



许鹏 教授 博士 博导

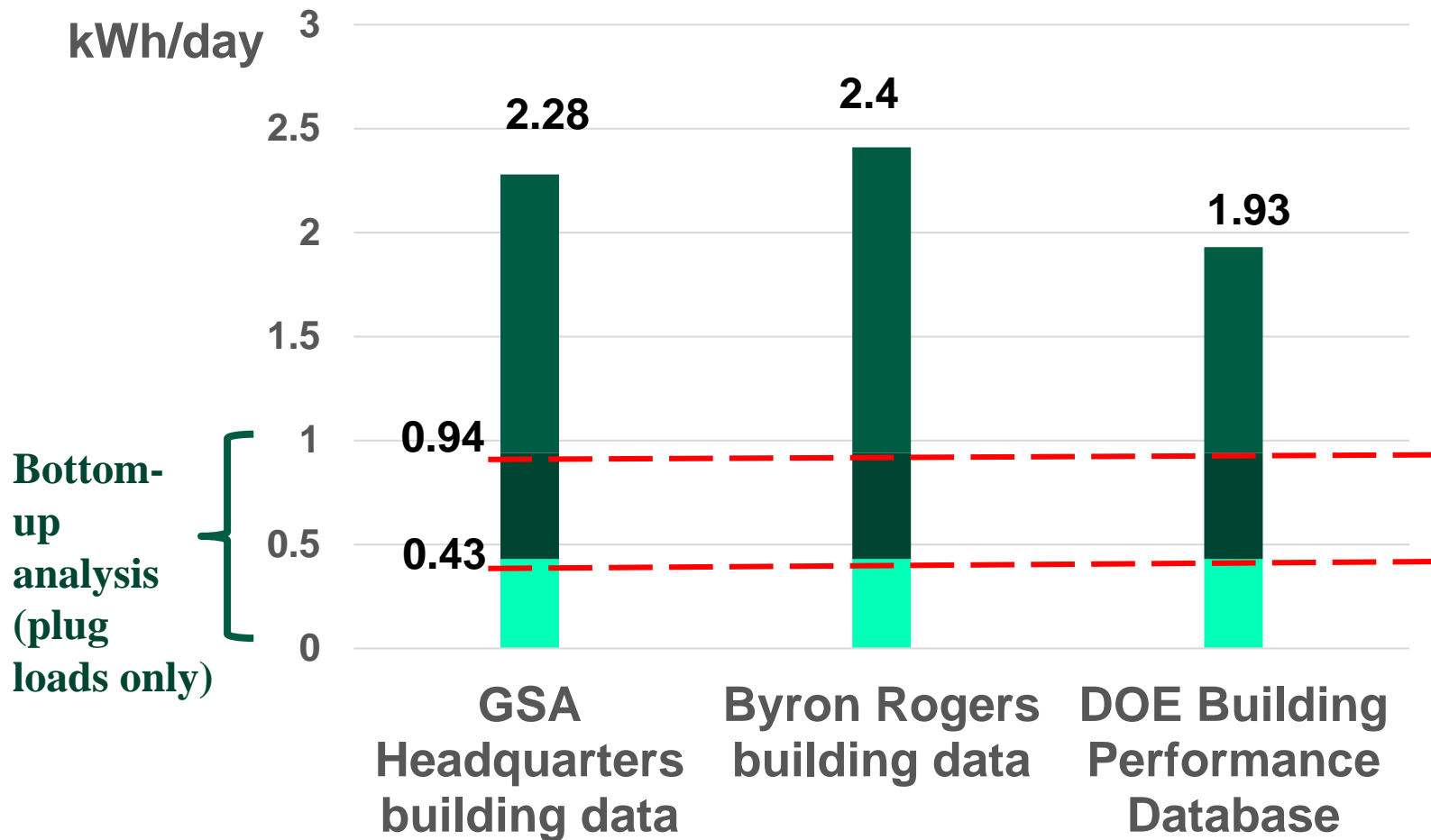
机械与能源工程学院

Peng Xu Professor, PhD, PE, MBA

College of Mechanical Engineering

# 基于移动数据的建筑典型人 流年的生成与应用

## 建筑人流密度对能耗的影响



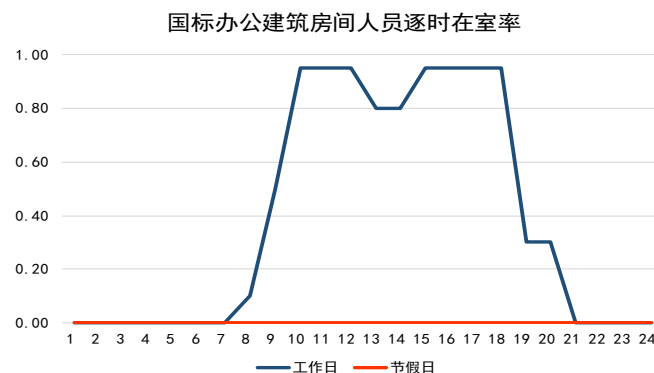
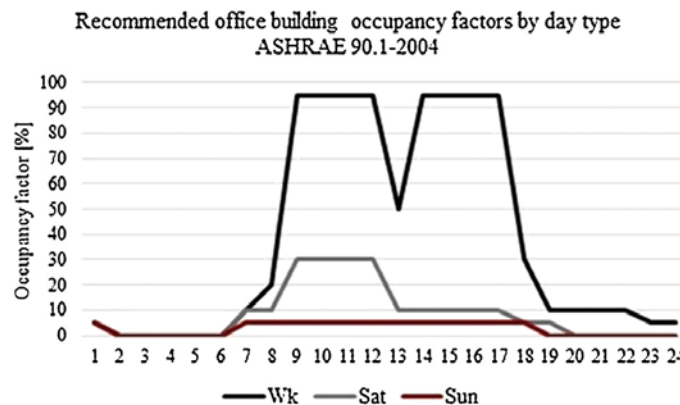
A Selvacanabady.K Judd.The Influence of Occupancy on Building Energy Use Intensity and the Utility of an Occupancy-Adjusted Performance Metric. Pacific Northwest National Laboratory. 2017.1.



# 背景介绍

## 现有人流数据获取方式

- 经验或者标准规范  
简单方便但缺乏准确性
- 实际监测  
利用调查问卷  
需大量人工统计工作  
安装直接或间接传感器  
准确，但需大量布置测点  
移动终端  
准确，方便



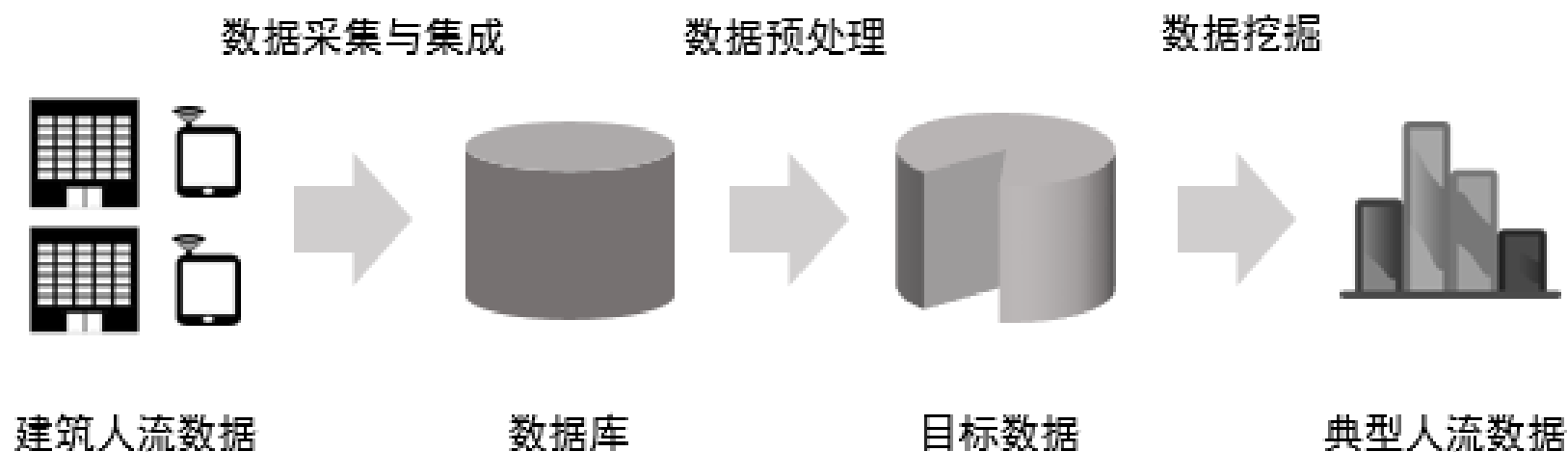
设计阶段的建筑是无法进行实际监测，如何确定人员数据？



# 典型人流数据生成方式

对于绝大部分类型建筑而言，室内人流数据具有一定的规律性，实际模拟、计算过程中并不需要十分准确的实时数据。

## • 典型人流数据

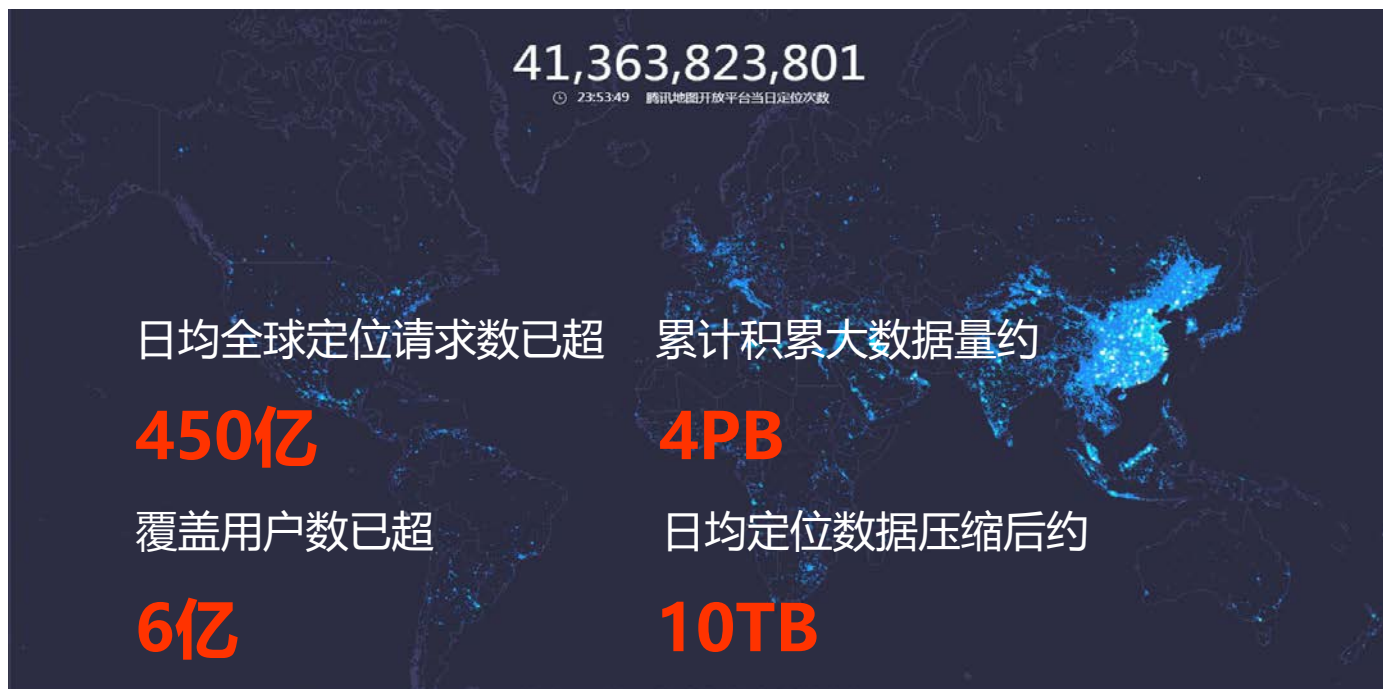




# 典型人流数据生成方式

## 数据来源

- **数据获得：** APP中嵌入定制的android和IOS定位SDK，将用户**主动触发**的定位请求计算和存储，形成位置大数据
- **数据类型：** 第三方评估的活跃APP使用中占据60%以上，日均获取全球定位次数已超**500亿**，覆盖人数超过**6亿**，覆盖用户**衣食住行**等丰富的定位场景
- **数据质量：** 融合算法成熟，通过对公安、旅游、交通、城市规划等领域线下统计数据的融合和实践，样本量约等于全样本的70%。

