



从真实需求入手浅谈 区域能源规划方案的合理性

魏庆芑，博士，副教授，清华大学

区域能源规划回答的问题

- 形式：集中，还是分散？
- 容量：大点，还是小点？
- 种类：分别，还是联产？
- 品位：就高，还是就低？
- 流向：单向，还是多维？
- 控制：层级，还是扁平？
- 评价：设计，还是运行？



主要工作

- 公共建筑及系统运行实测与优化调节



➢ 350余座建筑，近2000万平米

➢ 中南海、人民大会堂等20家政府机构

➢ 金茂大厦、华润、万科、中粮等

➢ 香港（太古地产）、美国（UPENN校园）、日本（东京晴海DHC系统）等

典型案例：不论国内外项目都有巨大节能潜力



美国**UPENN**校园集中供冷供热与空调



节能潜力：
1500万美元
能源费/年



日本东京晴海地区集中供冷供热系统



全日本效率第一名：再省**10%**



香港又一城、太古广场等大型商业综合体



累积节省**8000万度电**

为什么

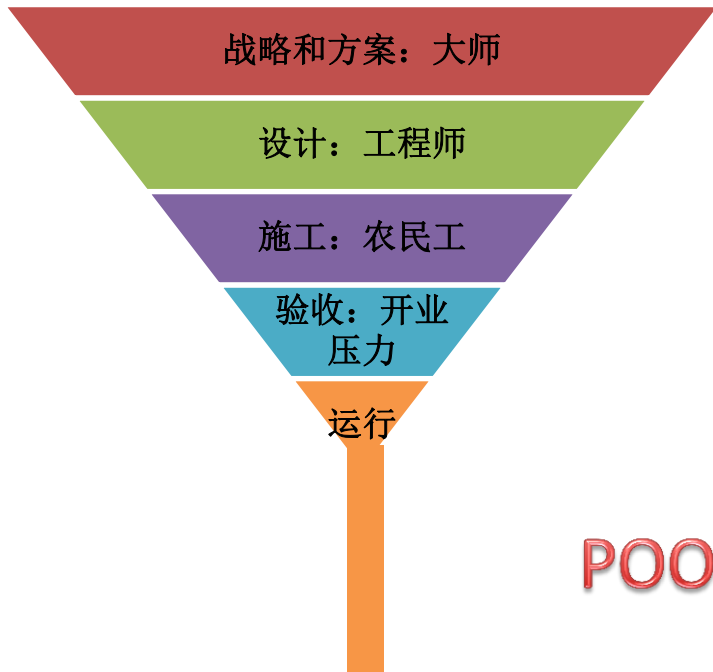
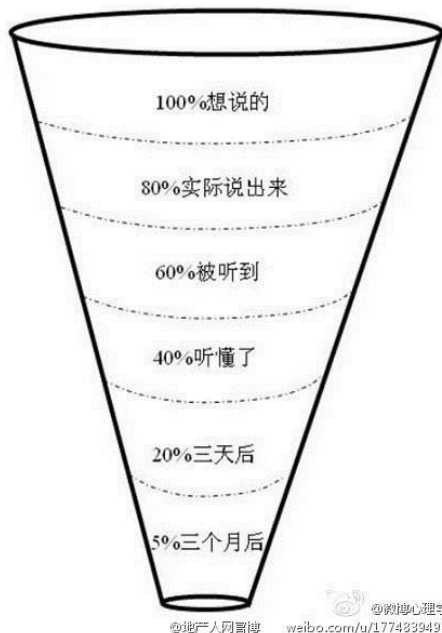
漏斗效应：设计意图难以传递到底

- 信息传递漏斗



- 实际工程品质漏斗

RICH



POOR

We can't let our diners
starve! There may be
four 400lbs fat guys!
我们不能让客人饿着!



We don't need
so much food!
太饱了!



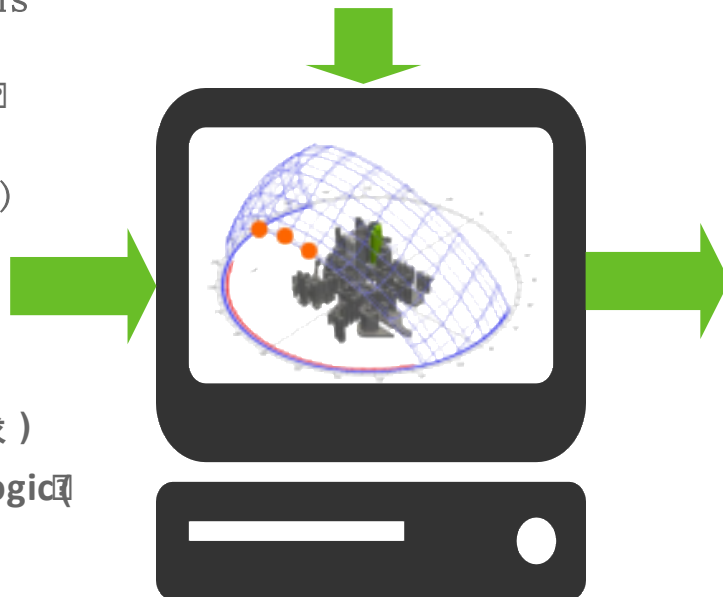
传统理念

- **Design Based on Assumptions** (设计参数取值于假设)

Handbook (设计手册) /
Manufacturer Information
(设备样本信息)

Parameters by assumptions
(假定参数):

- Design criteria for thermal comfort (热舒适设计标准)
- Occupant density (人员密度)
- Small power (小动力负荷)
- Operating hours (营运时间表)
- Tenancy demand (租户侧需求)
- Default setting of control logic (默认控制逻辑)



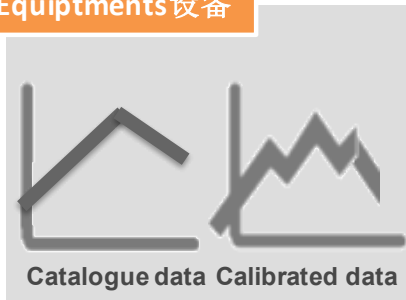
Predicted Performance
Based on Design Parameters
设计参数决定模拟结果

持有型商业地产开发企业的做法

- Design Based on Real Buildings / Systems' Operation Experience (依靠营运数据定设计参数)

Equipments设备

Hom e-m ade Handbook /
M anufacturer Information
(自制的手册和设备样本)

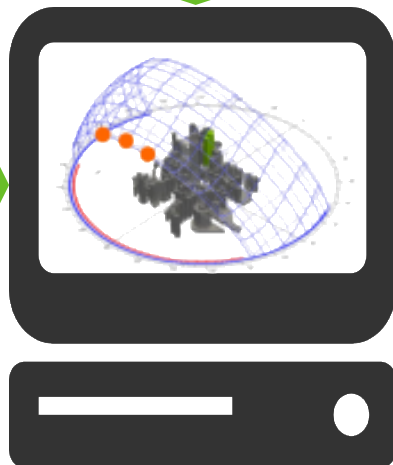


样本数据 经校核的数据

Calibrated Param eters (参数):

- Adaptive thermal comfort (考虑热适应性)
- Occupant density calibrated by survey (通过调研校核人员密度)
- Small power calibrated by survey (通过调研校核小动力负荷)
- Various operating hours of different needs (营运时间多样化)
- Understand tenancy demand by survey (理解租户侧需求)
- Real control logic (真实控制逻辑)

