

天津地铁 6 号线梅林路站至咸水沽西站调整工  
程（渌水道站-咸水沽西站）信号系统总承包项目

用户需求书  
(信号系统)

第二部分 专用技术要求

2020 年 7 月

# 目 录

<b>1</b>	<b>基本运营要求.....</b>	<b>1</b>
1.1	总则.....	1
1.2	运营指挥.....	2
1.3	列车控制等级.....	5
1.4	驾驶模式.....	5
1.5	驾驶模式的转换.....	6
1.6	折返模式.....	7
1.7	正线作业.....	9
1.8	车辆段作业.....	10
1.9	试车线作业.....	12
1.10	降级运行.....	13
1.11	信号机设置及显示.....	15
<b>2</b>	<b>基本技术要求及系统性能要求.....</b>	<b>18</b>
2.1	基本技术要求.....	18
2.2	系统性能要求.....	19
<b>3</b>	<b>系统构成要求.....</b>	<b>22</b>
3.1	系统总体构成要求.....	22
3.2	ATS 子系统构成要求.....	25
3.3	ATP 子系统构成要求.....	29
3.4	ATO 子系统构成要求.....	31
3.5	联锁子系统构成要求.....	32
3.6	DCS 子系统构成要求.....	33
3.7	信号维护监测子系统构成要求.....	38
3.8	试车线设备构成要求.....	39
3.9	培训中心设备构成要求.....	40
3.10	电源设备构成要求.....	41

3.11	其他设备、材料要求.....	45
<b>4</b>	<b>系统功能要求.....</b>	<b>58</b>
4.1	ATS 子系统功能要求.....	58
4.2	ATP 子系统功能要求.....	79
4.3	ATO 子系统功能要求.....	86
4.4	联锁子系统功能要求.....	91
4.5	DCS 子系统要求.....	97
4.6	信号维护监测子系统功能要求.....	118
4.7	试车线功能要求.....	121
4.8	培训中心功能要求.....	122
<b>5</b>	<b>人机界面要求.....</b>	<b>123</b>
5.1	人机界面设计基本要求.....	123
5.2	控制中心大屏幕信号显示界面设计要求.....	125
5.3	控制中心调度员/长工作站人机界面设计要求.....	126
5.4	控制中心运行图显示工作站人机界面设计要求.....	129
5.5	车站/车辆段 ATS 工作站人机界面设计要求.....	130
5.6	维护工作站人机界面设计要求.....	132
5.7	车载人机界面设计要求.....	132

# 1 基本运营要求

## 1.1 总则

- 1.1.1 每天运营时间为 05:00—次日 23:00，信号系统设备须按 24 小时不间断运行设计，须满足特殊情况下 24 小时不间断运营的要求。
- 1.1.2 信号系统的设备配置应有利于行车组织和运营管理，遵循右侧行车原则。
- 1.1.3 信号系统必须满足本册 2.2 节所列的全部系统性能指标的要求。
- 1.1.4 信号系统应在确保满足既定站停时间（见通用技术要求）的基础上，实现本工程规定的运行交路、临时交路、旅行速度、运营间隔等的要求。
- 1.1.5 在工程限定的行车组织方式、线路、车站配线、轨道、牵引方式、站停时间等现场条件下，投标人提供的 ATS 系统应能生成科学的、最佳的行车计划运行图，以满足运营要求。
- 1.1.6 正线、折返线、渡线、停车线、出入段线、车辆段自动控制区域内相关线路、试车线及与其它线路的联络线均按双方向运行设计。正常情况下，正线单方向运行，特殊情况下可以组织反方向（与运营方向相反）运行。正线站间的反方向运行要求至少具备 CBTC 控制级别下的 ATP 防护功能；车辆段自动控制区域内列车作业具备 ATP/ATO 功能，其他所有正、反方向作业的线路，均要求具备 ATP、ATO 功能（CBTC 级别），列车进站停车要求具备精确停车功能。
- 1.1.7 为提高系统的可用性，系统应具有灵活的控制模式，系统须具备降级运营模式，且系统应具备连续式通信列车、非通信列车混合运行的能力。
- 1.1.8 信号系统供货商应确保在线路最大坡道上及任何负载情况下，与列车牵引及制动系统协调完成列车的正常启动，应不发生列车溜车现象。ATO 驾驶的列车在线路上（特别是上坡、下坡、变坡点）运行应避免不必要的牵引变换，使列车运行保持平稳，保证乘客的舒适度。
- 1.1.9 试车线应具备测试各种运行级别下车载信号设备 ATP/ATO 的完整功能。
- 1.1.10 要求进路办理方式采用基于列车的进路方式或者信号机至信号机的进路方式（即所有沿线路方向相邻的两架同方向信号机之间的进路）；对于基于列车的进路办理采用拖放列车至目的地或者菜单方式；对于信号机至信号机的进路办理须采用鼠标点击沿线路方向相邻的两架同方向信号机的方式或采用菜单

方式（不能采用点击按钮方式）。

1.1.11 信号系统须具有统一的时钟，包括但不限于 ATS 子系统、ATP 子系统、ATO 子系统、联锁子系统、DCS 子系统、维护监测子系统等。

1.1.12 本工程采用全自动运行方式，列车唤醒、休眠、出入库、正线运行、自动折返等作业均由信号系统自动控制完成，车辆段自动控制区域采用纳入正线 ATC 系统集中控制的系统方案。

### **专题一：优化自动化车辆段停车列检库线安全防护距离**

**请投标人结合天津地铁6号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段全自动运行系统技术及自身系统特点，投标时提供本工程自动化车辆段停车列检库线安全防护距离的计算方式，并提出对列检库库线安全防护距离的优化方案。**

## **1.2 运营指挥**

### **1.2.1 运营指挥模式**

1.2.1.1 在天津市华苑车辆段设置本工程控制中心。

1.2.1.2 在海河教育园车辆段设有备用控制中心，备用控制中心与控制中心具有相同的行车指挥功能。正常情况下，由华苑控制中心进行控制和操作；在紧急情况下，通过转换，备用控制中心可对本线进行监控。

1.2.1.3 系统应具备中央 ATS 和本地的两级控制。

- 1) 根据运营要求，应能自动或人工进行进路控制。其中人工控制分为 ATS 人工和本地联锁设备人工两类，自动控制分为 ATS 自动控制、联锁设备自动控制。人工控制的进路优先级高于自动控制的进路。
- 2) 根据需要可进行本地与中央 ATS 两级控制权的转换。控制权的转换过程中，未经人工介入各进路的原自动控制模式不变。在紧急情况下，车站值班员可在现地工作stations上强行取得控制权，控制车站的进路和信号。

### **1.2.2 中央控制**

1.2.2.1 调度员通过中央控制工作站实现运营指挥控制。

1.2.2.2 中央控制工作站控制功能包括但不限于（应可根据运营需要配置）：

- 1) 列车进路控制；

- 2) 变更计划运行图/时刻表;
- 3) 将信号机设置为自动模式等;
- 4) 封锁信号元素 (信号机、道岔等);
- 5) 跳停、扣车、提前发车;
- 6) 设置临时限速指令等。

### 1.2.3 车站现地控制

1.2.3.1 通过设备集中站的现地控制工作站, 车站值班员可实现对列车进路的正常控制和特殊控制。

1.2.3.2 设备集中站的现地控制工作站设置的车站人工控制功能包括但不限于 (应可根据运营需要配置):

- 1) 列车进路控制;
- 2) 将信号机设置为自动模式等;
- 3) 封锁信号元素 (信号机、道岔等);
- 4) 扣车;
- 5) 计轴复位。

### 1.2.4 综合后备盘控制

1.2.4.1 通过设置在各站综合后备盘上的紧急关闭按钮, 实现紧急情况下对列车的控制。

1.2.4.2 在紧急情况下, 可通过按下车站控制室综合后备盘 (IBP 盘) 上的紧急关闭按钮或车站站台上的紧急关闭按钮。在连续式通信的列车控制级别下, 禁止已停在车站的列车出发进入区间, 对于已启动而尚未完全离开车站的列车应实施紧急制动停车, 对于尚未进入站台区的列车, 应禁止其进入站台区。

1.2.4.3 通过设置在各站综合后备盘上设的人员防护开关, 用其实现对进入轨行区的作业人员的安全防护。

### 1.2.5 列车进路的控制

1.2.6 列车进路采用基于列车的进路方式或者信号机至信号机的进路方式。对于采用信号机至信号机的进路控制方式, 其基本进路 (对应于组合进路) 应由进路始端信号机和进路终端信号机, 以及始终端信号机之间线路上的所有道岔和轨道区段组成。任何基本进路的路径应是唯一的。进路始端信号机和终端信号机应为沿线路方向相邻的两架同方向的信号机, 基本进路中除始终端信号机外不应存在其他与始终端信号机同方向的信号机; 沿线路方向任何相邻

的两架同方向的信号机间均应能设置为进路。

1.2.6.1 列车进路的控制包括系统自动控制和人工控制，列车进路的正常控制模式为系统自动控制。

1.2.6.2 列车进路的自动控制模式包括中央自动控制模式和车站自动控制模式，其中车站自动控制模式又分为车站 **ATS** 自动控制模式和车站联锁自动控制模式。

- 1) 中央自动控制模式：在每天开始运营前，根据需要调用相应的基本运行图，经检查确认、必要时进行局部修改后，作为当天的计划运行图，自动控制列车运行。
- 2) 车站自动控制模式：在车站 **ATS** 自动控制模式下，车站 **ATS** 设备按默认下载的运行图信息通过车站联锁自动排列进路，控制列车运行；在车站联锁自动控制模式下，值班员可在车站的现地工作站上将部分或全部信号机设置为相关自动控制方式，其它联锁操作则由值班员人工操作。

1.2.6.3 车辆段列车进路具备 **ATS** 自动控制模式。在该模式下，车辆段 **ATS** 设备按默认下载的运行图或派班计划自动排列进路，控制列车运行。

1.2.6.4 列车进路的人工控制模式包括中央调度员人工控制模式和车站及车辆段值班员人工控制模式。

1.2.6.5 中央人工控制模式：可在中央人工发出有关非安全控制命令，对列车运行进行人工干预。主要手段为：

- 1) 人工进路办理；
- 2) 人工设定列车的目的地号或运行线（交路号）。

1.2.6.6 车站及车辆段人工控制模式：车站及车辆段值班员可以直接对其控制区域内的联锁设备进行控制。车站及车辆段值班员在车站及车辆段现地工作站上选用人工进路模式，可对联锁控制范围内的进路、信号机、道岔和轨道区段进行设置或操作。

## 1.2.7 列车运行的调整

1.2.7.1 列车运行的调整包括自动调整和人工调整，正常情况下的列车运行调整应为自动调整。

1.2.7.2 自动调整手段有：

- 1) 自动调整列车区间走行时间；
- 2) 自动调整列车站停时间，控制列车出发时刻。

1.2.7.3 调度员人工调整手段有：

- 1) 对有关列车实施“扣车/提前发车”或“跳停”；

- 2) 改变列车在区间的走行时间或调整列车运行等级;
- 3) 对计划运行图进行在线修改, 包括对单个或所有列车“时间平移”、增加或取消列车、改变列车的始发点及始发时间、调整列车的出入段时间等;
- 4) 生成等间隔调整计划。

1.2.7.4 当列车实际运行偏离运行图/时刻表较小时, 系统自动调整列车在区间的运行时间和站停时间, 控制列车按照运行图规定时刻运行。

1.2.7.5 当列车实际运行与运行图/时刻表偏离较大或必要时, 系统提醒中央调度员进行人工调整, 中央行车调度员可对在线列车进行列车运行计划的人工调整, 并发送调整命令至车载设备。

1.2.7.6 控制中心应具备人工关闭自动调整功能。系统应能设置自动调整的启动、关闭。

### 1.3 列车控制等级

1.3.1 本项目的列车控制等级分为:

- 1) 连续式通信的列车控制级别 (CBTC);
- 2) 联锁控制级别。

1.3.2 连续式通信的列车控制级别为信号系统的正常控制方式, 联锁控制级别为信号系统的降级控制方式。

1.3.3 本工程所有正线、折返线、渡线、停车线、出入段线、试车线均应具备连续式通信列车控制级别的功能。

1.3.4 本工程车辆段的自动控制区域应具备连续式通信的列车控制级别的功能。

1.3.5 本工程所有正线、折返线、渡线、停车线、出入段线、试车线、与其它线路的联络线、车辆段均应具备联锁控制级别的功能。

### 1.4 驾驶模式

1.4.1 本项目的列车驾驶模式分为:

- 1) 全自动驾驶模式-FAM 模式;
- 2) 蠕动驾驶模式-CAM 模式;
- 3) 列车自动驾驶模式--AM 模式;
- 4) 列车自动防护下的人工驾驶模式--CM 模式;
- 5) 限制人工驾驶模式--RM 模式;
- 6) 非限制人工驾驶模式--EUM 模式;

1.4.2 全自动驾驶模式 (FAM) 为在连续式通信控制级别下由 ATP 监控的列车全自



动运行模式。在该模式下，**ATP** 子系统保证列车的运行安全，**ATO** 子系统实现在正线、车辆段自动控制区域内的列车全自动无人驾驶运行。在 **FAM** 模式下具备自动进/出站、自动开/关门、自动唤醒/休眠等功能。

**1.4.3 蠕动驾驶模式（CAM）**为车辆网络出现故障，或车辆与信号车载设备通信故障时的应急模式。需由中心人工确认后，信号系统启动蠕动模式。列车以蠕动模式运行时，**ATP** 监控列车以不超过 **25km/h**（暂定）的速度全自动运行当列车以蠕动模式进站自动停车后，应施加紧急制动以防止列车移动，等待人工处理。

**1.4.4 AM 模式**为 **ATP** 监控下的列车自动运行模式。在该模式下，**ATP** 子系统保证列车的运行安全，**ATO** 子系统实现列车在区间的自动运行、调整以及定位停车控制等。在 **AM** 模式下应具备以下三种开关门模式：

- 1) 自动开车门，人工关闭车门；
- 2) 人工开车门，人工关闭车门；
- 3) 自动开车门，自动关闭车门。

**1.4.5 CM 模式**为 **ATP** 监控下的人工驾驶运行模式。在该模式下，**ATP** 子系统确定列车运行的最大允许速度，司机按推荐速度驾驶列车运行，**ATP** 子系统实现列车自动防护的全部功能。司机人工控制列车在站台停车。在 **CM** 模式下可仅具备人工开/关门模式。

**1.4.6 在 RM 驾驶模式下**，车载 **ATP** 限制列车在某一固定的低速之下运行，司机根据调度命令和地面信号显示驾驶列车，列车运行超速时，车载 **ATP** 设备实施紧急制动，直至停车。**RM** 驾驶模式下，应对车门状态进行防护，需经过特殊授权手续方可开门。列车运行的安全由联锁设备、**ATP** 车载设备、调度人员、司机共同保证。

