

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.04.020

新型建筑外门窗保温性能检测装置设计与实现

李聪¹, 李春梅¹, 周志群¹, 张瑞芳²

(1. 济南大学自动化与电气工程学院, 济南 250022; 2. 济南大学工程训练中心, 济南 250022)

摘要:介绍了一种新型建筑外门窗保温性能检测装置的设计与实现。装置基建设计采用硬泡聚氨酯夹芯板作为热室和冷室内环境的墙壁,采用聚苯乙烯泡沫夹芯板作为外环境墙壁,可现场安装,效果良好;计算机测控系统主要采用现场总线技术,温度、电量采集单元,控制单元、输出单元全采用总线与上位机相连。计算机测控软件采用VB.NET及Access数据库编写,人机界面好,运行可靠。该装置可满足国家标准要求的测控功能,出具实际的门窗传热系数等内容报告。装置可实现全自动检测,具有自诊断功能。该装置已得到应用。

关键词:聚氨酯;聚苯乙烯泡沫板;保温性能检测;温度模块;VB.NET;调节仪表;传热系数

中图分类号: TP223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)04-0086-05

Design and Implementation of New Detection Device for Thermal Insulating Properties of Doors and Windows

Li Cong¹, Li Chunmei¹, Zhou Zhiquan¹, Zhang Ruifang²

(1. School of Electrical Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China; 2. Engineering Training Center, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Abstract: The design and implementation of a new detection device for thermal insulating properties of doors and windows were introduced. The device infrastructure design adopts the rigid polyurethane foam sandwich panel as the internal environment wall of the hot cell and the cold cell and the polystyrene foam board sandwich panel as the external environment wall. It allows field installation and has good effect. Computer measurement and control system is mainly used fieldbus technology which connects the temperature, power acquisition unit, control unit, output unit with the upper computer. Computer measurement and control software was realized by adopting the VB.NET and Access database which has a good human machine interface and reliable operation. The device can meet the required measurement and control function of the national standard, and can report the actual heat transfer coefficient of doors and windows and so on. It can realize automatic detection and has the self-diagnosis function. The device has been applied.

Keywords: polyurethane; polystyrene foam board; thermal insulation performance testing; temperature module; VB.NET; monitoring instrument; heat transfer coefficient

建筑围护结构作为建筑物内外可直接交互的物理界面,是影响室内热环境质量和建筑能耗最主要的部分之一,据统计幕墙门窗等围护结构由于热传导、热辐射及对流造成的能耗在建筑总能耗中所占的比例约为72%。由此用于加热或冷却所消耗的电力能源也不断增加,这与我国的能源发展战略是相悖的。因此,门窗节能就成为建筑节能中十分重要的一部分^[1]。

国外的门窗保温性能检测主要是在实验室内完成,在稳定状态下检测门窗的保温性,主要采用标定热箱法。北美地区的门窗性能研究和检测方法包括了保温和隔热性能,特别是在有遮阳情况下复杂门窗的隔热性能检测处于世界领先水平。北美的纬

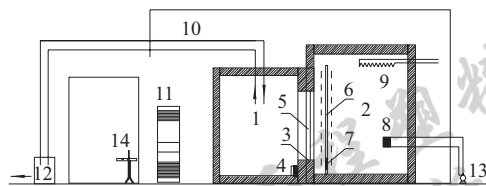
度,多样的气候条件都与我国相似,因此其检测方法对我国很有借鉴意义。他们采用的检测方法主要有以下两种:(1)基于太阳辐射模拟的检测方法。该检测方法的设备是由加拿大标准及评价组织发起的;由加拿大自然资源协会资助。检测设备于1893年3月在加拿大国家太阳能实验室建成。这台原型设备可检测建筑门窗的太阳得热系数和“白天”的传热系数,目的在于在评价能耗的层面上建立标准的门窗检测方法。该方法是在内部热箱的热量平衡基础上进行。检测的过程分为两个不同的阶段试验确

