



高空气象探测手册

“59-701”微机数据处理系统部分

中国气象局监测网络司

气象出版社

高空气象探测手册

“59—701”微机数据处理系统部分

中国气象局监测网络司

气象出版社

内 容 简 介

高空气象探测数据处理微机程序是为处理 59 型探空仪、701 型测风雷达系统高空气象探测数据专门设计的。高空气象探测微机数据处理系统手册是对高空气象探测数据处理微机程序编制和使用的说明。软件程序和手册具有技术规范的性质,在高空气象探测业务中应严格遵守,以保证高空气象探测的精度。

本手册供高空气象探测业务人员工作学习时使用,同时可以作大气探测专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

高空气象探测手册:“59-701”微机数据处理系统/
中国气象局监测网络司 主编. —北京:气象出版社,
2001.1

ISBN 7-5029-3073-6

I. 高... II. 中... III. 高空-气象观测-数据处理系
统 IV. P416.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 87888 号

高 空 气 象 探 测 手 册

“59-701”微机数据处理系统部分

中国气象局监测网络司

责任编辑:潘根娣 终审:纪乃晋

封面设计:吕凤芝 责任技编:陈 红 责任校对:李 新

气象出版社 出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

北京市宏远兴旺印刷厂印刷

气象出版社 发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:12.25(含插图 6 页) 字数:288 千

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—1700 定价:20.00 元

ISBN 7-5029-3073-6/P·1078

前 言

高空气象探测数据处理微机程序是为处理 59 型探空仪、701 型测风雷达系统高空气象探测数据专门设计的。软件编制遵照 59 型探空仪、701 型测风雷达系统观测规范。个别技术问题根据微机自动化程度较高的特性对高空规范进行了修订, 为了保持规范的完整性, 对规范的修订内容将以技术文件的形式另文规定。

软件的主要功能包括: 探空仪气压、温度、湿度检定曲线拟合; 探空仪基值测定和施放瞬间处理; 高空气压、温度、湿度和探空仪空中定位数据的采集; 探测数据伪码的判断和甄别处理; 时压、时温、时湿曲线的拟合; 高空压、温、湿和高空风记录的整理; 探测数据的逻辑检查和特殊记录的处理; 编制高空压、温、湿和风的报告; 编制高空资料月报表和气候月报; 并进行高空测报质量统计等。

高空气象探测微机数据处理系统手册是对高空气象探测数据处理微机程序编制和使用的说明, 手册连同软件具有技术规范的性质, 在高空气象探测业务中应严格遵守, 以保证高空气象探测的精度。其技术规定的解释权在中国气象局。

软件的编制有其特殊的规律性, 高空气象探测数据处理微机程序虽经过了大量的使用考核证明, 已经基本满足了 59 型探空仪、701 型测风雷达系统观测规范的技术要求, 但对于一些罕见的特殊记录, 在处理软件编制时是否考虑到, 仍需在使用中进一步验证。因此, 希望广大高空测报和管理人员提出修改意见, 以便再版时参考。

软件和手册的主要编制、编写人员有胡德云、樊振德、杨绍兰、董锦仁、王小良、吴桂根、赵志强等同志。桂序在高空气象台站试用时, 得到广大高空探测业务技术人员的大力支持, 并提出了很多宝贵的修改意见; 戴金浩、黄炳勋、梁奇先等同志和国象级高空探测检查员参加了手册的校审和修改工作, 在此一并表示感谢。

编 者

2000 年 8 月

目 录

前言

第一章 系统概况	(1)
§ 1.1 系统概述	(1)
§ 1.2 系统主要功能	(2)
§ 1.3 系统菜单结构	(3)
第二章 计算公式及处理方法	(6)
§ 2.1 常规计算公式	(6)
§ 2.2 曲线拟合	(7)
§ 2.3 辐射订正	(10)
§ 2.4 有关时高线的计算	(11)
§ 2.5 基值测定	(12)
§ 2.6 规定等压面计算	(13)
§ 2.7 零度层选择与计算	(15)
§ 2.8 对流层顶的选择与计算	(15)
§ 2.9 终止层处理	(18)
§ 2.10 特性层选择与计算	(18)
§ 2.11 探空信号解调与译码	(20)
§ 2.12 压、温、湿电码纠错	(21)
§ 2.13 压、温、湿特殊记录处理	(21)
§ 2.14 量得风层计算	(22)
§ 2.15 计算规定等压面和规定高度、对流层顶的风向风速	(24)
§ 2.16 选择最大风层	(26)
§ 2.17 雷达单独测风	(26)
§ 2.18 补放小球	(28)
§ 2.19 测风特殊情况处理	(28)
§ 2.20 编发报文规定	(30)
§ 2.21 高空记录月报表打印与统计规定	(30)
§ 2.22 其它	(31)
第三章 系统安装	(32)

