

团 体 标 准

T/ZGCSC 008—2024

数字道路路侧毫米波雷达技术规范

Technical Specifications for Digital Roadside Millimeter Wave Radar

2024 - 08 - 20 发布

2024 - 08 - 21 实施

中关村智慧城市产业技术创新战略联盟

发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 功能框图	2
5 总体要求	3
6 功能要求	4
7 性能要求	4
8 数据传输及通信接口要求	5
9 电气安全及可靠性	6
10 安装要求	6
11 试验方法	6
12 检验规则	8
13 标志、包装、运输和贮存	9
附录 A (资料性) 检验项目	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村智慧城市产业技术创新战略联盟发布。

本文件起草单位：中电信数字城市科技有限公司、北京理工睿行电子科技有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、芜湖森思泰克智能科技有限公司、浙江宇视科技有限公司、北京万集科技股份有限公司、南京慧尔视智能科技有限公司、浙江海康智联科技有限公司、浙大城市学院、苏州豪米波技术有限公司、重庆中科汽车软件创新中心、佛山市青松科技股份有限公司、江苏微感科技有限公司、上海神添实业有限公司。

本文件主要起草人：张银河、王海瑞、谷博宇、封顺天、连浩鑫、刘建虎、庞宏杰、陈桥、王井伟、刘红文、姚磊、贾光磊、肖思淼、王源、黄易、马晓彤、张志威、汪光林、龚成宇、白杰、饶兵、成坤、李彦峰、杨钰、黄达森、徐海胜、王建。

本文件为首次发布。

数字道路路侧毫米波雷达技术规范

1 范围

本文件规定了数字道路项目中应用的毫米波雷达的术语、定义、系统架构、总体要求、功能要求、性能要求、数据传输和通信接口、电气安全和可靠性、安装要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于数字道路项目中应用的毫米波雷达的选型和应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1589-2016 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 9254.2-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第2部分：抗扰度要求

GB/T 20609-2023 交通信息采集 微波交通流检测器

GB/T 24726-2021 交通信息采集视频交通流检测器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

毫米波雷达（以下简称**雷达**） millimeter-wave radar

向检测区域内目标发射低能量毫米波信号，通过对目标反射的毫米波信号的识别而检测出交通目标、交通参数、交通事件等信息的交通检测器。

3.2

交通参数 traffic parameters

车流量、平均车速、车头时距、车头间距、时间占有率、排队长度等综合反映交通状况的定量指标。

3.3

交通事件 traffic incident

道路上发生的，影响车辆通行及交通安全的异常交通状况及行为，主要指停止事件、逆行事件、拥堵事件、机动车驶离事件等典型事件种类。

3.4

车流量 vehicle volume

在规定时间内通过道路上检测断面的车辆数。

[来源：GB/T 24726-2021，3.3]

3.5

车头时距 time headway

在同向行驶的每一车道中，两连续车辆的车头到达道路检测断面的时间间隔。

[来源：GB/T 24726-2021，3.6]

3.6

车头间距 space headway

在同向行驶的每一车道中，两连续车辆的车头之间的距离。

[来源：GB/T 24726-2021，3.7]

3.7

时间占有率 time occupancy ratio

在某一段时间间隔内,单车道上检测断面被车辆占有的时间与该段时间间隔百分比。

[来源: GB/T 24726-2021, 3.8]

3.8

航向角 heading angle

交通目标行驶方向与正北方向顺时针的夹角。

3.9

检测率 rate of accurate detecting

系统在正常工作状态下,交通事件发生时,系统正确检测并报警的次数占实际发生交通事件总次数的比率。

[来源: GB/T 28789-2012, 3.9]

3.10

漏报率 rate of failed alarm

系统在正常工作状态中,交通事件发生但未能检测并报警的次数占实际发生交通事件总次数的比率。

[来源: GB/T 28789-2012, 3.10]