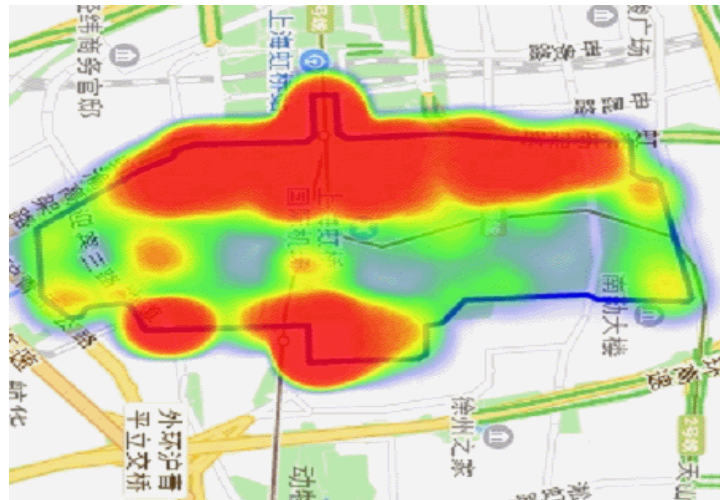


# 典型人流数据生成方式

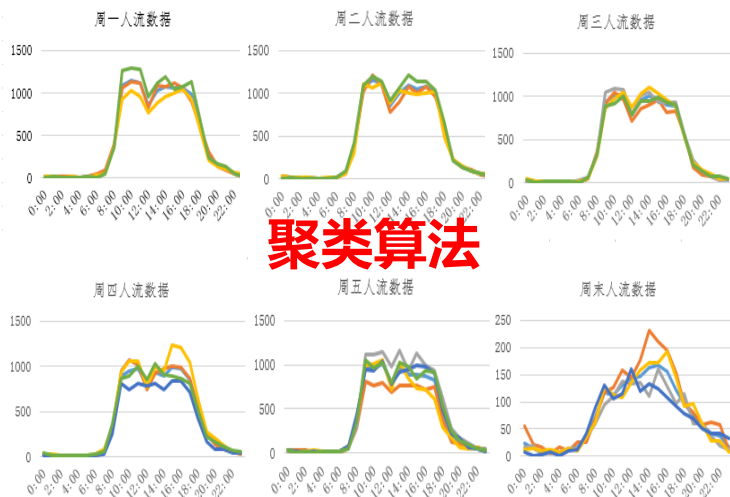
## 现有人流数据获取方式

```
[{"tm": "2016-08-01 00:00:00", "population": "8740-9468"}, {"tm": "2016-08-01 01:00:00", "population": "6636-7189"}, {"tm": "2016-08-01 02:00:00", "population": "2776-3007"}, {"tm": "2016-08-01 03:00:00", "population": "1846-2000"}, {"tm": "2016-08-01 04:00:00", "population": "1655-1793"}, {"tm": "2016-08-01 05:00:00", "population": "2075-2248"}, {"tm": "2016-08-01 06:00:00", "population": "4943-5355"}, {"tm": "2016-08-01 07:00:00", "population": "10415-11283"}, {"tm": "2016-08-01 08:00:00", "population": "13819-14971"}, {"tm": "2016-08-01 09:00:00", "population": "17948-19443"}, {"tm": "2016-08-01 10:00:00", "population": "23040-24960"}, {"tm": "2016-08-01 11:00:00", "population": "25559-27689"}, {"tm": "2016-08-01 12:00:00", "population": "26520-28729"}, {"tm": "2016-08-01 13:00:00", "population": "27073-29329"}, {"tm": "2016-08-01 14:00:00", "population": "29106-31531"}]
```

原始数据

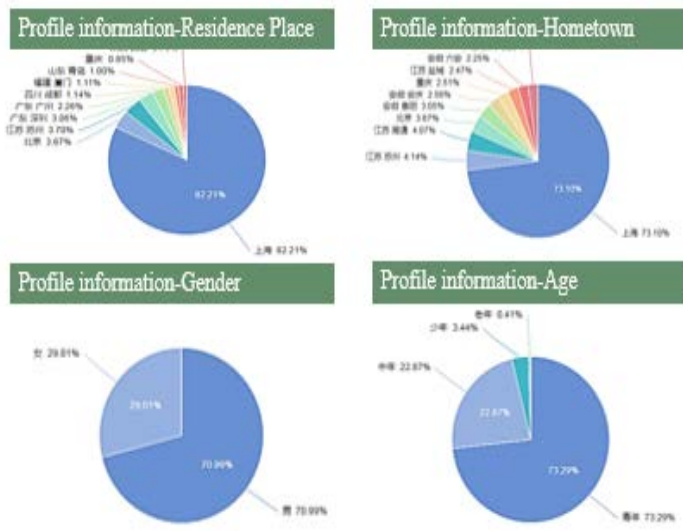


24h 人流数据空间分布



聚类算法

特征提取



人员画像信息

# 典型人流数据生成方式

## 数据采集

6 个城市  
4 个气候区  
7 类建筑  
0.5年-1年 采集时间

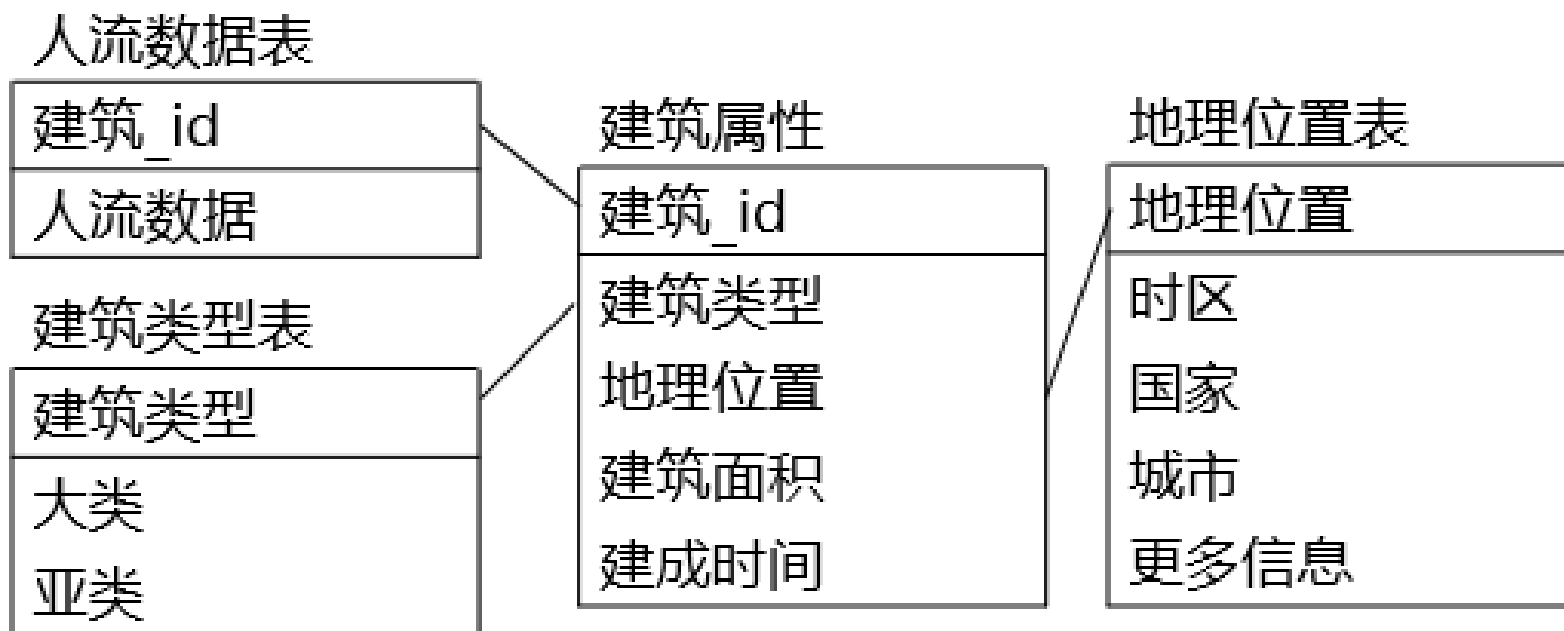


大类	亚类
办公	行政机关
	企业单位
商场	综合体
	大型超市
	小型零售
	高档酒店
宾馆	中档酒店
	快捷酒店
	普通餐厅
餐饮	快餐店
	小学
教育	中学
	大学
医院	住院
	门诊
	社区医院
	机场
公共交通	火车站
	客运站



