

# 厦门大学 2013 国际太阳能 十项全能竞赛风环境模拟\*

郑婷婷<sup>1</sup>, 王波<sup>1,2</sup>

(1.厦门大学建筑与土木工程学院, 厦门 361005; 2.厦门大学能源研究院, 厦门 361005)

**摘要:** PHONICS 是英国 CHAM 公司开发的模拟传热、流动、反应、燃烧过程的通用 CFD 软件。基于对厦门大学 2013 国际太阳能十项全能竞赛方案的模拟, 旨在探索一种 PHOENICS 软件与建筑设计结合的方法。通过对建筑设计方案的通风模拟, 分析评估室内风环境对建筑热舒适的影响, 并对方案进行优化。

**关键词:** PHONICS; 风环境模拟; 太阳能十项全能竞赛; 室内通风

**中图分类号:** TU201.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2014)03-0067-05

## Wind Environment Simulation of Xiamen University's Entries in Solar Decathlon China 2013

ZHENG Ting-ting<sup>1</sup>, WANG Bo<sup>1,2</sup>

(1. Architectural and Civil Engineer School, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. School of Energy Research, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** PHONICS which is created by the CHAM company is a general CFD software developed to simulate heat transfer flowing, reaction and the combustion process. A method of PHOENICS software combined with architectural design is explored by simulating design plan of Xiamen University in 2013 international Solar Decathlon (SD). Through the ventilation simulation of architectural design, the effect of indoor air environment to the building thermal comfort is analyzed and assessed, furthermore, the design scheme is optimized.

**Keywords:** PHONICS; the wind environment simulation; Solar Decathlon; indoor air ventilation

## 0 引言

风是物理环境中很重要的组成部分, 我们的生活时刻与之相关。风是空气的流动, 它能加速人体皮肤热量的流动, 带走人体和房间多余的水分, 是“回归自然”的重要因素, 想要摆脱空调等设备, 室内风环境的设计必不可少, 好的室内风环境设计能够有效减少人使用辅助设备的频率, 它也是室内环境健康评价的标准之一。

国际太阳能十项全能竞赛(Solar Decathlon, SD)是由美国能源部发起并主办的、以全球高校为参赛单位的太阳能建筑科技竞赛。目的是借助世界顶尖研发、设计团队的技术与创意, 将太阳能利用与建筑设计一体化的新方式紧密结合, 设计、建造并运行一座功能完善、舒适、宜居、具有可持续性的太阳能居

收稿日期 2013-09-17; 修回日期 2013-10-15

\* 基金项目: 福建省经贸委课题“绿色建筑一体化研究

住空间, 从而证明单纯依靠太阳能的住宅, 一样可以是功能完善、舒适而且具有可持续性的居住空间。竞赛要求所有生活用电全部来自太阳能, 房屋的舒适性也有量化的要求, 如室内温度控制在 25℃左右。在风环境上达到室内通风良好舒适的效果就能很大程度上保障热环境的舒适性, 所以通风设计显得尤其重要。

通过厦门大学参赛作品设计方案的风环境模拟, 分析室内风环境, 旨在探索一种风环境模拟软件与建筑设计结合的方法, 并结合室内光环境和建筑能耗的整体模拟对建筑设计方案提供修改的意见及分析。

## 1 PHOENICS 软件介绍

PHOENICS 是英国 CHAM 公司开发的模拟传热、流动、反应、燃烧过程的通用 CFD 软件, 全称为 Parabolic Hyperbolic or Elliptic Numerical Integration Code Series。PHOENICS 软件是世界上第一套计算

流体与计算传热学商用软件,即只要有流动和传热都可以使用Phonics程序来模拟计算,可以直接读入CAD软件建立的模型,使复杂几何体的生成更为方便,边界条件定义简单,数值输入后可自动生成网格。操作步骤如图1所示。

操作思路:

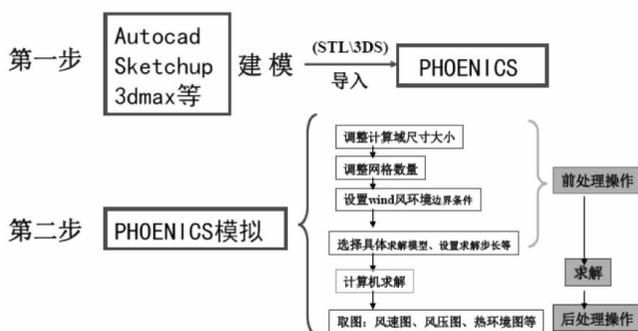


图1 PHOENICS软件操作思路(来源:上海飞熠公司教程)

风洞实验表明:当风吹向建筑时,因受到建筑物的阻挡,会在建筑的迎风面和背风面之间的压力差即可实现空气的自然流通,形成风气场。处于风场中的太阳能住宅对于来流风的阻塞作用改变了周围的流场分布,使建筑周围的流场活动变得复杂。PHOENICS软件正是以这样的原理为基础,采用计算流体力学的实验原理,对太阳能十项全能竞赛厦门大学参赛方案进行风环境的模拟预测,通过形象的流场图来了解太阳能住宅室内气流流动情况。

## 2 风环境模拟

风速的大小对人体的热舒适性有重要影响作用,空气的加速流动使得人体热舒适有明显的改变。当温度和湿度到达一定高值时,人体要保持热平衡,乃至后续达到热舒适的程度,最好的方式就是增加空气流动的速度,加强人体与环境的对流换热,故空气流速的微量增加对人体的热舒适有明显的改善,室内风速

最好能达到0.25~1.0 m/s。由于通风的降温作用,对于处于8月份的炎热的山西大同,良好的风场环境是达到人居热舒适的必要条件之一。

大同市位于东经112°15'~114°15',北纬39°00'~40°30',地处中温带大陆性半干旱季风气候区。夏季气候温暖,主吹北风,冬季盛行西北风。大同夏季主吹北风,平均风速为2.3 m/s。所以模拟的风环境以此为依据对太阳能住宅进行风环境模拟。

### 2.1 初始方案风环境模拟

初始方案平面图、立面图与透视图如图2所示。

模拟结果如图3所示(初始方案平面图部分)。

从图3(a)、(b)、(c)、(d)可以看出,太阳能住宅在门窗全部对外开敞的状态下,室内大部分的风速分布处于0~1.3 m/s之间,迎风面的风速接近主导风风速,背风面形成涡流区,建筑相对于风向的两侧风速达到最大。室内在餐厅、中央玻璃走廊和卧室之间——风向一致的直线上的门窗之间围和的区域风速较大,在1.0~1.3 m/s之间。而室内其他部分的房间的风速则较小,基本维持在0~0.8 m/s之间。

模拟结果如图4所示初始方案剖面图部分。从图4(a)、(b)、(c)、(d)可以看到,风速基本维持在0.3~1.3 m/s之间(其中迎风处的房间室内风速较大,背风处较小),只有室内在餐厅、中央玻璃走廊和卧室之间——风向一致的直线上的门窗之间围和的区域风速较大,在1.0~1.3 m/s之间。

从综合图3、4可以看出,室内风速分布不够均匀,客厅局部、餐厅局部和卧室局部(与风向一致方向上开门窗)风速在1.0~1.3 m/s之间,而在卧室靠东侧形成局部静风区,在中央走廊附近的区域风速较大,而在厨房和卫生间部分风速却很小。