**1.4.7 EUM 驾驶模式下**，信号车载设备处于切除状态而不监控列车的运行，司机根据调度命令和地面信号的显示驾驶列车。列车运行的安全由联锁设备、调度人员、司机共同保证。

## **1.5 驾驶模式的转换**

**1.5.1** 各驾驶模式满足转换条件可由人工转换，也可自动转换，车载 **ATP/ATO** 设备应予以记录和显示。

**1.5.2** 在列车出入段处、车辆段内、区间运行时收到有效的 **ATP** 信息时系统可自动

转换驾驶模式，或司机确认转换驾驶模式。

1.5.3 为保证行车安全，在 ATC 控制区内使用 RM 模式和 EUM 模式时应采用相应的安全操作措施。

1.5.4 列车驾驶模式由高等级向低等级转换时，要求列车停车和/或不停车转换驾驶模式，驾驶模式由低等级向高等级转换时，要求不停车转换驾驶模式。列车出、入车辆段，应实现停车和不停车转换驾驶模式。

1.5.5 FAM 驾驶模式、CAM 驾驶模式的相关转换均应在列车停车情况下进行。

1.5.6 各驾驶模式间的转换方式将在供货合同的技术规格书中详细明确。

## 1.6 折返模式

1.6.1 联锁控制的自动折返进路设置要求及无人自动折返按钮的设置地点要求如下：

- 1) 联锁控制的自动折返进路设置要求：本工程所有具备折返条件（包括分段开通及正常运营后的临时折返线、故障车停放线和单渡线）的车站均应设置联锁级的自动折返功能，对应其中有多条折返轨的车站应分别设置单轨 1 自动折返、单轨 2 自动折返和两轨全自动折返等多选自动折返功能，其中全自动折返功能以先进先出为原则设置。且此功能的实现，不影响列车车次号的自动变更。
- 2) 本工程所有具备自动折返条件（包括分段开通及正常运营后的临时折返线、故障车停放线和单渡线）的车站均应具备无人自动折返功能，并设置无人驾驶自动折返按钮。

1.6.2 列车折返方式为全自动驾驶折返模式、ATO 有人/无人自动折返模式、ATP 监督下的人工折返模式、限制人工折返模式、非限制人工折返模式。

- 1) 全自动驾驶折返模式。处于 FAM 模式下运行的列车，当列车在折返站规定的停车时间结束并收到关门指令后，车门和站台门自动关闭，在进行清客确认，列车根据移动授权，从到达站台自动运行进入折返线，自动激活/关闭相应的驾驶端，实现驾驶端的自动转换后，自动驶出折返线，进入发车站台后自动打开车门和站台门。列车在站台进行驾驶端转换时应使车门和站台门保持开启状态，列车在折返线等非站台区进行驾驶端转换时，应使车门保持关闭状态。
- 2) ATO 无人自动折返模式。应能按以下二种操作方式完成 ATO 无人自动折返：
  - a) 司机先按车上的“折返按钮”，关闭本侧驾驶端，司机下车后在站台按压“无人自动折返”按钮，列车可在无人驾驶的情况下，从到达站台自动驾驶进入和折出折返线，最后进入发车股道并定点停车后，自动打开车门和

站台门，司机在站台上车，开启反向驾驶端。

b) 司机先按压车上的“折返按钮”，关闭本侧驾驶端，再按压车上的 **ATO** 启动按钮或确认按钮，列车可在无人驾驶的情况下，从到达站台自动驾驶进入和折出折返线，最后进入发车股道并定点停车后，自动打开车门和站台门，司机在列车上开启反向驾驶端。

3) **ATO** 有人自动折返模式。当列车在折返站规定的站停时间结束及旅客下车完毕，车门和站台门关闭后，由司机按压车上“**ATO** 启动按钮”，列车自动驾驶进入折返线停稳后，可人工按压“折返按钮”并关闭本侧驾驶端和开启反向驾驶端，由司机按压车上“**ATO** 启动按钮”后，列车自动驾驶进入发车股道自动打开车门。

4) **ATP** 监督下的人工折返模式。司机采用“控制手柄”控制列车运行，司机人工驾驶列车运行到折返线并停车，可人工按压“折返按钮”并关闭本侧驾驶端和开启反向驾驶端，在 **ATP** 监督下人工驾驶列车进入发车股道并定位停车。司机按压开门按钮打开车门和站台门。

5) 限制人工折返模式。司机采用“控制手柄”控制列车运行，司机人工驾驶列车运行到折返线并停车，司机关闭本侧驾驶端和开启反向驾驶端，人工驾驶列车进入发车股道并停车，司机按压开门按钮打开车门和站台门。整个折返过程中，车载 **ATP** 限制列车在某一固定的低速之下运行。

6) 非限制人工折返模式。在此模式下，司机根据调度命令和地面信号的显示，人工驾驶列车运行到折返线并停车，再人工驾驶列车进入发车股道并停车，司机按压开门按钮打开车门和站台门。

1.6.3 在 **AM** 驾驶模式、**CM** 驾驶模式下进行站前折返时，当列车在折返站定位停车后，可由司机按压车上“折返按钮”，并关闭本侧驾驶端和开启反向驾驶端。要求系统具备在客室门开门和关门状态下均能进行头车/尾车自动不降级换端的功能。

1.6.4 列车通过具备折返条件的折返轨停车时，在反向折返进路没有办理的情况下，可以不降级换端。

1.6.5 **ATO** 无人自动折返时，列车进入折返轨停稳后，**ATS** 应立即办理列车出折返轨进路，待出折返轨进路办理成功后，折返列车应立即从折返轨发车进入发车站台。

1.6.6 ATO 无人自动折返仅一次有效，当列车在 ATO 无人自动折返时因故障停车，当故障恢复后列车不得自动启动。

## 1.7 正线作业

### 1.7.1 列车在站作业

- 1.7.1.1 列车进站停车时采取一次性制动的方式，确保达到规定的旅行速度和舒适度。
- 1.7.1.2 在满足舒适度和停车精度要求的前提下，列车在车站规定的位置停车，当列车停稳后，车载设备允许打开对应侧车门及站台门。
- 1.7.1.3 列车在站停车如超出了停车精度（具体数值设计联络阶段确定），则车门和站台门不能打开，列车必须以低于 5km/h（暂定）的速度在人工驾驶模式下后退，而且最大后退距离不超过规定数值，若停到位，开启车门和站台门。
- 1.7.1.4 在全自动驾驶模式自动运行下，列车自动运行到车站停稳后，系统自动开车门及站台门。列车进站停车时如超出了停车精度范围，则车门和站台门不能打开。若列车进站停车过标不大于 5 米（可设定）系统可自动控制列车进行对位调整 N 次（可设定），若调整到位，开启车门和站台门。如果列车经过 N 次调整后仍不能停车到位，应向中心进行报警，由人工远程介入进行控制或直接运行至下一站。若列车进站停车过标超过 5 米（可设定），则应向中心进行报警，由人工介入进行控制或直接运行至下一站。
- 1.7.1.5 当列车进站停车时，ATP 子系统应保证列车头部进入有效站台时的速度不超过站台的限制速度；列车出站过程中，ATP 子系统应保证列车尾部离开有效站台前的速度不超过站台的限制速度。
- 1.7.1.6 车站发车计时器指示列车的发车时机，在 AM 人工关门模式、CM 模式、RM 模式、EUM 模式下，均由司机根据发车计时器的显示关闭车门及站台门并启动列车。
- 1.7.1.7 列车在全自动驾驶模式下，当站停时间结束后，自动关闭车门及站台门，并自动发车继续运行。列车在站台发车前 10 秒（可配置），信号系统向车辆设备提供信息，车辆设备控制列车发出声光提示，发车前 5 秒（可配置），信号设备控制关闭车门及站台门。到发车点，列车自动启动，驶向下一站。

### 1.7.2 列车站间运行

- 1.7.2.1 列车在满足规定的安全间隔和行车间隔要求的前提下在区间自动追踪运行。
- 1.7.2.2 在 FAM 或 AM 驾驶模式下，区间停车为智能控制，保证乘客的舒适性。列车在区间停车后（紧急制动除外），当 ATP 允许列车运行，ATO 自动启动列车。

**1.7.2.3** 在保证行车安全和满足运营能力要求的前提下，列车在区间运行以节能运行和舒适运行为目标，提高系统的服务质量。列车在区间正常运行的情况下，信号系统只会发出一次性的牵引、惰行和制动指令或应尽量减少列车的牵引及制动次数。

**1.7.2.4 站间反方向运行要求**

- 1) 站间反向运行时，信号系统具备 **CBTC**、联锁两级控制方式，**CBTC** 级控制方式应至少具备 **ATP** 防护功能；
- 2) 站间反向运行时，**ATS** 应能实现车组号追踪；
- 3) 在 **CBTC** 级控制方式下，站间反向运行时人工驾驶列车在站台对位停车后，具备车门站台门联动的功能；
- 4) 在联锁级控制方式下，站间反向进路始端信号机的开放需检查该进路始端及进路范围内的站台门、紧急关闭按钮状态；
- 5) 在 **CBTC** 级控制方式下，站间反向运行时 **ATP** 对站台门、紧急关闭按钮状态进行实时防护；
- 6) 站间反向运行时，设有反方向出站功能信号机的站台应具备自动换端功能。

**1.7.3 列车运行结束作业**

**1.7.3.1** 列车回车辆段不再继续运行时，进行列车运营结束作业处理，即在当日运行计划中消去运营结束的列车车次，以免发生车次重号，并生成司机作业报告单。

**1.7.3.2** 在终点站或在其它站停留不再运营、临时退出运营的列车，除在运行计划中标记外，也进行列车运营结束作业处理。

**1.7.3.3** 全自动驾驶模式下，列车到达终到站，站内、车辆广播提醒乘客下车及不能上车。停站未清客完成期间，车载信号设备保持车门打开，在清客完成，收到关门指令后，系统自动关闭车门和站台门。在清客确认后，列车根据移动授权，以全自动驾驶模式自动运行至转换轨后，信号系统自动向列车发送“停止正线服务”指令。

**1.8 车辆段作业**

**1.8.1** 车辆段内的作业主要有列车出入车辆段的作业、车辆段内的列车、调车作业，试车线的试车作业及其他作业。

**1.8.2** 车辆段分为全自动控制区域及非全自动控制区域，要求列车在全自动运行区域内具备全自动运行、休眠、唤醒、自动洗车等功能。全自动控制区域与非全自动控制区域设置转换区域，进行驾驶模式的转换。

#### 1.8.3 在车辆段内的列车可采用的驾驶模式：

- 1) **RM、EUM、CM、AM、FAM、CAM 模式**（具备 **AM、CM、FAM、CAM** 驾驶模式的区域根据工程情况确定，投标人应根据系统特点，结合站场及线路的布局对区域的划分提出合理化建议及可实施性方案）。

#### 1.8.4 列车出车辆段：

- 1) 列车在预定离开车辆段前，通过车载设备的自检和自诊断功能确认车载设备工作正常，减少因车载设备工作不良而造成列车延误出车辆段的现象。列车出库前，司机可输入司机号。
- 2) 列车以 **RM** 驾驶模式出段：列车于出车辆段的“转换轨”处停车或不停车进行列车精确位置、车次信息等的初始化后，车载设备自动或人工转换为 **CM** 或 **AM** 驾驶模式。
- 3) 列车以 **CM** 或 **AM** 驾驶模式出段：列车在离开停车库线前，通过车载设备的自检和自诊断功能确认车载设备工作正常，列车于出停车库线前完成定位、初始化，车载设备自动或人工转换为 **CM** 或 **AM** 驾驶模式，运行至转换轨停车或不停车，进行车次信息的初始化。
- 4) 列车以 **FAM** 驾驶模式出段：列车唤醒成功后，根据派班计划及移动授权，鸣笛启动，全自动驾驶列车自动运行至转换轨停车或不停车进行车次信息的初始化后，进入正线运行。列车进入转换轨后向车辆发送“进入正线服务”工况，用于车辆照明、空调/电热的控制。

#### 1.8.5 列车入车辆段：

- 1) 列车以 **RM** 驾驶模式入段：列车入车辆段前，**ATC** 系统向司机和车辆段值班员发出列车回库信息。在入车辆段信号机开放后，列车进入车辆段，在列车进入“转换轨”后，停车或不停车办理“消号”手续，并自动或人工转换为限制人工驾驶模式。
- 2) 列车以 **CM** 或 **AM** 驾驶模式入段/场：列车以 **CM** 或 **AM** 驾驶模式运行至转换轨，停车或不停车办理“消号”手续后，运行至相应停车库线。
- 3) 列车以 **FAM** 驾驶模式入段：全自动运行模式下，列车运行至转换轨停车或不停车办理“消号”手续，向车辆发送“停止正线服务”工况，用于车辆照明、空调/电热的控制。列车根据回库计划及移动授权，全自动驾驶运行至段内相应停车库线，进行休眠。

1.8.6 列车在车辆段内运行需具有车组号的跟踪、显示功能，并在相应的工作站显示相关信息。

#### 1.8.7 列车休眠

- 1) 当列车运行至预定义的休眠停车窗内时，**ATS** 判断列车具备休眠条件后，自动或人工向车载信号设备发送休眠命令。
- 2) 车载信号设备收到休眠命令，完成自身休眠准备工作后，向车辆发出休眠请求命令，车载信号设备收到车辆的休眠确认后，向车辆发送休眠指令，车辆控制车载设备断电。
- 3) 休眠结果反馈给中心 **ATS**。若休眠不成功，进行报警提示。

#### 1.8.8 列车唤醒

**ATS** 根据计划，提前一定时间（可配置）向休眠列车信号设备发出唤醒指令，信号车载设备向车辆转发唤醒指令，车辆对全列车的上电并成功后，车载信号设备及车辆设备执行必要的自检、测试（包括动态测试）。测试成功后，车载设备处于激活可用状态，具备以 **FAM** 模式运行的条件。

#### 1.8.9 自动洗车

- 1) 信号系统接收洗车机的状态，在洗车机准备就绪的情况下，**ATS** 根据目的地码或洗车计划自动排列至洗车库的进路，根据移动授权列车以 **FAM** 模式自动运行至洗车库前停车。信号系统收到洗车机的洗车确认后，信号系统向车辆发送“洗车”工况，开始洗车。
- 2) 洗车过程中，信号控制列车牵引，暂定车辆控制列车恒速运行（车速 3~5km/h）。
- 3) 洗车完毕，列车运行至出清洗车库停车点停稳，退出洗车工况，列车继续以 **FAM** 模式运行回库。

### 1.9 试车线作业

1.9.1 试车线上的道岔和调车信号机纳入车辆段的联锁控制。

1.9.2 试车作业需在信号楼控制室与试车线控制室完成控制权的交接后方可进行。当试车线控制室取得控制权后，才能对试车线上的列车进行相应的测试。例如在车辆段办理非进路调车之后，在试车线界面上按压“试车”按钮，车辆段“试车”表示灯点亮，同时试车线取得控制权，试车线上的调车信号机保持点灯。