§ 3.1 硬件及安装	(32)
§ 3.2 软件及安装系统概述	(38)
§ 3.3 系统的启动	(44)
第四章 台站参数设定与修改	(45)
§ 4.1 验证口令	(45)
§ 4.2 台站环境参数修改	(46)
§ 4.3 检定证节点参数的设定与修改	(46)
§ 4.4 百叶箱干湿表器差	(47)
§ 4.5 检定箱干湿表器差	(48)
§ 4.6 气压表及附温表器差	(48)
§ 4.7 毛发表订正曲线拟合	(48)
§ 4.8 设置发报参数	(49)
§ 4.9 值班人员代码表的建立	(53)
§ 4.10 逻辑检查资料库的建立	(53)
§ 4.11 质量统计参数设置	(54)
§ 4.12 修改口令	(54)
第五章 检定证曲线拟合	(56)
§ 5.1 输入仪器号码	(56)
§ 5.2 湿度检定曲线类型	(56)
§ 5.3 检定证节点数据	(56)
§ 5.4 输入灵敏度(或基点)检查数据	(57)
§ 5.5 拟合计算、数据存盘	(58)
§ 5.6 精度检查	(58)
§ 5.7 修改节点	(59)
§ 5.8 重复修改节点数据	(59)
§ 5.9 返回主菜单	(59)
第六章 实时探测处理	(60)
§ 6.1 子菜单的调用及退出	(60)
§ 6.2 功能键定义	(61)
§ 6.3 准备施放	(61)
§ 6.4 压、温、湿记录整理	(71)
§ 6.5 高空风整理	(80)
§ 6.6 编发报文	(89)

§ 6.7 输出计算结果	(93)
§ 6.8 辅助功能	(97)
§ 6.9 实时探测中的特殊情况处理方法	(99)
§ 6.10 实时探测处理的退出	(104)
第七章 高空记录月报表	(106)
§ 7.1 修改报表年月	(106)
§ 7.2 月报表资料完整性检查	(107)
§ 7.3 增加某一时次资料	(108)
§ 7.4 修改某一时次资料	(111)
§ 7.5 整理高空月报表资料	(112)
§ 7.6 审核高空月报表	(112)
§ 7.7 打印规定层月报表	(113)
§ 7.8 打印特性层月报表	(114)
§ 7.9 打印高空风月报表	(114)
第八章 高空质量管理	(115)
§ 8.1 修改年月份	(115)
§ 8.2 质量校对	(116)
§ 8.3 质量统计	(117)
§ 8.4 质量总计	(117)
§ 8.5 打印高表-21	(118)
§ 8.6 打印个人通知单	(118)
§ 8.7 打印资料表	(119)
§ 8.8 显示/打印质量报表	(120)
第九章 磁盘资料管理	(121)
§ 9.1 修改年月份	(121)
§ 9.2 格式化磁盘	(121)
§ 9.3 整月资料拷贝	(122)
§ 9.4 上报资料拷贝	(123)
§ 9.5 整月资料删除	(123)
第十章 数据及数据文件说明	(125)
§ 10.1 输入输出数据说明	(125)
§ 10.2 输出数据文件说明	(125)