### 2.2 最终方案风环境模拟

最终方案平面图、立面图与透视图如图5所示。

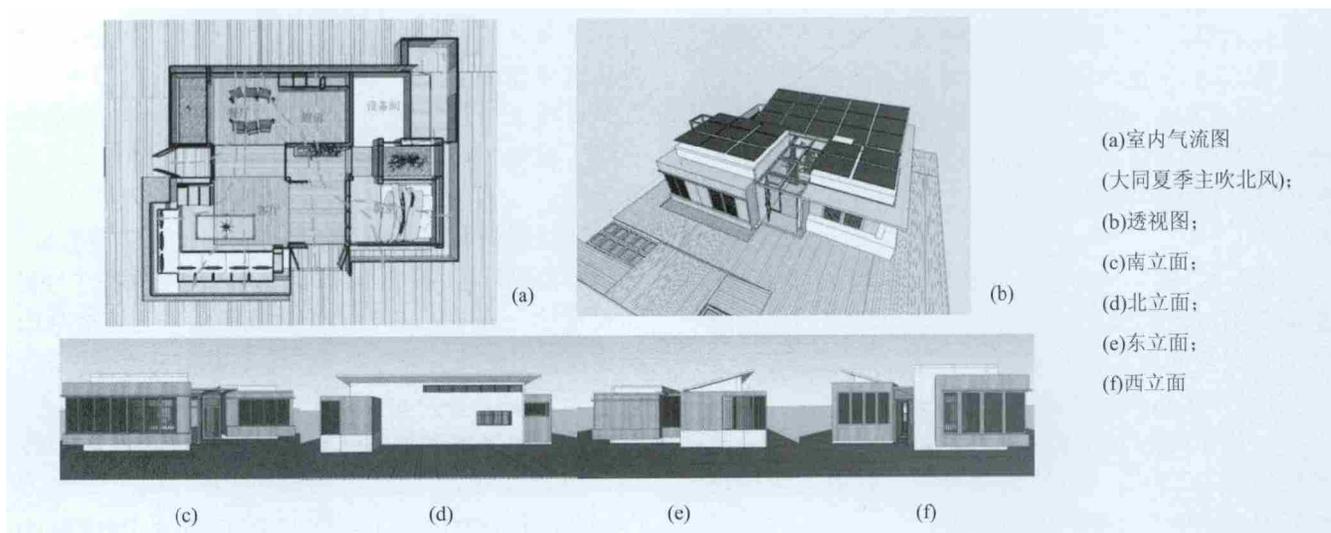
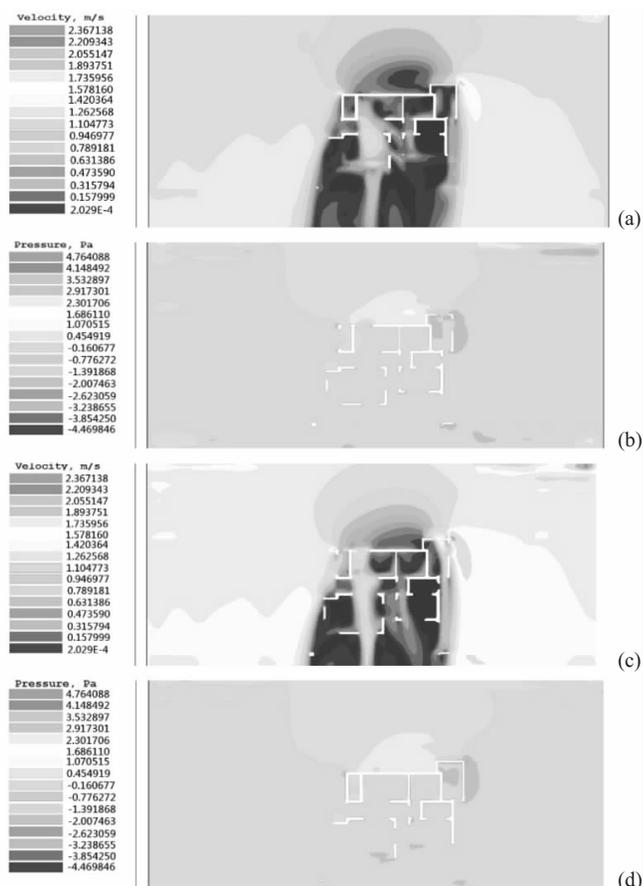
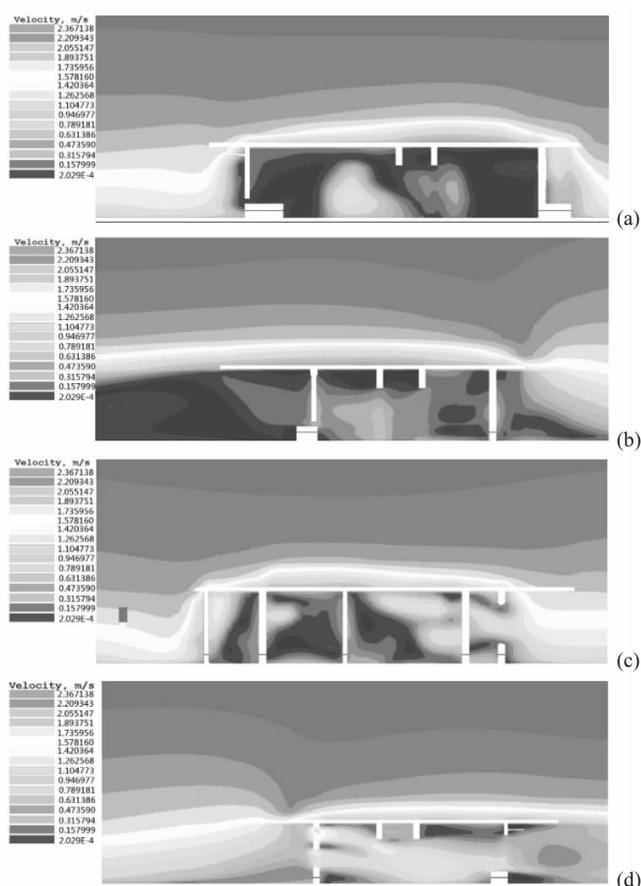