1.9.3 试车结束后，由试车线控制室发出取消试车请求，车辆段联锁系统收到该信

息，并检查相关条件满足后，收回对试车线的控制权。例如试车线试车完毕，在试车线界面上复原“试车”按钮，车辆段“试车”表示灯灭灯，同时车辆段恢复试车线控制权；试车功能的启用需要车辆段和试车线共同人工确认，此项操作通过管理规章保障。

1.9.4 试车线与车辆段之间详细的控制接口将在设计联络阶段确定，投标人应提供详细的接口方案。

## 1.10 降级运行

### 1.10.1 ATS 子系统故障：

- 1) 当控制中心 **ATS** 设备故障时，可自动切换至备用控制中心完成监控在线列车运行的功能；
- 2) 当控制中心 **ATS** 故障或通信通道故障时，转为车站 **ATS** 控制，具备根据车站时刻表、列车识别号、列车位置等信息进行自动控制和人工控制；
- 3) 当车站 **ATS** 设备故障时，车站联锁设备可实现按相关自动控制方式控制在线列车的运行或由车站值班员人工办理进路方式控制列车的运行。

### 1.10.2 ATP/ATO 地面设备故障：

- 1) 当某一区域的地面 **ATP/ATO** 信息传输等设备故障时，车载设备产生报警、并实施紧急制动。系统将该区段转换为降级运营模式，司机可将驾驶模式转换为 **RM** 驾驶模式，并按地面信号显示人工驾驶列车运行；
- 2) 当列车又运行至地面 **ATP/ATO** 设备正常的区域时，车载设备接收到有效的 **ATP/ATO** 信息，司机可在不停车的情况下将列车转换至 **CM** 模式或 **AM** 模式下运行。

### 1.10.3 车载设备故障：

- 1) 当列车运行在 **AM** 模式下，车载 **ATO** 设备故障，**ATP** 设备正常，车载设备产生报警。司机可选择列车在 **CM** 驾驶模式下运行，也可选择列车至 **RM** 或 **EUM** 驾驶模式下运行；
- 2) 车载 **ATP** 设备故障，车载设备产生报警并紧急制动停车。列车只能在人工转换为 **EUM** 驾驶人工模式下运行，司机根据地面信号的显示人工驾驶列车；
- 3) 当某一列车的车地通信设备故障时，其余列车仍然运行于 **CBTC** 模式。系统应能识别非通信列车（含车载设备故障列车）与连续式通信列车，实现不同控制级别列车的共线混跑运行。



#### 1.10.4 联锁控制模式

- 1) 联锁控制模式是指连续式 ATP 功能失效时, 仅以联锁设备保证列车进路安全, 它适用于列车以 RM 和 EUM 驾驶模式运行, 司机根据地面信号机的显示行车;
- 2) 由联锁设备实现进路的自动控制或人工设置;
- 3) 联锁设备应能将某一信号机或全部信号机设置为自动模式或人工模式;
- 4) 在联锁控制模式下, 原则上所有的列车运行进路前方均设置保护区段, 排列进路时相应的保护区段必须空闲和锁闭, 保护区段的设置必须满足运营使用要求。保护区段中若存在道岔区段, 应能建立道岔侧向和道岔直向的保护区段。联锁需对保护区段的设置进行逻辑判断, 当一条保护区段不能建立时, 自动建立另外一条保护区段。保护区段的具体设置及解锁条件在设计联络阶段确定。

#### 1.10.5 降级模式下的行车闭塞方式采用进路闭塞方式。

#### 1.10.6 全自动驾驶模式 (FAM) 下应急及其他故障情况下的处理方式要求:

1.10.6.1 当列车运行在 FAM 模式下, 车辆出现故障或信号与车辆网络接口故障的时候, ATP 系统应立即施加紧急制动, 保证列车安全。同时向中心调度员工作站告警, 系统申请进入 CAM 模式 (蠕动模式), 经调度人员确认后人工进入 CAM 模式, 列车以 25km/h 速度行驶, ATP 在此过程中实施防护。当列车以 CAM 模式进行车站自动停车后, 车载 ATP 施加紧急制动以防止列车移动, 等待人工处理。

1.10.6.2 当列车以 FAM/CAM 模式自动运行时, 若列车丢失定位或列车位置有效但移动授权无效时, 车载设备应立即实施紧急制动。中心在确定列车前方区段空闲、道岔位置正确且锁闭、信号已开放后, 以二次确认的方式, 可授权列车缓解紧急制动以远程限制人工驾驶模式 (RRM) 向前以一定限速值移动; 列车根据授权可在限速条件下继续运行, 重新获得移动授权。RRM 模式每次向前达到固定距离后中心可继续授权前进, 若列车连续向前运行超过规定距离但列车仍无法升级成功时, 应自动退出 RRM 模式, 具体在设计联络阶段确定。

1.10.6.3 当列车上紧急制动手柄、运行中车门打开、车上发生火灾、车站火灾、车上检测到障碍物/脱轨、车辆制动力丢失等紧急情况下, 系统可启动相应的联动控制, 自动或人工采取相应措施。

#### 专题二: 列车障碍物主动检测技术方案

请投标人结合天津地铁 6 号线工程 (梅林路站~咸水沽西站) 渌水道站~咸水沽西站

段全自动技术的应用,投标时提供基于多技术融合的列车障碍物主动检测方案专题研究。方案中应对障碍物主动检测采取的识别技术(如:激光雷达、红外、3D 摄像机、超声波传感器等)及原理、软硬件实现方案、识别精度等技术指标、RAMS 指标、与信号系统衔接等方面进行详细描述。

1.10.6.4 当列车在 FAM 模式下,ATO 子系统设备故障,ATP 系统应立即施加紧急制动,保证列车安全,同时向中心调度员工作站告警,提示调度人员车载 ATO 系统故障,需派司机上车救援,司机可选择列车在 CM 模式下运行,也可选择列车至 RM 或 EUM 驾驶模式运行。

1.10.6.5 投标人应根据系统特点详细描述全自动驾驶模式下的各种应急及故障状态下的处理方式。

1.10.7 正常情况下,工程车在非运营时段上线运行。

1.10.8 当工程车上不装设车载 ATP 设备时,则司机以地面信号的显示为依据驾驶列车,列车运行的安全由联锁设备、司机等共同保证。

1.10.9 当工程车上安装车载 ATP 设备时,司机可以以 CM、RM 或 EUM 模式驾驶列车运行。采用 RM、EUM 模式时,列车运行的安全由联锁设备、司机等共同保证。

1.10.10 投标人提供的系统既要完成正常运行模式与降级运行模式之间的安全、可靠转换,又要避免因降级系统故障影响主系统正常运行。正常运行模式与降级运行模式之间可实现自动转换。

1.10.11 投标人应结合其信号系统的特点,并根据其工程实践经验,向招标人提供降级方案的建议,在本次投标文件中应详细描述系统降级运行模式的有关功能及实现方式,以及降级模式与正常运行模式的关系,对正常运行在安全、可靠及效率方面有无影响等。

## 1.11 信号机设置及显示

1.11.1 信号机原则上设置于列车运行方向线路的右侧,也可根据需要经招标人及运营单位同意后设置于列车运行方向线路的左侧。信号机的布置应考虑线路弯道、坡道、人防门、站台门、广告牌、消防水管、正线与车辆段及联络线间的供电分区划分等因素,确保信号机显示距离满足相关要求。

1.11.2 在不影响线路运营能力的前提下,标准停车位置距离信号机不小于 5m。

### 1.11.3 正线信号机

1.11.3.1 正常情况下，正线区段列车以车载设备显示作为行车凭证。**ATP** 故障车、工程车、救援列车等无车载信号列车及地面 **ATP** 故障情况下降级运行的列车按地面信号机的指示人工驾驶运行。

1.11.3.2 正常运行模式下，正线室外信号机灭灯（尽头用于阻挡的信号机、联络线信号机等除外），故障情况下具备自动室外点灯功能，故障恢复后，室外自动灭灯。室外自动点灯的范围（暂定）：将列车前方 **1200** 米区域内的信号机点亮，具体点灯范围将在设计联络阶段确定。

1.11.3.3 正常运行模式下，室内中心及车站现地控制工作站上的信号机复示器的显示应与列车的移动授权显示对应，即应有绿、黄、红的相应显示。

1.11.3.4 正线信号机应根据各信号系统的制式和特点来设置，原则上正线信号机的设置如下：

- 1) 道岔防护信号机；
- 2) 在每个车站出站方向设出站信号机，若出站信号机内方有道岔，则出站信号机兼做道岔防护信号机；
- 3) 长区间降级模式下为满足必要的追踪间隔设置区间分界点信号机；
- 4) 出车辆段（入正线）信号机；
- 5) 折返进路终端设置阻挡信号机；
- 6) 线路尽头设置阻挡信号机。

1.11.3.5 道岔防护信号机、出站信号机兼做道岔防护信号机采用黄、绿、红三灯位信号机构，红灯显示为定位。其显示及意义如下：

- 1) 绿色灯光--表示进路开通直向，准许列车规定的速度越过该信号机；
- 2) 黄色灯光--表示进路开通侧向，准许列车规定的限制速度越过该信号机；
- 3) 红色灯光--不准列车越过该信号机；
- 4) 黄色灯光+红色灯光--表示开放引导信号，准许列车以不大于规定的速度（如 **25km/h**）越过该信号机并随时准备停车。

1.11.3.6 出站信号机、区间分界点信号机及折返进路终端设置的阻挡信号机为绿、红二显示机构，红灯为定位显示。其显示及含义如下：

- 1) 绿色灯光--准许列车规定的速度越过该信号机；
- 2) 红色灯光--不准列车越过该信号机。

1.11.3.7 出段信号机采用绿、红二灯位信号机构，红灯显示为定位。显示及意义如下：

- 1) 绿色灯光--正线的进路准备就绪，准许列车进入正线运行；
- 2) 红色灯光--不准列车越过该信号机。

1.11.3.8 线路尽头设阻挡信号机，尽头阻挡信号机采用绿、红两灯位信号机构，绿灯封闭，永远显示红色灯光，不准列车越过信号机。

#### 1.11.4 车辆段信号机

1.11.4.1 车辆段信号机的设置如下：

- 1) 入段信号机；
- 2) 在停车列检库库前及咽喉区设置出库、总出库、入库列车兼调车信号机；
- 3) 在停车列检库内两列位中间起列车阻挡作用的列车兼调车信号机；
- 4) 其它地点根据需要设置调车信号机。

1.11.4.2 入段信号机采用黄、绿、红三灯位信号机构，红灯为定位显示。其显示及意义如下：

- 1) 绿色灯光--准许列车规定的速度越过该信号机进入段；
- 2) 红色灯光--不准越过该信号机；
- 3) 黄色灯光+红色灯光--表示开放引导信号，准许列车以不大于规定的速度越过该信号机并随时准备停车。

1.11.4.3 出库、入库列车兼调车信号机，采用绿、月白、红三灯位的信号机构，红灯为定位显示。其显示及意义如下：

- 1) 绿色灯光—表明列车进路开通，准许列车按规定的限制速度越过该信号机进行列车作业；
- 2) 月白色灯光—表明调车进路开通，准许列车规定的速度越过该信号机进行调车作业；
- 3) 红色灯光--不准越过该信号机。

1.11.4.4 列车阻挡兼调车信号机，采用绿、月白、红三灯位的信号机构，绿灯封闭，红灯为定位显示。其显示及意义如下：

- 1) 月白色灯光--准许列车规定的速度越过该信号机进行调车作业；
- 2) 红色灯光--不准越过该信号机。

1.11.4.5 调车信号机，采用月白、蓝两灯位的信号机构，蓝灯为定位显示。也可采用矮型蓝、白两灯位信号机，蓝灯为定位。其显示及意义如下：

- 1) 月白色灯光--准许列车规定的速度越过该信号机进行调车作业；
- 2) 蓝色灯光--不准越过该信号机进行调车作业。

1.11.5 信号机应具有灯丝监督的功能，灯丝断丝能够实现自动报警，应符合《LED 铁路信号机构通用技术条件》（TB/T 3242）的要求。

1.11.6 本用户需求书的附图-信号平面布置示意图为信号机设备布置的基本要求，信号机设备的设置地点不得少于附图中设置位置。

## 2 基本技术要求及系统性能要求

### 2.1 基本技术要求

2.1.1 本工程信号系统由正线列车自动控制（ATC）系统和车辆段信号设备组成。

2.1.2 天津地铁 6 号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段采用全自动运行技术，信号系统须采用完整的基于无线通信的移动闭塞列车自动控制系统 ATC，包括列车自动监控子系统 ATS、列车自动防护子系统 ATP、列车自动运行子系统 ATO、计算机联锁子系统 CI、数据通信子系统 DCS、维护支持子系统 MSS、培训子系统。具有以下主要特点：

- 1) 技术先进，即信号系统设备应采用先进的技术、工艺、部件等以保证更好地实现系统的功能，达到系统的各项指标要求，并更有利于操作、自诊断、维护及功能扩展；
- 2) 符合国内外城市轨道交通信号技术的发展方向；
- 3) 具有良好的工程应用业绩；
- 4) 安全、稳定、可靠；
- 5) 具有较高的性能价格比；
- 6) 符合国产化政策的规定，满足国产化率要求。

2.1.3 信号系统中凡涉及行车安全的子系统或设备必须满足故障-安全的原则，系统中主要行车设备或子系统的计算机系统必须采用多重冗余技术，热备切换时间须不影响设备工作的连续性，应做到无扰切换。

2.1.4 信号系统须具有降级使用的灵活控制模式，须具备联锁级下的降级运行模式。

2.1.5 信号系统设备具有高灵活性以及便于将来的扩展，系统设备的设计、制造均应符合和遵循相应的国际标准和国内标准。

2.1.6 系统的软件设计、信源编码、数据传输以及与其他系统的接口、数据链路控

制规程均须符合和遵循相应的国际标准和国内标准。

2.1.7 投标人应能根据其系统特点识别信号按钮故障，对可能造成运营中断的按钮故障（如黏连）应提供相应的保障措施，如串联使能按钮或软件旁路。投标人对保障措施的安全性负完全责任。

2.1.8 所有安全系统的设计、开发、制造、调试和维护的全寿命周期安全保证体系应满足国际和中国相关标准，且投标人必须对提供的用于运营的系统出示独立第三方权威安全评估机构（且独立于本项目）出具的安全认证书。

