

# 北京奥运期间场馆精细预报应用及分析

郭 虎 王建捷 魏 东 杨 波 时少英

(北京市气象局, 100089)

**提 要:** 基于2008年8月1—24日国家体育场、顺义水上中心等5个奥运场馆自动站的5种地面气象要素(气温、相对湿度、风向、风速、和3小时累积降水量)的观测资料,对SVM和HPFF客观预报方法以及预报员在客观方法基础上制作的3天逐3小时预报产品进行检验评估。结果表明:(1)两种客观方法相比较,HPFF方法对于预报连续变化的气象要素(如气温、相对湿度)的精细预报比SVM方法更有优势,预报技巧要高;而对不连续变化的变量(如:风向)的预报技巧低于SVM方法。总体说来,HPFF方法比SVM方法的精细要素预报技巧高一些。(2)预报员对于5种气象要素的预报技巧略高于客观方法。体现了预报员对客观方法的修正能力。(3)0~12小时预报时效内,预报员气温预报平均绝对误差约为 $1.2^{\circ}\text{C}$ ,气温 $|F-O| \leq 1^{\circ}\text{C}$ 的预报准确率在57%上下;相对湿度预报平均绝对误差约为7%,相对湿度 $|F-O| \leq 10\%$ 的预报准确率约为74%;风向预报准确率约为30%;风速预报平均绝对误差为 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,预报准确率在92%左右。(4)12~63小时预报时效内,预报员气温预报平均绝对误差约为 $1.7^{\circ}\text{C}$ ,气温 $|F-O| \leq 1^{\circ}\text{C}$ 的预报准确率在36%上下;相对湿度预报平均绝对误差约为9%,相对湿度 $|F-O| \leq 10\%$ 的预报准确率约为63%;风向预报准确率约为25%;风速预报平均绝对误差在 $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,预报准确率为85%。

**关键词:** 精细化预报 奥运场馆 预报检验

## 引 言

2008年北京奥运会期间(2008年8月1—24日),北京奥运气象服务中心为奥运场馆运行中心的赛事运行每天4次(即06时、11时、17时和23时;北京时,下同)。滚动制作发布40个场馆未来3天逐3小时天空状况、逐3小时降雨量、气温、相对湿度、风向风速等要素预报产品,中英文场馆预报专报计7680份。这些定点定量的预报产品为各场

次室内赛事的入场、散场阶段以及室外赛事的整个赛程提供了精细化服务,各场馆运行中心竞赛组织者给予了高度评价。

早在2006年和2007年奥运演练中,预报员就重点关注场馆的精细化预报。提高精细化预报准确率,做好赛事服务,成为预报员的一项重要任务。特别是2007年奥运气象演练全程按照北京奥运会的气象服务标准进行。演练结束后,预报员利用2007年8月1—26日国家体育场、顺义水上中心等5个奥运场馆的5种地面气象要素(气温、相对

湿度、风向、风速、和 3 小时累积降水量)观测,对 SVM 和 HPFF 客观预报方法以及预报员在客观方法基础上制作的 3 天逐 3 小时预报进行了检验评估<sup>[1]</sup>。检验评估的结果客观数量地反映数值预报模式、客观方法的预报误差和水平,提升了预报员对客观方法的修正能力,便于预报员更好地使用;而且也帮助研发人员发现数值模式或客观方法中存在的问题,为改进模式预报或客观方法提供了可靠依据。检验结果表明,两种客观方法相比较,HPFF 方法对于预报连续变化的气象要素(如气温、相对湿度和风速)的精细预报比 SVM 方法更有优势,预报技巧要高;而对不连续变化的变量(如:风向)的预报技巧低于 SVM 方法。总体说来,HPFF 方法比 SVM 方法的精细要素预报技巧要高一些,但 HPFF 方法的缺点是不能用于非周期性变化的要素(如:降水)预报,而 SVM 方法不存在这方面的缺陷。