第十一章 701C 型雷达探测处理	(132)
§ 11.1 硬件及安装	(132)
§ 11.2 软件及安装	(133)
§ 11.3 系统的启动	(133)
§ 11.4 状态检查	(133)
§ 11.5 台站参数设定与修改	(135)
§ 11.6 检定证曲线拟合	(135)
§ 11.7 实时探测处理	(136)
§ 11.8 高空气象月报表	(136)
§ 11.9 高空质量管理	(136)
§ 11.10 磁盘资料管理	(136)
§ 11.11 数据及数据文件说明	(136)
第十二章 59 型探空仪系统偏差综合订正	(137)
§ 12.1 59 型探空仪系统偏差综合订正原理	(137)
§ 12.2 59 型探空仪系统偏差综合订正程序修改	(138)

附录:

- 附录一:高空气象探测记录表(高表-14)
- 附录二:高空气象探测记录表(高表-13)
- 附录三:高空压温湿记录月报表(规定层)
- 附录四:高空压温湿记录月报表(特性层)
- 附录五:高空风记录月报表
- 附录六:高空探测曲线图

第一章 系统概况

§ 1.1 系统概述

§ 1.1.1 高空气象探测“59-701”微机数据处理系统(以下简称系统)是针对我国高空气象探测现状研制的,适合使用 59 型探空仪、701 型二次测风雷达的高空台站业务使用。

§ 1.1.2 系统硬件包括联想 PII 微机(17 寸 VGA 彩显)、AR3200 打印机、“59-701”探空信号数据综合处理器(集探空信号解调、测风数据传输、报分钟控制等功能于一体的专用硬件)。PC-1500 计算机作为可选硬件,观测员既可在微机上,又能在 PC-1500 计算机上输入、修改测风观测数据(并作为系统的备份设备,要保持备班状态)。台站还可以根据需要自行配备 UPS 不间断电源。硬件连接示意图见图 1.1。

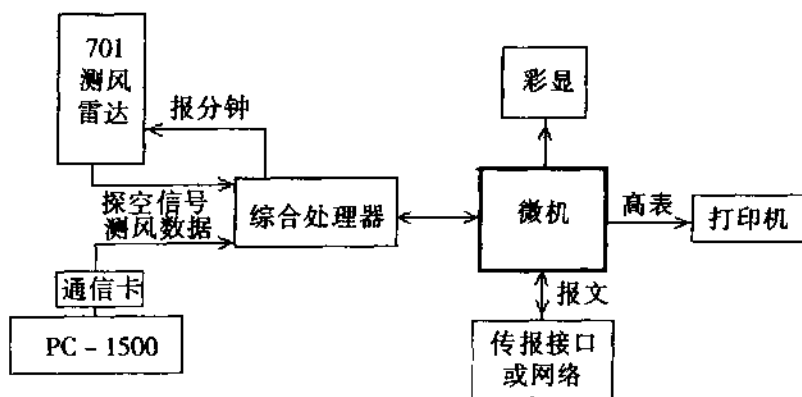


图 1.1 硬件连接示意图

§ 1.1.3 “59-701”高空气象探测数据处理软件采用 Turbo C 语言编程,运行在中文 DOS 环境下,所需软件为:

1. MS-DOS 5.0 及以上版本;
2. UC DOS 3.0 及以上版本;
3. 高空气象探测“59-701”微机数据处理软件。

§ 1.1.4 系统采用了中文下拉式菜单、键盘与鼠标相结合操作技术和一机多窗口方式,

探空、测风数据能同时处理。软件对原始数据采取实时存盘,保证资料不丢失。

§ 1.2 系统主要功能

§ 1.2.1 系统主要功能

1. 探空仪检定证曲线拟合;
2. 对 701 雷达输出的 59 型探空仪莫尔斯电码信号进行解调,并自动译码、实时存盘;
3. 实时处理高空压、温、湿和高空风观测数据;自动判断探空仪基值测定是否合格;对高空压、温、湿三条曲线自动进行分段多项式拟合;自动求取各规定等压面、零度层要素;自动选择对流层顶、特性层、最大风层等,并求取其要素值;自动计算量得风层及内插各规定层风向风速;自动打印探空及测风记录表;具有自动处理缺测、气球下沉等特殊情况记录的功能;
4. 编发各类高空气象报告电码;
5. 统计、打印高空记录月报表;
6. 统计业务工作质量、磁盘文件管理等。

§ 1.2.2 系统软件由若干个功能模块组成,其主要功能模块包括:

1. 菜单控制模块;
2. 探空仪检定证曲线拟合模块;
3. 基值测定、瞬间要素输入模块;
4. 探空温、压、湿电码译码模块;
5. 探空电码纠错模块;
6. 探空温、压、湿电码显示及曲线拟合、显示模块;
7. 规定等压面计算模块;
8. 零度层、特性层、对流层顶选择、计算模块;
9. 高空风计算模块;
10. 编发高空报文模块;
11. 高表-13、高表-14 打印输出模块;
12. 通用计算公式模块;
13. 辅助功能模块;
14. 月报表统计、打印模块;
15. 质量报表统计、打印模块。

§ 1.2.3 系统数据处理总流程示意图见图 1.2:

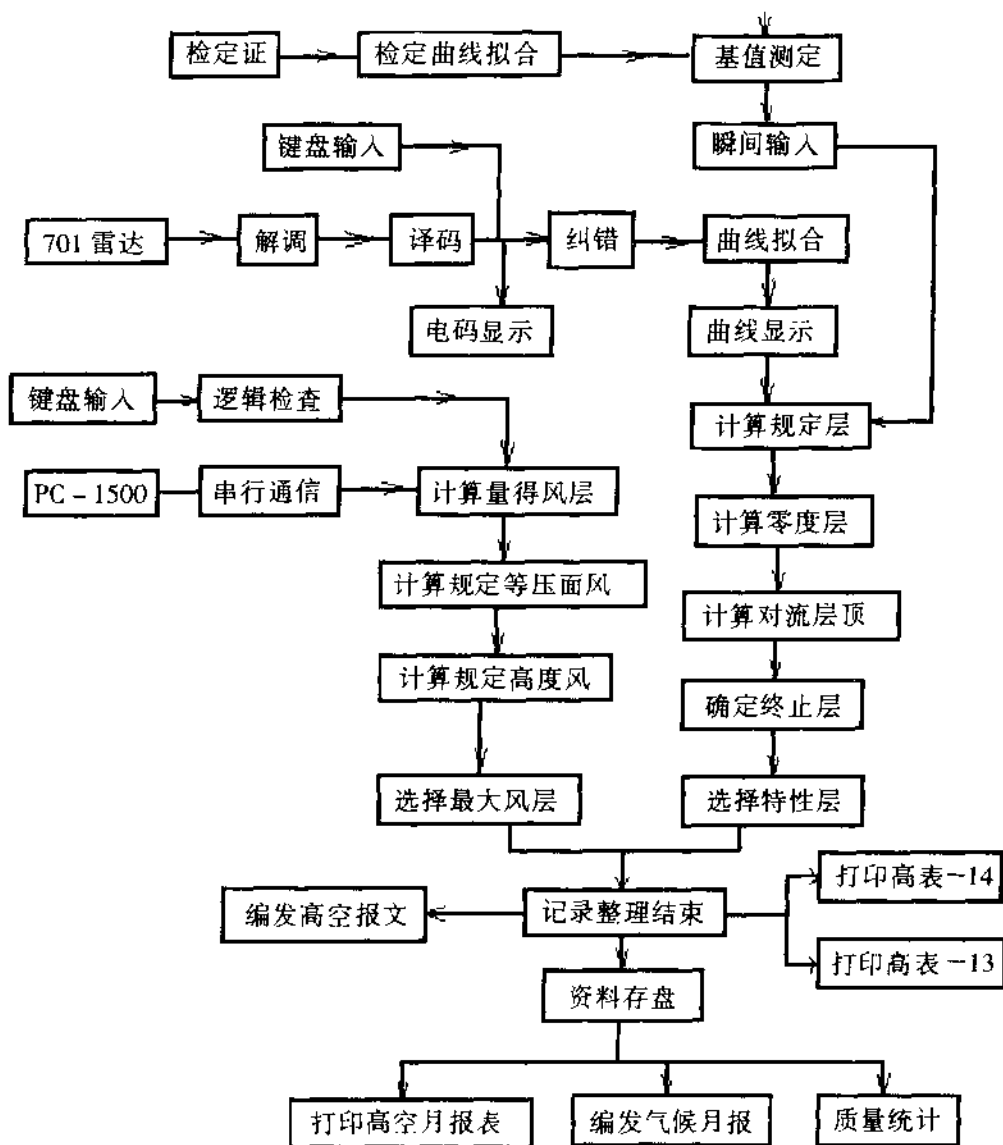


图 1.2 "59 701"微机数据处理流程图

§ 1.3 系统菜单结构

§ 1.3.1 "59 701"微机数据处理系统采用一机多窗口、中文下拉式菜单和键盘与鼠标相结合的操作技术方法。系统菜单由主菜单、菜单、子菜单三级组成。主菜单包括“实时

