

气象探空测风软件系统的标准化研究*

姚雯¹⁾ 郑国光²⁾ 郭亚田¹⁾ 黄炳勋¹⁾ 杜秉玉³⁾

¹⁾(中国气象科学研究院,北京100081)

²⁾(中国气象局,北京100081)

³⁾(南京气象学院,南京210044)

摘要

高空气象观测是气象业务的基础,是天气预报、气候分析、科学研究和国际交换的气象情报和资料的主要来源。气象探空测风软件是高空气象站探空测风综合探测系统的重要组成部分,它包括了一系列严密的处理方法,同时又融汇了日益发展的计算机处理技术,其规范化、标准化程度直接影响着新一代探空系统效益的发挥。该文介绍了高空气象台站探空测风标准化软件系统的设计思路,重点在软件需求、系统结构、实现技术等方面进行阐述,旨在设计出适合于各种高空探测系统,方便实用的“标准化”探空测风软件,为进一步的软件开发工作奠定坚实的基础。

关键词:高空气象观测 标准化软件 系统设计

引言

大气中各个高度上的气压、温度、湿度、风向、风速随时间和空间分布的资料是研究大气热力和动力过程以及天气分析和预报的最基础资料。随着高空探测技术的发展,探测资料密度不断增加,进而对高空气象站探空测风软件系统的要求也随之不断提高。气象探空测风软件是高空气象站探空测风综合探测系统的重要组成部分,负责完成对探空资料的实时接收,自动/人工处理探空、测风数据,常规及非常规观测报文、报表编制以及资料存档,其标准化程度和自动化处理水平的提高不仅能增强信息的利用率和准确率,而且还能提高服务的实效性,从而更好地发挥高空探测设备的效益^[1]。

本文根据国内外高空探测系统的发展趋势及气象软件工程规范的有关规定^[2],提出“高空探测软件标准化”的设计思想,目的是根据气象观测规范、方法、数据标准化的要求,利用先进的高级编程语言,吸收借鉴以往各种不同探空软件的优点,设计开发适应于各种探空测风系统的标准化软件。

1 现状与分析

我国高空探测系统种类很多,如各种探空测风雷达系统、无线电测风经纬仪、GPS导

* 2002-12-18 收到,2003-02-11 收到修改稿。

航测风系统等。目前我国高空探测业务中存在的问题是探空测风雷达系统差异较大,探测仪器、探测方法、探测软件、用户操作等方面又各具独特的风格,很不一致,这样就造成不同探空测风系统得到的气象探测信息的可比性差,给资料使用和业务管理带来不便^[3]。

目前我国业务使用的 59-701 型探空测风雷达,元件误差大,数据采样率低,其处理系统虽然从原先的手工操作演化到 PC1500 计算机直至今日的微机操作,但是整个数据处理流程主要还是基于人工操作的方法,需要观测员时时的人工干预,并且数据订正方法落后,计算精度较差。工作在 C 波段的一次测风雷达,温、湿元件的误差较 59-701 型雷达系统小,数据采样率有所提高,达到 10 组/min 数据,采用雷达测高反算气压的方法,并加入了长波辐射订正,滞后订正等一系列订正方法,提高了计算精度。但是其软件系统主要运行在 DOS 的环境中,由于受到系统的限制,界面简单,要求输入的要害较多,容易产生误操作。正在试运行的 L 波段雷达系统,温、压、湿元件误差减小,数据采样率高,接近 1 组/s 数据(1 组/1.2~1.5 s)。软件运行在 Windows 系统之下,界面友好,能满足用户对软件的功能和性能的需求,但是软件设计未彻底摆脱 59-701 型观测规范方法的要求,虽然数据精度提高了,但是数据处理流程、功能产品与 59-701 型的一致,未能充分利用探空仪、雷达原始数据信息得到形式丰富多样的产品。而在高空气象探测业务的总体规划中作为新一代探测系统的 GPS,尚处在研发阶段,目前还没有与之相配套的软件包。

