



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

自动驾驶无线专网技术规程

Technical specification for autonomous driving wireless private
networks

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

自动驾驶无线专网技术规程

Technical specification for autonomous driving wireless private
networks

T/CECS XXX—202X

主编单位：北京智慧城市网络有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

执行日期：202X 年 XX 月 1 日

中国 XX 出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕510 号）文件的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内、外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本规程共分 8 章，主要技术内容包括：总则，术语和缩略语，基本规定，系统架构，工程设计，施工与安装，测试、调试与验收，运行与维护。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由北京智慧城市网络有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给北京智慧城市网络有限公司(地址：北京市丰台区看丹街道智成北街 3 号院交控大厦西塔，邮编：100176，邮箱：liuyuxin@bj-smartcity.net)。

主编单位：北京智慧城市网络有限公司

参编单位：北京市市政工程设计研究总院有限公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

中铁通信信号勘测设计院有限公司

北京数字基建投资发展有限公司

中国铁路通信信号上海工程局集团有限公司

北京京智网智慧科技发展有限公司

新岸线（北京）科技集团有限公司

主要起草人：XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

主要审查人：XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

目 次

1	总 则	5
2	术语和缩略语	6
2.1	术语	6
2.2	缩略语	6
3	基本规定	7
4	系统架构	8
5	工程设计	9
5.1	一般要求	9
5.2	业务需求	9
5.3	无线覆盖	9
5.4	站点选址	11
5.5	频率配置与干扰管理	12
5.6	天馈系统	12
5.7	时钟同步	13
5.8	电磁兼容	13
5.9	绿色节能与环保	14
6	施工与安装	15
6.1	一般规定	15
6.2	施工准备	15
6.3	站址勘测	15
6.4	基础设施	16
6.5	设备安装	16
6.6	光、电缆敷设	18
6.7	防雷与接地	19
6.8	机房要求	22
7	调试、测试与验收	24
7.1	一般要求	24
7.2	网络及无线参数配置	24
7.3	单体设备调试	24
7.4	系统功能调试	24
7.5	系统性能测试	27

7.6	工程验收	27
8	运行与维护	33
8.1	一般规定	33
8.2	维护内容	33
8.3	质量管理	33
8.4	网络安全管理	34
8.5	日常维护作业管理	35
8.6	故障管理	36
8.7	网络调整管理	37
8.8	备品备件及仪器仪表管理	37
8.9	文档资料管理	38
	用词说明	40
	引用标准名录	41

Contents

Introduction	1
Contents	1
Contents	3
1 General provisions	5
2 Terms and abbreviations	6
2.1 Terms	6
2.2 Abbreviations	6
3 Basic regulations	7
4 System architecture	8
5 Engineering design	9
5.1 General requirements	9
5.2 Operation requirements	9
5.3 Wireless coverage	9
5.4 Site location	11
5.5 Radio frequency configuration and interference management	12
5.6 Antennas and feeders	12
5.7 Clock synchronization	13
5.8 Electromagnetic compatibility	13
5.9 Green energy saving and environmental protection	14
6 Construction and installation	15
6.1 General requirements	15
6.2 Construction preparation	15
6.3 Site investigate	15
6.4 Infrastructure	16
6.5 Equipment Installation	16
6.6 Installation of optical and electrical cables	18
6.7 Lightning protection	19
6.8 Machine room requirements	22
7 Debugging, testing and acceptance	24
7.1 General requirements	24
7.2 Network and wireless parameters configuration	24

7.3	Single equipment debugging	24
7.4	System function debugging	24
7.5	System performance debugging	27
7.6	Project acceptance	27
8	Operation and maintenance	33
8.1	General requirements	33
8.2	Maintenance content	33
8.3	Quality Management	33
8.4	Network Security Management	34
8.5	Daily maintenance work management	35
8.6	Fault Management	36
8.7	Network Adjustment Management	37
8.8	Spare parts and instrumentation management	37
8.9	Documents management	38
	Explanation of terms	40
	References	41

1 总 则

1.0.1 为规范自动驾驶无线专网工程建设，统一自动驾驶无线专网工程设计，施工与安装，调试、测试与验收，运行与维护等环节的技术要求和标准，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城市道路交通自动驾驶无线专网的工程设计，施工与安装，调试、测试与验收，运行与维护等提供参考依据。

1.0.3 自动驾驶无线专网的工程设计，施工与安装，调试、测试与验收，运行与维护，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的相关规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 自动驾驶无线专网 Autonomous Driving Wireless Private Networks

通过特定频段和技术手段，为自动驾驶业务提供高可靠、低时延、大容量数据传输的专用无线网络。

2.1.2 端到端时延 End-to-End Delay

将给定信息从源端成功传输到目的端所需的时间。该时延在通信接口上测量，从源端发送信息开始，在目的端成功接收该信息为止。

2.1.3 空中接口 Air Interface

是指无线通信系统中终端设备与基站设备之间的无线信道。

2.1.4 上/下行 Upload/Download

是指数据在无线专网系统中传输的两个不同方向，上行 (Upload) 指的是终端设备向无线网络或基站发送数据的过程，下行 (Download) 则是指从无线网络或基站向终端设备传输数据的过程。

2.1.5 吞吐量 Throughput

是指在系统或网络中单位时间内能够成功传输的数据量。

2.1.6 IP 地址 Internet Protocol Address

是指在系统或网络中用于标识网络设备（如计算机、服务器、路由器等）在网络中的逻辑地址，是设备在网络中通信的唯一标识符。

2.2 缩略语

2.2.1 BDS——BeiDou navigation satellite system, 北斗卫星导航系统

2.2.2 RSSI——Received Signal Strength Indication, 接收信号强度指示

2.2.3 VLAN——Virtual Local Area Network, 虚拟局域网

2.2.4 PTP——Precision Time Protocol, 精确时间协议

2.2.5 TDoA——Time Difference of Arrival 到达时间差

3 基本规定

3.0.1 自动驾驶无线专网工程建设应符合国家现行有关方针、政策、法律、法规及标准的规定。

3.0.2 自动驾驶无线专网规划宜与市政规划、轨道交通规划、其他制式通信网络规划等协同规划。

3.0.3 自动驾驶无线专网建设应明确近、远期规划目标, 满足网络的覆盖、质量和用户容量要求, 并预留未来业务发展的弹性扩容升级能力。

3.0.4 自动驾驶无线专网工程设计应遵循国家及地方无线频率使用要求及频率规划。

3.0.5 自动驾驶无线专网工程设计应根据系统服务质量要求采用必要的冗余方案。

3.0.6 自动驾驶无线专网工程建设应充分考虑运营维护和管理需求。

3.0.7 自动驾驶无线专网建设应采用先进的技术手段实现节能环保, 并充分考虑与既有基础设施资源共用、干扰规避等方面的要求。

3.0.8 自动驾驶无线专网宜具备与城市管理类系统对接的能力。

4 系统架构

4.0.1 自动驾驶无线专网系统宜由数据中心、实时中心、路侧设备和终端设备组成（图 4.0.1）。

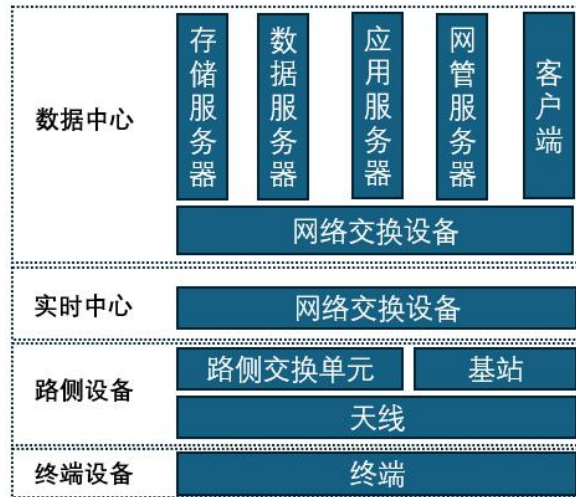


图 4.0.1 无线专网系统整体架构图

4.0.2 数据中心对整个网络进行管理和控制，应具有网络数据流向控制、鉴权认证、数据安全、网络与设备管理、数据存储、数据处理等功能。

4.0.3 实时中心宜由网络交换设备组成，汇聚区域内路侧交换单元和基站，并与数据中心之间进行双向数据传输。

4.0.4 路侧设备宜由路侧交换单元和路侧基站组成。

- 1 路侧交换单元提供相邻路侧基站间有线/无线链路的连接。
- 2 路侧基站提供自动驾驶无线专网信号的收发处理。

4.0.5 终端设备实现采集数据的收发处理，可分为车载终端、手持终端和固定终端。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 自动驾驶无线专网系统设计需考虑网络规模、业务需求和技术选型，确保网络性能满足自动驾驶业务需求。

5.1.2 自动驾驶无线专网系统应具备网络安全防护能力。

5.1.3 自动驾驶无线专网应根据需求选择目标覆盖区域，并与覆盖区域内的其他通信网络协同设计。

5.1.4 自动驾驶无线专网在单个设备故障时仍应保持网络的整体性能。

5.1.5 自动驾驶无线专网应统筹规划设备编码、IP 地址等资源。

5.1.6 自动驾驶无线专网应同时支持 IPv4 和 IPv6。

5.2 业务需求

5.2.1 自动驾驶无线专网应能在车辆接入网络且运行速度不小于 120km/h 状态下满足监管数据上传、感知数据共享与协同决策、高精度地图下载、自动泊车、远程驾驶、编队驾驶等场景业务承载需求。

5.2.2 自动驾驶无线专网在承载行驶数据、车外及车内摄像头视频数据等监管数据上传业务时，传输速率不低于 2 Mbps，单向端到端时延不高于 50ms，传输可靠性应不低于 99.99%。

5.2.3 自动驾驶无线专网在承载多个车载终端通过指示信息或辅助信息交互实现数据共享与协同决策业务时，传输速率不低于 2Mbps，单向端到端时延不高于 10ms，传输可靠性不低于 99.9%。

5.2.4 自动驾驶无线专网在承载中心云平台或者边缘云平台对自动驾驶车辆的高精地图动态更新业务时，传输速率不低于 16Mbps，单向端到端时延不高于 100ms，传输可靠性不低于 99%。

5.2.5 自动驾驶无线专网在承载自动停车业务时，传输速率不低于 0.2Mbps，单向端到端时延不高于 40ms，传输可靠性不低于 99.9%。

5.2.6 自动驾驶无线专网在承载连接车辆、路侧感知与计算系统、中心云平台、边缘云平台远控智能驾舱, 提供信息交互和紧密协作实现由人或者机器对远程车辆实施驾驶操控的业务时, 传输速率不低于 20Mbps, 单向端到端时延不高于 20ms, 传输可靠性不低于 99.99%。

