**C-Coupler2的功能特点及应用测试**

作为C-Coupler家族的第二个版本，C-Coupler2继承了C-Coupler1灵活可配的耦合架构和三维耦合功能。与C-Coupler1甚至国际上其他耦合器相比，C-Coupler2具有如下新功能特点：

1. 更加通用、灵活且易用的耦合配置接口。其有机结合了近80个应用编程接口和一系列XML格式的配置文件，使得用户能很方便地设置参与耦合的分量模式、时间步长、模式网格、并行剖分、耦合变量及数据类型、耦合频率、耦合延迟、耦合连接关系和插值配置等。
2. 对同一可执行文件内或同一分量模式内耦合的支持。例如可以支持同一分量模式内物理过程不同方案之间、物理过程与动力框架之间的耦合。
3. 灵活且自动的耦合生成能力。C-Coupler2可以自动发现分量模式间的潜在耦合连接关系（一个分量模式向另一个分量模式提供耦合变量）并自动生成进行耦合的程序流程。任意一组分量模式在任意时刻可进行一次自动耦合生成。国际上其他耦合器不具备耦合生成能力或仅能进行一次全局耦合生成。
4. 动态三维耦合功能。在三维网格垂直坐标（如大气模式三维网格气压坐标）随模式积分动态变化的情况下完成并行耦合。国际上其他耦合器的三维耦合功能不完善或不支持时变的三维网格。
5. 非阻塞数据传输。采用了MPI单边通信来实现非阻塞数据传输，尽可能降低了耦合模式死锁的可能性。国际上其他耦合器均采用的MPI双边通信实现方式可能会导致难以预计的死锁，降低耦合模式的可靠性。
6. 自适应重启动功能。一方面C-Coupler2提供了便捷的重启动应用程序接口，可保证在任意耦合延迟设置下耦合变量的重启动能力（重启动运行与初始运行结果的二进制一致性），并保证耦合模式能从正确的模式时间重启动持续运行（“continue”运行），另一方面C-Coupler2可为模式的非耦合变量提供重启动功能。
7. 对模式嵌套的支持。能便捷实现区域模式到自己或其他模式的嵌套，并可便捷实现不同网格区域间的同时积分，以提高模式的并行效率。
8. 对增量耦合的支持。C-Coupler2能兼容已有耦合模式和其中使用的其他耦合器，从而实现一个分量模式到已有耦合模式的便捷耦合或嵌套。例如几乎在无需修改CESM和WRF的驱动情况下，就能实现WRF到CESM的嵌套，实现过程中只需要关心相关分量模式，如WRF和CAM。
9. 对软件调试的支持。C-Coupler2会对耦合配置进行详细检查，出错时给与如何修改的提示，可输出并行运行日志信息，并为分量模式提供输出并行运行日志信息的服务。

C-Coupler2已通过了数百个单元测试用例、不同计算环境下的可移植性测试和一系列应用测试，其中包括清华大学负责发展的CIESM模式、国家海洋局第一海洋研究所负责发展的FIO-AOW模式、中科院大气物理研究所LASG国家重点实验室负责发展的CAS-FGOALS-g3模式和国家气候中心负责发展的BCC-CSM模式等。对于其中采用C-Coupler2替换已有耦合器的工作，我们保证了替换前后模式模拟结果完全不变（二进制不变），例如采用C-Coupler2替换CESM模式中MCT耦合器前后CESM模式的结果二进制不变。对于CAS-FGOALS-g3，我们采用了C-Coupler2完成了GAMIL3到CESM架构的模块化耦合，耦合模式有CESM和GAMIL3两个可执行文件，GAMIL3无需使用CESM的驱动程序，从而避免了对GAMIL3驱动的大量修改。当前，我们还在开展更多单元测试并结合国家气象局数值预报中心和国家海洋环境预报中心等单位的需求开展更多应用测试。