

Low-Carbon and Energy Saving Technology for Architecture Ventilation

Dongfeng Yun¹, Puzheng Su¹, Xiaoguang Zhang², Zhanbing Han³, Shangming Li¹

¹*Xi'an University of Science and Technology School of Energy Engineering, Xi'an, Shaanxi, China, 710054*

²*Yinchuan College of China University of Mining and Technology, Yinchuan, Ningxia, China, 750011*

³*The Bureau of Land Resource Yiling Autonomous County, Yichang, Hubei, China, 443100*

Email: yundf@xust.edu.cn, supz@xust.edu.cn, zhangxg0567@yahoo.cn, hanbing_1201@163.com, wqlism2008@163.com

Abstract: Based on the physical principle of warm air pressure about hot air flowing to cold air, and benefiting by theory of chimney ventilation and mine natural ventilation pressure, proposed new buildings ventilation system that is low-carbon, energy saving and environmental protection by means of natural ventilation. Developed the device with natural ventilating open connecting with the kitchen or bathroom exhaust fan. It has been installed and utility (China patent of utility model, No.: ZL 2008 2 0028241.7). Low-carbon and energy saving result is obtained by making use of the device for traditional bathroom or kitchen exhaust facilities.

Key words: low-carbon; energy saving; air pressure; natural ventilation; architecture

低碳节能建筑通风技术

袁东风¹, 苏普正¹, 张晓光², 韩占冰³, 李尚明¹

¹西安科技大学能源学院, 西安, 陕西, 中国, 710054

²中国矿业大学银川学院, 银川, 宁夏, 中国, 750011

³宜昌市夷陵区国土资源局, 宜昌, 湖北, 中国, 443100

Email: yundf@xust.edu.cn, supz@xust.edu.cn, zhangxg0567@yahoo.cn, hanbing_1201@163.com, wqlism2008@163.com

摘要: 基于物理学中的热空气向低温空气流动的流体热压作用原理、借鉴烟囱抽风和矿井通风中的自然风压理论, 提出了用于建筑物的低碳、节能、环保的自然通风方法, 研制出一种新型的联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置本装置(已获得实用新型专利, 专利号: ZL 200820028241.7)。利用本装置对卫生间或厨房排风, 可实现低碳、节能之效。

关键词: 低碳; 节能; 空气压力; 自然通风; 建筑

1 引言

建筑设施, 特别是楼房卫生间(盥洗室)或厨房通风倍受建筑设计者、施工方和业主非常关注, 渴望能有低碳、节能、环保、高效的通风技术, 以保持卫生间或厨房空气清新。在居民住宅建筑的有关国家标准、规范中, 均提倡自然通风, 通风装置能够节能、环保、科学和可持续发展。如《住宅性能评定技术标准(GB/T 50362—2005)》总则中第 1.0.2 条规定, “住宅建设必须符合国家的法律法规, 正确处理与城镇规划、环境保护和人身安全与健康的关系, 推广节约能源、节约用水、节约用地、节约用材、防治污染

的新技术、新材料、新产品、新工艺, 按照可持续发展的方针, 实现经济效益、社会效益和环境效益的统一”^[1] 《采暖通风与空气调节设计规范(GB 50019-2003)》中 5.2 自然通风 5.2.2 规定: “厨房、厕所、盥洗室和浴室等, 宜采用自然通风。当利用自然通风不能满足室内卫生要求时, 应采用机械通风。民用建筑的卧室、起居室(厅)以及办公室等, 宜采用自然通风。”^[2] 《民用建筑设计通则(GB 50352—2005)》中 7 室内环境 7.2.5 规定: “由于空气是流动的, 只有科学、合理地组织气流流动, 才能达到排污通风的作用。厨房、卫生间的排污、通风目前我国已有了明确的技术规定。而当前对住宅厨卫进

风的技术和装置尚无明确规定。厨房、卫生间的门的下方常设有效面积不小于 0.02m^2 的进风固定百叶或留有距地 15mm 高的进风缝是为了组织进风，促进室内空气循环。»^[3]