# 典型人流数据生成方式

## 数据库构建

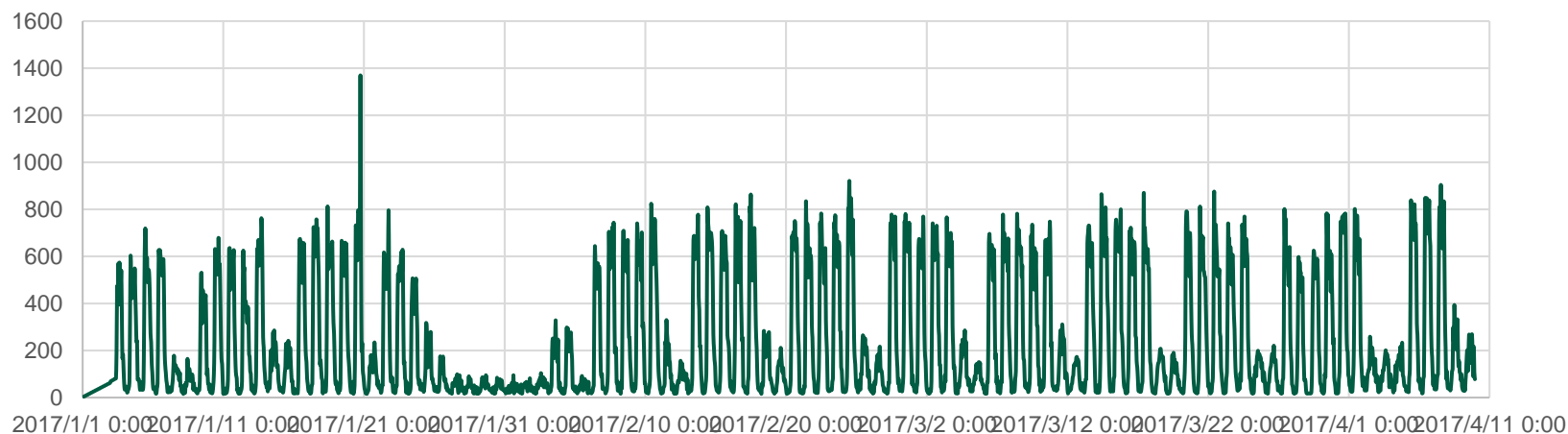




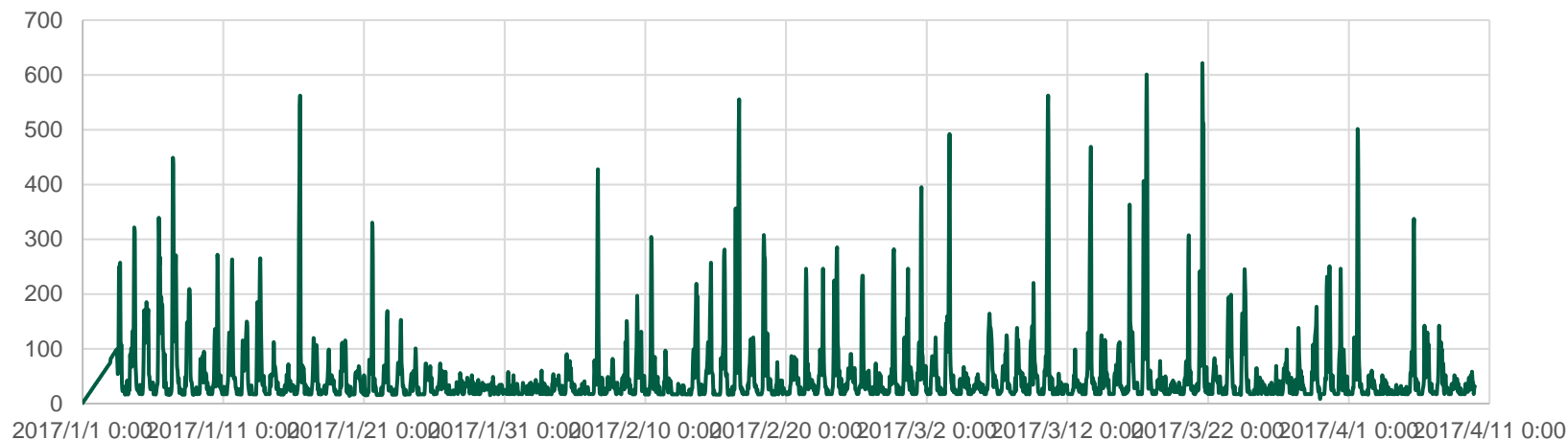


# 都是办公楼，政府和企业很不相同

某企业写字楼办公建筑1-4月室内实时人流数据



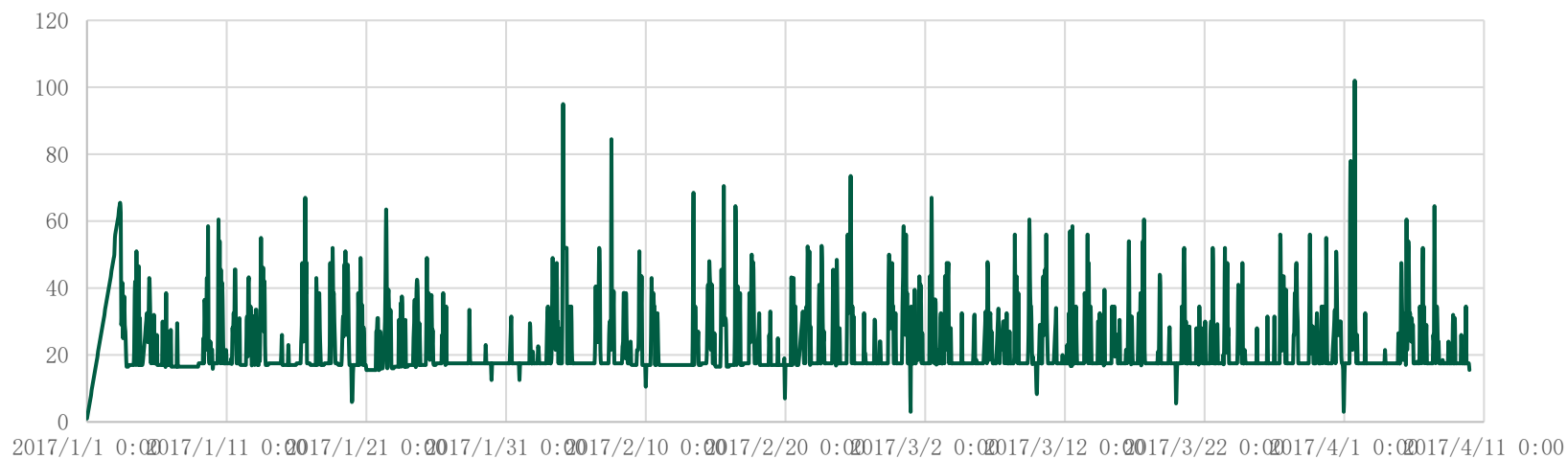
某区政府1-4月室内实时人流数据



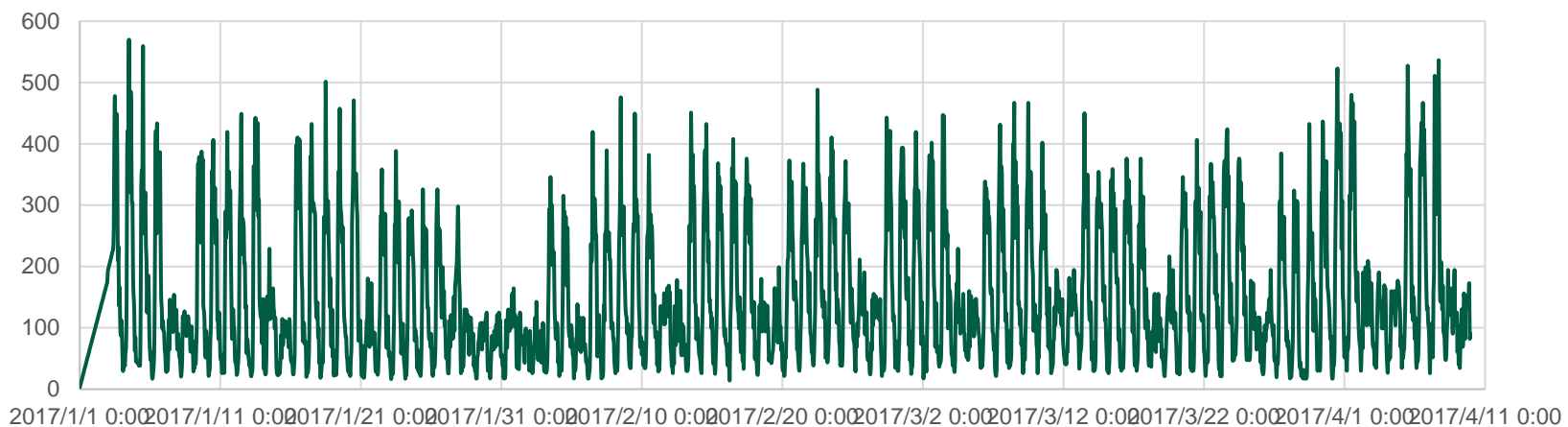


# 都是政府办公楼，人流很不相同

某人社局1-4月室内实时人流数据

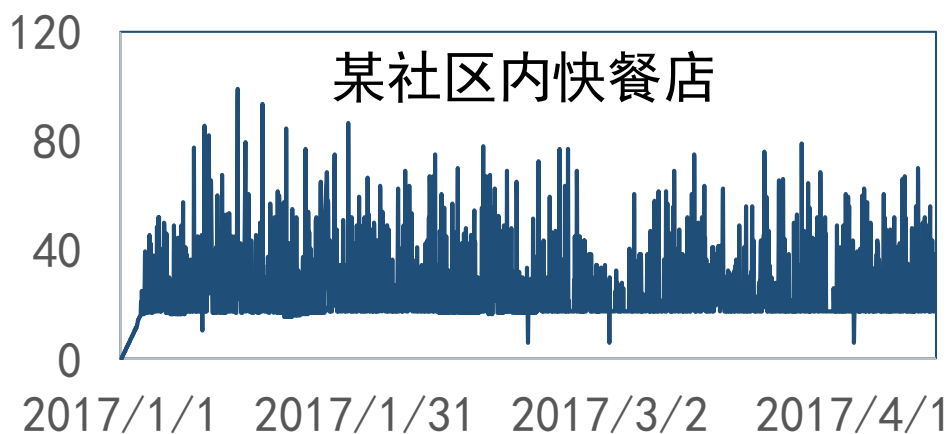
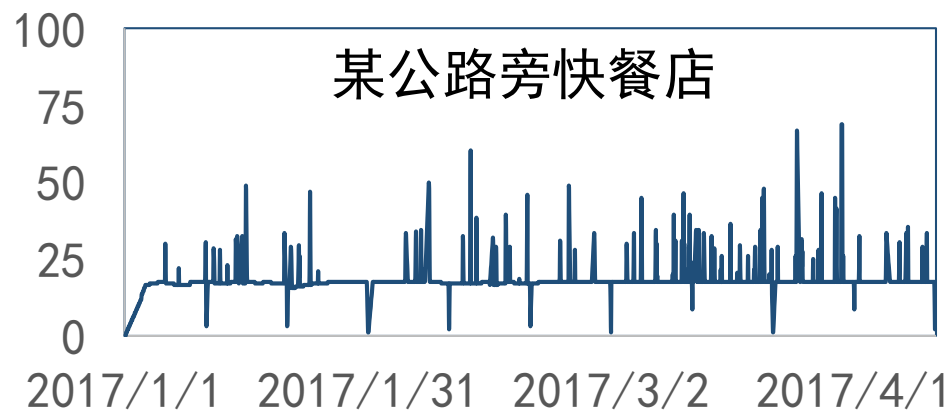


