



T/CECS G XXXX: 2023

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路隧道北斗扩展定位系统
技术标准

Technical standard for Beidou extended positioning system in
highway tunnels

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

公路隧道北斗扩展定位系统技术标准

Technical standard for Beidou extended positioning system in highway tunnels

T/CECS G: XXX-XX-2023

主编单位：北京中交国通智能交通系统技术有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：2023 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

前言

根据中国工程建设标准化协会公路分会印发的《关于开展 2022 年第一批工程建设协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路（2022）91 号）的要求，由北京中交国通智能交通系统技术有限公司承担《公路隧道北斗扩展定位系统技术标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编写组在总结封闭区域卫星信号模拟技术十余年来工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升公路隧道北斗扩展定位技术为核心，完成了本标准的编写工作。

本标准分为 9 章、2 篇附录，主要内容包括：1 总则、2 规范性引用文件、3 术语与缩略语、4 系统结构及要求、5 功能要求、6 性能要求、7 物理特性要求、8 施工要求、9 检验要求，附录 A 各卫星导航系统信号频点、中心频率、码速率，附录 B 隧道北斗设备外观质量限制缺陷表。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由北京中交国通智能交通系统技术有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或蔡蕾（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；电话：13311344953；电子邮箱：cailei@itsc.cn），以便修订时研用。

主 编 单 位：北京中交国通智能交通系统技术有限公司

参 编 单 位：江苏省交通工程建设局

山东高速建设管理集团有限公司

中国科学院空天信息创新研究院

浙江交投高速公路运营管理有限公司

武汉大学

广州越秀集团有限公司

广州市北二环交通科技有限公司

主 编:

主要参编人员:

主 审:

参与审查人员:

参 加 人 员: XXX XXX

征求意见稿

目录

1 总则	7
2 规范性引用文件	7
3 术语与缩略语	8
3.1 术语	8
3.2 缩略语	8
4 系统结构及要求	9
4.1 一般规定	9
4.2 隧道外卫星信号接收系统	9
4.3 隧道内卫星信号发布系统	10
4.4 后台管理及通信系统	10
5 功能要求	10
5.1 一般规定	10
5.2 授时管理功能	11
5.3 信号发射功能	12
5.4 后台管理功能	12
6 性能要求	13
6.1 一般规定	13
6.2 授时管理中心	14
6.3 隧道卫星基站	14
6.4 隧道内卫星发射天线	14
6.5 隧道外卫星接收天线	15
6.6 射频线缆	15
6.7 管理工作站	15
7 物理特性要求	16
7.1 工作环境	16
7.1.1 安装及使用环境	16
7.1.2 工作环境温度	16
7.2 机械及物理要求	16
7.2.1 防腐蚀	16
防	16
7.2.2 震动	16
7.3 电气要求	17
7.3.1 电源	17
7.3.2 保护	17
7.4 通信接口	17
8 施工要求	18
8.1 系统组网要求	18
8.2 主设备安装施工要求	18
8.2.1 授时管理中心	18
8.2.2 隧道卫星基站	19
8.3 配套设施安装施工要求	19
8.3.1 线缆敷设要求	19

8.3.2 网络通信要求.....	20
8.3.3 隧道定位管理系统工作站部署要求.....	20
8.3.4 隧道口防雷及设备部署要求.....	20
9 检验要求	21
附录 A：各卫星导航系统信号频点、中心频率、码速率	21
附录 B：隧道北斗设备外观质量限制缺陷表.....	22

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范公路隧道北斗扩展定位系统的建设，提升公路隧道的服务和管理水平，制定本标准。