3.11

虚报率 rate of false alarm

系统在正常工作状态中,交通事件未发生而系统出现虚假报警的次数占交通事件报警总次数的比率。

3.12

丢包率 packet loss rate

丢包率是指测试中所丢失数据包数量占所发送数据组的比率。

3.13

数据帧 data frame

数据链路层中传输的最小的、独立的数据单元,它包括帧头、数据部分、帧尾。

3.14

闪烁 glint

闪烁是指在雷达数据流传输过程中出现的不连续显示现象。

3.15

信息完整率 information intact rate

信息完整率是取一定时间的毫米波雷达数据中,未发生目标闪烁的秒数占总秒数的比率。

3.16

残影 residual image

雷达针对在某一位置的实际已不存在的目标形成感知像,并保持该感知像超过一段时间。

4 功能框图

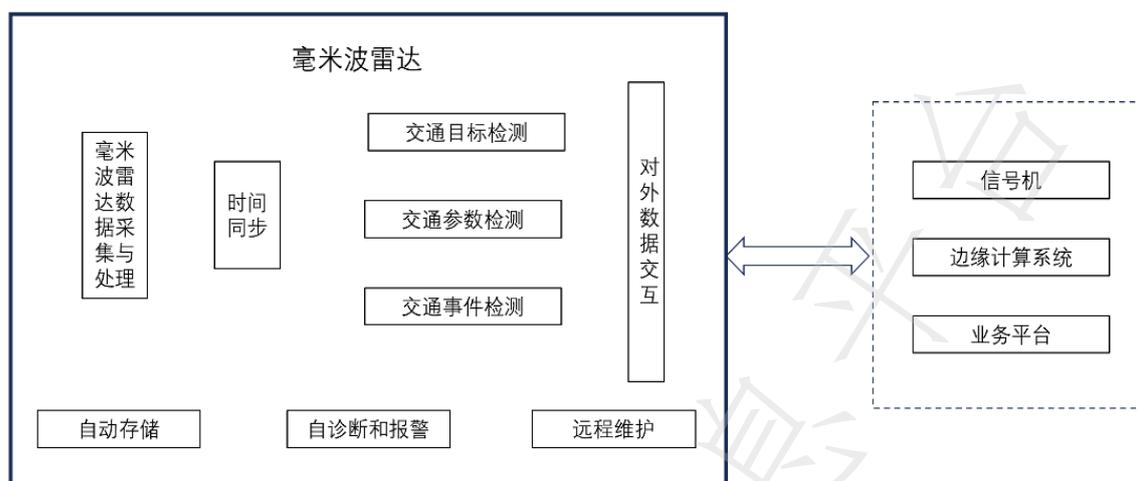


图1 数字道路路侧毫米波雷达功能组成示意图

毫米波雷达的功能组成框图如图1所示，毫米波雷达数据采集与处理模块通过收集和分析毫米波雷达信号以获取交通信息。时间同步功能确保毫米波雷达能够与外界时间保持一致。

毫米波雷达应具备交通目标检测、交通事故检测、交通参数检测功能，以及OTA升级、故障自检功能，可具备自动存储功能。

毫米波雷达支持通过RS-485或RJ-45等接口与信号机、边缘计算系统和业务平台交互雷达结构化数据。

5 总体要求

5.1 功能要求

5.1.1 智能感知功能

路侧毫米波雷达应具备以下智能感知功能：

- a) 识别并追踪各类交通目标的移动轨迹；
- b) 统计分析车道车流、速度、占有率、车头时距与间距等参数；
- c) 检测包括停车、逆行、变道、超速及拥堵在内的多种交通事件。

5.1.2 辅助功能

路侧毫米波雷达应具备以下辅助功能：

- a) 自诊断和报警
- b) 远程维护
- c) 时间同步
- d) 自动存储
- e) 抗干扰

路侧毫米波雷达使用的发射和接收频率应符合国家规划的无线电频段。

5.2 数据传输及通信接口要求

毫米波雷达数据传输及通信接口要求用以保证数据传输的高效性，支持灵活参数配置与数据传输协议，确保系统长期稳定运行与信息的无缝对接。

5.3 电气安全要求

毫米波雷达应满足以下电气安全性能要求：绝缘电阻与介质强度测试以确保良好的电气隔离效果及漏电防护；实施有效的接地与防雷方案以防外界瞬态高压冲击造成的损害；电磁兼容性和环境适应性要求，以确保在复杂环境下的稳定运作及对外部设备的无干扰性。

5.4 其他要求

毫米波雷达的安装指引应遵循既定的标准与规范。检验与评估体系包括外观结构检验、功能性能测试及电气安全评估等。产品标识、包装、运输及储存的具体规定应确保从生产出厂至最终用户接收的全过程中设备得到充分保护，并确保相关信息的准确可追踪性。