图2 初始方案



(a)初始方案在0.8 m处风速 (b)初始方案在0.8 m处风压;  
(c)初始方案在1.5 m处风速 (d)初始方案在1.5 m处风压

图3 初始方案模拟结果(平面部分)



(a)为西切面—室内左为餐厅、中间为走廊、右为客厅;  
(b)为东切面—室内左为卧室、右为卫生间;  
(c)为南切面—室内左为客厅、中为走廊、右为卧室;  
(d)为北切面—室内从左到右依次为设备间、卫生间、厨房、餐厅、小庭院

图4 初始方案模拟结果(剖面部分)

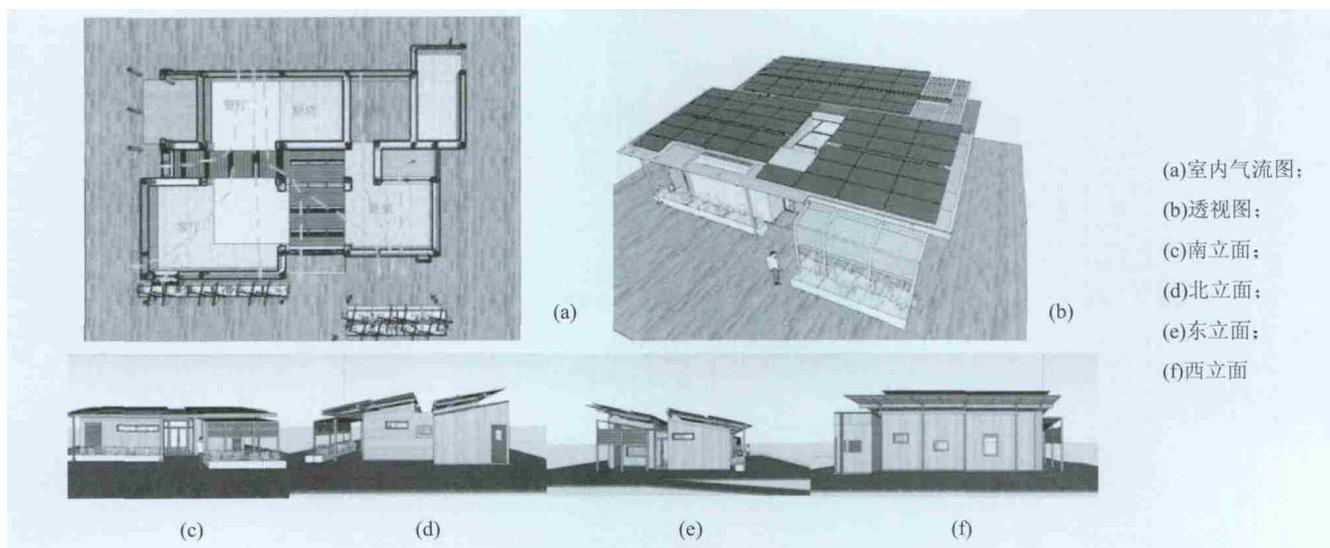


图5 最终方案

(a)室内气流图;  
(b)透视图;  
(c)南立面;  
(d)北立面;  
(e)东立面;  
(f)西立面

参赛作品初始方案的通风效果经过分析是比较良好的通风方案,主要瑕疵是在模拟大同8月的风环境时,由于有些门窗开在与风向方向一致的一条直线上,导致局部风速较大,室内风场分布不均匀,

