

远程交通微波雷达检测器 (RTMS) 的深度解析

一、概述

1.1 什么是 RTMS

RTMS (Remote Traffic Microwave Sensor 远程交通微波雷达检测器) 是一种用于监测交通状况的再现式雷达装置。它可以测量微波投影区域内目标的距离, 通过距离来实现对多车道的静止车辆和行驶车辆的检测, 并且利用**雷达线性调频技术**原理, 对路面发射微波, 通过对回波信号进行高速实时的数字化处理分析, 检测车流量、速度、车道占有率和车型信息等交通流基本信息的非接触式交通检测设备。

1.2 RTMS 的应用领域

RTMS 主要应用于高速公路、城市快速路、普通公路交通流调查站和桥梁的交通参数采集, 提供车流量、速度、车道占有率和车型等实时信息, 此信息可用隔离接触器连接到控制器或通过串行接口连接到其他系统, 为交通控制管理、信息发布等提供数据支持。

1.3 RTMS 的发展历程

1989 年加拿大人 Dan Manor 第一个将雷达技术应用于智能交通行业, 发明了微波车辆检测器。短短十几年间, 微波车辆检测器已经经历了几代的变革: 从模拟到数字、从单雷达到多雷达、从喇叭天线到平板天线:

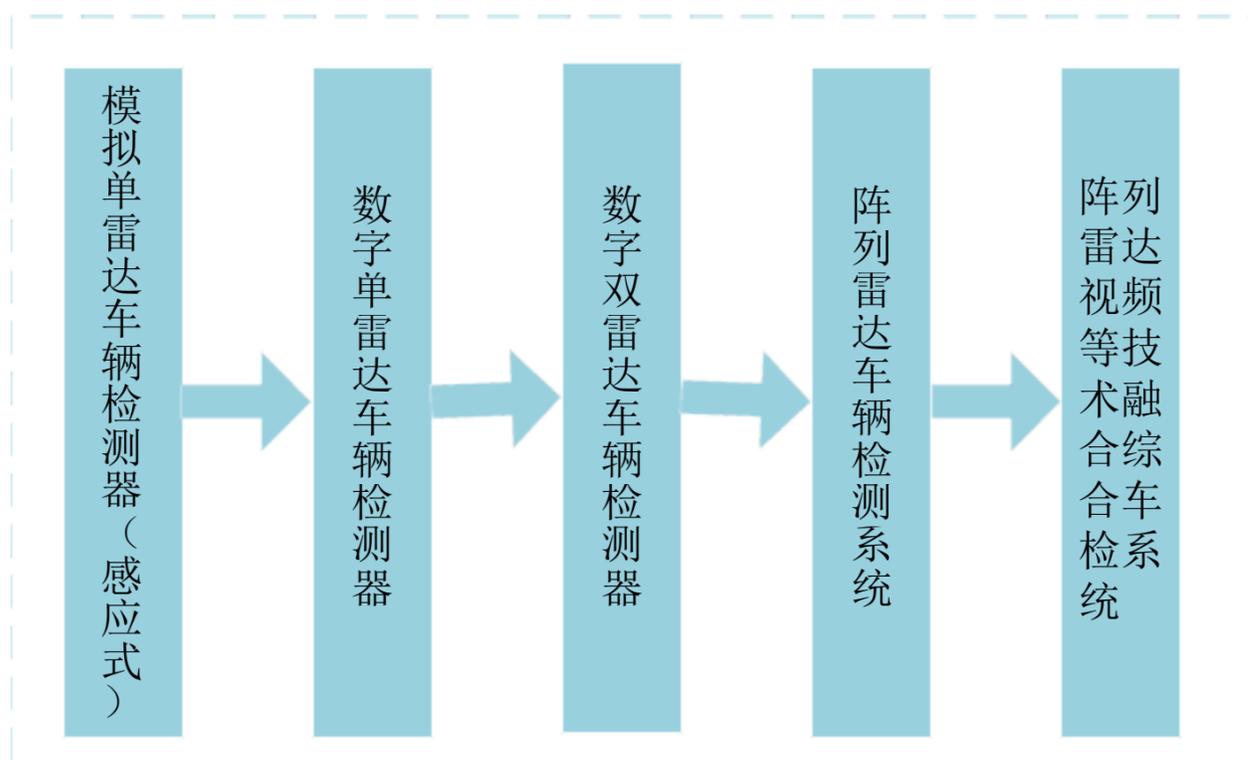


图 错误!文档中没有指定样式的文字。-1 微波车检器发展历程

我们从每一次的变革中看到，微波车辆检测器技术的发展和雷达技术、电子技术、计算机技术的发展紧密相关。

从雷达技术的层面上来说，数字阵列雷达技术从上世纪借鉴仿生学开始，在较短的时间内得到不断完善和提高。进入 21 世纪后伴随着数字电子技术和计算机处理能力的不断提升，数字阵列雷达的优越性得到了充分的体现：其多功能性、反应速度、分辨率、电子抗干扰能力、多目标追踪 / 搜索能力等都远优于传统雷达：

- 数字阵列雷达能在极短时间内完成监视空域内的扫描，目标更新速率极快；
- 数字阵列雷达分辨率极高，能取得目标精确位置；
- 数字阵列雷达能在恶劣的天气气候条件下正常追踪目标；

数字阵列雷达代表着雷达技术发展的必然趋势，它们是近代雷达变革的新技术和新体制的集中体现，是集中了现代电子科学技术各学科成就的高科技系统，所以现代化的精锐武器系统都以阵列的“平板雷达”为标准配备。