在 2008 年北京奥运气象服务实战期间,基于 2007 年的检验结果和各奥运场馆温度、相对湿度、风向风速等气象要素 8 月份的天气气候背景<sup>[2]</sup>,预报员综合判别 SVM 和 HPFF 两种客观方法结果,并做出择优选择,对客观方法进行修正,最终形成对外服务的预报产品。

为了清楚地了解奥运气象服务期间客观预报方法的预报性能和预报员对精细要素预报的订正能力,本文对 2008 年奥运期间(2008 年 8 月 1—24 日)国家体育场、顺义水上中心、昌平十三陵水库(代表北部)、老山自行车赛场(代表西部)和朝阳公园沙滩排球场(代表东部)等 5 个代表场馆,两种客观方法和奥运场馆预报岗位值班预报员的 3 天逐 3 小时 5 种气象要素(气温、相对湿度、风向、风速和 3 小时降水量)预报产品进行了检验和对比分析。

## 1 检验对象和检验方法

考虑到 11 时和 23 时预报制作以更新预报为主,本文针对一天 4 次制作发布中的 06 时和 17 时两次关键预报进行检验评估。选取国家体育场(NST)、顺义水上中心(SRC)、昌平十三陵水库(TRV)、老山自行车赛场(LSC)和朝阳公园沙滩排球场(CBV)的主要客观预报产品进行检验,并对检验结果进行对比分析。

需要注意的是本文提到的“0”时效的预报时效是指发布预报产品的第一个标称时刻。例如,06 时发布的第一个标称时刻为 06 时,但预报员从 04—05 时制作产品。17 时发布的第一个标称时刻为 18 时,但预报员从 16—17 时制作并发布产品。所以下文可以看到,“0”时效的预报准确率并没有达到 100%。

本文检验的内容包括气温预报(定时气温预报误差)、降水预报(降水晴雨检验,  $\geq 0.1\text{ mm}$  降水量级检验)、相对湿度(定时相对湿度预报误差)、风速(定时风速预报误差)、风向(定时风向预报误差,即八方位风分类检验)。

采用的检验方法,参照了中国气象局《天气预报质量检验办法》<sup>①</sup>中的规定。气温预报检验包括平均绝对误差、和气温  $|F - O| \leq 1^\circ\text{C}$  (其中 F 代表预报值,O 代表观测值)的预报准确率。降水预报检验包括平均绝对误差、预报正确率、TS 评分。相对湿度检验包括平均绝对误差和相对湿度  $|F - O| \leq 10\%$  的预报准确率。风速检验包括平均绝对误差和风速  $|F - O| \leq 2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的预报准确率。风向的检验是按八方位风的规定,计算每一方位  $\pm 22.5^\circ$  内的预报准确率。

① 中短期天气预报质量检验办法(试行). 中国气象局. 气发[2005]109 号.

## 2 检验结果分析

### 2.1 气温

图1给出了场馆06时制作的逐3小时气温平均绝对误差和 $|F-O| \leq 1^\circ\text{C}$ 预报准确率的变化情况。

从图1中可以看到:(1)预报员订正后的综合预报技巧明显优于SVM方法,但相对于HPFF方法的优势很微弱,两者预报技巧

差别不大。(2)0~12小时内,HPFF方法和预报员预报的气温预报准确率由接近100%迅速下降至40%左右。其余的预报时效内没有明显的变化;SVM方法0~60小时内,SVM方法气温预报误差小于 $1^\circ\text{C}$ 的预报准确率在20%~40%之间波动。(3)0~12小时内,预报员的预报准确率达56.66%,HPFF方法次之,达55.5%,SVM最低,为27.44%;12~63小时内,预报员、HPFF方法和SVM方法的气温预报准确率分别为36.20%、35.46%和27.95%。

