

日本新长风丸的自动高空气象观测装置

海洋气象部海上气象课

由于天气东进的原理,东中国海低气压的发生作为日本天气预报的敏感要素而使日本西方海域成为重要的海区。在这一海区,还有冬季的大风、梅雨期九州西部的集中暴雨、秋季台风等各种恶劣天气的袭击。为了获取这些气象过程的发生发展状况,把握、分析其三维结构,提高天气预报的精度,迫切希望用观测船进行机动的高空气象观测。

为观测这一海区的海洋气象状况,长崎海洋气象台的新长风丸于1987年3月开始投入业务使用。本文介绍的是有关船上自动高空气象观测装置的概况。

一、系统的概要

1. 概况

新长风丸的自动高空气象观测装置是在船上放球,球上携带测位无线电探空仪,接收探空仪的信号及奥米伽无线电信号,算出气压、气温、湿度、风向、风速。然后,经过必要的计算处理,制作成高空气象观测资料,将该资料电文由DCP装置发射给葵花气象卫星,再传送给气象厅。从放球开始到向卫星发送资料的计算处理和资料记录都是自动进行的。

该系统取消了追踪探空仪用的跟踪天线,而是根据探空仪接收到的奥米伽电波确定探空仪的位置,由该探空仪相对位置的移动,计算出风向风速。每次的观测资料都记录在软盘上,以便用于制作月报、统计处理、调查等。装在集装箱里的半自动放球装置,在任何气象条件下都能很容易地进行放球作业。

2. 设备的组成

要示意图,它由以下各部分组成:

(1) 信号接收运算处理装置

包括接收运算处理机1台(DiGiCO-RA),软盘驱动器1台,打印机1台,天线2套(UHF、VLF),无停电电源1台。

(2) 资料分析装置

包括CRT, FDD(气象数据分发)×2, 打印机。

(3) DCP(资料收集平台)

包括DCP控制器、DCP发射机、DCP无停电电源装置、DCP天线各1套。

(4) 放球装置

包括放球用集装箱、半自动放球装置各1套。

(5) 地面基测设备1套

(6) 标准附件1套

(7) 连接电缆1套

(8) 框架2个

3. 各装置的功能

(1) 接收运算处理装置(DiGiCORA等)

接收运算处理设备相当于高空观测设备的大脑部分。信号的接收处理都在这个设备

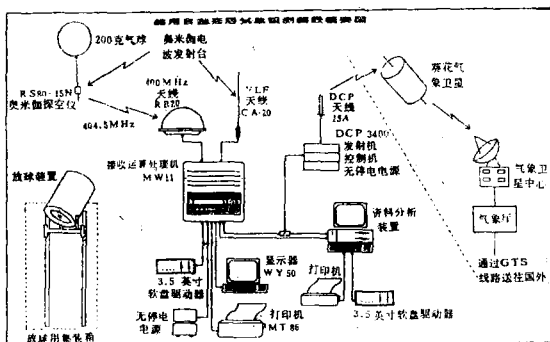


图1 自动高空气象观测装置示意图

图1 给出了自动高空气象观测装置的概

里进行。图 2 是该装置的系统构成框图。为了资料的收集和打印输出,在接收运算处理机 (DiGiCORA) 上接有显示器、软盘驱动器和打印机。

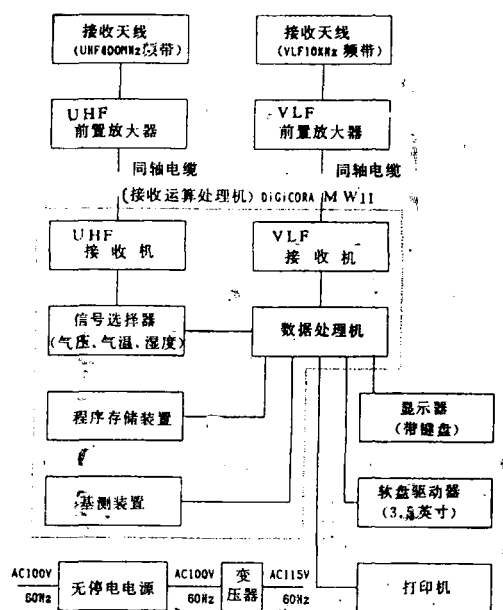


图 2 接收运算处理装置系统构成图

DiGiCORA 内装有接收探空仪信号的接收机和奥米伽电波接收机;可对收到的信号进行变换计算处理,求出气压、气温、风向、风速、湿度等。进行必要的计算处理后,作成高空气象观测资料,同时,把高空气象观测电报送给 DCP 发射机。观测资料也可记录在软盘上,并在打印机上输出。资料的订正、指令的输入以及向气象卫星发送的其他气象电报等都可以由显示器的键盘输入。