探测处理”、“检定曲线拟合”、“高空报表打印”、“高空质量统计”、“修改台站参数”、“磁盘资料管理”等,各主菜单项对应系统的一个独立程序,其菜单和子菜单则根据程序中的各项实际内容多少而设定。主菜单结构见图 1.3。

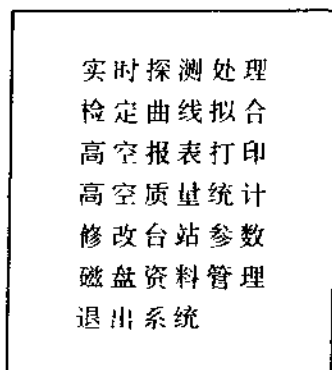


图 1.3 主菜单

§ 1.3.2 “实时探测处理”是本系统的核心所在,内容很多,操作要求也很细,因此,采用下拉式菜单结构。“实时探测处理”菜单包括:“准备施放”、“压温湿整理”、“高空风整理”、“编发报文”、“输出计算结果”、“辅助功能”和“退出”等 7 个菜单项。其中,每个菜单项又包括下拉式子菜单“基值测定”、“瞬间要素输入”等 36 项内容;还定义了从 F1 到 F10 十个功能键。程序还有帮助和“操作指南”等提示信息。“实时探测处理”的菜单及子菜单详见第六章的表 6.1。

§ 1.3.3 “检定曲线拟合”的功能是:当探空仪灵敏度(或基点)检查合格后,把探空仪号码、温压湿各节点检定符号值、灵敏度(或基点)检查变量值及检查方法等数据输入计算机,由计算机自动进行检定曲线拟合,给出精度检查所用数据并存盘。

§ 1.3.4 “高空报表打印”能自动整理、统计实时探测所积累的资料,打印出高空记录月报表(规定层、特性层和高空风),菜单包括“修改年月参数”、“检查数据是否有缺”、“增加某一时次资料”、“修改某一时次资料”、“整理高空月报表资料”、“审核高空记录月报表”、“打印规定层月报表”、“打印特性层月报表”、“打印高空风月报表”、“返回主菜单”等 10 个菜单项。为操作方便,还设置了“信息提示窗”。“高空报表打印”的菜单结构见第七章的图 7.1。

§ 1.3.5 “高空质量统计”能根据实时探测所积累的质量资料,统计并打印出高空质量报表,菜单包括“修改年月份”、“质量校对”、“质量统计”、“质量总计”、“打印高表-21”、“打印个人通知单”、“打印资料表”、“显示/打印质量”、“退出”等 9 个菜单项。“高空质量统计”的菜单结构见第八章的图 8.1。

§ 1.3.6 “修改台站参数”

不同的台站有不同的环境、不同的仪器器差、不同的发报方式等,而对于同一台站,这些数据在相当长时间内是不变的,故称这些数据为台站参数。“修改台站参数”程序的功能是根据不同台站设置不同的参数,菜单包括“台站环境参数”、“检定证节点参数”、“百叶箱干湿表器差”、“潮湿箱干湿表器差”、“气压表器差”、“毛发表订正曲线拟合”、“设置发报参数”、“值班人员代码表”、“逻辑检查数据库”、“质量统计参数”、“修改口令”、“返回主菜单”等 11 个菜单项。“修改台站参数”的菜单结构见第四章的图 4.1。

§ 1.3.7 “磁盘资料管理”对系统产生的数据文件进行管理。该菜单包括“修改年月份”、“备份整月资料”、“恢复整月资料”、“上报资料拷贝”、“整月资料删除”、“格式化磁盘”、“返回”等 7 个菜单项。“磁盘资料管理”的菜单结构见第九章的图 9.1。