二、RTMS 的工作原理

2.1 雷达线性调频技术

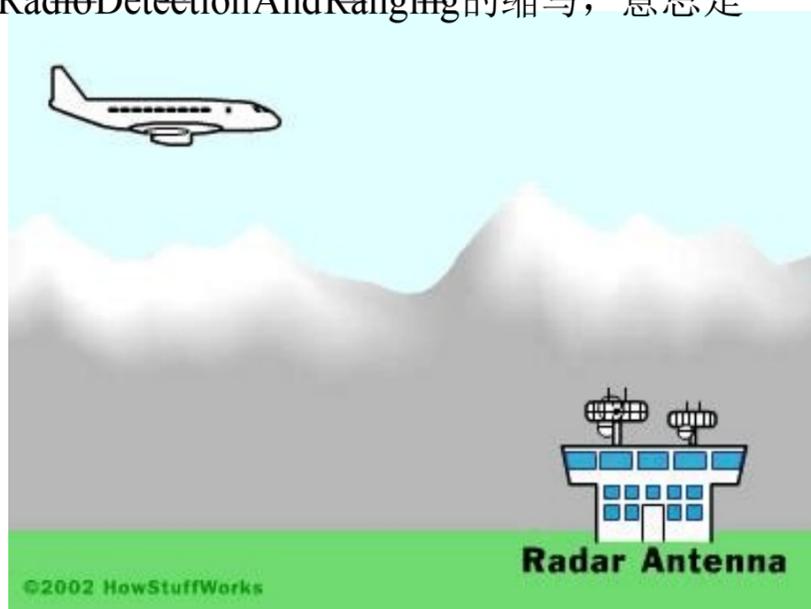
线性调频信号可以获得较大的压缩比，有着良好的距离分辨率和径向速度分辨率，所以线性调频信号作为雷达系统中一种常用的脉冲压缩信号，已经广泛应用于高分辨率雷达领域。直接数字频率合成(Digital Direct Frequency Synthesis, DDS)技术是解决这一问题的最好办法。在雷达系统中采用 DDS 技术可以灵活地产生不同载波频率、不同脉冲宽度以及不同脉冲重复频率等参数构成的信号，为雷达系统的设计者提供了全新的思路。

2.2 雷达技术

“雷达”是英文 radar 的音译，为 Radio Detection And Ranging 的缩写，意思是一种无线电检测和测距的电子设备，其原理是雷达设备的发射机通过天线把电磁波能量射向空间某一方向，处在此方向上的物体反射碰到的电磁波；雷达天线接收此反射波，送至接收设备进行处理，提取有关该物体的某些信息(目标物体至雷达的距离，距离变化率或径向速度、方位、高度等)。

测量距离实际是测量发射脉冲

与回波脉冲之间的时间差，



因电磁波以光速传播，据此就能换算成目标的精确距离。

- 测量目标方位是利用天线的尖锐方位波束测量。测量仰角靠窄的仰角波束测量。根据仰角和距离就能计算出目标高度。
- 测量速度是雷达根据自身和目标之间有相对运动产生的频率多普勒效应原理。雷达接收到的目标回波频率与雷达发射频率不同，两者的差值称为多普勒频率。从多普勒频率中可提取的主要信息之一是雷达与目标之间的距离变化率。当目标与干扰杂波同时存在于雷达的同一空间分辨单元内时，雷达利用它们之间多普勒频率的不同能从干扰杂波中检测和跟踪目标。

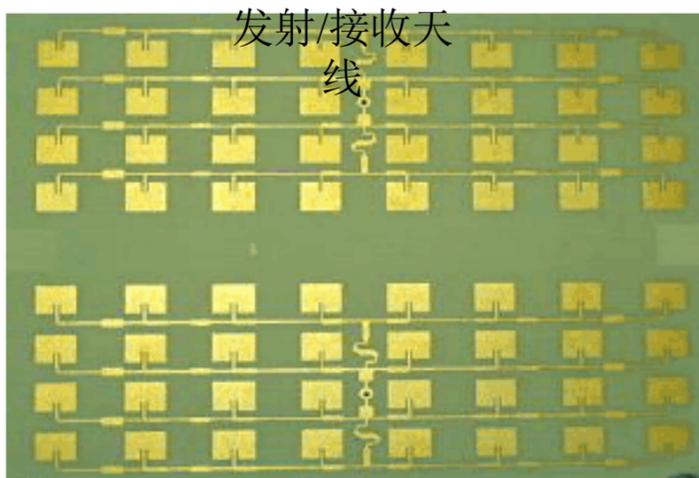
从工作方式上来讲，RTMS 微波车检器属于 FM-CW Radar（调频连续波雷达），即通过对连续波进行频率调制来获得距离与速度信息的雷达体制，其特点是具有高距离分辨率、低发射功率、高接收灵敏度、结构简单等优点，不存在距离盲区，具有比脉冲雷达更好的反隐身、抗背景杂波及抗干扰能力的特点，且特别适用于近距离应用。

从雷达技术的层面上来说，数字阵列雷达技术从上世纪借鉴仿生学开始，在较短的时间内得到不断完善和提高。进入 21 世纪后伴随着数字电子技术和计算机处理能力的不断提升，数字阵列雷达的优越性得到了充分的体现：其多功能性、反应速度、分辨率、电子抗干扰能力、多目标追踪/搜索能力等都远优于传统雷达：

- 数字阵列雷达能在极短时间内完成监视空域内的扫描，目标更新速率极快；
- 数字阵列雷达分辨率极高，能取得目标精确位置；
- 数字阵列雷达能在恶劣的天气气候条件下正常追踪目标；