自探空仪放球后,直到向 DCP 发送电报前的计算处理和资料记录都是自动进行的。

探空仪施放前读入带有探空仪各项系数的纸带,并由键盘打入气压、气温值,则可显示出与探空仪的差值等信息,进行探空仪的地面基测。

DiGiCORA 有一个主处理机,在探空仪施放后,根据气压变化量自动算出升空时间,对各装置进行控制和计算处理。按探空

仪接收到的奥米伽电波信号计算探空仪的位置,从探空仪的位移计算出风向风速。此外,还配有数据处理机、操作用的简单键盘和操作显示器等设备。

(2) 资料分析装置

为进行高空气象观测资料的统计调查等,可利用在 DiGiCORA 上连接的软盘进行处理。资料分析装置配有 15 英寸打印机、软盘 (5 英寸和 3.5 英寸两种,各有两个驱动器)。还可将海上气象电报、海洋观测电报打入该装置里,由连接的 DCP 装置向气象卫星发送。

(3) DCP 装置

DCP 装置是把 DiGiCORA 或资料分析装置制作的气象电报向气象卫星发送的装置。它由 DCP 发射机、DCP 控制机、DCP 无停电电源和 DCP 天线组成。该装置属美国 Synergetics 公司的 3400 系列产品。

DCP 控制器 该装置是给定由其他计算机制作的数据格式,并通过 DCP 发射机发送的控制装置。它还具有数据的构成、发送时间的给定等控制功能。为能用计算机进行遥控,控制装置内带有 8 位计算机,并通过 RS 232 C 与其它计算机相连接。还有为变换从外部来的模拟信号的 AD 变换器和具有闹响功能的日历时钟。其他设备用 S-34 DUS 连接。

DCP 发射机 它是把用计算机等制作的、通过控制机传来的电文发送给气象卫星的装置。采用的传送频率考虑了能使卫星通信的通道数广为利用。指令、格式化后的信息通过 S-34 BUS 送至发射机,同时,由内藏的监控系统经 S-34 BUS 将发射机的状态和执行的信息传送回来。该装置是用标准化组件和 S-34 BUS 接续而成,使系统多样化和用标准 3400 系列装置构成网络成为可能。

DCP 无停电电源 它是为使电压稳定及保证停电时也能不间断供电的设备。该电源向其他 3400 系列设备提供 DC 电源输出 (10.5~14.5 V)。

DCP 天线 它是无方向性的螺旋形天线,是用玻璃纤维作的茶筒状的天线。

(4) 放球装置

放球装置是为在船上容易进行操作而设计的装置。由放球装置和收容放球装置的集装箱组成。ASAP (船上自动高空探测计划)是把观测装置、DCP 以及贮气瓶等都装在集装箱里,而长风丸则把观测装置、DCP 安装在观测室里,集装箱只用于气球充气 and 放球作业。图 3 为放球装置和集装箱的示意图。

集装箱是用船舶运输使用的 10 英尺集装箱改造而成的。在四壁装上绝热材料,顶上开一个天窗,加一个盖子,可用作放球。气球在这个集装箱里充气。

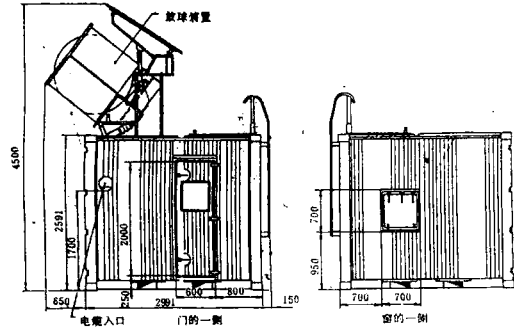


图 3 集装箱及放球装置

放球装置是一个玻璃钢的圆筒型发射架,气球放入其中充灌。球灌好后此发射架被压缩机推向集装箱上部,气球被压缩空气挤出。发射架与水平面成 45 度角,方位可 360 度自由转动。放球时朝下风方向。在风速约 25 m/s 以下很容易放球。这样就取消了以往放球用的大型充气室。气体使用氦。氦气由高压储气瓶通入箱内的管子提供。

