙隔开的剪刀楼梯间，当楼梯间和前室（包括共用前室和合用前室）均设置机械加压送风系统时，每个楼梯间、共用前室或合用前室的机械加压送风系

统均应分别独立设置；——《烟标》的第 3.1.5 条常常被理解为：当采用合用前室时，楼梯间、合用前室只能采用机械加压送风系统。《规范》加上了“当楼梯间和前室均设置机械加压送风系统时”的限定，避免了这种误解，做到了与《烟标》3.1.3 条的协调一致。剪刀楼梯间及其前室问题同理不赘。

3) 3.2.1 采用自然通风方式的封闭楼梯间、防烟楼梯间，应在最高部位设置面积不小于  $1.0\text{m}^2$  的可开启外窗或开口；当建筑高度大于  $10\text{m}$  时，尚应在楼梯间的外墙上每 5 层内设置总面积不小于  $2.0\text{m}^2$  的可开启外窗或开口，且布置间隔不大于 3 层。——取消该条规定。本来就是建筑设计的常规做法，何须饶舌？

4) 3.2.2 前室采用自然通风方式时，独立前室、消防电梯前室可开启外窗或开口的面积不应小于  $2.0\text{m}^2$ ，共用前室、合用前室不应小于  $3.0\text{m}^2$ 。11.2.3 采用自然通风方式防烟的防烟楼梯间前室、消防电梯前室应具有面积大于或等于  $2.0\text{m}^2$  的可开启外窗或开口，共用前室和合用前室应具有面积大于或等于  $3.0\text{m}^2$  的可开启外窗或开口。——“不应小于”改为“大于或等于”，倾向性一目了然。

5) 3.2.3 采用自然通风方式的避难层（间）应设有不同朝向的可开启外窗，其有效面积不应小于该避难层（间）地面面积的 2%，且每个朝向的面积不应小于  $2.0\text{m}^2$ 。11.2.4 采用自然通风方式防烟的避难层中的避难区，应具有不同朝向的可开启外窗或开口，其可开启有效面积应大于或等于避难区地面面积的 2%，且每个朝向的面积均应大于或等于  $2.0\text{m}^2$ 。避难间应至少有一侧外墙具有可开启外窗，其可开启有效面积应大于或等于该避难间地面面积的 2%，并应大于或等于  $2.0\text{m}^2$ 。——一、明确“采用自然通风方式防烟”以免概念混淆；二、“避难层（间）”改为“避难层中的避难区”，以保证可实施性；三、对设置在其他楼层的避难间，因其面积较小、人数较少，实事求是地提出开窗的最低要求。

6) 3.3.1 建筑高度大于  $100\text{m}$  的建筑，其机械加压送风系统应竖向分段独立设置，且每段高度不应超过  $100\text{m}$ 。11.2.2 机械加压送风系统应符合下列规定：3 对于建筑高度大于  $100\text{m}$  的建筑中的防烟楼梯间及其前室，其机械加压送风系统应竖向分段独立设置，且每段的系统服务高度不应大于  $100\text{m}$ 。——实质内容不变，文字表述更准确。

7) 3.3.7 机械加压送风系统应采用管道送风，且不应采用土建风道。送风管道应采用不燃材料制作且内壁应光滑。当送风管道内壁为金属时，设计风速不应大于  $20\text{m/s}$ ；当送风管道内壁为非金属

时，设计风速不应大于  $15\text{m/s}$ ；送风管道的厚度应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。11.1.3 机械加压送风管道和机械排烟管道均应采用不燃性材料，且管道的内表面应光滑，管道的密闭性能应满足火灾时加压送风或排烟的要求。——《烟标》的规定实际上是针对以往土建风道密闭性较差、风量沿程损耗较大易导致机械防烟系统失效而制订的。《规范》11.1.3 条实际上是其第 11.1.2 条：“防烟、排烟系统应具有保证系统正常工作的技术措施，系统中的管道、阀门和组件的性能应满足其在加压送风或排烟过程中正常使用的要求”规定的延伸，并且适应了当下施工质量提高和主管部门对于《烟标》“8.2 工程验收”规定的落实，也更切合工程实际。设计风速限值当属专业常识，规范、手册、技措、教材到处都有，一个称格的暖通工程师（遑论注册师）如果连“超速”的后果都不明白，那就真的令人无语了。

8) 3.3.11 设置机械加压送风系统的封闭楼梯间、防烟楼梯间，尚应在其顶部设置不小于  $1\text{m}^2$  的固定窗。靠外墙的防烟楼梯间，尚应在其外墙上每 5 层内设置总面积不小于  $2\text{m}^2$  的固定窗。——取消《烟标》该条规定，恐怕是最令人称快的决定！《烟标》在这个问题上明显“越位”了（参见拙作《暖通设计琐议之二 不确定性与保守不利原则》），没有必要，且实际工程中往往不具可实施性，各专业设计人员苦之久矣。

9) 3.4.1 机械加压送风系统的设计风量不应小于计算风量的 1.2 倍。11.1.4 加压送风机和排烟风机的公称风量，在计算风压条件下不应小于计算所需风量的 1.2 倍。——表面看内容大同，但明确“在计算风压条件下”的限定很有内涵。目前时有所见的高估冒算、滥用泄压措施等做法是否应当有所收敛了？

10) 4.4.1 当建筑的机械排烟系统沿水平方向布置时，每个防火分区的机械排烟系统应独立设置。4.4.2 建筑高度超过 50m 的公共建筑和建筑高度超过 100m 的住宅，其排烟系统应竖向分段独立设置，且公共建筑每段高度不应超过 50m，住宅建筑每段高度不应超过 100m。11.3.3 机械排烟系统应符合下列规定：1 沿水平方向布置时，应按不同防火分区独立设置；2 建筑高度大于 50m 的公共建筑和工业建筑、建筑高度大于 100m 的住宅建筑，其机械排烟系统应竖向分段独立设置，且公共建筑和工业建筑中每段的系统服务高度应小于或等于 50m，住宅建筑中每段的系统服务高度应小于或等于 100m。——补充了对工业建筑的规定，其余内容未变。

11) 4.4.7 机械排烟系统应采用管道排烟,且不应采用土建风道。排烟管道应采用不燃材料制作且内壁应光滑。当排烟管道内壁为金属时,管道设计风速不应大于  $20\text{m/s}$ ;当排烟管道内壁为非金属时,管道设计风速不应大于  $15\text{m/s}$ ;排烟管道的厚度应按现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定执行。11.1.3 机械加压送风管道和机械排烟管道均应采用不燃性材料,且管道的内表面应光滑,管道的密闭性能应满足火灾时加压送风或排烟的要求。——与前述第 7) 点类同,不赘。

12) 4.4.10 排烟管道下列部位应设置排烟防火阀:

- 1 垂直风管与每层水平风管交接处的水平管段上;
- 2 一个排烟系统负担多个防烟分区的排烟支管上;
- 3 排烟风机入口处;
- 4 穿越防火分区处。

11.3.5 下列部位应设置排烟防火阀,排烟防火阀应具有在  $280^{\circ}\text{C}$  时自行关闭和联锁关闭相应排烟风机、补风机的功能:1 垂直主排烟管道与每层水平排烟管道连接处的水平管段上;2 一个排烟系统负担多个防烟分区的排烟支管上;3 排烟风机入口处;4 排烟管道穿越防火分区处。——内容未变,意思表达更完整、准确。

13) 4.5.1 除地上建筑的走道或建筑面积小于  $500\text{m}^2$  的房间外,设置排烟系统的场所应设置补风系统。4.5.2 补风系统应直接从室外引入空气,且补风量不应小于排烟量的 50%。11.3.6 除地上建筑的走道或地上建筑面积小于  $500\text{m}^2$  的房间外,设置排烟系统的场所应能直接从室外引入空气补风,且补风量和补风口的风速应满足排烟系统有效排烟的要求。——将两条规定合二为一,文字表述简洁明了。

14) 4.6.1 排烟系统的设计风量不应小于该系统计算风量的 1.2 倍。11.1.4 加压送风机和排烟风机的公称风量,在计算风压条件下不应小于计算所需风量的 1.2 倍。——参见前述第 9) 点,不赘。

15) 5.1.2 加压送风机的启动应符合下列规定:1 现场手动启动;2 通过火灾自动报警系统自动启动;3 消防控制室手动启动;4 系统中任一常闭加压送风口开启时,加压风机应能自动启动。5.2.2 排烟风机、补风机的控制方式应符合下列规定:1 现场手动启动;2 火灾自动报警系统自动启动;3 消防控制室手动启动;4 系统中任一排烟阀或排烟口开启时,排烟风机、补风机自动启动;5 排烟防火阀

在 280℃时应自行关闭，并应连锁关闭排烟风机和补风机。11.1.5 加压送风机、排烟风机、补风机应具有现场手动启动、与火灾自动报警系统联动启动和在消防控制室手动启动的功能。当系统中任一常闭加压送风口开启时，相应的加压风机均应能联动启动；当任一排烟阀或排烟口开启时，相应的排烟风机、补风机均应能联动启动。—— 将两条规定合二为一，文字表述简洁明了。

16) 5.1.3 当防火分区内火灾确认后，应能在 15s 内联动开启常闭加压送风口和加压送风机，并应符合下列规定：1 应开启该防火分区楼梯间的全部加压送风机；2 应开启该防火分区内着火层及其相邻上下层前室及合用前室的常闭送风口，同时开启加压送风机。11.2.6 机械加压送风系统应与火灾自动报警系统联动，并应能在防火分区内的火灾信号确认后 15s 内联动同时开启该防火分区的全部疏散楼梯间、该防火分区所在着火层及其相邻上下各一层疏散楼梯间及其前室或合用前室的常闭加压送风口和加压送风机。—— 内容未变，表述更加简洁准确。