1.0.2 本规范适用于各等级的公路隧道北斗扩展定位系统建设，其他封闭区域可参照执行。

1.0.3 本规范规定了公路隧道北斗扩展定位系统的系统结构要求、功能要求、性能要求、物理特性要求、施工要求及检验要求。

1.0.4 公路隧道北斗扩展定位系统除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准规范的规定。

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/T 39267-2020 北斗卫星导航术语

GB/T 39413-2020 北斗卫星导航系统信号模拟器性能要求及测试方法

GB/T 39473-2020 北斗卫星导航系统公开服务性能规范

GB-T-39414-2020 北斗卫星导航系统空间信号接口规范

GB/T 37048-2018 高速公路机电系统防雷技术规范

YD-T-3199-2016 支持通信应用的北斗授时设备技术要求

DB12T 645-2016 高速公路通信技术要求

3 术语与缩略语

3.1 术语

2.1.1 北斗扩展定位 **Beidou--expanded positioning**

能够按照北斗卫星导航信号和用户定义仿真参数在卫星信号遮挡区域模拟产生与卫星导航信号原理特性一致的一种标准信号，实现在隧道等封闭区域的定位扩展。

2.1.2 时间同步 **Time synchronization**

通过不同时间源之间的测量、比对和调整，实现时间相互一致的过程和技术。

2.1.3 导航电文 **Navigation message**

导航卫星播发的，用于描述卫星运行状态和其他参数的信息数据。

条文说明：通常包括卫星健康状况、星历、历书、卫星时钟改正参数、电离层时延模型参数等内容。

3.2 缩略语

BDS:北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System)

GPS:全球定位系统(Global Positioning System)

GALILEO:伽利略卫星导航系统(Galileo Navigation Satellite System)

GLONASS:格洛纳斯卫星导航系统(Global Navigation Satellite System)

GNSS:全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)

BDCS:北斗坐标系(Beidou coordinate system)

ICD:接口控制文件(Interface Control Document)

PPS:每秒脉冲数(Pulse Per Second)