(5) 天线系统

船上有接收探空仪信号的 UHF 天线和接收奥米伽电波信号用的 VLF 天线。图 4、5 是 UHF 天线和 VLF 天线的示意图。

UHF 天线用于接收无线电探空仪发来的 404.5 MHz 探空信号,无论是高空、低空,还是强风时都能可靠地接收。天线完全固定、没有任何转动部分。由 6 个角反射板和

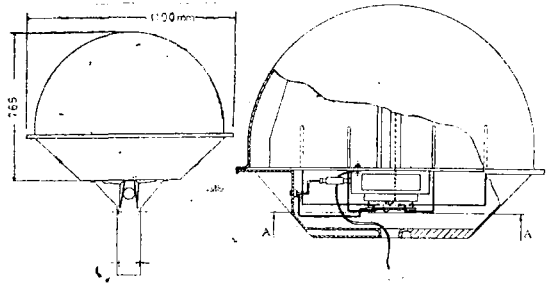


图 4 UHF 遥测天线

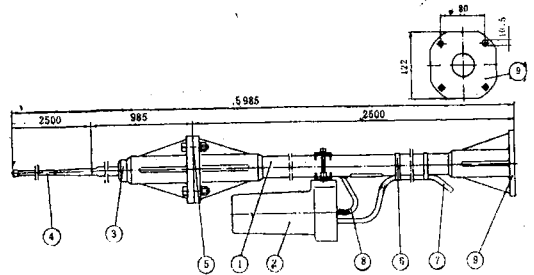


图 5 VLF 奥米伽天线。1. 天线台, 2. VLF 放大器 CAA 31, 3. 天线支持部分, 4. 鞭状天线, 5. 垫圈, 6. 套圈, 7. 至 DiGiCORA 的电缆, 8. 至放大器的电缆, 9. 固定基座

十字偶极子天线组成。为选择最适于信号接收的振子,采用二极管开关相互连接。这些开关的切换是用 DiGiCORA 内的遥测接收机自动控制的,以保证最佳的信号接收。备有防水防强风用的天线罩。内部装有前置放大器。

VLF 天线是用玻璃纤维和钢材料制成的鞭状天线。并备有接收 10~15 kHz 信号用的前置放大器。船上用的 VLF 天线是接收奥米伽电波用的,在探空仪施放之前,接收奥米伽电波,进行放球位置的确定(初始值的确定)和各发射台的识别。由此,可防止探空仪升空后的缺测问题。在探空仪施放后,还用于奥米伽电波等的大气传播状况的监视。

(6) 地面基测

为施放前对初始点进行检验,船上装有基测装置。在装置的棒状部分放入温度计,传感部位于尾部的箱内。箱内装有干燥剂,湿度保持在 2%。将温、湿度传感器放入

箱内,当处于平衡状态时,比较探空仪信号的
计算值和读取值。

4. 无线电探空仪

新长风丸采用芬兰瓦依萨拉公司的 RS 80-15 型无线电探空仪。该探空仪由各传感器、变换器、发射机、注水电池、测风用的接收机等组成。图 6 是 RS 80-15 的系统框图。

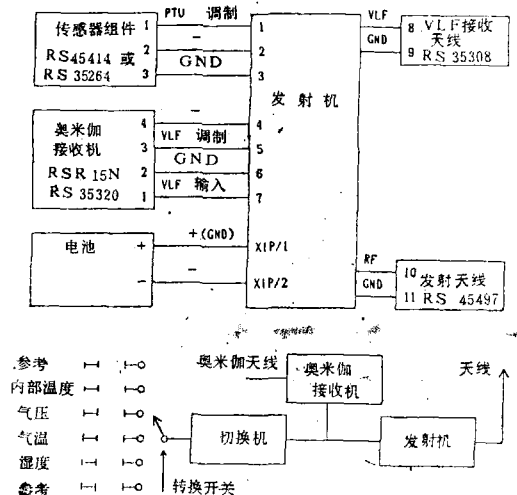


图 6 无线电探空仪框图

气象要素传感器由 BAROCAP 气压传感器、THERMOCAP 气温传感器和 HUMIC-AP 相对湿度传感器组成。作为气压传感器温度补偿用的温度元件被放在气压传感器 BAROCAP 内。测风采用奥米伽导航方式。