2.1.9 投标人须实现本工程信号系统与线网指挥中心（TCC）的接口。

## 2.2 系统性能要求

### 2.2.1 运营指标要求

#### 2.2.1.1 行车间隔

- 1) 投标人提供的基于通信的移动闭塞 ATC 系统能力：6 辆编组条件下，正线列车最小运行间隔、交路折返站（绿水道站（首期开通为起点折返站、与 8 号线一期工程贯通后为中间站除外）、景荷道站、咸水沽西站）最小折返运行间隔、列车最小出入车辆段运行间隔满足 2 分钟运营的要求。在本文件规定的站停时间的前提下，正线设计追踪间隔不大于 90 秒；交路折返站（绿水道站（首期开通为起点折返站、与 8 号线一期工程贯通后为中间站除外）、景荷道站、咸水沽西站）设计折返追踪间隔不大于 108 秒；列车出入车辆段设计追踪间隔不大于 108 秒。
- 2) 投标人提供的 CBTC 降级系统（含联锁级、CBTC 列车与非 CBTC 列车混合运行）运行能力：6 辆编组条件下，正线列车最小运行间隔、交路折返站（绿水公园站、绿水道站、景荷道站、咸水沽西站）最小折返运行间隔、列车最小出入车辆段运行间隔时间满足 5 分钟运营的要求，设计间隔时间为 255 秒（在运行间隔时间基础上预留 15%的余量）。

#### 2.2.1.2 旅行速度

初、近、远期全线旅行速度不低于 35km/h。

#### 2.2.1.3 安全防护距离

折返线及临时停车线的 ATP 安全防护距离的长度应小于或等于 40 米（不含车挡）。

#### 2.2.1.4 列车在站台停车精度的指标要求

在保证列车舒适度的要求，即列车纵向冲击率： $\leq 0.75\text{m/s}^3$ 的前提下，列车在车站站台的停车精度为 $\pm 0.3$  米时，应保证列车停在该停车精度范围内的概率为 99.99%。停车精度

为 $\pm 0.5$ 米时，应保证列车停车在该停车精度范围内的概率为 99.9998%。

#### 2.2.1.5 无人自动折返的正确率

列车到达折返站能可靠实现无人自动折返的正确率不低于 99.99%。

#### 2.2.1.6 列车非期望紧急制动发生率

列车因信号系统的原因产生的非期望（不正常）紧急制动发生率须小于 1 次/万列车公里。（投标人应详细列出可能引发紧急制动的情况）

### 2.2.2 系统响应性能指标要求

2.2.2.1 信息采集的表示周期，即设备状态变化至 ATS 控制中心的显示时间应小于或等于 1 秒。

2.2.2.2 控制命令的反应时间，即命令发出至被控系统开始执行的时间应小于或等于 1 秒。

2.2.2.3 监视器画面调用的响应时间小于或等于 1 秒，键盘响应时间应小于或等于 0.5 秒。

2.2.2.4 列车占用与空闲检测的应变响应时间应小于或等于 1 秒。

2.2.2.5 车载信号设备自接收地面信息至完成处理的时间应小于或等于 0.75 秒。

2.2.2.6 当车载信号设备识别到系统故障时，应立即发出紧急制动命令，且延时应小于或等于 0.75 秒。

2.2.2.7 车地通信的报文周期应小于或等于 1 秒。允许车地通信中断的时间小于或等于 5 秒。

2.2.2.8 车地间采用基于无线通信技术的传输方式时，在最高列车运行速度不小于 80km/h 条件下，其实现的主要控制指标包括但不限于：

- 1) 误码率小于  $10^{-6}$ ；
- 2) 95%概率条件下车地通信单网络的越区切换时间应在 100ms 以内；
- 3) 信息传输的丢包率应小于 1%；
- 4) 车地通信经有线和无线网络传输延迟时间应小于 150ms；
- 5) 车地通信每列车信息的传输速率不应低于 1Mbps；
- 6) 有线网络信息传输速率不小于 100Mbps；
- 7) DCS 骨干网应采用双向自愈的环形拓扑结构，应保证环网中一个节点故障后重新配置时间小于 50ms；
- 8) 整车应实现无缝切换。

### 2.2.3 可靠性、可用性、可维护性、安全性指标要求

#### 2.2.3.1 安全性：

- 1) 投标人所提供系统的安全完整性水平须满足《通用技术要求》中的相关要求。
- 2) 投标人须在投标时提供由国际权威认证机构出具或国家权威部门出具等级相当的产品安全认证证书。
- 3) 整个信号系统安全设备导向危险侧的概率指标： $10^{-9}/h \leq \text{概率指标} < 10^{-8}/h$ （ $h$  为行车小时）。

#### 2.2.3.2 可靠性：

- 1) ATS 设备的平均故障间隔时间： $MTBF \geq 2.5 \times 10^4 h$ ；
- 2) 计算机外围设备的平均故障间隔时间： $MTBF \geq 5 \times 10^4 h$ ；
- 3) 电源设备的平均故障间隔时间： $MTBF \geq 10^5 h$ ；
- 4) ATP 地面设备平均故障间隔时间： $MTBF \geq 2.5 \times 10^5 h$ ；
- 5) 车载 ATP/ATO 设备平均故障间隔时间： $MTBF \geq 1.5 \times 10^5 h$ ；
- 6) 联锁设备的平均故障间隔时间： $MTBF \geq 1.5 \times 10^5 h$ ；
- 7) 地面有线网络设备平均故障间隔时间： $MTBF \geq 8 \times 10^4 h$ ；
- 8) 车地无线通信设备平均故障间隔时间： $MTBF > 8 \times 10^4 h$ 。
- 9) 计轴设备的可靠性要求：正确的计轴数平均  $\geq 1 \times 10^9$  轴；无故障工作时间  $\geq 1.75 \times 10^5 h$ 。

#### 2.2.3.3 可用性：系统的可用性应不小于 99.99%。

#### 2.2.3.4 可维护性：

- 1) 车载设备的平均故障修复时间： $MTTR \leq 30$  分钟；
- 2) 控制中心设备的平均故障修复时间： $MTTR \leq 45$  分钟；
- 3) 车站设备的平均故障修复时间： $MTTR \leq 45$  分钟；
- 4) 轨旁设备的平均故障修复时间： $MTTR \leq 4$  小时；
- 5) 车地通信设备的平均故障修复时间： $MTTR \leq 30$  分钟。

维修人员到达维修地点的旅行时间暂按 15 分钟计。

#### 2.2.4 其他指标要求

2.2.4.1 非通信列车在站台或停车股道计时停稳的判断条件为：按列车尾部出清停车股道接近区段后延时 15 秒（暂定）或列车占用停车股道延时 30 秒（暂定）计时作为列车停稳判断依据，具体设计联络阶段计算确定。

2.2.4.2 信号系统应与车辆配合，保证列车最高 ATO 推荐速度值与最高不允许突破速度值（任何情况下不允许超过的限速值）之差不大于 7km/h。



2.2.4.3 车载设备的测速分辨率 $\leq 1\text{km/h}$ ；测速误差 $\pm 3\text{km/h}$ ；在车站范围内定点停车的位置最大测量误差 $\leq 0.5\text{m}$ ；在区间运行时列车位置最大测量误差 $\leq 10\text{m}$ ；在折返停车时列车位置最大测量误差 $\leq 1\text{m}$ 。

### 3 系统构成要求

#### 3.1 系统总体构成要求

3.1.1 本工程信号系统设备按地域划分为控制中心设备、备用控制中心设备、车站及轨旁设备、车载设备、车辆段设备、试车线设备、培训中心设备和维修中心设备。

3.1.2 投标人提供的信号系统应由正线列车自动控制（ATC）系统和车辆段信号系统组成。正线信号系统包括 ATS、ATP、ATO、CI 设备，车辆段信号系统包括车辆段 ATS、ATP、ATO、CI 设备、试车线设备、维修中心和培训中心设备等。全线配置完整的 DCS 和维护监测子系统。所有运营列车均配备信号车载 ATP/ATO 设备、车地通信设备。

3.1.3 所有正线、折返线、渡线、停车线、出入段线、与其他线路联络线、车辆段自动控制区域及试车线均应装设车地连续通信轨旁设备、实现无线网络覆盖、满足车地双向连续通信的要求。试车线上的车地连续通信设备不能影响正线、车辆段的车地连续通信设备。

3.1.4 投标人应在投标文件中对采用 LTE 技术作为信号 DCS 系统的解决方案进行描述。投标人承诺所提出的信号 DCS 系统方案为完整、有效的解决方案，并对整体 DCS 系统方案负全责。

3.1.5 涉及行车安全的设备及电路须符合故障—安全的原则，安全系统须经安全检测、认证并批准后方可采用。涉及行车监控的关键设备（如进路控制和列车运行控制计算机及接口等）应采用冗余措施，冗余设备切换应实现无扰切换。

##### 3.1.6 系统容量

- 1) 投标人所提供的信号系统（包括各子系统）监控和管理的列车数量应按最小追踪能力所需列车数量设计，并应留有不小于 30% 的余量；系统监控容量除应满足 6 号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段及其延伸线工程在内的正线线路、车站、车辆段的建设规模外，还须在满足本工程最小运行间隔能力要求的基础上，设备的硬件容量配置（如采集控制容量、插槽等）

须留有不小于 30%余量、软件容量配置（如系统处理能力等）须留有不小于 30%余量。

- 2) **ATS** 子系统应具备对关键运营数据和设备运行数据保留 1 年的在线存储能力，其他子系统（不含车载设备）应具备对关键运营数据和设备运行数据保留不少于 1 个月的在线存储能力。

3.1.7 系统硬件和软件应按标准化功能模块进行设计，网络通信应采用国际通用的通信协议，并具有网络安全防护功能，系统网络应具有可扩展性，以便于在线路及站场发生变化时能对系统进行修改和设备功能的扩展。

3.1.8 信号系统应采用国际通用标准的计算机技术、网络技术、数据传输技术。各子系统间通信的传输频带、传输速度、调制解调方式及误码率等指标应符合国际和中国相关标准。

3.1.9 信号系统须满足在本工程限定的线路、车站配线、轨道、限界、牵引方式、停站时间及车站建筑等现场条件下实现所有运营能力指标的要求。在全线任何的正线车站、折返线、安全线和停车线、线路终端、出入段线、车辆段，信号系统对列车运行安全防护、列车停车位置的控制应满足土建规模对列车保护区段/安全防护距离长度的限制要求，同时确保实现运营能力指标、满足运营行车组织的要求。

3.1.10 全线信号系统单独组网，构成连通控制中心、正线车站、车辆段的光纤网络，为联锁、**ATP/ATO**、**ATS**、维护监测、车地通信子系统提供安全、可靠、冗余的传输通道。**ATP** 和联锁子系统等涉及行车安全的数据通道应完全独立配置，不应与其他专业或系统共用。

3.1.11 信号系统所有工作站须设计足够的软硬件能力，保证在操作过程中流畅、无停顿。

3.1.12 信号系统应能与其它系统如车辆、站台门、乘客信息、通信（时钟、无线、广播、**CCTV**）、控制中心大屏幕系统、综合监控、**TCC**、综合控制中心数据采集平台、洗车机、库门等系统以及与其它线路联络线信号系统之间安全、可靠和正确接口。

3.1.13 投标人应确保 **ATS**、**ATP**、**ATO** 和 **CI** 各子系统之间的接口、与招标人提供的信号设备之间的接口及信号系统与其它系统接口的安全、正确、可靠，并确保全线信号系统的整体性能、完整性、安全性和可靠性。

- 3.1.14 设备集中站的设置及其控制区域的划分应根据全线车站的配线情况、区域范围内线路长度、系统设备控制能力、系统性能指标、故障影响范围及维护维修管理设置等因素合理确定。
- 3.1.15 正线车站计算机联锁控制区域应根据联锁设备的控制距离确定，控制范围不应超过 6 公里，且控制正线车站数量不应超过 4 座。有岔站宜均设置计算机联锁设备。
- 3.1.16 ATP 计算机控制区域应根据列车运行间隔及管理列车数量确定。正线 ATP 计算机控制范围不宜大于 10 公里，且控制正线车站数量不宜超过 6 座；车辆段 ATP 计算机管理控制列车能力应大于车辆段远期列车存放数量的要求。
- 3.1.17 车辆段内的全自动控制区域纳入 ATC 系统的控制范围，车辆段应设置 ATP 计算机设备，车辆段的全自动/非全自动控制区域均纳入 ATS 子系统的监控范围。
- 3.1.18 （\*）本工程正线设置 ATP/ATO 主机和联锁主机设备的一级设备集中站数量须不少于 2 个，设置有联锁主机或联锁远程控制单元等设备的二级设备集中站数量须不少于 2 个。
- 3.1.19 （\*）车辆段设置 ATP/ATO 计算机设备须各不少于 1 套。
- 3.1.20 ATS 子系统的中央级计算机及网络设备设置于控制中心。
- 3.1.21 设备集中站的联锁控制工作站与 ATS 子系统的车站监控工作站宜一体化设置，称为现地控制工作站，宜冗余设置（含显示器）；其他有操控权的车站配置 ATS 车站监控工作站，宜冗余设置（含显示器）；无操控权的车站配置 ATS 车站监视工作站，可单套配置。
- 3.1.22 正线各站车站控制室均设置综合后备盘（IBP 盘），IBP 盘上应按车站站场布置来设置站台紧急关闭/紧急关闭复原按钮、计轴复位按钮、人员防护开关、相应的表示灯及报警电铃等。
- 3.1.23 在所有有岔站的车站控制室 IBP 盘或车站现地控制工作站/ATS 监控工作站界面上应有道岔转辙机电流监测显示（电流表应设置合理的量程，应满足转辙机在正常工作范围内最大电流值的显示要求）。
- 3.1.24 正线、车辆段应配置信号集中监测设备，对系统配套的基础设备运行状态进行监测，这些基础设备包括但不限于：转辙机、信号机、轨道区段、电源设备、室外电缆、各种关键继电器等。正线、车辆段应配置道岔缺口监测设备。
- 3.1.25 正线与车辆段间设置转换轨，转换轨的设置应根据站场线路平纵断面的布置、

运营要求、信号设备的情况合理设置。车辆段的出入段线（含转换轨）纳入正线控制范围，并按列车双方向运行设计。

3.1.26 试车线须配置与正线相同的信号设备。所有信号设备均须独立设置，不允许与正线合用。

3.1.27 正线 9 号道岔采用三相交流电动转辙机、双机牵引。正线上的每一组道岔转辙机的控制电路均应采用单独控制方式，并应符合转辙机控制的技术条件要求。每一台转辙机均应有独立的定、反位表示。

3.1.28 投标人须对所供系统的室内外设备的电源引入采用熔断设备进行电气保护，应对所有设备、线缆具有分级防护功能，下级熔断保护不得影响上级的熔断保护，系统应具有熔断器的故障报警功能。

