

# 针对数值模式的大区域天气雷达数据 QC 及组网 QPE 系统的项目分析

QPE:定量降水估计

## 一 任务提出及设计核心

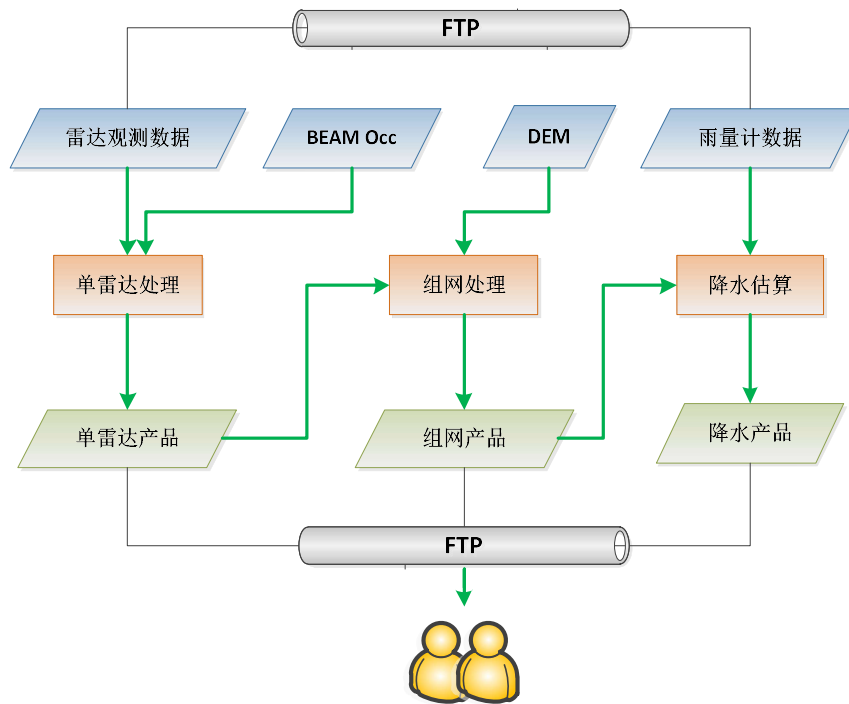
中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室早前研发了新一代天气雷达三维组网系统，并已应用到多地的业务单位，并在推广应用过程中根据用户需求，对应开发了功能一样的跨平台版本。但早前的应用系统目标是针对不超过 20 部雷达的较小区域，且跨平台移植因为完全沿袭原 WINDOWS 版本设计思路，未充分利用 LINUX 平台的特点或优势，在扩展性上不能更好的满足大区域雷达组网的灵活性、高效性要求。模式要求对大范围、乃至全国范围内天气雷达数据进行处理，为此，必须改写软件框架，满足大区域要求、高效性、稳定性要求，同时还要集成成对数值模式特定需求的 QC 方法和组网方法以及雷达组网降水估计方法等。