数字阵列雷达代表着雷达技术发展的必然趋势，它们是近代雷达变革的新技术和新体制的集中体现，是集中了现代电子科学技术各学科成就的高科技系统，所以现代化的精锐武器系统都以阵列的“平板雷达”为标准配备。

RTMS 借鉴了高科技阵列雷达科技的精髓，创新性地将阵列天线技术应用于微波车辆检测器中，研发出了 RTMS 第四代产品—G4 阵列雷达微波车辆检测器。G4 采用 8×8 阵列天线，64 个阵列天线轮询工作，每个天线均可完成微波信号发射与接收功能。



RTMS G4 阵列天线

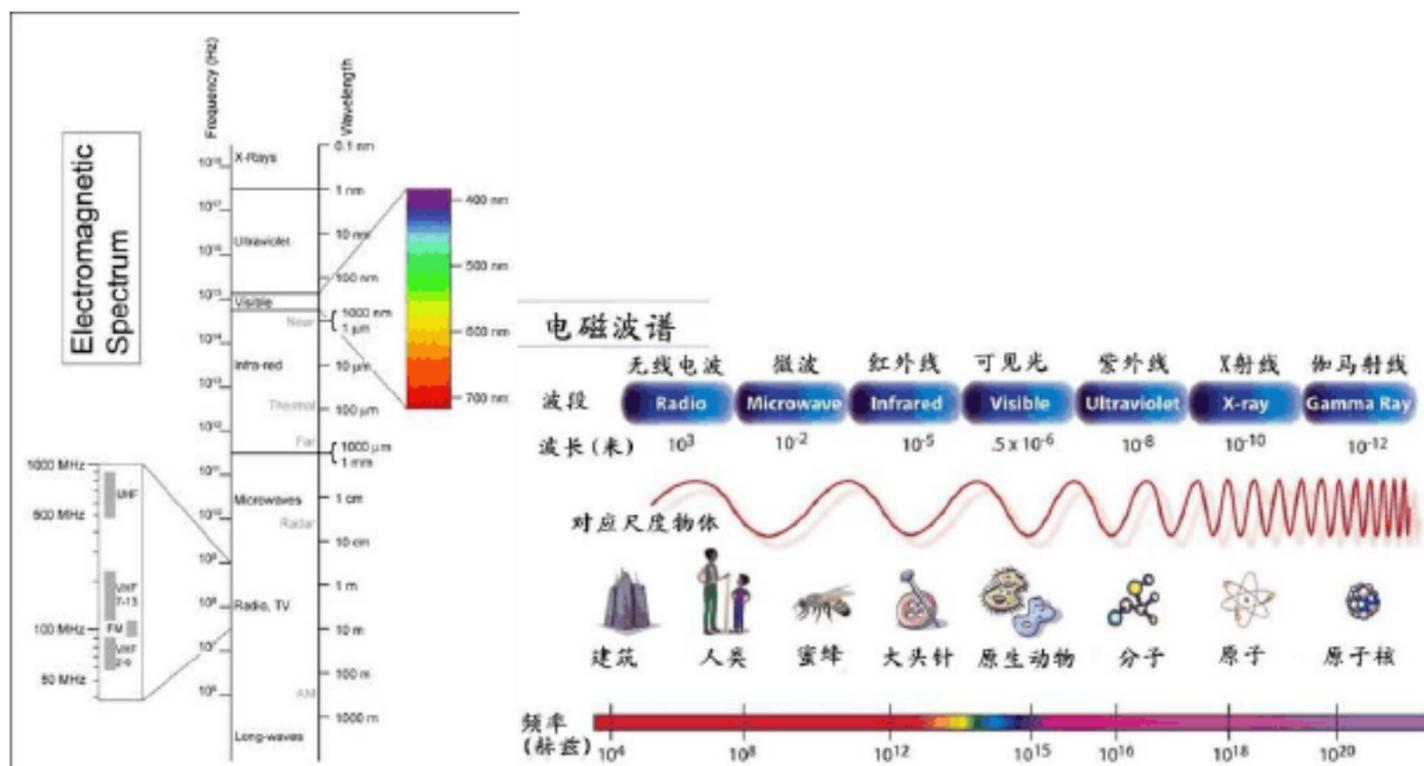


“双雷达”的天

线

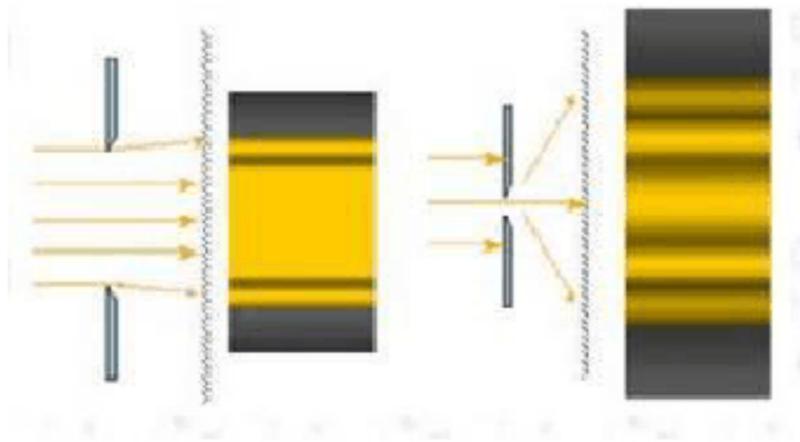
2.3 微波技术

微波是指频率为 300MHz-300GHz 的电磁波，换算成波长则是在 1 米（不含 1 米）到 1 毫米之间的电磁波，是无线电波中一个有限频带的简称。微波频率比一般的无线电波频率高，但低于可见光，通常也称为“超高频电磁波”。RTMS 的 X3 的发射波中心频率在 10.525GHz，G4 的发射波中心频率在 24.125GHz，都处于微波频段，因此被称为微波车检器。类似的设备还有声波车检器、超声波车检器，分别工作在声波（20Hz 至 20000Hz）频段和超声波（大于 20000Hz）频段。