5.2.7 自动驾驶无线专网在承载一组车辆通过协同合作方式实现近距离编队自动驾驶业务时, 传输速率不低于 0.05Mbps, 单向端到端时延不高于 100ms, 传输可靠性不低于 99.9%。

5.3 无线覆盖

5.3.1 自动驾驶无线专网覆盖设计应根据业务场景, 进行容量规划, 计算传播损耗, 实现目标区域的连续覆盖。

5.3.2 自动驾驶无线专网覆盖设计应符合下列规定:

- 1 根据不同目标区域和场景的差异化, 制定有针对性的无线网络覆盖目标;
- 2 在满足设计目标的前提下, 充分利用现有的基础设施资源;
- 3 控制重叠覆盖区域、合理设置小区参数, 减少小区间干扰;

5.3.3 自动驾驶无线专网覆盖边缘场强应保证系统的传输速率满足其设计能力的要求。

5.3.4 自动驾驶无线专网无线链路设计原则应满足以下要求:

- 1 无线链路设计宜考虑保护余量, 一般包含阴影衰落、多径衰落、环境干扰、工程预留等。
- 2 无线链路设计应根据链路设计模型计算无线覆盖小区直径。

5.3.5 自动驾驶无线专网覆盖设计应通过链路计算确定天线安装高度、角度、增益等设备参数。应综合考虑基站发射功率、业务数据速率、系统负荷、终端移动速度、无线环境、干扰情况等因素, 同时结合天馈系统参数确定基站覆盖范围, 应考虑上下行链路预算平衡, 系统下行链路预算可参考公式:

$$PL_{DL} = P_{out_BS} - S_{UE} = Lf_{BS} + L_{sp} - G_{a_BS} - G_{a_UE} + M_p + L_p + L_b$$

式中:

PL_{DL}——下行链路最大传播损耗，单位 dB；

P_{out}_{BS}——基站发射功率，单位 dBm；

L_f_{BS}——天馈线损耗，含无源器件、跳线及接头损耗，馈线等，单位 dB；

L_{sp}——空间传输损耗，含天线空间信号传播损耗等，单位 dB；

G_a_{BS}——基站天线增益，单位 dBi；

G_a_{UE}——接收终端天线增益，单位 dBi；

M_p——保护余量，单位 dB；

L_p——穿透损耗，单位 dB；

L_b——人体损耗，单位 dB；

S_{UE}——终端接收信号（满足相应业务需求的参考信号接收的最小电平），单位 dBm。

5.3.6 自动驾驶无线专网覆盖的边缘覆盖概率和面积覆盖概率应不小于 95%，边缘场强应保证系统的传输速率满足其设计能力的要求。

5.4 站点选址

5.4.1 自动驾驶无线专网站点选址应分析地理环境和网络现状，针对区域容量需求、覆盖需求，结合网络拓扑结构、性能要求、设备形态及可用的基础设施等多种因素综合确定。

5.4.2 自动驾驶无线专网站址的位置选择宜满足下列要求：

- 1 站址宜选择在地形平坦、地质良好的地段。
- 2 应充分利用存量站址、市政公用设施等资源。

5.4.3 自动驾驶无线专网站址选择时应考虑对周围环境的电磁影响和防护对策，其对周围环境的影响应符合 GB8702《电磁环境控制限值》的相关规定。

5.4.4 在满足目标区域覆盖需求的前提下，室外设备的安装位置应考虑传输和电源引入、维护检修的便利性及美观防盗等因素。

5.4.5 在我国抗震设防烈度 7 度及以上地区使用的系统设备应符合 YD 5083《电信设备抗地震性能检测规范》的规定。

5.4.6 自动驾驶无线专网基站设备不应安装于存在强电磁辐射或强腐蚀等可能

对设备造成严重影响区域。

5.4.7 自动驾驶无线专网系统设备安装位置应满足以下条件:

1 系统设备周围应留有足够的空间,以满足散热及安装、维护、布线、线缆弯曲半径的要求。

2 室外安装时,需考虑积雪、积水、植被等因素的影响。

5.4.8 路侧交换单元采用无线链路回传方式时应安装在视距范围内。

5.5 频率配置与干扰管理

5.5.1 频率配置应综合考虑频率资源、网络覆盖、网络容量,并遵循以下原则:

1 应根据自动驾驶无线专网系统的技术特点和业务需求进行配置;

2 应考虑系统的容量和覆盖范围,合理划分频段和频率资源;

3 应遵循“频带外让频带内,次要业务让主要业务,后用让先用,无规划让有规划”的原则使用频率。

5.5.2 应合理设置基站发射功率、天线方位角、俯仰角和天线参数等,减少与其他无线网络产生干扰。

5.5.3 与其他无线网络产生干扰时,应对产生干扰的原因进行具体分析,根据实际情况采取不同的措施以减少干扰。系统间干扰协调应符合下列规定:

1 应按国家与工业和信息化部的相关规定执行;

2 应充分考虑与其它无线网络的杂散、阻塞、互调干扰协调;

3 宜充分考虑必要的保护频带;

4 宜合理利用地形地物、空间隔离、天线方向去耦、加装滤波器、加装屏蔽、工程参数调整等方式满足隔离度要求。

5.6 天馈系统

5.6.1 自动驾驶无线专网天馈系统设计应满足无线覆盖指标的要求。

5.6.2 自动驾驶无线专网天馈系统的天线和馈线应选用符合国家无线电管理规定和通信行业标准的产品。

5.6.3 自动驾驶无线专网天馈系统应采取防雷保护措施。

5.6.4 自动驾驶无线专网天线布局应满足以下要求:

- 1 天线应安装在通风良好、视野开阔的位置, 避免遮挡和信号干扰;
- 2 天线挂高应满足覆盖范围和通信质量的需求。
- 3 天线方位角和俯仰角设置, 应符合覆盖区域环境和用户特征, 定向天线主波瓣应正对覆盖目标区域。

5.6.5 自动驾驶无线专网馈线系统设计应遵循以下要求:

- 1 馈线类型应根据系统频率、功率和传输距离选择, 宜采用低损耗、抗干扰性能好的同轴电缆;
- 2 馈线长度应尽量缩短, 以减少信号传输损耗;
- 3 馈线接头应采用可靠性高的防水、防尘、防氧化接头, 并确保连接牢固;
- 4 馈线布线应合理规划, 避免与其他电缆产生干扰, 同时保证足够的机械强度和安距离。

5.7 时钟同步

5.7.1 自动驾驶无线专网系统应具有不少于 2 路外部时钟同步源。

5.7.2 自动驾驶无线专网系统应保证同步时钟源提供的时间同步信息在传输过程中的精度和稳定性。

5.7.3 自动驾驶无线专网同步源应采用北斗系统。

5.7.4 自动驾驶无线专网系统设备与同步源间宜使用 PTP (精确时钟同步协议) 同步。

5.7.5 同步源丢失后, 自动驾驶无线专网系统时钟同步保持时间不应小于 24 小时。

5.8 电磁兼容

5.8.1 自动驾驶无线专网系统的电磁辐射应符合 GB 8702 《电磁环境控制限值》的相关规定。

5.8.2 自动驾驶无线专网系统设计应根据设备安装电磁环境、系统电磁敏感度、电磁骚扰和周边其他系统的电磁敏感度等因素,实现自动驾驶无线专网内部以及与供配电系统的电磁兼容性。

5.8.3 自动驾驶无线专网系统抗扰度不应低于其应用环境的电磁辐射指标。

5.8.4 自动驾驶无线专网系统的主要机房不宜与强骚扰源贴邻布置。

5.8.5 自动驾驶无线专网系统信号线路应与电力线路分开敷设,当受条件限制必须并行靠近敷设时,应采取屏蔽或隔离措施。

5.8.6 自动驾驶无线专网系统设计应确保无线专网系统设备在规定的电磁环境中能够正常工作,且不对其他电子设备产生干扰。

5.9 绿色节能环保

5.9.1 自动驾驶无线专网工程设计应统筹考虑全寿命周期内的节能、节地、节水、节材,并符合《中华人民共和国环境保护法》、《公共建筑节能设计标准》GB 50189等国家现行相关标准和《通信局(站)节能设计规范》YD 5184的相关规定。

5.9.2 自动驾驶无线专网工程设计应根据当地的气候和自然资源条件,充分利用可再生能源。

5.9.3 自动驾驶无线专网系统设计应采用节能技术和设备。

5.9.4 自动驾驶无线专网系统选型时应符合以下绿色节能要求:

1 在满足技术和服务指标的前提下,宜优先选用集成化、低功耗、具有智能节电功能的设备。

2 在满足设备正常运行、维护要求的基础上,优先选用自然散热产品。

5.9.5 自动驾驶无线专网工程设计中需考虑环境保护,应符合《通信工程建设环境保护技术暂行规定》YD 5039中的相关规定。

5.9.6 自动驾驶无线专网系统应优先使用可回收、低毒害、环保型材料。

5.9.7 自动驾驶无线专网系统建设及运行时应避免产生噪声污染,同时环境噪声应符合《声环境质量标准》GB3096的相关规定。

6、施工与安装

6.1 一般规定

6.1.1 施工单位应确定合适的施工流程，施工流程应包括施工顺序、工艺流程、材料工具准备等。

6.1.2 施工单位应严格按照图纸及施工方案进行施工，确保各个施工工序的质量。对于重要的工程节点，做好各专业间的协调和配合。

6.1.3 施工时，应合理评估施工过程中的安全风险，包括施工现场的安全条件、施工设备的安全性能等方面的评估。根据评估结果，设定必要的安全措施和应急预案，以保障施工人员和项目的安全。

6.1.4 施工单位应制定无线专网施工专项应急预案，并定期组织应急演练。

6.2 施工准备

6.2.1 施工准备包括现场勘察、施工组织设计编制、人力资源配置、技术和安全培训、设备和材料的进场验收、机具及仪表配置等。

6.2.2 施工前应提前勘察现场情况、核对施工图纸。

6.2.3 施工组织设计应明确施工内容、范围、计划，制定安全组织措施。

6.2.4 人力资源的配置应符合工程规模、进度安排、专业技术等要求。

6.2.5 施工单位应做好施工人员的技术和安全培训，特殊工种作业人员应持证上岗。

6.2.6 工程采用的设备、材料应进行进场验收，不合格者不得用于工程。进场验收应包括设备、材料的实物检查和资料检查。

6.2.7 施工机具、仪器仪表配置应符合施工内容、工期及质量控制需要，并应状态完好，仪器仪表应处于检定有效期内。

6.3 站址勘测

6.3.1 施工前，应依据获取的设计文件及相关资料，进行详细勘测，包括地下空间及管线分布、地上现状设备设施布设状况等。

6.3.2 详细勘测应包括下列内容:

1 杆体情况勘测包括安装位置、结构布置、检修口、桥架、构造措施检查、变形与损伤、沉降等现象,杆体截面尺寸、材质、检修口、桥架、设备分布、距起止线距离、变形等信息,现状杆体利旧使用情况的承载力和整体稳定性等。

2 电力情况勘测包括电源接引源的容量、电缆型号、空开使用等信息。

3 通信情况勘测包括通信机房位置、可使用通信管道的资源等。

4 箱体情况勘测包括现况信号机箱、通信机箱、电力箱、抱杆箱及现状箱体等信息。

5 地下管线情况勘测包括地下管线的平面位置、高程、埋深、走向(流向)、规格、材质、管线性质、权属单位、埋设方式、保护材料以及管线附属构筑物等信息。

6.3.3 施工前应对无线专网站址进行定测,定测完毕应做好记录,形成相应报告。

6.4 基础设施

6.4.1 基础设施应包括杆体、箱柜和综合管道。

6.4.2 杆体建设应符合《自动驾驶基础设施设置和管理导则》及《多功能综合杆及配套设施建设标准》中的相关要求,并满足下列规定:

1 杆体位置、横臂离地高度、横臂朝向、横臂长度应满足自动驾驶无线专网覆盖要求;

2 杆体附近(10米范围内)不应有茂密的树枝和指示牌遮挡,且不应有电缆等妨碍吊装新建杆体的设施。如条件无法满足时,应结合现场条件进行调整;

3 杆体结构应能承受自动驾驶无线专网设备荷载,并满足相关标准规范要求,利旧改造杆体应由专业检测机构进行承载能力评估;

4 新建杆体应具备容纳独立空开及熔纤盒的空间,并做好引入光、电缆的预留;利旧改造杆体如无容纳空间,应在适当位置安装设备箱;

5 新建杆体结构地基基础建设前宜进行岩土工程勘察;多功能综合杆应根据设计结构图纸进行建设;

6.4.3 箱柜建设应符合《自动驾驶基础设施设置和管理导则》及《多功能综合杆

及配套设施建设标准》中的相关要求，并满足下列规定：

1 箱体包括新建路口箱体、网络机柜安装及抱杆箱安装；

2 新建路口箱体应符合下列规定：

1) 箱体建设位置宜优先选择紧邻现状信号机的位置。

2) 箱体应具备承受各种气候环境的能力，包括雨、雪、冰雹、风、冰、雷电、电磁兼容及太阳辐射等；

3) 箱体整体结构应按多箱合一的原则整合箱体，应具备容纳信号控制、网络传输、自动驾驶等三大类设备的空间，应根据无线专网挂载设备需求，箱体内应分舱设计，强弱电电缆（线）应分开敷设，应预留散热空间，进出线断路器不得占用设备安装空间，并应预留挂载设备扩展配件接口的安装空间及 GPS 天线安装条件；

3 网络机柜安装应符合下列规定：

1) 机柜(架)与基础型钢间应用镀锌螺栓连接，且防松零件应齐全；当设计有防火要求时，机柜进出口应做防火封堵并做好防鼠措施。

2) 机柜安装时应安装牢固，且不应设置在水管、空调出风口的正下方。机柜安装垂直度允许偏差应不大于 1.5‰，相互间接缝应不大于 2mm，成列机柜偏差应不大于 5mm。

3) 金属机柜(架)、基础型钢应保持电气连接，并应可靠接地。

4) 机柜铭牌文字和符号标识应正确、清晰、齐全，机柜内部线缆台账应采用塑封处理放置于机柜内部。

5) 机柜漆面色调应一致，并无脱漆现象，机柜金属底座应经热镀锌等防腐处理。

6) 柜内设备在安装时应留有散热空间，满足散热需求。设计未要求的，设备上下方 2U 空间范围内不宜安装其他设备。

4 抱杆箱安装应符合下列规定：

1) 抱杆箱的箱体防护等级应不低于无线专网设备需求，箱内应包含独立空开、防雷开关、接地端子以及浪涌保护器。

2) 为便于检修及维护，抱杆箱安装一般为背向马路方向，安装高度原则应

不低于 2.5m。

6.4.5 综合管道建设应符合下列规定：

- 1 综合管道应入地敷设，并预留供电与通信网络的冗余需求；
- 2 综合管道应与地下市政通信管线应进行定点勾连；
- 3 综合管道建设时应避让现有地下管线、综合管廊、地铁场站等构筑物，在穿越施工时应做好现有构筑物的保护；
- 4 综合管道建设应避免与燃气管道、高压电力电缆在道路同侧建设，不可避免时，与其最小净距应符合相关产权单位要求。

6.5 设备安装

6.5.1 基站天线、馈线的安装应满足下列要求：

- 1 天线应与地面保持垂直，天线下沿与地面保持水平；
- 2 基站天线随路方向覆盖，天线宜位于覆盖区域的中间位置。
- 3 基站天线与其他设备共横臂安装时，水平间距应不小于 500mm。
- 4 BDS 天线上方垂直方向不应有遮挡物；
- 5 两个或多个 BDS 天线共横臂安装时，水平间距应不小于 200mm。
- 6 天线泄水孔应向下安装；天线与馈线接头应制作滴水弯，并应进行防水密封处理；同一段馈线不应设中间接头。
- 7 馈线走向应简洁美观，便于运行调试、后期维护。
- 8 馈线从横臂内穿线时，应在进口和出口处做回弯处理，回弯半径应满足规范要求。馈线从横臂上沿布线时，绑扎间距应不大于 600mm。

6.5.2 基站设备安装应满足下列要求：

- 1 应确认设备安装的杆体类型，选用正确的基站安装件，将基站安装件固定在基站背面，再固定到竖杆上。新建综合杆上宜通过杆体滑槽和安装配件固定，现况杆宜通过抱箍、长螺丝、金属轧带等配件进行安装固定。
- 2 基站的射频口、BDS 端口、防雷器两端、功分器两端应做三层防水绝缘处理。

6.5.3 设备安装应满足下列要求：

- 1 机柜内设备应留有充足的空间，满足设备通风要求；
- 2 机柜应能承受交换机及安装附件的重量；
- 3 机柜应良好接地；
- 4 机柜内设备安装满足 GB50462-2024《数据中心基础设施施工及验收标准》中相关规定。

6.6 光、电缆敷设

6.6.1 光、电缆敷设时应 A、B 端顺向布放。

6.6.2 光、电缆敷设应符合以下规定：

1 准备

1) 光、电缆运抵施工现场后，应核实光、电缆盘号、端别正确无误、外观状态良好；

2) 敷设人员、安全防护员应到位；

3) 敷设工具、辅助通信联络工具配置应齐全。

2 敷设

1) 光、电缆在敷设安装中，应根据敷设地段的环境条件，在保证光缆不受损伤的原则下，因地制宜地采用人工或机械敷设；

2) 光、电缆敷设后应有清晰永久的标识，便于使用和维护中的识别。

6.6.3 管道光、电缆敷设尚应符合下列规定：

1 管道光、电缆占用的管孔位置可优先选择靠近管群两侧的适当位置。光缆在各相邻管道段所占用的孔位应相对一致，如需改变孔位时，其变动范围不宜过大，并避免由管群的一侧转移到另一侧；

2 在水泥、陶瓷、钢铁或其他类似材质的管道中敷设光缆时，应视情况使用塑料子管以保护光缆；

3 一个管孔内安装的数根子管应一次性穿放，子管在两人(手)孔间的管道段应无接头；

4 管口应进行防水封堵；

5 光、电缆在各类管材中穿放时，光缆的外径宜不大于管孔内径的 90%。光

缆敷设安装后，管口应封堵严密；

6 光、电缆在人手孔支架上的排列顺序应与管孔运用相适应，在人手孔内应避免光缆相互交越、交叉，不应阻碍空闲管孔的使用；

7 光缆在公路、铁路、桥上、与其他大孔径管道同沟建设等比较特殊的管道中敷设时，应充分考虑到诸如路面沉降、冲击、振动、剧烈温度变化导致结构变形等因素对光缆线路的影响，并采取相应的防护措施。

6.6.4 光缆余留长度应符合下列规定：

- 1 光缆做接头后余留 2m ~ 3m，光缆接头盒内光纤余留 1.2 m ~ 1.6m；
- 2 光缆引入机房时，在房屋前人孔内或电缆引入室内两方向各余留 5m；
- 3 光缆通过桥梁、隧道时，两端各余留 3m ~ 5m；通过长度为 500m 及以上长隧道时，应在避车洞内作适当余留。

6.6.5 电缆余留长度应符合下列规定：

- 1 电缆做接头后余留 1m ~ 2m；
- 2 电缆引入机房时，在房屋前人孔内或电缆引入室内两方向各余留 3m；
- 3 电缆通过桥梁余留长度
 - 1) 通过长度为 100m 以下桥梁时，两侧各余留 1m ~ 2m；
 - 2) 通过长度为 100m 及以上桥梁和 250m ~ 500m 隧道时，两端各余留 2m ~ 3m；
 - 3) 通过带伸缩缝的钢结构桥梁时，每个伸缩缝处光、电缆余留长度应大于 0.5m；
- 4 电缆通过长度为 500m 以上隧道时，应在避车洞内作适当余留。

6.6.6 光、电缆接头余留方式应符合下列规定：

- 1 在手孔内接续时，光、电缆应根据手孔大小，做圈形余留或“Ω”余留，并绑扎固定；
- 2 在槽道内接续时，光缆宜作“∩”余留；
- 3 管道人井内接续光、电缆时，在接头盒的两侧作直径大于 50cm 的圈形余留，并固定于人井壁；
- 4 直埋光、电缆接续以“Ω”方式余留；

5 架空光、电缆接头处两侧应做伸缩弯；

6.6.7 光、电缆从桥上引出，或穿越轨道、公路时，应按设计文件要求的方式进行防护。

6.6.8 光、电缆按不同径路引入室内时，其间距室外部分宜大于 3m、室内引入口宜大于 2m。

6.6.9 光、电缆引入室内时应进行防火防鼠封堵。

6.6.10 光、电缆、附件及附属设备均应符合产品技术文件的要求，并应有产品标识及合格证件。

6.7 防雷与接地

6.7.1 防雷及接地安装前，应确认符合下列规定：

1 防雷及接地采用的器材应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2019 标准的规定。

2 机房已经采取防雷接地措施，接地电阻值应符合设计文件要求及《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2019 标准的规定。