17) 8.1.1 系统竣工后，应进行工程验收，验收不合格不得投入使用。—— 取消。此为工程建设管理要求，已有上位法规规定，不应纳入技术规定。

述评：

《烟标》立项于 2006 年，实际发布并实施于 2018 年，编制过程不可谓不漫长。奈何先天不足，实施后广遭诟病，一年半之后即 2020 年初就开启了修订程序，然而至今停滞不前。几年来，各省、市纷纷以地方标准、指南、导则等不同形式出台指导文件，其中对《烟标》作出大量的修改和补充，也造就了我国工程建设标准化历史上的一大盛景。

籍此以反观住建部门，受命主管消防工程建设不过数年，经过艰苦而积极的摸索，似已渐入佳境。此番借工程建设标准化改革的东风，遵循客观规律、总结实践经验，并严格按照住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》的要求，抓住要害，认真梳理了《烟标》中的 20 个强制性条文，经修订后形成《消防设施通用规范》的第 11 章。说来只是旧文翻新，但其布局、条理与文字已大为不同，成竹在胸、落落大方。毫无疑问，《消防设施通用规范》将作为建筑消防工程建设的纲领性技术文件，推进我国消防工程建设事业的进一步发展，对于《烟标》的修订也必将发挥重大的指导和促进作用。

额首称庆之余，能不翘首以待？

# 新冠病毒与人类在玩一场博弈游戏？

## 人体免疫外构建“物体免疫”系统或是制胜法宝

徐荣

聚洽（苏州）纳米科技有限公司 首席运营官

众所周知，2020年初爆发的新冠病毒一直困扰着我们，至今也没有丝毫停歇的意思。从某种意义上讲，新冠病毒似乎正与我们玩一场你追我赶的游戏：新冠病毒爆发——研制疫苗——阿尔法变体——研制疫苗——贝塔变体——研制疫苗——伽玛变体——研制疫苗——德尔塔变体——研制疫苗——奥密克戎变体——研制疫苗——奥密克戎新型变体——研制疫苗……

至今为止，我们似乎还不知道这种你追我赶的博弈模式什么时候才能结束。此时，理解博弈论或能让我们更好地理解这种病毒，从而更好地权衡各种应对新冠病毒的措施。与此同时，我们认为人体免疫之外构建“物体免疫”系统，或许才是我们战胜新冠病毒的制胜法宝。



新冠病毒与免疫系统间的博弈，图片源自互联网

### 1. 博弈论

根据百度百科，博弈论（Game Theory）既是现代数学的一个新分支，也是运筹学的一个重要学科。主要研究公式化了的激励结构间的相互作用，是研究具有斗争或竞争性质现象的数学理论和方法，博弈论考虑游戏中的个体的预测行为和实际行为，并研究它们的优化策略。

目前，博弈论已经成为经济学的标准分析工具之一，在金融学、证券学、生物学、经济学、国际关系、计算机科学、政治学、军事战略和其他很多学科都有广泛的应用，有专家认为作为一门工具学科，博弈论能够在经济学中如此广泛运用并得到学界垂青并不多见。通过博弈论，我们可以分析冷战期间超级大国之间的“舞蹈”；工人和雇主在就业市场中的行为；俄罗斯与世界其他国家就乌克兰问题进行的谈判；以及新冠病毒是如何让全世界屈服的。



冯·诺依曼证明了博弈论的基本原理，图片源自互联网



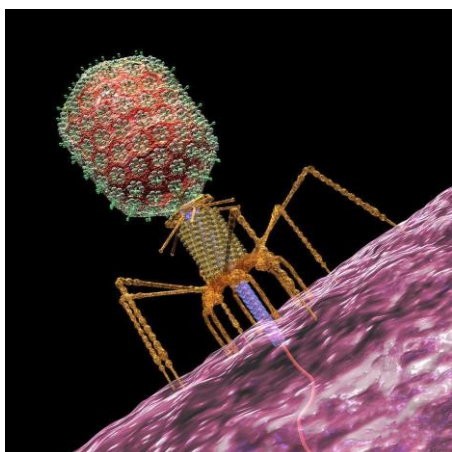
## 2. 博弈论的经典案例：囚徒困境

囚徒甲 \ 囚徒乙	供 认	拒 供
供 认	2年, 2年	0年, 5年
拒 供	5年, 0年	0.5年, 0.5年

囚徒困境规则，图片源自互联网



《美丽心灵》男主角原型——普林斯顿大学数学系教授约翰·纳什，图片源自网络



一种噬菌体病毒——感染细菌的病毒，图片源自互联网

关于博弈论，最典型的例子就是“囚徒困境”（*prisoner's dilemma*）。“囚徒困境”讲述了一个警察与小偷的故事，假设有两个囚徒甲和乙联合犯事、私入民宅被警察抓住，警方将两人分别置于不同的两个房间内进行审讯。如果两个犯罪嫌疑人人都供认了罪行，交出了赃物，于是证据确凿，两人都被判有罪，各被判刑 2 年；如果只有一个犯罪嫌疑人供认，另一个人没有供认而是拒供，则以妨碍公务罪（因已有证据表明其有罪）再加刑 3 年变成判刑 5 年，而坦白者有功被减刑 2 年，立即释放；如果两人都拒供，则警方因证据不足不能判两人的偷窃罪，但是可以以私入民宅的罪名将两人各判入狱 0.5 年。

根据纳什均衡理论，对甲来说，尽管他不知道乙作何选择，但他知道无论乙选择什么，他选择“供认”总是最优的；与此同时根据对称性，乙也会选择“供认”，因此（供认，供认）是一个占优战略均衡。而实际上根据帕累托最优，甲乙都选择“拒供”才是最优选择，因为偏离（拒供，拒供）这个行动选择组合的任何其他行动选择组合都至少会使一个人的境况变差。

以上就是大家所熟悉的“囚徒困境”，其具体决策还需具体分析，这个只能作为简化模型而用于参考，但是却很经典的阐述了什么是博弈论。

## 3. 噬菌体病毒与细菌的“博弈”

在过去的两年多的时间里，大多数人已经知道，当一种病毒出现在没有防御措施的人群中时，这些微生物可以成为有效的杀手，扰乱我们的生活。那么我们需要了解的是，到底是什么导致病毒从之前的休眠状态转变为致命的活跃状态呢？这可能涉及一个复杂的博弈过程。

以色列特拉维夫大学的科学家们研究了一组被称为噬菌体的病毒，这是一种攻击细菌的病毒，它们可以在细菌内保持休眠状态，进行复制，但它们可以在细菌内保持休眠状态，进行复制，但不会损害宿主。噬菌体病毒不仅根据宿主细菌的信息，而且还根据周围细菌的信息来决定

何时保持休眠和何时变得活跃，这一过程可以通过博弈论的框架来理解。在这一框架内，每个玩家都试图最大化自己的利益，但要做到这一点，他们会根据另一个（或多个）玩家的动作，或他们期望另一个（或多个）玩家做出的动作来做出有利于自身的决策，噬菌体病毒及其宿主细菌正在玩这样的博弈游戏。

细菌会产生一种称为 Arbitrium 的肽信号，噬菌体病毒具有监测这些信号的特殊受体，即使在它们处于休眠状态，它们仍然知道附近的细菌何时被其他噬菌体病毒感染。当细菌开始表现出大量 DNA 损伤时，这通常会向噬菌体病毒发出信号，让其爆发并找到预期寿命更长的宿主。当然，决策并不那么简单：如果周围的细菌也被其它噬菌体病毒所“占领”，那么现有的噬菌体病毒可能会决定，它最好暂时待在原地，给细菌一个修复损伤的机会；因为如果噬菌体病毒现在就爆发，它可能因为无法找到新的宿主而“丧命”。因此，为了决定到底是激活还是休眠，噬菌体病毒往往会权衡来自许多来源的信息后再做出决策。

噬菌体病毒与细菌的博弈给我们带来启发，广泛流行的新冠病毒是不是与我们免疫系统间存在类似的博弈呢？



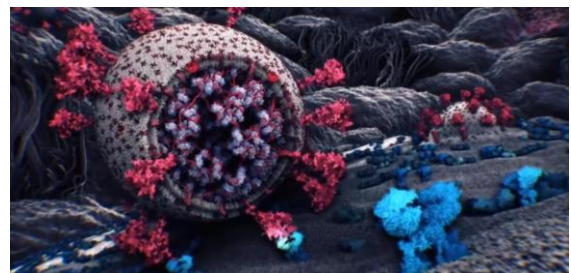
显微镜下的噬菌体病毒，图片源自互联网毒，图片源自互联网

#### 4. 新冠病毒与人类的“博弈”

对此，美国纽约大学数学和计算机科学教授巴德·米什拉认为，博弈论有助于我们了解当前的新冠病毒大流行：既有新冠病毒的行为，也有我们对它的反应。病毒的演化也伴随着我们免疫的演化，两者之间的“军备竞赛”就是一场博弈游戏。每个玩家对另一个玩家的行为做出反应，在这种情况下新冠病毒和人类免疫系统之间存在彼此博弈。

很显然，我们的免疫系统会产生抗体以应对新冠病毒，新冠病毒则不断改变其形态以越过这些防御；我们会开发出一种疫苗，帮助免疫系统展示如何识别并对抗病毒；然后，新冠病毒试图再次改变，而且正在改变。在彼此互相追逐的过程中，我们努力利用先天免疫和适应性免疫来对抗新冠病毒，并努力调整策略，以为每一种新的病毒变异做好准备。

与此同时，博弈论并不局限于实验室，我们也可以通过博弈论分析我们对疫情的人文、社会反应，期间涉及人们对已知信息的反应以选择是否接种疫苗；人们如何评估戴口罩或何时外出的风险；以及人们如何权衡隔离成本和待在家里的好处。



演化中的新冠病毒，图片源自互联网

话虽如此，我们在与新冠病毒的“博弈游戏”中，似乎并没有处于有利的位置，我们始终处于一种追赶者的角色，往往我们还没有研制出应对现有变种的疫苗，新的变种就已经出现了。那么我们应该怎么办呢？

## 5. “物体免疫力”或是制胜法宝？

我们认为，要理解新冠病毒的威胁，我们首先需要多维度权衡“分子水平、病毒水平、免疫水平和全球社会水平”，只有同时去考虑这些因素，我们才可能在这场彼此博弈中占据相对有利的位置。