放球时将气球和探空仪用放球器系在一起。在放球器上有奥米伽天线和 30 米吊绳。

探空仪的传感器为电容式,测定的本质是消除杂散电容进行定标。气压、气温、湿度的变化以传感器电容的变化量检出,再变换成发射频率的变化形式输出。

(1) 气压传感器

气压传感器如图 7 所示。它采用硅材料精加工而成,可靠性高。硅膜对恶劣的外界条件反应迟钝,可以长期保证精度。由于膜很薄,所以,可获得 0.1hPa 的高分辨率。

气压传感器是一小膜盒,在其内部有一个电容输出变换用的极板,膜盒的直径是 30

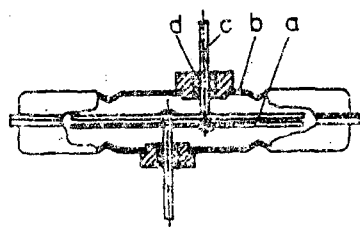


图 7 气压传感器结构图。a. 输出变换极板, b. 薄膜, c. 支持棒, d. 玻璃与金属间的密封垫

mm,重 5g。极板(a)由用特殊合金钢制成的薄膜(b)支持。支持棒(c)由密封的玻璃和金属间的封圈(d)固定在薄膜(b)上。图中上侧的支持棒(c)上固定着下面的极板,下侧的支持棒上固定着上面的极板。气压变低时,上下薄膜(b)间的间距加大而使极板的间距变窄,电容变大。这种逆结构使气压传感器在低气压时有最高的灵敏度。为使传感器的输出只随极板间的电容量而变化,而不受薄膜与极板间电容量的影响,作了接地。由于不使用空盒气压计那样的框架、弹簧、杆、接点等器件,而传感器本身又小,所以,温度变化的影响非常小。

(2) 温度传感器

图 8 是温度传感器的示意图。温度传感器是介电陶磁物质,为玻璃密封的二极管型封装。它具有 $-80 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 的温度范围,体

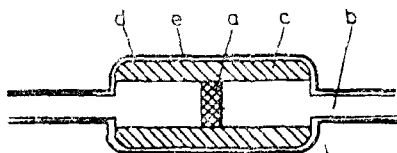


图 8 温度传感器示意图。a. 具有电极的陶磁晶片, b. 引线, c. 玻璃被膜, d. 绝缘层, e. 金属镀层

积小,感应速度快。又因为是电容式传感器,所以不存在自身加热问题。金属电极装在小的陶磁晶片 ($0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 0.2\text{mm}$) 的两侧。电极间的电容量随温度变化而变化。为了防止湿气,传感器把两个连接导线 ($\phi 0.4\text{mm}$) 密封在小的玻璃套 ($2.5\text{mm} \times \phi 1.5\text{mm}$) 里。为防止罩上的水滴产生电容,镀有

一层薄铝膜外层。该铝膜还具有减小观测时的辐射误差的效果。

(3) 湿度传感器

图 9 是湿度传感器的示意图。相对湿度传感器是可吸湿性的聚合物电介质薄膜。由于它固定在玻璃基板上,所以,可靠性高,感应灵敏,长期稳定性好。传感器的电容量随其介电材料吸收水分的量而变化。该传感器的诱人之处在于反应快、线性好、滞后小、受温度影响小。

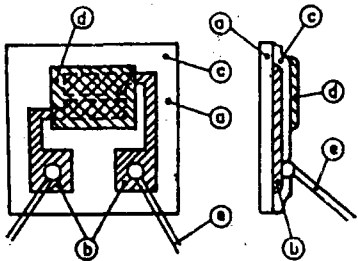


图 9 湿度传感器示意图。a. 玻璃片基, b. 下部电极, c. 聚合物薄膜, d. 上部电极, e. 引线

(4) VLF 接收机

为接收奥米伽电波需要有接收天线。这部分与目前地面上使用的自动跟踪方式的天线有很大差别。VLF 接收机所用的天线长约 7m, 与放球器的 30m 吊绳一起固定在探空仪一侧。

5. 测风方法

(1) 测风方法概要

目前地面上的高空风测量装置,是用抛物面天线自动跟踪气球携带的探空仪位置的方法求高空风。把这种自动跟踪方式的装置用在晃动的船上,必须解决天线的稳定问题。因此,其构造必然很复杂。