3 有屏蔽要求的机房，应符合有关《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2019 的规定。

6.7.2 接地装置应按下列规定安装

1 接地装置的安装位置、方式及连接径路等应符合设计文件要求。

2 水平接地体与建筑物外墙的间距应大于 1m，埋深应大于 0.7m，在寒冷地区，接地体应埋设在冻土层以下。

3 水平接地体应挖沟埋设；垂直接地体宜直接打入地沟内，其间距不宜小于其长度的 2 倍并均匀布置。垂直接地体坑内、水平接地体沟内宜用低电阻率土壤回填并分层夯实。

4 接地体的材料应符合设计文件要求。

5 接地电阻难以达到要求时，可因地制宜采取下列降阻措施：

1) 埋深接地体；

2) 设置外延接地体；

- 3) 将接地体周围高电阻率土壤更换为低电阻率土壤;
- 4) 在接地体周围添加的降阻剂应符合环保要求;
- 5) 在接地体周围填入木炭、焦炭、矿渣等低电阻率物质;
- 6) 采用其他新技术、新材料。

6 避雷带引下线与水平接地体的连接点处应设垂直接地体,垂直接地体必须与水平接地体可靠焊接。接地装置连接应可靠,连接处不应松动、脱焊、接触不良。

7 钢质接地体应采用焊接连接。圆钢与圆钢、圆钢与扁钢(角钢)的焊接长度必须大于圆钢直径的6倍;扁钢、角钢必须三面焊接,焊接长度必须大于宽边的2倍。焊点平滑无毛刺,并做防腐处理,防腐层应在焊点四周延伸20mm~25mm,埋入地下的焊点防腐层必须大于5mm以上;单面焊接的长度不小于100mm,双面焊接的长度不小于55mm,焊缝厚度不小于4mm;构筑物内兼作接地或连接功能的结构钢筋及专用接地钢筋应涂刷有色漆进行标识。

8 铜质接地体或铜质接地体与钢制接地体之间连接应采用放热焊接(又称放热熔接),熔接接头应将被连接的导体完全包在接头里,要保证连接部位的金属完全熔化,并应连接牢固,连接部位应做防腐处理。

9 接地体难以避开污水排放和土壤腐蚀性强的地点时,垂直接地体应采用石墨接地体,水平接地体应选用耐腐蚀性材料;采用热镀锌扁钢时,镀层不宜小于60 μ m。

10 在接地装置拐角及尽头处的地面上应设置永久性走向标志。

6.7.3 挂载无线专网设备的设施接地施工应满足《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规程》GB50169的相关规定,接地方式和接地装置的规格、数量、材料、敷设应符合设计要求。

6.8 机房要求

6.8.1 租用机房应满足下列要求:

1 机房环境要求符合 YD/T 1821-2008《通信中心机房环境条件要求》的有关规定;

2 空调排水应畅通，若空调器采用下送风、上回风其活动地板下面离地应有足够的空间，在活动地板下面布放电缆时，应防止堵塞空调的送风通道和不影响其他探测设备；

3 通信机房的门窗应严密，墙壁、地板、顶棚等凡与室内空气接触的表面应做到不起尘。

6.8.2 新建机房应符合 GB50462-2024《数据中心基础设施施工及验收标准》的有关规定。

7、调试、测试与验收

7.1 一般规定

- 7.1.1 自动驾驶无线专网调试、测试应在基站设备上线且无严重告警后进行。
- 7.1.2 自动驾驶无线专网各项性能指标应符合自动驾驶业务场景需求。
- 7.1.3 自动驾驶无线专网调试、测试与验收应依据自动驾驶无线专网的具体设计要求，制定详细且合理的实施方案，并严格遵循相关操作规程。

7.2 网络及无线参数配置

7.2.1 自动驾驶无线专网调试、测试与验收前应完成网络参数配置。网络参数配置应包括以下相关内容：

- 1 根据自动驾驶无线专网系统架构和组网方式，应完成所有路侧基站、交换单元及数据中心机房设备的 IP 地址和 VLAN 规划，并为所有终端设备预留足够容量的 IP 地址池；

- 2 自动驾驶无线专网网管系统应录入包括所有路侧基站、交换单元及数据中心机房设备的设备信息，应具备无线专网设备的统一监控与远程管理功能。

7.2.2 自动驾驶无线专网调试、测试与验收前应完成设备无线参数配置。设备无线配置应包括以下相关内容：

- 1 完成所有路侧基站设备的无线参数配置，包括基站频点、发射功率以及切换门限等相关参数；

- 2 根据自动驾驶无线专网基站部署情况，配置所有路侧基站邻站信息。

7.3 设备调试

7.3.1 自动驾驶无线专网设备调试应包含单基站有线链路调试、单基站 BDS 信号接收功能调试、单基站覆盖能力调试、单基站时延与丢包率调试、单基站系统带宽调试、交换单元链路调试和中心服务器设备状态调试。

7.3.2 单基站有线链路调试应包含以下内容：

- 1 检查基站挂载及电源接入状态正常；

- 2 测试计算机通过有线连接成功访问基站的 IP 地址。

7.3.3 单基站 BDS 信号接收功能调试应包含以下内容：

- 1 检查基站与 BDS 天线的连接状态良好，且 BDS 天线安装质量应符合设计规范；
- 2 测试计算机通过有线连接至基站，并通过命令查询确认基站 BDS 信号接收卫星数量不少于三颗。

7.3.4 单基站覆盖能力调试应包含以下内容：

- 1 确认基站的工作状态正常，检测基站与射频天线的连接状况是否良好，检查天线的安装方位角和俯仰角是否符合设计要求；
- 2 单基站覆盖能力的抽测比例应不小于基站总数量的 10%；
- 3 车载测试终端入网成功后，测试车辆应按照道路规定的限速要求，以正常行驶速度沿指定测试路线进行行驶，并同时记录终端 RSSI 和测试距离数据；
- 4 当基站覆盖距离为 500 米时，车载测试终端的 RSSI 应不小于-90dBm。

7.3.5 单基站系统时延与丢包率调试应包含以下内容：

- 1 进行单基站系统传输时延和丢包率的调试时，应使用网络连通性测试工具进行测试和分析；
- 2 车载测试终端应在基站附近的无干扰环境中进行静态测试，记录并统计单基站系统的时延和丢包率数据；
- 3 单基站系统时延与丢包率的抽测比例应不小于基站总数量的 10%；
- 4 在空口静态条件下，当单基站系统的单向平均时延不超过 10ms 且丢包率低于 0.01%时，调试结果合格。

7.3.6 单基站系统带宽调试应包含以下内容：

- 1 进行单基站系统带宽调试时，应使用网络性能测试工具进行测试；
- 2 车载测试终端应在基站附近的无干扰环境中进行静态测试，记录并统计吞吐量；
- 3 单基站系统带宽的抽测比例应不小于基站总数量的 10%；
- 4 在空口静态条件下，当单基站系统的空口峰值吞吐量（上下行吞吐总和）不小于 200Mbps 时，调试结果视为合格。

7.3.7 交换单元包括实时中心交换单元和路侧交换单元, 其链路调试过程应包括以下内容:

- 1 交换单元间对应的端口指示灯正常亮起;
- 2 通过调试线将交换单元与测试计算机连接, 利用终端仿真软件访问交换单元, 并执行相应命令确认目标设备状态正常;
- 3 交换单元应具备有效读取对应端口收发光值的能力, 设备收发光值应符合其正常运行要求。

7.3.8 中心服务器设备状态调试应包括以下内容:

- 1 在自动驾驶无线专网网管系统中查看所有中心服务器的硬件配置及规格信息;
- 2 在网络管理显示页面中实时监控当前中心服务器运行状态。

7.4 系统功能调试

7.4.1 自动驾驶无线专网系统功能调试应包含系统业务优先级功能调试、网管系统功能调试、系统设备故障诊断功能调试、系统主干网络环网保护功能调试和终端鉴权功能调试。

7.4.2 系统业务优先级功能调试应包括以下内容:

- 1 根据要求配置车载测试终端, 并完成设备入网;
- 2 根据业务特征构建各类模拟测试, 通过设置业务上行和下行流量配比、数据包的发包频率和大小等方式, 实现各类业务的有效模拟, 并对高优先级业务和低优先级业务的运行状况分别进行统计;
- 3 在多优先级业务并行测试的情况下, 低优先级业务的单向平均时延应不大于 20ms, 高优先级业务的单向平均时延应不大于 10ms。

7.4.3 网管系统功能调试应包含以下内容:

- 1 验证网管系统设备状态监控功能。在网管系统概览页面中应能正确显示各类设备当前工作状态和信息展示。
- 2 验证网管系统设备升级管理功能。在网管系统发起设备升级, 确认设备能够成功下载升级包并完成升级。

3 验证网管系统设备维护管理功能。在网管系统配置页面中，应能够查看所有路侧设备的位置、状态及软件版本等基本信息，并能完成添加、修改和删除某一个物理设备的配置。

4 验证网管系统设备数据管理功能。在网管系统数据管理页面中，应能够备份和下载设备配置信息和日志数据，通过对某一个物理设备进行数据的备份和下载操作，验证网管系统设备数据管理功能。

5 验证网管系统角色和用户管理功能。使用管理员账户登录至自动驾驶无线专网网管系统，通过网管系统和管理员的权限，完成创建或删除不同权限用户角色以及指定和修改不同角色的操作权限与对象。

7.4.4 系统设备故障诊断功能调试应包含以下步骤：

- 1 主动构造告警，同时在网管系统上监报告警信息；
- 2 根据告警信息准确定位相关设备，确保定位结果与实际告警情况相符；
- 3 在网管系统上能查看分级显示的不同告警信息。

7.4.5 系统主干网络环网保护功能调试应包含以下内容：

1 对交换单元进行物理操作或远程配置，在断开单端的主干网链路（上联或下联交换单元）时，系统应保持无设备离线，并确认网管系统中已经生成相关端口关闭的告警信息；

2 对交换单元进行物理操作或远程配置，断开双端的主干网链路（上联和下联交换单元），相关的交换单元及基站设备应处于离线状态，网管系统应生成离线设备告警信息。

7.4.6 终端鉴权功能调试应包含以下内容：

1 合法终端通电入网后，使用网络性能测试工具与数据中心发起打流测试，能够正常进行业务数据通信；

2 非法终端通电入网后，使用网络性能测试工具与数据中心进行打流测试，无法实现业务数据通信。

7.5 系统性能测试

7.5.1 系统性能测试的主要任务是评估无线系统的综合覆盖能力、无线链路时延

与丢包率、切换成功率和系统带宽等关键指标。

7.5.2 测试区域与路线选择应符合以下要求：

- 1 开放道路场景下，系统性能测试应在整个自动驾驶无线专网规划区域内开展；
- 2 测试路线应遍历测试区域内的主干道、次主干道、支路等道路，测试道路渗透率不低于 95%；

