

雷 达 雨 量 计 处 理 系 统

日本是一个多雨的国家，为了防患于未然，需要控制水库的闸门。因此，迅速而准确地掌握水库上游流域的降水量是很必要的。

测定雨量，过去一般是在各地设置普通雨量器，其观测资料每隔一定时间发送给水坝综合事务管理所。此系统测得的雨量，只能是设置雨量器地点的“点”雨量。通过点雨量来计算面雨量，误差比较大。为了减少误差，就需要加大雨量器的密度，这样就要花费大量的费用。

雷达雨量计处理系统，能够比较迅速准确地测出地区的降水量。1970—1971年利根河水坝综合事务管理所，设置了雷达雨量计处理系统。该系统是通过测雨雷达和数字计算机相连接来掌握利根河上游流域情况。经过试验，已获得了满意的结果。

1. 雷达雨量方程

雷达发射机发射出去的电磁波能够被降雨中的雨滴所反射。对于反射回波，雷达接收机的接收功率与降水强度之间存在着下面的关系式：

$$P_r = \frac{C \cdot F \cdot B \cdot R^\beta}{r^2} \cdot 10^{-0.2K \int_0^r R^\alpha dr} \quad (1)$$

其中 P_r ：距雷达 r 距离处的雨滴的返回功率（瓦）

R ：距雷达 r 距离处的降水强度（毫米/小时）

B, β ：根据雨滴谱的类型而确定的常数，通常 $B = 200, \beta = 1.6$

F ：订正系数

C ：根据雷达参数而确定的常数

r ：距离（公里）

$10^{-0.2K \int_0^r R^\alpha dr}$ ：由雷达到距离为 r 的传播途

中的降水衰减项

对（1）式两端取对数，得：

$$\log R = \frac{1}{\beta} \left\{ \log P_r + 0.2K \Delta r \sum_{n=1}^{i-1} R_n^\alpha + 2 \log r - \log (CFB) \right\} \quad (2)$$

其中： β, B, F, C 为常数，取单位距离 Δr ，

$$\text{则：} 0.2K \int_0^r R^\alpha dr = 0.2 \Delta r K \sum_{n=1}^{i-1} R_n^\alpha \quad (3)$$

2. 系统的概要

利根河上游流域测定降水量地区的地图，如图1所示。雷达设在赤城山上，可以覆盖利根河上游流域，雷达资料换算成雨量的处理系统设在距赤城山约20公里的水坝综合事务管理所。该系统的略图如图2所示。一定的取样间隔的雷达回波图象与天线旋转角度资料一起由A—D转换器变成10比特的数字信号，通过雷达中继装置送到水坝综合事务管理所。传过来的资料再经D—A转换，就可用通常的PPI装置进行显示。