新长风丸上采用奥米伽电波定位方式,与用导航法测定船舶或飞机自身位置的方式相同。由于检测的是漂移的无线电探空仪自身的直接位置的信息,所以只要把该信息传给观测船,就能计算出风,而与船舶的晃动无关。与用抛物面天线自动跟踪方式比较,该

天线设施可大为简化,且具有小型轻量、节约经费的特点。在观测船上使用 DiGiCORA 接收探空仪送来的信息,经过计算处理,就可由探空仪的位置移动情况求出风向、风速。

(2) 奥米伽方式测风原理

奥米伽方式的测风原理是:通过测定来自两个不同发射台发来的奥米伽电波的相位差,可以连续测定接收地点与发射台的相对位置,根据其位置变化,可算出风向、风速。

如图 10a 所示,在严格的时间控制下,在同一时刻发射同一相位、同一频率电波的 A、B 两个台的中点 P 上漂移着探空仪。因为从

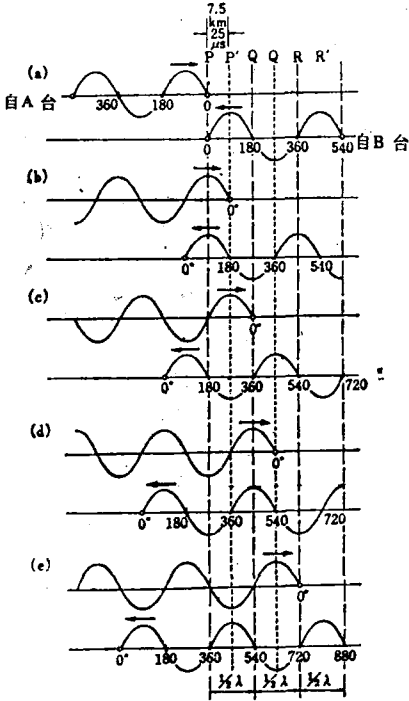
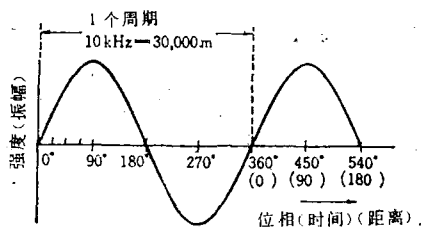


图 10a 相位差的形成原理

A、B 两个台来的电波同时到达 P 点,所以,在 P 点两个电波的相位差为 0 度(图 10 a)。当探空仪从 P 位移动到 P' 点,电波只前进了 1/4 波长。如图 10 b 所示, A 台来的电波的相位是 0 度, B 台来的电波的相位为 180 度,两台到达 P' 点的电波相位差就是 180 度。同样,在 A、B 台的基线上, Q 点的相位差为 360



度(c), Q' 点的相位差为 540 度(d)。因此, 连续测定这一相位差, 就可测定出与相位差相当的探空仪的移动位置。相位与距离有图 10b 的关系。以上是两个发射台之间的位置测定, 用两对以上(三个台以上) 的发射台同样地进行位置测定, 就可以连续确定二维的位置, 并根据这一位置变化算出风向、风速。

(3) 奥米伽系统

奥米伽系统与罗兰 C、罗兰 A、台卡同样,是双曲线导航方式的一种,是美国海军20年的研究成果。该系统作为使用 10kHz 超长波的远距离导航系统,被认为是能够实现的最终方式,因而取希腊文最后一个字母“Ω”(奥米伽)命名之。

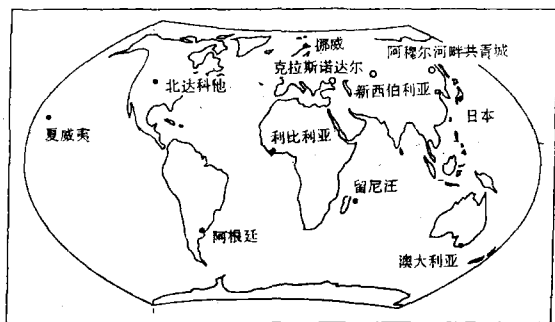


图 11 奥米伽、西格马发射台

图 11 给出了全球 8 个奥米伽发射台、3 个西格马台的台址。在全球任何地方都可测定。在实际导航中进行绝对位置的测定时,从原理上讲,必须对每半波长出现的“巷”和发射台进行识别。因此,各发射台对一个频率,要按一定的顺序,各发射一个短时间,并且改变发射测量时间。要在严格的时间控