3.1.29 信号设备应按照有关规范设计防雷装置。

3.1.30 （\*）信号系统的设备配置应充分体现信号设备的技术发展方向，并充分考虑天津市轨道交通网络的建设和运营，实现行车指挥及列车运行的自动化、运营管理的科学化，地铁服务的现代化、人性化及以人为本。所采用的设备、器材必须满足本工程环境要求和工程现场安装条件，设备结构紧凑，便于安装、调试和维护，车载设备的安装和布置不得超出车辆限界，轨旁设备的布置不得超过设备限界，设备（含支架）与设备限界应保持不小于 50mm 的安全间隙。

## 3.2 ATS 子系统构成要求

3.2.1 ATS 子系统由位于控制中心、备用控制中心、正线各车站、车辆段的 ATS 设备通过网络及传输设备构建而成。ATS 子系统的数据传输通道应采用冗余的网络结构。

3.2.2 ATS 子系统应采用双通道冗余的工作方式，主通道故障时自动切换至备用通道传输数据信息，主备通道的切换应保证数据传输的连续性，系统应能确保实时、连续的正确显示和控制。

### 3.2.3 控制中心设备

3.2.3.1 在控制中心设置 ATS 子系统冗余的网络设备。

3.2.3.2 控制中心中央控制室的基本设备配置：（以下调度席位设置为暂定）

- 1) 在中央控制室设置 2 台行车调度员工作站，1 台调度长工作站。调度员/长 workstation 在硬件和软件上应具有相同的结构，控制功能互为备用，且控制功能可根据需要

进行灵活配置，每个工作stations上均设 2 台高分辨率不小于 22 英寸液晶显示屏，显示行车细景信息及列车计划和实际运行图；

- 2) 在中央控制室设置 2 台乘客调度工作站，每个工作stations上均设 2 台高分辨率不小于 22 英寸液晶显示屏，用于实现乘客的相关视频、控制及调度功能；
- 3) 在中央控制室设置 1 台车辆调度工作站，配置 2 台高分辨率不小于 22 英寸液晶显示屏，用于实现车辆的相关视频、控制及调度功能。
- 4) 1 台运行图显示工作站，配置 1 台高分辨率不小于 22 英寸液晶显示屏，显示列车计划和实际运行图；
- 5) 1 台大屏幕接口设备，投标人须保证提供的 ATS 系统能够可靠地与控制中心大屏幕（招标人提供）接口，实现在大屏幕上的文字、图表、画像的显示功能，该图形软件应为矢量图。控制中心大屏幕上显示画面的布置应符合线路的实际位置及方向，与调度员工作站一致；
- 6) 配置 1 套与线网指挥中心接口的设备；
- 7) 1 台 A3 彩色激光打印机，用于运行图打印、数据报表打印及故障报警打印；
- 8) 网络交换机、路由器等网络传输设备（双网冗余）。

#### 3.2.3.3 运行图编辑室的设备配置：

- 1) 1 台时刻表/运行图编辑工作站，配置 1 台高分辨率不小于 22 英寸液晶显示屏；
- 2) 1 台绘图仪，用于运行图打印。

#### 3.2.3.4 控制中心模拟/演示室设置 1 套培训模拟服务器、1 台培训/演示工作站、3 台学员培训工作站、1 台 A3 激光打印机及相关网络设备等。

#### 3.2.3.5 控制中心信号设备室/网管室的设备配置：

- 1) 1 套数据库服务器（双机热备，含磁盘阵列）；
- 2) 1 套应用/通信服务器（双机热备）；
- 3) 网络交换机、路由器等网络传输设备（双网冗余）；
- 4) 1 套通信前置机（双机热备）；
- 5) 1 台 ATS 维护工作站；
- 6) 1 台网管工作站；
- 7) 1 台 A3 激光网络打印机；
- 8) 电源设备（含智能电源屏、UPS 及蓄电池）；
- 9) 防雷设备等。

### 3.2.4 备用控制中心设备

#### 3.2.4.1 备用控制中心的基本配置：

- 1) 1套数据库服务器（双机热备，含磁盘阵列）；
- 2) 1套应用/通信服务器（双机热备）；
- 3) 网络交换机、路由器等网络传输设备（双网冗余）；
- 4) 1套通信前置机（双机热备）；
- 5) 1台调度员工作站和1台调度长工作站，工作站在硬件和软件上应具有相同的结构，控制功能互为备用，每个工作stations上均设2台分辨率不小于22英寸液晶显示屏，显示行车细景信息；
- 6) 1台乘客调度工作站、1台车辆调度工作站，用于实现乘客、车辆的相关视频、控制及调度功能。
- 7) 1台时刻表/运行图编辑工作站，配置1台分辨率不小于22英寸液晶显示屏；
- 8) 1台运行图显示工作站，配置1台分辨率不小于22英寸液晶显示屏；
- 9) 1台ATS维护工作站；
- 10) 1台网管工作站；
- 11) 1台A3激光网络打印机，用于数据报表打印及故障报警打印；
- 12) 1台绘图仪，用于运行图打印；
- 13) 电源设备（含智能电源屏、UPS及蓄电池）；
- 14) 防雷设备等。

3.2.4.2 备用控制中心具备与控制中心的冗余热备和无缝切换，其设备配置数量和冗余配置要求须与控制中心一致，并须设置车辆调度工作站和乘客调度工作站。

### 3.2.5 车站和车辆段ATS子系统设备

3.2.5.1 正线车站、车辆段均设冗余配置的ATS车站级局域网。

3.2.5.2 设置联锁计算机的设备集中站应设冗余配置的ATS车站服务器、冗余配置的路由器及传输设备、冗余配置的车站现地控制工作站（每台工作站配置两台高分辨率液晶显示器屏幕，暂定由综合监控专业提供）；非设备集中站应设置冗余配置的ATS车站网络设备（冗余配置的路由器及传输设备），其中有岔非设备集中站配置冗余的车站ATS监控工作站（每台工作站均配置2台高分辨率液晶显示器屏幕，暂定由综合监控专业提供），无岔非设备集中站配置单套的车站ATS监视工作站（配置1台高分辨率液晶显示器屏幕，暂定由综合监控专业提供）。

- 3.2.5.3 在轮乘室（司机休息室/司机换班室，本工程在涿水道站、景荷道站、咸水沽西站有配置）设置 1 台 ATS 监视工作站，配置 1 台分辨率不小于 22 英寸液晶显示器，用于显示列车位置、车次号及运行图等信息；在与车辆段接轨站（设于海河教育园站）设置 1 台 ATS 运行图显示工作站，配置 1 台分辨率不小于 22 英寸液晶显示器。
- 3.2.5.4 车站控制室 IBP 盘应与车站 ATS 工作站上显示的列车运行方向一致，车站 ATS 工作站显示画面的布置应符合线路的实际位置及方向。
- 3.2.5.5 原则上在各站站台的正方向运行出站侧的站台端部相应位置和转换轨的入正线处的适当位置设置正向发车计时器，指示列车的发车时刻。
- 3.2.5.6 发车计时器采用发光二极管 LED 全屏显示，显示色彩为单色，亮度 $\geq 100\text{cd/m}^2$ ，发车计时器采用  $\text{AC}220\text{V} \pm 10\%$  的电源，LED 的使用寿命为 10 万小时。
- 3.2.5.7 发车计时器的外形尺寸应考虑土建最不利条件下的安装要求，发车计时器应考虑对通信时钟信息和站台门状态指示灯信息的整合，整体结构应防尘、防潮、散热。为便于维修，显示器的前面板或后面板应具有向上开启的结构，LED 的显示单元块应便于插拔更换。
- 3.2.5.8 在车辆段信号楼信号设备室内设置车辆段 ATS 服务器、路由器及传输设备。
- 3.2.5.9 信号楼控制室内（与车场调度中心（DCC）合设）设置 ATS 工作站（可与控制室的联锁控制工作站合一），双机热备配置，采用 2 台分辨率不小于 25 英寸液晶显示屏。同时设置 1 台 ATS 监视工作站及打印机，配置 1 台分辨率不小于 22 英寸液晶显示器。在车辆段停车列检库派班室内设置派班室 ATS 工作站，配置 1 台分辨率不小于 22 英寸液晶显示器。
- 3.2.5.10 配置两台显示器的工作站应具有分屏与合屏的操作/表示功能，两台显示器应能实现互为备用。
- 3.2.5.11 正线设备集中站、控制中心、备用控制中心、车辆段设置 ATS 维护工作站及打印机（宜与维护监测系统工作站合设），显示器应采用 22 英寸液晶显示器，采用 A3 激光打印机。
- 3.2.5.12 某一车站或车辆段的 ATS 控制设备发生故障，不应影响整个 ATS 子系统的工作。
- 3.2.6 控制中心及备用控制中心设备冗余配置的基本要求：
- 1) 采用双网热备冗余结构网络；
  - 2) 控制中心服务器采用双机热备冗余结构；

- 3) 备用控制中心服务器采用双机热备冗余结构;
  - 4) 机柜内直流电源采用双套冗余, 自动切换;
  - 5) 各调度员/长工作站互为备用;
  - 6) 调度员/长工作站、乘客调度工作站、车辆调度工作站的双显示器输出控制相对独立, 一个显示器故障, 可由另一台显示器完成全部的显示及控制功能;
  - 7) 与其他专业接口的通信前置机采用双套冗余;
  - 8) 热备冗余应实现自动和人工无扰切换, 主备切换应确保连续的显示及控制功能。
- 3.2.7 ATS 子系统所采用的软件平台均为设备交货时流行的计算机网络控制操作系统。
- 3.2.8 ATS 子系统的数据传输协议应符合 ISO 规定的网络通信协议和 IEEE、ITU 规定的数据传输标准。
- 3.2.9 投标人也可根据各自系统的特点提供合理的 ATS 子系统设备的配置方案, 最终以招标人认可接受为准。

### 3.3 ATP 子系统构成要求

- 3.3.1 ATP 子系统设备由车站、车辆段、轨旁设备和车载设备组成。
- 3.3.2 ATP 子系统是保证列车运行安全的设备, 提供列车运行间隔控制及超速防护, 必须满足故障-安全原则。为确保系统的高可靠性和高安全性, 应采用高可靠性、高安全性硬件结构和软件设计, 以及采取必须的硬件、软件冗余措施, 且 ATP 子系统与相邻有关系统间的通信通道应具有热备冗余配置。主备设备转换时间不应影响列车正常运行和司机正常驾驶。
- 3.3.3 ATP 子系统地面计算机设备与联锁设备必须具有安全可靠的接口, 应配置在有联锁主机 (联锁逻辑运算计算机) 的设备集中站, 并须满足三取二或二乘二取二的冗余配置。
- 3.3.4 系统采用连续速度曲线控制模式, 应确保系统在现有的工程现场条件、编组条件下满足系统能力、旅行速度等的运营要求, 并满足与联锁系统及其它系统接口的要求。
- 3.3.5 在设置地面 ATP 计算机的正线设备集中站设置 ATP/ATO 维护工作站 (除试车线维护工作站外, 其余宜与维护监测子系统工作站合设) 及打印设备。
- 3.3.6 在车辆段内设置 ATP 计算机设备, 在车辆段咽喉区、洗车库、停车列检库内等地点设置相应的应答器设备。



3.3.7 CBTC 信号系统应配置轨道区段占用检测设备，并应具有完善的降级运行模式。

3.3.8 正线列车位置检测设备和车地间信息传输设备可采用以下设备或以下设备的组合：

- 1) 计轴设备；
- 2) 应答器；
- 3) 交叉感应电缆环线；
- 4) 漏缆；
- 5) 波导管；
- 6) 无线电台及天线。

3.3.9 应答器的布置原则应满足但不限于以下要求：

- 1) 车站站台设置无源应答器，用于精确停车，对于需要双方向运营的站台应具有双向精确停车功能；
- 2) 正线（含出入段线、转换轨及联络线）区间、正线停车线设置无源应答器，用于列车定位；
- 3) 转换轨、联络线入口处、正线停车线入正线处设置无源应答器，用于列车初始化；

3.3.10 正线和车辆段的适当地点设置用于休眠唤醒的应答器设备。系统应保证在不连续丢失 2 个位置校准设备的情况下，列车正常运行不会受到影响。

3.3.11 应答器内部不应设置电池。

3.3.12 轨旁设备的设置应有利于设备的安装、调试、运营和方便维护，须满足隧道限界、天气、振动、维护等方面的要求，适应地铁的环境条件，应能防水、防尘。

3.3.13 在车站站台门两端处设置清客按钮、站台开/关门按钮，以实现清客确认和车门、站台门打开/关闭功能。

3.3.14 正线在车站 IBP 盘上设置人员防护开关，在现地控制工作站、ATS 工作站上具有相关表示。工作人员进入区间时必须转动人员防护开关，正线车站原则上每一个进入区间点设置一个，一般每个车站设置 4 个。出站端的防护开关的防护范围暂定为：站台和至下一站的本侧区间。进站端的防护开关的防护范围暂定为：站台和至上一站的本侧区间。

- 3.3.15 在车辆段全自动控制区域的各防护分区入口需设置人员防护开关。原则上每一防护区设置 1 个人员防护开关，在轨旁或车辆段信号楼控制室设置人员防护开关，车辆段信号楼现地控制工作stations上具有相关表示。车辆段内防护开关的防护范围为相关的防护分区范围。
- 3.3.16 车辆段停车列检库内设置车载信号设备的日检配套设备，投标人应根据自身系统的特点和运营经验，对车载设备日检工作的内容及工作过程进行详细描述。
- 3.3.17 运营列车均应装设车载 ATP 设备。车载 ATP 设备配置要求：每列车头尾两端各设一套车载 ATP 设备，两端车载设备应自成系统，设置在一端的车载系统控制不依赖于另一端的终端设备。车载计算机两端各设置一套三取二或二乘二取二结构的车载 ATP 设备，头尾两端车载设备须满足完全冗余的要求。冗余设备应实现自动无扰切换，切换时间应不影响列车安全、正常运行和司机正常驾驶。
- 3.3.18 在司机控制台上设置车载信号设备的人机界面的显示器和司机操作的按钮和指示灯。
- 3.3.19 车载设备的人机界面的显示器采用至少 10.2 英寸的 TFT LCD 高分辨率的彩色显示屏，显示器的配置位置、倾角、显示面板的大小应方便司机监视。
- 3.3.20 车载设备的按钮及表示灯主要包括：
- 1) 驾驶模式转换开关或按钮；
  - 2) 自动折返按钮及表示灯；
  - 3) ATO 列车启动按钮及按钮灯等。
- 3.3.21 投标人应根据各自系统的特点提供合理的 ATP 子系统设备的配置方案，最终以招标人认可接受为准。

### **3.4 ATO 子系统构成要求**

- 3.4.1 ATO 子系统设备由车站、车辆段、轨旁设备和车载设备组成。
- 3.4.2 ATO 子系统实现列车自动驾驶的功能，应采用高可靠性的硬件结构和软件设计，应采取冗余措施，且与相邻有关系统间的通信通道也应采用冗余措施。
- 3.4.3 ATO 子系统的配置数量和地点宜与 ATP 子系统的配置相一致。
- 3.4.4 运营列车均应装设车载 ATO 设备。每列车头尾两端各设一套车载 ATO 设备。
- 3.4.5 为了提高车载设备可靠性和可用性，信号车载 ATO 设备应采用冗余配置，头