综上所述，厨房、卫生间需要科学、合理、节能和环保的自然排风装置。但遗憾的是目前的住宅楼卫生间或厨房普遍采用排气扇或抽油烟机将臭气或油烟排至排风道的方式通风，而未见有将排风道像烟囱那样用作自然排风的设计与实例。

传统的楼房卫生间或厨房通风装置是采用排气扇将其中的异味气体或油烟抽到排风道排至大气。未能从根本上取得节能、环保、高效的排风效果。特别是，当卫生间或厨房没有直通户外窗户时，就无法取消排风道而采用传统的排风设施。

基于物理学中热能原理的烟囱排烟和矿井自然风压理论，结合现行楼房建筑采用排气扇将异味气体抽到排风道排至大气这种方式本身具有的耗能大的显著缺点，迫切需要一种能充分发挥建筑物排风道的烟囱作用，与排风道和排气扇相连的带有自然排风口的实用装置，以降低排风能耗。

2 设计原理

本装置基于流体力学、热力学第一和第二定律以及能量守恒定律，通过空气热压差和排风道高度差实现自然通风。自然通风是靠自然压差促使空气流动的。当进风井筒与出风井筒地表位置的高度不同时，往往两个井筒中空气柱的重量不同，产生自然压差，也称自然风压。如图 1 为一个简化的矿井通风系统，在水平面 0-5 上，各点的大气压力均相等；在该水平面以下，由于空气的温度、湿度的不同，空气柱 0-1-2 和 5-4-3 的密度也不同，致使两空气柱作用在水平面 2-3 上的重力不等。在一个有高差的闭合回路中，只要两侧有高差巷道中空气的温度或密度不等，则该回路就会产生自然风压^[4]。

楼房卫生间（盥洗室）或厨房内排风道气温与风速 v 关系如下：室内进风口 L_1 气温 t_1 ，室外排风口 L_2 温度 t_2 ，当 $t_1 > t_2$ ，室内温度高于室外温度， L_1 处的气体密度小于 L_2 处的气体密度，风速 v 增大，空气向上运动，此时不需排风扇可进行自然排风。 $t_1 < t_2$ 室内温度低于室外温度， L_1 处的气体密度大于 L_2 处的

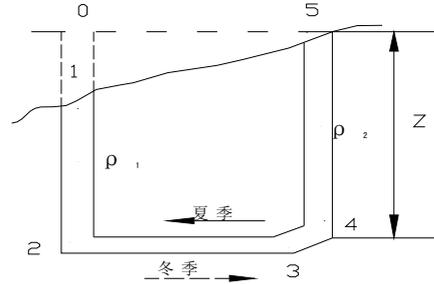


Figure 1: Ventilation system of Simple mine
图 1 简单矿井通风系统

气体密度，风速减小，空气向下运动，此时需排风扇排风。

$$v \begin{cases} \text{增大,} & t_1 > t_2 \\ \text{不变,} & t_1 = t_2 \\ \text{减小,} & t_1 < t_2 \end{cases}$$

根据以上分析，室内温度低于室外温度时，可实现自然通风，室内温度高于室外温度时，需排风扇排风。室内外温差越大，楼层高差越大，风速越高、风量越大。

3 装置设计

从排风的功能的必要性看，传统的下端直接堆到地板上（即尽头式）底层楼排风道纯属多余，既占用空间，又浪费资源（砌筑这段排风道所耗的人力、物力和财力），还留下永不能清理的“垃圾箱”。故在改造时，首先将其拆除。这段排风道带来的这些缺点随拆除而消失。其次将排风道底端移至卫生间屋顶处，并采用具有自然通风口的连接装置。考虑到在有些地方夏季室内温度低于室外温度自然风向下流动，这时就须将风口堵住。还要考虑冬季在有些地方自然通风强度过大时，将风口设置成大小可调。另外，考虑清理积尘、万一有漏水需排水时设置有可旋下的双层盖子。