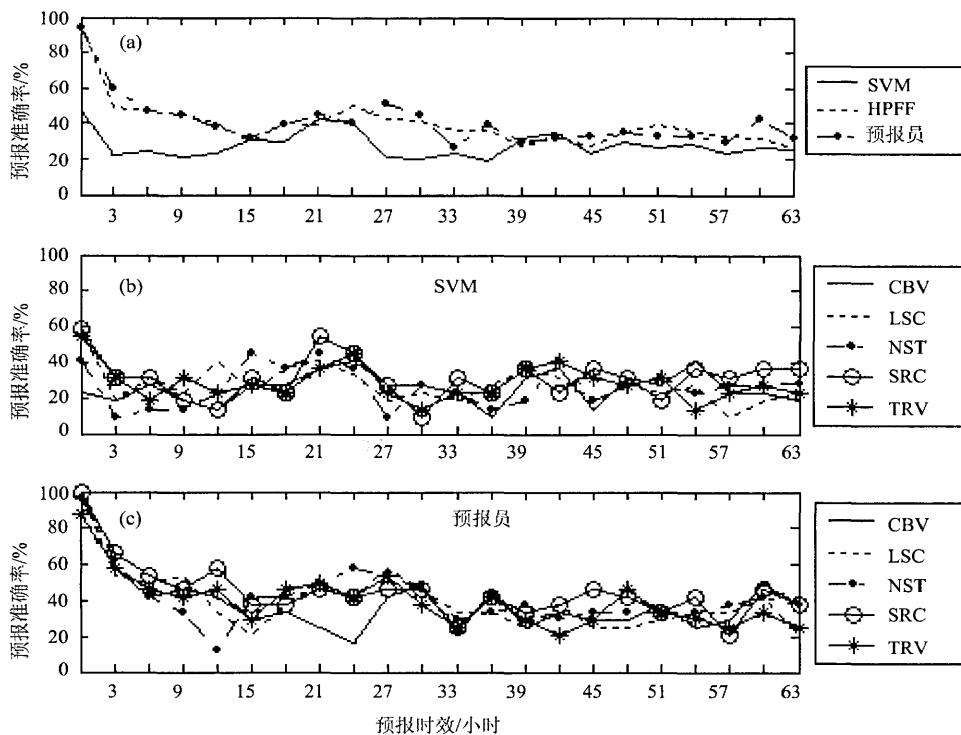


图1 2008年8月1—24日奥运场馆06时未来63小时逐3小时气温 $|F-O| \leq 1^\circ\text{C}$ 的预报准确率  
(a)5个场馆预报产品检验结果; (b)SVM客观预报产品检验结果; (c)订正预报产品检验结果

图1显示的5个场馆气温预报中,SVM的预报技巧差异不大,其中0~12小时NST、SRC、TRV、LSC和CBV的预报准确率分别为:19.98%、30.9%、31.84%、34.54%和20%;12~63小时的预报准确率各场馆基本维持在25%~30%之间。0~12小时(或12~63小时)预报时效内,预报员订正预报5场馆的情况分别是:49.16%(或39.53%)、

65%(或38.72%)、55.82%(或35.12%)、58.34%(或34.79%)和55%(或32.85%),与SVM相比有明显增加,其中增幅在25%~35%左右(或10%左右)。

从平均绝对误差(图略)看,HPFF方法和预报员的气温预报平均绝对误差基本上小于 $2^\circ\text{C}$ ,SVM预报的平均绝对误差大于 $2^\circ\text{C}$ 。值得注意的是预报员和HPFF的气温预报技

巧夜间高于白天,后半夜平均绝对误差约 $1.3^{\circ}\text{C}$ ,远小于午后约 $2.0^{\circ}\text{C}$ 的平均绝对误差;SVM在午后的预报偏差更大些,约高出预报员 $0.5^{\circ}\text{C}$ 左右。

## 2.2 相对湿度

场馆06时逐3小时相对湿度 $|F-O| \leq 10\%$ 的预报准确率情况见图2。图中清楚表明,0~63小时预报时效内各场馆的变化趋势大体是一致的。图2a的平均情况分析指出:(1)0~63小时预报员订正略优于HPFF,明显优于SVM。预报员订正的平均绝对误差约为10%左右,与SVM相比,降低6%左右,预报准确率平均高出18%左右。(2)随着预报时效的增加,主客观预报误差都有所增加,从0时效至63小时预报准确率