7.5.3 终端与车速应符合以下要求：

- 1 车载测试终端天线应安装在车顶，测试终端及测试终端电脑应至少支持测量、显示与记录 RSSI、信噪比、吞吐速率等数据；
- 2 在进行车辆动态测试时，测试车应视实际道路限速和交通状况，按车流的正常行驶速度或者结合自动驾驶业务需求中的行驶速度行驶，并记录平均行驶速度。

7.5.4 覆盖性能测试包含以下要求：

- 1 规划并执行合适的测试路线进行车辆动态测试，测试路线上的无线专网信号应连续覆盖；
- 2 系统覆盖性能测试宜采用抽样方式进行，测试所涉及的路段需保证为无线专网信号连续覆盖路段，涉及的基站数量应不小于基站总数量的 10%；
- 3 在车载测试终端成功入网后，车辆应以正常速度沿指定测试路线行驶，通过车载测试终端在固定路线上跑动后，解析车载终端日志；
- 4 通过对日志的分析，当车载测试终端边缘场强 RSSI 在-90dBm 以上的概率达到 95%以上时符合系统设计要求。

7.5.5 无线链路时延与丢包率测试包含以下要求：

- 1 规划并执行合适的测试路线进行车辆动态测试，测试路线上的自动驾驶无线专网信号应连续覆盖；
- 2 系统无线链路时延与丢包率测试宜采用抽样方式进行，测试所涉及的基站数量应不小于基站总数量的 10%；
- 3 车载测试终端通过有线方式连接至车端测试计算机，在车载终端入网成功后应使用网络连通性测试工具与数据中心之间进行无线链路时延和丢包率测试；

4 根据不同业务优先级的特征，模拟高优先级和低优先级业务进行测试。高优先级业务信息的单向端到端平均时延应不超过 10ms，低优先级业务信息的单向平均时延应不超过 20ms，同时丢包率都应控制在 0.05%以下。

7.5.6 切换测试包含以下要求：

1 规划并选择连续覆盖路段作为测试路线，测试终端在动态环境下的基站切换能力；

2 切换测试宜采用抽样方式进行，测试所涉及的基站数量应不小于基站总数的 10%；

3 在车载终端成功入网后，车辆应以正常速度沿指定测试道路行驶，通过车载终端在固定路线上行进后，解析车载终端日志后分析切换功能；

4 通过对日志的分析，当切换成功率 $\geq 99.99\%$ 时，符合系统设计要求。

7.5.7 系统带宽性能测试包含以下要求：

1 规划并选择连续覆盖路段作为测试路线，测试终端在动态环境下的无线专网系统带宽能力；

2 系统带宽测试宜采用抽样方式进行，测试所涉及的基站数量应不小于基站总数的 10%；

3 在车载终端入网成功后使用网络性能测试工具与数据中心机房之间进行吞吐打流测试，并统计动态峰值吞吐率和平均吞吐率；

4 通过分析日志数据，当动态上下行平均吞吐之和 $\geq 60\text{Mbps}$ 时，符合系统设计要求。

7.6 工程验收

7.6.1 工程质量验收应符合下列规定：

1 施工应符合设计文件及相关规范的要求；

2 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；

3 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工；

4 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收，涵盖的内容如表 7.6.1 所列；

表 7.6.1 自动驾驶无线专网检验分项表

序号	主控项目	一般项目
1	设备配线用电缆和电线的型号、规格应符合设计要求。	机箱内设备布放整齐、美观；表面平整，柜内无杂物。
2	配线电缆、电线不得破损、受潮、扭曲、折皱。	设备安装方式满足设计和规范要求，设备安装牢固，排列整齐，漆饰完好，铭牌、标记清楚正确，并符合设计要求。设备表面无明显损伤、印痕、漆饰完好。
3	天线方位角偏差应符合设计规范要求。	馈线接头防水工艺应符合设计规范要求。确保接头部位密封无间隙、无金属暴露，满足防雨水渗透、抗环境老化及机械应力防护要求。
4	光纤链路损耗值应不大于设备标称的接收灵敏度允许的最大损耗值，且符合设计文件要求。	配线标识齐全、清晰、不易脱落。配线端子上的配线紧固，无松动，接头点圆润、美观。
5	确保网络配置正确，设备全部上线，无严重告警，服务运行稳定。	配线电缆和电线的芯线应无错线或断线、混线、中间不得有接头。
6	基站无线性能应通过射频指标测试及功能性验证，确保无线信号覆盖范围及质量满足设计规格要求。	

5 对涉及安全和使用功能的分项工程应进行抽样检测。

7.6.2 工程质量验收单元的划分

1 自动驾驶无线专网工程应为一个独立的单位工程；

2 自动驾驶无线专网工程的分部工程、分项工程、检验批划分应符合下表 7.6.2 的规定。

表 7.6.2 自动驾驶无线专网工程分项检验表

分部	分项	检验批	检验标准
自动驾驶无线专网系统	天线、馈线安装	路口	天线位置牢固，角度、符合设计，外观无损伤，接收性能达标； 馈线布放整齐，加固合规，弯曲连接合理，接头防水满足设计规范。
	无线通信设备安装和配线	路口、机房	无线通信设备安装稳固、位置合规，配线连接牢固、走向整齐、无损伤且接地

			良好。
	无线通信系统性能检测	机房、路口	无线通信系统在无线链路时延、丢包和吞吐性能等方面应符合设计规范要求，同时应验证覆盖范围，确保切换性能符合系统设计规范要求。
	无线通信系统功能检测	机房、路口	无线业务优先级、交换机环网保护等功能应符合系统设计规范要求。
	无线通信系统网管检测	机房	全网设备状态检查、设备故障诊断、终端鉴权、数据管理等功能均应符合系统设计规范要求。

7.6.3 工程质量验收程序

1 阶段性验收

- 1) 局部工程已按照设计文件和合同要求完成；
- 2) 施工、监理、设计、建设单位现场人员已对局部工程的技术参数、测试数据、现场试验、施工现场等情况确认合格。

2 预验收

- 1) 工程按照设计和合同约定的要求完工；
- 2) 施工单位已按照有关规范、标准对工程质量和系统功能进行自检，确认工程质量符合有关法律、法规和工程建设强制性标准，符合设计文件及合同要求；
- 3) 施工单位按照有关规定和标准，归集完备各类工程技术文件。

3 竣工验收

- 1) 工程预验收提出的问题已整改完成；
- 2) 工程已按设计和合同约定的各项要求全部完工；
- 3) 施工单位已提交工程竣工报告书；
- 4) 监理单位已提交工程质量评估报告书；
- 5) 设计单位已提交工程质量检查报告书；
- 6) 技术和施工管理档案(包括工程施工、安装过程中分部、分项工程的验收资料，工程使用的主要设备的出厂合格证和设备、配件的进场试验报告、系统调试和测试报告等)完整；

7) 施工单位已签署工程质量保修书。

8 运行与维护

8.1 一般规定

8.1.1 自动驾驶无线专网的运行与维护应坚持运维体系整体化、维护操作集中化、维护流程和标准统一化的原则，加强全程全网的运行维护管理，提升快速响应能力和维护效率，保证维护质量。

8.1.2 自动驾驶无线专网的运行与维护应坚持维护流程、维护指标和服务标准统一，建立健全并落实运行维护规范，保障网络运行质量和客户服务水平。

8.1.3 自动驾驶无线专网的运行与维护应建立基站环境监测机制，定期检查电磁辐射、噪音等指标。

8.1.4 自动驾驶无线专网的运行与维护应定期组织频谱监测和干扰检测，及时调整频谱资源的分配和使用，保障系统的正常运行和通信质量。

8.2 维护内容

8.2.1 自动驾驶无线专网网络维护的内容应包括网络运行指挥调度、设备维护、网络故障处理、业务开通和产品支撑响应、网络运营数据汇总和分析、网络测试评估等。

8.2.2 自动驾驶无线专网网络维护应包括以下任务：

- 1 网络运行指挥调度：建立网络监控机制，通过集中化、智能化的方式对网络资源、运行状态及突发事件进行实时监控、协调和决策，确保网络高效、稳定运行，并满足自动驾驶业务的业务需求。
- 2 设备维护：实施预防性巡检维护，消除网络设备故障和信息安全隐患。
- 3 网络故障处理：实现故障的快速定位、修复，最小化故障对自动驾驶业务的影响。
- 4 业务开通和产品支撑响应：为自动驾驶车辆提供网络接入服务，提供接入终端定制化服务，并能根据需求开通特定功能模块。

5 网络运营数据汇总和分析: 对自动驾驶无线专网运行过程中产生的海量数据进行采集、整合、处理与深度挖掘, 以发现网络运行规律、优化资源配置、预测潜在风险, 并为决策提供数据支撑。

6 网络测试评估: 通过系统化、标准化的测试方法, 对网络的性能、可靠性、安全性及业务适配性进行全面验证, 确保其满足自动驾驶的业务要求, 并以测试结果指导网络优化。

8.3 质量管理

8.3.1 在自动驾驶无线专网运行维护工作中应开展全面的质量管理。

8.3.2 应定期对设备运行质量、网络性能、端到端业务质量、网络故障及投诉、业务平台质量等运行质量进行综合分析, 排除隐患, 优化业务流程。

8.4 网络安全管理

8.4.1 网络安全管理应以“同步规划、同步建设、同步使用”为原则, 开展安全规划、设备入网安全、风险评估、防护加固、审计检查等工作。

8.4.2 自动驾驶无线专网的安全管理应严格落实国家网络安全等级保护制度安全保护相关要求, 制定网络安全管理制度和操作规程, 采取防病毒、防攻击、防入侵等技术措施, 开展监测预警、威胁治理与应急处置、制定应急预案、开展应急演练, 保障网络、系统和业务的免受干扰、破坏和未经授权的访问。

8.4.3 自动驾驶无线专网应按照要求开展集中化的网络安全运营, 支撑网络安全管理工作, 包括网络安全资产管理, 网络安全态势监控感知、安全风险检测防护、安全事件应急处置、安全预警、账号权限管理、日志审计和安全技术支撑手段的维护运营等。

8.4.4 应在统一规划下, 构建全网一体化的网络安全运营体系。

8.4.5 网络安全管理应符合下列规定:

- 1** 应制定相应的体系保证网络安全;
- 2** 应确保维护工作、设备运行、系统数据的安全;