与此同时，除了病毒与人体间的免疫博弈之外，我们认为，在人体之外再构筑一套“免疫”系统或许也是一种行之有效的策略：因为如果采用这种策略，我们人体免疫系统将不再处于第一“战场”冲锋陷阵，而是作为稳固的“大后方”，为对抗新冠病毒等新型病毒留出更多的空间，为研发疫苗争取更多的时间，从而大大降低人类所面临的风险。



张春明博士提出的“物体免疫力”作品已经在国家版权局登记

实际上，人体之外再构筑一套“免疫”系统的概念已经被一些科学家提了出来，其中沪学者张春明博士及其团队就是典型代表，他们早在 2021 年 4 月 12 日就撰文提出了“物体免疫力”概念并对此进行了简要定义，详情见百家匠心计划签约创作者国纳科技酱的专题文章——《“物体免疫力”概念横空出世，或改变人们对抗菌抗病毒的传统认知》一文。而且，这一概念已经在《世界科学》杂志 2022 年七月正式刊发（并同步在其公众号、腾讯和网易等平台发布），文章题目为——《“物体免疫力”及其产业实践的意义》，这实际上相当于“物体免疫力”概念开始被传统权威媒体所认可。

## 6. 结论

总之，我们认为，新冠病毒正与我们进行一场长期的相互“博弈”，我们彼此都在争取各自更有利的位置，至今我们我们也不知道这种博弈模式什么时候能结束。

显然，理解博弈论或能让我们更好地理解这种病毒，从而更好地权衡各种应对新冠病毒的措施。与此同时，在我们人体免疫系统之外构建“物体免疫”显得尤为关键，这相当于在人体外“穿戴”一层防护“铠甲”，由此我们人体免疫系统不再孤军奋战，这或成为我们战胜新冠病毒的又一法宝。

## （医院）空调节能设计及案例分享

胡嘉庆/高效建能文化沙龙



2022年6月，以广州市城市规划勘测设计研究院刘汉华总工为主编，编写的《医院暖通空调节能设计及案例》一书正式出版；7月初，高校建能文化联合会正式与“牛侃暖通”这个全国性的江湖组织加强合作，成立了牛侃暖通的重要分支——广东省分舵。值此契机，2022年8月30日，高校建能文化联合会成员们与行业专家及从业者们，在这个夏末日子里相聚在白云宾馆彩云厅，以求知为主题，行业大咖们作了精彩的分享。是日，会议现场早早已座无虚席，座位一加再加，专家们每次的汇报均收获了现场热烈掌声。大家既有互相交流亦收获了干货满满的专业知识，同时，本次活动会后得到同行业界内的一致好评，获得了圆满成功！

本次建能沙龙围绕“（医院）空调节能设计及案例分享”的主题，与会的专家讲解深入浅出，通俗易懂，内容充实接地气，让听众深入学习了空调节能设计、自控系统、案例分析等各方面的相关知识。会议邀请《医院暖通空调节能设计及案例》一书的作者及其他资深专家进行分享，分别是：广州市城市规划勘测设计研究院总工刘汉华，广州市城市规划勘测设计研究院综合二所所长李刚，广州市城市规划勘测设计研究院建筑一所总工吴哲豪，广东省建筑设计研究院有限公司机电二所副总工刘坡军；还有行业优秀标杆企业珠海格力电器股份有限公司朱松勤总监分享经典案例。此外，牛侃暖通江湖总舵主，来自上海水石设计院的林星春由于疫情原因未能亲临现场，但特意从上海发来贺电，并以视频的形式为现场的同行们介绍了牛侃暖通这一民间组织并语预祝大会圆满成功。出席本次大会的重要嘉宾还包括：广东省建筑设计研究院有限公司廖坚卫顾问总工，广州市设计院有限公司屈国伦副总工，广东省制冷学会理事长刘金平教授，广东省制冷学会副理事长冀兆良教授等，同时到场的还有广

州市各设计院暖通老总、设计师、大学教授、知名实力厂方，房地产同仁等 130 余人，大家欢聚一堂，进步共赢！本次大会一经发布就受到各方关注，大会邀请函超过 3000 人次访问，除了同行报名踊跃外，当天直播相册浏览超过了 7200 人次。

会议开始前，大会还特意安排了《医院暖通空调节能设计及案例》一书的主创作者刘汉华总工现场给来宾们逐一签名赠书，受到了来宾们的热烈追捧。

同时在本次交流会过程中，互动竞答环节充分调动了会场气氛，并为未能领到《医院暖通空调节能设计及案例》一书的同行送出书籍，也极大丰富了与会者对此次（医院）空调节能设计及案例分享交流大会的体验。

本次大会为了活跃现场气氛，会议中间组织了一次开扇摆拍环节，来宾们分别展示了“高校建能文化联合会“和”牛侃暖通“的两扇页面供摄影师拍照，气氛热烈场面震撼，获得了很好的视觉效果。同时也感谢牛侃暖通特意为本次大会制作的精美礼扇。



# 读《中国高效空调制冷机房发展研究报告》 -----谈对冷却水系统节能设计与实践新认识

吴小俊<sup>1</sup> 撒世忠<sup>2</sup> 游程赢<sup>3</sup>

(1 江苏城归设计院有限公司; 2 上海华慧检测技术有限公司; 3 常州规划设计研究院)

Wu Xiao-jun<sup>1</sup> Sa Shi-zhong<sup>2</sup> You cheng-ying<sup>3</sup>

(1 Jiangsu Chenggui Design Institute Co., LTD.; 2 Shanghai Huahui Testing Technology Co., LTD.; 3 Changzhou Planning and Design Institute)

**摘要** 为助力我国实现碳达峰、碳中和目标, 高效空调制冷机房建设受到广泛关注和高度重视。研读《中国高效空调制冷机房发展研究报告》一书感触良多, 受益匪浅, 特别是书中多处谈到和冷却水系统节能设计与实践相关的问题, 内容涵盖大温差技术、冷却水逼近度设置原则、降低冷却水系统输送能耗的技术措施、冷却塔如何在节能运行的前提下尽量降低冷却水温度、AI级控制策略等新技术阐述, 结合笔者参与工程实践, 有拨得云开见月明之感。赶紧把心得记录下来, 以期为近旁的同行抛砖引玉, 不胜荣幸。

**关键词** 高效空调制冷机房 冷却水系统 逼近度 变频

**Abstract:** In order to help China achieve carbon peak, carbon neutralization, efficient air-conditioning refrigeration room construction has been widely paid attention to and highly valued. I have learned a lot from reading the book "Research Report on the Development of China's Efficient Air Conditioning Refrigeration Room". In particular, there are many issues related to energy-saving design and practice of cooling water system in the book. The content covers the technology of large temperature difference, the setting principle of cooling water approximation degree, the technical measures to reduce the energy consumption of cooling water system, how to reduce the cooling water temperature as far as possible under the premise of energy saving operation of cooling tower, AI level control strategy and other novel technologies. Combined with the author's participation in the engineering practice, there is a sense of making a clear difference. Hurry to record the experience, in the hope of the nearby peer to throw a brick to attract jade, honored.

**Keyword:** High efficiency air conditioning refrigeration room cooling water system approximation degree frequency conversion

## 0 引言

由中国建筑节能协会暖通空调分会牵头组织, 全国工程勘察设计大师徐伟先生担任主编的《中国高效空调制冷机房发展研究报告》(以下简称报告)一书通过总结目前中国高效空调制冷机房在规划、设计、施工、调试、运维等各个不同阶段的专业阐述, 详细分析了高效空调制冷机房的实施途径, 是对高效空调制冷机房发展过程中权威的阐述。正如江亿院士所说:“合抱之木, 生于毫末; 九层之台, 起于累土; 千里之行, 始于足下”, 深信随着绿色节能理念和政策的深入贯彻, 在各方的努力下, 高效空调制冷机房行业必将蓬勃发展, 以创新为基石走向构筑空调制冷机房高效节能之路<sup>[1]</sup>。作为一名暖通专业普通的读者, 对此书如获至宝、爱不释手, 通过反复阅读, 摘抄经典词句, 查找相关论文, 向同行和专家请教等诸多方式试图理解本书的内涵。当对本书阐述的内容感到能理解和有同感时欣喜若狂, 同时又担心并不能完全理解其真实的深意, 而感到惶恐不安, 于是赶紧将感悟记录下来, 以备向诸多专家、学者求证其正确性。现以本书多处阐述的冷水机组冷却水节能方面的精妙之言做回顾, 记录在高效机房实施背景下, 自己对冷却水系统节能设计与实践的新认识。

### 1 冷却水系统的两个温差

全面精细化实现高效制冷机房设计，归纳于对五大循环系统的深入研判后的能效提升，它们分别是：1) 室内水风循环；2) 冷冻水循环；3) 制冷循环；4) 冷却水循环；5) 冷却塔水风换热循环，见图 1 所示。其中与冷却水系统节能直接相关的循环有冷却水循环和冷却塔水风换热循环。冷却水循环涉及冷却水供回水温差；冷却塔水风换热循环涉及冷却塔供水温度和室外湿球温度的温差，是为两个温差。

《报告》P61-63 页阐述的内容总结下来就是，全年较好地提升制冷机房的能效须三管齐下：1) 在满足室内温湿度的前提下，尽可能的提高制冷机组的出水温度；2) 采取技术手段尽可能降低冷却水供水温度；3) 在末端负荷需求降低时，通过冷水机组变频、水泵变频适应负荷降低的需求，达到部分负荷时节能的目的。

冷却水的两个温差之一是指冷却水系统的循环温差，是  $37^{\circ}\text{C}-32^{\circ}\text{C}$  还是  $35^{\circ}\text{C}-30^{\circ}\text{C}$ ，还是  $40^{\circ}\text{C}-32^{\circ}\text{C}$ ，还是其他；冷却水的另一个温差即逼近度，《报告》P83 页提到，冷却塔风机变频将被调至使得逼近度为  $2.5^{\circ}\text{C}$  固定温度，温差是指冷却水供水温度与湿球温度的差值，冷却水供水设定温度即等于湿球温度加  $2.5^{\circ}\text{C}$ ，冷却水供水温度设定值将在  $26^{\circ}\text{C}-29^{\circ}\text{C}$  左右变化。当然，我们知道冷却水供水温度降低  $1^{\circ}\text{C}$ ，主机能耗将降低约 3%，对主机节省能耗有利。