某政府办公建筑1-4月室内实时人流数据



# 典型人流数据生成方式

## 数据库构建



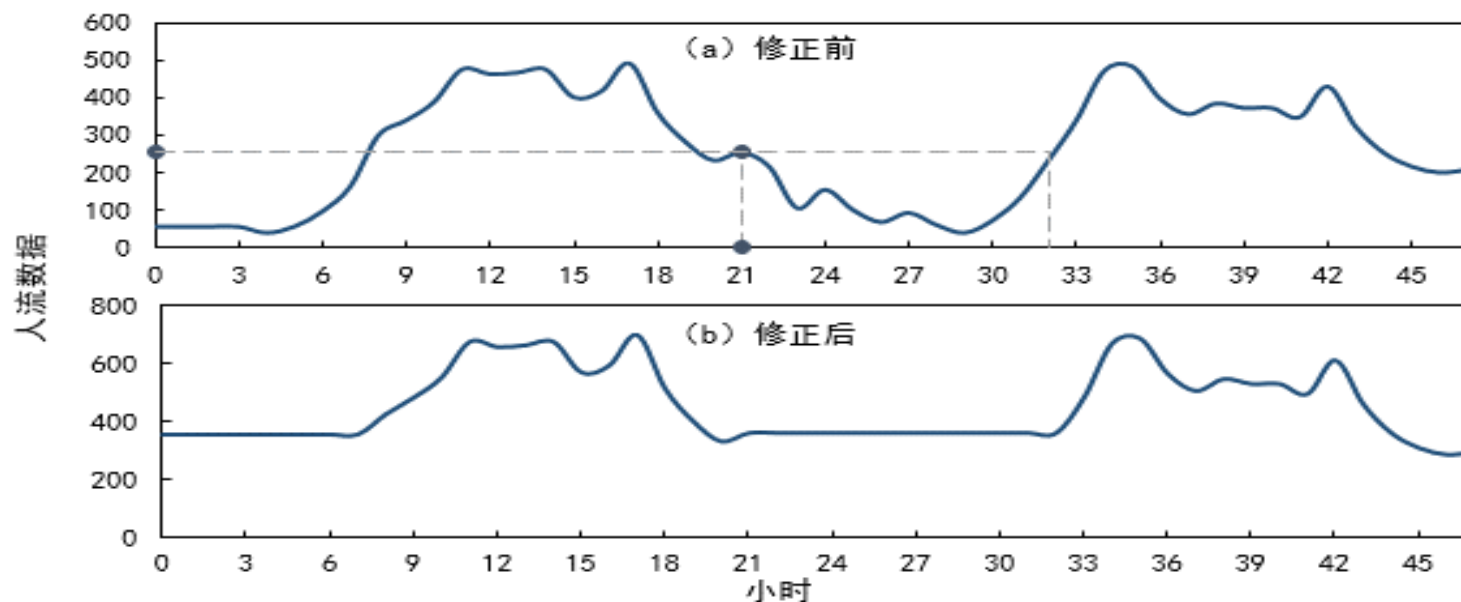
# 典型人流数据生成方式

- 数据预处理

- 针对APP在市场应用情况对于人流数据总体的修正

通过合作平台对公安、旅游、交通、城市规划等领域线下统计数据融合和实践，该平台定位样本量约等于全样本的70%，因此需要对采集到人流数据除0.7进行修正。

- 针对夜间用户不再使用APP定位功能对于人流数据总体的修正

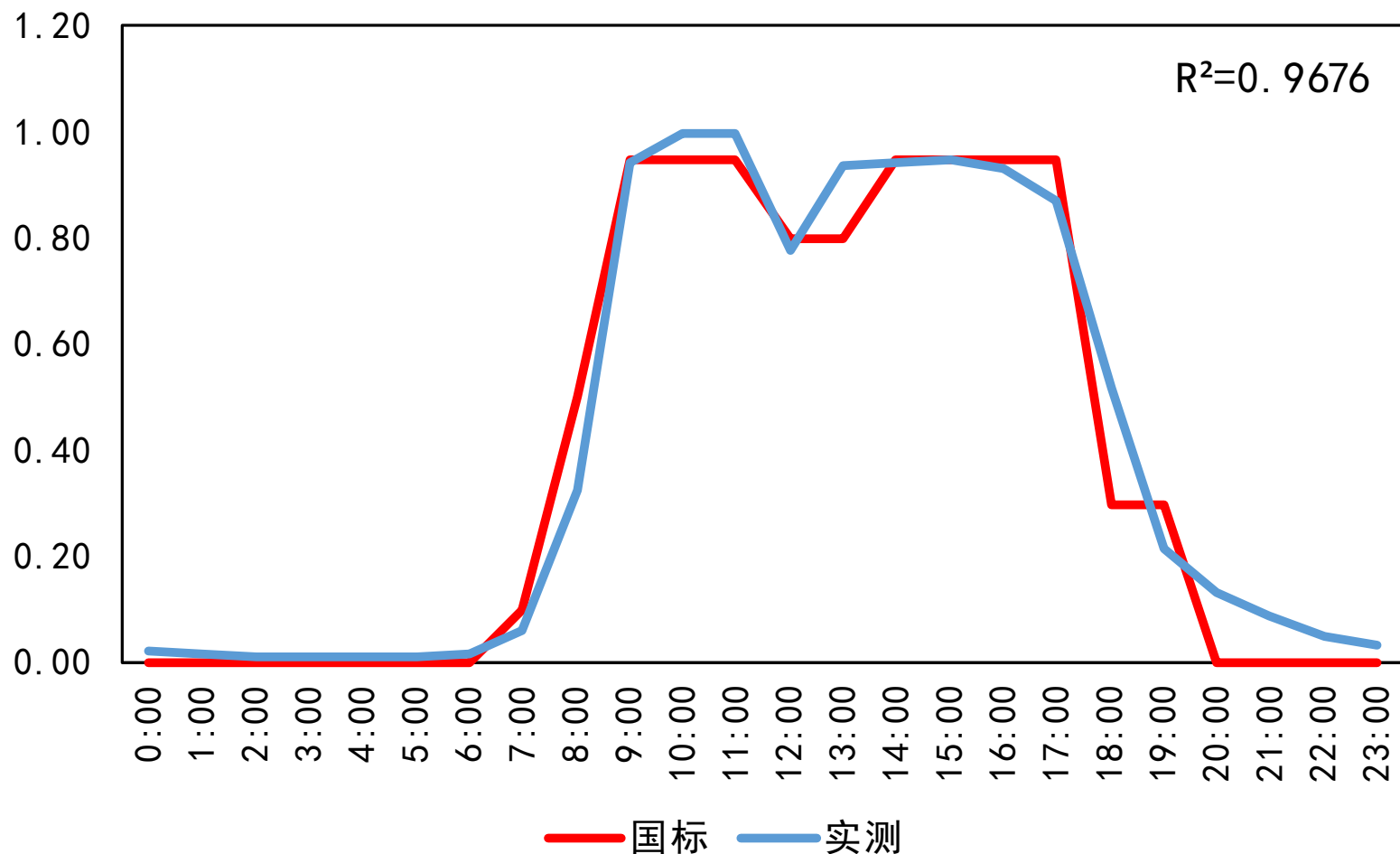




# 典型人流数据生成方式

## 实测人流数据均值与国标中人员时间表的比较

办公建筑工作日实测人流数据均值与国标数据对比





# 典型人流数据生成方式

## 聚类分析

预处理后的数据

各类建筑数据进行k-means分类 ( $k=[2,20]$ )

根据Calinski-Harabasz准则结果确定最佳聚类数 $k_{op}$ ，并取其聚类中心

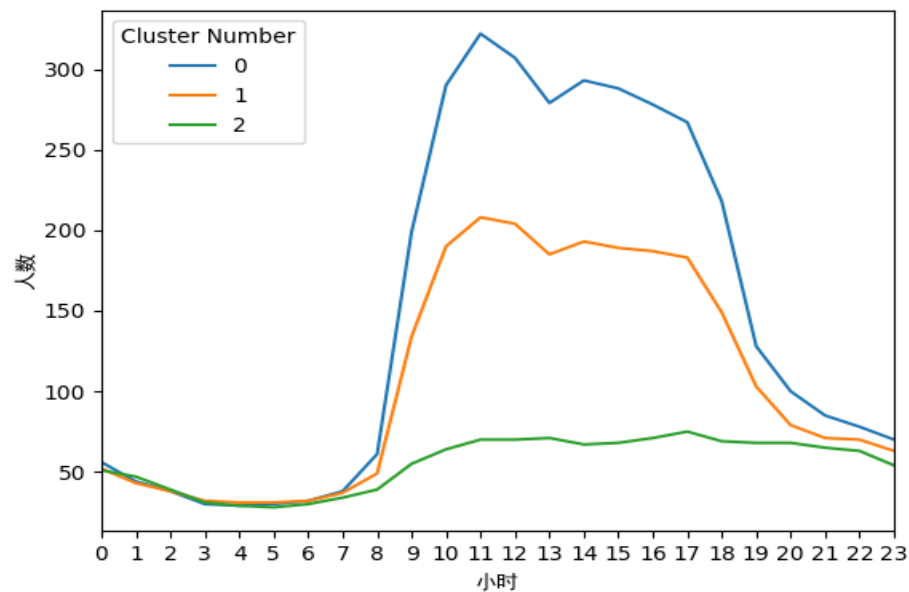
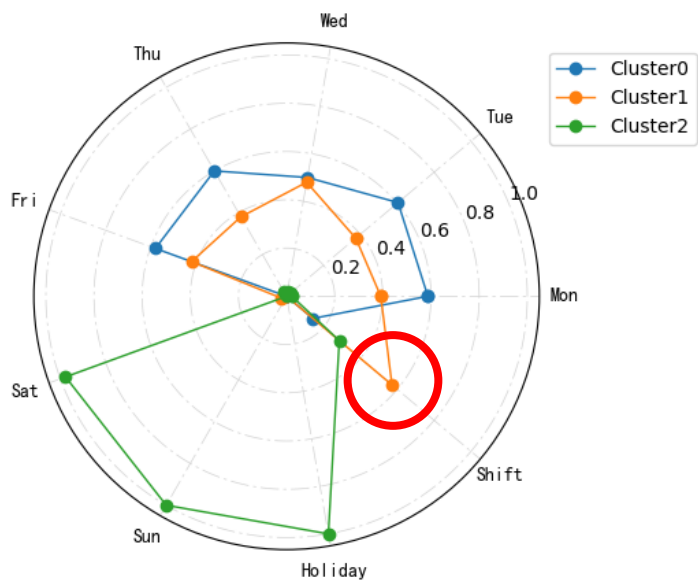
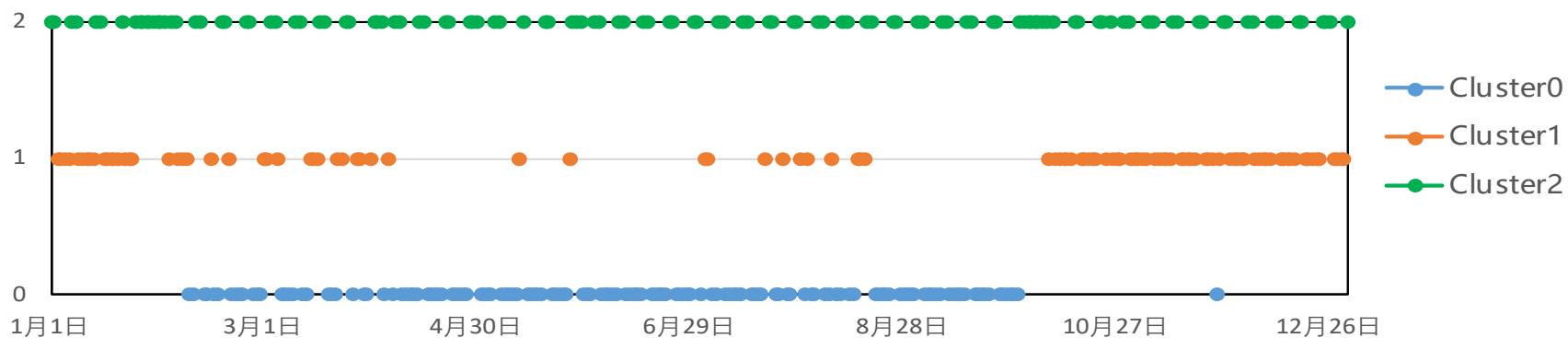
聚类中心组成一年典型人流数据



