

香港与内地中央空调新风量设计的比较研究

韩琳, 张同辉, 王志超
(中交天津港湾工程设计院有限公司)

摘要: 为研究香港与内地的设计标准和指南差异对中央空调系统设计的影响, 通过中国香港某项目设计过程中的空调系统计算, 分析对比了 ASHRAE62.1—2022、BEAM Plus、屋宇署及环保署等发布的设计参考文件与内地规范对中央空调新风量要求的异同。得出不同标准及规范的新风量要求会受到地理、气候、节能政策和可持续性要求等因素的影响。在设计亚热带地区的空调系统时, 需更加关注室内环境的舒适度和室内空气质量的清新程度, 同时也需考虑平衡新风量的增加和节能。

关键词: 中央空调; 新风量; 标准对比; 室内空气质量

0 引言

随着对室内空气质量重视程度的提升, 中央空调系统的设计也在不断发展和改进。室内空调新风量的设计是其中重要一环, 由于气候条件、建筑设计、居住密度和不同地区对室内环境的需求有所不同, 新风量的设计需综合各地区的标准进行计算。

香港建筑内的空调设计采用了国外标准、屋宇署及环保署等发布的作业备考等设计参考。美国采暖制冷空调工程师协会的 ASHRAE 62.1—2022《可接受室内空气品质通风》(以下简称 ASHRAE 62.1—2022)要求根据建筑类别、房间面积、建议居住密度确定换气区域所需室外新风; 香港的绿色建筑环评体系 BEAM Plus(以下简称 BEAM Plus)要求在 ASHRAE 62.1—2022 计算的结果上增加裕量以保证舒适度; 香港屋宇署《认可人士、注册结构工程师及注册岩土工程师作业备考 ADM-2》(以下简称 PNAP ADM-2)要求中央空调系统供应的机械通风设施新风量按照空间的面积和人员数量分别计算取高值; 香港环保署《办公室及公共场所室内空气质量检定》(以下简称 IAQ 检定)将室内空气质量的指标分级, 采取 2 个级别评估所处室内的空气质量, 并根据指标计算所需室内新风量。

目前, 内地办公建筑中央空调系统的设计多采用 GB 50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》及 GB 55015—2021《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的相关条款, 要求根据房

间类型及人员密度确定最小新风量。

通过已有的文献数据以及有代表性房间的具体计算, 对香港和内地中央空调设计所需新风量比较研究, 深入了解香港与内地对室内空气质量和节能关注的差异, 对提高能源利用效率、改善室内环境舒适性和保障居民健康具有重要意义。

1 工程概况

香港某项目位于毗邻石鼓洲的人工岛上, 为香港环境保护署批出的综合废物管理设施项目, 是目前港澳地区最重要的环保民生工程之一, 人工岛上建有垃圾焚烧发电设施、工艺综合楼、海水淡化厂、污水处理厂及行政办公楼等。本文以人员密集的行政办公楼为研究对象, 选取行政办公楼的 4 个有代表性的房间: 会议室、餐厅、服务区域、ELV/BMS 控制室。根据相关标准及规范计算各房间空调系统新风量。行政办公楼 BIM 模型如图 1 所示。

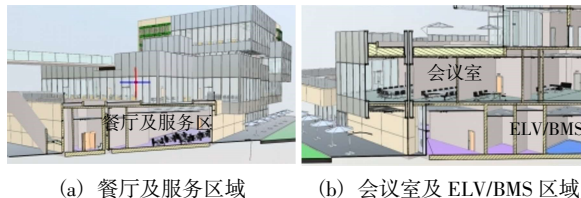


图 1 行政办公楼 BIM 模型

2 中国香港地区计算空调新风量标准

2.1 ASHRAE 62.1—2022

香港在暖通空调设计中大量使用国外标准, 其中美国采暖制冷空调工程师协会(简称 ASHRAE)