联系人:李聪,副教授,硕士生导师,主要从事检测技术与自动化装置,智能控制,嵌入式仪器仪表的研制

收稿日期:2014-01-16

定试件的性能因子和根据试验结果计算试件的传热系数。(2) 劳伦斯伯克利国家试验室的门窗现场检测方法: 该设备是由两个并排的保温热流检测箱组成, 能同时检测两个门窗在真实的室外条件下的性能。它能在门窗实际的使用环境下逐时地测量通过窗户的净热流。此检测设备能直接检测太阳辐射得热, 能确定多种门窗的性能。

在建筑外门窗的测试标准方面, 我国有 GB 710-2008《建筑外窗空气渗透性能分级及其检测方法》, GB/T 8484-2008《建筑外窗保温性能分级及其检测方法》^[2], GB/T 2680-1994《建筑玻璃可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》等。目前窗户保温性能的检测方法主要是在实验室中进行的保护热箱法, 外窗保温性能的测试系统由热箱、冷箱、加热器、制冷机、对流风机、测温系统等组成^[3]。其装置构成如图 1 所示。



1—热箱; 2—冷箱; 3—试件框; 4—电加热器; 5—试件; 6—隔风板;
7—风机; 8—蒸发器; 9—加热器; 10—环境空间; 11—空调器; 12—
控湿装置; 13—冷冻机; 14—温度控制与数据采集系统

图 1 检测装置示意图

该装置是基于稳定传热原理, 采用标定热箱法检测窗户保温性能。试件一侧为热箱, 模拟采暖建筑冬季室内气候条件, 另一侧为冷箱, 模拟冬季室外气候条件。在对试件缝隙进行密封处理, 试件两侧各自保持稳定的空气温度、气流速度和热辐射条件下, 测量热箱中电暖气的发热量, 减去通过热箱外壁和试件框的热损失, 除以试件面积与两侧空气温差的乘积^[4], 即可计算出试件的传热系数 K 值 (K 值为在稳定传热条件下, 外窗两侧空气温差为 1°C , 单位时间内通过单位面积的传热量, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)。试件 K 值按下式计算:

$$K = \frac{Q - M_1 \cdot \Delta\theta_1 - M_2 \cdot \Delta\theta_2 - S_1 \cdot \Lambda \cdot \Delta\theta_3 - S_2 \cdot \Lambda \cdot \Delta\theta_4}{A \Delta t}$$

式中: Q 为加热器的加热功率; $M_1 \cdot \Delta\theta_1$ 为热箱的热损失; $M_2 \cdot \Delta\theta_2$ 为试件框的热损失; $S_1 \cdot \Lambda \cdot \Delta\theta_3$ 为填充板热损失; $S_2 \cdot \Lambda \cdot \Delta\theta_4$ 为绝缘板的热损失; A 为试件面积; Δt 为试件两侧的温差。同理依据标

准^[2]公式可测得门窗抗结露因子。

1 检测装置基建部分

基建部分结构基本上采用国家标准^[2]设计, 综合考虑保温系统的保温性能、安全性能和施工性能等因素, 采用硬泡聚氨酯夹芯彩钢板作为热室和冷室内环境的外墙^[5], 厚度为 150 mm ; 热室和冷室之间采用 300 mm 厚的聚氨酯夹芯板, 中间是安放试件的窗口。检测装置基建示意图如图 2 所示。注意冷室与热室之间不能用彩钢板衔接, 以防金属传热, 不仅浪费能量, 且影响数据准确性。内环境距离地面约 500 mm , 用金属支架支撑。聚氨酯是现代塑料工业发展最快的品种之一, 因其卓越的性能而被广泛应用于国民经济众多领域^[6]。采用“聚氨酯夹芯彩钢板”不仅使外形更加美观, 而且由于采用内层钢板全密闭结构, 解决了由于冷室结露、积水造成长期使用降低冷室保温效果的难题。门窗实验室一般是建立在室内, 为节省成本外环境采用成本较低的聚苯乙烯泡沫板夹芯板制成^[7], 厚度为 10 mm 。该实验室可测试件尺寸在 $2100 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm}$ 之内的各类门窗, 测小号窗体时, 可采用密度为 $21 \text{ kg}/\text{mm}^3$ 左右聚苯乙烯泡沫板作为填充板, 门窗与窗口壁形成的中间夹缝可用气雾罐聚氨酯泡沫填缝剂、胶带等密封。该装置实验室内环境外形尺寸 $3700 \text{ mm} \times 2700 \text{ mm} \times 3200 \text{ mm}$, 外环境尺寸 $800 \text{ mm} \times 3800 \text{ mm} \times 4000 \text{ mm}$ 。