尾两端测速装置、应答器查询设备应具备头尾冗余控制，车载信号设备配置辅助驾驶设备及与车辆输入/输出接口。

3.4.6 为实现列车在车站站台或折返线定点停车，应在车站站台或折返线配置应答器等设备。

3.4.7 投标人应根据各自系统的特点提供合理的 ATO 子系统设备的配置方案，最终以招标人认可接受为准。

### 3.5 联锁子系统构成要求

3.5.1 在正线设备集中站设置计算机联锁子系统设备，计算机联锁主机（联锁逻辑运算计算机）的配置数量须大于或等于车站 ATP 计算机数量。

3.5.2 联锁子系统是保证列车运行安全，实现轨道区段、道岔、信号机之间正确联锁关系的系统，必须满足故障-安全原则，应采用高可靠性、高安全性硬件结构和软件设计，以及采取必要的硬件、软件冗余措施。正线、车辆段计算机联锁子系统应采用二乘二取二安全-冗余结构。计算机联锁子系统与相邻有关系统间的通信通道应热备冗余配置；安全接口应具有故障-安全功能。

3.5.3 正线联锁子系统由联锁计算机、现地控制工作站（与车站 ATS 工作站一体化设置）、联锁维护工作站、驱动及表示接口等设备组成。

3.5.4 车辆段联锁子系统由联锁计算机、联锁控制工作站、联锁维护工作站、驱动及表示接口等设备组成。联锁控制工作站应为专用的联锁控制台，可与控制室的 ATS 工作站一体化设置为现地控制工作站。

3.5.5 在正线设备集中站信号设备室、车辆段信号设备室设置联锁维护工作站（可与维护监测子系统工作站合设）及打印设备。

3.5.6 联锁设备执行层对结合继电器的物理驱动宜采用双断方式，即所有由电子电路驱动的继电器不存在公共的驱动回线。驱动继电器对应执行层的双系宜采用分线圈使用。

3.5.7 计算机联锁采集的继电器应通过采集继电器接点的方式直接证明继电器状态。对于涉及安全的非由计算机联锁驱动的关键继电器（轨道继电器、道岔表示继电器等），计算机联锁的每一系均应采用同时采集这些继电器的前后接点或双接点的方式并予以校核。其中定位表示、反位表示继电器及其他有动作关联的继电器可采用后接点串接后由计算机联锁采集的方式。

3.5.8 对于涉及安全的由计算机联锁驱动的关键继电器（LXJ、DXJ 等），计算机联

锁的每一系均应分开采集，同时采集这些继电器的前后接点并予以校核。

3.5.9 车辆段采用计轴设备，并设置计轴设备机柜、并设置接口柜、继电器柜、分线柜/防雷分线柜、灯丝报警和熔丝报警设备。

3.5.10 车辆段/停车场应急盘设置要求：

- 1) 应急盘在计算机联锁系统失效时用以控制道岔和引导信号；
- 2) 应急盘与计算机联锁系统不得同时操作；
- 3) 使用应急盘可以办理引导总锁闭；
- 4) 应急盘控制电路与联锁系统控制电路之间应采取隔离措施；
- 5) 应急盘盘面需有直观、清晰的站场图形表示，并有道岔位置及引导信号开放的表示；
- 6) 应急盘非工作时应处于断电状态，表示灯处于灭灯状态。

3.5.11 投标人应根据各自系统的特点提供联锁子系统设备的配置方案，最终以招标人认可接受为准。

### 3.6 DCS 子系统构成要求

3.6.1 信号 ATP/ATO、联锁、ATS 子系统应分别采用冗余网络（各至少 100M 的传输通道），维护监测子系统可采用单套网络（采用 100M 的传输通道）。不同类型的数据传输通道应相对独立进行传输。

3.6.2 信号系统的 DCS 传输骨干网络应采用单独组网方式，独立设置光纤网络，信号安全子系统的信息传输应利用信号 DCS 传输设备进行传输，信号非安全子系统的信息传输宜利用信号 DCS 设备传输。

3.6.3 DCS 子系统由有线传输网络设备、无线通信设备（LTE 网）、维护监测网络和网络管理设备组成。

3.6.4 DCS 设备的骨干网节点（或网络交换机）宜在控制中心、备用控制中心、正线设备集中站、车辆段设置。投标人应充分理解并按照《天津轨道交通综合控制中心骨干通信系统接入标准》，在相关地点设置接入交换机分别连接到冗余的骨干网上。IP 地址原则上按如下配置，具体设计联络阶段确定。

专业名称	线路	可用地址范围	可使用 IP 数量	备注
信号			16777214	A 类
			16777214	A 类
			16777214	A 类

			16777214	A 类
		64. 0. 0. 1/8 --64. 255. 255. 254/8	16777214	A 类
			16777214	A 类
			16777214	A 类
			16777214	A 类
			...	A 类

**3.6.5 DCS 网络管理设备**包括有线传输网管设备和无线传输网管设备，用于实现对所有 DCS 设备的管理、维护和配置。有线传输网管设备和无线传输网管设备可独立设置或合设，在控制中心、维修中心信号设备室应设置网管工作站，对网络进行集中管理。

**3.6.6 试车线与正线**原则上各自设置独立的 DCS 设备（含 LTE 核心网设备），且试车线 DCS 设备不能干扰和影响正线、控制中心、车辆段 DCS 设备的工作。

**3.6.7 DCS 子系统的传输通道**应采用独立的热备冗余物理通信通道。互为冗余的传输通道应分属于不同的板卡，不得相互影响正常工作，传输通道在物理上应该成环，并启用相应环网保护协议，避免传输报文在环路网络中的增生和无限循环。

**3.6.8 核心骨干层**应采用双向自愈的环形拓扑结构，当单个设备故障时，不能导致与任何网络设备的通信丢失。核心骨干层的组成模块应采用冗余配置，单一模块故障不会影响冗余网络的正常通信。用于冗余网络的环网接入交换机应采用冗余配置。

**3.6.9 车地通信无线系统**轨旁和车载设备均应采用双网冗余。

**3.6.10 无线车地通信传输设备及其性能指标**（发射功率、天线增益、边带衰耗等技术指标）应符合中国无线电管理委员会的规定和标准，并能提供无线电管理委员会的《无线电发射设备型号核准证》证明和测试报告。无线局域网的空中接口、频点范围和加密措施应满足国家有关标准和规定。同时，应根据天津市无线电管理委员会要求，全力配合调试、测试、验收等各项工作，及时详尽的提供无线信号测试报告、无线电台站技术资料申报表等各项验收资料，并应在试运营前取得天津市无线电管理委员会颁发的验收合格证书及电台执照。

- 3.6.11 投标人应采用基于 TD-LTE（1.8GHz）的宽带移动通信系统，LTE 综合承载子系统作为信号系统 DCS 子系统的组成部分，需采用 3GPP 业界标准和成熟设备，具有完善的 TD-LTE 网络间互联互通接口和功能。LTE 综合承载网络系统须具备多种业务接入承载功能，能为业务应用系统提供可靠的、冗余的、可灵活重构配置的透明传输通道，利用一个传输平台实现全线车地间综合承载 CBTC、车辆全自动相关控制信息、列车运行状态监测信息、火灾报警信息、集群调度业务（预留相关功能）等车地业务信息。投标人应保证提供的 DCS 系统中的有线网络设备与 LTE 子系统进行可靠接口，并满足本用户需求书中对于 CBTC 系统、车辆全自动相关控制信息、列车运行状态监测信息、火灾报警信息、集群调度业务（预留相关功能）等数据信息的各项技术要求。投标人在投标文件中提供的 DCS 解决方案须为成熟可靠的解决方案，如工程实施过程中发生的相关 DCS 系统配置、LTE 子系统接口的调整不应发生费用的变更。同时，应与本次投标的信号系统完成相应的对接测试，并提供测试报告等证明文件。
- 3.6.12 （\*）与 LTE 综合承载系统核心设备接口标准需采用标准接口协议，且在投标文件中进行明确。在工程实施阶段对 LTE 网络承载 CBTC 业务的安全性、可靠性和可用性负责，实现车地通信网络整体功能。
- 3.6.13 LTE 网络的物理层/数据链路层/IP 网络应用层基于 3GPP 标准，在物理层采用 1.8GHz 频段，应用层协议与 IP 承载协议兼容，车载通过 IEEE802.3 标准定义的以太网三层协议接口同车载各个系统进行有线连接，具有完善的 TD-LTE 网络间互联互通接口和功能。
- 3.6.14 为了保证车地信息传输的连续性，LTE 无线通信系统提供的信息传输系统的场强连续覆盖。无线覆盖范围包括：正线（含折返线、联络线）、车辆段自动控制区域（由出入段线咽喉区至列检库库前）、列检停车库内等）、洗车线、试车线。
- 3.6.15 根据信号业务承载需求及本工程可用频率资源，LTE 综合通信网络采用 A/B 双网冗余组网设计。暂定全线范围 A 网使用 5MHz 系统带宽同频组网，B 网使用 15MHz（地上段为 5MHz）系统带宽同频组网。A、B 网相互独立，并行工作（前端共用天馈系统），互不影响，且同时在 2 根漏缆中传输。
- 3.6.16 LTE 承载网络应采用基于 IP 的扁平化网络结构，由核心网子系统 EPC、无线

网子系统 eNB (BBU+RRU)、网管系统及车载终端等设备组成。在全线部署两套完全相同的分布式基带处理单元 (BBU) 及射频拉远单元 (RRU) 网络, 暂定通过 LTE 网络自行独立建设并提供的工业以太网传输通道分别接入设置在主用控制中心和备用控制中心的 A、B 网核心设备。主用控制中心需放置 A、B 网核心设备; 备用控制中心也需放置 A、B 网核心设备。信号 CBTC 业务信息通过 A、B 双网承载并同时传输, 保证其对网络可靠性的要求, 由信号系统同时接收并判断确定使用有用信息; 其他业务信息由 B 网独立承载。

3.6.17 LTE 子系统的有线传输设备及通道, 须与信号系统内 ATP、ATS、维护监测、CI 等子系统间的有线传输设备及通道完全物理隔离。

3.6.18 LTE 网络系统在主/备控制中心信号设备室内 (暂定) 均独立设置完整的 A、B 网核心网设备 EPC; 分布式基站的 BBU 设备分设在沿线各设备集中站及车辆段信号设备室内; RRU 分布设置在全线 9 个车站、车辆段列检库等重要单体房建内及长大区间轨旁, BBU 与 RRU 之间的 Ir 接口通过光缆连接。

3.6.19 本工程中 LTE 网络覆盖方式为:

- 1) 行车线路区间 (含车站站属区间及出入段线) 采用漏缆覆盖, 上下行区间 (每侧) 各敷设 2 条漏缆, 漏缆敷设间距约 500mm, 漏缆通过卡具方式安装于隧道壁上 (本工程存在预埋槽道与传统打孔两种方式, 具体安装、固定方式设计联络时确定, 投标人需充分考虑此情况), 2 条漏缆均由投标人提供, 漏缆的使用方式由投标人根据所提供信号系统的特点自行决定; LTE 的 RRU 布置根据所提供信号系统的特点自行决定;
- 2) 较长区间轨旁设置 RRU, 以保证覆盖质量;
- 3) 车辆段敞开部分及试车线采用双极化定向天线覆盖;
- 4) 车辆段内封闭单体, 包括列检库采用室分小天线覆盖。

3.6.20 LTE 网络频率配置情况为:

- 1) 地下段: 1.8G 频段 (1785M~1805M) 考虑, 暂按 A 网使用 5MHz 带宽同频组网, B 网使用 15MHz 带宽同频组网考虑。
- 2) 地上段: 1.8G 频段 (1795M~1805M), 暂按 A 网使用 5MHz 带宽同频组网, B 网使用 5MHz 带宽同频组网考虑。

具体频点在设计联络过程中确定。

3.6.21 LTE 网络中, 信号业务承载地面接入点位于本系统设置在控制中心/正线车站

/车辆段的接入路由器上，车辆业务承载地面接入点位于本系统设置在控制中心/车辆段的光纤交换机上，车载接入点位于本系统设置的车载网络交换机或车载接入单元 TAU 上。

3.6.22 本工程设置在列车车头和车尾司机室的 LTE 网络车载设备均由终端设备车载接入单元 TAU、车载数据存储设备、天馈系统和车载三层网络交换机组成，通过车载交换机与应用系统车载设备相连，传输车地信息。

3.6.23 LTE 子系统采用双路天馈方式，正线及出入段线采用双漏缆覆盖，车辆段采用双极化天线覆盖。投标人提供的 TD-LTE 设备须支持 MIMO 机制（空分复用、发射分集技术 SFBC、波束成型）的实现，其主要技术性能不得低于目前应用于全球移动运营商 4G 网络建设环境中的 TD-LTE 主流产品指标，能体现 TD-LTE 技术演进发展的当前水平。

3.6.24 投标人提供的 TD-LTE 产品应具有与国内外知名信号系统设备厂商或国家轨道交通重点实验室 CBTC 系统联合测试的案例，提供能充分验证 LTE 承载 CBTC 适配性的相关报告。

3.6.25 LTE 子系统带宽配置应支持 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz 及 20MHz 系统带宽，可根据工程实际需要灵活配置。

3.6.26 LTE 设备必须具备实现 3GPP 定义的所有的 TDD UL/DL 配比的能力，可以通过软件现场配置 TDD UL/DL 配比的种类数量≥3。

3.6.27 LTE 无线通信网络通过车载无线单元与基站之间在传递数据前，须建立授权并关联方式提供安全性要求。

3.6.28 投标人提供的系统应与 LTE 无线通信网络的接口和性能要求匹配，并在工程实施阶段对综合无线通信网络承载 CBTC 业务的安全性、可靠性和可用性进行确认，配合实现车地通信网络整体功能。

3.6.29 交换机以太网端口数和光端口数预留应不小于 30%。

3.6.30 交换机设备应采用工业级设备，并提交工业级的证明文件。轨旁无线设备可以提交电信级的证明文件，同时提供抗震性能文件。

3.6.31 为了防止通信中断，将在每个车站安装冗余的交换机。每个交换机分别连接到骨干环网的冗余网络上。

3.6.32 在控制中心应采用两套互为冗余的以太网，作为控制中心服务器、工作站等设备的通讯介质。两套互为冗余的以太网均采用网络交换机连接，交换机同



各计算机设备之间应至少采用五类网络线相连，进行点对点连接，网络速度为 100Mbps。设备集中车站和非集中车站以太网均采用冗余的网络设备连接，网络速度为 100Mbps。