把握需求



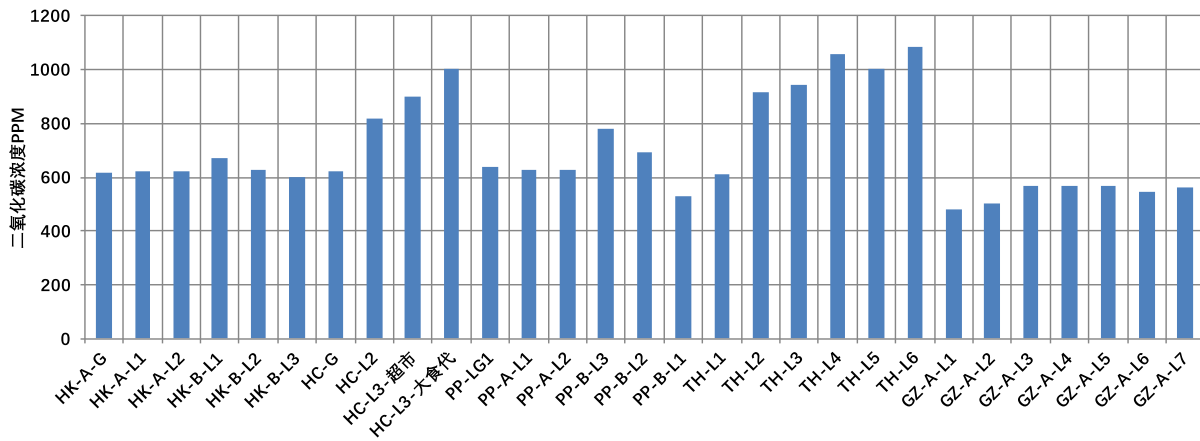
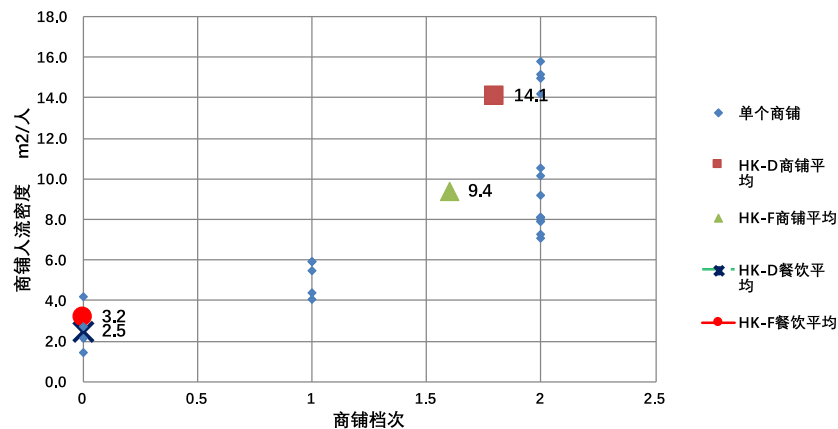
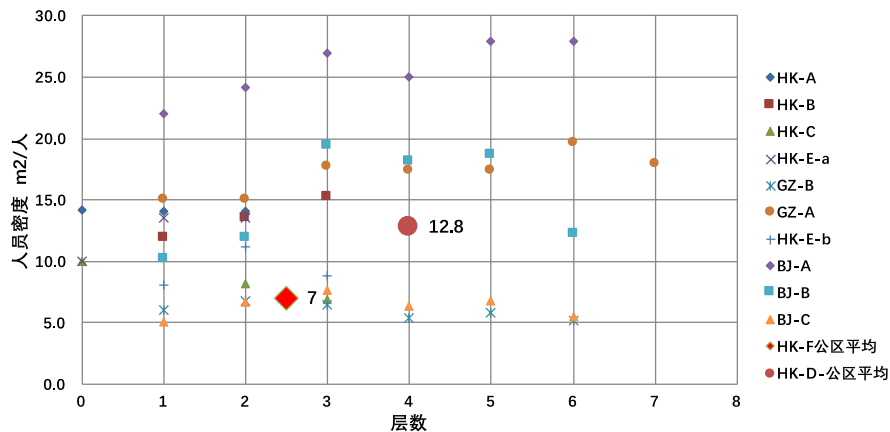
More Realistic