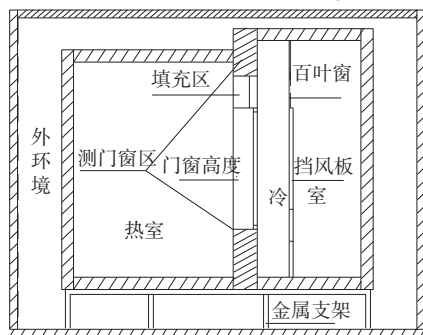


图 2 检测装置基建示意图

2 检测装置测控系统硬件设计

计算机测控系统主要采用现场总线结构, 上位机采用一般办公室使用的计算机即可, 现场输入输出信号都采用 RS485 总线结构传输, 如图 3 所示。温度采集采用基于总线技术的 8 路智能热电偶温度采集模块^[8]。控制执行部件采用基于 RS485 总线的并行输出接口模板。这样测控系统通过总线可读取各温度模块的温度值, 通过总线实现各执行部件的控制。该测控系统还具有自诊断功能, 即任意一

测温点的温度探头出现故障,计算机可自动排除该点产生的影响,并显示故障点位置,而不影响整个测试过程的进行。整个测控系统温度采样周期约 5 s(智能模块采集 8 路时间为 1.5 s),响应时间很快。该测控系统运行可靠,且功能齐全。可实现手动、全自动检测;自诊断,监测功能;标定实验自动测试功能;全过程存储实验记录、打印原始数据功能。

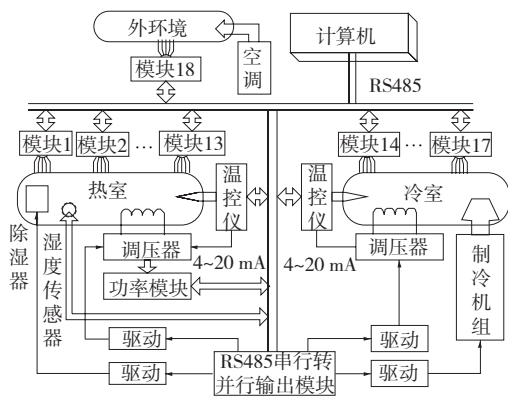


图3 计算机测控系统硬件框图

2.1 热室测控系统

热室内部采用 13 个模块,温度传感器布点数量:空间 16 点,内表面 30 点,外表面 30 点,试件框 20 点,试件表面 9 点。采用自主研发的高精度测温模块^[8],测温精度 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$ 。温度控制采用日本岛电公司的具有 PID 自整定 SR90 调节器,用铂电阻测量做控温度测量点,仪表通过输出 4~20 mA 给单相调压器,改变电压值调节加热器控制热室的温度,控温精度 $<0.1^{\circ}\text{C}$ 。选用 1.4 kW 的电阻丝加热器,加热器的功率通过基于总线的单相功率模块获取。标准^[2]增加热室湿度的控制,计算机通过基于总线湿度传感器的采集热室内湿度,再通过基于总线的接口输出模板来控制除湿机或制冷空调来对湿度进行比例闭环控制。

2.2 冷室测控系统

冷室内部采用 4 个模块,温度传感器布点数量:空间 9 点,试件表面 23 点,测温精度 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$ 。冷室的制冷机组功率根据冷室的面积和温度选择。功率大,降温快,实验周期短,但浪费能量;功率小,降温慢,实验周期长,但节省能量。选择的机组功率及电压为 4.6 kW,380 V。为实现高精度冷室的温度控制,同时参照国家标准^[2]要求,采用通过加热器来实现冷室温度恒值的控制。冷室温度控制同样采用日本岛电公司的具有 PID 自整定 SR90 调节器,用铂电阻测量做控温度测量点,仪表通过输出 4~