制下发射。

各奥米伽发射台的发射格式如图 12 所示。10.2kHz 和 13.6kHz 为主频率, 用作相位比较和相位差检测等基本测位。西格马站使用 11.905kHz, 全部在苏联。长风丸使用的探空仪使用奥米伽信号和西格马信号都可以。

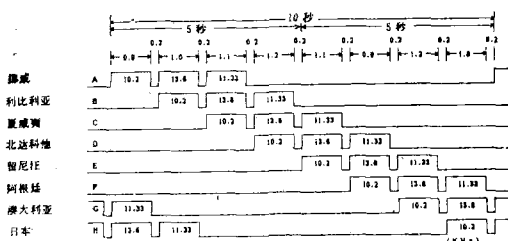


图 12 奥米伽发射信号格式

6. 计算处理程序

DiGiCORA 的观测程序是 COREX 程序系统。有以下功能：① 收集无线电探空仪发来的资料和象自动气象观测装置那样对传感器进行管理；② 用曲线识别、观测值范围检查、热力学方法的测试等手段进行质量管理；③ 按保管和传送要求，将资料格式化；④ 传送系统的选择和资料分发功能；⑤ 内部功能的监视和报告。

(1) 程序的构成

程序系统的概念如图 13 所示。程序储存在固体电路存储器里,用改换电路板等方法,可在现场更换。执行用的程序存入主处理机的 RAM 中。程序模块通常自动处于执行状态。执行的指令可根据用户的需要加以改变。或者由手动来指定。利用操作系统,可使若干项作业并行执行。例如资料收集、报文的编辑和传递等,可以同时进行。

(2) COREX 系统概要

COREX 系统有以下 6 种程序可以使用,① 实际运行中使用的参数,用于向 EAR-OM 和磁泡型永久性存储器中写入地址号、位置、高度、报头、编辑范围、自动操作顺序、系统的指定等数据,用程序模块来存储。②

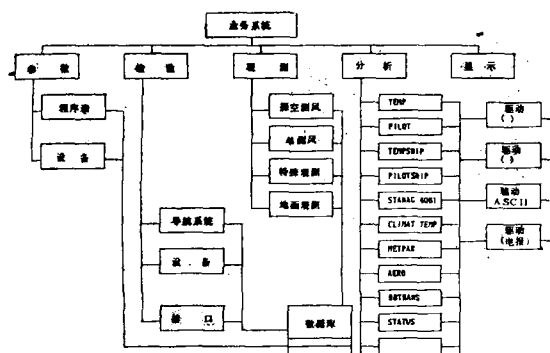


图 13 COREX 程序构成图

检验程序：该程序是在放球前为自动检查系统而使用的，也可用来进行诊断作业、电压和内部温度显示、导航系统(NAVAID)信号的监视等以及选择装置接口的检查。③ 观测程序：该程序用作无线电探空仪的检验、放球时间的检测、跟踪和结束等数据收集和质量管理的。同时把观测数据存入可供以后分析时使用的数据库里。有无线电探空测风观测、单测风观测以及特殊观测所必需的各种各样的实用参数可供选用。④ 分析程序：该程序是把收集到的数据变成规定的报文格式。为保证数据的质量而实施质量控制。报文的编辑全都是自动化的，操作人员无需操作。⑤ 显示程序：可对管理操作人员接口功能的

若干信息窗口，按需要加以改变，操作人员可按控制键选择这些窗口。从观测值到存储的数据也可用显示程序进行检查。⑥ 信息传送程序：它包括向任意的外部设备和发信机传送报文所需要的程序。还有处理自动气象观测装置、自动导航以及任意测风系统来的输入通信的功能。

上述分析程序是把标准程序结合日本的观测实际作了部分修改而成。

其中：TEMP 是 FM35-V 用的高空观测报；PILOT 是 FM32-V 用的上层风报；TEMPSHIP 是 FM36-V 用的来自船舶的高空观测报；PILOTSHIP 是 FM33-V 用的来自船舶的上层风报；STATUS 是有关放球过程中设备性能的情报的报文格式；METPAR 是不同高度要素一览表；AERO 是规定等压面、特性层、对流层顶、最大风等的统计所必需的数据报。

以上介绍了日本新长风丸海洋气象观测船上使用的自动高空气象观测装置。该系统在日本是首次使用。被认为是海上高空气象观测的非常有效的装置。

祁纯阳摘译自日本《测候時報》

54.3, 1987.3

张奎林校