Performance Prediction

更准确、更接近实际
运行的模拟结果

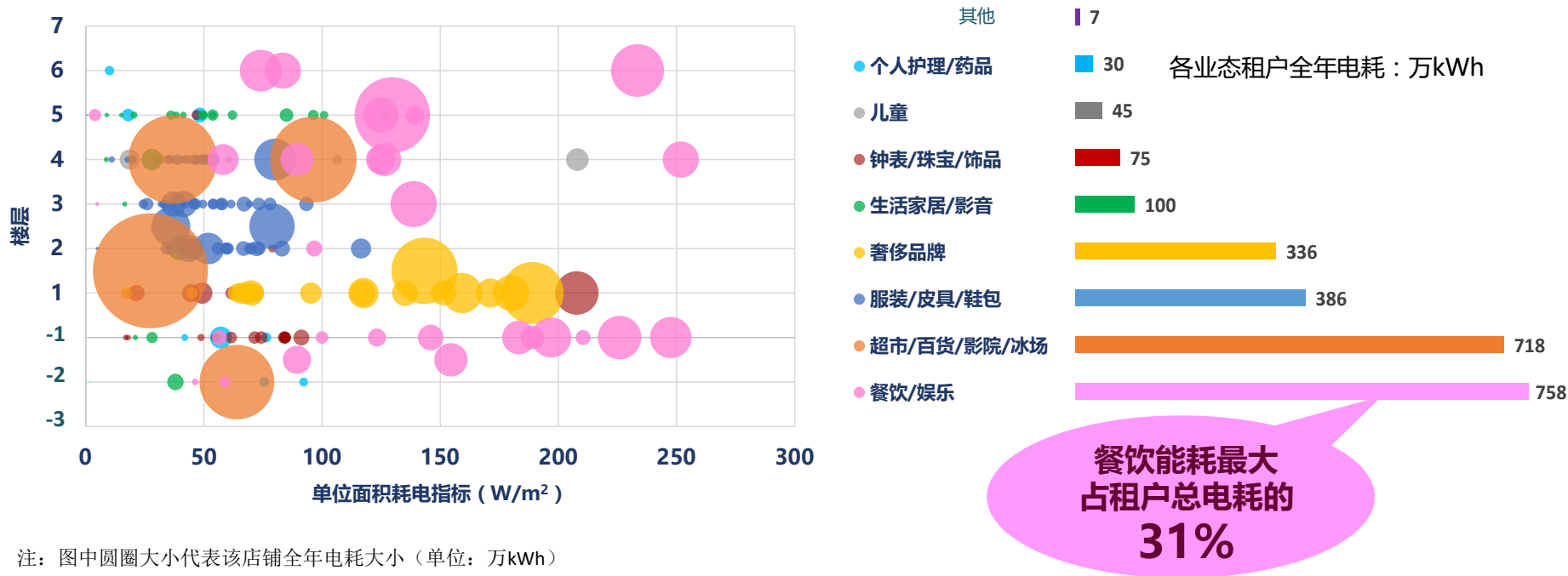
具体做了什么： 现场调研

商场实际客流量和二氧化碳浓度



商场不同类型租户实际耗电量

- 按市场接受的业态组合作为模拟分析输入



详细调研

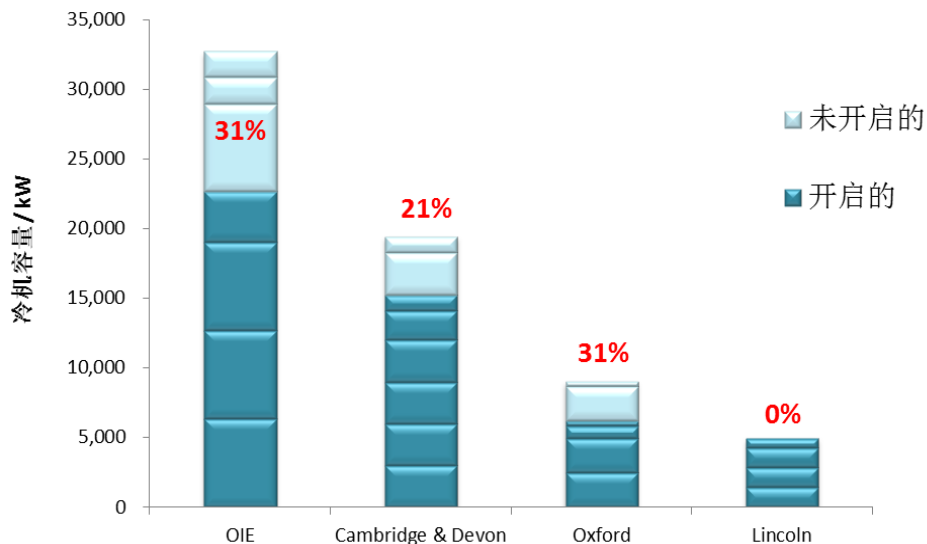


建筑名称	建成年代	空调层数	建筑面积 (10 ⁴ m ²)
Cambridge	2003	35	3.0
Devon House	1993	30	9.9
Lincoln House	1998	25	4.5
Dorset House	1994	40	8.2
Oxford House	1999	39	6.4
OIE	2008	67	16.8

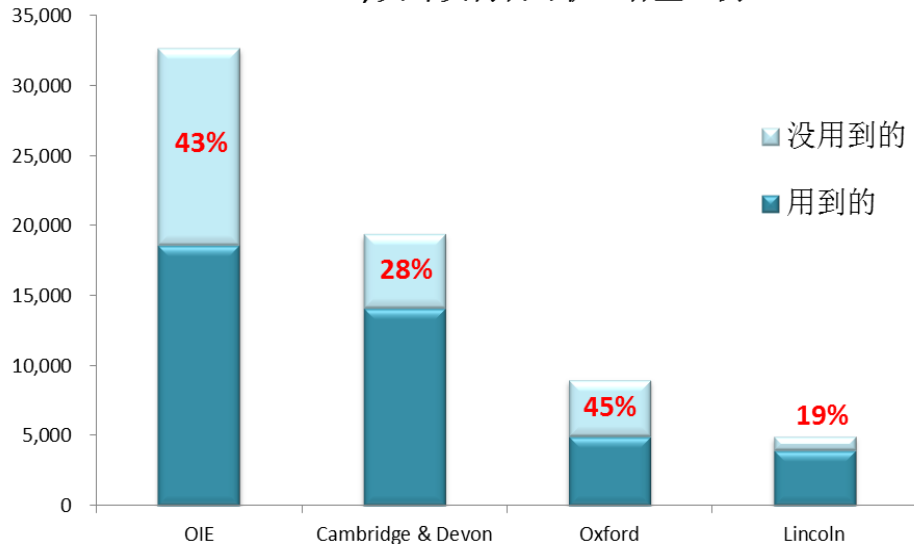
- TP由10幢相连的**高级办公楼**组成
- 为租户提供了**高质量的服务**