20 mA 给三相调压器,改变三相电压值调节冷室的温度。冷室控温精度 $<0.2^{\circ}\text{C}$ 。

3 软件设计

3.1 系统主要功能

计算机测控软件采用 VB.NET+Access 数据库编写^[6], Combobox 控件代替 Textbox 控件,采用 MSComm 控件编程上位机与温度模块、调节仪表、电量模块、湿度模块实现 Modbus 通讯及 CRC、RTU 校验程序^[8]。测控系统软件结构图如图 4 所示。测控上位机测量系统基本功能是将热室内各类温度湿度、冷室各类温度及加热器功率等数据完成采集、显示、计算、报警、保存、查询。能查询十年之内历史数据,可将历史数据曲线化。控制系统的程序设计,主要实现自动检测时设备的电压开启。标定以后的参数将保持在计算机中作为传热系数、抗结露因子、门窗等级计算机的依据。

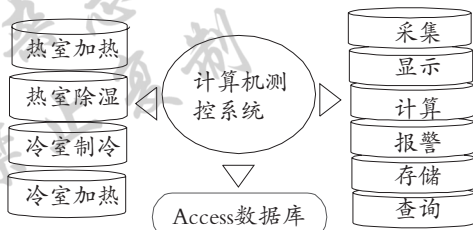


图4 计算机测控系统软件示意图

3.2 系统主要界面

软件系统具有友好的人机界面,形象地显示各温度点的实际值,查看时只要把鼠标移动温度点处即可显示该温度点的温度,冷热室空间温点布图如图 5 所示。

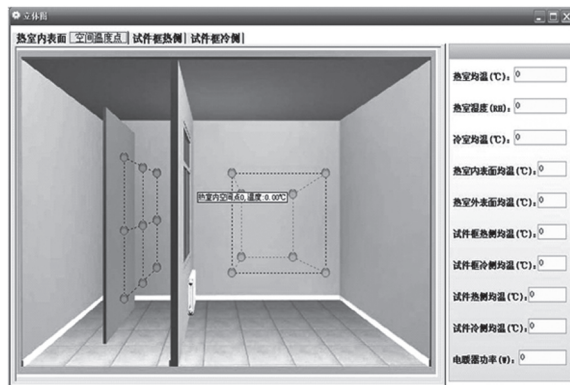


图5 冷热室空间温点布图

4 实际应用效果

测控装置一般建造在房屋内,装置大小在实际建造过程可根据实际空间做适当调节。原则上在满足标准^[2]基础上人员安装试件方便即可。注意问题:

- (1) 冷热室不能用彩钢板金属连接,以防传热;
- (2) 选取保温性好的硬质聚氨酯夹芯板作为冷室墙壁;
- (3) 冷室温度能达到 -28°C 左右。门窗保温性能检测装置部分结构图如图 6~图 9 所示。图 6 为热室内空间图。墙壁上为除湿器,空间可移动吊杆上放置空间测温传感器,为了安装试件方便;图 7 为热室加热器图。尽可能使加热丝裸露在外,提高热效率;图 8 为试件窗上填充板和标定板,两板采用密度高的聚苯乙烯泡沫塑料板;图 9 为塑钢窗标定样式。



图 6 热室内空间图



图 7 热室加热器图



图 8 窗口填充板和标定板图



图 9 门窗标定图样图

5 校验、标定及试验操作说明

5.1 检验方法

(1) 温度传感器规定。

准确度:用 0.2 级经计算的温度元件与系统中任意点的温度传感器探头进行对比实验^[9],不准确度应 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

温差规定:用 0.2 级经计算的测温元件与系统中任意点的温度传感器探头进行对比实验,使该点温度升高 10°C ,其温度差的测定精度应达到 0.5 级。

(2) 功率检测。

使系统输出功率范围: $10 \sim 1500 \text{ W}$,将精度至少为 0.2 级的有功功率表串并联于加热器回路中进行对比测定,功率的准确度应达到 0.5 级。

5.2 标定试验

(1) 标定试验。

将已知热导的厚度为 50 mm 的聚苯乙烯板按测试要求安装在试件框洞口处,启动控制系统分别设定如下温度值进行两次标定实验:

第一次:热室设定温度为 25°C ,冷室为 -25°C ;

第二次:热室设定温度为 35°C ,冷室为 -15°C ;

通过两次标定实验后,可求得热室外壁热流系数 M_1 及试件框热流系数 M_2 ;