因此,根据目前高空探测系统多样性的现状,如何开发出适应不同探测系统的高空探测标准化软件就成了一项重要的研究课题。并且目前各探测系统的人工干预较多,特别是在信号接收不好时,人工修改比较多。这些修改是否合理,如何更客观地保证高空记录的可靠性,如何在数据处理的各个环节增加可靠的质检方法,特别是如何更为有效地审核高空观测记录,更是软件必须解决的课题。

2 设计目标及思路

本软件以“高空探测软件标准化”为设计目标,并提高软件的通用性。其设计的基本思路是通过先进的计算机技术,将以往高空站探空测风业务的手工绘制分析通过计算机语言编程分阶段来实现,同时通过设置不同功能的动态连接库,以实现软件的规范化、标准化、智能化和自动化^[4,5]。

2.1 系统框架的设计

软件系统的设计不但要考虑到数据结构,还应考虑到其所采用的文件格式。鉴于高空观测的实际情况,整个系统框架的设计应从以下三方面考虑:

(1) 模块化结构 软件由多个单任务程序组成,其中大部分程序又分割成许多功能模块,各个功能模块执行某一具体的任务,整个开发过程按各部分具体的特点自顶向下完成开发任务。这样便于今后对各过程进行独立修改以及后续开发阶段的扩充工作。

(2) 统一标准的报文、报表、记录文件格式 不论所采用的探空仪接收数据的格式如何,在预处理阶段都必须转换成软件标准化所规定的格式,即每一功能模块都具有各自标准的输入、输出参数及其格式以确保软件的通用性;最终输出的报文、报表及存储的记录

文件也应遵循统一的规定格式,便于最终用户的使用以及最终的资料管理。

(3) 数据保存 考虑到各个高空站操作人员计算机水平的不同,软件设计中在数据存储方面主要采用观测员熟悉的文件保存的方式,按时间进行分类存储,便于检索。同时,根据探空业务的要求,数据和记录文件按永久、短期和暂时三个期限等级保存。

根据高空台站探空测风业务流程中各阶段处理的数据资料的形式、处理的方法,按照模块化设计的要求,将本系统分成 4 大功能模块,分别是主控模块、监控接收模块、自动处理模块、输出模块。系统主要框架见图 1。

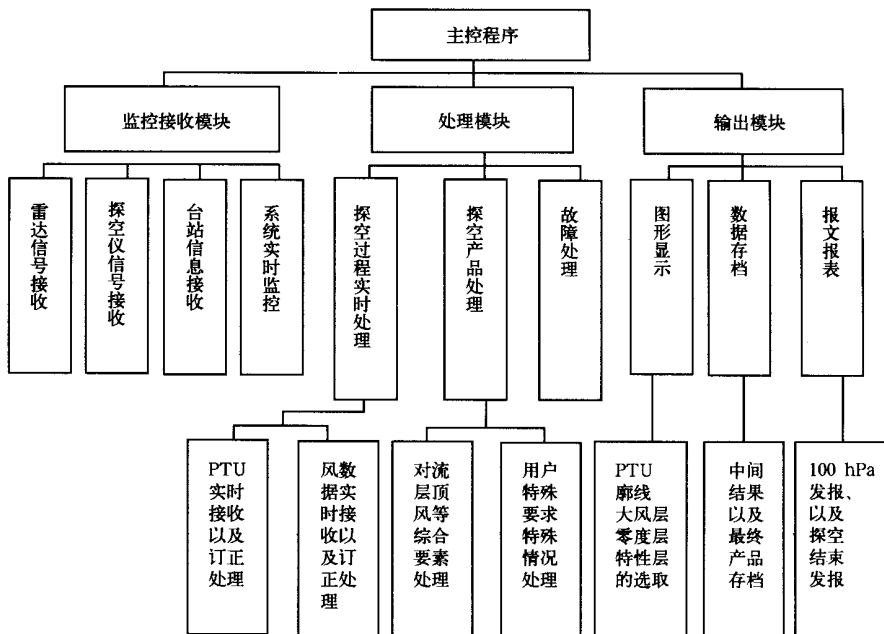


图 1 系统主要框架

① 主控模块主要是实现系统控制,它将各个功能模块作为一个整体考虑,通过方便易懂的菜单来调用其他各模块,实现各功能模块的数据流处理,最终完成整个探空测风过程的处理。