冷机总容量及冷机开启台数、供冷量

2009~2011, 冷机开启记录

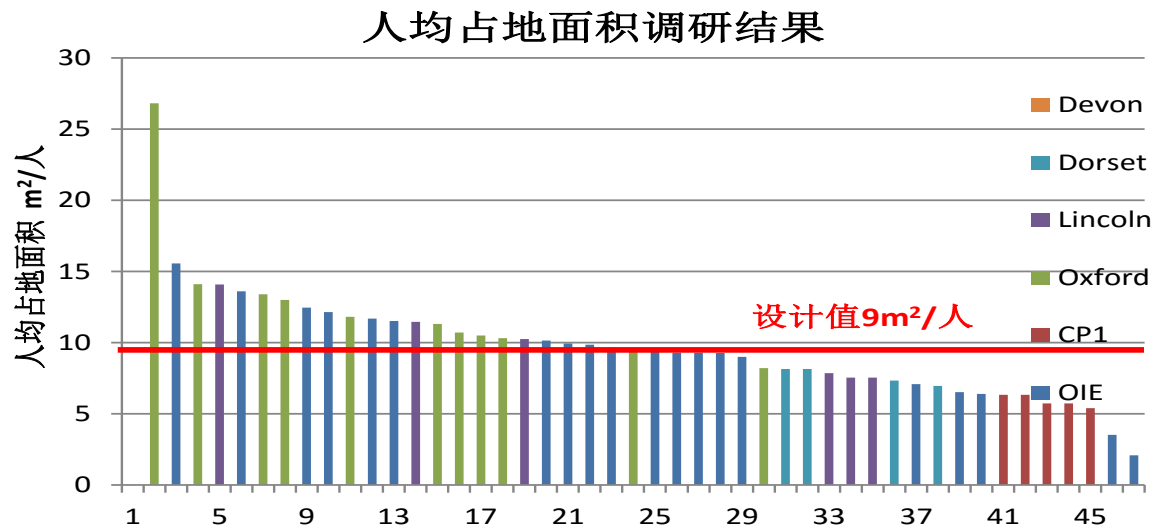


2009~2011, 尖峰负荷占冷机总容量比例



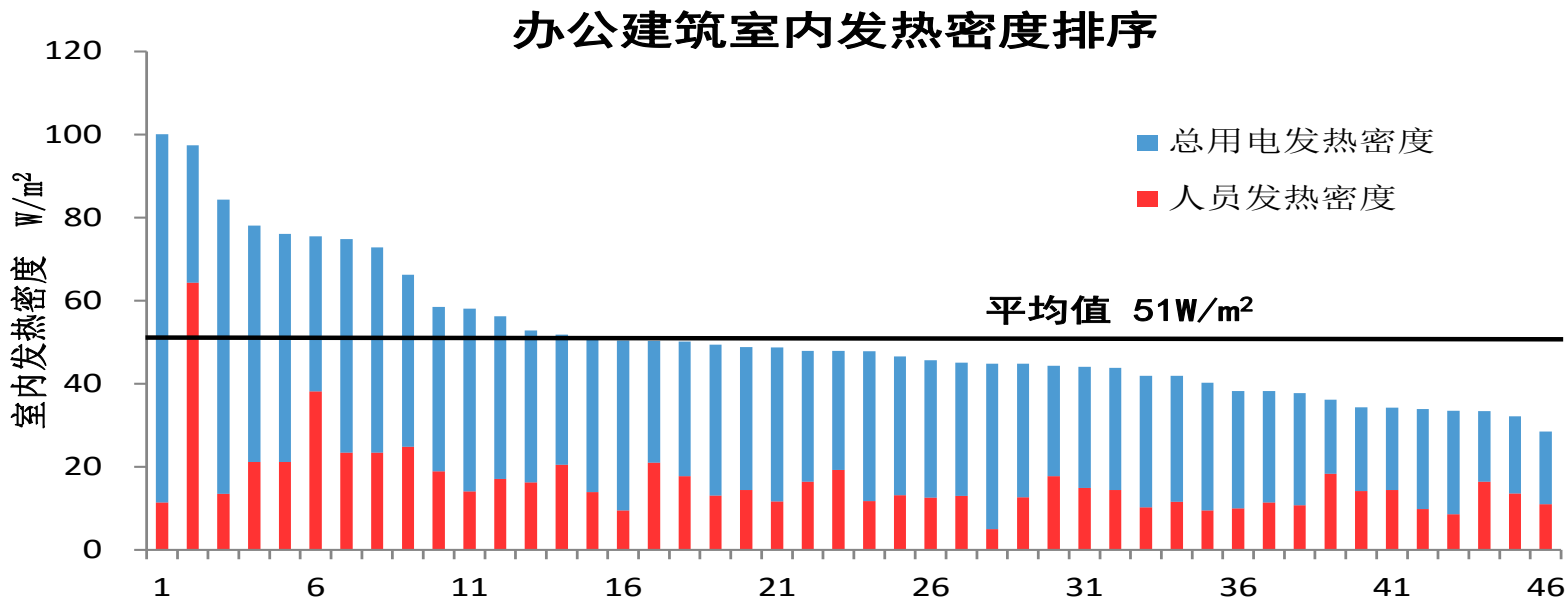
- 冷机设计容量偏大是普遍现象，
- 而且建筑体量越大，容量的冗余也越大

租户调研数据



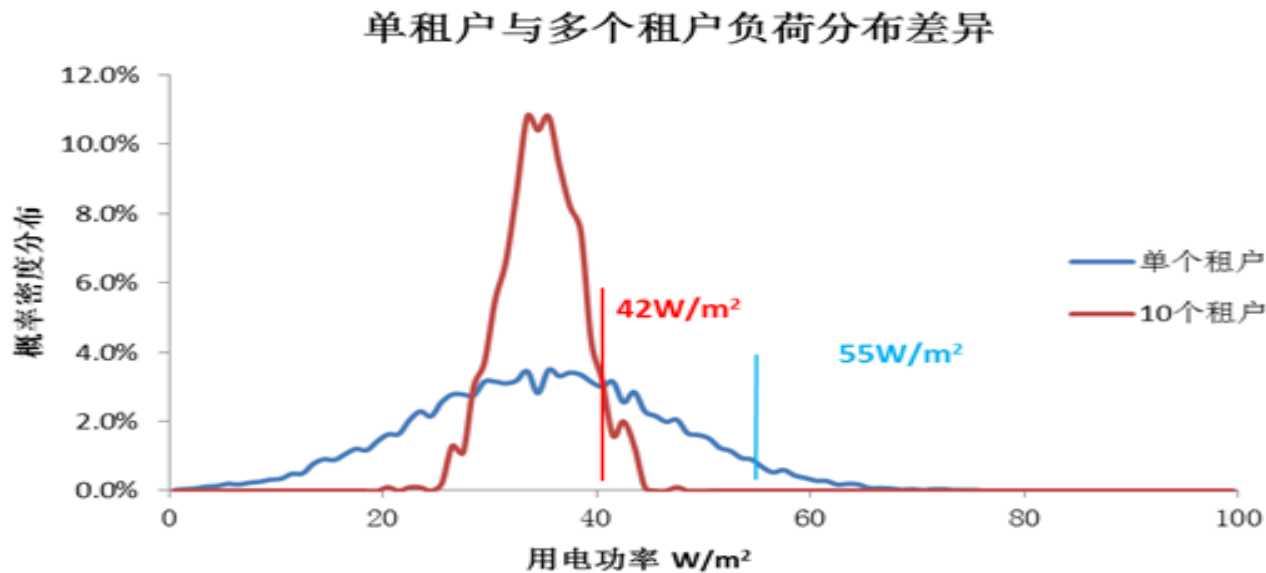
- 实际人员占地面积主要在 $5\sim 15\text{m}^2/\text{人}$ 之间，设计值为 $9\text{m}^2/\text{人}$

