



香港天文台  
HONG KONG OBSERVATORY

Reprint 1359

社群版小渦旋臨近預報系統的協同發展

胡宏俊、甘栢謙\*、石家俊、吳家豪

第 33 屆粵港澳氣象科技研討會

暨

第 24 屆氣象業務合作會議

(香港 2019 年 3 月 6 日-8 日)

## 社群版小涡旋临近预报系统的协同发展

胡宏俊<sup>1</sup> 甘栢谦<sup>2</sup> 石家俊<sup>1</sup> 吴家豪<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 香港天文台

<sup>2</sup> 香港中文大学

**摘要：** 香港天文台现时与全球多个气象水文部门共享社群版小涡旋临近预报系统 (Com-SWIRLS)，并协助其提供或加强临近预报服务。建基于 *wradlib*、*Py-ART*、*xarray* 等开源库的基础上，社群版小涡旋现能处理多种雷达数据，并产生定量降水估计和定量降水预报等产品。为促进小涡旋的未来发展，天文台于2018年下半年建立了一个基于 *GitLab-CE* 的协同发展平台，除使用其版本控制和问题追踪等基本功能外，我们亦利用了其「持续整合功能」来进行单元测试和整合测试，更利用其「持续发布功能」，自动组装 *Conda* 程序安装包以及将源代码内的「文档字符串」自动生成参考手册。新的协同发展平台不但加强了软件开发流程和简化安装程序，亦让合作伙伴能更有效参与社群版小涡旋开发。

## Collaborative Development of the Community SWIRLS Nowcast System

Wang-chun Woo<sup>1</sup>, Pak-him Kam<sup>2</sup>, Ka-chun Shek<sup>1</sup>, Ka-ho Ng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> The Hong Kong Observatory

<sup>2</sup> The Chinese University of Hong Kong

**Abstract :** The Hong Kong Observatory (HKO) currently shares the Community SWIRLS Nowcast System (Com-SWIRLS) with meteorological and hydrological services around the world, and helps them provide or enhance their nowcast services. Making use of open-source libraries such as *wradlib*, *Py-ART* and *xarray*, Com-SWIRLS is now capable of processing various types of weather radar data, and generate quantitative precipitation estimates and quantitative precipitation forecast products. To pave the way for future development, HKO established a collaborative development platform based on *GitLab-CE* in the second half of 2018. Besides adopting essential functions such as version control and issue tracking, we also applied “Continuous Integration” to implement unit tests and integration tests. We further made use of “Continuous Deployment” to automatically assemble the software as a *Conda* package, and to generate the reference manual from document strings (“docstrings”) in the source codes. The new collaborative development platform not only enhances the development workflow and eases the installation, but also enables cooperating partners to participate in the collaborative development of Com-SWIRLS more effectively.

## 1 引言

临近预报是指未来数小时的天气预报，主要针对大雨、闪电、冰雹、雷暴带来的狂风等。这些天气现象变化多端且影响范围细小，因此需要高度精确和及时的预报。香港天文台于 1999 年开始发展小涡旋临近预报系统，以支援香港暴雨及雷暴警告的运作，其后引进光流变分法和深度学习等崭新的运算法，以提升预报水平，同时逐渐增加各类产品，包括公众降雨和闪电临近预报，为水文及工程部门提供的定量降水估计及预报，以及为设施管理机构提供的临近闪电预报等等，以更好服务大众。

天文台曾利用小涡旋来参与北京奥运预报示范项目，并支援上海世界博览会、深圳大学生运动会、印度英联邦运动会等盛事。为进一步促进国际交流和区域合作，天文台于 2012 年开始与其他官方气象机构分享小涡旋，并推出社群版小涡旋系统 (Com-SWIRLS)，以协助其提供或加强临近预报服务。现时珠海、澳门、印度、南非和马来西亚的气象部门已在业务中应用，而菲律宾、越南、缅甸、泰国、印尼、新加坡等多国气象部门亦在积极研究使用中。

世界气象组织执行理事会于 2018 年 6 月指定香港天文台为亚洲区的临近预报区域专业气象中心 (Regional Specialized Meteorological Centre，简称 RSMC)。现时，社群版小涡旋现已成为 RSMC 的其中一项重要产品。