PTP: 网络时间协议 Network Time Protocol

4 系统结构及要求

4.1 一般规定

3.1.1 公路隧道北斗扩展定位系统应包括隧道外卫星信号接收系统、通信系统及隧道内卫星信号发射系统。

3.1.2 系统硬件组成应至少包括授时管理中心、隧道卫星基站、管理工作站、交换机、接收天线及发射天线，其系统结构图见图 1。

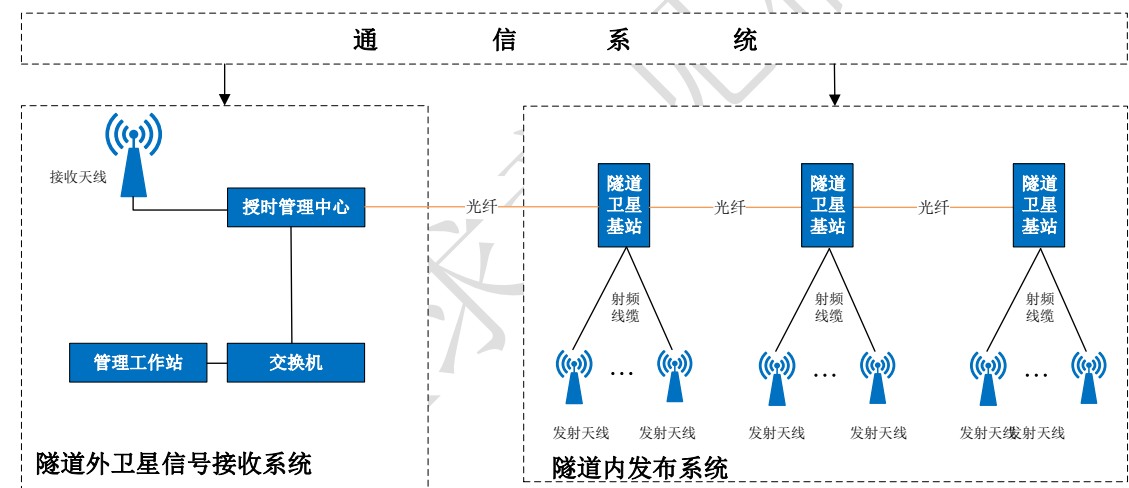


图 1 公路隧道北斗扩展定位系统结构图

4.2 隧道外卫星信号接收系统

3.2.1 隧道外卫星信号接收系统应至少包括授时管理中心、隧道外卫星接收天线等。

3.1.2 隧道外卫星信号接收系统应具备隧道外导航卫星信号的接收、导航电文和时间信息的提取、系统关键设备的管理等功能。

4.3 隧道内卫星信号发布系统

3.3.1 隧道内卫星信号发布系统安装在隧道内部，应至少包括隧道卫星基站、隧道内卫星发射天线等。

3.3.2 隧道内卫星信号发布系统应具有实时播发模拟的 GNSS 卫星信号功能。

4.4 后台管理及通信系统

3.4.1 后台管理及通信系统应至少包括管理工作站、交换机、光纤等设备及辅材。

3.4.2 通信系统应具备管理和配置信息的双向通信、分发导航电文、隧道卫星基站的时间同步等功能。

5 功能要求

5.1 一般规定

4.1.1 系统应能模拟 GNSS 全球导航定位系统中至少一个 BDS 的公开服务信号，可选择性支持 GPS、GLONASS、Galileo 等其他卫星导航系统的公开服务信号。

条文说明：各卫星导航系统信号频点、中心频率、码速率参见附录 A，具体信号结构、信号特性等详细信息参见其空间信号接口控制文件（ICD）。

4.1.2 系统应具备发射北斗卫星导航信号的功能，在不改变主流手机终端、定位芯片及模组等软硬件的条件下，实现隧道内导航信号的接收及定位导航服务，并实现隧道内外导航定位的无缝切换。

5.2 授时管理功能

4.2.1 一般规定

授时管理中心应至少具备时间同步、时间维持、星历采集、星历分发、系统管控及状态监测与管理等核心功能。

4.2.2 时间同步

应具备集成卫星授时系统的功能，该系统可通过接收在轨导航卫星信号，得到高精度的时钟同步信号。

4.2.3 时间维持

应具备北斗的授时与校频功能，支持对系统内部时钟的校正，提供与在轨北斗完全同步的时间。

4.2.4 星历采集

应具备采集实时星历的功能，可为隧道定位系统提供实时的卫星星历。

4.2.5 星历分发

应具备在轨北斗信号导航电文信息的接收与解析功能，并支持将其中的星历数据块和包含历书的数据块信息，播发给各个隧道卫星基站。

4.2.6 系统管控

应具备系统下发操作指令、修改工作参数、升级更新、同步历书等系统管控功能。

4.2.7 状态监测与维护

应具备卫星健康状态监测、系统工作状态的监控与自维护等功能，

并支持异常数据上传及相应的自维护处理。

5.3 信号发射功能

4.3.1 隧道卫星基站应能实时精确计算北斗在轨卫星的运动轨迹，确定在轨北斗卫星于 BDCS 中的坐标，并且可以根据北斗卫星信号传播模型，得到模拟定位点应该收到的北斗卫星信号。

4.3.2 应具备支持与真实北斗卫星导航系统时间和数据的同步功能，可由外部输入用户位置、时间信息以及星历参数，基站可根据输入信息计算并输出对应的北斗信号。

4.3.3 单个隧道卫星基站应至少输出 4 路射频信号，且每路射频信号应至少包含 4 颗实时的北斗导航卫星信号。

4.3.4 每路射频信号及每颗导航卫星信号的功率均应可调。

4.3.5 应具备坐标、时延等关键参数配置功能。

4.3.1 应具备工作状态信息主动上报及故障告警功能。

5.4 后台管理功能

4.2.1 一般规定

后台管理系统可通过以太网连接各系统的授时管理中心，应具备实现对授时管理中心与卫星基站的系统状态监测、系统精确管控维护、历书与星历同步及用户管理等功能。

4.2.2 系统状态监测

后台管理系统应能实现对授时管理中心通信信号强度、工作状态、时间精度、频率准确度、时钟状态、IP 地址等关键指标参数的实时监测；应能实现对隧道卫星基站时间延迟补偿、功率衰减、信号动态模

型、位置信息、时钟精度、卫星时间准确度等关键指标参数的实时监测；应能够主动对授时管理中心及隧道卫星基站进行异常状态报警并根据具体情况下达相应的自维护指令。

4.2.3 系统精确管控维护

可实现对系统内所有设备的精确管控，可针对具体某一项目的指定设备进行管理 with 调试。应包括授时管理中心的软件维护升级、工作参数修改、网络设置、服务器设置、心跳包设置等系统设置，隧道卫星基站的动态模型配置、功率模型变更、时间延迟补偿、基站定位位置、星历加注、卫星更换等系统设置。