租户调研数据



- 实际室内发热量平均值为 $51W/m^2$,

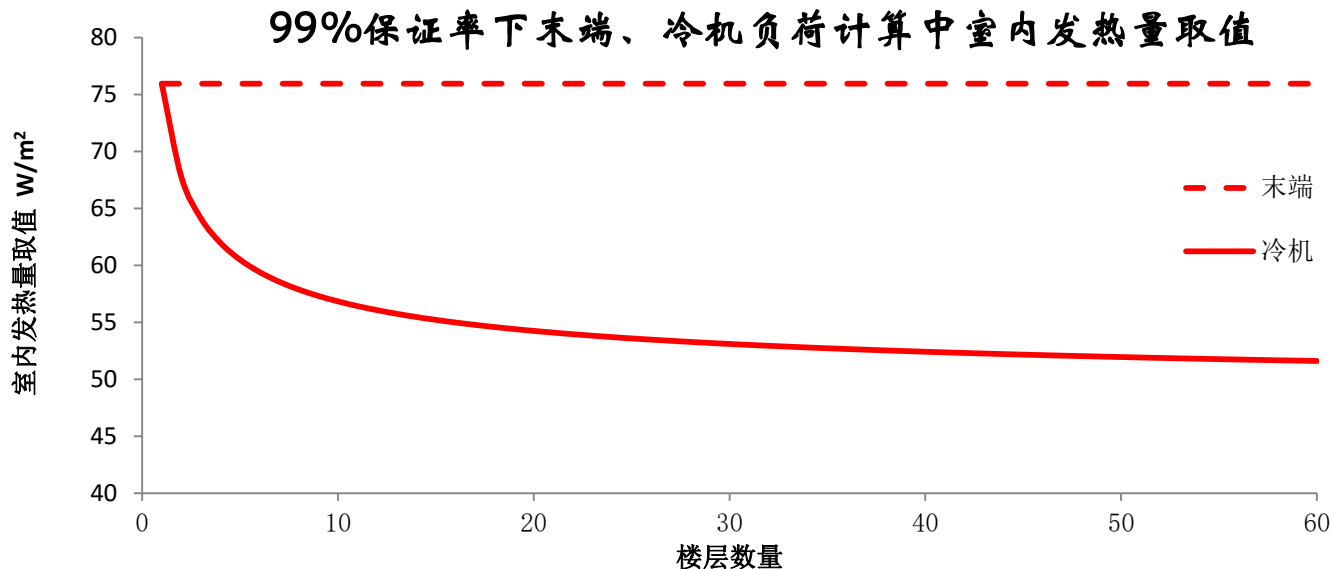
建筑楼层数量与冷机设计参数选择



- 多个房间负荷的叠加存在**聚集效应**

建筑楼层数量与冷机设计参数选择

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2}$$

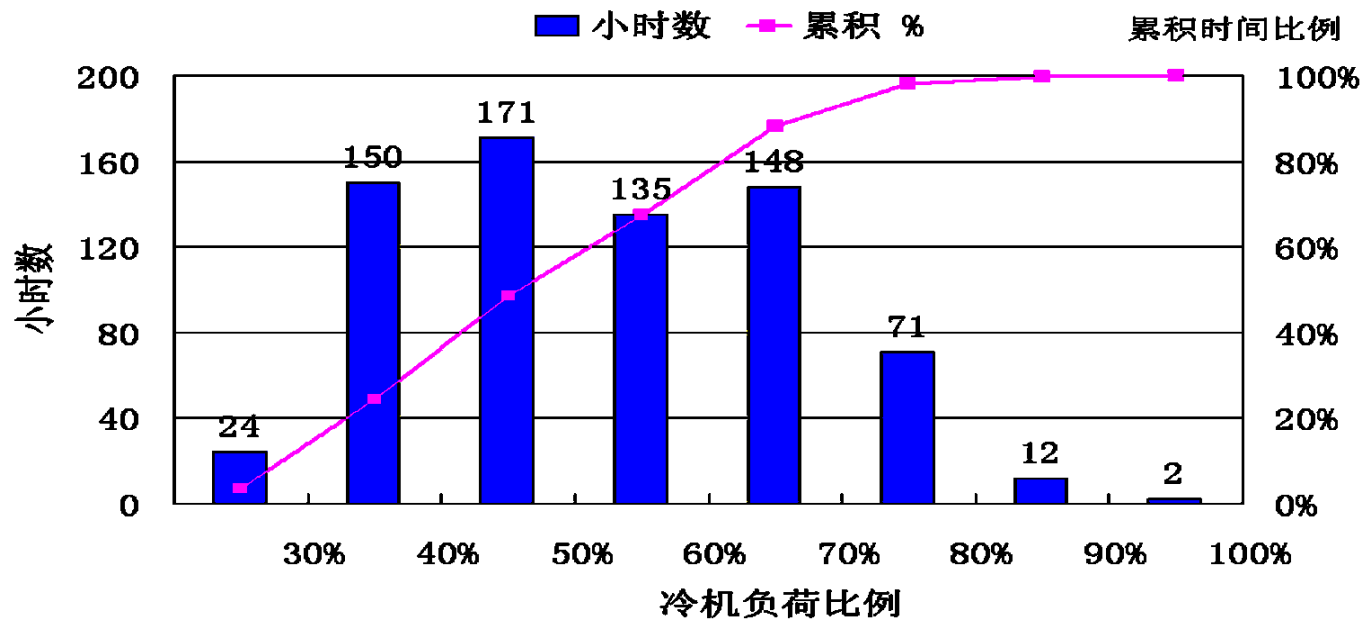


- 建筑体型越大，租户越多，负荷的概率分布越**集中**
- 当保证相同的满意率时，冷机的设计容量可**大大小于**末端容量之和

冷源选型过大对能耗有什么影响

例：某北京39600 m³政府办公楼

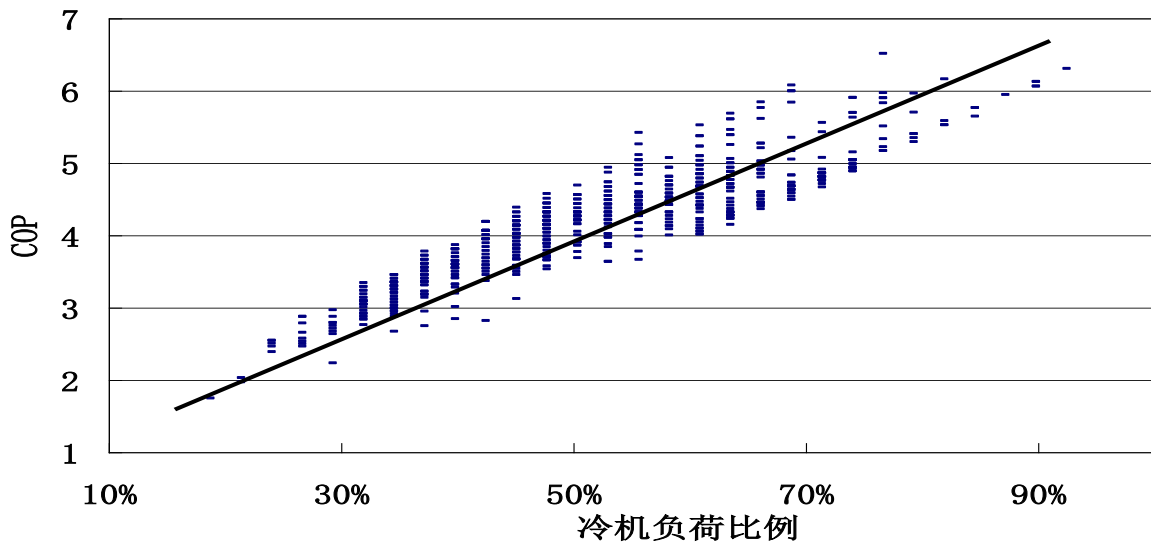
- 装机容量：大型离心式冷水机组3×1758kW (500RT)
- 最大运行台数：一台，运行时间900~1200小时/年
- 负荷率：一台，90%时间负荷率<70%



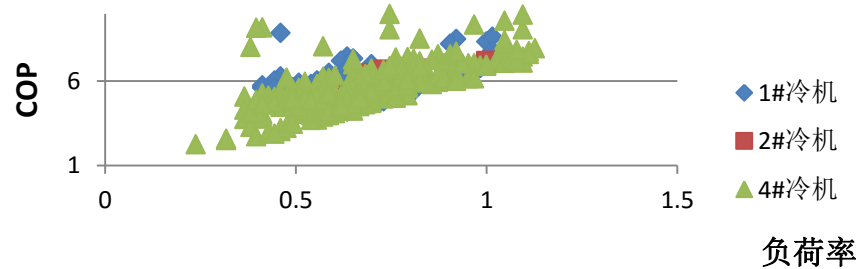
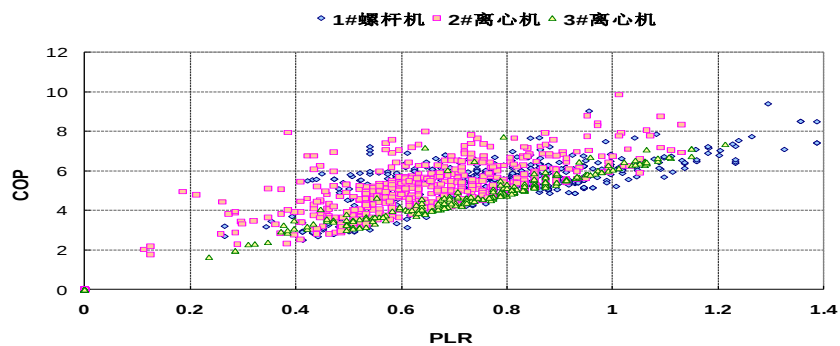
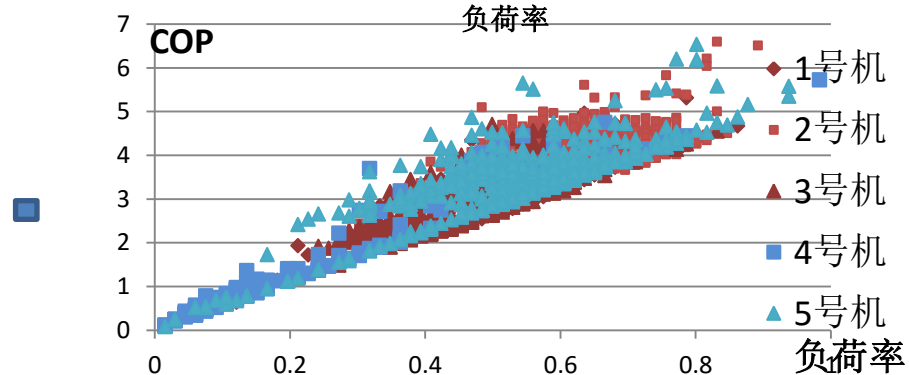
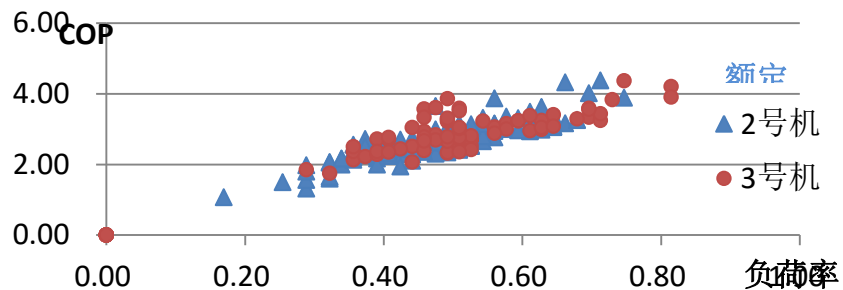
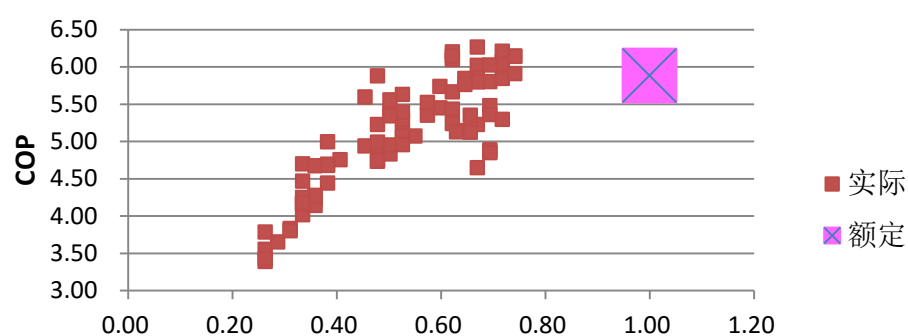
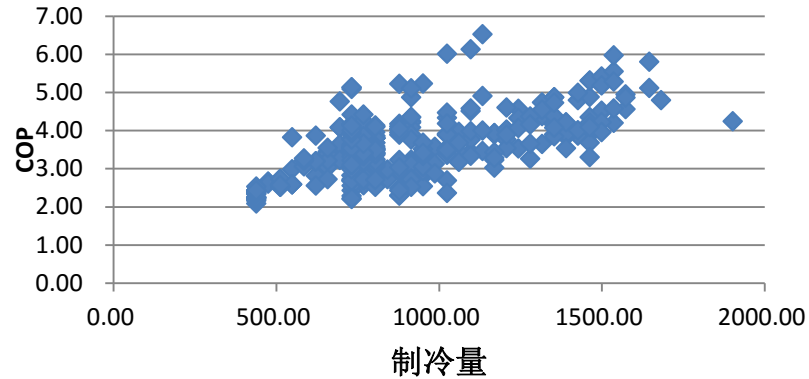
例：离心式冷水机组随负荷率变化