## 2 建立小涡旋协同发展平台的原因

临近预报对预警恶劣天气至为关键，专职临近预报的开发员需要深入了解包括雷达数据处理、坐标参考系统、伺服器管理、计算机视觉、人工智能、电脑绘图、数据库处理、数值预报模式、预报验证在内的多方面知识，工作极富挑战性。

协同发展平台可让身居不同单位内的开发者共享源代码，免于重复开发，同时亦促进技术交流，提高整个开发群体的知识水平。此外，将临近预报过程细分成不同阶段，并以高度模块化和标准化的计算机程序处理相关工作，可让开发者专注于其所长，从而提升临近预报开发工作的效率。

另外，经历多年发展，小涡旋系统积累了不同年代利用多种方法和语言开发的源代码，部分依赖较旧的虚拟机，已到期更新，同时系统亦逐渐变得庞大，程序间形式了千丝万缕的关系，造成系统维护上的困难。我们借这个契机，在建成协同发展平台的同时，按现今的编程标准和实务典范，从新编写整个小涡旋系统，为未来发展铺路。

### 3 小涡旋协同发展平台

我们于 2018 年末开始建立小涡旋协同发展平台 (<https://com-swirls.org/>、见图一)，这平台采用了社群版 GitLab (GitLab-CE) 作为基础。GitLab-CE 是按 MIT 开源授权发放的「综合开发维护循环平台」(Integrated DevOps Cycle Platform)，除使用 Git 作为版本控制工具外，亦支援「持续整合」(Continuous Integration, 简称 CI) 和「持续发布」(Continuous Deployment, 简称 CD)，并提供「问题追踪」(Issue Tracking) 功能，以加强开发群体的沟通。

我们应用了 CI 进行自动化的单元测试和整合测试，以确保对源代码的改动不会影响系统其他部分的运作，现时任何改动均会启动约 20 项测试，需时数分钟，若任何一项测试失败的话，系统会禁止将有关源代码合并入主流 (master branch)。自动化的测试流程不但确保了系统整体的可用性，同时亦能减轻开发人员的担忧，有助加快开发工作。

同时，我们利用 CD 自动依据源代码内的「文档字符串」(docstring) 产生以网页为格式的参考手册，并通过网站 (<https://docs.com-swirls.org/>、见图二) 发布，参考手册让使用者和开发人员在使用模块时有依据，免除因说明不足而导致的猜测，从而方便模块的重用，是共享软件的重要部分。

此外，我们亦利用 CD 将小涡旋自动编成 Conda 软件包，以便使用者安装。Conda 是一个包管理器和环境管理器，在不同作业系统和发行版均有提供，使用者可从网站 <https://conda.io/> 下载和通过简单指令安装。在已安装的 Conda 的系统上，使用者只需执行一句指令，即能自动下载和安装小涡旋，包括其所需的其他软件。

利用 GitLab-CE 的「问题追踪」功能，我们成功协助菲律宾的开发人员产生马尼拉地区的雨量图 (图三)，而来自马来西亚的开发人员亦通过这个功能，提出有关临近预报验证方法的讨论，并得到来自香港、菲律宾和新加坡开发人员的回应 (图四)，起了协同开发的效应。

#### 4 Com-SWIRLS 2.0 的设计

我们将 Com-SWIRLS 的源代码库命名为 SwirlsPy，并于 2019 年 2 月 1 日释出 2.0.3 版本。这版本包含了雷达数据处理、定量降水估计 (QPE)、定量降水预报 (QFF)、预报验证等各类模块，可处理的雷达数据格式包括 ASCII、CINRAD、IRIS、HDF5/ODIM、NetCDF 和 UF 等等。

SwirlsPy 2.0.3 采用了 Python 作为骨干语言，并辅以 C++ 提高部分关键模块的执行速度。Python 的优点在于可读性高 (readable)，我们采纳的 PEP8 编程风格令其可读性得到进一步提升，这方便其他开发者较了解作者编程的思路，并容易找出可能存在的问题。此外，现时坊间不少开源程式库均以 Python 为基础，例如处理雷达数据的 wradlib 和 Py-ART、格点处理的 xarray、科学计算用的 numpy 和 scipy、绘图用的 matplotlib 和 cartopy、产生参考手册的 sphinx 等等，采用 Python 有助我们减少需要自行编码的部分，从而加快开发过程。