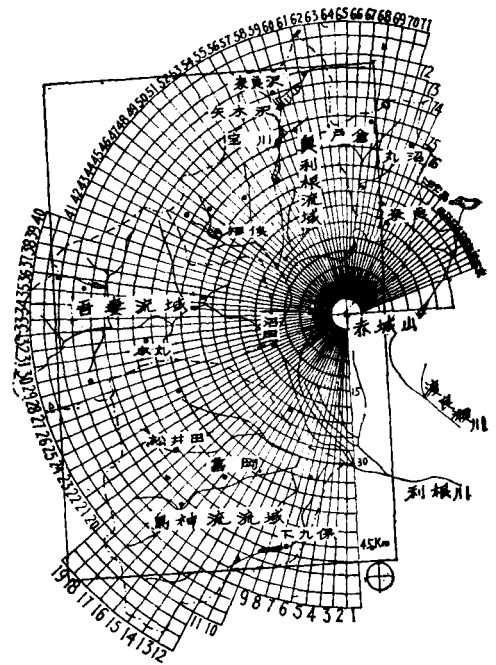


图1 利根河流域图

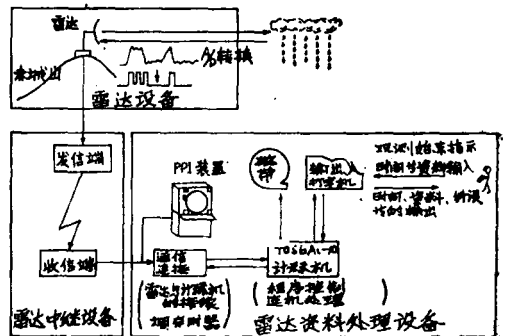


图2 雷达雨量计处理系统略图

同时，接收资料被送到通信连接装置，它将被转换的雷达资料和方位角度送到资料收集处理装置 TOSBAC—40A 小型电子计算机，把雷达资料按一定的距离间隔和方位角间隔分成网格，计算其平均值，同时把各网格的平均值转录到磁带上，送入打字机，15 分钟内把相当于图 1 中印有“·”点的网格的雷达资料打印出来。磁带上所记录的雷达资料就是式 (2) 中的 $\log P_r$ 值。磁带资料用另外的分析计算机读取并算出降水强度 R 值。资料分析采用 TOSBAC—3400 计算机。

3. 结构组成及主要性能

(1) 结构组成

1) 雷达：发射出电磁波并接收被雨滴反射回来的回波，进行放大，从而完成对降水进行测量的感应器作用。接收线路采用对数放大器，接收机的输出相当于 (2) 式的 $\log P_r$ 。

2) 雷达中继装置：它设置在雷达和雷达资料处理装置两地，把雷达图象和天线角度等资料转换成各种数字信息，用脉码调制传递到雷达资料处理装置。

3) 雷达资料处理装置：由通信连接装置、资料收集处理装置和磁带记录装置构成。资料收集处理装置采用 TOSBAC—40 A，磁心容量是 1 万 6 千个二进位组 (byte)。方块图见图 2。

(2) 主要性能

1) 雷达

发射频率	5300 ± 10.6 兆赫
最大发射功率	约 250 千瓦
脉冲宽度	1.15 微秒
最大探测距离	200 公里
重复频率	550 脉冲/秒
波束宽度 (水平和垂直)	≤ 1.7°
天线转速	12 转/分
接收机对数动态范围	> 60 分贝

2) 雷达资料处理装置

A. 网格大小

距离	3 公里 (20 微秒)
方位角	2.8125° (360° 的 1/128)

B. 资料收集范围

距离范围	0—81 公里
方位角范围	正北方位作为 0°，按顺时针方向 0—70.3125° 及 180—360° 为观测区间。

C. 资料数

距离上资料数	27 个
方位上资料数	89 个
扫描一次的资料数	2403 个
积分平均时间	5 分钟 (60 次扫描)

D. 记录方式

轨迹数

7

带长

2400 英尺

4. 试验结果

(1) 试验方法 遥测雨量计设在图中印有·点的位置，可以观测 15 分—1 小时内的地面降水量。相当于遥测雨量计位置的网格的 1 小时平均资料 (P_r)，可以通过 (2) 式计算出其降水强度，并与同一时间遥测雨量计的观测资料进行比较，来确定雷达雨量计的精度。应当注意的是雷达观测降水回波时，必须去掉地物回波。实际上是采用下式进行订正

$$P_r - KG = \frac{C \cdot F \cdot B \cdot R^{\beta}}{r^2} \quad (4)$$

K ：地物回波订正系数 $0 \leq K \leq 1$

(2) 试验结果 若雷达雨量计的计算参数选取 $B=200$ ， $\beta=1.6$ 及 $B=80$ ， $\beta=2.0$ 时，计算结果与遥测雨量计比较结果见图 3、图 4。图 3 为 1973 年 6 月 27 日 7—8 时 1 小时的降水量，横坐标为遥测雨量计的测点，纵坐标为降水强度。图 4 为两个测点 (矢木沢和奈良沢) 同一天 1—8 时的降水强度比较图，横坐标为时间。

5. 雨量资料的传递及显示试验

要将雷达雨量计处理系统用于实际业务，必须把

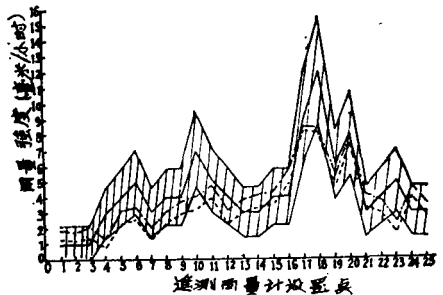


图 3 遥测雨量计和雷达雨量计的对比 (1)