6 功能要求

6.1 交通目标检测

6.1.1 目标识别

系统应具备对机动车分类识别的功能。

注：机动车车型分类参照GB 1589-2016，大型车（大于12m）、中型车（大于6m，小于等于12m）、小型车（小于等于6m）。

系统可具备对非机动车和行人识别的功能。

6.1.2 目标跟踪

雷达应具备机动车目标持续跟踪功能，在单一雷达检测范围内，机动车目标持续移动或停止时间未超过120秒时，雷达能保持机动车ID连续唯一。

注：机动车目标离开雷达的检测范围或停止时间超过120秒的，雷达停止上报目标信息并丢弃该ID数据。

6.2 交通参数检测

支持机动车交通参数检测功能，相关交通参数统计场景包括：

- a) 道路全断面及分车道车流量（含分车型参数）、平均车速。
- b) 分车道时间占有率、分车道平均车头时距、分车道平均车头间距、排队长度（采用正装方式的）。

6.3 交通事件检测

交通事件检测能力应满足对机动车停止、逆行、变道、超速、拥堵、驶离事件的检测。并应支持交通事件告警信息提示功能。

6.4 自诊断和报警

雷达应具备自动诊断和报警功能，电压、安装角度等状态异常时，能自动诊断、记录并上报告警信息。

6.5 远程维护

雷达应支持远程在线升级、重启及运维管理功能。

6.6 时间同步

雷达应支持时间同步功能，宜采用精确时间协议（PTP）。

6.7 自动存储

雷达可具备本地存储和断点上传功能。本地存储时长1~24h可调。

6.8 抗干扰能力

雷达应能通过主动式、被动式或数字技术等干扰规避措施降低同频段雷达产生的有害干扰。

6.9 频率范围

毫米波雷达频率范围应符合国家规划的无线电频段，需方有特殊要求时由双方协商确定。

7 性能要求

7.1 检测要求

毫米波雷达检测区域覆盖范围、机动车有效测速范围应满足如下要求：

- a) 横向覆盖不小于 40m（双向不低于 8 车道）、纵向覆盖不小于 350m，并支持相应车道来去向检测配置。
- b) 机动车有效测速范围应覆盖-250km/h~250km/h。

7.2 交通目标检测

7.2.1 目标检测

机动车检测准确率 $\geq 95\%$ 。

机动车目标残影率 $\leq 0.5\%$ 。

注：残留目标存在超过120秒即认为发生了残影现象。

7.2.2 目标跟踪

在单一雷达检测范围内，雷达能保持的ID连续唯一准确率不低于95%。

7.2.3 检测精度

毫米波雷达检测机动车目标时，其检测精度应满足如下要求：

- a) 单台雷达检测时，位置检测绝对误差平均值 $\leq 0.25\text{m}$ ，绝对误差最大值 $\leq 0.5\text{m}$ ；两台雷达检测同一目标时，位置检测结果之差的绝对值的平均值 $\leq 0.5\text{m}$ ，最大值 $\leq 0.8\text{m}$ 。
- b) 速度检测绝对误差平均值 $\leq 0.5\text{km/h}$ ，绝对误差最大值 $\leq 1\text{km/h}$ 。
- c) 航向角检测绝对误差平均值 $\leq 2^\circ$ ，绝对误差最大值 $\leq 2.5^\circ$ 。

7.3 交通参数检测

车流量、平均车速、车头时距、车头间距、时间占有率、排队长度等交通参数检测准确率 $\geq 90\%$

7.4 交通事件检测

机动车停止、机动车逆行、机动车拥堵、机动车驶离等交通事件检测率 $\geq 98\%$ ，漏报率 $\leq 2\%$ ，虚报率 $\leq 1\%$ 。

7.5 时间同步

时间同步最大时延不大于10ms，平均时延不大于8ms。

7.6 功耗

电源功耗应不大于25W，且电源适应性符合GB/T 20609-2023中4.10.1的规定。

8 数据传输及通信接口要求

8.1 数据传输

毫米波雷达数据传输能力应满足如下要求：

- a) 机动车交通参数传输数据间隔 1s~3600s 可调，交通事件数据即时传输。
- b) 设备丢包率 $\leq 0.1\%$ 。
- c) 异常数据帧条数占比 $\leq 0.01\%$ 。
- d) 设备上报数据信息完整率 $> 90\%$ 。

8.2 通信接口

应至少支持RJ45通讯接口。通信接口宜满足以下要求：

- a) 物理层：支持以太网等接口，支持 10/100BASE-T 全双工通信；
- b) 网络层：宜支持采用 IP 协议，支持 IPv4 和 IPv6；

c) 传输层：宜采用 UDP 或 TCP 协议。

9 电气安全及可靠性

9.1 绝缘电阻

应符合GB/T 20609-2023中4.8.1的规定。

9.2 介质强度

应符合GB/T 20609-2023中4.8.2的规定。

9.3 接地与防雷

应符合GB/T 20609-2023中4.8.3的规定。

9.4 电磁兼容性

应符合GB/T 9254.2的规定。

9.5 环境适应性

应符合GB/T 20609-2023中4.10.3的规定。

9.6 可靠性

设备在720h累积运行试验过程中,应稳定、可靠工作,允许出现经远程控制重启能排除的轻微故障,不允许进行线下维护、维修,在线时长率应 $\geq 99\%$,累计离线次数应 ≤ 10 次。