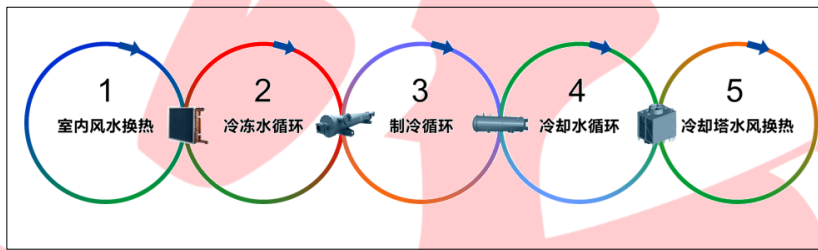


图 1 高效制冷机房五大循环系统

### 1.1 冷却水大温差

过去很长的一段时间内冷水系统大温差的设计及其理论为暖通设计行业所耳熟能详，相关论文阐述也很多，冷水大温差多为降低冷水出水温度，同时提高冷水回水温度为代表（姑且叫第一类大温差）如典型温差为  $7^{\circ}\text{C}$  即  $6-13^{\circ}\text{C}$  循环温度，末端采用吊装空调箱的大型购物中心项目，如笔者亲身经历的合肥万科广场购物中心项目，见文献<sup>[2]</sup>。这类大温差的本质是：在主机供水温度（出水温度低于  $7^{\circ}\text{C}$ ）和既定温差（温差大于  $5^{\circ}\text{C}$ ）下选型同时选择能效比高的冷水泵，在满足计算制冷量和规范的主机制冷量前提下，主机能耗的增加的数值小于水泵能耗的下降的数值，使得冷水循环侧的主机和水泵的综合能效最小。近年来出现的冷水侧大温差第即中温冷水机组的大温差（姑且叫第二类大温差），即通过改进末端空调设备结构形式，只要空调机组出风干球温度控制在  $\leq 14^{\circ}\text{C}$  以下，系统可以提供不同的供回水温度（供水温度大于  $7^{\circ}\text{C}$ ，回水温度大于  $12^{\circ}\text{C}$ ），冷水系统可以提供  $9.5^{\circ}\text{C}-14.5^{\circ}\text{C}$ 、 $8.8^{\circ}\text{C}-14.8^{\circ}\text{C}$ 、 $8^{\circ}\text{C}-15^{\circ}\text{C}$  等不同的供回水温度组合，如文献三<sup>[3]</sup>中南京三山街大型购物中心高效制冷机房的大温差供回水温度为  $10^{\circ}\text{C}-16^{\circ}\text{C}$ ；文献四<sup>[4]</sup>提到的五邑大学教学楼高效制冷机房的供回水温度为  $10^{\circ}\text{C}-18^{\circ}\text{C}$ ，当然该项目较为特殊，是配合了改进的末端（需要采用全新的中温末端设备，从换热能力、出风温度、风侧压降、水侧压降等四个维度进行全面优化）及辅助电风扇的采用，能达到所需要的温湿度要求。因此第二个阶段的冷水大温差是提高供水温度，同时提高供回水温差的形式。图 2 为中温水大温差的六排管逆流换热图。采用中温变频空调系统制冷机房某项目能效可达到 6.85。

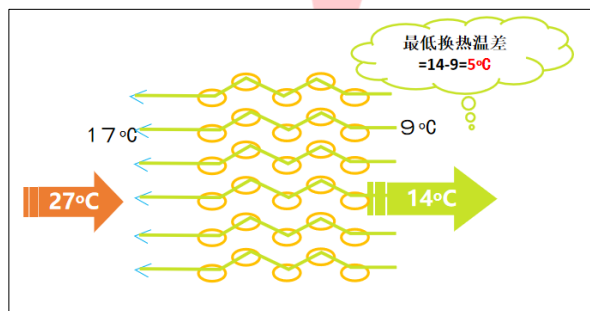


图 2 中温大温差空调末端

《报告》对 P75 页写道：不少工程将冷却水温差提高到 5.5℃，从而减少 10%左右的冷却水流量。冷却水大温差系统也并不陌生，特灵独有的三级离心压缩冷却水双向 8℃大温差早就有其定型产品，但案例并不多，可能是过去很长一段时间，部分设计师对大温差技术存在疑虑，特别是冷水 8℃温差，及冷却水大温差；同时特灵倡导的双向 8℃温差为其独有产品的缘故。其实双向大温差不一定非要是 8℃，很多主机生产厂家均可以做到双向大温差。冷却水的大温差类比前述所说的第一类和第二类大温冷水系统大温差，在供水温度上类似于第一类大温差，为了提高主机能效，需要降低供水温度，温差一般为 6℃、7℃、8℃，主机能耗有所降低，水泵能耗也是降低的，前提是需要增大冷却塔的换热面积即冷却塔的容量需要增加，这是冷却水大温差的含义。文献五<sup>[5]</sup>的意义在于从数值上确认了冷却水大温差的节能性可适用于中国广大地区。

### 1.2 基于逼近度

很多文献提到逼近度的字眼，如当湿球温度为 27℃，逼近度为 3℃时，2℃温差时 (30/32)，冷却塔散热能力为 75%；当温差为 5℃温差时 (30℃/35℃)，冷却塔的散热能力为 100%；当温差为 8℃温差时 (30℃/38℃)，冷却塔的散热能力为 115%。业内普遍认为逼近度一般在 2.5-3℃为宜。但无论如何探讨逼近度或采用大温差技术，一个重要的前提是基于湿球温度的数值。2022 年中国遭遇持续 3 个月的高温，湿球温度甚至高于常规冷却水供水温度 32℃，见下图 3，无锡市 2022 年 6 月 1 日-2022 年 9 月 30 日的逐时干湿球温度变化曲线。如果不讨论在持续几十天的高温情况下如何保持高效制冷机房的高效运营，甚至讨论一下如何在极端天气下仍然能保证室内温湿度参数在人体舒适度范围内，仅仅讨论逼近度意义不大。

### 1.3 基于冷却塔选型的再讨论

常规电制冷系统冷却塔的快速选型法有两种，以无锡地区的单冷主机为例<sup>[6]</sup>，室外设计参数  $T_s=28.1^\circ\text{C}$  (GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范) 工况下，根据计算总冷负荷乘以放大系数后，计算出总水量：

$$G = \frac{kQ_0}{c(t_{w1} - t_{w2})} \quad (1)$$

其中：G---为冷却水量  $\text{m}^3/\text{h}$ ；k---放大系数；c---水的比热 ( $\text{kJ}/\text{kg}/^\circ\text{C}$ )； $Q_0$ ---主机冷却负荷 (制冷量+压缩机功率  $\text{kW}$ )； $t_{w1}$  和  $t_{w2}$ ---为冷却水供回水温度， $t_{w1}-t_{w2}$  为 5℃。按照 29℃湿球温度状态下来修正，可以查询厂家的样本数据参数表格选择出合理的冷却塔，冷却塔选型后标注为标准湿球温度 28℃情况下的参数。按照选定的主机总冷负荷换算到美国冷吨，即按照 1USRT 对应  $1\text{m}^3/\text{h}$  来计算冷却塔的水吨，计算出的冷却塔在标准湿球温度 28℃情况下的选型与上述公式法数值是一致的。即：

$$G = \frac{Q}{3.517} \quad (2)$$

其中：Q---为选定的单冷主机的总的制冷量或单台主机的制冷量。

以上是未有设计高效制冷机房概念，冷却塔的常规选型步骤和方法。根据以上阐述的高效冷冻机房诸多概念，冷却塔的选型发生了如下变化：1) 温差不是传统的 5℃，可能是 6℃、7℃、8℃，其他不变的情况下，冷却水流量会下降；2) 抛开大温差冷却水不谈，即不考虑冷却塔供回水温差，在湿球温度不高的地区或过渡季节或部分负荷时刻，如湿球温度始终保持在 27℃-28℃，根据逼近度为 2.5℃-3℃，此时冷却水供水温度可提供较低的 29.5℃-31℃水温，仍然能使得主机能效比始终处于比较好的状态下，极端情况下只要  $T_s + \text{逼近度} \Delta t \leq 32^\circ\text{C}$ ，冷却水供水温度低于 32℃，冷却塔流量选型不用特意加大；但是如果在湿球温度比较高的地区或时刻，如果仍然需要  $T_s + \text{逼近度} \Delta t \leq 32^\circ\text{C}$ ，甚至提出  $T_s + \text{逼近度} \Delta t \leq 30^\circ\text{C}$  的严格要求，则冷却塔选型的容量将大大增加，以无锡为例，湿球计算温度为：28.1℃，假定 1000RT 的主机，按照常规选型方法，可以选择 28℃标况下 (37℃/32℃)1000 $\text{m}^3/\text{h}$  的冷却塔，但如果要求冷却塔的循环温度是 35℃/30℃，则需要选择 28℃标况下 (37℃/32℃)1500 $\text{m}^3/\text{h}$  的冷却塔才能满足要求。因此如果考虑目前已经出现的极端持续高温天气，如下图二所示，无锡市 2022 年 6 月-2022 年 9 月 29 日，湿球温度持续升高，突破 30℃的时刻成为常态，也就无从谈起逼近度问题，反而需要考虑的问题是否需要进一步放大冷却塔容量，使得冷却塔的供水温度是否能达到 32℃标准工况的问题了，此时如果仍然提出严苛的  $T_s + \text{逼近度} \Delta t \leq 30^\circ\text{C}$  要求，冷却塔的选型将变得更大。