在中央走廊附近的区域风速较大,而在厨房和卫生间部分风速却很小,并且更重要的是出于能耗方面的考虑,初始方案在开窗上虽然已经很节制,但还是略显得开窗面积有些大,最终方案主要是将窗的面

积进行调整。

为了改善这种情况,我们针对影响此区域通风效果的门窗洞口进行调整,将门窗开启方式进行了改进,具体调整措施为:在立面上,主要将北面厨房与餐厅所在区域的横向高窗删除,并将窗口面积进行分散,分隔成在纵向位置略有差别的3个小窗,南向窗口开口位置也进行整体调小,将原来南面一整片的百叶窗改成一个竖向小百叶窗和横向高窗;在平面上,避免了初始方案将南北方向窗开在一条直线上的做法,使窗在平面上略有偏移;同时,取消了中央玻璃走廊与餐厅链接部分开窗的做法,避免了中央玻璃走廊与餐厅的窗开在一条直线上,另外在中央玻璃走廊上开了4扇天窗。最终方案虽然在立面开窗上面积减少,但同时增开了4扇天窗。开窗位置如图5(b)所示。

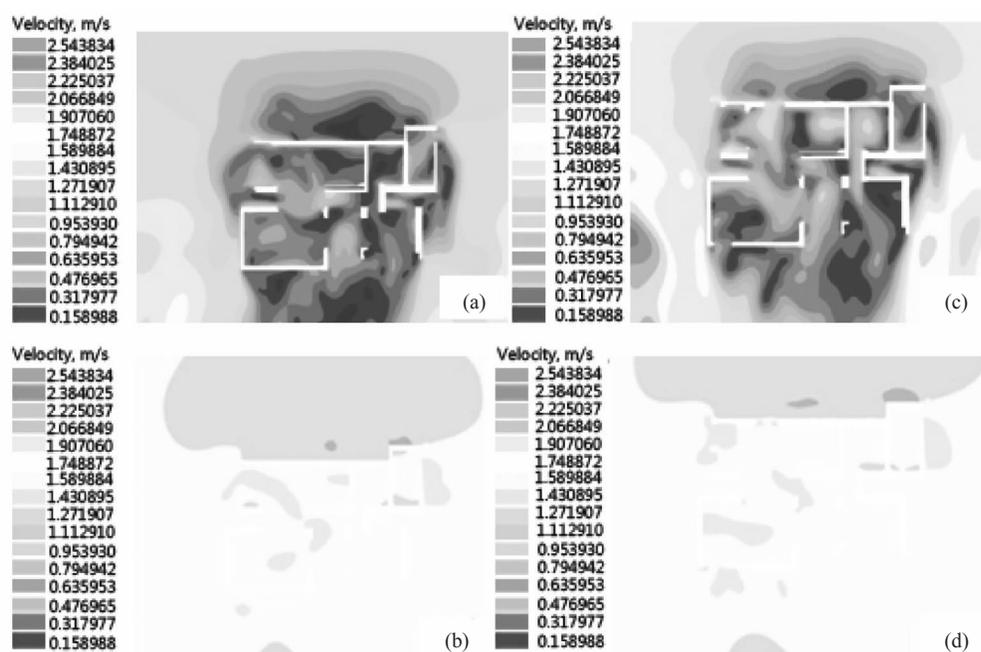
最终方案的模拟结果如图6、图7所示。

图6(a)、(b)、(c)、(d)为模拟竞赛最终方案风环境的结果——平面图部分,太阳能住宅在门窗全部对外开敞的状态下,室内大部分的风速分布处于0~1.5 m/s之间。北面为迎风正压区,南面为背风负压区,形成空气流动。天窗的开启改善了客厅、卧室、厨房餐厅部分的通风情况,这些区域的平均通风速度有了提高,客厅区域大面积风速均匀平和,在中间走廊、客厅和餐厅厨房区域形成较好的空气流动,室内各处的风速也都是满足人体舒适度要求的。最终方案由于窗口面积的减小,室内风环境虽然在客厅和餐厅厨房区域(南北方向直线上)的风速较大区域没有初始方案面积大,但室内风场分布明显均匀许多,虽然将开窗面积