设计核心：软件框架重建

## 二 总体架构及实现思路

### 1，局部区域

满足运行时效要求的部分雷达构成的区域，为组网的局部运行区域。不同局部区域之间是独立的。系统可以只运行某个区域。

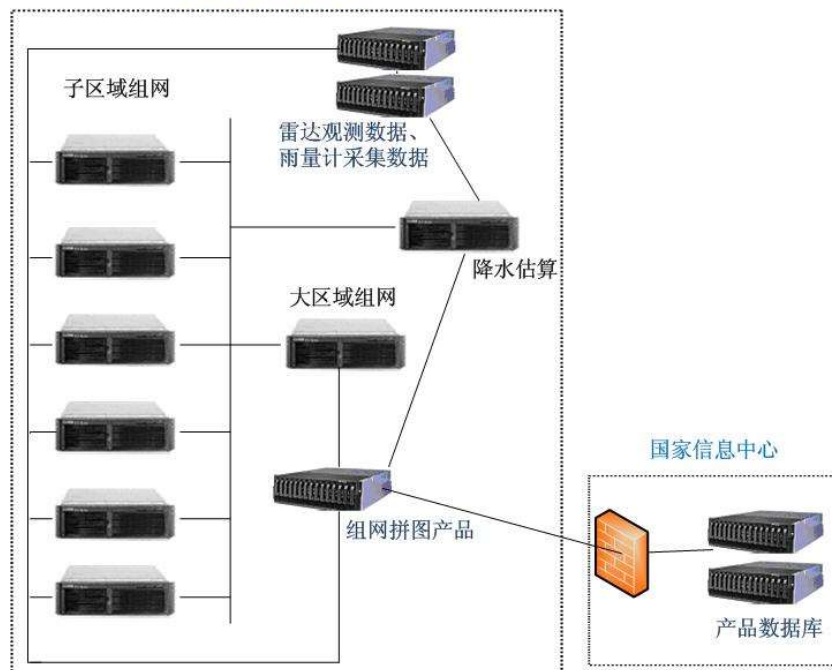


区域组网降水估算流程图

## 2 大区域

如果区域过大，硬件性能不足以支持时效要求时，采用多个子区域同步处理，然后对子区域结果再次组网得到大区域结果。

中国气象科学研究院



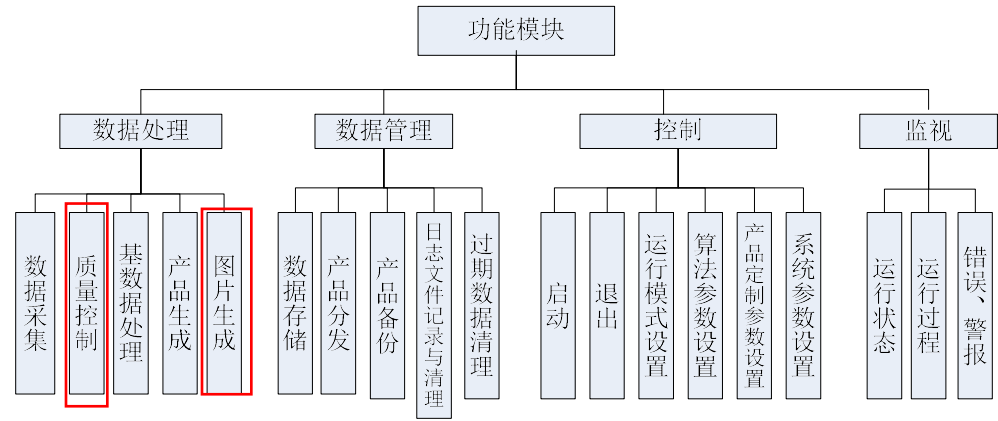
大区域组网降水估算布局图

实现思路及方法：实现单站雷达数据处理流程为主线的线性处理，进而完成多雷达数据的高并发处理，最终实现多区域并发处理。

三、功能模块

1. 功能模块

系统分为数据处理、数据管理、系统控制、系统监视四类功能（如下图）。



软件系统功能模块

1.1 数据处理

数据处理是本系统的核心功能，其它功能均为数据处理功能的支撑或提供服务。

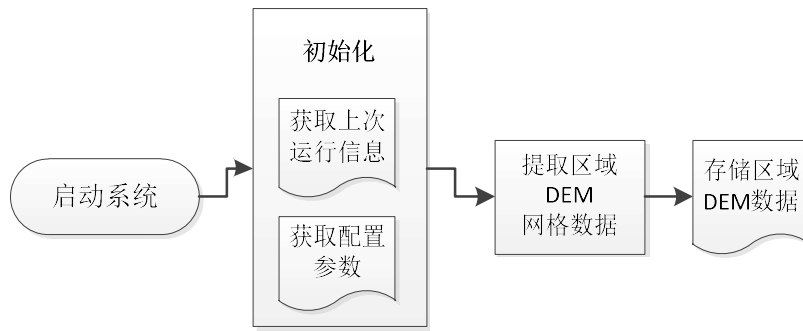
数据处理包括各类数据的获取（采集）、雷达观测数据系列质量控制、雷达基数据的系列处理及区域组网、降水估算等系列二次产品生成、产品图片生成等。