该装置安装完毕实际标定结果 M_1 、 M_2 分别为 11.79 W/K 、 0.87 W/K 。

(2) 验证标定实验的准确性。

做完两次标定实验后,在不改变被测试件的安装情况下进行两次测试传热系数 K_1 、 K_2 值试验,启动控制系统分别设定如下温度值进行两次测试实验:

第一次:热室设定温度为 18°C ,冷室为 -25°C ;

第二次:热室设定温度为 18°C ,冷室为 -15°C 。

通过两次标定实验后,该装置验证结果:两次测得两侧的热室外壁热流系数分别为 11.74 、 11.30 W/K ;偏差为 3.89%。两次测得的试件框热流系数分别为 0.86 、 0.82 W/K ;偏差为 4.87%。满足标准要求。

5.3 试件测试

将要测试的塑料窗、塑钢门窗、铝合金门窗等安装在试件框的洞口处,用填充板将多余的窗口堵住,固定密封好,将传感器布置好,关好内外门。启动控制系统进行两次测定,该装置验证结果满足标准要求。在整个控温测试过程中应满足国家标准的有关要求。

6 结论

该建筑外门窗保温性能检测装置按国家标准设计,实验室的基础建设基于工程塑料的应用设计,施工简捷,保温性能好,且成本低。采用硬质聚氨酯夹芯板保温性良好,内层钢板全密闭结构,解决了由于冷室结露、积水,造成长期使用降低冷室保温效果的难题。计算机测控系统采用基于现场总线技术,节省连线,安装施工便利;采用智能温度模块采样,提高检测速度;采用自整定 PID 调节仪器保证了控制精度。软件包含了标准^[2]所有算法,具有友好的人机界面、自动检测和故障判断功能。整个系统在现场运行多年,效果良好。

参考文献

- [1] 冠玉德. 中、美、日三国建筑门窗保温性能检测标准的比较[J]. 门窗, 2008(9):31-35.
Guan Yude. The contrast of the testing standard for thermal insulating properties of doors and windows in China, American and Japan[J]. Doors & Windows, 2008(9):31-35.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8484-2008 建筑外门窗保温性能分级及检测方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the Peoples Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 8484-2008 Graduation and test method for thermal insulating properties of doors and windows[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2008.
- [3] 济南大学. 一种建筑门窗幕墙保温性能检测装置及系统: 中国, 201310071139.0[P]. 2013-06-26.
- University of Jinan. A detection device and system for thermal insulating properties of building windows and doors and curtain wall: CN, 201310071139.0[P]. 2013-06-26.
- [4] 张铁柱, 符影杰, 洪俊明. 建筑外窗保温性能检测装置测控系统的设计与实现[J]. 电子工程师, 2008, 34(10): 77-80.
- Zhang Tiezhu, Fu Yingjie, Hong Junming. Design and implementation of test and control system for thermal insulating properties of windows[J]. Electronic Engineers, 2008, 34(10): 77-80.
- [5] 沙丰, 马德强, 刘钢, 等. 硬泡聚氨酯保温装饰板系统的研究开发[J]. 建筑节能, 2011, 39(2): 55-60.
- Sha Feng, Ma Deqiang, Liu Gang, et al. Development and research of insulation decorative board system with rigid polyurethane foam[J]. Building Energy Efficiency, 2011, 39(2): 55-60.
- [6] 王金立, 代芳, 吕召胜, 等. 2012年我国热塑性工程塑料研究进展[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(3): 98-105.
- Wang Jinli, Dai Fang, Lyu Zhaosheng, et al. Advances in engineering thermoplastics of China in 2012[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(3): 98-105.
- [7] 郑水蓉, 何武全, 张聪莉, 等. 玉米秸秆碎粉填充聚氨酯泡沫隔热塑料的研究及应用[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(2): 47-50.
- Zheng Shuirong, He Wuquan, Zhang Congli, et al. Application and research of corn stalk broken filled polyurethane from insulation plastic[J]. Engineering Plastics Applications, 2010, 38(2): 47-50.
- [8] 李聪, 代后兆, 张亚宁, 等. 一种新型低成本高精度热电阻测温模块的研制[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(6): 577-583.
- Li Cong, Dai Houzhao, Zhang Yaning, et al. Research and development of a new low cost and high precision thermal resistance temperature measurement module[J]. Measurement and Instrument, 2013, 27(6): 577-583.
- [9] 刘希民, 李聪. 线性测温技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- Liu Ximin, Li Cong. Linear temperature measurement technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012.

