

941/94
18794

集中送风式采暖通风 设计计算原理

(苏联) B.A.巴哈列夫 B.H.特罗扬诺夫斯基 著

宋德平 译 谭天祐 洪松鹤 校

中国工业出版社

集中送风式采暖通风 设计计算原理

〔苏联〕B.A. 巴哈列夫 B.H. 特罗扬诺夫斯基 著

宋德平 译 谭天祐 洪松鹤 校

中国工业出版社

В.А.Бахарев, В.Н.Трояновский
**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И РАСЧЕТА ОТОПЛЕНИЯ
И ВЕНТИЛЯЦИИ
С СОСРЕДОТОЧЕННЫМ
ВЫПУСКОМ ВОЗДУХА**
ПРОФИЗДАТ МОСКВА—1958

* * *

集中送风式采暖通风设计计算原理
宋德平 译 譚天祐 洪松鶴 校

*

建筑工程部图书編輯部編輯(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $6^{3/4}$ ·插頁1·字数156,000

1965年2月北京第一版·1965年2月北京第一次印刷

印数0001—6,320·定价(科六)1.10元

*

統一书号: 15165·3398(建工-400)

本书簡要叙述了对采暖通风的卫生及經濟要求、室内热的散播过程和采用集中送风的依据，并确定了采暖通风系統的基本参数、溫度梯度与风速之間的关系、其最合理的数据，以及最合适的循环次数。

书中介绍了受限紊流及自由紊流射流的試驗和理論研究結果。

对于采用集中送风的条件及送风的組織进行了研究。制定了这种系統的設計及計算方法，并根据大量的实际研究資料对该方法进行了驗證。还研究了集中送风式采暖通风系統的应用范围，并指出它在卫生方面的优点及对国民經济的意义。

本书可供土建及热工专业的科学工作者、工程师及技术員等参考。

本书譯稿曾請西安冶金建筑学院供热通风教研組戴庆山和蔡士垣审閱，他們曾对本书譯稿提出了許多宝貴的意見，譯者特在此表示衷心的感謝。

目 录

序言	5
第一章 房間內对采暖与通风的卫生及經濟要求和采用集中	8
送风的依据	8
1. 对采暖通风系統的卫生要求	8
2. 热、湿及气体在房間內的散布	13
3. 对采暖通风系統的經濟要求	19
4. 集中送风热风采暖及全面通风的物理基础	21
第二章 自由紊流射流与受限紊流射流的規律	25
1. 問題的現狀及研究任务	25
2. 試驗設備及研究方法	37
3. 研究的結果及其整理	44
4. 自由紊流射流和受限紊流射流的半經驗理論	115
第三章 集中送风式采暖通风系統的基本参数	139
1. 效率参数 $\frac{\Delta t}{H}$	139
2. 循环次数 n	148
3. 采暖系統的其他計算及构造参数	156
第四章 集中送风式采暖通风系統的設計及計算	159
1. 采用系統的条件	159
2. 送风的組織	161
3. 集中送风系統的計算方法	167
4. 集中送风系統的計算程序	174
5. 設計的补充指示	176
6. 系統的計算实例	178
7. 采用集中送风系統的經驗	190
参考文献	213

集中送风式采暖通风 设计计算原理

〔苏联〕B.A. 巴哈列夫 B.H. 特罗扬诺夫斯基 著

宋德平 译 谭天祐 洪松鹤 校

中国工业出版社

В.А.Бахарев, В.Н.Трояновский
**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И РАСЧЕТА ОТОПЛЕНИЯ
И ВЕНТИЛЯЦИИ
С СОСРЕДОТОЧЕННЫМ
ВЫПУСКОМ ВОЗДУХА**
ПРОФИЗДАТ МОСКВА—1958

* * *

集中送风式采暖通风设计计算原理
宋德平 译 譚天祐 洪松鶴 校

*

建筑工程部图书編輯部編輯 (北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $6^{3/4}$ ·插頁1·字数156,000

1965年2月北京第一版·1965年2月北京第一次印刷

印数0001—6,320·定价(科六)1.10元

*

統一书号: 15165·3398(建工-400)