(1) 数据采集

采集的数据种类有：地面雨量计数据、雷达观测数据、波束遮挡数据、地形高度数据。

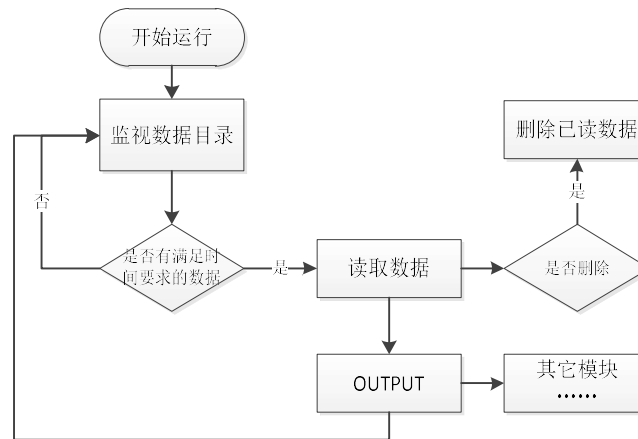
数据特点： 其中波束遮挡数据、地形高程数据为预先提供，不会有变化；地面雨量计数据、雷达数据为观测数据。雨量计数据更新频率为几分钟或1小时，雷达观测数据更新频率为5、6分钟。

DEM 数据、波束遮挡数据是在软件启动时，系统初始化后载入，根据初始化确定的区域范围，提取对应区域的 DEM 数据，为方便应用， DEM 数据的存储方式、分辨率与格点雷达基数据相同。本地提取的 DEM 数据以文件形式存储，若下次启动时区域、分辨率没变，则下次运行时直接使用；否则，重新提取新的区域 DEM 数据，并覆盖上次提取的结果。



DEM 数据采集流程

雷达数据是在系统选择开始运行、即开始数据处理的时候，启动循环监视、读取雷达数据的任务；选择停止数据处理时，停止该任务。



雷达数据采集流程

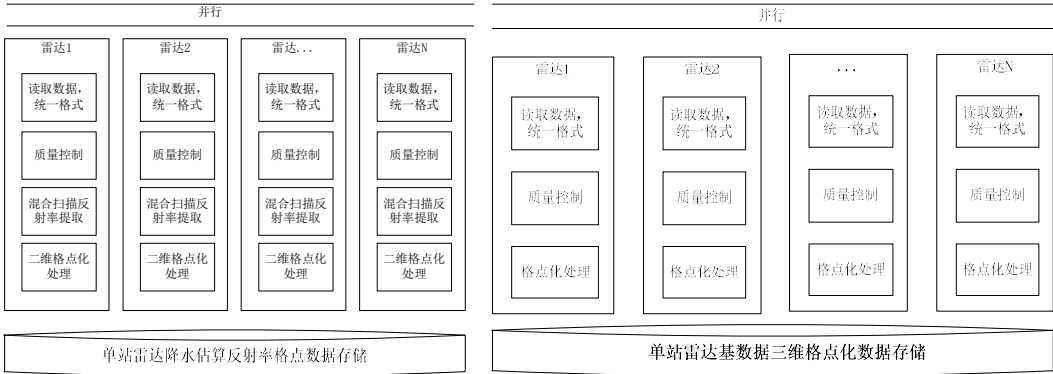
## （2） 质量控制

主要指对雷达数据的质量控制，包括去地物杂波、电磁干扰、噪声等；每项 QC 处理均为可选。质量控制在雷达数据读取为统一内部格式后进行，质量控制后输出的数据保留与输入数据相同的格式。格式编解码 协议