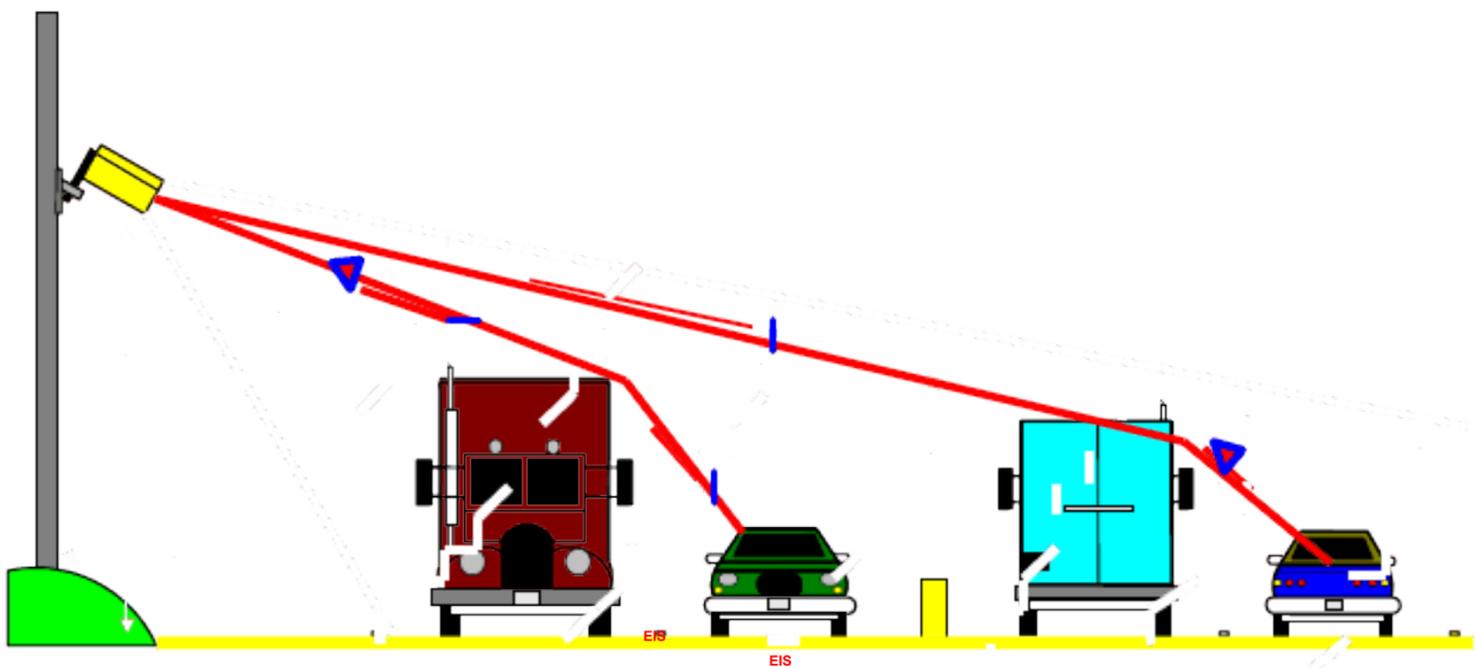
电磁波谱图

微波作为一种电磁波也具有波粒二象性。微波的基本性质通常呈现为穿透、反射、吸收三个特性：对于玻璃、塑料和瓷器等非金属物体，微波几乎是穿越而不被吸收；对于水和食物等就会吸收微波而使自身发热（例如微波炉的应用）；而对车辆外壳等金属类东西，则会反射微波。



衍射

另外，所有波的另一特性是“衍射”，也叫绕射，即波遇到障碍物或小孔后通过散射继续传播的现象，一般来说，孔隙越小，波长越大，这种现象就越显著。微波车检器的波长一般在 1cm-2cm，由于货车的体积一般比较大，当微波的波束在经过货车边沿时，同样会产生衍射现象，如下图。凭借高灵敏度接收天线，RTMS 能够接收到二次衍射之后的被遮挡车辆的反射波，因此，RTMS 微波车检器安装在路侧做交通数据采集时，能够解决一部分的大车遮挡问题，这是 RTMS 微波车检器的独特优势。