平均下降约40%。(3)预报员订正的平均绝对误差在后半夜至清晨相对较低,预报准确率相对较高,平均约为70%;而中午前后准确率相对较低,平均约为50%。

场馆对比分析表明,SVM预报各场馆的预报技巧差异很显著,尤其是24小时预报时效以后的预报技巧较差。0~12小时(12~63小时)NST、SRC、TRV、LSC和CBV的预报准确率分别为:45.46%(31.83%)、42.74%(34.76%)、49.08%(41.44%)、58.18%(24.06%)和56.38%(39.31%)。0~12小时(12~63小时)预报员订正的结果分别是:74.98%(61.42%)、75.84%(64.95%)、74.18%(63.12%)、72.48%(64.94%)和74.16%(62.98%),与SVM相比增加明显,增幅达30%左右。

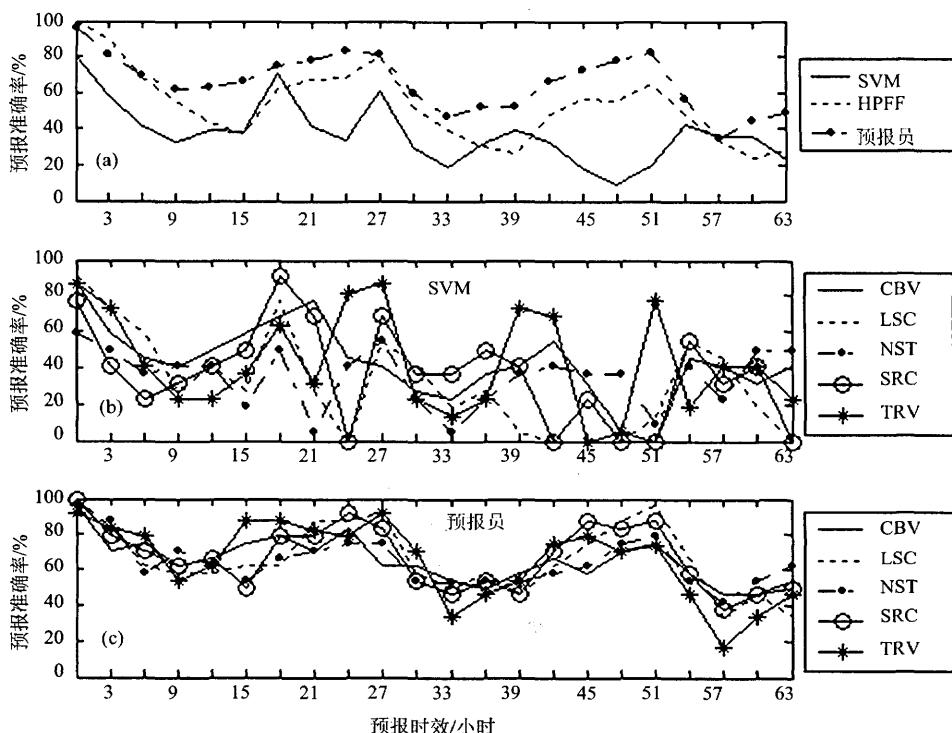


图2 2008年8月1—24日奥运场馆06时未来63小时逐3小时相对湿度 $|F-O| \leq 10\%$ 的预报准确率

(a)5个场馆预报产品检验结果;(b)SVM客观预报产品检验结果;(c)订正预报产品检验结果

## 2.3 风向

图3给出了场馆06时逐3小时风向预

报准确率。可以看到,0~63小时各场馆的变化趋势大体一致。从图3a给出的5站平均情况来看,预报员和SVM的预报技巧相差

不大, 均在 20% ~ 30% 左右; 而由于北京地区风向的日变化规律与 sin 函数不太相符,

因此 HPFF 的预报技巧较低, 在 8% 左右。

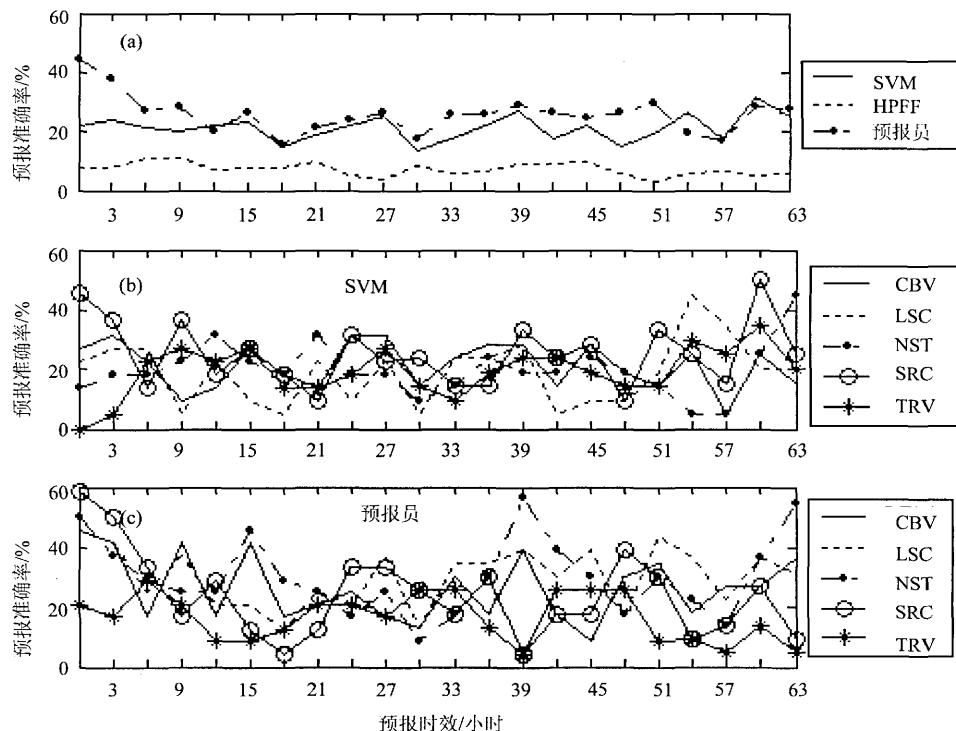


图3 2008年8月1—24日奥运场馆06时未来63小时逐3小时风向预报准确率的变化情况  
(a)5个场馆预报产品检验结果的平均情况; (b)SVM客观预报产品检验结果; (c)订正预报产品检验结果

