

The Application of Huadong Regional Model on Weather Warning of 2016-2017 Flood Season

Junling Jiang, Yingna Dang, Ridong Wang, Bohua Ren

Yantai Meteorological Bureau, Yantai Shandong
Email: freejune@163.com

Received: Oct. 20th, 2018; accepted: Nov. 2nd, 2018; published: Nov. 9th, 2018

Abstract

Huadong Regional Model put into use in Yantai before the flood season in 2016. After 2016-2017 two flood seasons, it is found that this model has a significant guiding role in forecasting rainstorms, thunderstorms and gale. It helps to improve the prediction accuracy of rainstorms and gale and prolong the time of early warning. Through a heavy rainstorm process, the application analysis shows that this model has a good prediction effect for the occurrence area, intensity and occurrence time of rainstorm. The model helps to increase forecasters' ability to anticipate strong weather, and helps to elaborate early warning and prolong early warning.

Keywords

Regional Model, Test, Rainstorm

华东区域模式在2016~2017汛期预警中的应用及检验

姜俊玲, 党英娜, 王日东, 任伯骅

烟台市气象局, 山东 烟台
Email: freejune@163.com

收稿日期: 2018年10月20日; 录用日期: 2018年11月2日; 发布日期: 2018年11月9日

摘要

华东区域数值模式2016年汛期前在烟台投入使用。经过2016~2017年两个汛期使用发现, 该模式对暴

雨、雷雨大风等预报有显著的指导作用, 在提高暴雨、大风等天气的预报准确率, 延长预警信号发布的时间提前量上有较大帮助。通过一次特大暴雨过程进行产品应用分析, 表明该模式对于暴雨发生的落区、强度和发生时间上有较好的预报效果。该模式有助于增加预报员对强天气的预期能力, 有助于精细化预警和延长预警时效。

关键词

区域模式, 检验, 暴雨

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高分辨率数值模式依托适合当前海量数据和预报的模块化平台, 融合了 GPS、雷达、卫星、自动站、飞机报、浮标、探空、地面站等观测资料, 有助于预报员监测分析灾害性天气的落区、强度等情况和天气系统的发生发展演变情况, 及时发布气象灾害预警或预警信号。高分辨率数值模式可以提供风暴的环境要素, 预报员可以诊断风暴生成的潜势, 得到相应强对流天气发生的概率[1]; 也可以根据高分辨率模式的预报信息, 与雷达回波外推结合, 预报强对流天气的发生和发展[2]。笔者在 2008 年的青岛奥帆赛中, 使用来自上海气象局世博 + ADAS 模式[3], 即华东区域模式。该模式预报范围主要为我国华东地区, 以美国 GFS 分析场为初猜场, ADAS 同化后的分析场为初始场, 在时空分辨率配置上重点考虑了模式大气运动的多尺度与一致性特征; 在物理过程改进、调试与选择上着重于主要预报对象的特点; 在资料使用与同化方法选择上主要取决于与模式物理过程的一致性和所用资料的有效性。起报场分别为 OOUTC、O6UTC、12UTC、18UTC (对应北京时 08 时、14 时、20 时、02 时), 水平格距为 9 km, 预报时效为 72 h [4]。华东区域模式为基层气象台站能够日常稳定获取的第一个高分辨率数值模式, 提供的预报产品较全球数值模式产品更加丰富, 预报时段精细化水平高, 对基层小范围精细精准预报提供很大帮助。为检验该模式在烟台地区强对流天气中的预报准确率, 针对 2016~2017 年烟台地区出现的 25 次暴雨、4 次 9 级以上雷雨大风和 2 次成灾冰雹天气, 对华东区域模式在烟台的应用进行检验。通过 2017 年一次降雨强度大, 持续时间长, 雨量集中, 降水中心分布多变, 预报难度极大的局地特大暴雨过程, 对该模式的预报能力进行检验, 为高分辨率数值模式在烟台进一步发挥更大作用提供可靠依据。