## 2 冷却水系统高能效优化技术

冷却水系统的高效率运营涉及到方方面面，如冷却塔自身的品质（如电机效率、布水的均匀性措施等）、不同类型主机的品质（如磁悬浮离心机、变频冷水机组等）、冷却水泵的品质、冷却塔摆放位置的通风性能、冷却塔总体的管路特性（如如何尽可能地减少阻力）。

### 2.1 不同机型对冷却水供水温度的适应性

《报告》对 P75 页写道：单纯的依靠变频，不管是变频离心机还是磁悬浮离心机，设计工况下的效率与定频机组差别并不大。当冷却水温度降幅不大时（大于 19℃）变频/磁悬浮机组的效率曲线与定频页相差不大。当冷却水温度低于 19℃时，磁悬浮离心机的效率会明显高于变频离心机，COP 将高达 30 以上，这是因为磁悬浮主机的变频能力更强。由此可见不同主机对冷却水温度降低对效率提升的适应性是：磁悬浮离心机>变频离心机>定频离心机。这也是优先选择磁悬浮离心机和变频离心机的主要原因之一。

### 2.2 降低冷却塔供水温度的途径

从以上分析可以看出，在室外湿球温度较高时降低冷却塔的出水温度似乎别无他法，只能在设计过程中刻意加大冷却塔的容量，尽可能地降低冷却塔的出水温度，以提高主机的能效；在过渡季节，室外湿球温度较低时，如为 17℃时，采用变频离心机或磁悬浮离心机的项目，通过减少主机台数，若干台主机可以获得满意的高效率，但此时供冷需求下降较多，全年节能量占比较小；当然不同系统、运行策略、供电政策等都决定了冷却塔可以获得较低的冷却水供水温度，如文献七<sup>[7]</sup>提到的科技住宅供冷初期（如 5-6 月间）多采用辅助冷却塔供冷和江苏地区夜间对土壤源热泵提供了优惠的电价政策，为了地理管侧冷热平衡可在夜间运行辅助冷却塔，这两个情况下，均可使得辅助冷却塔在全年尽可能运行在湿球温度较低的阶段，降低冷却塔的供水温度，继而提升制冷系统的排热效率。另外采取的施工措施有，冷却水管路暴露在室外时，采用保温层及保护层，可有效降低暴露在阳光下的冷却水的供水温度。

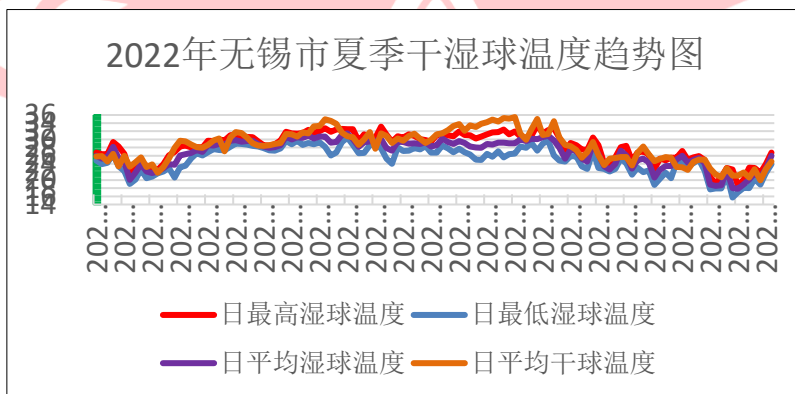


图3 无锡市2022年夏季湿球温度趋势图

### 2.3 降低冷却水输送能耗的途径

首先降低冷却水泵的流量和扬程是降低输送能耗的直接效果，前述采用大温差系统即有效降低了冷却水泵的流量。降低冷却水泵扬程的有效途径如《报告》P50页所写总结并延申如下：1) 尽可能和主机厂家协商采用冷凝器阻力较低的主机，如通过优化壳管式换热器设计，使得冷凝器阻力 $\leq 4.0\text{mH}_2\text{O}$ ；2) 大温差导致流量减少进一步降低了主机冷凝器侧的局部阻力；3) 优化主机房和冷却塔位置与管路走向，降低冷却水管道长度；4) 通过控制管道管径大小控制管内流速减少沿程阻力和局部阻力，如控制流速在 1.5m/s-2m/s 范围内；5) 水泵和主机连接采用 135 度弯头代替 90 度弯头，减少常规设计上下翻的弯头和隔离阀，如采用顺水弯头代替直角弯头等，如图 4 所示；6) 采用低阻力的阀件，如过滤器采用直角过滤器或蓝式过滤器阻力仅为  $0.5\text{mH}_2\text{O}$ ，又如选择阻力小于  $0.3\text{mH}_2\text{O}$  的静音式止回阀等，能使原本 26-35m 的冷却水泵扬程降低到 20-25 $\text{mH}_2\text{O}$ 。减少管路系统局部和沿程阻力的措施，有效降低冷却水泵的流量和扬程，使得冷却水泵的能耗大大降低。

### 2.4 冷却塔风机的节能途径

《报告》对 P75 页写道：当冷水机组只有一台运行时，群控系统将启用冷却塔节能运行程序，增加实际布水的冷却塔台数，而不开冷却塔风机，用加大水与空气热质交换面积的方法提高冷却散热降温的能力；当冷却塔全部通水，且其出水温度已经提升高到 30℃，恢复到一机对一塔模式。笔者认为，文中所提到的冷却塔风机的控制策略的前提是：确保冷却塔出水温度处于满足主机高效前提下的既定温度，以此为原则探讨冷却塔的风机该如何运行。

文献八<sup>[8]</sup>给出了冷却塔风机最优运行时需要考虑的 4 个因素：1) 风机与变频器电耗；2) 冷却塔效率；3) 冷机 COP；4) 运行策略的可行性等。根据某实测数据，2 台风机以  $f=36\text{HZ}$  运行，与 3 台风机分别以 25HZ 和 30HZ 运行来对比运行数据，3 台风机以 25HZ 运行，对比 2 台风机以 36HZ 运行，节省了风机与变频器能耗 33%；在确保风机和变频器能耗相同的情况下，3 台风机以 30HZ 运行，冷却塔效率提高 9%，冷机 COP 也有所提高；另根据某实测数据，当 3 台冷却塔风机以 25HZ 运行，对比一台风机工频运行，虽然风机与变频器能耗相同，但前者三台冷却塔均在运行比后者一台冷却塔风机工频运行在冷却塔效率和冷机 COP 数据上占明显优势（COP 分别为 6.2 和 5.4）。图 5 为某项目冷却塔，其容量等大，在温差 7℃、在 22.4HZ 下运行低能耗运行。

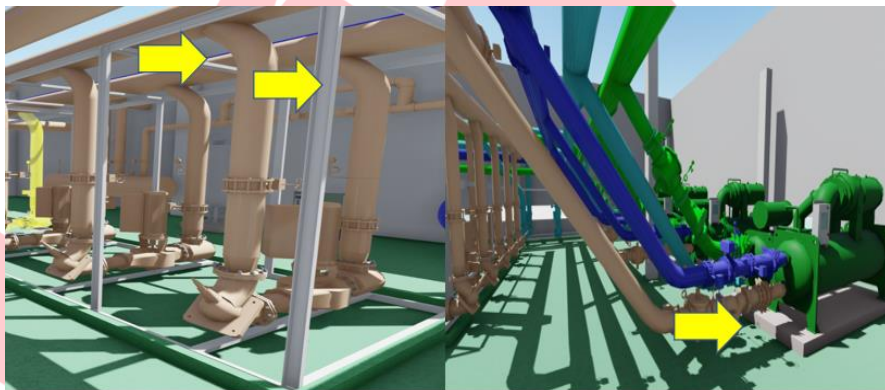


图 4 90°顺水弯头代替 T 型三通接头/135°弯头代替 90°弯头

以上分析冷却塔运行方式采用相同型号、宽频、低能耗等运行方式的目的是为了尽可能地增加冷却塔的换热面积，提高换热效率。提高换热面积和效率的另外一个方面是从冷却塔水系统入手：从前很多项目冷却塔多台运行时，存在塔之间供水能力不均匀和部分填料缺水现象，导致冷却水水温偏高，增加主机的能耗等痛点现象需要解决，提升既定冷却塔效率，主要有以下两个解决方案。

一是解决多台冷却塔并联运行时水力分布均匀性问题。在空调水系统中解决水力平衡通常有两种方式：同程式接管方式和在支管上增加平衡阀，前者局限于冷却塔布置位置和布管空间，在此笔者建议直接在多组拼塔的供水支管增加平衡阀，使得每组塔的供水量相对一致，充分利用每台冷却塔的冷却能力。

二是改善结构喷嘴、塔体水力分布形式。开式冷却塔上方集水盘的布水孔通常为均匀布置：矩形、菱形、等圆型布置下水孔，但因为冷却塔供水支管的出口动压影响每个下水孔下水能力不同，极端存在部分下水孔没法下水，未能充分利用填料板的换热能力。很多冷却塔厂家已经根据上方集水盘形状、供水支管出口压力，调整布水孔布置方式，可采用不对称型布孔方式，保证每个孔下水量相对均匀，增加水与空气的换热等方式，进一步提高填料层和水接触面积，提升冷却水系统降温潜力。



图 5 冷却塔大温差、变流量、小冷幅、宽频、低耗运行

### 3 高效机房对冷却水系统节能的控制

《报告》对 P75 页写道：冷却水的优化控制策略，分为逼近度控制和最佳冷却水供水温度控制，根据冷却水出水温度与湿球温度差值始终处于 2-3℃是的主机的冷凝温度始终处于较低值，从而提高制冷主机的 COP；最佳冷却水供水温度控制，兼顾了降低冷却水温度从而降低机组电耗，与冷却塔风机能耗增加之间的冷却塔供水温度平衡点。

《报告》对 P129 页写道：采用冷却水供回水温差结合设定值来控制冷却水泵的输出频率。如果冷却水温度高于冷却水系统设定值，则 PID 调节升高所有冷却塔风机频率以维持冷却水供水温度。

### 3.1 高效机房冷却水系统多途径节能运行的验证

建筑信息化模型（BIM）技术在高效制冷机房设计中发挥重要作用：优化管线布置、节省机房空间、优化管线设计、降低系统阻力、集成设备性能数据、统筹设备优化选型、提高设备、管线与附件的集成度，提高施工安装效率。