目 录

序言	5
第一章 房間內对采暖与通风的卫生及經濟要求和采用集中	8
送风的依据	8
1. 对采暖通风系統的卫生要求	8
2. 热、湿及气体在房間內的散布	13
3. 对采暖通风系統的經濟要求	19
4. 集中送风热风采暖及全面通风的物理基础	21
第二章 自由紊流射流与受限紊流射流的规律	25
1. 問題的現狀及研究任务	25
2. 試驗設備及研究方法	37
3. 研究的結果及其整理	44
4. 自由紊流射流和受限紊流射流的半經驗理論	115
第三章 集中送风式采暖通风系統的基本参数	139
1. 效率参数 $\frac{\Delta t}{H}$	139
2. 循环次数 n	148
3. 采暖系統的其它計算及构造参数	156
第四章 集中送风式采暖通风系統的設計及計算	159
1. 采用系統的条件	159
2. 送风的組織	161
3. 集中送风系統的計算方法	167
4. 集中送风系統的計算程序	174
5. 設計的补充指示	176
6. 系統的計算实例	178
7. 采用集中送风系統的經驗	190
参考文献	213

序 言

改进采暖与通风的方法、降低采暖通风系统的安装及经营管理费用，以及使其安装和经营管理简单化对国民经济具有重要的意义，由于苏联的气候特点，在大多数情况下为了设置采暖通风系统，需要消耗大量的动力资源、资金、材料和劳动力。

在寻求最经济的采暖通风方式中，技术上早已产生了利用与通风配合在一起使用的热风采暖的思想。这种方式的主要优点是，可以利用房间通风用的空气作为带热体。这就会降低采暖通风的投资和经营费用。但是，由风道的分枝管网或由风量及功率不大的热风机组以低速进行分散送风的方法，不能克服热空气本身的自然循环和室内热流分布不均匀的情况。因此，在房间的高度上会保持着很大的温度梯度，在下部工作区较冷，而上部则过热。由机组送出的较热的新鲜空气仍上升至上部地带，而进入工作区的则较少。

利用大型的热风机组以强烈的射流向室内进行集中送风乃是热风采暖与通风的进一步发展。这种以高速送出的射流会使室内所有的空气都产生流动，并强烈的混合。

利用集中送风可以保证热流和新鲜空气无论在房间的平面或是高度上分布得非常均匀，这也就有效地解决了采暖和全面通风的主要卫生任务。

其次，利用集中送风可以保证在室内工作区的空气按要求的速度经常地流动。根据现代卫生学的概念，工作区内空气的流动是微小气候的有利因素，当空气温度在 25°C 到 35°C 范围内，或有热辐射时，它对于正常的体温调节过程非常必需。

因此在一些固定的工作地点应广泛地应用空气淋浴进行吹风以消除辐射热和对流热的影响。但是，空气淋浴并不能使室内整个工作区内的空气全部流动。同时卫生学提出了动力微小气候的

原理，即把室内空气的流动作为一项主要的因素包括在这个原理的概念中。目前对于确定有余热的工作区内空气的一般流速，在卫生学上已有足够的资料。这种风速也足以保证使室内温度均匀。这样，利用集中送风还可以解决采暖通风的第二个最重要的问题——室内空气流动的问题。

热风采暖与通风结合在一起并进行集中送风在经济上有很多优点。首先应当指出的是，由于集中送风系统不需要使用散热器、分枝管道和通风管道以及相应的配件，因此与其它采暖通风系统相比较可以大大地降低基建投资。安装集中送风采暖通风系统所消耗的金属只有蒸汽采暖系统的十二分之一，比分散送风热风采暖系统减少三分之一。第二个优点是可以降低采暖的耗热量约15~20%。这种情况是由于在室内高度上的温度分布均匀，因此减少了上部区域的过热和通过屋顶的热损失。而在其它有空气自然热力流动的采暖系统中，由于在室内的高度上保持有很大的温度梯度，从而使上部区域过热并增加了通过屋顶的额外热损耗。