2. 华东区域模式在烟台预报预警中的检验

2016~2017 年汛期, 烟台共出现了 25 次暴雨过程, 其中, 仅 1~2 个县市区(大监站或区域站有一站出现暴雨)的局地暴雨出现了 10 次, 3 个县市区以上的区域性暴雨出现了 15 次, 除一次冷涡暴雨外, 其余均为副高边缘对流性降雨, 持续时间短, 降雨强度大, 预报落区难度大。出现了 4 次阵风 9 级以上的雷雨大风, 其中一次阵风达到 11 级。出现了 2 次成灾冰雹天气。以下将根据华东区域降水产品、温度-对数压力图、雷达反射率等产品的综合分析, 主观定性检验华东区域模式(以下简称模式)在烟台预报预警的准确率水平。

2.1. 模式在 25 次暴雨预报中的检验

在目前山东省预警信号评分办法中, 出现 1 站 3 小时降雨达 50 毫米, 该县市区需考虑发布暴雨橙色

预警信号, 3 个以上县市区发布暴雨预警, 市局需要发布暴雨预警信号。虽然预警信号有检验指标站, 但非指标站达到发布标准时, 为减灾预警起见, 一般也会发布暴雨预警信号。客观上只要有站点达到暴雨预警条件, 就需要考虑发布暴雨预警信号。因此, 为检验模式在烟台暴雨预报预警中的作用, 只要有站点达到暴雨预警标准, 就计算为一次暴雨过程。

对于模式在暴雨的主观检验可以发现, 在 15 次区域暴雨中, 模式出现两次漏报, 出现在 2017 年汛期, 漏报率为 13%, 其中一次的影响系统是东北冷涡。在 10 次局地暴雨中, 模式出现两次漏报, 也是出现在 2017 年汛期, 漏报率为 20%。总体来看, 模式在暴雨预报中有较高的准确率, 2016 年无一漏报, 2017 年漏报率上升。在 3 个县市区以上区域暴雨预报中表现较好。从出现时间来看, 时间延迟的比例较高, 从空间落区上来看, 落区需要订正。

总体来看, 该模式在区域暴雨的时间、空间分布都有较好的指导作用。暴雨范围越大, 该模式在时间上预报的更为准确, 但需考虑模式延迟的问题, 在预报时将强降雨时间适当提前。在空间分布上仅能做为适当参考, 落区仍需预报员做出较大订正。

2.2. 模式在 4 次雷雨大风预报的检验

受高空低槽影响, 2016 年 6 月 29 日夜间, 我市西北部地区出现 8~9 级雷雨阵风, 30 日, 我市大部地区出现阵风 9~10 级的雷雨大风, 部分海岛自动站阵风达到 10~11 级。烟台虽然北部临海, 但是阵风达到 11 级仍较为罕见。模式给出 29 日夜间海面最大风速为 20.8 m/s (9 级), 30 日的最大风速达到 24.5 m/s (10 级)。降水产品在 29 日夜间和 30 日夜间均预报了局地暴雨。实况未出现暴雨, 但出现了强烈的雷雨大风, 说明模式预测出了强烈的对流活动。

2016 年 7 月 30 日夜间, 受北部海面强对流和阵风锋影响, 我市自北向南出现阵风 8~9 级雷雨大风, 模式预报 30 日 20~23 时我市北部海面有 20.8 m/s (9 级) 大风, 较实况提前了 2 h。同时预报 31 日 8~11 时我市有暴雨, 实况我市南部出现局地暴雨, 与 6 月 29~30 过程类似, 预测出了强烈的对流活动, 但暴雨预报范围明显偏大。2017 年 8 月 6 日夜间, 一条飚线自西向东影响山东半岛, 陆地出现 9~10 级雷雨阵风。模式对此次过程的范围和强度预报都偏小。

从模式对于雷雨大风的预报来看, 模式地面风场产品对于因强对流出现的短时阵风有较好的指示作用, 但最大量级需适当上调。

2.3. 模式对 2 次成灾冰雹的检验

根据模式给出的 3 小时降水产品, 定性判断模式对于系统对流强度的预报。对于 2016 年 9 月 5 日 15 时开始的市区东部成灾冰雹过程, 模式在 4 日 08 时起报 5 日 14 时市区有较强降水, 14 时起报降水减弱, 4 日 20 时减弱更加明显。此次过程预报效果不好。对于 9 月 11 日 15 时开始的成灾冰雹过程, 模式 10 日 20 时和 11 日 08 时均起报 11 日 17~20 时我市中西部地区有大片强降水区。对这次过程的强度预报有较好的参考。