第二章 计算公式及处理方法

§ 2.1 常规计算公式

§ 2.1.1 本站气压

$$Ph = a \times B \left(1 - \frac{1.634 \times 10^{-4} \times t_f}{1 + 1.818 \times 10^{-4} \times t_f} \right) \quad (1)$$

$$a = 1 - 2.65 \times 10^{-3} \times \cos 2\Phi - 1.96 \times 10^{-7} \times H \quad (2)$$

式中 Ph 是本站气压(hPa);

B 是经器差订正后的水银气压读数(hPa);

t_f 是水银气压表的附温($^{\circ}\text{C}$);

Φ 是本站纬度($^{\circ}$);

H 是测站水银槽面海拔高度(m)。

§ 2.1.2 相对湿度

§ 2.1.2.1 通风干湿表

$$\text{相对湿度 } U = 100 \times \frac{e}{E_{tw}} \quad (3)$$

$$e = E_w - a \times (t - t_w) \times Ph \quad (4)$$

式中 U 是相对湿度(%);

e 是水汽压(hPa);

当湿球未结冰时 $E_{tw} = E_w$, 湿球结冰时 $E_{tw} = E_{iw}$;

t 是通风干湿表干球温度($^{\circ}\text{C}$);

t_w 是通风干湿表湿球温度($^{\circ}\text{C}$);

Ph 是本站气压。

$$E_w = E_0 \times 10^{\frac{7.5t}{273.3+t}} \quad (5)$$

$$E_{iw} = E_0 \times 10^{\frac{9.5t_w}{265.5+t_w}} \quad (6)$$

式中 E_w 指湿球温度 t_w 时的液面饱和水汽压(hPa);

E_{iw} 指湿球温度 t_w 时的冰面饱和水汽压(hPa);

E_0 表示 0°C 时的饱和水汽压(hPa), 其值为 6.11hPa;

湿球未结冰: $a = 6.62 \times 10^{-4}$; 湿球结冰: $a = 5.84 \times 10^{-4}$ 。

§ 2.1.2.2 毛发湿度表

$$U = a_0 + a_1 U_m + a_2 U_m^2 + a_3 U_m^3 + a_4 U_m^4 \quad (7)$$

式中 U_m 是毛发湿度表的湿度读数(%)；

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 是毛发表订正曲线拟合系数。

§ 2.1.3 露点及温度露点差

露点温度

$$T_d = \frac{237.3 \times A}{7.5 - A} \quad (8)$$

式中

$$A = \frac{7.5t}{237.3 + t} + \lg U - 2 \quad (9)$$

T_d 是露点温度(℃)；

U 是相对湿度(%)；

t 是温度(℃)。

$$\text{温度露点差} = t - T_d \quad (10)$$

§ 2.1.4 厚度

上、下两等压面间厚度：

$$\Delta H = 67.3989(273.15 + t) \lg \frac{P_0}{P_1} \left[1 + \frac{0.0462 \times U \times 10^B}{P_0 + P_1} \right] \quad (11)$$

式中

$$B = \frac{7.5t}{237.5 + t} \quad (12)$$

t 为等压面间的平均温度(℃)；

U 为等压面间的平均湿度(%)；

P_0 为下层等压面气压(hPa)；

P_1 为上层等压面气压(hPa)。

注：该厚度公式出自于中气业发[1998]43号文。

§ 2.2 曲线拟合

§ 2.2.1 探空仪检定曲线

探空仪检定曲线采用拉格朗日插值公式进行计算。

当已知 $n+1$ 个相异节点 $X_0, X_1, \dots, X_n$ 上的未知函数 $f(x)$ 的值为 $Y_0, Y_1, \dots, Y_n$ 时,按公式

$$P_i(x) = \frac{\prod_{j \neq i} (x - x_j)}{\prod_{j \neq i} (x_i - x_j)} \quad (13)$$

可建立 X 的多项式 $P_i(x)$ 。当 $X = X_i$ 时, $P_i(x)$ 为 1; 当 $X = X_j (j < > i)$ 时, $P_i(X)$ 为 0。