更重要的是，在绝大多数情况下，热风采暖可以与全面通风相结合。这样，可显著地增加系统的经济性，在夏季并可以利用它来冷却室内空气和保证室内必要的风速。热风采暖系统的热惰性不大。它在开始运转时，可以很快的产生热效应，而当停止运转时，也可以使房间很快的冷却。这种特性在定期集聚大量人流的建筑物中进行采暖时是很有价值的。

集中送风采暖通风系统还有其他的优点：维护简单，能够在相当大的范围内调节空气的温度、湿度和流速。系统的设备可以标准化和定型化，而采用的型式和标准的种类也不多。因此可以大大地简化设计、安装、修理和经营管理，并可降低它们的费用。

使用集中送风采暖通风系统的许多经验已证明，这种系统可以有效地改善劳动条件，而且非常经济。无论在苏联，或是其它国家，采用这种系统作为各种不同用途房间的采暖和通风已有数

十年之久。

采用集中送风采暖系统的主要标志和条件是，能够使空气再循环或使采暖与进气通风结合起来。

在有余湿的房间中进行采暖和通风时，如果水分是在温度不高的情况下蒸发的，而湿源又处于工作区内，那末集中送风就会特别有效。在有余热的房间内，如果散热量不太大，而且热源又不是集中在一处或少数几处时，也可以有效地采用这种系统。在产生有害气体和灰尘的房间内，如果有害物在空气中的含量不超过极限允许浓度，或者由于采取了设备的密闭和吸尘、局部抽风、对空气或产生灰尘的材料进行加湿和其它措施而能降低到这一极限允许浓度时，也可以采用集中送风系统。

在集中散发大量的热、有害气体和灰尘的情况下，如果空气的流动和混合只会使工作区内的含量增加时，就不能采用集中送风。此时，应采用集中地排除余热、气体和灰尘，并用分散送风的方法来补偿排出的空气量最为有效。

集中送风采暖通风系统，虽然具有广泛应用的可能性及卫生和經濟上的优点，但是目前尚未获得应有的推广。其原因之一是因为采暖机组、自动控制和远距离控制设备的生产，无论在数量上或品种上都非常不足。此外，设计、生产和建筑人员对利用集中送风进行采暖和通风的方法还不够熟悉，而且对这种系统的计算又没有十分简单和可靠的方法，以及设计的指南。

以自由射流和受限射流中空气的流动规律作为基础，并利用上述方式就可以对房间的采暖和通风进行正确的设计和计算。

第一章

房間內对采暖与通风的卫生及經濟要求 和采用集中送风的依据

1. 对采暖通风系統的卫生要求

对任何房間来讲，采暖与通风的主要任务是創造良好的卫生条件。这个任务在于使房間內的空气能保持必需的清洁度、正常的湿度和溫度，并应使溫度無論在房間工作区的平面上或者高度上都分布得足够均匀。

此項任务可以通过采取不同的技术措施，利用各种不同的采暖通风系統来解决。选择某一种措施或系統都应该通过卫生和經濟比較决定。

从气象观点来看，室內空气介质状态的特征主要是空气的溫度、湿度和流速，以及热表面的輻射。室內空气介质的这些参数总称为微小气候，它对于人体、人的感觉、劳动能力和劳动生产率都有着显著的影响。不良的气象条件会促成各种疾病的产生。

良好的或所謂舒适的气象条件，对于实际应用來說有着特殊的意义。根据 Б.Б.科依兰斯基[1]的說法，这些条件对人來說是最适宜的溫度及其它参数的綜合影响，在这些条件下，人体可以保持正常的热平衡。

对微小气候的良好条件的研究說明，在空气溫度与流速之間，以及这些参数与热表面的輻射之間都有着一定的关系。可是，对于空气溫度和湿度之間的关系还没有得到任何确切的資料。然而大家都知道，在正常的热平衡条件下，湿度过高会引起不舒适的感觉并对劳动能力产生不良的影响。

正如Б.Б.科依兰斯基所指出的，只有通过热感的調查，才能获得最可靠的空气湿度資料，因为皮肤溫度与空气的湿度关系不大，所以在这种情况下，不能用皮肤溫度来作为准則。当空