② 监控接收模块实施对接收设备的监控以及探空仪施放前的准备工作:检测雷达设备和信号是否正常,探空仪信号是否正常,以及探空仪基测、瞬间地面要素值的输入、台站参数的设定等操作。这是处理整个软件数据流的基础,为下一步对探空测风数据的处理做准备。并且,此模块在接收探空仪发送的实时数据的同时,还对系统进行实时监控,采取触发式的操作,对系统出现的异常做出响应以及出现警告提示对话框以提醒用户。

③ 资料处理模块是整个软件系统的关键部分,即利用计算机的通信技术,将探空仪发送的信息直接传输到计算机中,并由计算机程序系统完成对信息的处理。考虑到不同探空系统的要求,必须设置相应不同的数据结构以存放不同格式的原始数据,通过数据预处理模块,对统一格式的资料进行光滑、订正以形成实用的资料流。在此模块还设置了交互功能,用户可以通过相关的接口,对软件自动订正效果不好的数据进行人工订正,进一

步提高数据精度。当然,这些操作也相应地记录到日志中,便于审核。同时系统设计中还提出了故障处理的设计,如发生临时断电、某硬件损坏应及时更换等情况时,所采取的措施。此部分应注意在处理故障的同时,要考虑到数据的有效性、延续性,确保数据的正确使用。

④ 输出模块主要是对各种要素量的观测结果进行图形、表格显示。如 PTU 廓线图、大风层、零度层、特性层选取后形成的产品图,探空资料实时表格显示等等。最终用户不但能通过表格数据了解数据变化情况,而且也能通过不同的图形、曲线直观地得到数据的变化情况。同时,输出模块还负责数据资料的存档,以及产生天气电码信息、天气电码发报,完成常规探空要求。

整个数据流程如图 2 所示。

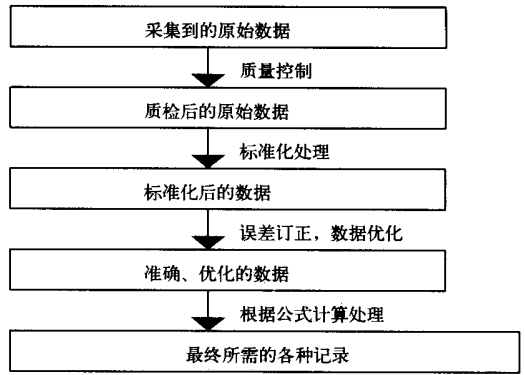


图 2 探空过程数据流程

2.2 重点设计

2.2.1 标准化的含义

首先,软件的标准化并不等同于单一化。探空仪器、探测方法是多样化的,用户的需求是多样化的,而 WMO 及中国气象局对高空资料的内容、格式、各种探空要素(规定层、特性层的处理计算)有统一的要求和规定。怎样通过软件设计解决多样化问题,而又避免单一化成为整个软件设计的关键之一。多样化与标准化软件之间的关系见图 3。

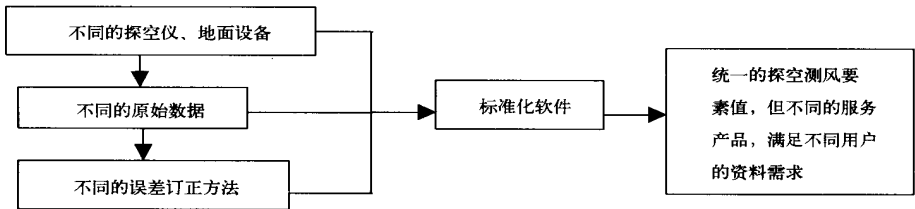


图 3 探空测风软件标准化框图

本文所论及的“标准化”包括两方面的含义:① 软件设计应符合探空业务通用标准的要求,即数据资料处理流程、数据资料处理结果与现行业务标准一致。整个数据处理所采用的方法、各种公式、各种探空产品、报文报表的数据格式应该符合有关部门统一的要求和规定。② 整个标准化软件在符合业务标准的同时,还应具备自己的特色,即达到“高标准”的要求。主要表现在新软件要比以往的各种软件提供更多、更可靠的产品资料;提高自动化程度,减少人工操作;提高可维护性三个方面。