# 人流数据结果分析

## 办公建筑

某办公建筑聚类结果全年分布

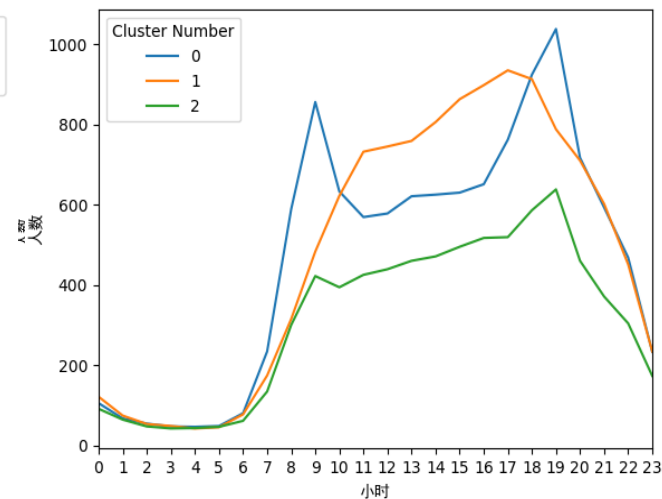
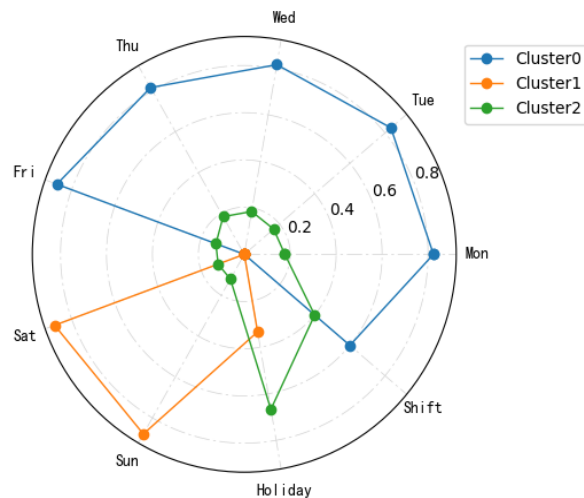




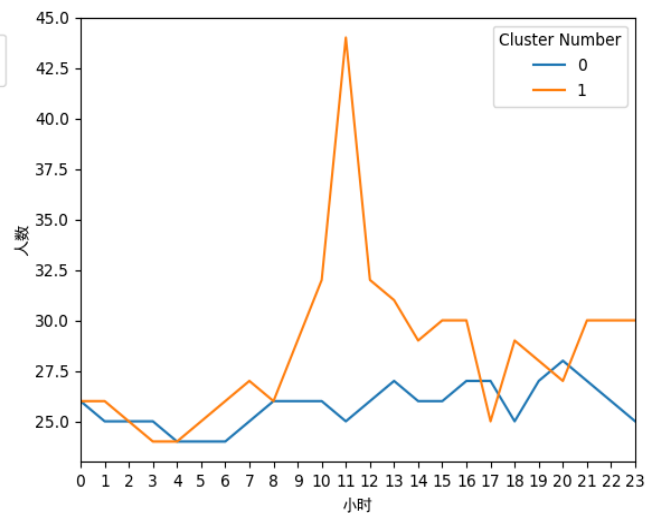
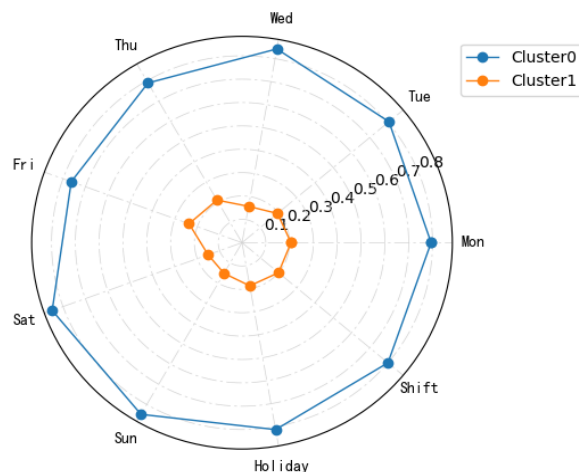
# 人流数据结果分析

## 商场建筑

- 大型超市



- 小型零售



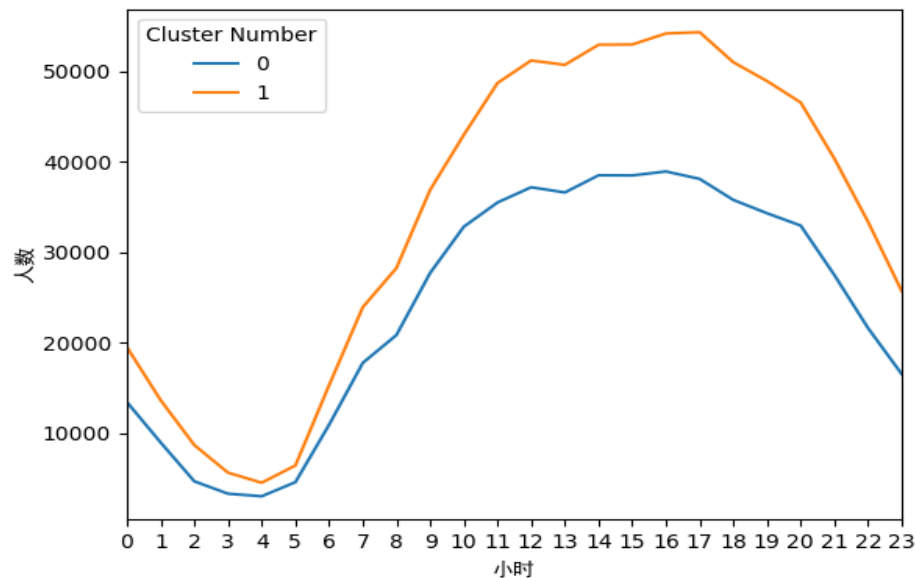
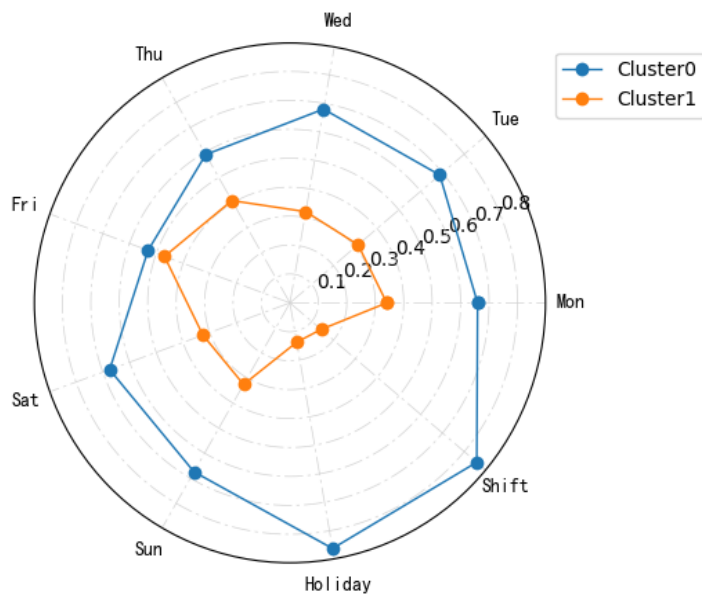
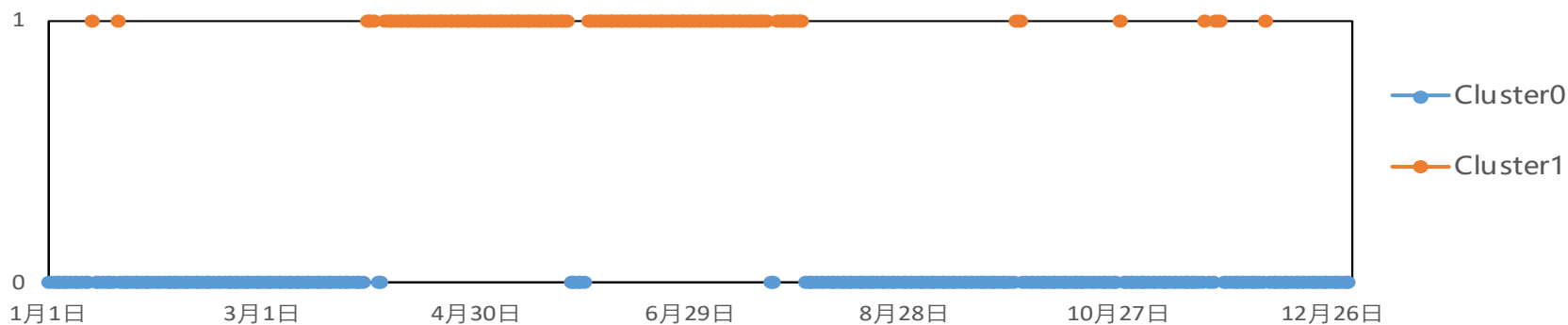




# 人流数据结果分析

## 交通枢纽

某机场建筑聚类结果全年分布

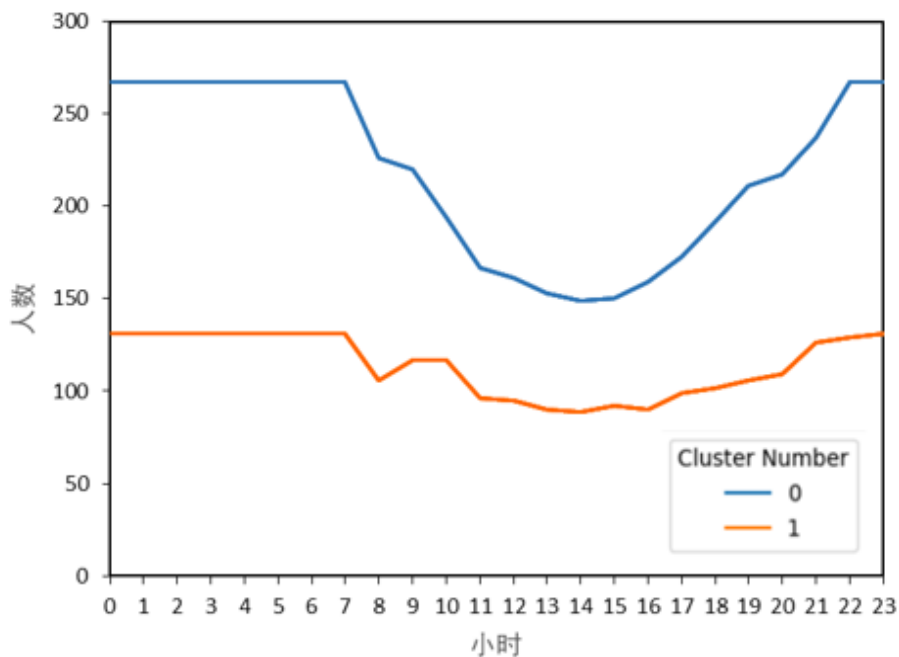
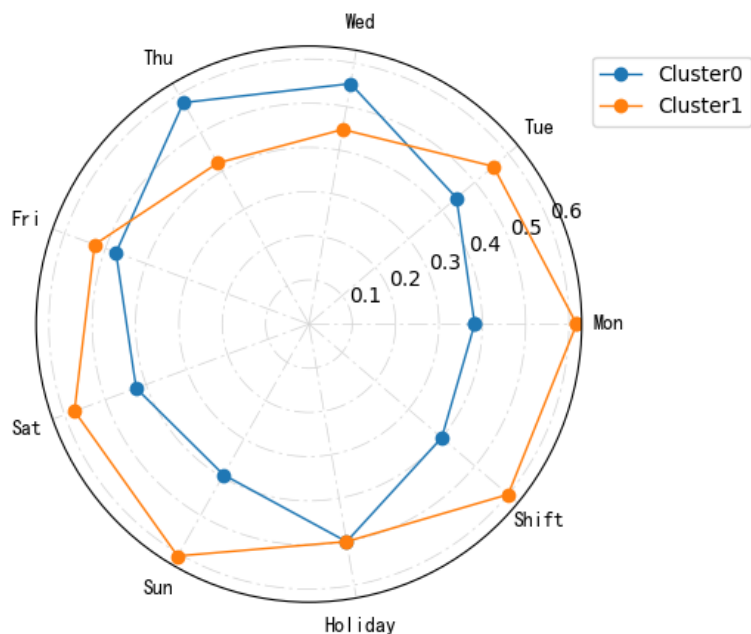