气温度为 22°C 、湿度为75%或更高时，热感就开始恶化。在温度超过 30°C 和空气流速为1~2米/秒，当湿度为65%时，热感就已经恶化。对于这些情况来说，湿度在40~50%范围内为最好。

应该指出，要规定空气湿度的标准，无论在卫生学的依据，或者在生产中保证最合适的湿度的技术措施方面都存在一定的困难。

在空气不流动的条件下进行轻体力劳动时，最合适的温度是 $16\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。正如B.Б.科依兰斯基所指出，温度更低时，其中包括非正常的温度($10\sim 8^{\circ}\text{C}$)，常常是人体感到冷和使病理状态发展的原因。

当空气温度超过 25°C 时，就必需组织空气流动，使人体得以散热。广泛地采用空气淋浴是作为消除辐射热的一种措施。至于采用空气流动来消除对流热的问题，尽管这种方法有很大的卫生意义，但是它还存在着某些缺点。施华尔察〔2〕的研究证明，当空气温度低于 35°C ，也就是低于人体温度时，空气流动才会产生冷却的效果。此时，空气温度越高，冷却效果也就越低，而实际上当温度为 34°C 时就已经失去了冷却的作用（沃里别尔特等人）〔2〕。

Г.Х.沙赫巴江〔2〕曾试图利用空气的流动，将不良的条件改善，并使其接近良好的条件。气象室中的研究表明，下列的空气参数可以保持这种良好的条件：

当温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 和风速为1米/秒时

当温度为 $27\sim 33^{\circ}\text{C}$ 和风速为2米/秒时

当温度为 $29\sim 33^{\circ}\text{C}$ 和风速为3米/秒时

空气流速增加到3米/秒以上时，其效果不大，因而也是无益的。当空气温度在 $25\sim 33^{\circ}\text{C}$ 时，就必须对工作地点进行吹风使空气流动，因为这种吹风的冷却作用十分显著。相反，当空气温度为 $35\sim 36^{\circ}\text{C}$ 或更高时，进行吹风只会引起皮肤温度的升高和热感的恶化。

有些著名的卫生学家，在动力微小气候中十分肯定地提出了

空气流动的巨大作用和意义。B.Б.科依兰斯基写道：“最后，动力微小气候中的重要环节之一，就是空气的流动。例如，Л.К.霍察諾夫、Т.А.梅里克·阿拉凱良、Н.Ф.李夫卡克、А.Е.馬雷晓娃等都指出，許多研究都已确定，靜止的空气(在0,1厘米/秒范围内)对人体体溫調节器官有不良的影响，因而会使冷刺激素产生惰性并使所謂季节性感冒的发病率提高。迈耶尔和菲茨也贊同这种观点，他們指出，为了創造舒适的条件，最好能經常使空气流动。空气微弱地流动不仅可以吹去籠罩在人体表面上的一层空气膜，而且也可以对体溫調节器官起兴奋作用。在这种情况下，应该使空气的流动能够促进房間中無論在垂直方向或水平方向上的所有空气层都进行流轉。換句話說，居住房間和生产厂房的空气應該是流动的“活的”。但是，空气的流速不应引起不舒适的感觉。因此，生产厂房中的风速应随劳动条件的不同而異。

在居住房間中，要求的风速很小，因为室內空气流动的作用主要是在于使空气混合和使人体表面附近的空气层得以交換。在风速由0.05到0.3米/秒时，就可以达到这些要求。

在产生对流余热不大和体力劳动不很强的車間中（制烟、縫紉、制鞋車間，以及印刷所、糖果車間、紡織工业等等），风速最好能稍大些。在所有这些类似的房間中，空气流动的作用不仅在于使空气混合，而且也为了使人体能得以散热。根据工作区内空气溫度的不同，利用0.25米/秒范围内和稍大一些的风速就可达到此目的”。