联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置均由通风管 1、外旋盖 2、内旋盖 3 联接构成。

3.1 适用于底层楼房卫生间或厨房排风道与排气扇的连接装置

当排风道为圆管时，下口装置采用漏斗形更为实

用美观。为了满足不同用户的个性需求，装置形式不拘一格，可采用多种形式（如棱台形）的连接装置。

本装置，适宜于安装在住宅楼房的一层住户。这种结构的联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置，当室外的温度低于室内时，可关闭厨房或卫生间排风扇的电源，利用热空气自然流动原理，厨房的烟气可从通风管 1 下端部外旋盖 2 上的通风孔流入、经通风管 1 流到厨房的排风道排到室外；卫生间的臭气可从通风管 1 下端部外旋盖 2 上的通风孔流入、经通风管 1 流到卫生间的排风道排到室外，不消耗能源，通风效果好，厨房内的烟气、卫生间的臭气很顺利地流向排风道，克服了厨房油烟直接排到窗外而造成对室外的较低层空气的污染。当室外的温度高于室内时，室外的空气流向室内，可旋转外旋盖 2 将通风孔堵住，厨房的烟气和卫生间的臭气仍然采用排风扇排到厨房或卫生间的排风道排到室外。这种联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置，可在居民住宅楼房的一层住户使用，也可在类似的条件采用。通风管 1 的形状为棱台形管（如图 2 所示），横截面为矩形管，通风管 1 的大面积端头与厨房或卫生间排风道联接，联结方式采用插接，也可采用用胶粘接，还可采用螺纹紧固联接件固定联接。

通风管 1 为双通管，通风管 1 的形状为收敛形管，横截面为圆形管，在通风管 1 的侧壁上加工有排风口 a，排风口 a 通过管道与厨房或卫生间的排风扇相联通，用于将厨房内的油烟或卫生间的臭气排到厨房或卫生间排风道内。通风管 1 的小面积端自然通风口内安装有内旋盖 3，内旋盖 3 上加工有通风孔，通风管 1 的小面积端外联接有外旋盖 2，外旋盖 2 上加工有通风孔。通风管 1 与厨房或卫生间的排风道以及与排风扇的联接关系与棱台形管相同。这种结构的联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置，可在居民住宅楼房的排风道为圆形管道的一层住户使用。

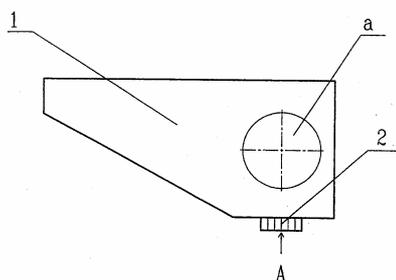


Figure 2: Bevel-shaped device
图 2 棱台形装置

3.2 内、外旋盖

通风管 1 的小面积端自然通风口内安装有内旋盖 3，内旋盖 3 上加工有通风孔（如图 3 所示），通风管 1 的小面积端外联接有外旋盖 2，外旋盖 2 上加工有通风孔，外旋盖 2 与通风管 1 的小面积端头采用插接的联接方式，也可采用卡扣搭接的联接方式，还可采用螺纹的联接方式，旋转外旋盖 2，可调整通风管 1 的通风量。当旋转外旋盖 2，使得外旋盖 2 上的通风孔与内旋盖 3 上的通风孔对正时，通风管 1 的通风量最大；当旋转外旋盖 2，使得外旋盖 2 上的通风孔与内旋盖 3 上的通风孔一部分堵塞时，通风管 1 的通风量随通风孔的开大而增大；当旋转外旋盖 2，使得外旋盖 2 上的通风孔与内旋盖 3 上的通风孔堵塞时，通风管 1 下端关闭。内旋盖 3、外旋盖 2 还可以旋下，以清理渣尘或排出积水^[5]。

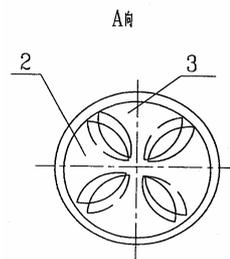


Figure 3: Schematic diagram: combination of internal and external screw cap
图 3 内外旋盖组合示意图

3.3 适用于二层及其以上楼房卫生间或厨房排风道与排气扇的连接装置

通风管 1 为三通管，即 T 形管（如图 4）。通风管 1 的一水平端与厨房或卫生间的排风道相联通，通风管 1 的另一水平端与联通管 4 连为一体，联通管 4 与厨房或卫生间的排风扇相联通，通风管 1 的垂直方向与通风管 1 连为一体有清洁通风管 5。清洁通风管 5 端部自然通风口内端安装有内旋盖 3，内旋盖 3 上加工有通风孔，清洁通风管 5 外端联接有外旋盖 2，外旋盖 2 上加工有通风孔。