4.2.4 历书与星历同步

后台管理系统应支持将实时的导航卫星星历与历书下发至授时管理中心，管理中心解析导航电文并重新组帧，最后同步至各卫星基站，以支持卫星基站根据在轨卫星星历在隧道内完整模拟在轨卫星信号。

4.2.5 用户管理

后台管理系统应具备各系统项目的注册及其管理方的账号、密码管理、系统权限设置等功能，应支持用户的增删改查，管理员可根据不同用户需求，分配不同的操作权限。

6 性能要求

6.1 一般规定

(1) 卫星基站单点模拟卫星数：根据可见星调整，应至少可发射 4 颗北斗卫星。

(2) 工作频段：应至少包括 BDS-B1I、BDS-B1C，宜支持 GPS-L1C/A。

(3) 系统绝对时间精度应优于 20 纳秒；

(4) 隧道内外切换时间应小于 3 秒；

(5) 系统内部通讯方式应支持光纤通讯；

(6) 用户端设备容量应不受限制；

(7) 用户接收单颗卫星信号功率：-125~-115 dBm。

6.2 授时管理中心

(1) 导航卫星信号接收应至少包括 BDS-B1I、BDS-B1C，宜支持 GPS-L1C/A；

(2) 时间同步精度（PTP）：优于 20ns。

6.3 隧道卫星基站

(1) 输出信号中心频率：应至少包括 1561.098MHz(BDS-B1I)、1575.42 (BDS-B1C)，宜包括 1575.42 MHz (GPS-L1C/A)；

(2) 不同虚拟卫星输出功率一致性：小于 $\pm 0.5\text{dB}$ ；

(3) 输出通道数：不小于 4 路；

(4) 设备应支持现代信息化管理，具备设备可追溯性控制功能。

6.4 隧道内卫星发射天线

(1) 信号发射频段：1500-1600 MHz；

(2) 增益：3.5dBi；

(3) 驻波比： ≤ 1.5 (SMA)；

(4) 标称阻抗：50 Ω ；

(5) 波束方向: 360° 全向;

6.5 隧道外卫星接收天线

(1) 频率范围: 应至少包括 BDS-B1I:1561MHz、BDS-B1C:1561MHz, 宜包括 GPS-L1C/A: 1575.42;

(2) 有源增益: $\geq 30\text{dB}$;

(3) 驻波比: < 1.5 ;

(4) 阻抗: $50\ \Omega$;

(5) 极化方式: 右旋圆极化 (RHCP);

(6) 轴比: $< 3\text{dB}$;

(7) 波束宽度: 仰角 $> 15^{\circ}$ 。

6.6 射频线缆

(1) 最大工作频率: $\geq 3000\text{MHz}$;

(2) 温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$;

(3) 线损: $\leq 40\text{dB}/100\text{m}$ (在 1500MHz , 常温条件下测试)