在分析探空观测过程的多样性、复杂性,明确标准化软件特点之后,具体到每次探测过程中由于所使用的探空手段多种多样,如 L 波段雷达系统、C 波段雷达系统、GPS 探测系统等,虽然各种探空系统对数据的处理流程大体相同,都需要进行探空仪资料采集、实

时显示和处理、资料存储各阶段,但不同的探空系统采集到的探空要素不尽相同,如 L 波段雷达系统采集的探空测风要素为压、温、湿、仰角、方位角、斜距,而 GPS 探空系统采集的探空测风要素则为压、温、湿、X、Y、Z 方向位置。考虑到此标准化软件的通用性,对不同的探空系统采集的数据需要进行必要的格式转换,以适应不同探测系统的要求。因此,在数据资料处理模块设置数据的预处理,将不同探空系统收集到的数据,根据标准化的要求处理成后续计算所需的统一数据格式的数据流。同时在主控模块中设计相应的接口,使得不同的探测手段所得到的数据能在同一个软件中处理,提高了数据的可比性,也由于采用同一个软件,增强了后续软件的扩展性。

2.2.2 实时质量监控、数据优化及审核

随着探测手段的不断加强,获得的数据量也不断增大,数据的质量如何以及参与处理计算的数据可信度将直接影响到探空精度,因此进行实时数据质量监控十分必要,这也是软件设计中的一项关键问题。同时,软件设计还应为审核员的事后审核工作做准备。审核员需要知道软件在实时过程中做了哪些处理,观测员做了哪些操作,对实际观测结果有何影响,这些处理在软件设计中应该有所体现。并且随着数据采样率的不断提高,获得的数据信息也相应增多,如何充分利用这些冗余的信息,优化探测结果,增加探空测风软件的产品,增强探空测风软件的功能,也是软件设计中应考虑的问题。

在实际的探测过程中由于探空仪在发送无线电信号过程中容易受到外界干扰,因此在雷达接收探空仪信号过程中收到的探空资料就可能出现与实际情况不符的错误。所以软件设计在监控模块中设置实时数据质量监控,通过比较可靠的质量控制方法对原始数据比较明显的不可靠数据进行修正。对于软件自动修正有误的数据,通过人机交互,实现人工订正。同时在每帧的数据末尾添加一组数据可靠性指示码,通过质检标志位的数值来有效的反映探空数据的质量。

质检内容主要有以下几个方面:①考虑数据是否缺测,数据是否合理。②地面观测质量,由于地面数据涉及到软件的处理,目前主要还是采用人工输入的办法,容易误操作,所以其数据的质量也十分关键。软件设计中应提供前一次探空过程中地面点的参数作为本次输入的参考,尽量减少输入错误。③探空过程中其他各类的检测,如施放延续时间均匀性检验,超绝热现象检验,前后两次探空资料的可比性检验等等。

为了提高探空过程的质量,将经过质检、标准化后的数据进一步进行优化十分必要。软件设计中应提供探空要素处理的不同方法,如气压正算,雷达反算等,并提供不同算法的相对误差,再择优选择最后的处理结果,以提高产品的可靠性。

同时,为了方便审核员的事后审核,软件还应为审核工作提供相关的数据,所以,设计中应添加日志文件,观测员在探空过程中做了哪些操作,对哪些数据进行了修改,修改的数值、次数都应记入日志,便于审核员审查。

2.2.3 软件功能的丰富

随着获得的信息量的不断增多,如何充分利用这些数据,获得更加丰富的功能产品也是软件设计所应考虑的问题,因此在输出模块中除了 WMO 及气象观测规范所要求的功能以及以往软件中的一些实用的功能外,还需添加新功能以满足不同用户的需要。