减小,但同时增开了天窗,风环境模拟结果显示室内风速的均匀分布相比初始方案有了很大的改善。

图7(a)、(b)、(c)、(d)纵向剖面图可以看到风速基本维持在0.3~1.5 m/s之间(其中迎风处的房间室内风速较大,背风处较小),只有室内在餐厅、中央玻璃走廊和卧室之间——风向一致的直线上的门窗之间围和的区域风速较大,在0.9~1.5 m/s之间。室内在餐厅、中央玻璃走廊和卧室之间——风向一致的直线上的门窗之间围和的区域风速较大,在0.9~1.5 m/s之间。而室内其他部分的房间的风速则较小,基本维持在0~0.6 m/s之间。且改后方案的室内风场的均匀性比初始方案有了明显改善。

综合初始方案平面图和剖面图,可以看出室内风速分布不够均匀,客厅局部、餐厅局部和卧室局部(在与风向一致方向上开门窗)风速在0.9~1.5 m/s之间,而在卧室靠东侧形成局部静风区。最终方案避免了南北方向上窗在一条直线上的做法,将窗在立面上调小(主要为能耗考虑),同时打开4扇天窗,并将窗在平面的位置进行调整,模拟结果显示室内风速虽然整体减小,但均匀度提高很多。这种调整不以牺牲人在室内的舒适度为代价,同时,达到了能耗方面的大节约的设计准则,这是我们团队希望得到的结果。厦门大学参赛作品在强手如林的2013年国际太阳能竞赛(Solar Decathlon)竞赛当中,最终获得国内排名第三、国际排名第六的优异成绩,其中建筑风环境模拟设计无疑起到关键作用。如图8所示为厦门大学参赛作品的实景照片。



(a)最终方案在0.8 m处风速 (b)最终方案在0.8 m处风压 (c)最终方案在1.5 m处风速 (d)最终方案在1.5 m处风压

图6 最终方案风环境模拟(平面部分)