3.6.33 轨旁无线车地通信设备须满足隧道限界、天气、振动、维护等方面的要求，适应地铁的环境条件，应能防水、防尘。车载各种天线应防水、防尘。无线车地通信传输设备应在没有任何附加辅助设备或器件（如加热装置等）的情况下，满足本工程的环境要求。

### 3.7 信号维护监测子系统构成要求

3.7.1 投标人应为本工程配置完整统一的信号维护监测子系统设备，实现对各子系统设备、电源设备、基础信号设备、电缆等信号设备的维护监测。

3.7.2 信号维护监测子系统应由维修中心、正线、控制中心、备用控制中心、车辆段的维护监测设备组成，主要包括：维修服务器、维护工作站、信号集中监测设备、道岔缺口监测设备、打印机、网络设备等。

3.7.2.1 维修中心的维护监测子系统设备应包含以下设备：

- 1) 维修服务器（双机热备）；
- 2) 2 台维护工作站（监测各子系统）；
- 3) 网络设备；
- 4) 电源设备（含智能电源屏、UPS 及蓄电池）；
- 5) 打印设备。

3.7.2.2 控制中心信号设备室/网管室的维护监测子系统设备应包含以下设备：

- 1) 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 2) 网络设备；
- 3) 打印设备。

3.7.2.3 备用控制中心的维护监测子系统设备应包含以下设备：

- 1) 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 2) 网络设备；
- 3) 打印设备。

3.7.2.4 正线的维护监测子系统设备应包含以下设备：

- 1) 每个设备集中站分别设置 1 套信号集中监测设备；
- 2) 每个设备集中站分别设置 1 套道岔缺口监测设备；

- 3) 每个设备集中站分别设置 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 4) 通号工区（景荷道站、咸水沽西站）各设置 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 5) 网络设备；
- 6) 打印设备。

**3.7.2.5 车辆段的维护监测子系统设备应包含以下设备：**

- 1) 车辆段信号楼设置 1 套信号集中监测设备；
- 2) 车辆段信号楼设置 1 套道岔缺口监测设备；
- 3) 车辆段信号楼设置 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 4) 车辆段工区、车载维护部设置 1 台维护工作站（监测各子系统）；
- 5) 网络设备；
- 6) 打印设备。

**3.7.3** 维护工作站应能实现对全线信号设备的维护监测功能，并均应具备音响报警（若不能用 1 台维护工作站实现对全线信号设备的维护监测，应对未纳入的监测设备单独配置维护工作站）。各子系统和维护监测子系统的维护工作站显示器均采用不小于 22 英寸液晶显示器，所配置的打印机为 A3 激光打印机。

**3.7.4** 投标人应根据各自系统的特点提供维护监测子系统设备的配置方案，最终以招标人认可接受为准。

### **3.8 试车线设备构成要求**

**3.8.1** 在试车线旁设置信号设备室和控制室。试车线虚拟站台数量应不少于 3 个。

**3.8.2** 试车线须设置一套完整的与车载 ATP/ATO 设备试验有关的地面设备，完成连续式通信列车控制级别的车载 ATP/ATO 设备静态、动态试验。

**3.8.3** 试车线应包括以下设备：

- 1) 联锁设备（与正线设备的冗余配置一致）及维护设备；
- 2) ATP/ATO 计算机设备（与正线设备的冗余配置一致）及维护设备；
- 3) ATP/ATO 轨旁设备（与正线设备的冗余配置一致）；
- 4) DCS 设备（与正线设备的冗余配置一致）及网络管理设备；
- 5) 试车线控制工作站；
- 6) 站台门、紧急关闭、无人自动折返按钮接口设备；
- 7) 与车辆段联锁设备的接口；
- 8) 电源设备（含智能电源屏、UPS 及蓄电池）；

- 9) 列车占用/空闲检测设备;
- 10) **ATS** 工作站、人员防护开关、清客确认按钮、站台开/关门按钮及用于休眠、唤醒的应答器。

### 3.9 培训中心设备构成要求

3.9.1 培训中心应有完整模拟 **ATC** 系统的培训软件。

3.9.2 培训中心模拟仿真培训应包括以下设备:

- 1) 培训服务器;
- 2) 4 台学员培训 workstation;
- 3) 网络设备;
- 4) 电源设备 (含智能电源屏、**UPS** 及蓄电池)。

3.9.3 培训中心实物仿真培训应包含以下设备:

- 1) **ATC** 培训仿真 workstation (包括完整 **ATC** 模拟系统软件, 该软件应能实现与正线任一站场一致情况下的培训模拟, 能对 **ATC** 系统进行功能演示);
- 2) 满足培训功能所需的 1 套 **ATS** 设备;
- 3) 1 套 **ATP/ATO** 计算机设备 (与正线设备的冗余配置一致, 包括轨道检测和车辆接口仿真设备);
- 4) 1 套联锁室内设备 (与正线联锁设备的冗余配置一致, 包括现地控制 workstation、联锁培训仿真模拟软件, 道岔、信号机控制设备、机柜、防雷等);
- 5) 可用于普通 **PC** 机上的联锁模拟培训软件, 便于车站值班员及信号维护人员培训操作使用;
- 6) 1 套车地通信室内外设备 (包括连续式车地双向通信设备, 有线骨干网、接入网及车地无线通信网络配置设备均应与正线相同, 且冗余配置);
- 7) 1 套完整的车载 **ATP/ATO** 设备 (包含车体外围设备如多普勒雷达、测速电机及各类车载天线等, 按一车两套考虑);
- 8) 1 套完整的车载人机接口设备, 驾驶台及与车载 **ATP/ATO** 设备的接口, 按一车两套考虑;
- 9) 1 套正线列车位置检测设备 (3 个计轴点组成的 1 个区段);
- 10) 1 套发车计时器;
- 11) 2 台与正线一致的道岔转辙机;
- 12) 紧急关闭按钮、无人自动折返按钮各 1 套;

- 13) 1 架三显示信号机;
- 14) 1 组无源应答器;
- 15) 人员防护开关、站台开/关门按钮、清客确认按钮;
- 16) 电源设备 (含智能电源屏、UPS 及蓄电池)。

### 3.10 电源设备构成要求

- 3.10.1 为保证信号系统设备稳定、可靠、连续地运行,在控制中心、备用控制中心、全线各车站、试车线、车辆段信号楼、车辆段停车列检库、维修中心、培训中心的信号设备室或电源室配置信号电源设备。
- 3.10.2 控制中心、正线各车站、试车线、备用控制中心、培训中心、维修中心、车辆段信号楼均设置智能电源屏,同时配置在线式智能 UPS 电源系统设备和密封胶体蓄电池。信号电源设备包括双路自动切换装置。停车列检库配置在线式智能 UPS 电源系统设备 (10KW) 和密封胶体蓄电池。
- 3.10.3 智能电源屏除满足 ATS、ATP、ATO、联锁子系统计算机用的电源外,还需提供信号机、无线设备、发车计时器、网络设备、继电器等所有信号设备及其他专业、系统接口电路、站联电路等所需的电源。
- 3.10.4 智能电源屏应带有对地漏泄监测器,且应具有短路保护、可靠的人身安全防护及对地漏泄监测功能。
- 3.10.5 投标人提供的电源系统设备应具有两路引入电源的自动转换功能,在两路引入电源自动转换或中断时,UPS 应无时间中断地从备用电池上提供后备电源。投标人提供的 UPS 电源容量、后备电池的供电容量和时间应考虑所有室内外信号设备的用电需求,UPS 电源供电时间不少于 30 分钟。在车站、车辆段控制工作站上应提供信号 UPS 引入电源中断的显示及音响报警功能。
- 3.10.6 除正常的负荷 (保证信号系统能够正常工作) 外,电源系统设备应有 30% 以上的剩余容量,预留不少于两个模块的安装位置,以确保电源系统的可靠性及将来系统的改动及扩展。
- 3.10.7 信号电源系统满足双母线、双套 UPS (含蓄电池) 冗余结构要求,电源系统中单个设备故障或单路外电源失电,均能保证信号系统对行车的正常监控。
- 3.10.8 电源系统应采用高度可靠的工业级、纯在线、双变换、带手动维修旁路的 UPS。UPS 电源旁路需具有稳压功能,应带有输入电抗器、输出隔离变压器。UPS 电源应具有电池自动管理功能。投标人在投标文件中应提供相关线路图予以

对应说明。UPS 电源指标要求如下：

- 1) 具有城市轨道交通 2 条以上正线线路良好运行业绩的国际一流品牌。
- 2) 提供的 UPS 在安全性、电磁兼容性和机械保护等方面应满足国际标准 EN50091、IEC62040、IEC60950、IEC60439、IEC61000 和 IEC521 和国内相关标准。
- 3) UPS 电源系统应采用高频开关技术。
- 4) 输入电压：三相五线交流 380V，电压波动范围-20%~+15%之间（在此范围内应无需电池放电）；输入频率：50Hz±2.5Hz（±5%）；三相电压不平衡度：≤5%；电压波形失真度：≤5%；输入功率因数：>0.9（不带输入滤波器的条件下）。
- 5) 输出电压：三相五线制交流 380V±1%或单相三线交流 220V±1%；旁路输出电压：交流 380V±3%或交流 220V±3%。输出频率：50Hz±0.25Hz（逆变时）。输出功率因素：≥0.8。输出波形：正弦波。总电压谐波失真度（满载）：<3%（线性负载），<5%（非线性负载）。整机效率：≥85%。
- 6) 波峰（峰值）因数：≥3：1（满载条件下）。动态电压瞬变范围（电压稳定度）：动态负载：输出电流从 0~50%~100%突变时，瞬变范围≤±5%；静态负载：瞬变范围≤±3%。
- 7) 过载能力：逆变器：125%时，持续时间≥10min；150%时，持续时间≥1min；200%时，持续时间≥200ms；旁路静态开关：135%时，持续时间≥3min；1000%时，持续时间≥30 毫秒。
- 8) 转换时间：主电源供电转电池供电时间为 0ms；逆变器供电转旁路供电转换时间≤2ms；旁路转主电源供电转换时间≤2ms。
- 9) UPS 电池应具有成熟的应用业绩，采用全球知名品牌产品，采用可靠性高、免维护、寿命长、自放电小、深循环性能好的密封胶体蓄电池。蓄电池工作时释放的气体不对信号设备产生腐蚀。蓄电池的连续浮充工作寿命应不少于 12 年（25℃）。电池再充电时间：8~10 小时，电池容量达到 90%以上。电池使用寿命到期后，投标人应负责免费回收。
- 10) 投标人应根据设备用电量确定信号设备各用电点的 UPS 容量，并根据设备后备时间要求选定电池容量。
- 11) UPS 电源应具有对电池的智能管理功能，采用电池全面自动管理技术（包括

均浮充转换和温度补偿、电池放电终止电压自动调节、电池容量检测、寿命预估、电池自动巡检等技术)。

12) 投标人需提供蓄电池在线监测设备。

13) 在温度为 15℃~35℃、相对湿度为 45%~80%的气候条件下,输入、输出对地正常绝缘电阻 $\geq 25\text{M}\Omega$ 。

14) 噪声: <55dB (1 米处)。

15) 电涌保护: IEC60664-7-IV。

16) UPS (不含蓄电池) 的 MTBF $\geq 25$  万小时 (不含通过旁路供电的情况)。

17) 投标人应在技术规格书中详细描述系统对 UPS 以及 UPS 对电池的监控和管理功能。

**3.10.9 UPS (带稳压旁路) 和开关柜 (智能电源屏) 的变压器输入、输出端连接宜经过接口板连接, 线路板输入、输出连接应是插拔式连接, 便于维修。在设备的结构方面, 应充分考虑以后的维护、维修, 元器件的安装尽可能做到相互间无阻挡无叠压, 投标人应在技术建议书中提供有关图纸及说明。**

**3.10.10 投标人提供的信号电源设备能在本工程的供电条件下稳定可靠地工作。**

**3.10.11 投标人提供的电源系统设备必须符合《铁路信号电源屏》TB/T1528.1-2002、TB/T1528.3-2002、TB/T1528.4-2002 及 2006 年颁布的《铁路信号智能电源屏技术条件》(暂行) 等标准, 并满足信号系统设备正常工作的要求。该系统设备应为成熟产品, 通过铁路质检部门的认证、检验或检测, 具备有效的试验报告、证明和合格证, 具有在城市轨道交通领域内的良好运用经验。**

**3.10.12 电源系统应具有智能监控单元, 实现输入/输出电压、电流过欠压、断相/错相监测报警、电源模块故障报警, 故障信息记录。电源系统的维护和报警信息应传至控制中心、维修中心相应的维护工作站。电源系统的维护和监测信息应纳入维护监测子系统统一管理。**

**3.10.13 电源系统的各种输出电源均应采用隔离供电方式。合理分束, 分别供电。具有完善的隔离、净化、分配、防雷、过压和过流保护、短路保护等功能, 交、直流电源均应对地绝缘。向室外设备供电的电源电路必须采取可靠的防雷措施并单独送电。**

**3.10.14 电源屏的面板上设有工作状态表示显示屏, 对所有输入/输出电压和电流进行监控和分析, 对所有接触器、断路器、模块等部件正常或故障状态进行监控**

和分析，可对外部 UPS 等设备通过 RS-232/ RS-485 接口读取其工作状态并进行分析，通过局域网将电源设备的工作状态及监测报警信息送至控制中心、维修中心。

3.10.15 智能电源屏各路输出电源满足负载用电要求，信号电源、所有直流电源隔离输出，其余分级断路器保护输出。并受智能监控单元对所有输出电源进行监控，当某路电源故障时，电源屏给出灯光及音响报警。

3.10.16 电源屏采用的断路器应符合铁路电源屏相关标准的要求。

3.10.17 信号系统冗余设备的供电须分别采用独立的供电回路。电源屏三相输出负载应均衡。

3.10.18 电源系统结构模块化，各部分采用模块式结构，均采用“1+1”或“N+M”(M>N/3)在线热备冗余工作技术。任何单元模块出现故障应自动退出并报警，并可热插拔更换模块。

3.10.19 电源屏应具有抗道岔转辙机启动电流冲击能力，对交流转辙机 AC 380V 电源，采用变压器进行隔离后输出。对交流转辙机交流输出电源有相序检测，当三相电中有断相/错相时监测单元切断输出，并给出报警信号。

3.10.20 应用计算机及通信网络技术对系统各输入、输出回路的电压、电流和反映电源系统内部各部分工作状态及正常或故障的开关量进行全面监测、分析，并能以图像、表格、文字说明等方式在维修中心监测工作站上对全线电源系统进行实时动态工况的监视。当故障发生时，将产生自动声光报警、电话自动拨号报警、控制中心报警、维修中心报警。

3.10.21 电源系统具有短路保护、可靠的人身安全防护及电气火灾防护系统，还应具备对地漏泻检测的功能。

3.10.22 信号智能电源系统应具有可靠的防雷击和浪涌保护装置，保护装置对纵向、横向防雷在 8/20 $\mu$ s 的情况下可实现不小于 20kA 的电流冲击。若需要增强雷电防护性能，系统的输入、输出端处可增加一级防雷器件，以提高系统的防雷能力，保证系统的稳定可靠工作。