大车遮挡情况下检测

正是基于微波的上述特性，RTMS 能够可靠的探测到检测区域内的金属物体存在，而不受大型车辆、非金属物体、行人的干扰。

2.4 微波覆盖区域

微波雷达检测器的覆盖区域是一个椭圆形的微波投影区，最大检测范围为：（以 G4 为参考）

仰角投影宽度	50 度	
方位角投影宽度	12 度	
范围		0 至 76 米

2.5 微波探测能力

最大可检测的车道数目不少于 12 个。车道的宽度可以由用户以 200 毫米的步进进行调整。

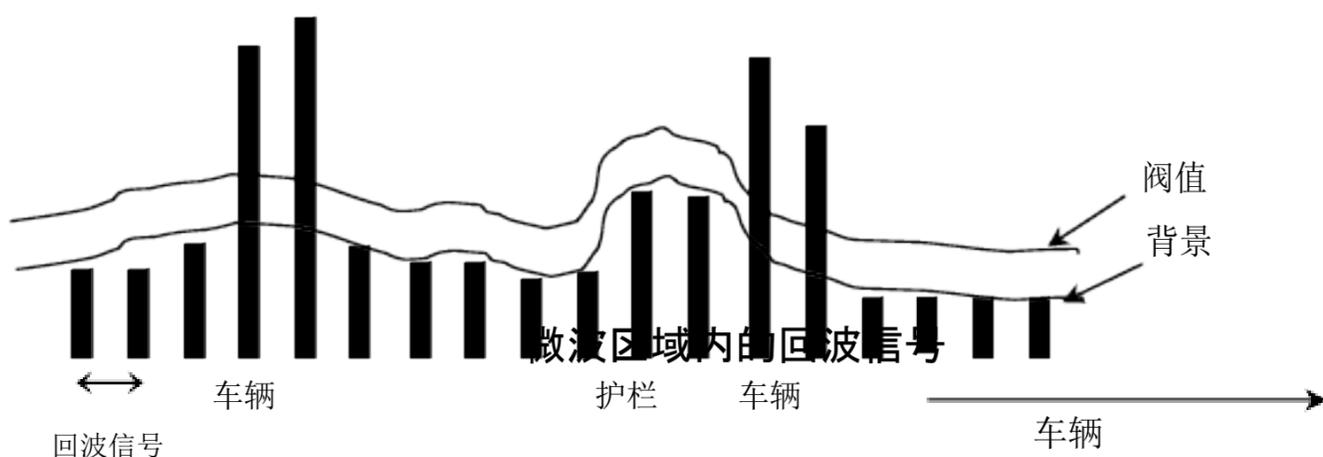
车道宽度：2-7 米

探测时间：用闭路连接器时，时间间隔 10 毫秒。持续时间可编程控制在 30 毫秒到 3 秒之间。

采样周期：以 10 秒为间隔，最大可达 600 秒。

2.6 微波检测原理

RTMS 接收到微波投影区域内各种表面的连续不断的回波, 如人行道, 栅栏, 车辆以及树木等。在每一个微波层面内的固定物体回波信号将形成背景阈值, 如果回波信号的强度高于该微波层面的背景阈值, 则表明有车辆存在。



在 RTMS 设置时, “背景获取”可在 30 秒内完成。在正常使用时也会经常调节。例如, 来自停止车辆的回波信号在 30 分钟内成为背景, 检测将被终止, 车道对应的输出开关将被释放。相反的, 当车辆离开时, 背景阈值会很快降至初始状态, 新的背景阈值在 30 秒内形成。

最强的回波信号来自车辆的垂直表面的反射, 水平表面(如车顶)将散射微波, 回波信号较弱。接收到的回波信号的强弱取决于车辆的反射面, 实际接收信号是多重反射信号的总和。有时来自各处的信号可能不是同一相位而导致信号会低于阈值, 此时短暂的低电平信号称为零信号。为避免由零信号产生的误判, RTMS 对信号处理时引入一个参数—“扩展延迟时间(EDT)”, 持续时间短于 EDT 的零信号将被忽略。

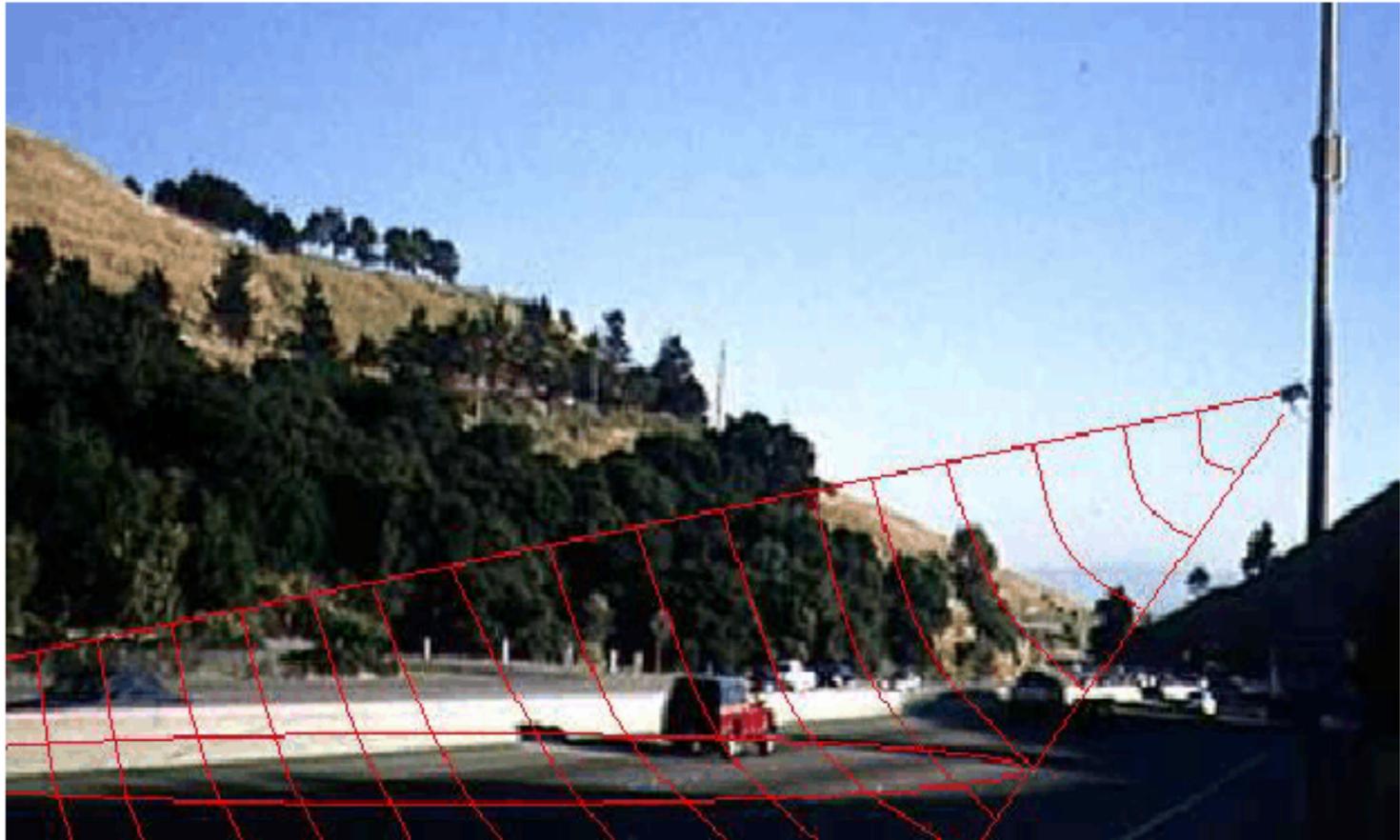
阈值和 EDT 是两个参数, 当操作模式选定后其默认值也就设置了。通过参数设置可以优化检测器的运行。