当室外的温度低于室内时，可关闭厨房或卫生间排风扇的电源，利用热空气自然流动原理，厨房的烟气可从清洁通风管 5 端部外旋盖 2 上的通风孔流入、经通风管 1 流到厨房的排风道排到室外，卫生间的臭气可从清洁通风管 5 端部外旋盖 2 上的通风孔流入、经通风管 1 流到卫生间的排风道排到室外，不消耗能

源。

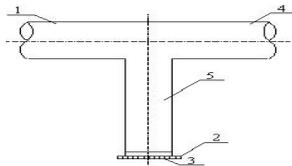


Figure4: T shap ventilation pipe
图 4 三通管

当室外的温度高于室内时,室外的空气流到室内,可旋转外旋盖 2 将通风孔堵住,厨房的烟气和卫生间的臭气仍然采用排风扇排到厨房或卫生间的排风道排到室外。清洁通风管 5 内积存污物时,可在清洁通风管 5 将污物取出。这种结构的联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置,可在居民住宅楼房二层以上的住户使用。

此装置已获实用新型专利。证书复印件附后。

4. 装置应用

传统的楼房卫生间或厨房通风方式是采用排气扇将其中的异味(气体)或油烟抽到排风道排至大气。显然,这种方式存在能耗较大、特别是排风道采用水泥预制或砖砌时,占用空间大,而且,装修贴瓷片因存在两阴角一阳角,施工麻烦,浪费瓷片。贴瓷片后,排风道占用空间更大。目前,有的楼房设计施工时,对有窗户的卫生间或厨房取消了排风道,而采用排气扇将其中的异味(气体)或油烟直接抽排到窗外。也有采用管道取代水泥预制或砖砌的排风道以简化施工、减小占用空间。尽管如此,仍未能从根本上收到节能、环保、高效的排风效果。当卫生间或厨房没有直通户外窗户时,就无法取消排风道而不得不采用传统的排风方式。

5 应用效果、效益估算及推广前景

5.1 应用效果

此装置已在第一笔者家中(楼房一层)卫生间中实验性试用,效果良好。卫生间在冬季可以实现连续(每日 24 小时)自然通风。连续向上的空气循环,保持卫生间无异味,而且室内不潮湿,室内始终空气新鲜。

5.2 经济效益和社会效益

5.2.1 经济效益

①微观经济效益

我国北方冬季较长且较冷、特别是东北、西北地

区冬季更长、更冷,室内一般都有暖气,室内外温差较大。以笔者所在的西安市为例,冬季供暖时间为当年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日,取暖期 4 个月。可保守估算一下,若一个家庭的卫生间排气扇工作 30min/d,那么冬季此家庭的卫生间排气扇共工作 60h。目前家庭卫生间使用的排风扇功率一般为 100w,则冬季该家庭卫生间排风扇耗电量为 $0.1\text{kw}\times 60\text{h}=6\text{kwh}$ 。如果改用此装置则节省 6 kwh 电。按当前电费 0.6 元/kwh 计算,一个家庭一年就要节省 $0.6\text{元}/\text{kwh}\times 6\text{kwh}=3.6\text{元}$,20 年就要节省 72 元。每年排气扇还可少开 4 个月,即每年延长排气扇寿命 4 个月。

②宏观经济效益

节约电能。我国提倡节约型社会和和谐、可持续发展的科学发展观并积极参与国际低碳、节能、环保议定书签订,承诺降低 CO_2 排放量。基于上述分析,以西安市楼房住户为例,保守估计为 200 万户,那么一年就可以节省电费 $200\text{万户}\times 3.6\text{元}/\text{户}=720\text{万元}$ 。毋庸置疑,全国范围内,所有的家庭如果均使用此装置,那么一年节省的电费就更为可观。