从图 3b 可见各场馆的 SVM 预报准确率均在 20% 左右波动; 预报员订正情况(图 3c)与 SVM 相比变化不明显。

0 ~ 63 小时 NST、SRC、TRV、LSC 和 CBV 风向预报准确率分别为: 30.26%、23.86%、16.5%、30.3% 和 26.55%。NST 和 LSC 相对其他场馆, 预报准确率较高, 而 TRV 准确率最低。值得注意的是夜间各场馆的预报准确率有很大差异, NST 和 TRV 的夜间预报准确率明显高一些, 而 LSC 和 CBV 夜间的准确率则下降至低谷。

## 2.4 风速

图 4 给出了 06 时场馆逐 3 小时风速平均绝对误差。可以发现 0 ~ 63 小时各场馆的变化趋势总体趋向一致。由图 4 可见 SVM 和预报员的风速平均绝对误差都在  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

左右, HPFF 的平均绝对误差  $1 \sim 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  之间。

从 5 场馆的对比分析来看, 无论是 SVM 客观预报还是预报员的预报, 0 ~ 63 小时内 TRV 的风速平均绝对误差均明显高于其他 4 个场馆约  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其余 4 场馆 0 ~ 63 小时预报时效在  $0.6 \sim 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右波动。预报员订正情况与 SVM 相比较没有明显的预报能力提高。

## 2.5 降水

奥运会期间(8月8—24日)主要降雨特点为: 降雨过程多; 降雨的局地性和突发性特征较为明显; 城区降水多出现在午后和凌晨。北京地区共出现了 4 次明显降水天气过程, 分别为 10—11 日、12 日、14—15 日和 21 日。其中有 5 天的降水量达到或超过中雨标准。