3. 模式雷达反射率产品与雷达实况的检验

对于 15 次区域性暴雨过程的雷达反射率产品和烟台多普勒雷达反射率因子图像比较(图略)可以发现, 从出现时间上来看, 一般较实况延迟; 从强回波落区上, 50%与落区一致; 从回波强度上, 与实况一致或偏弱的情况较多; 从回波形态上, 较为一致。说明模式雷达反射率产品对于刻画暴雨发生的时间和地点方面是有指导意义。总体来看, 尽管在暴雨出现时间上有延迟、出现地点有偏差, 但是模式雷达回波产品的回波形态与实况雷达反射率因子是较为吻合的。对于 2016 年 6 月 30 日傍晚由弓型回波带来的 10

级雷雨阵风, 模式雷达反射率产品预报出了北部沿海的带状强回波, 对雷雨大风的预报有较好的指示作用。但对于 6 月 30 日中午前后由阵风锋影响出现的 11 级雷雨阵风和 7 月 30 日夜间阵风锋引起的雷雨大风模式雷达反射率产品同样没有预报。对于 2017 年 8 月 6 日夜间的飏线天气, 雷达反射率产品范围较小, 但强度较为准确。对于 2016 年 9 月 5 日和 11 日的成灾冰雹天气, 模式在雷达反射率的落区方面给出了较为清晰的指示, 值得参考。

总体来看, 模式雷达反射率产品的落区较降水产品的落区更为准确, 是降水产品的有益补充, 对于对流回波的组织、发展形态和最大回波强度, 有较为清晰的刻画, 有助于预报员提前 6~12 h 得知对流系统的大致类别和形态, 对于预报预警的预先判别、及时发布有很大帮助。但对于阵风锋、飏线引起的雷雨大风仍存在漏报的可能, 预报中需要注意。此时主要依靠地面风场产品。

4. 模式温度 - 对数压力图在暴雨和雷雨大风、冰雹中的应用比较

通过华东区域模式提供的温度对数压力图, 根据山东半岛仅有的 2 个站 - 青岛站和威海站, 对比暴雨和雷雨大风出现时温度对数压力图上(埃玛图)各参数的异同。比较 15 次区域暴雨、4 次雷雨大风天气和 10 次局地暴雨出现前各参数的异同点。表 1 中“Plcl”指抬升凝结高度气压(hPa); “Tlcl”是抬升凝结高度温度(°C); “Shox”是沙氏指数; 用来判断 850 hPa 高度的稳定性。(0~4)表示轻度不稳定, (-4~-7)表示比较不稳定, <-8 表示非常不稳定; “Pwat”是可降水量(cm); “Cape”对流有效位能(J/Kg)。抬升凝结高度为气块上升途中相对湿度首次达到饱和的高度。

由表 1 可知, 对 15 次区域性暴雨天气的平均值统计结果表明, 沙氏指数在-1~0 之间, Cape 值 1700 J/Kg 以上, 风场自低层到高层为顺转, 有暖平流。雷雨和冰雹大风天气的共同点为沙氏指数在-5~-1 之间, 平均值为-3, Cape 值 2400 J/Kg 以上, 不稳定性强, 风场自低到高为逆转, 有冷平流。从 Plcl、Tlcl 和 Pwat 三个数据的比较来看, 局地暴雨的抬升凝结高度最低, 雷雨大风和冰雹的抬升凝结高度最高。从大气可降水量来看, 区域暴雨最高, 雷雨大风最低。预报员根据不同的天气形势, 参考热力学参数、风场冷暖平流、以及高空大风区位置, 结合 3 小时降雨产品、地面大风、雷达反射率等预报产品, 有针对性的判断暴雨和大风或冰雹预警的可能性, 有助于预报员精细化的发布短时临近预报预警。

Table 1. The comparison of Emma map before regional rainstorm, local rainstorm, thunderstorm wind and hail weather
表 1. 区域暴雨、局地暴雨、雷雨大风和冰雹天气前埃玛图比较