的相关规范应用最为广泛。ASHRAE 是全球最具权威性的暖通空调与制冷工程领域组织之一，制定了一系列与建筑能源使用、室内空气质量和环境可持续性相关的标准和指南。中国香港因其世贸经济中心的社会性质，吸引了许多国际企业和机构进驻。参考 ASHRAE 标准和指南可以与其他国家和地区保持一致，使香港的建筑与国际接轨，为本地企业和外国投资者提供便利。

采用 ASHRAE 62.1—2022 规定，在居住空间或所在通风区域的空间中，需要换气的区域所需室外新风量(V_{lw})不小于式(1)中的数值^[1]。

$$V_{\text{lw}}=R_p\times P_z+R_a\times A_z \quad (1)$$

式中： V_{lw} 为换气区域所需室外新风量， L/s ； R_p 为人员所需室外新风量， $\text{L}/(\text{s}\cdot\text{人})$ ； P_z 为换气区域人数，人； R_a 为单位面积所需室外新风量， $\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ； A_z 为换气区域面积， m^2 。

由式(1)可知，ASHRAE 62.1—2022 中要求换气区域最小新风量为人员所需新风量 R_p 与空间所需新风量 R_a 之和。其中， R_p 和 R_a 的数值在 ASHRAE 62.1—2022 中根据不同建筑类别及房间功能也给出了参考值。本项目典型房间换气区域

所需最小新风量如表 1 所示。

表 1 换气区域所需最小新风量

建筑类别		$R_p/$ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{人}^{-1}$)	$R_a/$ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	居住密度(默认数值)/ 100 m^2
餐饮服务类	(快)餐厅	3.8	0.9	100
	后厨	3.8	0.9	20
一般服务	会议室	2.5	0.3	50
办公大楼	办公区域	2.5	0.3	5
	电话或数据输入区域	2.5	0.3	60

2.2 BEAM Plus

香港的绿色建筑环评体系(BEAM)是指导绿色环保建筑的政策，根据其建筑环保条件、气候地址条件等因素最初于 1996 年制定，经过多年的修订，BEAM Plus 得到了香港特别行政区政府及地产开发商的认可。

BEAM Plus 中要求，新风供给要求根据 ASHRAE62.1—2022 计算出的最小通风量上额外增加至少 30%的裕量^[2]。因此，本项目在 ASHRAE 62.1—2022 的最终计算结果中再增加 30%的风量，计算结果如表 2 所示。

表 2 依据 ASHRAE 62.1—2022 和 BEAM Plus 计算的新风量

房间名称	面积/ m^2	人员数量(根据居住密度计算)/人	单位面积新风量 $R_a/$ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	每人所需室外新风量 $R_p/$ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{人}^{-1}$)	依据 ASHRAE 62.1—2022 计算结果/($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	依据 BEAM Plus 计算结果/($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)
服务区域	11	1	0.9	3.8	13.7	17.80
餐厅	100	100	0.9	3.8	470.0	611.00
会议室	24	12	0.3	2.5	37.2	48.36
ELV/BMS 房间	7	4	0.3	2.5	12.1	15.73

2.3 PNAP ADM-2

PNAP ADM-2 是香港屋宇署建筑事务监督发出的《作业备考》，是香港特别行政区的指引文件，适用于被授权人员、注册结构工程师和注册岩土工程师等相关人员。该指引文件提供了有关房屋消防等措施设计和实施的指导原则要求，并要求适用的相关人员在设计和施工过程中参考并遵守 PNAP ADM-2 的要求，以确保建筑物的消防等措施得以正确实施。

其中对非住宅类建筑及旅馆浴室的新风量要求为：若专门设计为办公室用途的建筑物，中央空调系统供应的机械通风设施新风量应为 1.1 L/s/m^2 或 10 L/s/人 ^[3]。

对于此行政大楼项目，新风量计算原则为按照每平方米 1.1 L/s 或每人 10 L/s 计算后取更高值。并在此计算结果上增加 10%裕量进行设备选型。依据 PNAP ADM-2 计算的行政办公楼典型房间新风量见表 3。