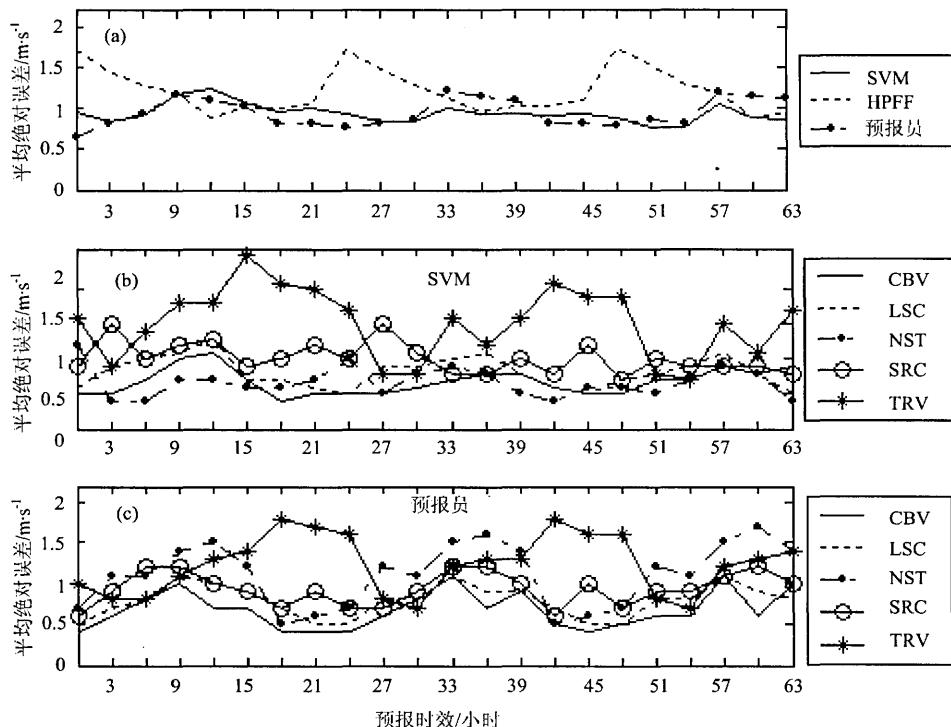


图4 2008年8月1—24日奥运场馆06时未来63小时逐3小时风速平均绝对误差

(a)5个场馆预报产品检验结果的平均情况; (b)SVM客观预报产品检验结果; (c)订正预报产品检验结果

10—11日全市普降大到暴雨,平原地区平均降水量达到78.4mm,奥运村和场馆集中区所在地的海淀和朝阳降水量分别达到74.6mm和55.7mm。本市还出现4次局地降水天气过程,分别为8—9日、17日、23—24日、24—25日。奥运期间,北京市平原地区(以观象台、丰台、房山、昌平、密云、顺义6站作为代表站)降水量累计为151.7mm,比常年同期(80mm)偏多90%。降水精细预报的难度体现在确定降雨的开始时间、结束时间以及降雨强度。考虑到定点逐3小时降水预报难度较大,仅给出>0.1mm降水量级的检验情况,总体看一下预报效果。

从图5中给出的>0.1mm降水量级的检验结果平均情况可以看到,预报员的TS评分明显高于SVM方法(8%左右)。预报员当天傍晚到夜间以至到第二天凌晨的TS评分都略高一些。各场馆的评分情况也大致类似,预报员的预报技巧明显要高于SVM。

### 3 结语

基于北京奥运期间(2008年8月1—24日)制作发布的主客观场馆精细化预报产品,进行了检验评估,得到以下几点初步结论:

(1)两种客观方法相比较,HPFF方法对于预报连续变化的气象要素(如气温、相对湿度)的精细预报比SVM方法更有优势,预报技巧要高;而对不连续变化的变量(如:风向)的预报技巧低于SVM方法。总体说来,HPFF方法比SVM方法的精细要素预报技巧要高一些。