# 人流数据结果分析

## 宾馆

- 淡季旺季
- 与酒店地点有明显的关系

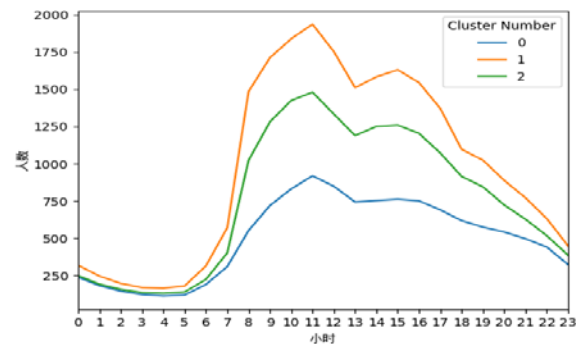
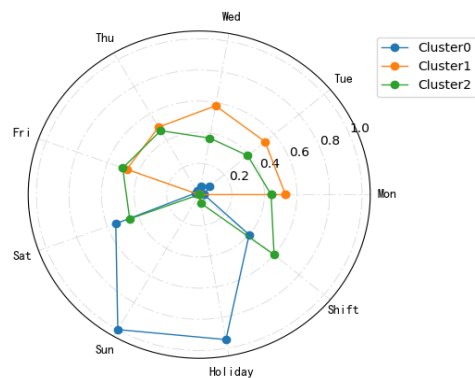




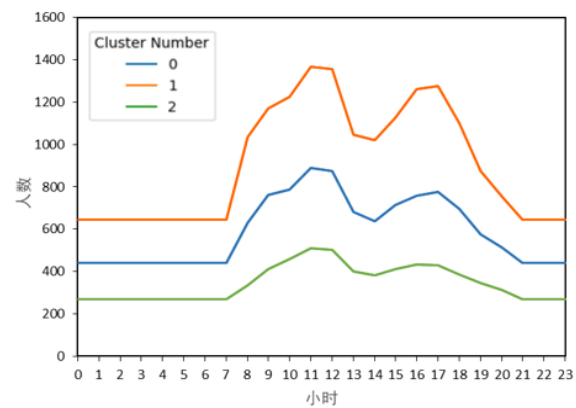
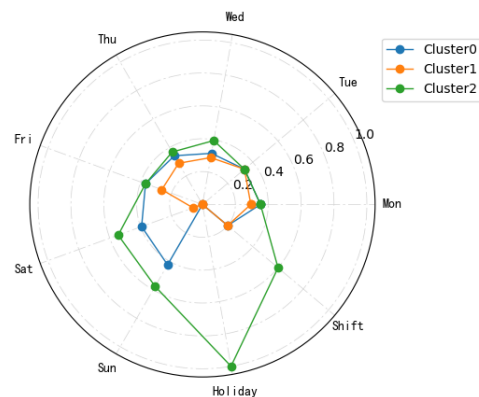
# 人流数据结果分析

## 医院建筑

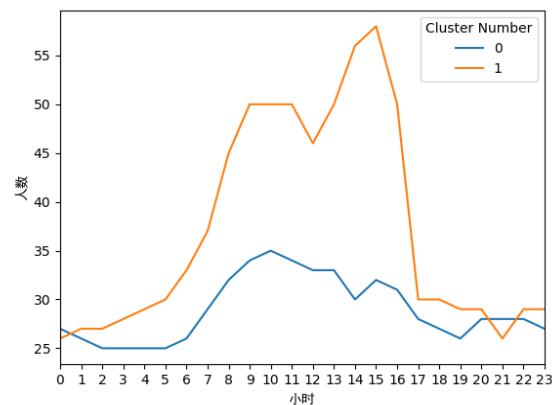
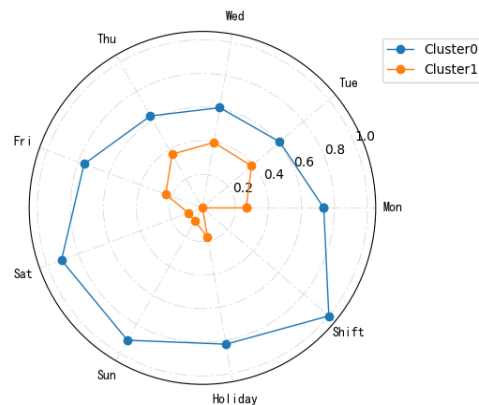
- 门诊部



- 住院部



- 社区门诊

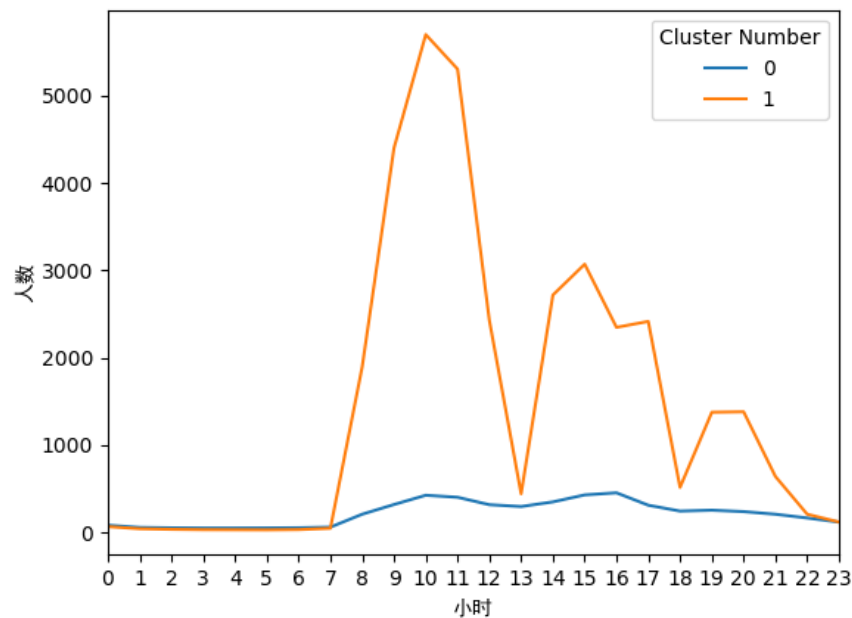
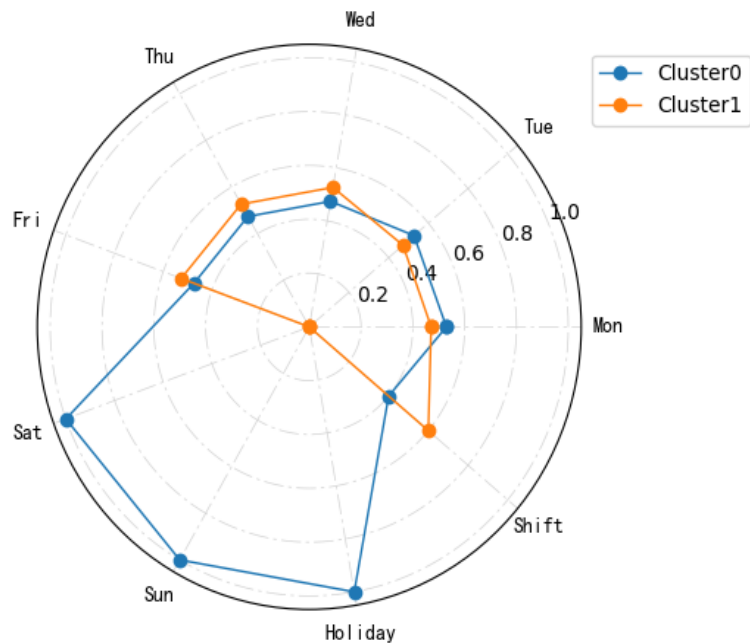
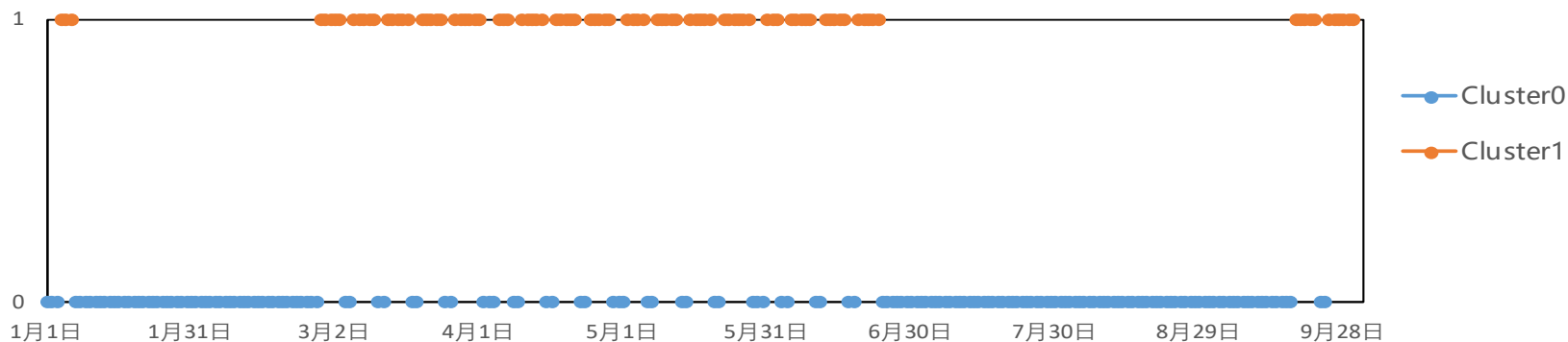