3 应定期对远程维护设备、端口进行检查。

8.4.6 网络运行维护期的安全可以通过操作控制、运行控制、操作设备控制三种控制方法保证。

8.5 日常维护作业管理

8.5.1 日常维护作业管理应制定维护作业计划，维护作业计划应包括网络/系统维护和业务维护两部分。

8.5.2 日常维护作业管理应安排必需的运行维护人员和配备足够的维护工具及仪表。

8.5.3 日常维护作业管理应由专人负责定期检查维护作业计划的执行情况，定期进行分析、总结和评比。

8.5.4 自动驾驶无线专网的监控管理应符合以下规定：

- 1 应按集中监控要求，合理设置值班岗位；
- 2 应确保网络监控管理岗通信畅通；
- 3 应建立信息通报机制，在发生网络故障、安全事件、群体投诉和重大事件时，按流程向相关部门、涉及服务单位机进行通报，同时跟踪报告相关事件的进展；
- 4 应对现网设备的告警进行监控，相关告警要符合告警标准化要求；
- 5 应合理设置告警派单规则。严禁屏蔽网络设备、网管系统业务平台的告警、性能指标等用于网络监控的信息；
- 6 在发生网络调整时，应依据调整方案对告警准确设置相应标识。

8.5.5 网络运行的分析管理应符合以下规定：

- 1 应根据要求设置统计分析人员，组织开展统计工作；
- 2 网络运行分析管理的统计范围应该包括能力指标、运行质量指标、服务质量指标等；
- 3 严禁以任何理由更改原始数据、统计结果；
- 4 统计报表和分析报告应按时传报，作到准时、准确；

- 5 应根据实际情况增加统计分析内容;
- 6 应定期进行统计行为的规范, 统计方法的核定工作;
- 7 应建立例会分析制度, 根据统计分析结果制定对策, 改善网络质量, 统计分析中发现的重大问题应限时解决;
- 8 统计报表和统计分析的汇总、传送、保存应电子化, 原始数据应保存不少于 1 年, 统计报表和分析结果应保存不少于 5 年。

8.6 故障管理

8.6.1 自动驾驶无线专网的故障管理应制定不同级别故障的处理流程及应急措施, 维护人员应熟悉操作处理方法, 并严格按照流程执行。

8.6.2 自动驾驶无线专网故障处理的时效性应满足以下要求:

- 1 紧急故障 (A 类) 要求 $T+2$ 小时处理时限 (T 为日常维护正常行驶时间) 内赶赴现场, 并在到站后 2 小时内修复;
- 2 重要故障 (B 类) 要求 $T+4$ (T 为日常维护正常行驶时间) 小时内赶赴现场, 并在到站后 4 小时内修复;
- 3 一般故障 (C 类) 要求: $T+12$ 小时内赶赴现场, 并在到站后 12 小时内修复。

8.6.3 自动驾驶无线专网故障处理应满足以下原则:

- 1 应以“优先抢通业务”为第一原则, 先抢通业务后抢修故障;
- 2 应不影响正在使用的用户或任意扩大影响范围;
- 3 应建立业务故障通报制度;
- 4 在同时发生多起故障且难以并行处理的情况下, 应先处理级别高的故障后处理级别低的故障; 先处理相对重要设备的故障后处理相对非重要设备的故障;
- 5 应及时分析故障对网络和业务的影响情况, 根据不同的影响程度, 启动不同的故障处理流程;
- 6 应全程跟踪处理过程, 并实时通报处理进度;
- 7 应填写故障记录, 并及时通知故障申告部门和相关部门;

- 8 当发生紧急故障时，严禁存在隐瞒及故障情况不实的问题；
 - 9 故障处理完毕后，应及时编制书面报告，内容包括故障的现象、原因、影响范围、处理过程、经验教训、经济损失等；
 - 10 应积极整理、编制并提交维护经验案例，形成维护经验共享机制。
- 8.6.4** 自动驾驶无线专网的故障分析应针对无线专网出现的各类故障，做好详细的记录，并定期对专网故障现象和处理情况进行汇总统计分析。
- 8.6.5** 自动驾驶无线专网设备故障记录内容应包括故障现象、故障类型、故障起始时间、故障修复时间、故障历时、故障原因分析、故障处理情况及责任分析、故障处理人等。
- 8.6.6** 汇总统计时应根据故障类型，按季度对各类问题进行汇总。
- 8.6.7** 针对自动驾驶无线专网运行过程中出现的故障，应对故障进行责任界定。

8.7 备品备件及仪器仪表管理

- 8.7.1** 备品备件的管理应根据实际情况设立备品备件库，按系统设备的配置规模、数量和故障发生的频次以及对系统影响大小，并结合维护生产过程中周期性、阶段性、季节性等因素对备品备件及物料使用量的影响来合理确定备品备件、物料的数量。
- 8.7.2** 备品备件及其他物料的入库，应登记造册，由专人负责保管，建立合理的领用制度。
- 8.7.3** 备品备件应放置在温、湿度适宜的地方，应按照同类设备检测周期定期检查。
- 8.7.4** 应定期组织对备品备件、物料盘点，废旧备品备件及物料及时进行退库及报废操作处理，剩余的物料需及时回收和再利用。
- 8.7.5** 备品备件及物料的管理应按照统一领导的原则，统一建立物料、终端管理支撑手段，实现终端全流程闭环及基于每单必录的物料使用量的管理机制，有效支撑业务生产活动。
- 8.7.6** 应按照仪器仪表配置原则要求配备仪器仪表。

8.7.7 仪表实物的管理应符合以下要求：

- 1 应由专人负责仪表的管理、日常检修和说明书图纸资料等的保管工作；
- 2 应建立仪器仪表履历卡，保证完整良好的状态；
- 3 应存放在仪表柜或仪表箱内，由专人定期清洁维护，防尘防潮；
- 4 使用仪表，应有借、还记录；
- 4 应遵照说明书和有关操作规程，正确使用仪器仪表；
- 5 发生故障后应及时送修；
- 6 仪器仪表的使用情况和质量情况应进行日常分析和跟踪管理；
- 7 当仪器仪表因无法修理、技术落后无法升级等原因导致不能正常使用时，

应做好相关登记汇总后报废。

8.7.8 工具实物的管理应符合以下要求：

- 1 应建立工具登记卡制度；
- 2 严禁擅自改变工具结构和性能；
- 3 应指定专人维护和保管；
- 4 特殊工具应专柜存放，并应按规定进行绝缘和电气标准检验。

8.8 文档资料管理

8.8.1 文档资料管理的对象为各种文件报告，包括工单、请示报告、分析报告、优化报告、故障报告、工作计划、工作汇报，宜通过电子化公文流转方式对信息进行管理。

8.8.2 文档资料应指定专人分类妥善保管，严禁任意涂改和复印，未经批准严禁外借他人。

8.8.3 热敏纸传真类文件应以复印件的形式保存，纸质文档应装订成册后归档。

8.8.4 文档资料应放在专用柜内，按顺序排列编号，由专人管理。

8.8.5 文件的签批和转发必须有相关负责人的签发，文件的操作执行必须有执行人本人签名或电子签名。

8.8.6 文件保存期应按相关规定执行，过期文件应在专人监管下统一销毁。

8.8.7 应设置专人为文档资料管理的第一责任人, 建立文档化的资料管理责任矩阵, 明确资料管理各环节的内容与责任。

8.8.8 电子资料应从采集、存储、传输、使用、共享和销毁等多个环节进行管理, 保证所管理电子资料全生命周期的完整性和可用性。

8.8.9 非电子类资料应从形成、保管、使用和销毁等多个环节进行管理, 保证资料收集齐全、完整, 定期对非电子类资料进行检查。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 51419-2020 无线局域网工程设计标准

GB/T 9410-2008 移动通信天线通用技术规范

GB/T 51369-2019 通信设备安装工程抗震设计标准

GB 8702-2014 电磁环境控制限值

YD/T 5213-2015 数字蜂窝移动通信网 TD-LTE 无线网工程设计暂行规定

YD 5003-2014 通信建筑工程设计规范

YD/T 5245-2019 数字蜂窝移动通信网 LTE 微基站工程技术规范

YD/T 1365-2006 2GHz TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信网 无线接入网络设备技术要求

YD 5039-2009 通信工程建设环境保护技术暂行规定

T/SHV2X 2-2023 支持高级别自动驾驶的 5G 网络性能要求

T/WAPIA 047.1-2022 无线局域网系统规范 第 1 部分：工程设计

中国工程建设标准化协会标准

自动驾驶无线专网技术规程

T/CECS XXX—202X

条文说明

制定说明

本规程制定过程中，编制组进行了自动驾驶无线专网的调查研究，总结了相关设计、施工与安装、调试、测试与验收、运行与维护领域的实践经验；此外，本规程还广泛征求了科研院所、设计企业、生产企业、运营企业等不同单位的意见，在充分吸收和采纳各方意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最终修订编制完成本规程。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《自动驾驶无线专网技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条款说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	45
2	术 语	46
3	基本规定	47
4	系统架构	49
5	工程设计	50
5.1	一般规定	50
5.2	业务需求	50
5.3	无线覆盖	51
5.4	站点选址	51
5.5	频率配置与干扰管理	52
5.6	天馈系统	52
5.7	时钟同步	53
5.9	绿色节能与环保	54
6	施工与安装	55
6.1	一般规定	55
6.4	基础设施	55
6.5	设备安装	55
7	调试、测试与验收	56
7.1	一般规定	56
7.2	网络及无线参数配置	56
7.3	设备调试	57
7.4	系统功能调试	58
7.5	系统性能测试	58
8	运营与维护	59
8.1	一般规定	59
8.3	质量管理	59
8.4	网络安全管理	59
8.7	备品备件及仪器仪表管理	60
8.8	文档资料管理	60

1 总 则

1.0.1 本条明确了制定本规程的目的和意义。随着自动驾驶技术的快速发展，无线专网作为其关键通信基础设施，其工程建设的规范性和技术标准的统一性至关重要。本规程旨在为自动驾驶无线专网的全生命周期（包括工程设计、施工与安装、调试测试与验收、运行与维护等环节）提供统一的技术要求和标准，确保工程质量和系统可靠性，从而支撑自动驾驶技术的安全高效应用。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。本规程适用于城市道路交通自动驾驶无线专网，旨在为该特定场景下的工程设计、施工与安装、调试、测试与验收、运行与维护等全流程提供参考依据。在工程设计方面，可指导设计人员根据城市道路的交通特点，合理规划基站布局、频段分配等；施工与安装环节，能规范施工单位按照标准流程进行设备安装、线路铺设；调试、测试与验收阶段，为检验网络功能、性能提供明确标准；运行与维护过程中，帮助运营单位建立科学的维护管理体系。本规程主要适用于城市道路场景，对于高速公路、园区等其他场景的自动驾驶无线专网工程建设，可参考本规程核心原则，并结合实际情况进行适应性调整。