沙赫巴江的表1和科尔特曼的表2列出了对流热和輻射热与风速的最合适的組合值：

B.Б.巴图林[3]列出了为夏季消除余热用的設備所应保証的工作区内的风速資料。这个风速应该与空气溫度及劳动强度相符合，并可按表3采取。

根据卫生要求，工作区内的风速可在下列范围内采取：

1) 当空气溫度为 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，在坐着进行工作的房間内——不大于 $0.2\sim 0.25$ 米/秒；

对流热和辐射热与风速的最合适的組合值

(根据沙赫巴江的資料)

表 1

空气流速 (米/秒)	在下列辐射强度下, 适宜的空气温度范围(度)			
	0.5卡/厘米 ²	1卡/厘米 ²	2卡/厘米 ²	3卡/厘米 ²
1.0	25~29	20~26	20~25	17~20
2.0	26~31	23~29	21~26	20~23
3.0	27~32	25~30	22.5~27	22~25

对流热和辐射热与风速的最合适的組合值

(根据科尔特曼的資料)

表 2

辐射强度 (卡/厘米 ²)	工作地点附近 流动空气的 温度(度)	工作地点 的风速 (米/秒)	辐射强度 (卡/厘米 ²)	工作地点附近 流动空气的 温度(度)	工作地点 的风速 (米/秒)
0.5~1.0	23	0.5	2.5~3.0	18	2.0
1.0~1.5	22	1.0	3.0~3.5	18	2.0
1.5~2.0	20	1.5	3.5~4.0	16	2.0
2.0~2.5	20	1.5	4.0	16	3.0

空气的温度、湿度及风速的最合适的組合值

表 3

輕 作 业			重 作 业		
t(度)	φ(%)	V(米/秒)	t(度)	φ(%)	V(米/秒)
16~20	40~50	0.25	18~19	40~50	0.58~0.67
21~23	40~50	0.25~0.30	20~22	40~50	1.00~1.33
24~25	40~50	0.40~0.60	24	40~50	1.33~1.50
26~27	40~50	0.70~1.00	26	40~50	2.00~2.16
28~30	40~50	1.10~1.30	28	40~50	2.16~2.34

2) 在进行輕体力劳动的房間內——不大于0.5米/秒;

3) 在进行重体力劳动的房間內——不大于0.5~0.75米/秒。

在个别情况下, 根据生产的特殊条件, 在取得国家卫生检查机关的同意下, 工作区內的风速可以增加至1.0~1.5米/秒。在任何房間內都可見到, 由于房間被冷却或加热, 其溫度在平面及高度上均有所波动。С.Н.切尔金斯基[4]和Б.Б.科依兰斯基[1]都认为, 从卫生观点来看, 可以允許溫度在下列範圍內波动: 在房間的平面上为 3°C , 在房間的高度上, 甚至較高时, 每高一米的溫升可为 $1.0\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ 。

于是, 根据現有的卫生知識, 可以制定出采暖和通风房間內微小气候的标准。根据Г.Х.沙赫巴江所制定的生理标准, 在空气溫度、风速与輻射热相組合的允許範圍內, 可以求得科学的依据。Г.Х.沙赫巴江研究証明, 当空气溫度为 25°C 和 25°C 以上时, 在相应的风速下, 可以創造良好的劳动条件, 这一論点應該在相应的采暖通风設計規範中, 以及改善現有企业劳动条件的实际工作中加以应用。

根据卫生标准H 101-54的規定, 夏季在生产厂房中的空气溫度, 根据所产生余热量的不同, 可高于夏季室外計算溫度, 但不应超过 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$, 而在个别情况下, 不应超过 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。对于空气溫度为 35°C 以下的房間, 最好能对此項規定附加有关风速的規定。

在有大量散热和大量放热表面的厂房中, 采取間歇吹风、加湿吹风或在流动气流中噴霧等措施具有很大的实际意义。卫生标准的最終目的在于, 規定出在生产中动力气象的各个参数值。正如Б.Б.科依兰斯基所写的: 在生产中稳定的、溫暖的、很少波动的微小气候, 不可能促进体温調节器官的鍛炼, 当由一种条件过渡到另一种条件时, 就不能促使人体的防护性能經常处于适应的状态。

除了气象参数以外, 房間內的空气介质中还含有气体和灰尘