10 安装要求

10.1 安装位置

- a) 雷达安装位置,可选择合适的路侧、车道设施,如路侧立柱、红绿灯灯杆、门架、立交桥、人行过街天桥等;
- b) 雷达的检测区域不应有明显的遮挡,如:钢筋混凝土建筑物、金属板、交通标志牌、茂密树冠、信号灯等;
- c) 应保证雷达安装支架结构的稳定性。

10.2 安装高度

根据应用需要及检测车道的实际情况,安装高度应不低于5m,隧道内安装宜不低于3.5m。

10.3 安装角度

雷达安装角度应覆盖目标检测车道。

11 试验方法

11.1 一般功能试验

11.1.1 检测试验

雷达检测范围试验方法如下:

- a) 将受试雷达接入设备采控平台,检查受试设备的实际覆盖范围,记录横纵向范围值;并检查受试雷达是否支持每条车道来去向检测配置功能;
- b) 使用雷达目标模拟器,设置 RCS 等于 10dBsm 的运动目标,在雷达检测值与模拟器设置值绝对误差 ≤ 0.3 km/h的前提下,记录正向最大速度和反向最大速度值。

11.1.2 功耗试验

使用可调电压源对进行测试，结果应符合7.6的要求。

11.1.3 频率范围试验

频谱范围试验按照GB/T 20609-2023中5.3.1的规定进行。

11.1.4 自诊断和告警试验

将受试雷达接入设备采控平台，分别设置电压、安装角度等异常状态，检查是否自动诊断并触发告警功能。

11.1.5 远程维护试验

将受试雷达接入设备采控平台，检查是否支持远程在线升级、重启及运维管理功能。

11.1.6 时间同步试验

将受试雷达接入设备采控平台，检查并记录受试雷达支持的时钟同步协议，修改其本地时钟，等待5~10min后检查其能否与标准计时装置时钟同步。

在正常网络环境下，通过设备采控平台采集受试雷达数据落地和发出时刻的时间戳，间隔5~10min采集一组数据，连续采集10组，计算最大时延和平均时延，结果应符合7.5要求。

11.1.7 自动存储试验

将受试雷达接入设备采控平台，检查受试雷达是否支持自动存储功能，并记录存储时间调节范围。

11.1.8 抗干扰能力试验

在实际交通场景下，在十字路口分别设置4台同频段雷达，接入设备采控平台，使4台雷达同时工作，检查雷达对机动车位置、速度、航向角的识别精度应符合7.2.3的要求。

11.2 交通目标检测试验

11.2.1 目标检测试验

在实际交通场景下，通过设备采控平台检查受试雷达是否能对机动车、非机动车和行人进行分类识别；采集100条受试雷达上报的机动车目标识别数据，与视频采集数据进行对比，计算机动车识别准确率。

11.2.2 目标跟踪试验

在实际交通场景下，选取低峰路况测试，确保在机动车运动过程中没有遮挡现象。机动车由远及近行驶，远端距离大于最大作用距离；通过设备采控平台采集100条受试雷达上报的机动车目标ID数据，与视频采集数据进行对比，计算ID连续唯一准确率。

11.2.3 检测精度试验

在实际交通场景下，将受试雷达接入设备采控平台，按下述要求进行试验：

- a) 取两台受试雷达，在0~250米的测试范围内均匀选择5个点，分别用雷达调试助手、RTK取得同一机动车目标的检测值和实际值，分别计算两台雷达的识别绝对误差平均值和绝对误差最大值，再计算两台雷达识别同一目标位置的误差；
- b) 将受试雷达上报的目标速度与通过目标轨迹推算出的速度进行对比，验证雷达对机动车速度的检测精度；
- c) 将受试雷达上报的机动车目标航向角与设备采控平台通过历史轨迹计算出的航向角进行对比，计算航向角检测精度。