- 2005年夏季，冷水机组运行电耗18.1万kWh
- 若冷机维持COP=5.5，则可节电4.1万kWh，节能率达到22%

离心式冷冻机COP随负荷变化规律



离心式冷机能效比
COP随冷机负荷的减小而迅速下降，导致
制冷效率降低



实际运行中， 部分负荷工况： 99%

在设计的时候可以怎样考虑呢？

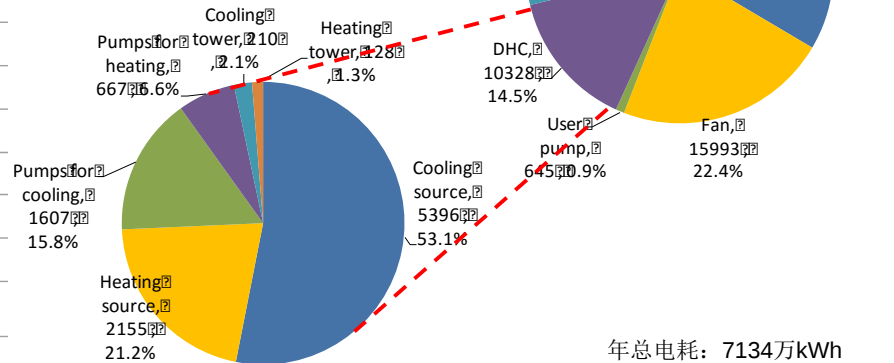
日本东京晴海区域供冷供热系统

• 日本区域供能系统效率TOP5

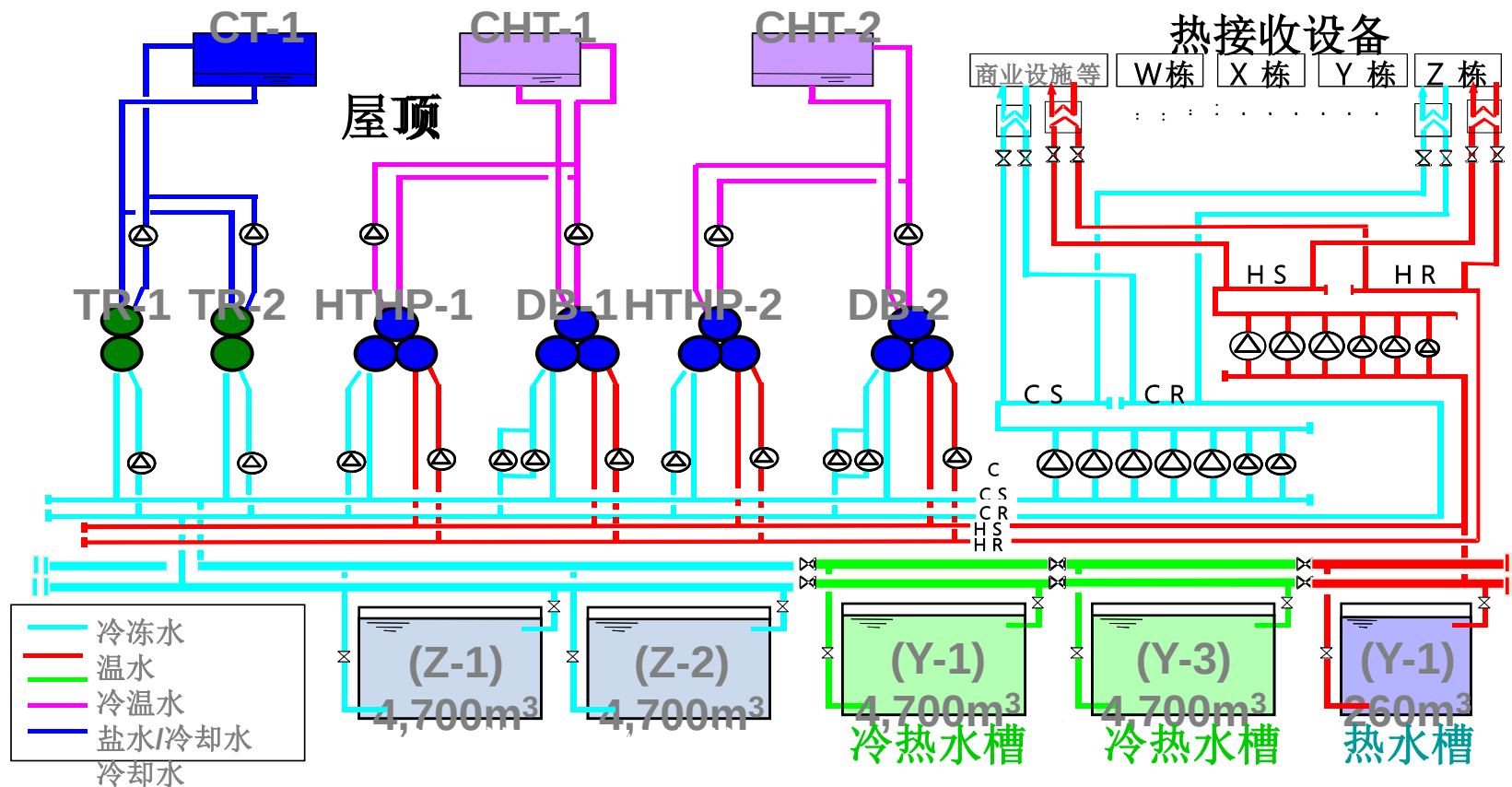
名称	晴海岛屿地区集中热供給设施(DHC)
事业主体	东京都市Service(株)
所在地	晴海Island Triton Square内
	会议厅栋 地下3层(电气室、監視室)・地下4层(机械室)
	Z写字楼 屋顶(室外机)
供给开始日	2001年4月1日
供给地区	6.1 ha (第一街区)
供给面积	437,600 m ²
最大供给量	(冷量)约122 GJ/h (热量)约57 GJ/h
供给条件	(冷冻水)6℃/16℃ (热水)47℃/37℃
基本设计	(株)日建設
实施設計・施工	新日本制铁(株)