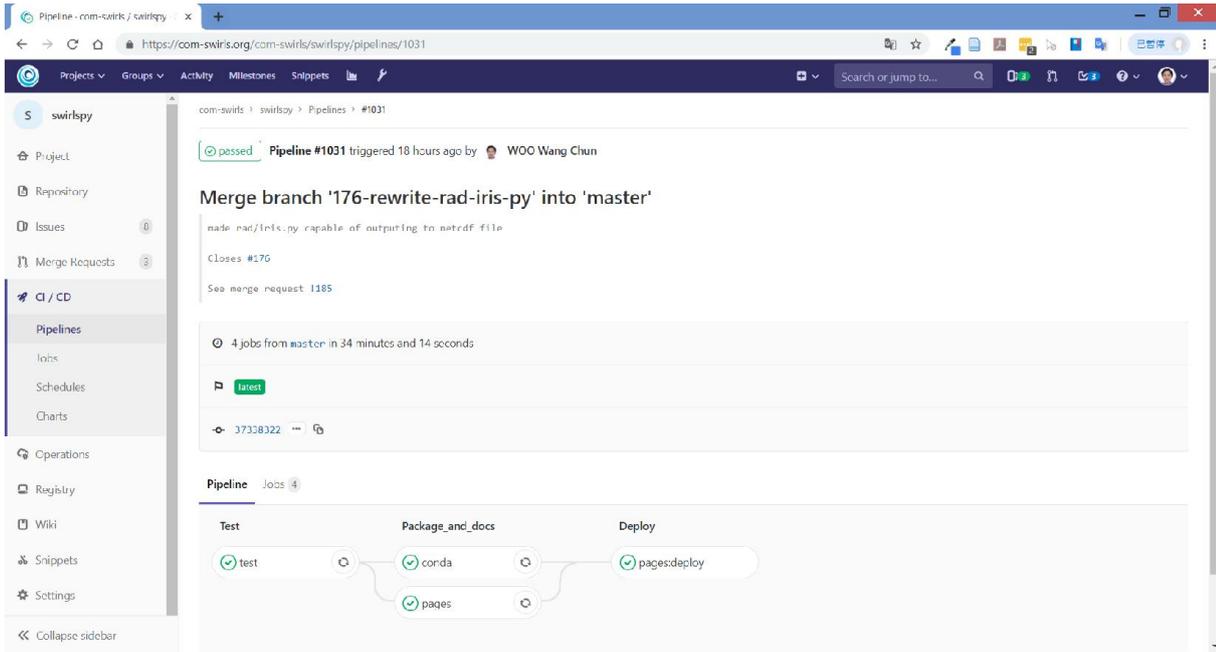
在原有的小涡旋中，不同程序之间的沟通多通过作业系统的档案读写进行，这不但增加伺服器的输入、输出负荷，亦可能导致解读过程中的误差，造成系统不稳定或计算问题。在 SwirlsPy 2.0 中，我们利用 xarray 作为不同模块的共通媒体，xarray 是针对已标签网格点数据的类别程序库 (Class library)，使用 xarray 使通过记忆体直接传送数据变得可行，有助加快执行速度，同时亦因采用了标准化的介面而避免数据误读，亦令将来系统的可扩展性大为提升，例如，现时 QPF 的光流变分化 ROVER，使用以 xarray 储存的过去雷达数据作为输入，计算后输出以 xarray 储存的预报雷达数据，将来只需编写出同以 xarray 作为输入和输出的 QPF 运算法模块 (例如建基于深度学习的 ConvLSTM 或 TrajGRU 运算法)，使用者即能按其所需更换运算法，甚或同时运行多种运算法，再利用集成预报技巧产生概率预报。