2.7 RTMS 的工作流程

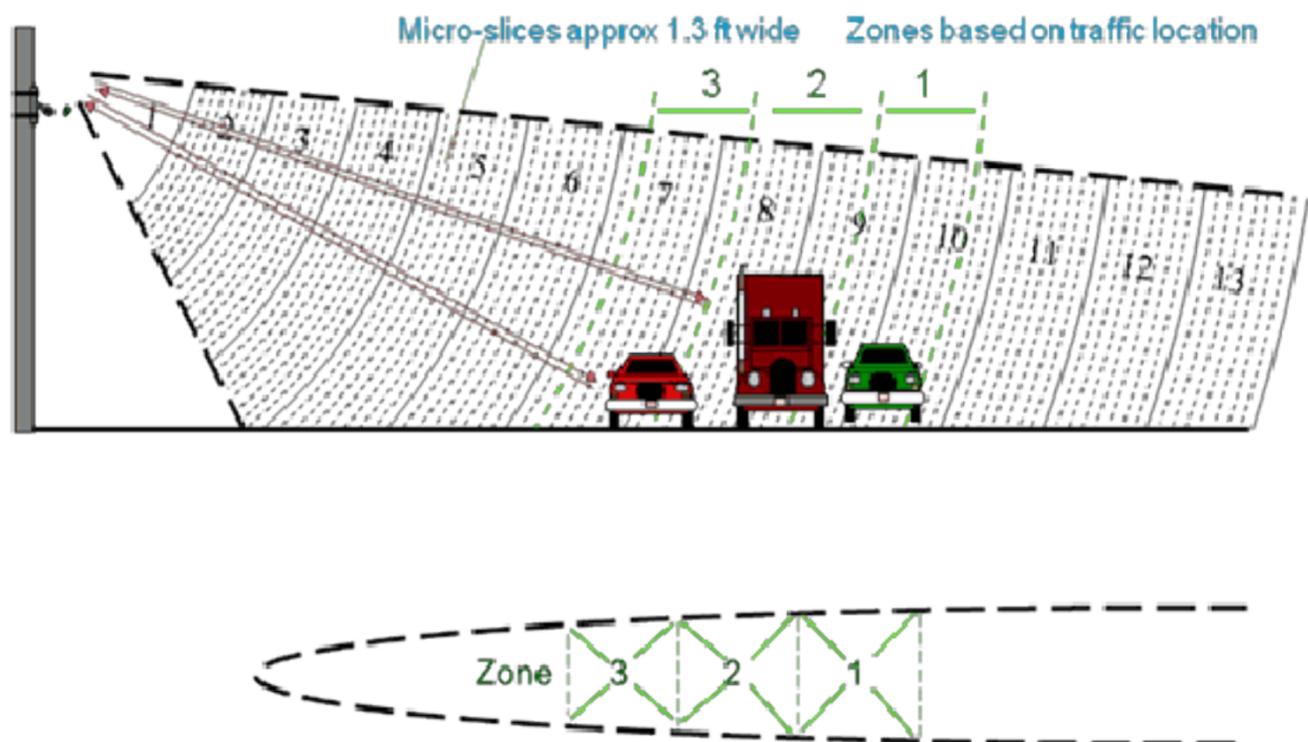
上文介绍了 RTMS 微波车检器的基本情况, 接下来我们再说说 RTMS 是如何工作的。