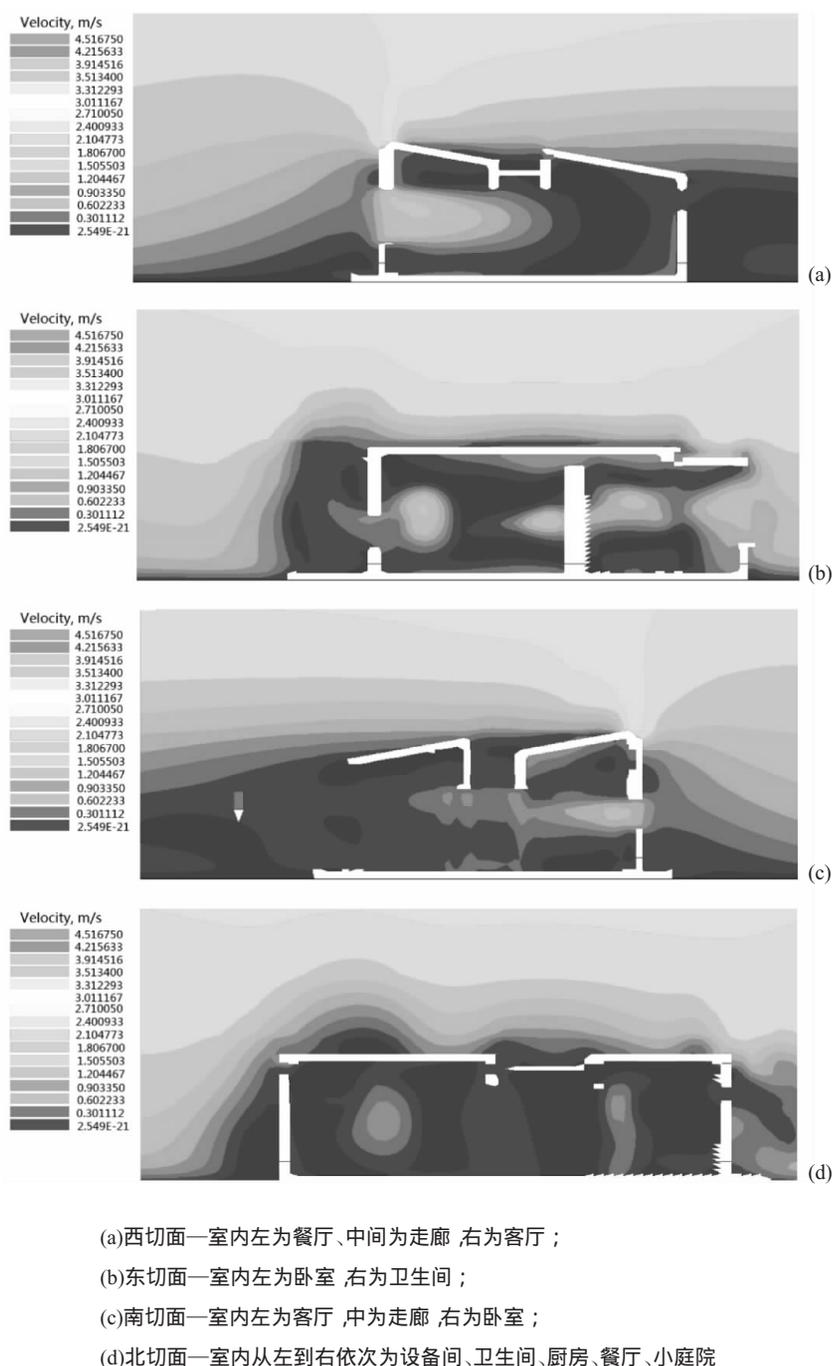


图7 最终方案风环境模拟(剖面部分)



图8 参赛作品建成后的实景照片

### 3 结语

用 PHONICS 对厦门大学参赛作品设计方案室内风环境进行模拟,可以明确地看出室内不符合人体舒适性要求的区域。参赛作品初始方案主要存在室内风场分布不均匀,在中央走廊附近的区域风速较大,而在厨房和卫生间部分风速却很小等问题。在模拟大同 8 月的风环境时,由于有些门窗开在与风向方向一致的一条直线上,导致局部风速较大。为了改善这种情况,我们针对影响此区域通风效果的门窗洞口进行调整,将门窗开启方式进行了改进,结合光环境模拟和能耗部分,对方案进行了调整,改后方案的室内风环境有了明显改善,室内风场分布较均匀,室内各处的风速都能达到令人愉悦的效果。

PHONICS 在与其他流体软件对比做建筑的风环境模拟时,参数设置上考虑到建筑学专业对流体原理上不够深入了解的特点,不仅参数容易理解,操作方法也简便。在模型导入上,能够由 CAD 图纸和 SU 建模上直接导入,模拟简单易行;在模拟结果上,数值化和图像化的结果直观,是一款与建筑结合得良好的风环境模拟软件,该软件对建筑方案初始阶段的方案分析调整和最终方案的结果分析具有很大的应用价值。通过“模拟-分析-再模拟-再分析”的过程循环往复,直至修改后的方案满足通风的人体舒适性要求为止。室内通风在建筑室内热环境上扮演着重要的角色,与人体舒适度息息相关,应该受到重视。

#### 参考文献:

- [1]刘加平.建筑物理[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [2]中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系.中国建筑热环境分析专用气象数据集[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [3]宋德萱.节能建筑与技术[M].上海:同济大学出版社,2003.
- [4]上海飞熠公司.PHONICS 软件教程[Z].
- [5]陈飞.建筑风环境[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

作者简介: 郑婷婷(1989)女,福建人,硕士在读,建筑技术专业。

通讯作者: 王波(1965)男,天津人,博士,副教授,注册建筑师,硕士生导师,从事城市生态环境与节能工作。