通过饼图、柱状图、曲线图等方式对机房总能耗、总制冷量、COP 曲线、SCOP 曲线、机房日常能耗趋势、能耗-温度关系。各个机组能耗统计对比、各台冷却塔、冷水泵、冷却水泵能耗数据，不同主机运行台数和运行比率下的能耗验证、冷却塔不同运行方式下能耗的对比分析验证。

通过能源控制、能源统计、能源消费分析。重点能耗设备管理等多种手段，以达到降低制冷系统运营成本的目的。

### 3.2 AI 级控制策略

《报告》对 P129 页写道：人工制冷是计算机科学的一个分支，目的是开发一种拥有智能行为的机器，目的是让机器可以象人类一样思考。三维无人值守智能运维技术就是利用 AI 级的人工智能在高效空调制冷机房领域就是让控制系统在运行过程中不断自我学习、自我完善，不断提高控制、排障的精度和效果，最终实现高效制冷机房的无人值守、控制参数的实时智能优化、更新控制运维策略等功能

## 4 结论与感悟

读《报告》感慨暖通行业新技术、新材料、新工艺、新理念、新策略等层出不穷。作为一名暖通行业工程师，必须保持学习状态，不学习就要被淘汰。须适应新事物的发展、改变传统的设计方法、设计理念、学习新的设计手段。针对高效冷冻机房新技术中冷却水系统的节能研读《报告》后有如下技术层面的感悟：

1) 采用冷却水系统的大温差，其节能原理类似于文中提到了第一类冷水系统的大温差，因此在设计中尽可能地采用双向大温差系统，具体的温差数据根据整体高效机房所需达到的节能标准确定；

2) 考虑到任何时段降低冷却水供水温度，对降低主机能耗有利，顺应 2℃-3℃逼近度理念，须评判 16℃-30℃全工况下的冷却水的节能性，并兼顾 2022 年连续高温天气下，湿球温度很高情况下如何保持制冷机房高效运行等因素，和业主及系统集成商一道研究打破 37℃-32℃设计常规，经济合理地加大冷却塔散热设计；

3) 在建筑方案设计中，将冷却水系统设计前置，优化冷却水系统管路设计，降低冷却水系统输送能耗；

4) 深入学习和研究冷却水系统节能途径，理解和领悟冷却水系统节能途径及如何验证其节能的方法，为更好设计冷却水系统硬件提供思路。

#### 参考文献：

- [1]徐伟 中国高效空调制冷机房发展研究报告 [M] 北京：中国建筑工业出版社 2022 年 9 月
- [2]撒世忠 某大型购物中心暖通空调设计探讨 [J]. 江苏建筑 2018 年增刊 119-140
- [3]简亚婷 陈刚 贾沛等 南京某商业项目高效制冷机房设计 [J]. 暖通空调 2022 年 52 (4) : 47-51
- [4]清华大学建筑节能研究中心著 中国建筑节能年底发展研究报告 [M]北京：中国建筑工业出版社 2022 年 3 月
- [5]陆琼文 刘漂 冷却水系统设计温差节能分析 [J]. 暖通空调 2022 年 52 (4) 13-17
- [6]鲍梁 撒世忠 谢拥军 冷却塔在土壤源热泵空调系统中的选型探讨 [J]. 江苏建筑 2019 年第五期 110-113
- [7]撒世忠 某大型住宅科技系统空调设计探讨 [J]. 暖通空调 2021 年 51 卷 S2 期刊 372-377
- [8]刘加根 严玢 余琼冷却塔风机运行节能之模式与策略的分析 [J]. 建筑科学 2009 年第 25 卷第二期 35-38

## 学海泛舟终不弃 长风破浪自从容

### 夜风微凉

且与大家分享下我的注考路和几点心得。

先说注考路

真正下定决心开始准备考试是从2019年2月份，是与我哥一起的午餐后开始的。这位18年通过考试的学霸，以高屋建瓴的视角点醒了我，这位睿智练达的人生榜样再一次帮助我树立了目标找到了方向。

19年，多事之秋，含恨败北。疼爱我的奶奶突然罹患重病，由于经常往返于老家和工作地，耽误了很多宝贵时间，加之一些乱七八糟的事，精力受到一定影响，准备不足，第一次考试案例通过，知识却差了很多。

20年，重整旗鼓，铩羽而归。虽这一年尽力准备，然却折戟沉沙。客观因素影响：即将考试时，考场地爆发疫情，终在考试前两天更换考场地；酒店下是美食街影响休息加上晚上饮茶，几乎通宵未眠；主观因素，第二天下午案例，遇难题心态崩溃，加上老毛病马虎粗心，案例分数惨淡。

21年破釜沉舟，蟾宫折桂。一切从零开始，平心静气，按部就班，千锤百炼~。插曲：考试前一晚实在是睡不着，吞了半片安定。

再聊几点心得

**关于培训班。强烈建议报班，原因如下：一、有学习计划，复习过程有节奏不盲目；二、课程知识能学透，扩展和补充很必要；三、团队水平有保证，答疑和实训护航好。**实力天团的课每一节都是精彩绝伦，闫老师和李老师的课让人醍醐灌顶、受益匪浅；小鱼老师的精讲会让你感觉总有不足，仍需努力；小艾老师举例贴切，会让你顿觉豁然开朗，茅塞顿开；巴掌老师的制冷课让你跳出局限，技高一筹~~~。

**关于学习时间。**白天的工作总是繁杂琐碎，夜晚才真正属于自己。我是在晚八点到十二点学习，早上七点起床，晚上时或精读教材题海徜徉或针对训练听答解惑，周四周五天实训一次不落，周二周六答疑每课必听，中午午休时，再戴上耳机听听各班课程，每天的生活充实饱满。如此以来作息规律，还保证学习和休息时间。另外，周末和假期非必要不出行，严格按照自己的复习节奏，静心学习。

**关于学习计划。**培训班已有大计划，再个人制定小计划。每周列计划，周末做总结；具体到每天干什么，读教材，做题，听课还是做笔记，写在纸上。抓具体，重落实，要高效。我在国庆冲刺时候曾把计划具体到小时。切记重落实，一定要把未完成的抽时间补回来。

关于做题。成套真题共三遍。第一遍，复习班真题阶段，快速完成（此处指培训班指定的时间段内完成）检验成果；第二遍，为克服粗心毛病，查缺补漏，以求提高；第三遍，冲刺阶段，每日一套题，上午或下午做案例或知识，保持题感。因为是老考生，精读教材阶段就根据进度章节，做应试指南真题。培训班的阶段测试和冲刺模拟题，强烈建议大家按时完成，因为那是浓缩的精华，押题的宝典。

关于错题。按照小林老师的方法，买错题本，把错题扣下来粘到本子上，写下错误的原因和必要的扩展链接。考试前一周，悉数列举了各章节易错点，并在案列考试前一晚重点回顾，避免踩坑。

关于扩展总结和链接。其他人做了很多，但不一定适合自己。总结，从精讲课实训课到做真题读规范，归纳一下，提纲挈领，相当受用。同一个知识，教材规范多处提及，每一处都做好标记，确保不遗漏，也可以写在目录上，方便查找。

关于马虎粗心。这曾是一个相当苦恼的问题，好在有小艾老师指点迷津。简言以概之，熟能生巧。具体如下①弄错题本，读关键词敏感词，集中强化②做题时严格按照考试时间多练习③考场从容，难易分清，把会的都做对，提高正确率

关于心态。我曾在20年下午案例时心态崩溃，半小时内前五道题思路全无差点放弃考试。今年刚开始复习时便制定策略：平时学习耐得孤独、夯实基础，做题训练严肃严谨、认真对待，考场上难易分清以、从容应付，确保正确。

关于群聊。尽量参与互动。我是与好友在后期增加了沟通和交流，相互请教，相互指点。如此一来，知识加深印象，也避免了不求甚解情况的发生。

斟酌再三，以上为本次考试通过要点，希望对大家有所帮助。

最后是感谢和鼓励的话

感谢母亲和妻子对家和两个孩子的照顾，让我能全心学习无后顾之忧，感谢一直以来关心鼓励我的家人和朋友们，“古有一门十进士，今朝满座皆注册”，我和我的哥哥们做到了。

有次聊到考试动力来自哪，我说，来自内心对考试成功有多渴望。

曾失败了两次，失败有多痛苦，来年干劲就有多大。趁年轻，多努力~

借用巴掌老师激励我们所用蒲松龄先生的对联：

有志者、事竟成，破釜沉舟，百二秦关终属楚；

苦心人、天不负，卧薪尝胆，三千越甲可吞吴。

山有顶峰，湖有彼岸

在人生慢慢长途中，万物皆有回转

当我们觉得余味苦涩

请你相信，一切终有回甘~

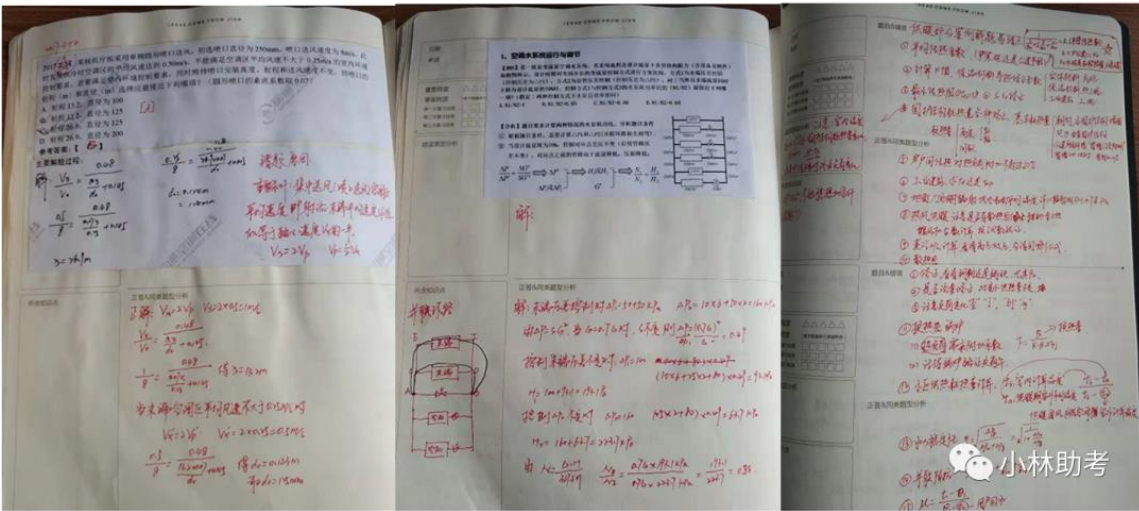
附几张照片：

## ①考试成绩

2021年度注册公用设备工程师(暖通空调)成绩查询结果			
考生信息			61%
山东省	证件号码:		61%
	报名地市:	济南市	61%
科目名称			成绩
专业案例考试(下)			34
专业知识考试(上)			72
专业知识考试(下)			69
专业案例考试(上)			