1.0.3 本规程的编制与现有国标体系相协调。自动驾驶无线专网涉及通信、网络安全、机房等多个领域，因此在除执行本标准外，还应执行与设计内容相关的安全、环保、节能等方面的国家现行有关规范、标准等条文。

2 术语

2.1.1 自动驾驶无线专网是指基于专用频段及定制化无线通信技术, 为自动驾驶车辆、路侧设备及云端平台提供高可靠性、低时延、大带宽的数据传输服务的专用无线通信网络。结合北京在高级别自动驾驶示范区建设经验, 对自动驾驶无线专网进行了定义。

3 基本规定

3.0.2 自动驾驶无线专网与市政规划、轨道交通规划等协同规划能实现资源共享与技术融合，提升整体效率。此外，与 5G、Wi-Fi 等其他制式通信网络协同规划，能避免频段干扰，实现优势互补。

3.0.3 自动驾驶技术处于快速发展阶段，业务需求不断演变。明确近、远期规划目标，有助于分阶段、有序推进无线专网建设。近期目标需优先满足当前自动驾驶试点应用的网络覆盖、通信质量和用户容量需求，如在特定示范区实现稳定的车路协同通信；远期目标则需考虑技术升级和业务扩展，如支持更高级别的自动驾驶功能、接入更多智能交通设备。预留弹性扩容升级能力，是应对未来业务增长和技术变革的关键。例如，随着自动驾驶车辆数量增加和数据传输需求提升，网络需具备灵活扩展带宽、增加基站容量的能力，避免因前期规划不足导致网络性能瓶颈，确保无线专网在较长时期内保持技术先进性和服务能力。

3.0.4 自动驾驶无线专网在工程设计阶段必须符合国家和地方无线电管理机构颁布的频率使用规定，确保网络部署的合法性和频谱资源的高效利用，避免与其他无线通信系统（如公众移动通信、航空导航、应急通信等）产生干扰。专网应优先采用国家无线电管理机构（如工信部）批准的专用频段，避免与现有无线系统（如卫星通信、雷达、Wi-Fi 等）产生同频或邻频干扰。在工程设计阶段，应联合无线电管理机构进行频谱占用情况监测和干扰分析。

3.0.5 自动驾驶无线专网系统在数据中心部署核心设备时，要求采用冗余方案。其中，核心交换机、高速交换机、路由器、服务器和防火墙等设备在组网时，必须采取冗余措施。通过对核心设备部署冗余方案，可有效提升系统的可靠性与稳定性。当某一设备出现故障时，冗余设备能立即接管其工作，避免因单点故障导致网络中断或服务瘫痪，确保自动驾驶无线专网系统持续、稳定运行，为自动驾驶业务的安全性和连续性提供坚实保障。

3.0.6 本条规定自动驾驶无线专网工程建设需在规划设计阶段即统筹考虑运营维护和管理需求，确保专用无线网络建成后具备高可靠性、可用性和可维护性。具体要求包括：网络覆盖范围、设备设施安装位置。

3.0.8 城市管理类系统涵盖交通监控、应急指挥、城市规划等多个领域，自动驾驶无线专网具备与这些系统对接的能力，可实现数据共享和业务协同。例如，与交通监控系统对接，能实时获取道路交通流量、信号灯状态等信息，为自动驾驶车辆提供更精准的路况预测和路径规划；与应急指挥系统联动，在发生交通事故或突发事件时，自动驾驶车辆可快速响应指令，进行避让或救援操作，提升城市应急处理能力。此外，与城市规划系统结合，可根据城市发展趋势优化无线专网布局，为未来自动驾驶大规模应用提供支持，推动城市交通智能化、精细化管理。

4 系统架构

4.0.1 自动驾驶无线专网系统基本按照数据中心、实时中心、路侧设备和终端设备组成。数据中心的构成主要包括网络设备、存储服务器、数据服务器、应用服务器、网管服务器以及客户端等相关内容；实时中心包括网络交换设备；侧设备结合不同的覆盖形式，包括 EBU、ERU、ECU 等路侧设备；终端设备主要包括天线。

4.0.4 路侧设备应根据路侧基站部署规模配置相应的同步单元。路侧交换单元需通过区域核心机房实现与相邻路侧基站间的数据传输和通信协同。

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 自动驾驶无线专网系统作为实现车与车（V2V）、车与路（V2I）、车与人（V2P）、车与云（V2C）通信的关键基础设施，其设计需紧密围绕网络规模、业务需求和技术选型三要素展开，以确保网络性能满足自动驾驶业务的严苛要求。

5.1.2 自动驾驶无线专网必须具备网络安全防护能力，以确保车联网通信的可靠性、数据的机密性和完整性，防范潜在的网络攻击和恶意入侵。自动驾驶系统高度依赖实时数据交互，一旦网络遭受攻击，可能导致车辆控制异常、隐私泄露甚至安全事故，因此网络安全是自动驾驶无线专网设计的核心要求之一。符合国家标准《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239、《信息安全技术网络安全等级保护测评要求》GB/T 28448、《信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求》GB/T 25070 的规定。

5.1.6 自动驾驶无线专网需同时支持 IPv4 和 IPv6 协议，以确保网络的兼容性和未来演进能力。尽管当前部分传统设备仍依赖 IPv4，但 IPv6 的全面部署是行业必然趋势。双栈支持可保障现网平滑过渡，同时为自动驾驶技术的长期发展奠定网络基础。

5.2 业务需求

5.2.1 随着自动驾驶技术的迭代与行业应用的深化，业务需求将持续扩展。例如，未来可能增加车辆与路侧设施的实时交互、动态路径规划、车路协同预警等新型场景，或进一步支持全无人驾驶、多模态交通融合等高级功能。因此，网络设计需具备前瞻性和灵活性，在满足现有业务需求的基础上，预留技术升级与容量扩展的空间，确保无线专网能够适应未来业务多样化和规模化的演进趋势。

5.3 无线覆盖

5.3.6 自动驾驶作为对安全性要求极高的应用场景，要求无线专网在绝大部分时间和区域内保持有效覆盖。设定“不小于 95%”的概率标准，旨在避免因网络覆盖盲区或信号中断导致的安全风险。覆盖时间地点概率与边缘场强要求相辅相成。即使网络在 95%的时间地点实现覆盖，若边缘场强不足，传输速率无法达标，同样会导致通信失效。因此，保障边缘场强满足传输速率要求，是实现高覆盖概率下有效通信的基础。只有当信号强度足以支撑设计传输速率时，才能确保车辆在覆盖区域内的任意时间、地点都能稳定接收和发送数据，实现车路协同、自动驾驶功能的可靠运行。

5.4 站点选址

5.4.8 从无线通信原理来看，在视距范围内，无线信号以直射波为主进行传播，路径损耗相对较小，信号强度和质量更有保障。而当超出视距范围，信号传播会受到建筑物、地形等障碍物遮挡，发生反射、折射、绕射等现象，导致多径效应显著增强。多径效应会使接收端收到多个不同相位和时延的信号副本，相互叠加后造成信号衰落、码间干扰，严重降低数据传输速率和准确率。在自动驾驶实际应用场景中，路侧交换单元承担着车路协同关键数据的汇聚与转发任务，如交通信号状态、路况预警、道路基础设施信息等，这些数据需要快速、准确地回传至核心网络。若无线链路因非视距传输导致性能恶化，会使车辆接收的数据出现延迟、错误或缺失，进而影响车辆的决策与控制，带来严重的安全隐患。将路侧交换单元安装在视距范围内，能够最大程度减少信号传播干扰，确保无线链路具备稳定的带宽、低时延和低丢包率，保障自动驾驶业务数据的高效回传，为车辆提供准确、实时的路况信息，助力自动驾驶系统安全、可靠运行。此外，安装在视距范围内还有助于简化无线链路的规划与维护。在视距传输条件下，信号传播路径相对清晰、可预测，便于通过信号强度测量、链路预算计算等手段进行网络规

划和参数优化；在运维阶段，也能更快速定位和排查信号质量下降、链路中断等故障，提升网络的运维效率，降低运营成本。

5.5 频率配置与干扰管理

5.5.1

3 频带外让频带内，可减少带外干扰对核心频段业务的影响，保证专网核心功能的正常实现；次要业务让主要业务，确保安全类等关键业务的通信优先级，避免因非关键业务占用资源导致安全风险；后用让先用、无规划让有规划，则有助于规范频率使用顺序，避免无序使用造成的频段冲突和资源浪费。例如，当自动驾驶无线专网与其他无线通信系统在频段使用上存在冲突时，按照该原则，其他系统应主动避让，优先保障自动驾驶业务的正常开展，确保车辆行驶安全。通过遵循这些原则，可有效协调不同系统、不同业务间的频率使用关系，促进整个行业的有序发展。

5.5.2 合理设置基站发射功率、天线方位角、俯仰角和天线参数等，是从源头控制干扰、保障自动驾驶无线专网与其他无线网络和谐共存的关键技术手段。各参数的优化调整需基于信号传播特性与网络实际需求，精准平衡覆盖范围、容量需求与干扰控制。通过系统性优化基站发射功率、天线方位角、俯仰角和天线参数等，可从物理层有效控制信号传播方向与强度，在满足自动驾驶无线专网自身覆盖与容量需求的同时，最大限度降低对其他无线网络的干扰，实现多网络在复杂电磁环境下的协同运行，为自动驾驶业务提供稳定可靠的通信环境。

5.6 天馈系统

5.6.1 自动驾驶无线专网天馈系统设计应以满足车辆通信需求为核心，确保信号覆盖强度、质量等关键指标达到规定要求，确保车辆在不同的区域仍能保持稳定连接。

5.6.3 自动驾驶无线专网天馈系统的防雷保护是确保网络可靠运行的重要保障措施。由于天馈系统通常部署于室外高处，极易遭受雷击等自然环境影响，一旦发生雷击事故，不仅会造成设备损坏、通信中断，还可能引发连锁故障，威胁整个自动驾驶系统的安全性。因此，天馈系统必须采取完善的防雷保护措施，包括安装符合标准的避雷针、接地装置和浪涌保护器，确保雷电流安全泄放；天馈线路应设置多级防雷保护，并保持良好接地；设备接口需配置防雷模块，避免感应雷造成的二次损害。而且需要定期检测接地电阻等关键参数，确保防护效果持续有效。

5.6.4 自动驾驶无线专网天线的布局设计应充分考虑实际部署条件，在满足覆盖需求和通信质量的前提下，可优先利用现有电警杆、信号灯杆等市政设施进行安装，以降低建设成本、缩短施工周期。同时，在新建区域或现有杆体资源不足时，可采用综合杆进行一体化部署，确保天线挂高、方位角等参数符合设计要求。无论采用何种杆体，均需保证天线安装位置通风良好、视野开阔，避免周边建筑物或设施对信号造成遮挡或干扰，并确保定向天线主波瓣精准指向目标覆盖区域，以优化网络性能。