2014年3月份塑料市场点评

3月份国内大宗商品市场跌宕起伏, 这离不开宏观经济的影响。美国方面, 美联储继续执行削减购债计划, 本月政策会议中解读出未来可能加息的预期。欧元区复苏势头继续, 月底公布的个别PMI数据下滑, 其中法国制造业数值创新高, 德国增长放缓, 整体表现良好, 所以对市场心态影响不大。而汇丰3月我国制造业PMI初值连续三个月处在荣枯线以下, 显示增长动力继续减弱。目前人民币贬值的势头引起关注, 如此持续贬值将会对进口贸易商带来成本压力。总之, 美元走强、人民币贬值等汇率方面的变化将令塑料市场承压。表1示出2014年3月份塑料市场涨跌情况。

表1 2014年3月份塑料市场涨跌榜

产品	月初价格 / (元·t ⁻¹)	月末价格 / (元·t ⁻¹)	涨跌幅 /%	
通用塑料	薄膜级 PE-LD	12 100	11 850	-2.07
	拉丝级 PP	11 050	10 850	-1.81
	注塑级 PP	11 200	11 150	-0.45
	注塑级 PE-HD	11 400	11 450	0.44
	拉丝级 PE-HD	11 800	11 900	0.85
	薄膜级 PE-LLD	11 100	11 200	0.90
	电石法 5 型 PVC	6 081	5 818	-4.32
	ABS	14 250	14 200	-0.35
	PS	11 950	12 150	1.67
工程塑料	PA66	23 250	23 150	-0.43
	PMMA CM205	16 400	16 450	0.3
	PA6	19 000	18 500	-2.63
	PC1100	17 050	17 000	-0.29
	POM M90	9 750	9 850	1.03
	PET	8 400	8 650	2.98

1 PVC

下游开工提升缓慢, 需求持续平淡, PVC 社会库存有增

无减, 进入3月份我国PVC市场价格延续下跌态势, 且屡创新低。下游企业买涨不买跌, 整体交投偏弱, 成交量难跟进, 业者整体心态偏空。到月底, 随期货的反弹走高, 现货市场交投出现起色, 下游趁机适当采购, 成交有所放量, PVC 供应商趁机提升报价刺激成交。原料电石价格的企稳上涨, 也给市场注入一丝动力, PVC 生产企业报价企稳, 小单让利取消, 部分企业报价试探涨 50 元 / t 上下。月底, PVC 价格终于结束长达近 8 个月跌势, 企稳的同时个别地区炒作小涨。

2 聚烯烃

3月初生产企业降负荷力度偏弱, 石化库存压力不减, 频繁降价促销, 商家受此指引跟跌出货为主。中旬石化企业频繁拉涨出厂价格, 商家受此提振多跟涨报盘, 积极出货为主。3月中下旬, 石化生产企业出厂价格政策整体变动幅度不大, 市场开始小幅盘整, 市场失去单边涨跌消息面的趋势指引。月底, 石化生产企业部分大区开始调涨出厂价, 货源成本对市场的支撑作用再度增强, 市场小幅看涨, 气氛再度升温。

3 PC

3月PC现货市场先抑后扬, 震荡走高。上旬中间商及下游补仓节奏尚可, 成本支撑下市场企稳出货为主; 随后利空消息接踵而至, 人民币贬值、银行限贷、上游走软、外盘松动、货物集中到港消息轮番力挫, 市场心态一度低迷, 主流持货商出货意向增强, 中下旬市场报盘阴跌整理; 而此时三星装置前期检修及乐天批量船货延期利好释放, 加之汇率持续走高支撑, 华南现货市场借势反弹, 幅度在 100~400 元 / t, 受此情绪带动, 临近月末华东市场窄幅试探上行, 幅度多在 100 元 / t, 实盘放量有待夯实。成本压力下市场或窄幅上调整理, 但供需面拖累幅度或有限。(卓创资讯)