	Plcl	Tlcl	Shox	Pwat	Cape
区域暴雨	953	23	0	6.2	1725
局地暴雨	967	22	1	5.7	1298
雷雨大风冰雹	928	20	-3	4.5	2480

5. 华东区域模式产品在一次特大暴雨过程中的应用

2017 年 8 月 3~5 日, 烟台地区出现对流性特大暴雨, 单小时降雨达 81.9 mm, 最大降雨量达 318.1 mm。此次过程强降水中心分布多变, 降雨强度大, 持续时间长, 雨量集中, 出现多个中 β 尺度雨团分别影响, 降水的中小尺度特征明显。以本次预报难度极大的特大暴雨过程为例, 检验如何通过华东区域模式提高预报预警的精细化水平, 延长预警发布时间提前量。

5.1. 24 小时降水预报场与实况降水相比较

对于暴雨落区的预报, 以 24 小时降水预报场来检验。对当天 08 时起报的当日 20 时到次日 20 时的 24 小时降水量场(图 1)相比较发现, 华东区域模式对 8 月 3~5 日这次大暴雨过程的降雨中心分布有较好

的指示作用。虽然在 3 小时降水中可能对强降水落区偏差较大,但 24 小时降水预报场可以使得预报员在 24 小时预报中提高暴雨落区及强度的预报准确率。因此,日常预报当中应当尽量使用 24 小时预报产品来确定降水中心的落区和方位,使用 3 小时或 6 小时降水产品来确定降水出现的时间。根据前文分析可以发现,在使用时要将强降水时间适当提前。

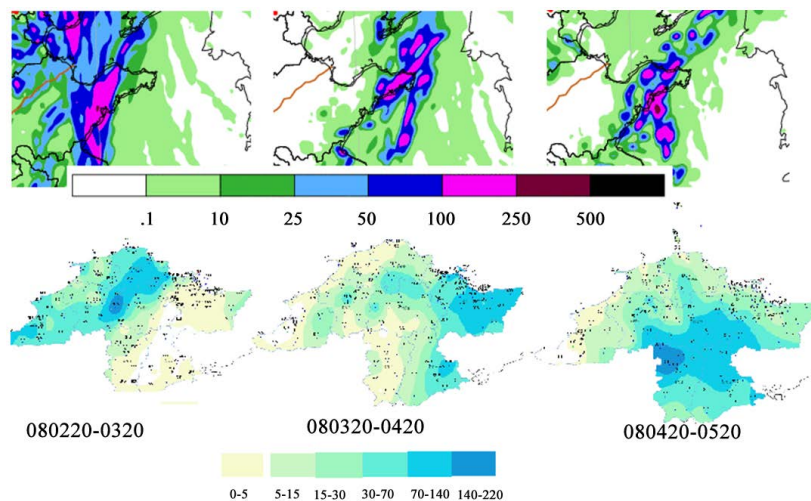


Figure 1. The 24 hour precipitation forecast field (above) and the live field on 3-5 August (below)
图 1. 8 月 3~5 日 24 小时降水量预报场(上图)和实况场(下图)

5.2. 雷达反射率因子与雷达实况相比较

华东区域模式提供逐 3 小时雷达反射率因子预报场。对比降水主要时段的雷达组合反射率因子图像与同时刻模式雷达反射率图像(图 2)比较发现,雷达反射率预报场可以较为精细化的刻画降水出现的时间,落区及降水中心,对于回波强度同样具有较好的指示作用。对于 3 日降水,雷达反射率产品与实况吻合的非常好,对强降水的中心和强度均与实况非常接近,有非常好的指示作用;对于 3 日夜间到 4 日凌晨的降水,模式先期预报偏强,后期预报偏弱,与实况有一定的偏差,主要是在降水出现时间上出现误判;对于 5 日早晨的降水,模式的降水中心预报略有偏差,这与 5 日降水局地性强,地面触发机制不显著有关。