(4) 阻抗: $50\ \Omega$

6.7 管理工作站

(1) CPU 性能不低于 6 核处理器

(2) 主频 $\geq 2.6\text{GHz}$

(3) 内存不小于 16GB

(4) 硬盘不小于 2T

7 物理特性要求

7.1 工作环境

7.1.1 安装及使用环境

授时管理中心及隧道卫星基站设备外壳应符合 GB/T 4208 的要求，防护等级不低于 IP65。

7.1.2 工作环境温度

(1) 授时管理中心环境温度要求：

a) 工作温度环境：-40℃～+80℃

b) 储存温度环境：-45℃～+85℃

(2) 隧道卫星基站环境温度要求：

a) 工作温度环境：-40℃～+80℃

b) 储存温度环境：-45℃～+85℃

7.2 机械及物理要求

7.2.1 防腐蚀

(1) 系统关键设备保护外壳应保证足够的机械强度和耐久性。

(2) 为满足隧道环境下的安装及使用条件，所选材料应选用固有的抗腐蚀材料或经过处理的防腐材料。

7.2.2 防震动

(1) 隧道内系统相关设备所采用的支、吊架应具有足够的刚度和承载力。

(2) 系统关键设备应具备足够的防震动力，在遭受外力、震动等因素时能保证系统设备的稳定性。

7.3 电气要求

7.3.1 电源

(1) 授时管理中心接入电源符合以下要求：

- a) 电压：交流电压 90V~250V
- b) 频率：频率 (50 ± 10) Hz
- c) 功率：小于 30W

(2) 隧道卫星基站接入电源符合以下要求：

- a) 电压：交流电压 90V~250V
- b) 频率：频率 (50 ± 10) Hz
- c) 功率：小于 40W

(3) 授时管理中心及隧道卫星基站接入的交流电源所满足的瞬态过程应符合以下条件：

- a) 能经受高重复、短噪声的干扰；
- b) 能经受低重复、高能量的过渡过程；
- c) 能承受非破坏性的瞬变过程。

7.3.2 保护

外部供电线路应设有短路和过载保护。

7.4 通信接口

6.4.1 授时管理中心具备的通信接口应至少包括本地通信接口及远程通信接口两种类型。

6.4.2 公路隧道北斗扩展定位系统关键设备之间的采用的通信方式和通信协议见《高速公路通信技术要求》《北斗卫星导航系统空间

信号接口规范》。

6.4.3 公路隧道北斗扩展定位系统应预留通信接口，具备接入隧道总体机电系统的功能。

8 施工要求

8.1 系统组网要求

(1) 可将隧道内的基站群划分为若干组子系统，每组子系统应包含若干台隧道卫星基站，各子系统内宜采用串行组网方式，即各隧道卫星基站之间使用光纤跳纤进行串行连接。

(2) 针对隧道内的所有基站群，应采用星形环网组网方式：

a) 授时管理中心可通过光纤跳纤与每组子系统的第一台隧道卫星基站及最后一台隧道卫星基站进行连接。

b) 每组子系统应互不关联，当某个子系统发生故障时不应影响其他子系统的正常工作。

c) 所有光纤应进行双工通信，保证每组子系统与授时管理中心形成一个通信环网。

8.2 主设备安装施工要求

8.2.1 授时管理中心

(1) 授时管理中心宜部署于隧道洞口的变电所或机房内。

(2) 授时管理中心可通过交换机与系统管理工作站及隧道卫星基站进行通信。

(3) 每个授时管理中心应支持多组基站子系统通信。

(4) 每台授时管理中心均应配置一套北斗卫星信号接收天线，

天线应安装在变电所外能良好接收卫星信号的位置，如变电所房顶等。

8.2.2 隧道卫星基站

(1) 隧道卫星基站的安装布设要求应符合国家及行业现行有关标准的规定，应固定在隧道洞室内或其他稳定、可靠的地方，布设位置应尽量减少信号遮挡与干扰。

(2) 应将若干台室内卫星基站划分为一组子系统，每个子系统均可通过光纤线缆连接至授时管理中心，与授时管理中心进行双向通信。

(3) 每台隧道卫星基站可外接若干个北斗发射天线，其布设高度应不低于 3m，在满足隧道内北斗卫星信号全面覆盖的前提下，隧道卫星基站及北斗发射天线的布设间距可根据实际情况进行布设。