## 5 总结和未来发展

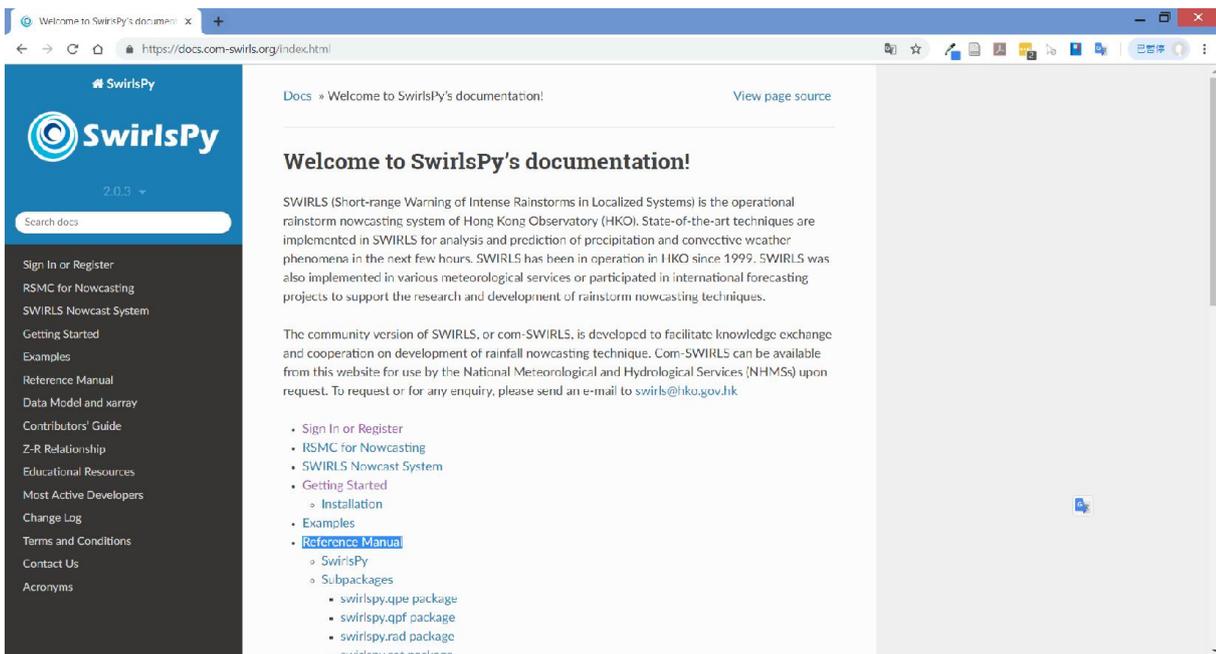
为促进小涡旋的未来发展，天文台于 2018 年下半年建立了一个基于 GitLab-CE 的协同发展平台，这不但加强了软件开发流程和简化安装程序，亦让合作伙伴能更有效参与社群版小涡旋开发，至今已有来自 9 个国家 19 个单位的数十名气象人员在这个平台上合作和交流。

我们欢迎各同行加入小涡旋协同发展平台，并通过这个平台分享源代码和交流技术细节，有兴趣人士只需通过平台上的简单注册手续，即可进入和使用。

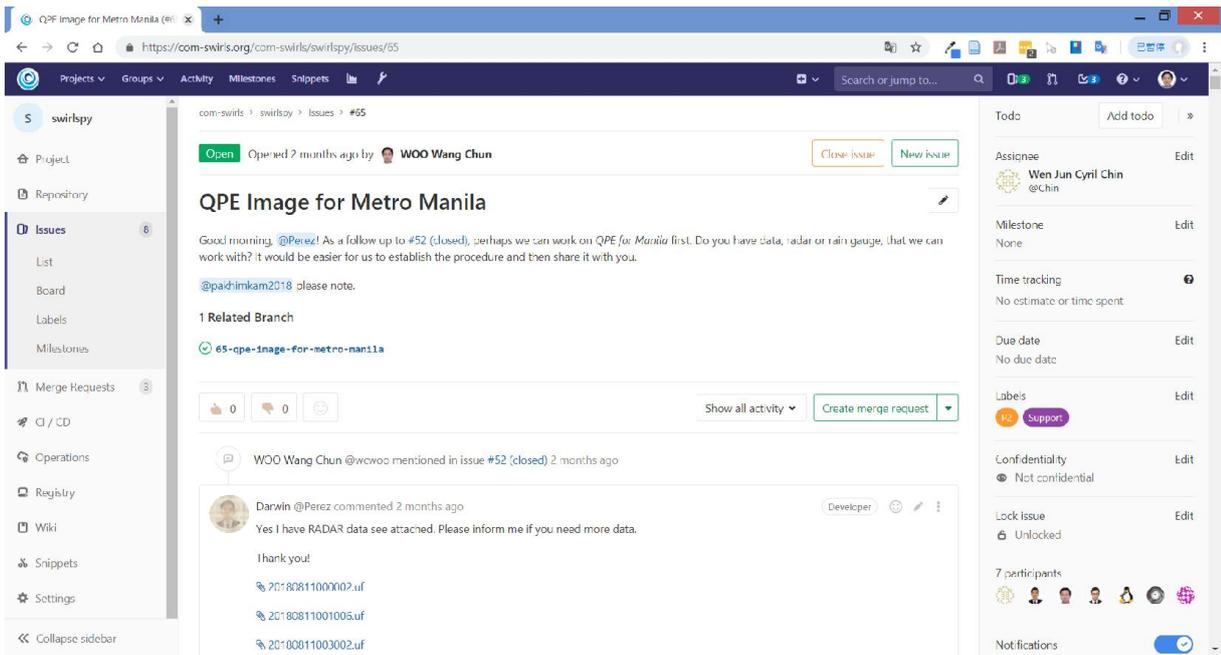
展望未来，气象机构可进一步加强合作，共享其他气象预报的运算方法和源代码，并通过分工和交流提升开发效率，让大家获享气象技术发展的丰硕成果。