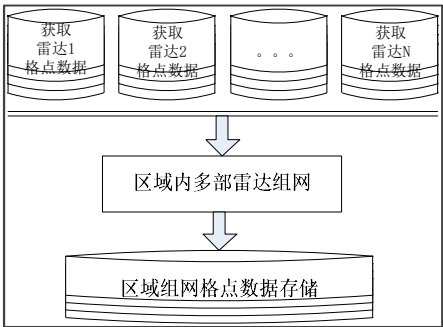
## （3） 雷达数据处理

数据处理包括：用于降水估算的雷达极坐标数据生成，雷达极坐标数据转化为二维网格数据、 雷达体扫数据转化为三维网格数据， 区域多部雷达二维/三维网格数据组网。

数据库

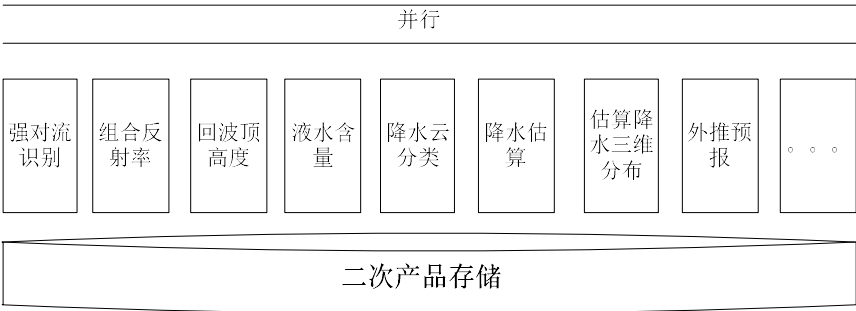


格点转化模型



区域格点组网处理

(4) 二次产品生成



二次产品系列

(5) 产品图像生成

产品图生成功能为可选项,生成指定高度层的雷达反射率、降水估算用雷达反射率、所有二次产品的图像。 每种产品均可分别选择是否生成产品图像。

多层产品的高度、 每种产品图像色标、数据级等均可通过参数设定。

## 1.2 数据管理

数据管理包括：

数据存储、产品分发、产品备份、日志文件记录与管理、过期数据清理等功能。

数据存储：

产品数据、产品图像、中间处理数据（可选择）的本地存盘，可选择是否压缩存储。（为不影响数据处理效率，是否需要单开存储任务？）

产品分发：

待细化

本地存储的产品数据、产品图像，通过 FTP 对外推送。分发任务为独立的任务完成。是否分发、分发的产品类型、以及产品分发路径，均为可选项目。

产品备份：

对产品数据进行定期压缩备份；为可选项，备份频率、路径可编辑。

日志文件的记录与管理：

为便于维护，通过日志文件记录启动、运行中的关键过程、报警或者错误消息等。一般运行状态信息记录在状态日志中、错误、报警消息记录在错误日志中。日志文件的管理包括定期删除、备份等。

过期数据清理：

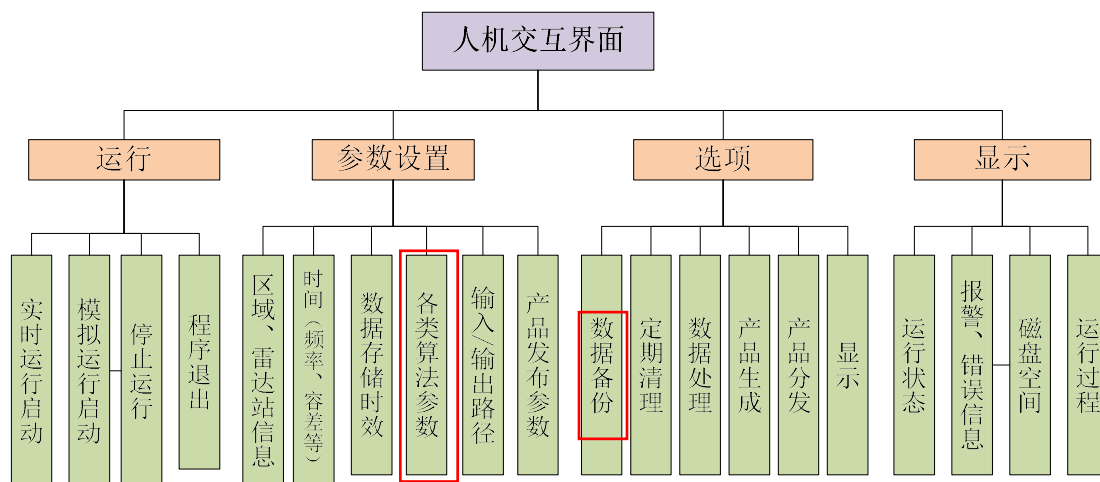
指产雷达和雨量计等实时观测数据的定期清理。观测数据量比较大，为保障实时运行的存储空间和观测数据检索效率，有必要在一定时段后，对用过的观测数据加以清除。

所有数据是否备份，均可以通过选项选择；存储、备份目录可以设置。

## 1.3 系统控制

系统控制包括：系统的启动 / 退出，运行及运行模式、各种算法的参数设置、定制产品的参数和系统运行参数的设置。

在图形界面环境下，通过人机交互界面实现系统控制功能（下图）。



软件界面框图

启动/退出:

命令行模式下,通过“命令行+运行参数”,启动程序;通过“命令行+参数”,退出程序。

图形界面模式:

通过点击图标启动程序,运行模式通过界面菜单选择;通过菜单控制退出程序。

各种算法参数设置:

计算处理过程中的各种算法,包括某些可选算法是否加载。如果有参数,提供相应的参数配置文件(文本),可以直接编辑文本文件修改参数的设置。图形界面模式下,也可以通过界面编辑。

定制产品参数:

通过定制,选择需要生成的产品,只有定制的产品才会生成,产品对应的计算过程才会调动。

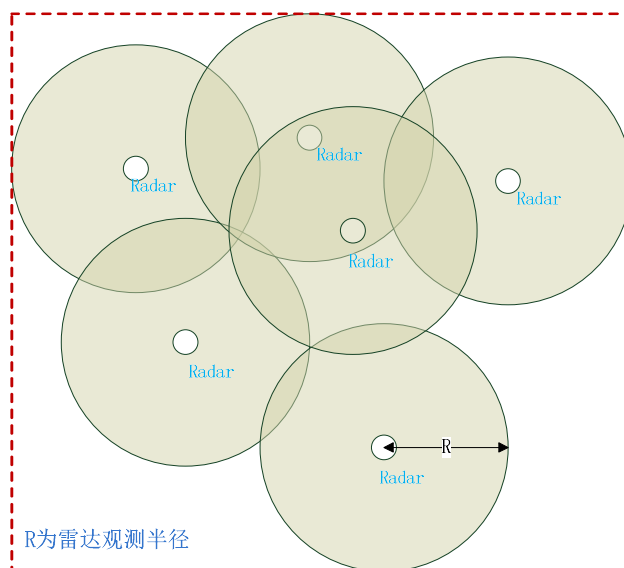
运行参数:

包括运行区间,格点分辨率、高度层、运行模式。

运行区间:

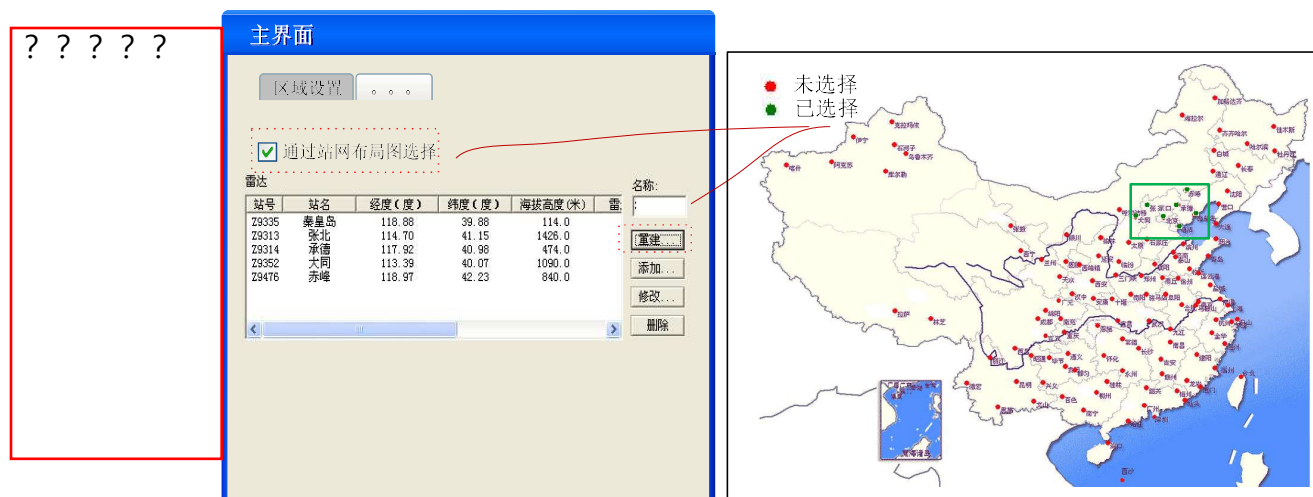
运行区间由雷达站的布局自动计算得到。因此,区间的配置,实际上是雷达站的配置。

如下图:



运行区域形成示意图（矩形区域）

除移动雷达外，一般雷达站点位置是固定的（由外部预先提供），因此，对于雷达站网的配置，提供多种操作方式：（1）图形界面模式下，选择区域设定选项，打开形式如下的雷达布局图，通过图形界面上选择指定雷达站，来确定运行区域。（2）图形界面模式下，从雷达站列表中选择雷达站网；（3）在命令行模式下，打开区域配置文件，直接编辑文本文件。