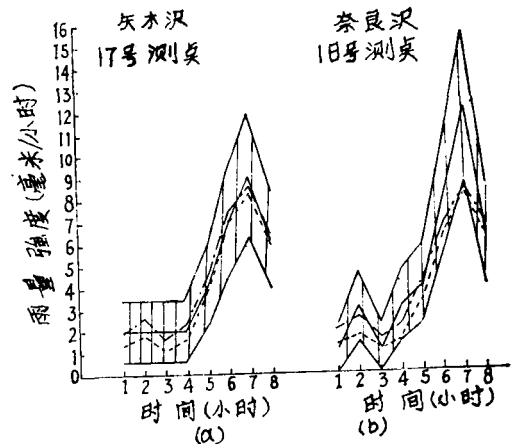


图 4 遥测雨量计和雷达雨量计的对比 (2)

雷达资料处理装置的雨量资料传递出去并显示出来，为远处提供雨量情报，为此进行了未来业务系统雨量资料的传递和显示试验。

试验概况 从利根河水坝综合事务管理所使用建设省的专用电话线传送给东京的关东地方建设局，显示装置采用本公司的字符显示器 DDS-110。所显示的地区如图 1 所示，在赤城山北 50 公里，南 50 公里，西 58.5 公里，东 6.5 公里的长方形范围。字符显示器的文字显示数为 64 列×20 行，64 列相当于 100 公里，20 行相当于 65 公里。降水强度的显示密度为横向 1.56 公里，纵向 3.25 公里，相当于网格的大小。计算图 1 显示地区的网格中的降水强度，并根据强度分成 4 个等级，利用 1200 比特/秒的电话线，把各等级的字符传送到东京，用字符显示器表示之。

6. 未来的实际业务系统

设置雷达雨量计处理系统的地方，需根据测定雨

量地区的范围、雷达设置点与资料处理站的距离及资料处理的规模等来确定系统的组成。对未来实际业务系统的模式图如图 5 所示。它与试验系统所不同的在于：

(1) 雷达：根据雨量测量地区的大小来考虑雷达的规模。由于雨区变化不很快，可将天线转速定为 1—2 转/分以降低成本，使资料传送装置简单化。

(2) 资料传递装置：使天线转速放慢并将通信连接装置的一部份设在雷达站一侧，可使资料传递量尽量少，以使用电话线路来代替费用高的雷达中继装置。

(8) 资料收集分析处理装置：采用资料收集处理装置与资料分析处理装置两台计算机，以实现联机化。

(译自《东芝评论》29卷530—534页)

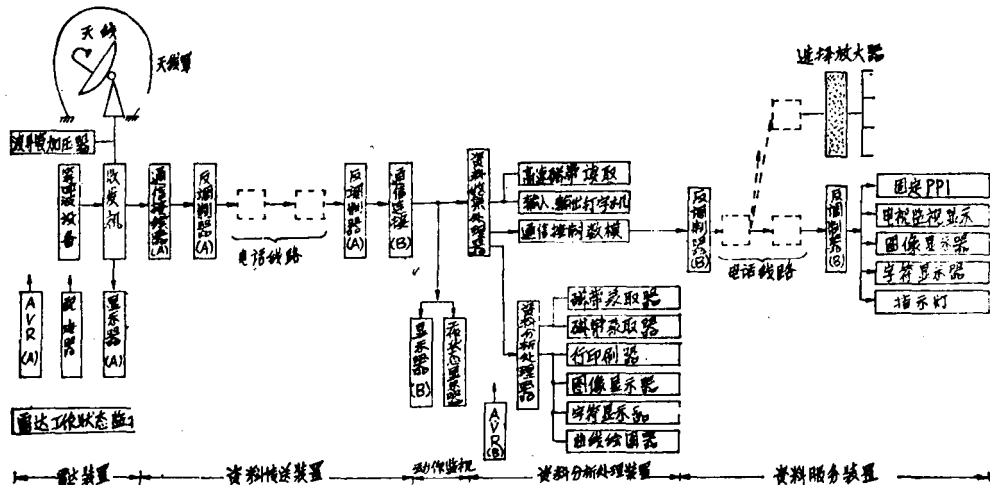


图 5 实际工作中雷达雨量计处理系统图