2.7.1 微波波束、层面与微层面

RTMS G4 在微波束的发射方向上以 0.38 米为一层面分层面探测物体，RTMS G4 微波束的发射角为 50 度，方位角为 12 度。



安装好以后，它向公路投影形成一个可以分为 254 个层面的椭圆形波束。

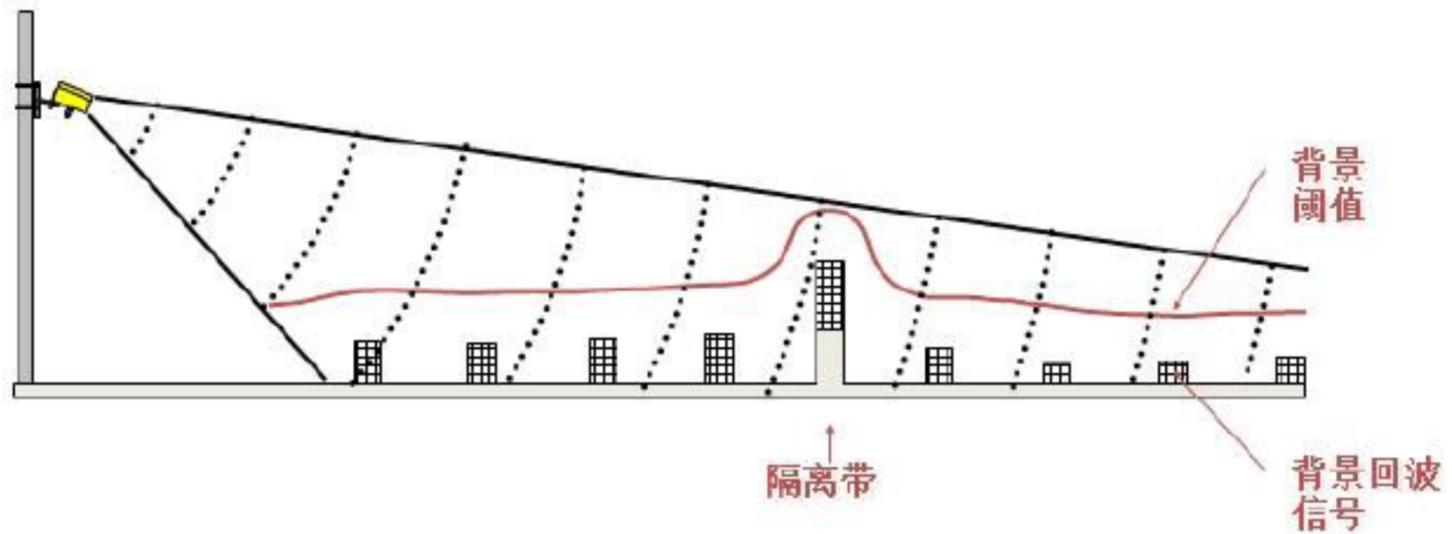


它可以测量微波投影区域内目标的距离，通过距离来实现对多个车道静止车辆和行驶车辆的检测。系统不但可以自动识别并划分微层面来定义检测区域，而且用户可以手动调整微层面，以使得检测区域能够在精细的范围内进行调整：

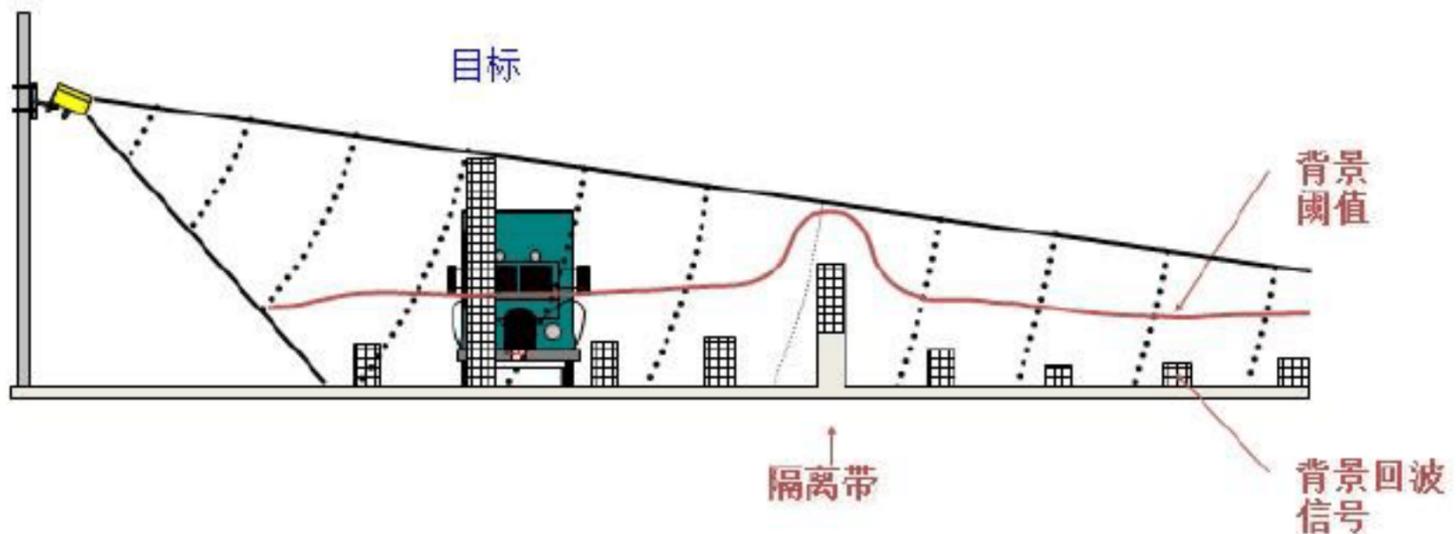
- 使检测区域和车道、或车行线路非常契合；
- 有效屏蔽中央隔离带、防眩光板、交通设施带来的影响；