(2)预报员对于5种气象要素的预报技巧要略高于客观方法。体现了预报员对客观方法的修正能力。

(3)0~12小时预报时效内,预报员气温预报平均绝对误差约为1.2℃,气温|F-O|

$\leq 1^{\circ}\text{C}$  的预报准确率在 57% 上下; 相对湿度预报平均绝对误差约为 7%, 相对湿度  $|F - O| \leq 10\%$  的预报准确率约 74%; 风向预报准

确率约 30%; 风速预报平均绝对误差在  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 预报准确率在 92% 左右。

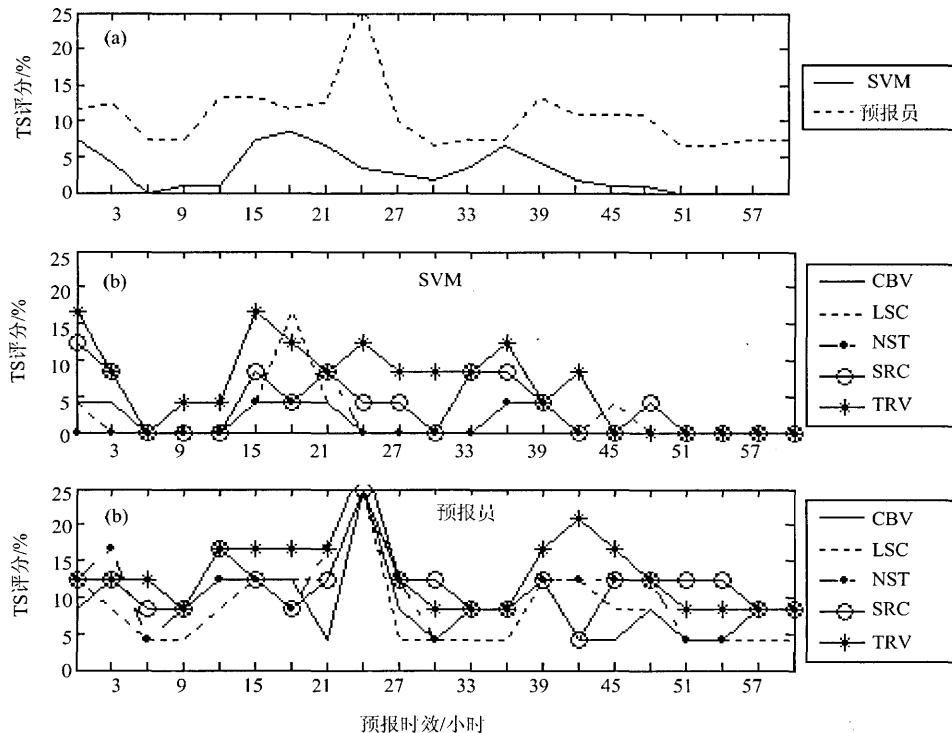


图5 2008年8月1—24日奥运场馆17时未来60小时逐3小时 $>0.1\text{mm}$ 降水量的TS评分  
(a)5个场馆预报产品检验结果的平均情况; (b)SVM客观预报产品检验结果; (c)订正预报产品检验结果

(4) 12~63 小时预报时效内, 预报员气温预报平均绝对误差约为  $1.7^{\circ}\text{C}$ , 气温  $|F - O| \leq 1^{\circ}\text{C}$  的预报准确率在 36% 上下; 相对湿度预报平均绝对误差约为 9%, 相对湿度  $|F - O| \leq 10\%$  的预报准确率约 63%; 风向预报准确率约 25%; 风速预报平均绝对误差在  $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 预报准确率约 85%。

## 参考文献

- [1] 郭虎, 王建捷, 杨波, 等. 北京奥运演练精细化预报方法及其检验评估 [J]. 气象, 2007, 34(6): 17-25.
- [2] 窦以文, 张德山, 刘旭林, 等. 北京奥运赛期温、湿、风、云、雨的气候信息分析 [J]. 气候与环境研究, 2007, 12(4): 580-586.