将各 $P_i(X)$ 乘以 Y_i , 取其总和, 得到 $P(X)$

$$P(X) = \sum_{i=1}^n P_i(X) \times Y_i \quad (14)$$

它通过全部给出的数据节点。

59 型探空仪检定证曲线, 取七点六次插值。

§ 2.2.2 毛发曲线

毛发湿度表订正曲线同样采用拉格朗日插值公式进行计算。取五点四次插值。

§ 2.2.3 压温湿实时曲线

高空气象压温湿探测自动处理的一个关键问题是压、温、湿三曲线拟合连线问题, 在力求连线精确的前提下, 又要保证连线的连续性和平滑性。本系统采用最小二乘法多项式曲线拟合和最小二乘法对数拟合。

探空压、温、湿曲线的拟合采用最小二乘法多项式分段拟合。经试验, 采用 3 次多项式拟合效果最好, 既能满足计算精度的要求, 又能使曲线平滑、连续, 且计算速度又快, 曲线拟合系数用双精度实数保存, 每隔 5 分钟拟合一次, 时温和时湿曲线根据拟合精度再作分段处理。

§ 2.2.3.1 最小二乘法多项式曲线拟合

该方法的基本原理是:

设给定的 n 个点

$$X_1 < X_2 < \cdots < X_n$$

及相应的值 $Y_1, Y_2, \cdots, Y_n$ 。

要求出 $m (m < n)$ 次最小二乘拟合多项式

$$P(X) = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \cdots + a_mX^m \quad (15)$$

使:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n [P(X_i) - Y_i]^2 \quad (16)$$

达到极小值。

由于 Φ 是 $a_1 \cdots a_m$ 的函数 $\Phi(a_1, a_2, \cdots, a_m)$, 因此问题也就转化为求多元函数 Φ 的极小值, 由多元函数的极小值的必要条件

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_i} = 0, \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad (17)$$

可得 n 元线性方程组 (即正规方程组), 所以问题又归结为解此线性方程组。求解的方法

有很多,采用改进 Gram-Schmidt 方法(GMS 方法)进行 QR 分解,计算出多项式的最小二乘拟合解(即多项式系数)。

§ 2.2.3.2 最小二乘法对数曲线拟合

该方法的基本原理是:

设给定的 n 个点

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

及相应的值 $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ 。

要求出对数函数

$$P(X) = A \lg X + B \quad (A, B \text{ 为待求系数}) \quad (18)$$

使

$$\Phi = \sum_{i=1}^n [P(X_i) - Y_i]^2$$

达到极小值。

该方程的计算归结为一元线性方程的回归计算

§ 2.2.3.3 时压曲线

时压曲线每五分钟拟合一次,为确保分段处曲线的连续,第一段向上外延一分钟、中间各段向两端各延伸一分钟、最后一段向下外延一分钟进行曲线拟合。50 分钟前时压曲线用三次多项式方程拟合,50 分钟后时压曲线采用对数方程拟合。这是根据大量的实际时压曲线拟合后得出的最佳拟合方法。

曲线的连线按 1 秒钟为步长,按拟合曲线计算相应的电码值进行连线,非失测层用实线连接,失测层用虚线连接。

§ 2.2.3.4 时温曲线

时温曲线每五分钟拟合一次,首先所有的点都参与运算,根据偏差情况再作分段处理,时温曲线拟合通过的标准是非拐点上最大偏差不大于 1 个符号,拐点上最大偏差不大于 0.5 个符号。若最大误差超出允许范围,在误差最大点处分段拟合。分段点以下的数据重新拟合,若最大误差还超出允许范围,则再分段,直至符合拟合标准为止,剩余的数据作同样处理。

当分段点处上下两拟合方程计算结果误差大于 0.2 个符号时,分段点及其上一点用一阶线性方程连接。

是否是拐点用曲线方程的一阶导数判别,如一阶导数为零,则该点为拐点,但由于电码点是离散的,某点导数正好为零的可能性很小,所以用上下两点的导数乘积来判别,如上下两点的导数乘积 ≤ 0 ,则该点为拐点。

曲线的连线按 1 秒钟为步长,按拟合曲线计算相应的电码值进行连线,非失测层用实