表 3 根据 PNAP ADM-2 计算的行政办公楼典型房间新风量

房间名称	房间 面积/ m^2	人员 数量/人	按照面积计算新风量		按照人员密度计算新风量		新风量取高值后 附加 10%裕量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)
			单位面积新风量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	各房间新风量/($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	每人所需室外新风量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{人}^{-1}$)	各房间新风量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	
服务区域	11	1	1.1	12.1	10	10	13.3
餐厅	100	100	1.1	110	10	1 000	1 100.0
会议室	24	12	1.1	26.4	10	120	132.0
ELV/BMS 房间	7	4	1.1	7.7	10	40	44.0

2.4 IAQ 检定

IAQ 检定由香港特别行政区政府环境保护署(以下简称环保署)2003 年推出,修订后最新版自 2019 年 7 月 1 日起实施。是自愿参与性质的“办公室及公众场所室内空气素质检定计划”,以鼓励处所及楼宇的业主或物业管理公司采用良好的室内空气质量管理措施。室内空气质量采用了“卓越级(Excellent Class)”和“良好级(Good Class)”来区分。由于室内空气污染在过去很少受到关注,目前广泛研究了个别室内空气污染物对健康的影响。例如,公众所熟知的甲醛、霉菌等对健康的影响是有据可查的,本文涉及到的香港项目以 CO₂ 浓度为计算指标,计算为达到“卓越级”室内空气质量所需室外新风量。

依据 ASHRAE 62.1—2022 附录 D,为维持室内 CO₂ 浓度低于某一限值,可利用以下公式:

$$V_o=N/(C_s-C_o)$$
 (2)

式中: V_o 为每人所需室外空气量, L/s; N 为每人产生 CO₂ 的速率, L/min,久坐的人约 0.31 L/min; C_s 为换气空间中 CO₂ 浓度, mg/m³,“卓越级”最大 CO₂ 浓度取 1 437 mg/m³(800 ppm)^[4]; C_o 为室外空气中 CO₂ 浓度, mg/m³,根据环保署的数据取 737 mg/m³(410 ppm)。

经计算可知,为达到“卓越级”每人需 13.2 L/s 新风量,在此计算结果上增加 10%裕量进行设备选型。计算结果见表 4。

表 4 依据《IAQ 检定》计算的行政办公楼典型房间新风量

房间名称	人员数量/人	“卓越级”所需新风量/(L·s ⁻¹)	附加 10%裕量的新风量/(L·s ⁻¹)
服务区域	1	13.2	14.5
餐厅	100	1 320	1 452
会议室	12	158.4	174.2
ELV/BMS 房间	4	非办公或公共区域	—

表 6 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》与《建筑节能与可再生能源利用通用规范》计算的行政办公楼典型房间新风量

房间名称	房间面积/m ²	人员数量/人	人员密度 P _F /(人·m ⁻²)	每人所需最小新风量/(m ³ ·h ⁻¹ ·人 ⁻¹)	房间所需新风量/(L·s ⁻¹)
服务区域	11	2	0.18	30	8.67
餐厅	100	13	0.13	30	108.33
会议室	24	3	0.13	14	11.67
ELV/BMS 房间	7	1	0.14	30	8.33

3 内地计算空调新风量标准

3.1 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》

在内地空调系统设计计算主要依据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》。规范中规定:公共建筑的主要房间、办公室每人所需最小新风量应达到 30 m³/(h·人),大堂、四季厅每人所需最小新风量应达到 30 m³/(h·人)^[5]。高密人群建筑每人所需最小新风量按照人员密度确定^[5],且应符合表 5 规定。

表 5 高密人群建筑每人所需最小新风量
m³/(h·人)

建筑类型	人员密度 P _F /(人·m ⁻²)		
	P _F ≤0.4	0.4<P _F ≤1.0	P _F >1.0
影剧院、音乐厅、大会厅、会议室	14	12	11
商店、超市	19	16	15
酒吧、咖啡厅、宴会厅、餐厅	30	25	23