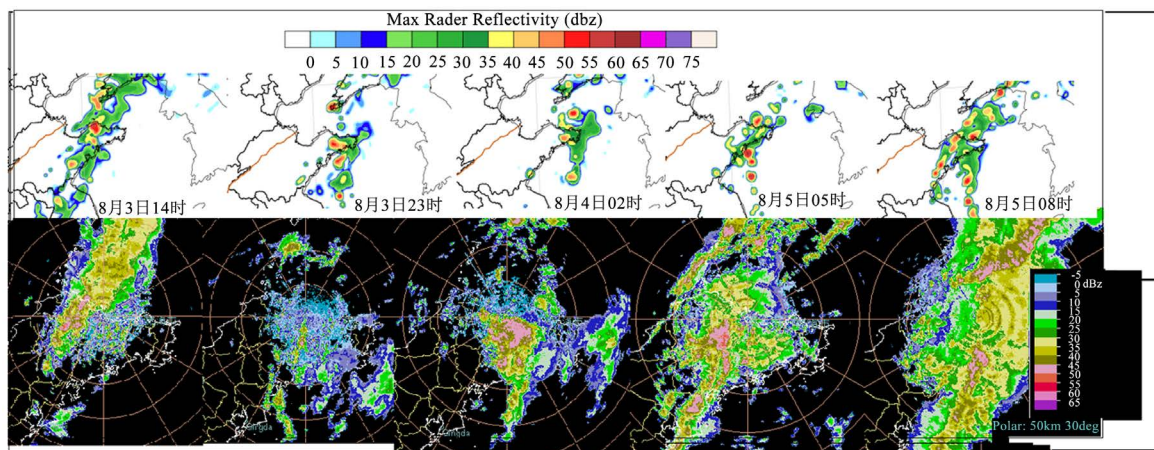


Figure 2. Radar reflectance forecast field (above) and real-time field (below) at 14:00, 23:00, 02:00, 05:00 and 08:00 on August 3, 3, 4, 5, etc

图 2. 8 月 3 日 14 时、3 日 23 时、4 日 02 时、5 日 05 时、5 日 08 时雷达反射率预报场(上图)与实况场(下图)

总体来看, 雷达反射率产品可以刻画回波的形态、强度和移动方向, 可以对预报员有一个提示作用, 使预报员在实况还未出现时, 就可以预先按照雷达回波的指示, 提前 6~12 小时判断可能到来的灾害性天气, 给预报员提供一个心理预期, 提示预报员有针对性的分析实况及模式, 在对流出现的初期就有足够的信心发布相关预警, 从而有效提高预警信号发布的时效性和准确率。

5.3. 温度 - 对数压力图在降水性质方面的指示作用

分析模式对青岛、威海两站的对数压力图可以发现, 过程期间, 大气可降水量(Pwat)都在 7 cm 以上, 风向低层到高层均为顺转, 有暖平流, 沙氏指数(Shox)在-1~1 之间, 抬升凝结高度温度(Tlcl) 25℃以上, CAPE 在 1000~2000 J/Kg 左右。由此可以判断, 降水将以短时强降水为主, 雷雨大风、冰雹的可能性小。

大气可降水量表征的是整层大气的水汽含量, 通过探空资料计算或者使用 GNSS/MET 进行测量; 据统计, 其达到 7 厘米是大气中非常极端的水汽条件[5]。TIAN Fuyou [6]等统计了中国中东部地区短时强降水的环境场特征后指出, 大气可降水量(PWAT)对短时强降水最有指示意义的物理量, 数值越高, 短时强降水的可能性越大。短时强降水(≥ 20 mm/h) PWAT 必须超过 2.8 厘米, 超过 5.9 厘米则出现短时强降水的可能性极大。周雪松等[7]对山东暴雨天气学预报指标的统计分析发现, 山东半岛大气可降水量 PWAT 值(简写 PW)超过 6 厘米时, 50%的可能性会出现暴雨。区域模式预报 2017 年 8 月 4~5 日的大气可降水量为 8 厘米, 这个数值在两年中的最大值, 结合环流背景场和其他数值预报产品, 可以认为 8 月 3~5 日的降雨伴随短时强降水(≥ 20 mm/h)的可能性极大, 短时强降水强度强, 需要密切关注。