# 人流数据结果分析

## 学校

某学校教学楼聚类结果1-9月分布

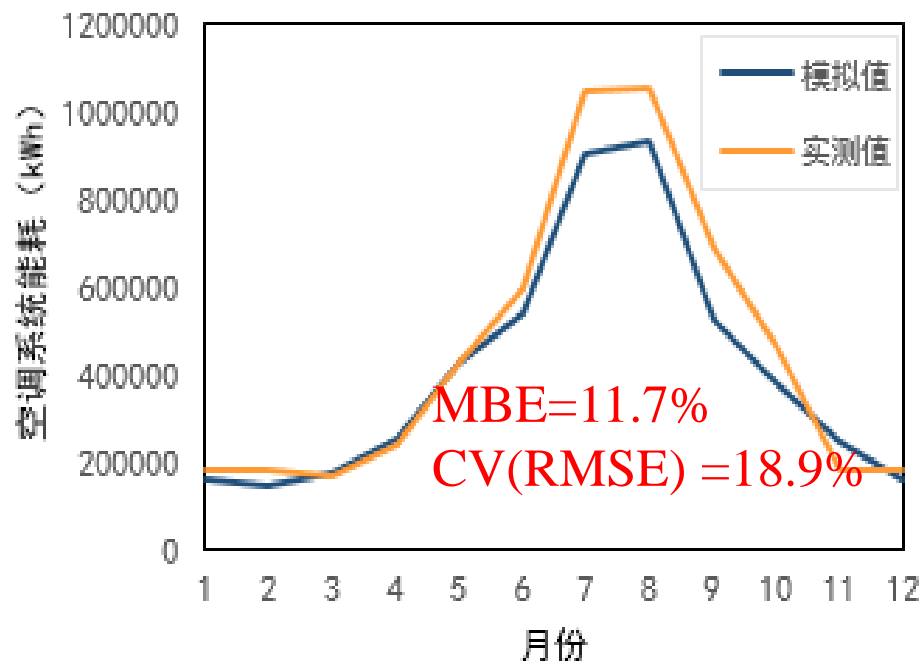




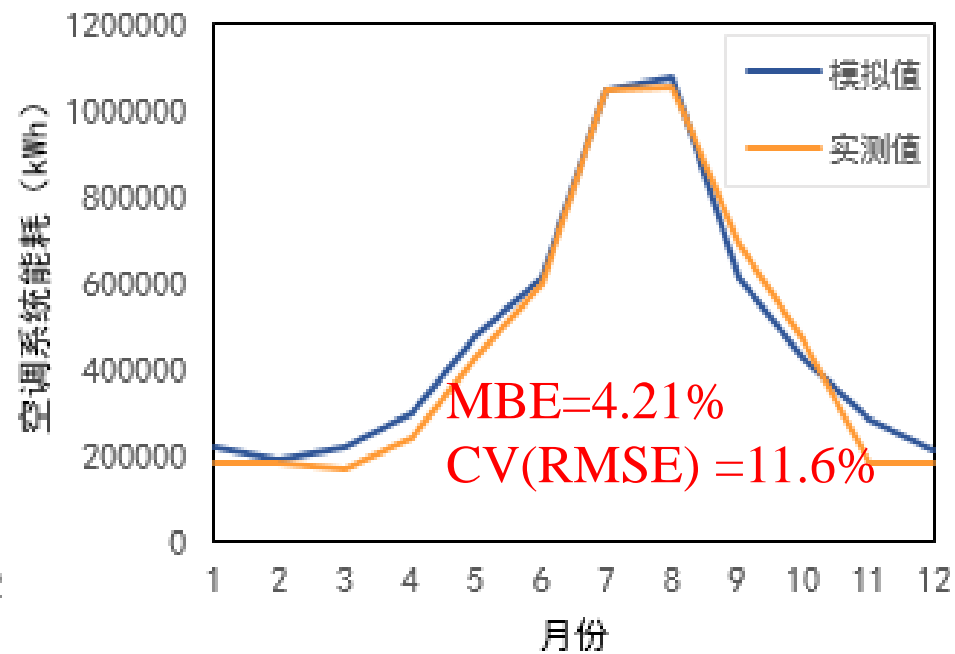
## 案例分析

- 上海市某办公建筑
- EnergyPlus模型

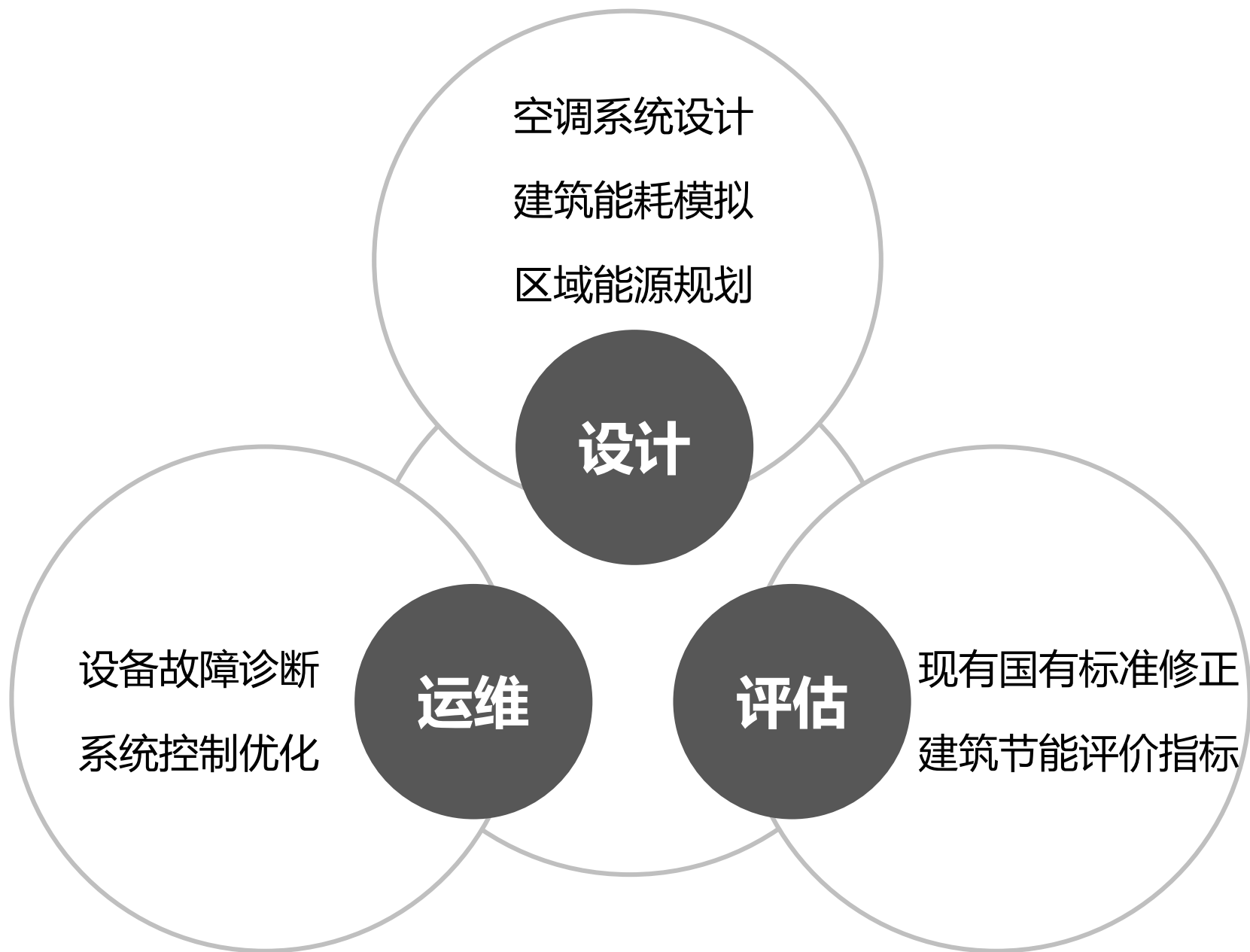
(a) 采用国标人员数据



(b) 采用典型人员数据



建筑电耗模拟值与实测值比较





# 总结

- 数据来自于移动终端，数据量大且数据类型较多
- 随着数据采集点的增加，现有数据库可以不断扩充与更新
- 典型人流年数据：使用方便、灵活、弹性
- 应用范围也可以扩展到交通、城市规划等各个行业

# 典型人流数据获取网址

典型人流数据将公布于课题组网站: <http://a434.tongji.edu.cn/>

建筑_Id	建筑类型	地理位置	建筑面积 万m2	建成 时间	人流数据
1	办公, 行政机关	上海市, 中心城区	2.9	1991	<a href="#">下载</a>
2	办公, 企业单位	上海市, 偏远城区	103	2011	<a href="#">下载</a>
3	交通枢纽, 机场	上海市	51	1950	<a href="#">下载</a>
4	交通枢纽, 机场	上海市	76.35	1999	<a href="#">下载</a>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Type	Date	k=2	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Holiday	1月1日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
3	Holiday	1月2日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
4	Holiday	1月3日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
5	Mon	1月4日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
6	Tue	1月5日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
7	Wed	1月6日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
8	Thu	1月7日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
9	Fri	1月8日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
10	Sat	1月9日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
11	Sun	1月10日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
12	Mon	1月11日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
13	Tue	1月12日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261
14	Wed	1月13日	0	194	128	91	71	58	53	66	135	261





许鹏 教授 博士 博导

机械与能源工程学院

Peng Xu Professor, PhD, PE, MBA

College of Mechanical Engineering

## 《上海市既有公共建筑调适导则》

课题团队： 同济大学

上海丰调节能技术有限公司

委托部门： 上海市住房和城乡建设管理委  
建筑节能和建筑建材监管处

## 既有建筑调适

ASHRAE GUIDELINE 0.2-2015指出，既有建筑调适（Existing-Building Commissioning (EBCx) 是指对于没有进行过调适的既有建筑进行调适的过程。在这个过程中,对目前建筑各个系统进行详细的诊断、改进和完善,解决其存在的问题,降低建筑能耗,提高整个建筑运行性能。 EBCx主要是关注运行维护中的问题,并通过简单有效的措施加以解决。

我国新编《建筑节能基本术语标准》中给出了建筑“用能系统调适”的定义，即：通过在设计、施工、验收和运行维护阶段的全过程监督和管理，保证建筑能够按照设计和用户要求，实现安全、高效的运行和控制的工作程序和方法。

## 《上海市既有公共建筑调适导则》编制背景

我国节能改造工作开展至今，上海市既有建筑很多都对设备进行了节能改造和高效设备的更换。因此，如果继续通过更换设备来实现建筑节能显然是不合适的。但是目前我国相关的建筑节能政策都是重改造轻调适，通过《上海市既有公共建筑调适导则》的编制，继续挖掘公共建筑节能潜力，并为建筑调适的市场化提供导向。

- 上海市公共建筑数量、能耗情况
- 十三五节能目标
- 节能改造面临的瓶颈
- .....