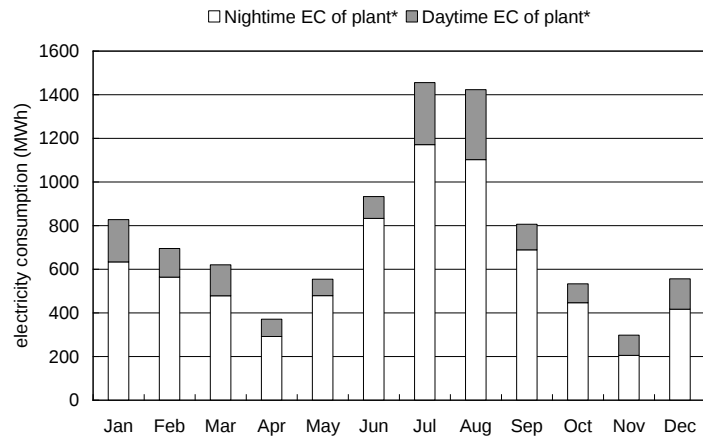
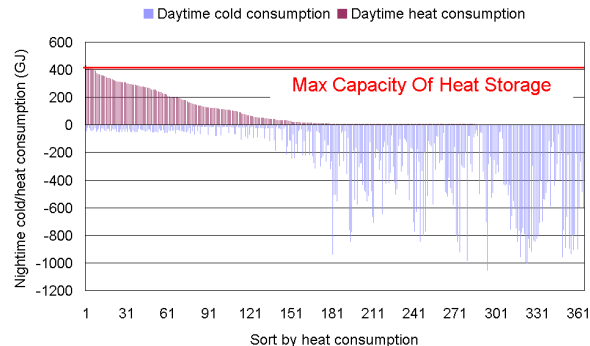
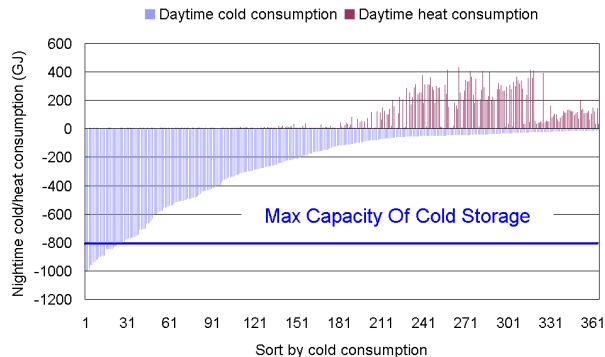
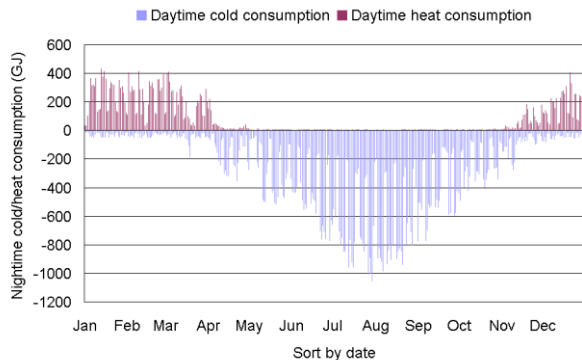
Electricity Consumption in Harum
DHC plant (MWh)