3.2 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》和 GB 50189—2015《公共建筑节能设计标准》中根据地区和建筑类型,结合项目要求设计相应的节能措施。2 本规范在不同建筑类型的人员密度上都有相应的条款。由于《建筑节能与可再生能源利用通用规范》自 2022 年 4 月 1 日起实施后,现行工程建设标准中有关规定与此规范不一致的,以此规范的规定为准。

根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中规定,高密度人群建筑每人所需最小新风量需依据房间功能及人员密度 P_F 确定,本文依据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的人均占有建筑面积为 8 m²/人^[6]计算出人员密度 P_F。选取行政办公楼的 4 个典型房间,根据以上两本规范计算出的空调系统新风量如表 6 所示。为了与国外及中国香港地区标准做比对,计算的新风量单位转换成 L/s。

4 根据不同规范计算的空调新风量对比

根据不同规范计算的空调新风量结果如表 7 所示。由表 7 可知,对于本文所提及到的所有房间,《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》与《建筑节能与可再生能源利用通用规范》计算的房

间所需新风量的数值都是最小的。人员数量较大的房间(餐厅、会议室)新风量计算结果排序均是:IAQ>PNAP>BEAM Plus>《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》与《建筑节能与可再生能源利用通用规范》。

表 7 不同规范计算的空调新风量

房间名称	房间面积/ m ²	依据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的人员数量/人	依据 ASHRAE62.1—2022 居住密度计算		房间新风量			
			人员数量/人	人员密度 P_f / (人·m ⁻²)	《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》计算值/(L·s ⁻¹)	香港地区采用的规范计算的房间 所需新风量/(L·s ⁻¹)		
						BEAM Plus	PNAP ADM-2	IAQ 检定
服务区域	11	2	1	0.09	8.7	17.8	13.3	14.5
餐厅	100	13	100	1	108.3	611	1 100	1 452
会议室	24	3	12	0.5	11.7	48.36	132	174.2
ELV/BMS 房间	7	1	4	0.6	8.3	15.73	44	—
总新风量/(L·s ⁻¹)					137	1 688		
注：香港地区总新风量为各房间 BEAM Plus、PNAP ADM-2 及 IAQ 检定 3 种方式计算结果的最大值之和。								

对于表 7 计算结果,有以下分析:

1) 内地标准规范中鲜有提到建筑内人员密度 P_F 的强条,《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》等标准中有人均占有面积的要求,但分类和数据较笼统,仅为本次计算参考。实际设计中,主要由设计师根据经验或业主要求设计。在 ASHRAE 62.1—2022 中,有根据不同居住类型、房间类型的人员密度供参考,分类相对详细,设计过程中可参考的信息更加全面。

2) PNAP ADM-2 中办公用途的建筑物要求新风量为 1.1 L/s/m² 或 10 L/s/人,二者取大值。ASHRAE 62.1—2022 中针对不同房间类型有相应的人员所需新风量和空间所需新风量(稀释建筑不良空气),总新风量为二者相加。

内地在计算新风量时仅考虑人员所需新风量,因此仅有人员密度 P_F 这个指标影响着暖通空调设计的选型。在 ASHRAE 62.1—2022 和 PNAP ADM-2 中,还考虑了稀释室内空间的空气污染、人员密度 P_F 和房间面积共同制约着新风量的大小。

3) IAQ 检定中新风量的要求较为单一,为实现“卓越级”室内空气质量,办公室及公共场所的人员新风量指标为 13.2 L/s/人,对于餐厅、会议室这类 $P_F>0.4$ 的高密房间,设计的人员数量较高,计算出来的新风量数值非常大。而香港项目暖通

空调设计人员需根据 ASHRAE 62.1—2022 计算出的数值增加 30%即 BEAM Plus 计算数值、PNAP ADM-2 及 IAQ 检定 3 种方式计算出来的数值对比后取大值。这无疑增加了过多的能耗,暖通空调设备的投资也存在过多的裕量。