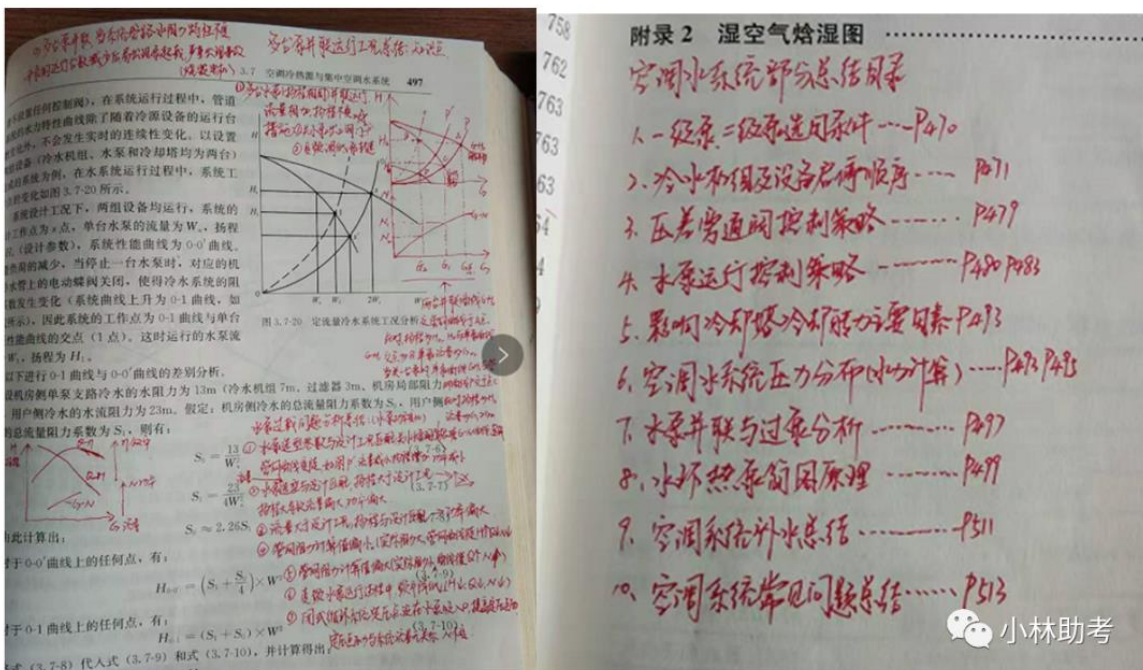
小林助考

## ②错题本及易错点总



小林助考

## ③链接和知识总结



小林助考

④关于马虎，小艾老师给予的指导聊天记录

小艾老师，可以聊几句吗？最近有点苦恼，就是有个审题不严的毛病，从今年再一次准备的考试的时候就着重注意这一点，每次做题也都去圈一下题目的重点字眼，画简图，但是一按规定时间去做题的时候就会原形毕露，重蹈覆辙。去年没考过，总结最重要的原因是死在了心态和马虎上，再加上去年的题文字多，需要理解，有些知识点掌握的不牢，简直就是雪上加霜。问问老师，针对做题马虎审题这个问题，有什么好的建议吗？

最近也是越来越体会到，只要把会的作对，考过问题不大，所以感觉很困扰。

这个也没什么建议，还是熟能生巧的事情，不知道你现在的复习情况如何，如果你整体复习的情况还不错，建议你最后一个月进行错题总结，无论是马虎做的，还是不会做的，弄一个错题本，收集起来集中处理，比如马虎做的，究竟是没看到哪个关键词，这样进行集中强化，考试的时候，就会对这种关键词特别敏感了

嗯嗯，感觉跟去年相比，总体有一定的提高，都是跟着复习班进度来，针对之前的知识盲点做了加强和总结。已经整理12-16年错题本了，本子上也写了错题原因，正在听17-20真题班，马上就整理17-20年的错题。这几天也调整下心态，准备除了正常的复习计划外，打算每天再多一个针对案例的自我训练，抽出半小时或者一小时，卡时间完成4或8道题。针对错题，理解题意多加训练，标注关键词和敏感词。

谢谢小艾老师的解惑，祝老师节日快乐！

不要这样。半小时完成多少题意义不大

因为的做题材料时间，有的简单题很快，半小时几个题，样本量太少了

直接进行模拟考，如果需要提速，至少5年真题

嗯嗯，好的老师

量多的话是不超过7分钟一题，25题一张卷子，就是175分钟，你做两卷就会发现，有的用不了7分钟，有的要超过7分钟，所以你每个题，或者隔两个题就要算一下时间，比如做完第三题，你已经花了25分钟，你就知道自己慢了，后面就要稍快一点，如果第10题做完你花了80分钟，就相当于你慢了一个题，如果做完第15题，你花了120分钟，甚至130分钟，后面就做得快了，或者就是放弃几个题

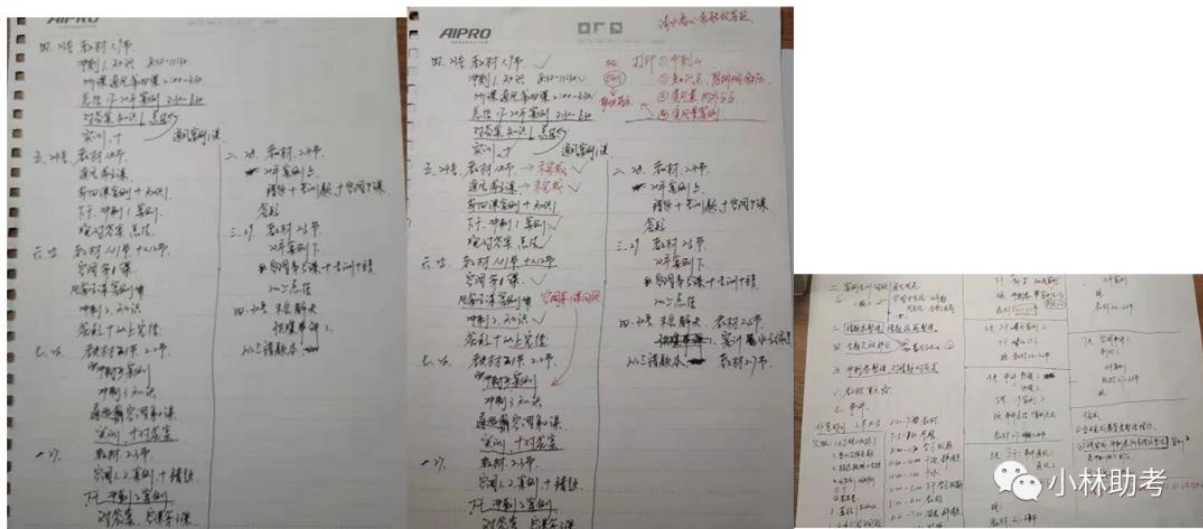
明白，老师。我之前考过，到考场上，很难把所有案例都做完，所以我现在需要加强训练，把会的都做对，保证正确率。

都可以，但是你要算好，考试的时候，只要在你的预料之中，就不会慌

按你擅长的策略进行模拟考



⑤计划表



（本文为第七届“我和注考的故事”有奖征文一等奖）

**“我和注考的故事”**

注册暖通工程师视频培训班

小林助教

## 梅花香自苦寒来，宝剑锋从磨砺出 —— 坚持努力，你想要的终会来到

粉色纳米蓝

先向各位考友，介绍一下本人的简单情况，2013 年本科毕业，2014 年通过基础考试，2018 年第一次参加专业考试至今，工科女。可以说我算上前两年（18、19 年）打酱油，共计上专业考场 4 次，有时候也调侃自己算是又读了一个“大学”了。

咱们这个专业考试，可谓难度不小，若是抱着我随便看看书就能过的想法，那么大多数人是不可能通过考试的，要想通过考试必定是要经过一番努力，度过一段奋进的学习之旅，方能修成正果。

我参加了 4 次专业考试，每一年都刷新了我对这个考试难度的认知程度。18 年教材都没有看完一遍，就上了考场，结果可想而知，有些题目都读不懂是什么意思，19 年教材看了一遍，由于忙着结婚，又草草上了考场，这年题是读懂了，但不会做。20 年我下定决心，一定要努力备考，争取一年考过，从 2 月份开始我跟着培训班的计划一步步走，也参加了每一次的实训，但由于个人能力加之工作因素等等，确实有点没跟上培训班的进度，但也确实扎扎实实复习了，真题模拟题也做了，成绩模拟时就在 65% 左右徘徊，也算准备充分了，就这样上了考场，结果还是没过，知识 114，案例 64。

20 年考试没过对我自己的打击是非常之大的，我曾 2-3 个月都未能从考试失利的打击中走出。但最终还是重整旗鼓，继续走上了 21 年的备考之路。首先，我分析了 20 年未通过的原因，一是忽视总结的重要性；二是小看了 75% 通过的重要性；三是没有利用好最后备考的一个月；四是没有积极在培训班群里进行讨论。在这里告诫广大考友，一定不要不重视林总叮嘱的细节，自己的一些总结必须要做，不要偷懒，不要有侥幸心理，不做你就可能与通过失之交臂。还有平时的真题模拟，一定要达到 75% 以上的正确率，起码也要 70% 以上的正确率，因为平时模拟和考场环境很不一样，只有保证平时有 70% 以上的正确率，才能在正式考试中万无一失。