运行区域配置界面

## 1.4 系统监视

系统监视功能只在图形界面模式下可用。在界面提供状态显示区域和报警、错误信息提示区域。如下图：





系统监视信息同时以文本形式保存在日志文件中，并按日期分不同文件存储。

## 7 四、算法模块

### 7.1 单站雷达数据处理

#### (1) 雷达数据质量控制

每部雷达数据读取为内部统一格式后，对统一格式的雷达体扫数据进行质量控制处理，质量控制包括地物杂波、电磁干扰、海浪杂波等非气象回波识别和标记。针对降水估算的质量控制还包括亮带识别和订正处理。

质量控制是可选项，可通过配置文件或者控制平台选择是否启用。

#### (2) VPR 计算、亮带识别，观测盲区回波填补

增加计算 VPR 的模块，并基于 VPR 识别并订正亮带；

基于统计的 VPR 库，填补低层盲区的回波；

#### (3) 混合扫描反射率数据提取

对于降水估算，每部雷达用于地面降水估算的反射率数据来源于体扫数据，取多个仰角层上波束不受遮挡、在一定高度范围内的反射率数据，组成代表地表附近的二维极坐标反射率数据，即混合扫描反射率。

混合扫描反射率数据只在需要降水估算时处理生成，基数据三维格点组网过程则不执行本模块。

#### (4) 单站体扫/PPI 数据格点化

把内部统一格式的雷达极坐标体扫数据，插值到以经纬度、海拔高度为坐标的三维网格上，生成以平面上雷达站为中心，垂直方向上多个层次的三维网格反射率数据。

格点化的方法、垂直层次、水平范围、水平分辨率等，都可通过配置文件或者控制平台确定。

改进：考虑地对雷达波束遮挡影响，在格点化过程中分辨采取权重控制、回波强度补偿的方法，以减小波束遮挡导致的回波偏弱问题；并细致区分组网数据中的信息，如在观测盲区加以特殊标记等。

## 7.2 区域数据处理

### (1) 多部雷达三维格点基数据组网

把定义区域内各雷达格点化后的基数据，拼接为区域范围的三维网格基数据，或把混合扫描反射率格点数据，拼接为区域范围内的二维反射率格点数据。多部雷达共同覆盖区域的数据处理方法是本模块的重点。

系统提供几种多部雷达共同覆盖区域的数据处理方法，可通过配置文件或者控制平台选择其中一种方法。

### (2) 区域雷达降水估算

基于组网的反射率因子格点区域，采用 Z-R 关系估算降水。

在降水估算前增加降水类型识别模块，并逐格点标记降水类型。对对流云、层状云分别预值对应的 Z-R 关系参数，用于降水估算。输出 QPR\QPE 产品。

### (3) 其它基于区域组网数据的二次产品处理

组网二次产品均依赖于（1）中的结果，即区域三维组网反射率数据。相对于上面的所有功能模块，二次产品相对独立的一系列模块。二次产品以算法为单位区分功能模块，有的算法模块输出一种二次产品；有的可输出几种二次产品。各二次产品算法模块之间也是相互独立的，它们所需的数据均来自于（1）中输出的组网基数据（部分算法模块还需要地面观测数据，地面观测数据直接来自存档或实时传入到本地的观测数据，与其它模块无关）。

### (4) 产品图像生成

产品的颜色、阈值、是否叠加等都可以调整。

生成 MREF、CR、ET、VIL、降水类型、QPE、QPR 等各种产品时也生成产品的图片，其中，MREF 是多层数据，则输出指定的某些高度层的图片。

## 五、运行环境及实现目标

### 2. 开发及运行环境

开发语言 c/c++

平台: LINUX, UNIX, WINDOWS

开发线路: 首先完成 WINDOWS 平台, 然后向 LINUX, UNIX 移植

启动方式: 在桌面环境下, 通过图形监控界面启动; 否则, 以“命令行+运行参数”的形式启动。

运行方: 主要在后台运行, 结合不同的操作系统, 提供简单必要的软件操作接口, 如参数设置、文件路径设置、IP 地址设置, 开始、结束数据处理等。

工作模式: 包括实时模式和历史模式两种。

(a)实时模式: 根据设定时间周期, 自动处理当前的观测数据。

(b)历史模式: 处理指定时段的观测数据。

软件要求既可在 CMA 内网的工作站或微机上运行, 也可以在全国各区域中心或业务单位的工作站或微机上运行。