2.7.2 RTMS 的工作过程

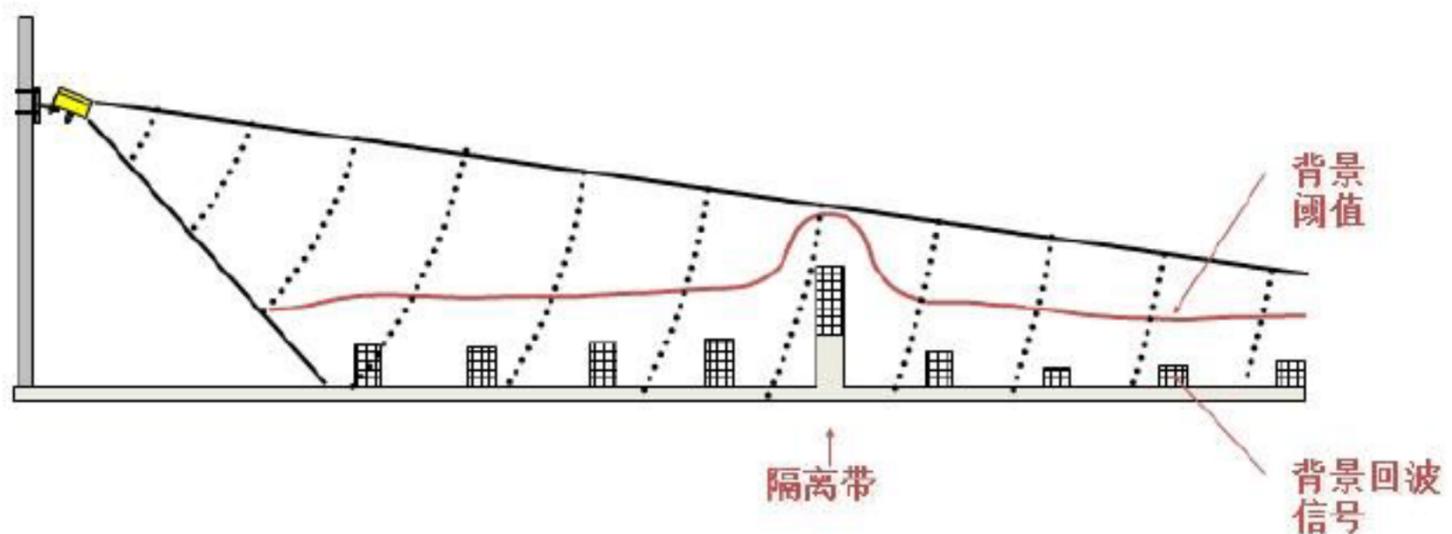
首先，RTMS 在通电开机后自动进行背景学习，接收天线检测到路面的回波信号后，会根据回波信号的强弱自动生成背景阈值。



当有车辆经过检测断面时，由于车辆近侧面回波信号强度高于背景阈值，则判断该车辆所在车道有目标存在。

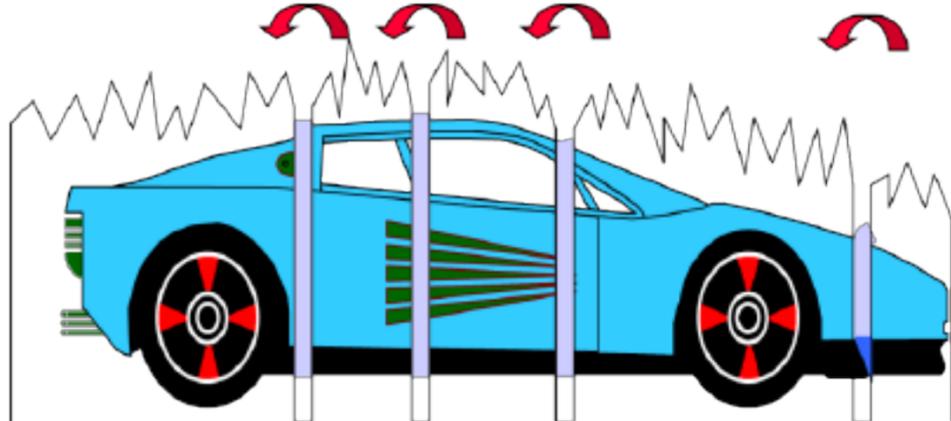


目标车辆驶离检测区域，车检器接收的回波信号恢复到背景阈值以下，等待下一次检测，同时将车流量、时间占用数据记录到检测器内部的缓存中，待记录周期结束后输出结果。



RTMS 的工作状态就是以较高的频率重复上述的工作过程：X3 在高速公路/快速路应用中采样频率是 5 次/秒，在城市路口应用中的采样频率是 1 次/秒；而采用阵列雷达天线技术的 G4 的采样周期则高达 800 次/秒。

RTMS 工作示意图如下。车辆经过检测区域时，RTMS 会采集到车辆的车头、车身、车尾的多个数据。得益于超高的探测频率，以及 0.38 米的雷达分辨率，RTMS 能够适应 5-250Km/h 的车速范围，在车辆缓行甚至交通拥堵的情况下，RTMS 依旧可以正常工作。



三、RTMS 的功能与特性

3.1 性能

微波雷达检测器是一个实时再现的检测器，设备适合安装在路边的立杆或横跨路面的结构上，并提供以下功能：

- 再现在检测区域内运动或停止的车辆
- 按用户所设定的数据周期（范围从 10 至 600 秒）提供交通数据，并可以通过串行通信线传输到其它设备。
- 交通数据必须和代表每一个检测车道的对线开关同步。
- 在路边侧向模式中，12 个车道中每个车道的数据必须包括以下内容：
 - 1) 车流量
 - 2) 车道占有率
 - 3) 平均速度
 - 4) 有 4 个由用户所定义的车辆长度分级
- 微波雷达检测器安装在横跨结构上（前方正向模式），必须监测单独一条车道并提供以下交通数据：
 - 1) 车流量、占用率、平均速度和车辆行驶方向
 - 2) 每一车辆的速度、行驶方向和长度

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/08801211134006073>