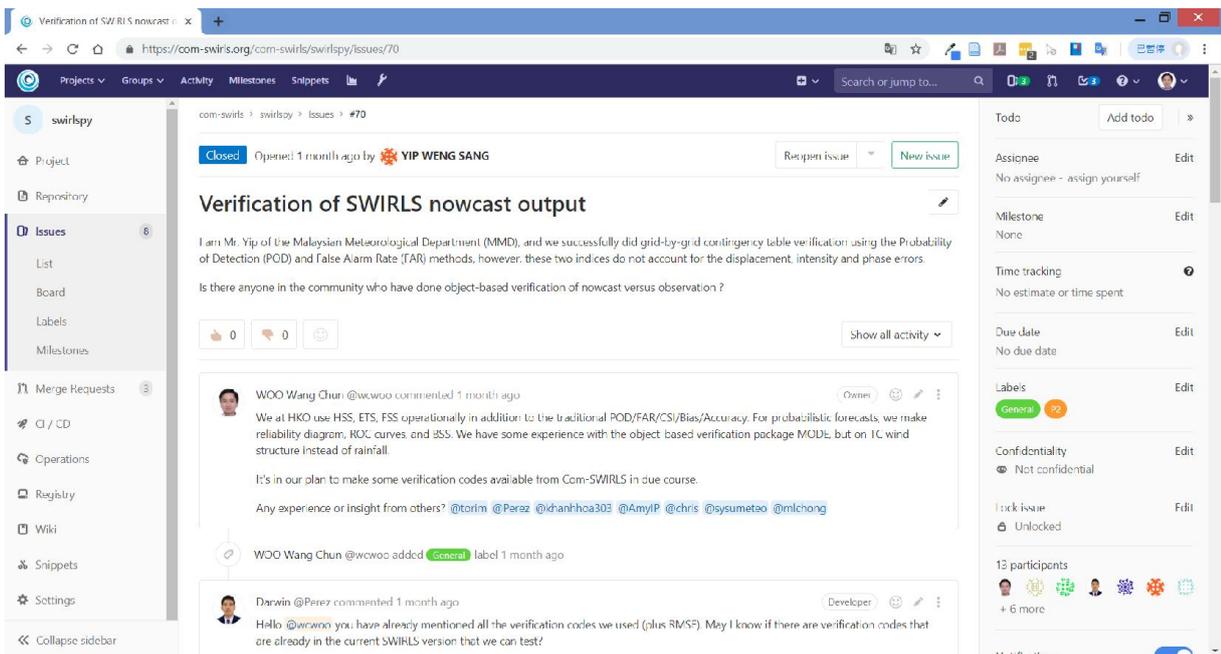
图一、基于 GitLab-CE 的小涡旋协同发展平台，图中显示进行 CI 和 CD 的过程



图二、小涡旋协同发展平台的参考文本网站



图三、有关马尼拉雨量图的讨论



图四、有关临近预报验证的讨论