本次过程先后出现 22 个站次 ≥ 50 mm/h 的降水, 降水的极端特点显著。俞小鼎[8]等把 ≥ 50 mm/h 的强降水归类为极端强对流天气, 陈炯等[9]指出, ≥ 50 mm/h 的降水主要由小尺度天气系统导致, 与地势、海陆等地理分布密切相关。区域模式预报出 8 厘米的大气可降水量, 说明该模式预测出了降水的极端性, 在今后的暴雨预报中, 将大大提高预报员对局地暴雨落区、强度的预报能力。

通过 5.1~5.3 节的分析, 可以看出华东区域模式预报 8 月 3~5 日过程主要为一次明显的暴雨过程, 降水持续时间长, 强度大。24 小时降水量可能达到大暴雨, 降水中心第一天偏西, 第二天偏东, 第三天分布在中部地区。由雷达反射率和对数压力图配合来看, 将以短时强降水为主, 降水的时空分布很不均匀, 雷雨大风、冰雹可能性不大, 应密切做好暴雨预警信号的发布工作, 根据前期降水实况, 应及时做好强降雨引起的局地山洪、中小河流洪水和地质灾害预警等的防范工作。

6. 结论与讨论

对华东区域数值模式(WARMS 1.0)降雨、地面风场、雷达反射率等产品的实况检验发现, 模式对于风暴发展的潜势、风暴发展的结构与环境之间的关系有较好的刻画, 具体表现在:

模式在 2016 年对于暴雨无一漏报, 2017 年漏报率有所上升。对于 3 个县市区以上的区域暴雨时间较为准确。暴雨出现时间偏后, 需要向前调整。该模式有助于预报员从“基于观测分析的预警”向“基于模式预报分析的预警”过渡[10], 延长了预报员对于暴雨、强对流等天气的预期能力。

地面风场产品对于局地雷雨大风的出现也有较好的预报作用, 有助于预报员更快、更精确的发布强对流天气预报或预警。

雷达反射率产品可以较为清晰的刻画对流系统的出现时间、大致落区、形态结构和回波强度, 有助于预报员提前 6~12 h 得知对流系统的大致类别和可能性, 加强预判, 有助于预报员发布更加精细化的预报和预警信息。

温度 - 对数压力图产品可以较为清晰的刻画对流发生前后热力学参数、冷暖平流、风场廓线等变化, 帮助预报员了解暴雨、强对流等天气出现的类别和强度, 增强发布预警信号的信心, 延长预警发布时效, 有效提高预警信号的准确率, 增强气象部门为地方防灾减灾的能力。

基金项目

中国气象局预报员专项(CMAYBY2018-043)资助。

参考文献

- [1] 俞小鼎, 周小刚, 王秀明. 雷暴与强对流临近天气预报技术进展[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 311-337.
- [2] 漆梁波. 高分辨率数值模式在强对流天气预警中的业务应用进展[J]. 气象, 2015, 41(6): 661-673.
- [3] 姜俊玲, 张雪冬, 江敦双, 耿敏. 多种探测产品在副高边缘一次短时预报中的应用[J]. 气象, 2008(s1): 230-233.
- [4] 陈葆德, 王晓锋, 李泓, 等. 上海市气象局数值天气预报业务产品手册[Z]. 2011: 63.
- [5] 郑永光, 陶祖钰, 俞小鼎. 强对流天气预报的一些基本问题[J]. 气象, 2017, 43(6): 641-652.
- [6] Tian, F.Y., Zheng, Y.G., Zhang, T., *et al.* Statistical Characteristics of Environmental Parameters for Warm Season Short-Duration Heavy Rainfall over Central and Eastern China. *Journal of Meteorological Research*, **29**, 370-384.
- [7] 周雪松, 吴炜, 孙兴池. 山东暴雨天气学预报指标的统计特征分析[J]. 气象, 2014, 40(6): 744-753.
- [8] 俞小鼎, 周小刚, 王秀明. 雷暴与强对流临近天气预报技术进展[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 311-337.
- [9] 陈炯, 郑永光, 张小玲, 等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析[J]. 气象学报, 2013, 71(3): 367-382.
- [10] Stensrud, D.J., Wicker, L.J., Kelleher, K.E., *et al.* (2009) Convective-Scale Warn-on-Forecast System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **90**, 1487-1499. <https://doi.org/10.1175/2009BAMS2795.1>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org