注：可以使用雷达目标模拟器进行等效测试。

11.3 交通参数检测试验

在实际交通场景下，通过设备采控平台检查受试雷达是否能正常上报交通参数信息。

11.4 交通事件检测试验

在实际交通场景下,至少从6.3中至少选择2种交通事件进行验证,且采集的受试雷达上报交通事件信息数量不少于100条,与视频数据进行对比,计算交通事件检测率、漏报率、虚报率,并记录其是否正常上报报警信息。

- a) 测试停止事件时,设置检测区域,机动车在该检测区域停车时触发停止事件检测规则。
- b) 测试逆行事件时,将测试车道设置为反向车道、并设置检测区域,机动车在该检测区域内行驶时触发逆行事件检测规则。
- c) 测试拥堵事件时,设置检测区域,机动车在该检测区域拥堵时触发拥堵事件检测规则。
- d) 测试驶离事件时,设置检测区域,机动车驶离该检测区域时触发驶离事件检测规则。

11.5 数据传输及通信接口试验

11.5.1 数据传输试验

在实际交通场景下,通过设备采控平台采集受试雷达上报的数据,采集时长不低于24h,验证雷达数据传输能力,结果应符合8.1的要求。

11.5.2 通信接口试验

通过通信接口更改传输数据内容及间隔,结果应符合8.2的要求。

11.6 电气安全及可靠性试验

11.6.1 绝缘电阻试验

绝缘电阻试验按GB/T 20609-2023中5.8.1的规定进行。

11.6.2 介质强度试验

介质强度试验按GB/T 20609-2023中5.8.2的规定进行。

11.6.3 接地与防雷试验

接地与防雷试验按GB/T 20609-2023中5.8.3的规定进行。

11.6.4 电磁兼容性试验

电磁兼容试验按GB/T 9254.2的规定进行。

11.6.5 环境适应性试验

环境适应性试验按GB/T 20609-2023中5.10.3的规定进行。

11.6.6 可靠性试验

在实际交通场景下,将受试雷达接入设备采控平台,进行不少于720h累积运行试验,记录设备离线时长和离线次数,并计算出在线时长率和累计离线次数。

12 检验规则

12.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验,检验项目如附录A所示。

本文件规定的测试方法不是唯一的,允许采用替代方法组织出厂检验和型式试验,但替代方法严苛程度应不低于本文件规定的测试方法。

12.2 出厂检验

12.2.1 组批与抽样

以同原料、同工艺、同规格型号生产的产品为一批,每批至少抽取一台进行检验。

12.2.2 出厂检验判定规则

检验中出现任一检验项目不合格时，判该产品为不合格，允许返修后重新检验。

12.3 型式检验

12.3.1 型式检验频次

产品有下列情况之一时，应进行型式检验。

- a) 新产品试制定型时；
- b) 产品设计、工艺等有重大改进时；
- c) 停产半年以上后恢复生产时；
- d) 国家质量监督检验机构提出进行型式检验的要求时。

12.3.2 抽样

型式试验抽样在出厂检验合格的产品中随机抽取，数量应满足型式试验项目要求。

12.3.3 型式试验判定规则

检验项目中任有一项不合格，应加倍抽样对全部检验项目复验，若仍不合格，则判定为不合格品。

13 标志、包装、运输和贮存

检测器标志、包装、运输和贮存应符合GB/T 20609-2023中7的要求。

附录 A
(资料性)
检验项目

项目	出厂检验	型式试验	要求	试验方法
检测范围	---	√	7.1	11.1.1
功耗	√	√	7.6	11.1.2
频率范围	---	√	6.9	11.1.3
自诊断和告警	---	√	6.4	11.1.4
远程维护	---	√	6.5	11.1.5
时间同步	---	√	6.6	11.1.6
自动存储	---	√	6.7	11.1.7
抗干扰能力	---	√	6.8	11.1.8
目标识别	---	√	7.2.1	11.2.1
目标跟踪	---	√	7.2.2	11.2.2
检测精度	√	√	7.2.3	11.2.3
交通参数检测	---	√	7.3	11.3
交通事件检测	---	√	7.4	11.4
数据传输	---	√	8.1	11.5.1
通信接口	---	√	8.2	11.5.2
绝缘电阻	---	√	9.1	11.6.1
介质强度	---	√	9.2	11.6.2
接地与防雷	---	√	9.3	11.6.3
电磁兼容性	---	√	9.4	11.6.4
低温	---	√	9.5	11.6.5
高温	---	√	9.5	11.6.5
湿热	---	√	9.5	11.6.5
振动	---	√	9.5	11.6.5
冲击	---	√	9.5	11.6.5
防护	---	√	9.5	11.6.5
可靠性	---	√	9.6	11.6.6