国家发改委提供的数据显示,目前火电厂平均每 kwh 供电煤耗 360g 左右,即 1kg 标准煤可以发 3kwh 的电,那么 1kwh 电需 1/3kg 的标准煤。如上述,一个家庭每年可节省 6 kwh 电,也就是节省 $6\text{kwh}\times 1/3\text{kg}/\text{kwh}=2\text{kg}$ 标准煤,那么西安市的楼房住户将节省 $200\text{万户}\times 2\text{kg}/\text{户}=2000\text{t}$ 。全国范围内,仅考虑 5 亿城镇人口,若平均每户 5 口人,则有 1 亿户;若仅考虑北方住户约 0.5 亿户,一年节省的煤将达 1Mt。1kg 标准煤相当于 1.43kg 原煤。则节省 143 万 t 原煤。

节约水资源,减少有害气体排放。火电厂每发一度电将使用 1/3kg 的标准煤和 4L 净水,同时排放 0.272kg 粉尘、0.997kg CO_2 和 0.003kg SO_2 。此装置的使用还会减少对水资源的使用和有害气体的排放,特别是温室气体的排放,抑制全球气候变暖,更有利于室内的自然排风的良性循环。

5.2.2 社会效益

此装置的生产与应用无疑会带来可观的社会效益。首先可收到良好的节能减排之效,改善人居环境,提高生活质量;其次,充分利用资源,提供更多的就业岗位,促进社会和谐、持续发展,即科学发展。

5.3 推广应用前景

本装置制作所用原料充足,加工安装方便。无毒、防潮的板材均可利用,如边角料木板、石膏板、塑料

板等材料，可以拼装也可一次压制成型加工。可小规模作坊式加工，也可建厂规模生产。此装置也可推广用于非住宅建筑（如仓库、厂房等）排风。

国家对民用建筑或非民用建筑提倡环保、节能和科学的发展。如果本装置的采用能够纳入国家建筑规范中有关住宅厨卫排风的技术和装置的强制性设计规范，将现有及建设中的住宅厨卫排风按此装置进行改造或拟建的住宅或工业建筑采用此装置排风，其推广应用前景十分广阔。

6 结论

当今社会，人们生活水平的提高，城市化步伐加快，上海世博会的主题就是城市让生活更美好。工业的快速发展消耗大量能源。节约能源已成为人类亟待解决的重大科学研究和社会问题。我国是一个发展中的人口大国，国家的经济增长速度主要是在工农业发展的基础上提高的，这也给最基础的电力供应带来了相当大的压力，节能降耗任重道远。

1. 利用具有自然通风功能的此装置对建筑排风进行改造，可实现节能减排，减少投资，缓解供电压力，提高经济效益；

2. 此项技术无论对旧楼改造或新楼建筑的卫生间或厨房利用向上的自然风流节能排风，都具有广阔的推广前景，对建筑设计新理念的树立和建筑规范的修订具有积极的促进作用，

3. 此项技术对改善人类居住环境，提高生活质量，促进低碳、节能、环保具有重大现实意义。

总之，此项技术的广泛使用必将产生良好的经济效益和巨大社会效果。

References (参考文献)

- [1] The People's Republic of China Ministry of Construction. The People's Republic of China national standard assessment of technical standards for residential properties (GB/T 50362—2005)
中华人民共和国建设部. 中华人民共和国国家标准住宅性能评定技术标准 (GB/T 50362—2005)

- [2] The People's Republic of China Ministry of Construction. Heating, ventilation and air conditioning design of the People's Republic of China national standard (GB50352-2005)
中华人民共和国建设部. 中华人民共和国国家标准采暖通风与空气调节设计规范 (GB 50019-2003)
- [3] The People's Republic of China Ministry of Construction. General civil design of the People's Republic of China National Standard (GB50352-2005)
中华人民共和国建设部. 中华人民共和国国家标准民用建筑设计通则 (GB50352-2005)
- [4] Zhou henda. Engineering Fluid Mechanics. Metallurgical Industry Press, 2002
周亨达. 工程流体力学. 冶金工业出版社, 2002
- [5] Zhang guoshu. Ventilation security studies. China Mining University Press, 2004
张国枢等. 通风安全学. 中国矿业大学出版社, 2004

附:

“联接厨房或卫生间排风道与排气扇的带有自然通风口装置”获实用新型专利（专利号：ZL 200820028241.7）证书复印件。