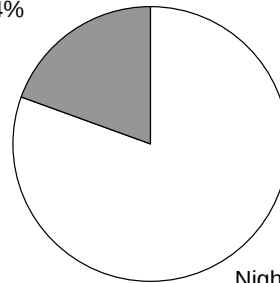




蓄水池：蓄能

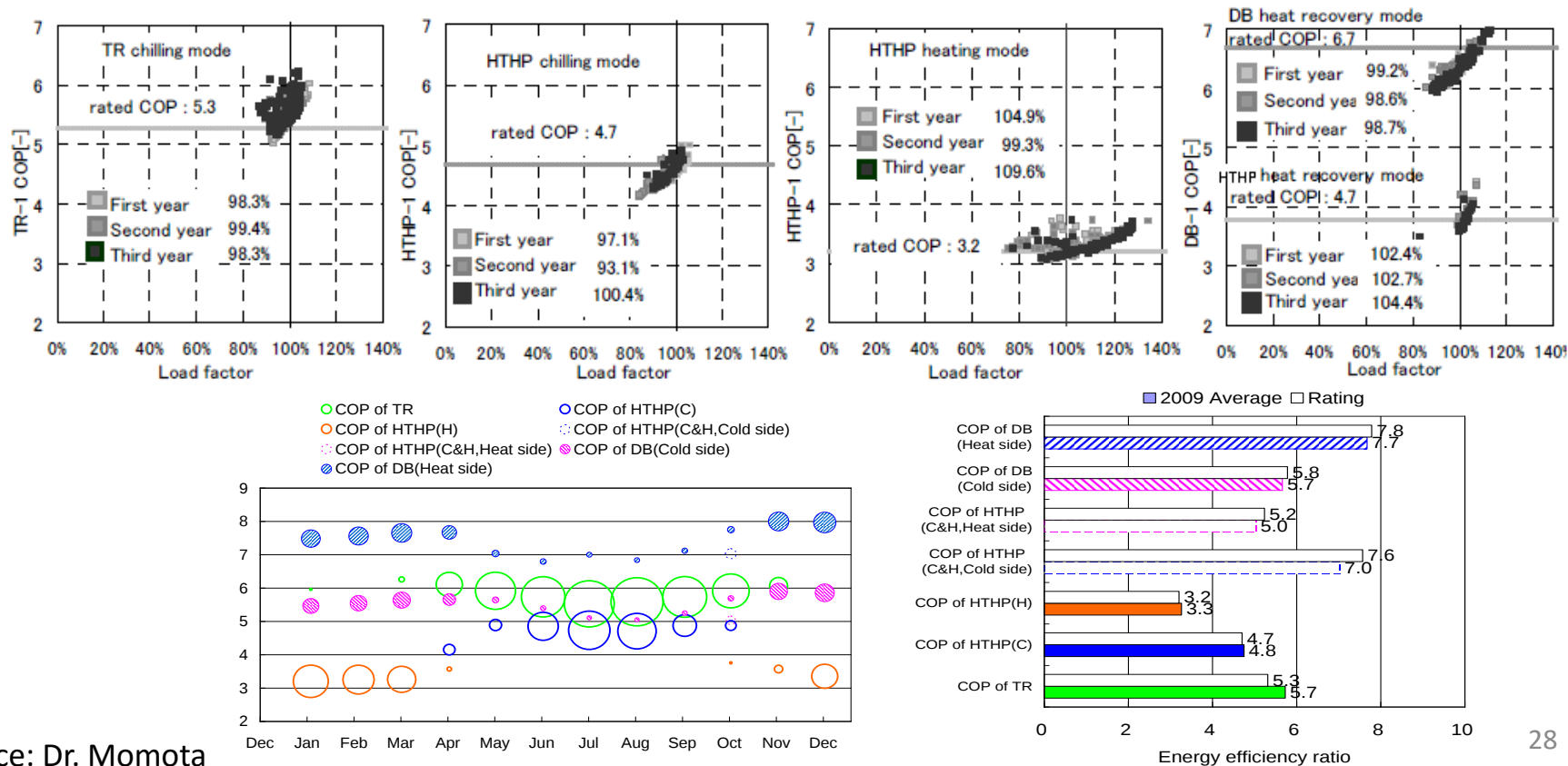


Daytime EC of
plant*, 1762 ,
19.4%

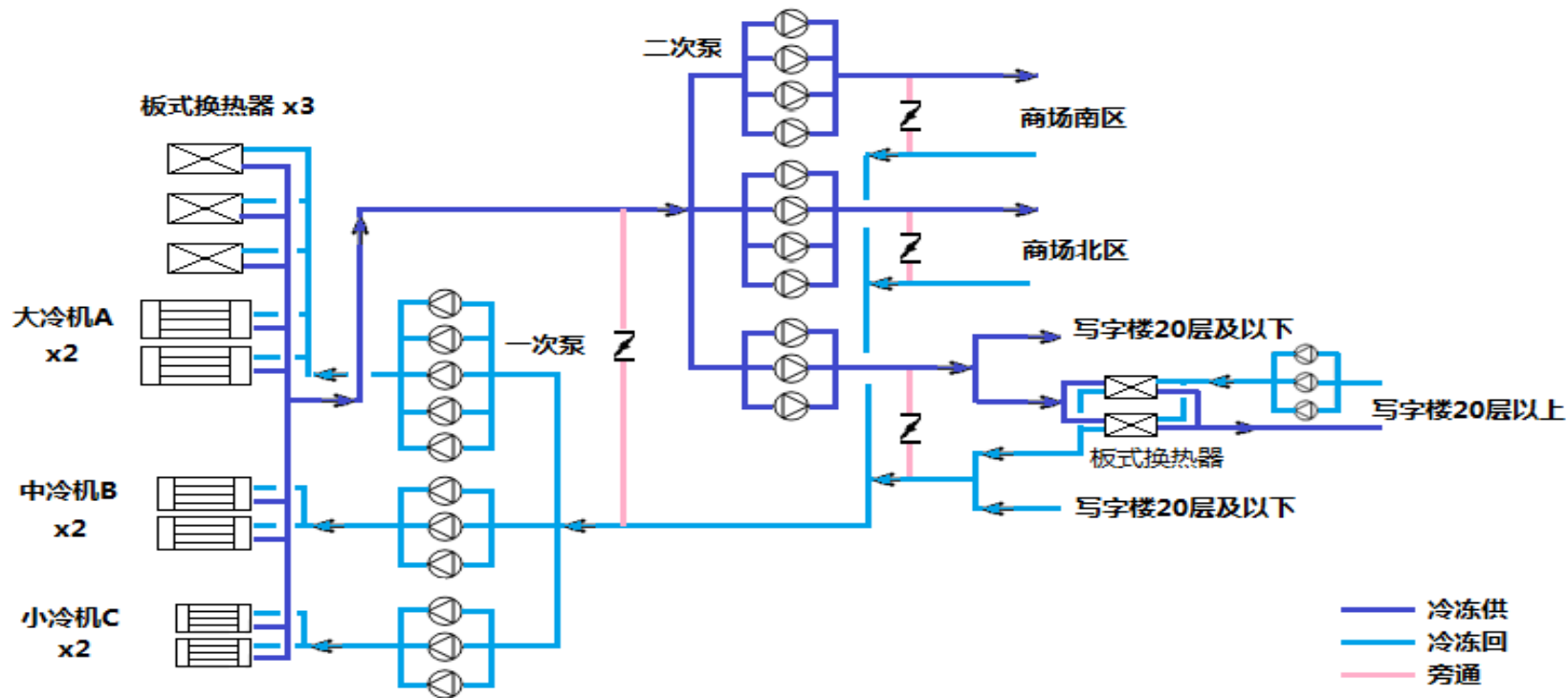


Nighttime EC of
plant*, 7310 ,
80.6%

蓄水池：解耦，冷机 / 热泵高效



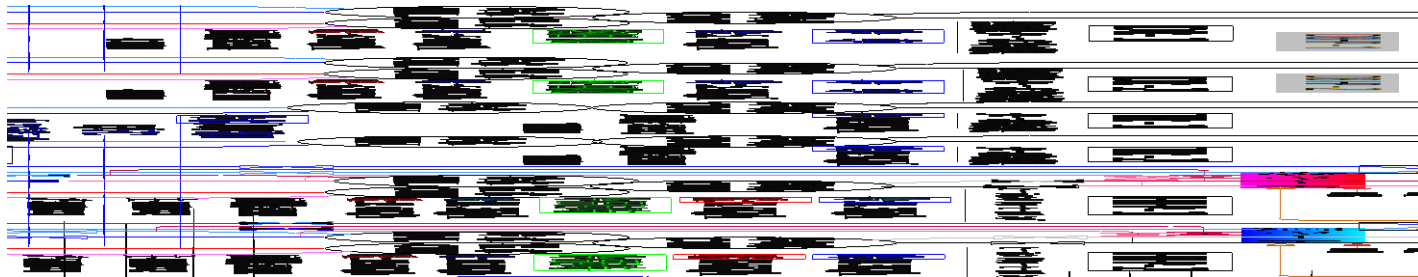
解决冷冻水二次泵旁通混水问题



蓄水池：满足不确定的需求

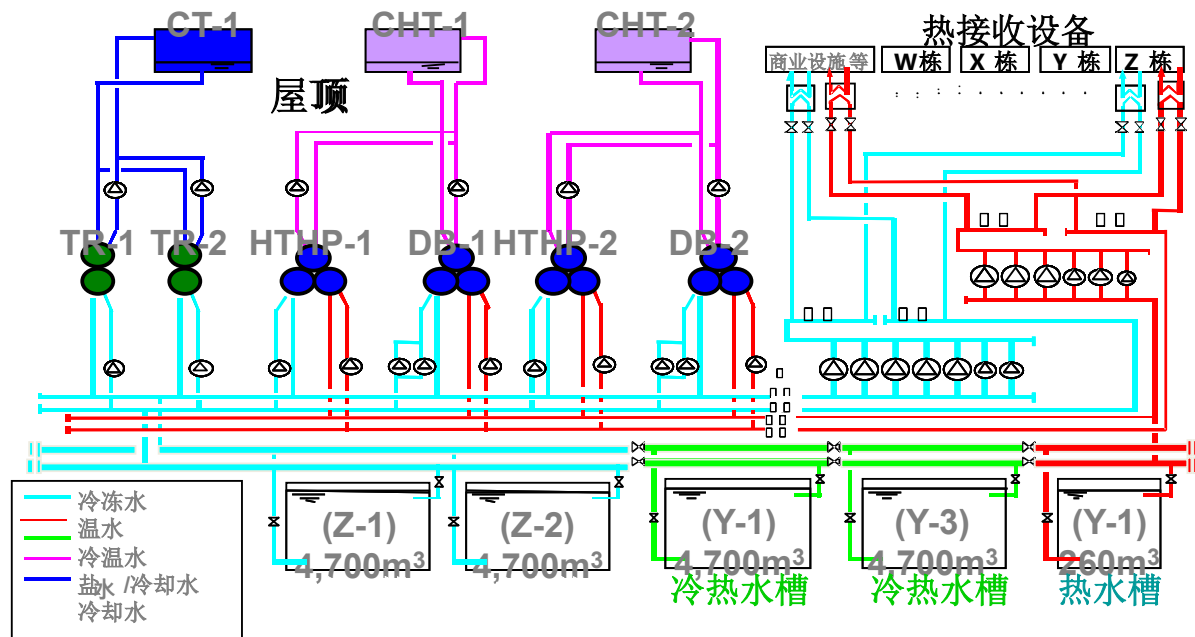
名称	晴海岛屿地区集中热供给设施(DHC)
事业主体	东京都市Service(株)
	晴海Island Triton Square内
所在地	会议厅栋 地下3层(电气室、监视室)・地下4层(机械室)
	Z写字楼 屋顶(室外机)
供给开始日	2001年4月1日
供给地区	6.1 ha (第一街区)
供给面积	437,600 m ²
最大供给量	(冷量)约122 GJ/h (热量)约57 GJ/h
供给条件	(冷冻水)6℃/16℃ (热水)47℃/37℃
基本设计	(株)日建设计
实施设计・施工	新日本制铁(株)

		面积	GJ/h	kW	RT	W/m2
供冷	最大能力	437600	122	33888.9	9638.5	77.4
	设备容量		77.36	21488.9	6111.7	49.1
供热	最大能力		57	15833.3	4503.2	36.2
	设备容量		38.94	10816.7	3076.4	24.7



区域能源系统中的多用途水箱

- 蓄能，解耦，冗余，消防，应急净水



最聪明，也是最值得回味的系统

回到区域能源规划回答的问题

- 形式：集中，还是分散？
- 容量：大点，还是小点？
- 种类：分别，还是联产？
- 品位：就高，还是就低？
- 流向：单向，还是多维？

数据找答案
从实际运行