(1) 对比探空资料 为了判断某次探空过程探空仪工作是否正常,探空过程是否出

现异常情况,可以通过调用相邻两次探空过程进行资料对比,了解探空过程中是否出现较大差异,以判断某次探空过程的有效性。有时为了使各种探空资料具有可比性,消除不同探空仪之间的偏差,确定探空仪的各种误差来源,进行各种类型探空仪资料的对比也是十分必要的。这个模块功能对资料统计也具有一定的意义。

(2) 查找任意气压段、任意时间段数据 用户可通过对话框输入所要查找的气压段、时间段,就可获得表格形式的数据,使得用户查询数据既方便且速度较快。

(3) 显示误差订正趋势图 通过图形界面了解到长波辐射订正误差、太阳辐射订正误差以及滞后误差的曲线分布,可以方便地得到误差数据以及误差变化趋势,便于判断误差订正是否合理,以便日后进一步分析算法,提高精度^[6]。

(4) 根据用户需要转换不同的数据格式,存成不同数据格式文件 不同的用户所需要的数据文件的格式不同,为了方便用户,软件设计中按用户需要设置不同的文件存储格式,由用户自行选择以得到所需的资料。方便了用户,避免了用户自行转换文件的麻烦。

(5) 设置探空过程回放功能 将探空过程的实时接收情况动态模拟实现,用户在审核资料时,能准确地了解到探空过程出现的情况。在此功能模块中,还设置了回放速度(快速、中速、慢速)、回放过程暂停两项功能,用户可以根据实际需要进行操作,实用方便。

(6) 设置产品定制功能 用户可以通过配置表中列出的产品自行进行配置,获得所需的产品,进一步体现软件的灵活性。

3 结 语

本文根据中国气象局高空探测系统的功能规格需求书及气象软件工程规范的有关规定,提出“软件标准化”的设计思想,目的是根据气象观测规范、方法、数据标准化的要求,利用先进的高级编程语言,结合以往各种不同探空软件的优点,克服其不足,开发适应新一代探空测风要求的标准化软件,实现软件系统的规范化、智能化、自动化。

随着高空气象站探空测风业务工作的不断发展,对气象探空测风软件系统提出了更高的要求,该文正是从这一高度提出了高空探空测风软件设计的方案。随着探空资料分析处理方法的不断成熟,现代化计算机技术水平的不断提高,表明软件系统设计中提到的各项是可以实现的,在今后的工作中,我们将按照该设计进行后续开发。

参 考 文 献

- 1 中国气象局. 高空气象观测手册. 北京:气象出版社,1976.1~3.
- 2 中国气象局. 气象软件工程规范. 北京:气象出版社,1995.19~24.
- 3 Sergey Kurnosenko, Tim Oakley. Description and User Guide for the Radiosonde Comparison and Evaluation Software Package. WMO INSTRUMENTS AND OBSERVING METHODS REPORT No.60, 1996.3~15,36~44.
- 4 中国气象局监测网络司. 常规高空气象探测规范(试行). 北京:气象出版社,2002.6~34.
- 5 中国气象局监测网络司. 中国气象局高空站探空测风软件包标准化设计规定(暂行). 北京:气象出版社,1999.2~19.
- 6 黄炳勋. GZZ-7型探空仪温度元件的辐射误差及滞后误差. 北京:气象出版社,1985.1~28.

STANDARDIZATION OF THE SOFT DESIGN FOR UPPER AIR OBSERVATION

Yao Wen¹⁾ Zheng Guoguang²⁾ Guo Yatian¹⁾ Huang Bingxun¹⁾ Du Bingyu³⁾

¹⁾ (*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

²⁾ (*Chinese Meteorological Administration, Beijing 100081*)

³⁾ (*Nanjing Meteorological Institute, Nanjing 210044*)

Abstract

The upper air observation is one of the foundations of meteorological operation. The synoptic rawinsonde observing program is designed for the real-time operational needs for weather analysis and forecasts, and provides data of upper air observations for the purposes of the research and climatological applications, and international exchanges. The developed course of the data processing system for the new sounding system is described. The request for the soft system and the ideas for the design are emphasized. The significance for the application is illustrated.

Key words: Upper air observation Standardization soft System design