## 《上海市政策调研报告》

2017年历经三个多月对上海市十多个管理部门进行调研，各个区域和部门普遍比较关心关于调适的所能带来的节能量，对于调适潜力仍存在一定的质疑和不解。因此需展开典型建筑和系统的调适工作和技术验证，树立标杆，才能更好的让调适被大众接受。

筑调适的研究是突破技术加管理有效融合性问题瓶颈的重要任务，《上海市既有公共建筑调适导则》的编制也是目前有效解决这个既有建筑节能改造的工作中，用以技术措施改造达到节能效果的没有衡量评价标准的难题。

## 《上海市公共建筑的能源审计报告分析》

对上海市110栋公共建筑（包含宾馆酒店类建筑、机关办公类建筑、商场百货类建筑、医院等）的能源使用情况和设备运行状况进行分析，统计了各类公共建筑常见的几类问题及相应的调适措施。

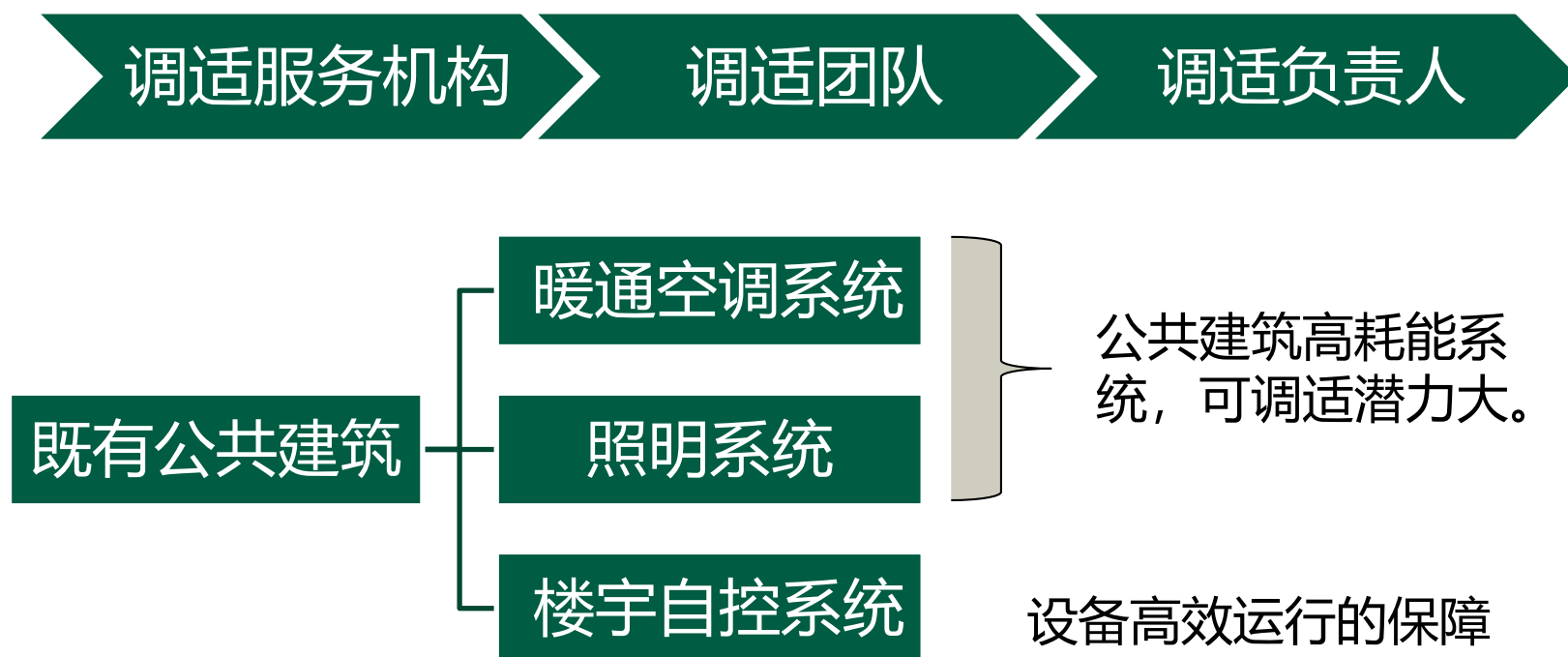
### 宾馆酒店类建筑

- 分项计量问题
- 主机运行策略问题
- 新风开启策略问题
- 水泵变频问题
- .....

### 机关办公类建筑

- BA系统控制问题
- 热泵冬季效率问题
- 输配系统问题
- .....

## 《导则》实施主体及对象



## 《导则》制定依据

- 《建筑节能基本术语标准》
- 《公共建筑能源审计导则》
- 《公共建筑节能检测标准》
- 《节能量测量与验证技术通则》
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》
- 《建筑设备与系统调适》
- ASHRAE Guideline 0.2-2015 Commissioning Process for Existing Systems and Assemblies

## 《导则》实施步骤

规划阶段	明确业主的需求，通过实施初步调研，了解建筑的运行情况、记录运行参数与工艺过程参数控制要求，并制定既有建筑调适初步计划。
规划阶段	工作内容是对建筑进行详尽的现场查勘与测试，确定调适方案，通过分析计算，给出量化的调适效果，业主根据既有建筑调适报告，确定是否实施调适策略。
实施阶段	部分或全部实施调适报告中的调适策略。
交付和质保阶段	既有建筑调适的最后阶段，主要工作内容包括季节性调适、运行管理人员培训，以及调适效果验证。



# 建筑调适技术

## 常规调适技术

- 功能组件的调适：冷机、锅炉、末端、换热器、风机、泵、.....
- 各个系统的调适：风系统、水系统、制冷系统、供暖系统
- 多系统的调适：验证各系统联合运行时的性能
- 运行期间的季节性调适：确保调适策略在不同运行条件下达到预期效果

## 新兴调适技术

- 利用BA进行调适
- 利用模拟软件进行调适

# 《导则》 目录

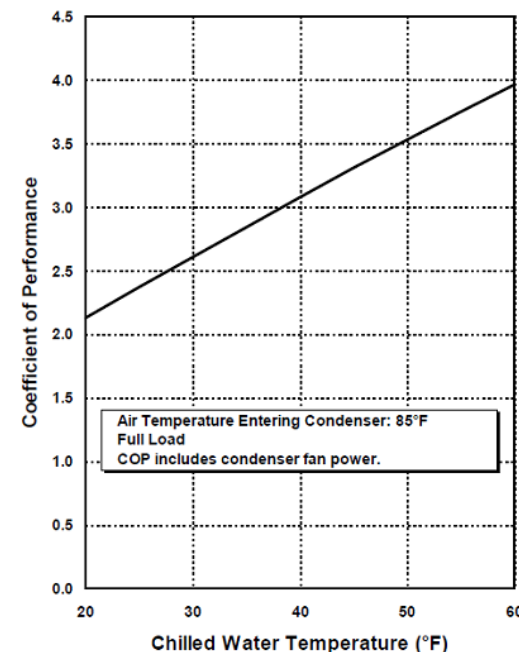
## 目录

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	基本规定 .....	3
4	既有建筑调适概述 .....	4
5	规划阶段 .....	5
6	调查阶段 .....	8
7	实施阶段 .....	10
8	交付与质保阶段 .....	13
	附录 1. 节能潜力评估方法 .....	16
	附录 2. Bin 节能计算方法 .....	24
	附录 3. 上海市 Bin 气象数据 .....	29
	附录 4. 能耗模拟节能计算法 .....	30
	附录 5. 集中空调冷水系统调适策略 .....	34
	附录 6. 变风量组合式空调机组调适策略 .....	36

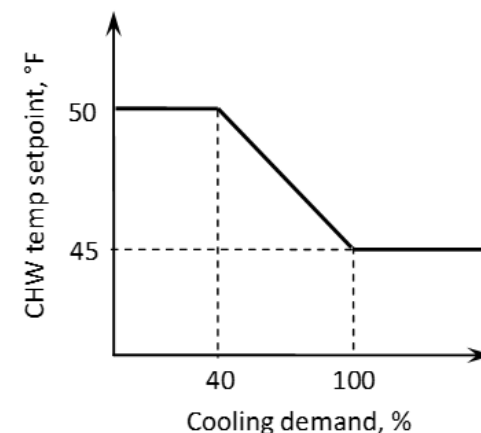
## 集中空调冷水系统调适策略

1. 冷冻水温最佳实践控制策略
2. 冷却水温最佳实践控制策略
3. 多台制冷机启停最佳实践控制策略
4. 水系统管路变静压优化控制策略

制冷机的效率随着冷冻水温的提高而提高，上图给出了一个空气冷却离心式制冷机的COP与冷冻水供水温度的关系曲线图。空调机组以及风机盘管中的换热器的大小是按照建筑的设计负荷选定的，在部分负荷下，这些换热器的换热面积都是过大的，因此，为我们在部分负荷的条件下，提高冷冻水供水温度创造了条件。



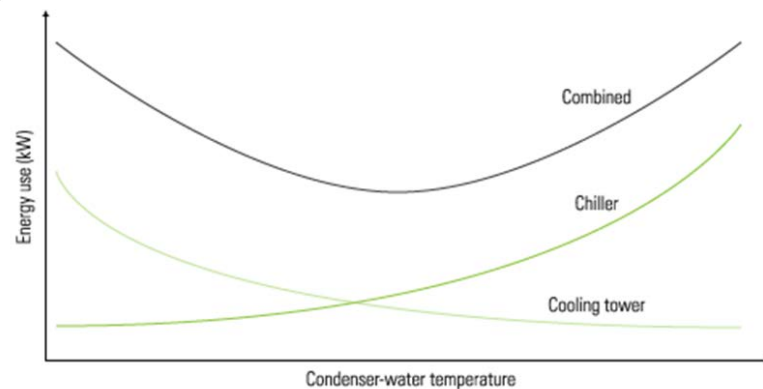
制冷机COP与冷冻水温关系曲线图



冷冻水变供水温度控制逻辑

## 集中空调冷水系统调适策略

1. 冷冻水温最佳实践控制策略
2. 冷却水温最佳实践控制策略
3. 多台制冷机启停最佳实践控制策略
4. 水系统管路变静压优化控制策略



冷却水温度对制冷系统能耗影响示意图

对于冷却塔来说，风机运行的台数越多或者转速越快，冷却水的供水温度就会越低，此时风机的能耗就越高。对于制冷机来说，冷却水的供水温度越低，制冷机的能耗就越少，因此存在一个**最优的冷却水供水温度**，使得风机和制冷机的总能耗最低，如图所示。

## 变风量组合式空调机组调适策略

1. 变送风温度控制策略
2. 变静压控制策略
3. 回风风机控制策略
4. 新风量控制策略
5. 空气源节能器控制策略

夏季送风温度过低：增加能耗、影响热舒适

送风温度过高：无法满足湿度要求

### 最佳实践控制策略：

- 当室外空气含湿量高于0.009，或者露点温度高于13°C，或者风机转速比高于70%时，送风温度设定值为13°C。
- 当室外空气含湿量低于0.009同时风机转速比小于50%时，送风温度应该在13°C ~ 18°C的范围内调节，维持送风风机的转速比在50%。

任务	开始时间	完成时间
课题开题	2017.5.11	2017.5.11
导则编制	2017.5.11	2017.7.31
初稿	2017.5.11	2017.6.11
专家审阅	2017.6.12	2017.7.12
终稿	2017.7.13	2017.7.31
项目示范	2017.5.11	2018.4.30
选取示范项目	2017.5.11	2017.6.12
实施既有建筑调适	2017.6.13	2017.9.30
节能量验证	2017.10.31	2018.4.30
典型系统调适指南	2017.5.11	2018.4.30
典型系统建筑模拟分析	2017.5.11	2017.7.31
技术指南验证	2017.8.1	2018.4.30
完成技术指南编写	2018.4.1	2018.4.30

谢谢！