8.3 配套设施安装施工要求

8.3.1 线缆敷设要求

(1) 光纤敷设要求

a) 隧道首端至尾端应通铺一条多芯单模光缆，光缆芯数与隧道卫星基站的数量有关，每个子系统的隧道卫星基站需要使用光缆的 2 根芯。

b) 多芯单模光缆的一端应连接至洞口的授时管理中心，另一端一端连接至隧道内的各组隧道卫星基站子系统处。

c) 多芯单模光缆在每组基站子系统处，应分出 2 根光缆线芯，按照隧道卫星基站的接口类型，将光纤分别接入每组子系统的第一台隧道卫星基站及最后一台隧道卫星基站。

(2) 射频线缆敷设要求

隧道卫星基站与北斗发射天线之间应通过射频线缆进行连接，单台隧道卫星基站所分出的射频线缆数量与天线数量是一一对应的。

(3) 电缆敷设要求

电缆部署位置应符合国家及行业相关标准，系统宜单独铺设电缆线路，或在线路负载允许、保障运行安全的前提下与隧道内其他用电设备共用供电线路。

8.3.2 网络通信要求

(1) 为实现对隧道北斗信号扩展系统内所有设备的监控、管理、维护，要求隧道内设备能够与设备管理后台进行通信。

(2) 授时管理中心应至少配置光通信接口及电通信接口两种类型，负责采集、汇总、管理该系统内所有隧道卫星基站。

(3) 采用光纤网络时，应保证系统数据可靠性、准确性，满足系统数据的高速传输和处理要求。

8.3.3 隧道定位管理系统工作站部署要求

隧道定位管理系统工作站应同时具备访问内网与外网的功能，就近部署于隧道口附近的通信中心机房内。

8.3.4 隧道口防雷及设备部署要求

(1) 隧道口设备部署要求

入口处管理中心部署于隧道口的机房机柜内，管理中心的北斗接收天线宜部署于机房楼顶开阔处，减少对卫星信号的遮挡与干扰。

(2) 隧道口设备防雷要求

隧道口设备防雷应符合 GB/T 37048-2018《高速公路机电系统防雷技术规范》的相关要求及规定。

9 检验要求

8.1.1 公路隧道北斗扩展定位系统的工程建设应符合以下检测要求：

（1）系统关键设备均应符合国家有关行业产品标准、规范或合同的要求，并有符合国家认可标准要求的质检机构出具的检测报告和出厂合格证。

（2）系统所有设备及配件的型号规格、数量应符合合同要求，部件完整。

（3）隧道内系统关键设备的安装位置及安装间距应符合设计要求，并满足本规范第 7 章的相关技术要求。

（4）全部设备安装调试完毕，系统应处于正常工作状态，且系统的功能指标及性能指标应符合设计并满足本规范第 4 章及第 5 章的相关技术要求。

8.4.2 公路隧道北斗扩展定位系统设备出厂外观质量不应存在本规范附录 B 所列限制缺陷。

附录 A：各卫星导航系统信号频点、中心频率、码速率

表 A.0.1 各卫星导航系统信号频点、中心频率、码速率

系统	信号频点	中心频率 MHz	码速率 Mcps
BDS	B1I	1561.098	2.046
	B1C	1575.42	1.023
	B2a	1176.45	10.23
	B2I	1207.14	2.046
	B3I	1268.52	10.23
GPS	L1C/A	1575.42	1.023
	L1C	1575.42	1.023
	L1P	1575.42	10.23

	L2C	1227.60	1.023
	L2P	1227.60	10.23
	L5	1176.45	10.23
GLONASS	11	$16020.5625 \times K$ $K=(-7 \sim 6)$	0.511
	L2	$1246+0.4375 \times K$ $K=(-7 \sim 6)$	0.511
Galileo	E1 OS	1575.42	1.023
	E5a	1176.45	10.23
	E5b	1207.14	10.23

附录 B：隧道北斗设备外观质量限制缺陷表

B.0.1 公路隧道北斗扩展定位系统设备外观质量的限制缺陷应按表 B.0.1 确定：

表 B.0.1 公路隧道北斗扩展定位系统设备外观质量限制缺陷

项次	名称	限制缺陷
1	系统设备外观基础	表面的蜂窝、麻面、裂缝等缺陷面积超过该面面积的 1%或深度超过 10mm，长度超过 20mm 的损边、掉角，裸露金属基体大于 10mm^2 的锈蚀；涂层剥落、表面锈蚀单处面积大于 10mm^2 或总面积大于 50mm^2
2	系统设备外部连接线	金属机箱与接地线未连接，进出线管与箱体连接处未做密封
3	系统设备内部	元器件未固定或固定不牢靠，线缆无标识，无永久性接线图，机箱内有杂物、积水
4	隧道内外设备及布线	机柜内有杂物，光、电缆排列不整齐、绑扎不牢固，进出线管口未封堵，无标识，电源线、信号线未分开铺设、未做保护处理