总结经验教训，调整好心态后，我于 21 年 2 月正式踏上了踏实备考的第 2 年。跟着培训班的进度，不急不躁，一步一个脚印的实训，看教材，做题，总结，阶段测试，真题模拟。什么阶段做什么阶段的任務，把 8 个月的学习任务自己细化做成表，细化到每一天的学习内容（我自己使用了 excel 表格，做了每天的学习内容计划表），每天完成任务就打勾，这样，才能在漫长的备考之路上，做到心中有数，每天都有进步，每天都有成就感。感谢培训班的帮助，我 21 年最终以知识 137，案例 64 通过了考试。下面我分享一些备考的小 tips：

- 1、一定要听培训班老师的话，尤其实战班的学习方法和阶段目标，不要把一些方法细节不当回



事。

2、跟上培训班的进度，一步一个脚印的走，切忌心急气躁。新考生很有必要从预复习就开始备考（也就是考试前一年的 11 月份开始），因为现在的考试难度也不会再降低了，重要的还是理解和掌握。

3、一定要做总结！一定要做总结！一定要做总结！重要的事情说三遍。虽然培训班的《备考应试指南》有各路大神和老师的总结，但是自己的总结也必须要做，可以做在书上，也可以做在《备考应试指南》总结部分的空白处。

4、到后面真题模拟阶段，一定要做试卷的总结，可以是错题总结，也可以就 4-5 年的真题放在一起做横向总结，具体的方法在备考后期实战班有讲。

5、一定要给自己每个阶段定下正确率的目标，到最后的阶段正确率一定要大于 70%，最好大于 75%。切忌“60 分万岁，多一分浪费”的想法，若抱着 60 分通过的想法，那么，你这一年的辛苦付出，很有可能付诸东流，我的 20 年备考就是一个活生生血淋淋惨不忍睹的例子！

6、要在培训班群里积极进行讨论，可以回答别人提出的问题，也可以自己提出不懂的地方。总之，一定要探讨，讨论的多了，有同路人，这条备考路会好走很多。

7、一定要在备考的最后一个月做好冲刺收网。20 年的考试，我前面几个月备考的比较充分，于是到最后一个月就有点点松懈，加之工作忙，没有做好最后一个月的“收网”工作，就很可惜没有通过考试。这里建议大家，在 10 月份请个年假，安安心心在家里做最后的考试冲刺。这一年都这样过来了，最后关头一定要咬紧牙关做最后的冲刺收网。

备考之路很艰辛，但在路上也结识了很多良师益友。小林培训班的课程很系统，很有方法性，也很专业。这里有强大的林总、风趣幽默的小艾老师（举的例子终生难忘，尤其那个出浴的美女，哈哈）、智慧与美貌并存的巴掌老师、老大哥般贴心存在的 sk 老师、最强大脑小鱼儿老师、语速比车速还快的潘多老师，还有及时解决我们电脑问题软件问题各种问题的小财神（我怀疑他考注册也就过了）。

感谢培训班一路的相伴，感谢各位老师考友的问题解答，当然也感谢努力备考，永不放弃的自己。

梅花香自苦寒来，宝剑锋从磨砺出。这句话也送给正在备考的各位考友。选择小林培训班，加之自己的坚持努力，相信下一年通过考试的名单里就有你！在此，预祝各位备考的同学都取得好成绩。

（本文为第七届“我和注考的故事”有奖征文二等奖）

牛侃暖通  
江湖还在

## 牛侃讲堂（第11期）

# 干净化 钱途大

**时间** 2022年1月26日 周三晚20:00

**主办** 《牛侃暖通鉴》、暖通空调在线

**支持** 暖通空调杂志社  
翱途能源、力聚锅炉

**主播** 李强 济南昌耀工程技术有限公司  
注册建造师

**内容** 我为什么干净化？  
净化是什么，为啥需要它？  
净化怎么做，如何来用它？  
找谁干净化？  
成为净化人

直播间



公众号





## 牛侃讲堂（第12期）

### 时间

2022年4月10日 周日晚19:30

### 主播

李海军

注册设备电气工程师（水、暖、电）

### 嘉宾

何俊：杭州卓邦环境设备有限公司总经理

王令武：上海盛流水务工程有限公司工程部经理

### 主办

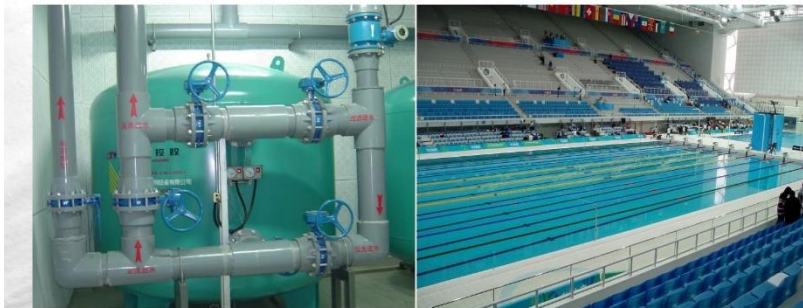
《牛侃暖通鉴》、暖通空调在线、给排水视界

### 支持

卓邦泳池除湿系统

暖通空调杂志社、翱途能源

# 游泳池水处理及热石水除湿设计



进入直播间



## 《建筑防烟排烟系统设计技术措施》

林星春



笔者将以《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 为基准，结合相关国家规范及各地的文件综合整理成上海水石建筑规划设计股份有限公司的《建筑防烟排烟系统设计技术措施》，以一个普通暖通设计师的角度结合实际工程设计和图纸审核的经历尝试给出相对合理的建议做法，并保留各种特例，同时融入了个人的理解和期望，结合图表总结更具可操作性和可执

行性，一供其他未进行明确解释的省市的项目设计参照，二给其他建筑设计公司设计师制定内部技术措施参考，三为国家标准 GB51251 的修订提供一点点方向，期待同为暖通设计师的各位同仁们不吝指正。至于后续是国家标准修订统一各地做法还是各地做法主导地方设计成常态也不得不值得我们进一步期待。

更多详情和购买方式：



对于本措施与《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 及相关文件中明显不同之处，文中特别用下划线进行了标注提醒。本措施的整理过程中得到了“牛侃暖通”和“防排烟技术措施委员会”各位牛友的支持、鼓励、提醒、指导、建议、添砖加瓦，尤其是提出了多条有价值的想法和审图意见，在此一并感谢。

92 建筑防烟排烟系统设计技术措施

工单位及时沟通交流<sup>①</sup>。

4.3.3 排烟风机应能满足在 280℃ 时连续工作 30min 的要求，排烟风机应与风机入口处的排烟防火阀连锁，当该阀关闭时，排烟风机应能停止运行。

【特例】地铁工程地下区间的排烟风机的运转时间不应小于区间乘客疏散所需的最长时间，且在 280℃ 时应能连续工作不小于 1.0h<sup>②</sup>。地上车站和控制中心及其他附属建筑的排烟风机在 280℃ 时应能连续工作不小于 0.5h。

4.3.4 当地许可时，当消防风机设置在室外时，应置于具有耐火极限不低于 1.0h 的通风及耐火性能良好的保护箱体内（见图 4.3.4，台风高发地区除外），箱体应满足防护（防雨、防晒）、通风散热及检修要求，且其周围至少 6m 范围内不应布置可燃物。

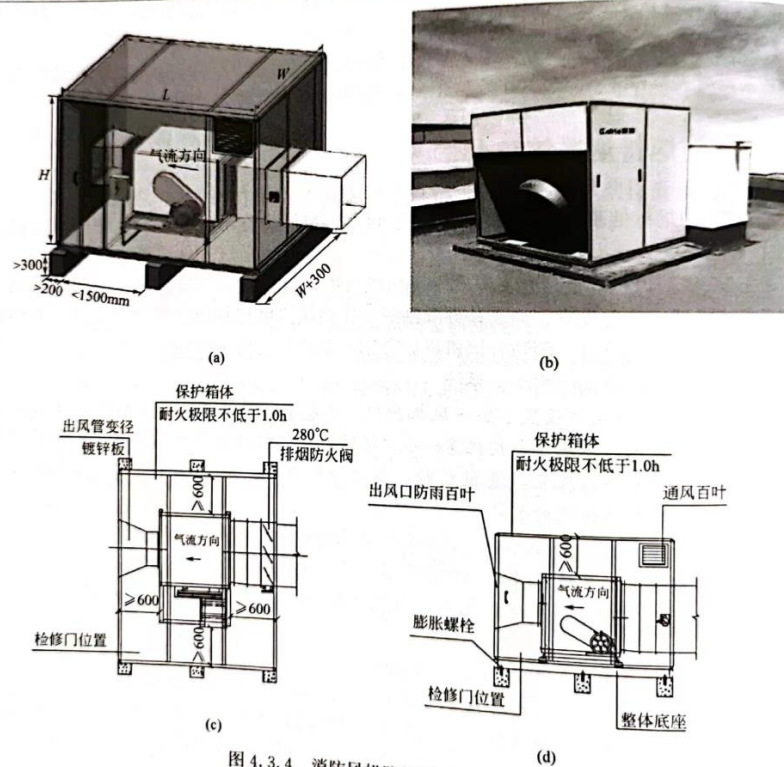


图 4.3.4 消防风机防护箱示意图大样图  
(a) 示意图；(b) 现场图（简易型）；(c) 大样平面图；(d) 大样立面图

【特例】工业建筑、电力集控室或采用钢结构体系，且受条件限制无法在屋面设置风

① 三亚市《关于消防验收、备案工作中双速风机若干问题的说明》。  
② 《地铁设计防火标准》GB 51298—2018 第 8.4.3 条。



牛立群書

暖

通

臨

倪湖  
牛江