5.7 时钟同步

5.7.1 设置不少于 2 路外部时钟同步源，是为了确保车路协同、车辆交互等核心功能的稳定运行。在自动驾驶场景中，时间同步的准确性直接关系到行车安全与系统效率。单一时钟同步源存在单点故障风险，一旦该时钟源出现故障（如设备损坏、信号中断、网络攻击等），将导致整个无线专网系统的时间同步失效，进而引发通信紊乱和自动驾驶功能异常。设置不少于 2 路外部时钟同步源，能够通过冗余机制显著提升系统的可靠性和容错能力。当其中一路时钟源出现故障时，系统可自动无缝切换至另一路正常工作的时钟源，确保时间同步服务不中断。

5.7.5 自动驾驶业务对时间同步精度要求极高，系统时钟同步保持时间采用 24 小时作为基数，主要考虑了业务的连续性、运维的响应周期和对设备高稳定性的指标要求。

5.9 绿色节能与环保

5.9.4 本条规定旨在推动自动驾驶无线专网系统的绿色节能设计。优先选用集成化、低功耗设备及节电功能，可降低系统运行能耗，符合可持续发展理念。倡导自然散热产品，减少主动散热装置的使用，既能降低噪音与能耗，又可提升设备可靠性。兼顾环保效益与运维经济性，助力行业低碳化发展。

6 施工与安装

6.1 一般规定

6.1.4 施工单位主要针对覆盖区域内信号中断、设备故障等风险,明确备用通信、交通疏导制定无线专网施工专项应急预案,并定期组织应急演练。

6.4 基础设施

6.4.2 本条款是对杆体建设的相关要求进行规定。

1 杆体建设包括新建杆体和现状杆体利旧改造。新建杆体按照多杆合一及城市家具管理要求,秉持能合则合的原则,杆体的样式、颜色、材质与道路上其他杆体及周边环境风貌相协调。现状杆体改造时,按照优先选择现状交通设施杆为母杆,其次照明灯杆。

2 在进行新建杆体吊装作业前,必须由现场负责人组织进行专项空间障碍物排查,确认吊装路径及吊臂工作范围内是否存在影响安全操作的架空电力线、通信线缆、树枝、广告牌或其他构筑物。若存在障碍物,必须评估其风险等级并制定可靠的避让、清除或防护措施(如调整吊装位置、申请断电、修剪树枝、临时移除等),确保留有充足的安全作业空间。

5 对需要进行岩土工程勘察的位置,需查明场地岩土层类型、分布、厚度及工程特性,评价地基均匀性、承载力和变形参数;探明地下水位、腐蚀性、季节性冻土深度及埋藏物(如河道、墓穴、防空洞)。

6.5 设备安装

6.5.2

2 三层防水绝缘处理为:使用三层防护,即第一层绝缘胶带、第二层防水胶泥或胶带、第三层绝缘胶带的三层结构,最外层绝缘胶带应使用扎带或扎丝将上下口紧固防止脱落。

7 调试、测试与验收

7.1 一般规定

7.1.1 调试、测试与验收工作确保自动驾驶无线专网相关工作规范有序实施，保障网络性能符合自动驾驶业务应用需求，避免因设备状态异常或流程不规范引发测试结果失真或系统故障。

7.1.3 调试、测试与验收工作执行过程中关注以下方面：调试工作启动前，全面确认基站设备已成功接入网络且无严重告警信息，从硬件基础层面排除设备缺陷对后续测试流程的潜在干扰；依据无线专网的具体设计参数（如覆盖范围、业务类型等），制定科学详尽的测试方案，清晰界定各阶段测试步骤及性能指标阈值，确保测试流程的系统性和可追溯性；同时恪守既定操作规程，杜绝因人为误操作引发设备故障或数据异常，切实保障测试数据的真实性和系统运行的稳定性。

7.2 网络及无线参数配置

7.2.1

1 自动驾驶无线专网系统为路侧基站、交换单元等设备分配唯一 IP 地址，保障网络中各设备通信的准确性与稳定性，避免因 IP 地址冲突导致网络故障。预留充足的 IP 地址池，满足未来设备扩展需求，保证网络具备良好的可扩展性。分配 IP 地址时建立详细的 IP 地址分配台账，记录设备与 IP 的对应关系。

2 根据设备类型及业务隔离需求进行 VLAN 划分，实现不同业务流量的隔离，提升网络安全性与管理效率，同时防范广播风暴的扩散，保障关键业务的稳定运行。进行 VLAN 划分时，充分调研各业务对网络带宽和安全性的具体需求，合理规划 VLAN 的范围，避免划分过细导致管理复杂度激增或划分不当影响业务通信的稳定性。

7.2.2

1 在网管系统中完整录入设备信息，建立完整准确的网络设备档案，便于后续网络优化和运维管理。验证统一监控与远程管理功能，实现对网络设备运行状

态的实时监控，及时发现并处理故障，同时通过远程管理功能提高固件升级等运维操作效率，降低运维成本与风险。录入设备信息时保证信息准确完整，包括设备型号、序列号、安装位置、设备 IP 地址等关键信息。功能验证过程中模拟多种实际应用场景，如网络故障、大规模固件升级等，全面测试监控与远程管理功能的稳定性和可靠性，避免功能漏洞影响网络运维正常运行。

2 自动驾驶无线专网通过精细化配置邻站信息，并基于基站位置和密度优化邻站关系，有效避免基站间信号干扰，提升无线通信质量。配置邻站信息时确保准确获取各基站的位置、工作频段等信息，避免信息误差引发干扰。同时结合场景的动态变化，合理调整基站间发射功率与切换门限，适应不同环境下的通信需求，确保覆盖范围的完整性并优化网络资源利用。此外做好参数调整的记录工作，为后续的优化提供可靠依据。

7.3 设备调试

7.3.1 设备调试通过对单基站、交换单元、中心服务器等各设备组件进行逐项功能测试与验证，确保其功能指标和性能参数符合设计要求及相关技术标准，为后续系统整体联调及稳定运行提供坚实基础。

7.3.3 单基站调试时，为确保定位精度及自动驾驶无线专网系统运行稳定性，BDS 信号接收满足卫星数量不少于三颗的技术要求。该要求基于卫星定位基本原理：至少三颗卫星通过信号到达时间差（TDoA）实现三维坐标解算（经度、纬度、高度），若卫星数量不足，导致定位解算误差增大或无法形成唯一坐标解，进而影响自动驾驶场景下的实时定位精度与系统可靠性。

7.3.4 在系统单体设备调试过程中，时延、丢包率、系统带宽等关键指标的抽样测试比例不低于 10%，确保测试结果具有代表性，同时兼顾测试效率，避免全量测试导致的时间成本过高。

7.4 系统功能调试

7.4.1 系统功能调试通过系统性测试, 验证自动驾驶无线专网系统的各项功能(包括业务优先级、故障检测与诊断、环网保护等) 符合设计规范, 确保网络性能满足自动驾驶场景中对实时性和可靠性的需求。

7.4.2 系统功能测试结合业务特征构建模拟测试场景, 具体包含: 调整业务上下行流量配比、数据包发包频率及大小等方式, 实现多样化业务场景的有效模拟; 利用网管系统验证远程监控与管理能力; 通过主动构造告警信息, 检验系统设备故障诊断和环网保护功能的可靠性; 同时通过终端入网流程, 验证鉴权机制的有效性。

7.5 系统性能测试

7.5.1 系统性能测试通过系统性评估, 验证无线系统的覆盖能力与可靠性, 并确认时延、切换成功率、带宽等关键指标符合设计规范要求。

7.5.2 在动态场景测试过程中, 选择连续信号覆盖区域内的道路进行测试, 使测试路线覆盖不低于 95%的主干道和次干道, 避免因测试路线单一化导致结果偏差。

7.5.3 在系统性能测试过程中, 针对覆盖性能、时延、丢包率、切换性能及系统带宽等关键指标, 通过科学抽样方法提升测试效率, 最低抽测比例不低于 10%, 使测试样本充分涵盖多基站环境。该方法通过确保测试结果切实反映多基站协同切换场景下无线专用网络的性能稳定性, 避免因样本量不足导致结论偏差, 为系统整体可靠性评估提供有效数据支撑。

8 运营与维护

8.1 一般规定

8.1.4 定期组织频谱监测旨在防止频段非法占用，其核心在于将频谱管理从“被动响应”转变为“主动优化”，最大化网络效能与可靠性。定期组织干扰检测旨在防止同频干扰，确保为自动驾驶业务提供坚实的通信基础。

8.3 质量管理

8.3.1 在自动驾驶无线专网的运行维护中，需建立覆盖设备层、网络层、业务层、服务层的全链条的全面质量管理体系，通过标准化流程、数据驱动分析和持续改进机制，确保网络设备、通信链路、业务平台及服务的可靠性、安全性和高效性，满足自动驾驶场景对低时延、高可用性的严苛要求。

8.4 网络安全管理

8.4.1 网络安全管理明确了自动驾驶无线专网网络安全管理的核心要求与实施框架，旨在通过全生命周期安全管控、技术防护与运营协同，保障网络免受干扰、破坏及未授权访问，确保自动驾驶业务的连续性、数据安全性与合规性。

8.4.2 国家网络安全等级保护制度是我国网络安全领域的基本制度，旨在通过统一的管理规范和技术标准，对信息系统、网络基础设施及数据资源按重要性等级实施分级保护，以防范网络安全风险、保障国家安全和社会公共利益。网络安全等级保护分为五个等级，安全要求逐级递增：

第一级（自主保护级）：系统破坏仅损害公民、法人合法权益，不危害国家安全和社会秩序（如个人博客）。

第二级（指导保护级）：系统破坏可能严重损害公民权益或危害社会秩序（如企业官网）。

第三级（监督保护级）：系统破坏可能严重危害社会秩序、公共利益或国家安全（如金融支付系统）。

第四级（强制保护级）：系统破坏可能对社会秩序、公共利益或国家安全造成特别严重危害（如电力调度系统）。

第五级（专控保护级）：系统破坏可能对国家安全造成特别严重危害（如国防关键系统）。

8.7 备品备件及仪器仪表管理

8.7.1 备品备件是指为设备维护、维修或紧急故障恢复而预先储备的零部件、组件或耗材。其核心目的是在设备发生故障时，能够快速替换损坏部件，缩短停机时间，保障系统连续运行。

8.8 文档资料管理

8.8.5 通过严格的签批与执行签名制度，确保文档管理的责任可追溯性与操作合规性，防止未经授权的修改或执行，保障自动驾驶无线专网运维工作的规范性和安全性。