5 经济性分析

根据典型房间的新风量总和来分析,以某品牌的新风机为例,若按照总新风量选择对应的全热新风交换器,内地仅需要额定风量为 140 L/s,输入功率 0.19 kw 的全热新风交换器;香港地区需要额定风量 1 700 L/s,输入功率 4.8 kw 的全热新风交换器。香港项目的设备型号额定风量比内地高出 11.1 倍,输入功率高出 24.3 倍。中国香港与内地额定风量经济性对比如图 2 所示,输入功率经济性对比如图 3 所示。

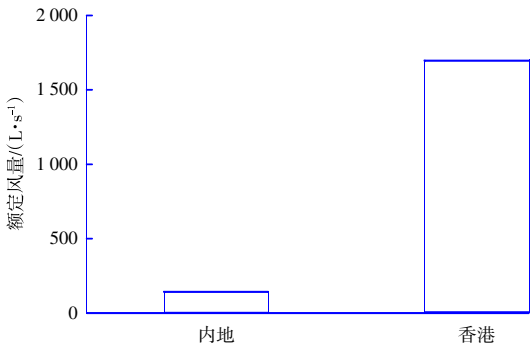


图 2 额定风量经济性对比

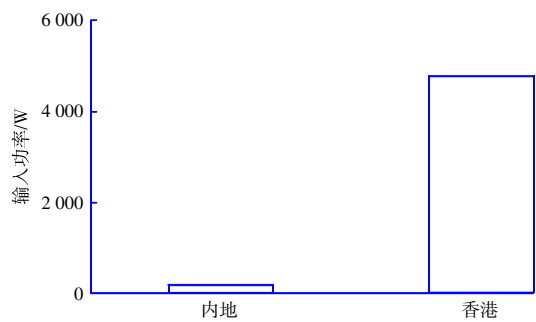


图3 输入功率经济性对比

香港地区气候湿热,确实需要更高的新风量来保持室内湿度的控制和舒适性,但是过高的裕量会导致设备型号、价格、安装空间的加大,风管、设备支吊架等工程量也将随之增加,空调系统初投资升高。空调系统运行过程中将消耗更多的电力,导致能耗增加,后期也将投入更高的维护成本。

6 结语

通过对中国香港与内地空调系统新风量设计计算的差异进行比较研究,得出如下结论:

1) 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中仅考虑了人员对于室内新风量的消耗,旨在保证人民健康生活及舒适工作的环境。而香港地区人口繁密,地域狭窄,居住及工作的环境空间普遍紧张。因此,内地的空调标准对于中国香港

地区裕量不足,但较香港地区更为节能。

2) ASHRAE 62.1—2022 及 PNAP ADM-2 标准中不仅考虑了人员对于新风量的需求,也考虑到了室内空气污染的稀释。并在 BEAM Plus 认证的要求中,将新风量提升 30%。旨在为处于亚热带的香港地区调节稀释室内高温环境及空气污染,用更高的新风量保持室内的舒适性。

3) 对于高温多湿、人口密集的地区,应该考虑当地气候条件对空调系统的影响,在设计时考虑增加新风裕量以提高室内空气质量。但同时,增加新风量也会带来一定的能源浪费,所以需根据当地的环境和建筑特点,平衡室内空气质量和节能的问题。

参考文献:

- [1] ASHRAE 62.1—2022: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality[S].
- [2] BEAM Society.BEAM Plus 2.0 for new building[Z]. 香港:香港绿色建筑协会,2014.
- [3] Practice Note for Authorized Persons,Registered Structural Engineers and Registered Geotechnical Engineers: ADM-2[Z]. 香港:香港屋宇署,2010.
- [4] Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public[Z]. 香港:香港环境保护署,2019.
- [5] GB 50736—2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].
- [6] GB 55015—2021,建筑节能与可再生能源利用通用规范[S].