3.10.23 投标人应提供系统各用电点所使用的电源设备的用电类型、分束数量、实际容量需求。当投标人所供设备需要双路交流电源供电时，双路交流电源应通过不同的隔离变压器供电。

3.10.24 正线各集中车站、控制中心、备用控制中心、车辆段信号楼、停车列检库、

试车线、培训中心、维修中心需要预留至少三束 220V 交流电源，每束容量 1000VA；正线各非集中车站需要预留至少二束 220V 交流电源，容量 1000VA；控制中心预留至少四束 220V 交流电源，每束容量 1000VA。备用电源需经过隔离、稳压输出。电源屏输出的每种供电类型必须设有 2 路备用输出回路。

3.10.25 投标人应根据各自系统的特点提供合理的电源设备的配置方案，最终以招标人认可接受为准。

### 3.11 其他设备、材料要求

#### 3.11.1 计轴

3.11.1.1 本工程正线、车辆段均采用计轴设备检测列车占用，计轴设备应成熟可靠，并能安全、稳定地工作，计轴设备应直接与联锁设备进行数据或继电接口。本工程配置的计轴设备应具有成熟的应用业绩。

3.11.1.2 计轴设备应满足《铁路信号计轴设备通用技术条件》(TB/T 2296-2011)、《铁路信号计轴应用系统技术条件》(TB/T 3189-2007)以及国内其他的有关技术标准和规定。

3.11.1.3 计轴设备故障或计轴数据传输发生错误，应有安全和切实可行的故障恢复措施，或通过安全操作予以恢复，系统能确定的计轴设备故障不应影响轨道交通的正常运营。计轴系统故障复位方式须具有预复位方式和直接复位方式，直接复位方式不应有限制条件，能够无条件实现计轴设备的复位操作，复位时行车安全可要求人工保证。投标人应提供详细的复位操作过程及原理，具体复位方式在设计联络阶段确定。

3.11.1.4 计轴设备的配置应满足但不限于以下要求：

- 1) 满足本工程列车最高运行速度下的可靠检测；
- 2) 满足降级控制模式下的运营间隔要求；
- 3) 保证降级控制模式下列车运行的安全，应考虑联锁进路的保护区段、平行作业进路等；
- 4) 计轴设备平时处在工作状态，计轴设备不影响 CBTC 系统的安全及效率；
- 5) 单个计轴区段故障，不应影响整个集中站范围内其他计轴设备正常使用；
- 6) 系统能确定的计轴设备故障不得影响 CBTC 信号系统的正常工作和系统性能；
- 7) 当计轴设备故障时，应在车站现地控制工作站及中心调度工作站上显示或报警；
- 8) 计轴设备应具备对系统运行状态、故障信息等的诊断、报警功能。计轴设备的维护



和监测信息应纳入维护监测子系统统一管理,将计轴设备的维护和报警信息传至控制中心、维修中心相应的维护工作站;

- 9) 室外计轴设备的布置原则为:需在正线及车辆段道岔区段、车辆段转换轨处及在进、出站处设置计轴设备,以及为实现独立保护区段功能设置计轴设备等;
- 10) 不同运营线路之间的联络线,计轴磁头设计安装时应避免在隔断门或者人防门开关范围,以免影响计轴工作及相关的维护工作;
- 11) 采用计轴设备的系统在信号设备室内应设置“轨道区段复位”功能;
- 12) 计轴设备须支持单一区段模拟占用功能;
- 13) (\*) 本用户需求书的附图-信号平面布置示意图为计轴设备布置的基本要求,计轴设备的设置地点不得少于附图中设置位置;
- 14) 投标人应在投标文件中详细说明计轴设备与 CBTC 系统的关系(包括计轴设备的作用、与 CBTC 系统的接口、计轴设备正常工作或故障对 CBTC 系统的影响等),并说明计轴设备的技术规格、功能、性能及指标参数。

3.11.1.5 计轴复位按钮应设置在车站控制室、车辆段 DCC 控制室中车站现地控制工作站界面或 IBP 盘上。

3.11.1.6 安装于钢轨上的计轴器应满足限界要求。

3.11.1.7 计轴磁头设备灵敏度应按最小轮径和最高速度进行设置为不同级别,以减少外界的影响,应避免受到细小金属物(如铁丝、螺丝钉、金属粉尘等)而产生误扰。

### 3.11.2 信号机

#### 3.11.2.1 构成

- 1) 本工程正线、车辆段采用组合式铝合金 LED 铁路信号机构。本工程配置的信号机设备应具有成熟的应用业绩。
- 2) 满足《TB/T 3242-2010 LED 铁路信号机构通用技术条件》,《TB/T 3202-2008 铁路信号点灯单元》要求或相关技术要求。
- 3) 机构门应开启灵活。
- 4) 机构零件应具有互换性,紧固件应符合相关标准。
- 5) 机构灯室之间不应串光。
- 6) 机构外壳防护等级应符合 GB/T4208 中的 IP53 级的规定。

#### 3.11.2.2 显示距离

- 1) 行车信号机和道岔防护信号机不宜小于 400m;

2) 调车信号机和道岔状态表示器应不小于 200m;

3) 道岔状态以外的各种表示器、引导信号均应不小于 100m。

3.11.2.3 机构的灯光颜色在寿命期间内应符合铁路灯光信号颜色 TB2081-89 中的规定。

3.11.2.4 机构应具有抗强光干扰性能。能防止由于外部光线的照射导致的信号错误显示。

3.11.2.5 机构应具有雷电防护性能。应能经受波形为 4/300 $\mu$ s, 幅值为 10kV 的冲击而不损坏。

3.11.2.6 机构应具有抗电磁干扰性能, 其指标应符合“铁路信号电气设备电磁兼容性试验及其限值”中试验等级 3 级要求, 性能判别依据 A 级。

3.11.2.7 机构发光二极管损坏数量达到 30%时, 应不影响信号显示的规定距离, 并应及时报警。信号机报警应报警到灯位、应有利于及时发现并维修。信号机应具有灯丝监督的功能, 信号机的控制电路应检查灯丝的完好。

3.11.2.8 应符合“故障-安全”原则, 当点灯系统出现故障时不应引起信号升级显示。

3.11.2.9 主要技术参数

- 1) 单元外形宽度:  $\leq 170\text{mm}$ ;
- 2) 工作电压: AC110V, 电源波动范围为 $\pm 5\%$ ;
- 3) LED 寿命:  $> 10$  万小时;
- 4) 环境温度:  $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ;
- 5) 空气相对湿度: 不大于 95% ( $+25^{\circ}\text{C}$ );
- 6) 振动频率 10~2000Hz, 加速度幅值 10m/s<sup>2</sup>;
- 7) 周围无引起爆炸危险和腐蚀性气体;
- 8) 绝缘电阻:  $> 50\text{M}\Omega$ 。

3.11.2.10 投标人提供的信号机应满足与信号系统的接口要求。

### 3.11.3 转辙机

本工程正线、试车线道岔处转辙机采用三相交流电动转辙机, 双机牵引, 道岔锁闭方式为外锁闭; 车辆段内道岔处转辙机采用直流电动转辙机, 道岔锁闭方式为内锁闭。

本工程配置的转辙机设备应具有成熟的应用业绩。

- 1) 转辙机及其安装装置的所有技术标准必须满足国家标准和铁路标准 (《TB/T 2614-2005 转辙机通用技术条件》、《GBT 25338.1-2010 铁路道岔转辙机 第 1 部分: 通用技术条件》);
- 2) 转辙机的所有零部件须检查合格, 标准件及外购件必须符合各自的技术条件;

- 3) 转辙机内为方便维修和更换,应设有插接件端子排,需要维护保养的零部件应便于观察和拆装。
- 4) 转辙机的选用应符合和满足本工程线路限界要求、轨道及道床条件,方便维修。
- 5) 正线上的每一组道岔均应采用单独控制方式。
- 6) 转辙机的控制电路应符合转辙机控制的技术条件要求。
- 7) 转辙机必须通过相关铁路认证。
- 8) 转辙机的使用寿命,使用次数应为 100 万次以上。
- 9) 转辙机应能满足 GB/T 4208-2017 防护等级 IP67-M 的规定,且应取得第三方试验报告,机箱内应设置排油污的结构。

#### 3.11.4 道岔缺口监测设备

- 3.11.4.1 本工程全线(含正线及车辆段)道岔配置高清视频道岔缺口检测系统,主要由设置在正线车站、车辆段的道岔缺口检测主机(服务器)设备和室外道岔转辙机端的检测分机设备和数据传输设备构成。
- 3.11.4.2 道岔缺口检测应通过原铁道部颁布的上道许可文件,具有国铁或者地铁工程应用业绩,具有较高的可靠性。
- 3.11.4.3 道岔端检测分机与室内端检测主机设备连接应采用铁路信号电缆连接方式,传输距离和抗干扰能力满足本项目工程技术条件。
- 3.11.4.4 道岔缺口检测精度要求不小于 0.01mm。识别后的数据形成实时曲线、实时报表以及触发报警。
- 3.11.4.5 转辙机缺口监测系统要实现实时监视功能和历史回放功能,历史数据存储能力要求为 3 个月。

#### 3.11.5 电缆基本要求

- 3.11.5.1 本项目中所用到的电缆由投标人根据系统构成需要进行相应配置,选用的电缆应至少具有两条城市轨道交通正线线路的良好运用业绩。
- 3.11.5.2 所有电缆的规格均应符合相关的标准、规范,经国家电线电缆质量监督检验中心或铁路产品质量监督检验中心测试合格,并附有检测报告。
- 3.11.5.3 电缆应机械强度高,绝缘性能好,弯曲能力及抗冲击能力强,防腐、防水、防虫鼠害、防电磁干扰。
- 3.11.5.4 电缆应适合于震动较为剧烈、使用条件较为恶劣的地铁运输环境。
- 3.11.5.5 电缆的导线绝缘、内护套、外护套均采用低烟、无卤、阻燃的材料。阻燃等级

为 B 级。

**3.11.5.6** 系统中的电缆应采用适当的绝缘材料和具备一定屏蔽性能的外包装，并满足以下要求：

- 1) 所有室内、外电缆须具备低烟、无卤、阻燃、防腐蚀的特性；
- 2) 所有室内、外配线连接用的电线，须具备低烟、无卤、阻燃的特性，光电缆阻燃等级按 B 级考虑；
- 3) 地面区段须具备抗紫外线辐射、抗老化的特性；
- 4) 电缆采用综合护套。

**3.11.5.7** 电缆的电气性能如导线直径、导线电阻、绝缘电阻、工作电容、分布电容等电气参数，应满足相关标准和要求，工厂试验按 DIN VDE472（或相应的 IEC 标准）对下述电气参数测试：

- 1) 导线电阻 501；
- 2) 绝缘电阻 502；
- 3) 有效电容 504；
- 4) 不平衡电容 506；
- 5) 衰减系数 507；
- 6) 介电强度 509。

**3.11.5.8** 材料的机械及温度特性应满足：

- 1) 导线 / 屏蔽材料参照 DIN VDE0816 第 2 部分；
- 2) 无卤绝缘材料参照 DIN VDE0207 第 2 部分、第 23 部分、第 24 部分。
- 3) GB2951 - 电线电缆机械物理性能试验方法
- 4) GB 3953 - 电工圆铜线
- 5) GB 4909 - 裸电线试验方法
- 6) GB3084 - 电线电缆电气性能试验方法
- 7) GB 5441 - 通信电缆试验方法
- 8) GB 4005 - 电线电缆交货盘
- 9) TB / T2476.1-4 - 铁路信号电缆
- 10) GB/T 18380.35 - 燃烧特性

**3.11.5.9** 电缆使用寿命 $\geq$ 25 年。

**3.11.6** 光缆基本要求

3.11.6.1 信号系统的安全信息传输通道可采用独立的单模光缆和多模光缆。本工程配置的光缆应具有成熟的应用业绩。

3.11.6.2 光缆护套以内的所有间隙采用油膏填充阻水措施，包带及其内外的缆芯间隙采用油膏连续充满。内套和护套之间的间隙连续放置阻水膨胀带。

3.11.6.3 光缆护层结构采用内护层为双面涂塑铝带粘接 PE 套+双面涂塑轧纹钢带+低烟、无卤、阻燃聚乙烯护套。

3.11.6.4 投标人提供的光缆应符合以下应用标准：

- 1) GB/T 7424 光缆总规范、分规范；
- 2) GB/T 9771 通信用单模光纤；
- 3) GB/T 15972 光纤试验方法规范；
- 4) GB/T 2951 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法；
- 5) IEC 332-3C 燃烧特性；
- 6) YD/T 901 层绞式通信用室外光缆。

3.11.6.5 光缆成束后的燃烧试验必须符合 IEC 332-3C；低烟指标透光率大于 60%（IEC 1034）；无卤指标 HCL 的含量小于 4mg/g。

3.11.6.6 光缆的使用寿命≥30 年。

### 3.11.7 道岔融雪设备

3.11.7.1 投标人应充分理解 6 号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段海河教育园车辆段设置道岔融雪的现场情况，合理配置道岔融雪装置及辅助器件。本工程配置的道岔融雪设备应具有成熟的应用业绩。

3.11.7.2 控制功能

- 1) 融雪设备应遵循先人工确认、后启动的原则。
- 2) 融雪设备在实现各种工作方式时应根据使用操作级别设有身份认证等安全手段。
- 3) 在车站控制柜、车站控制终端应能完成有关参数设定，加热电路特性测试，启动和关闭系统，有选择的启动或关闭某一加热电路。
- 4) 车站融雪设备处于任一工作方式时，在控制柜、车站控制终端均应能实时监视到以下信息：
  - a) 输入电源电压、电流、频率值；
  - b) 输入电源断电、缺相报警；
  - c) 加热电路的工作状态，加热电路的工作电压、电流；

- d) 传感器的工作状态及测量数据显示;
  - e) 电路故障报警;
  - f) 加热电路对地绝缘;
  - g) 控制柜柜门状态及开门报警;
  - h) 接触器、断路器、漏电保护器的工作状态。
- 5) 车站控制终端对各种信息记录保存时间不少于 120 天, 并应具有以下管理功能:
- a) 输入电源电压、电流、频率数据记录及输入电源断电、缺相及断相报警信息记录;
  - b) 环境温度、钢轨温度、降雪信息记录;
  - c) 加热电路工作状态数据记录;
  - d) 接触器、断路器、漏电保护器的工作状态记录;
  - e) 传感器故障记录;
  - f) 手动、自动操作记录;
  - g) 加热电路工作时间(加热时间)、次数及耗电量统计;
  - h) 控制柜柜门开门报警记录。
- 6) 融雪设备加热电路的启动应采用逐路接通方式。融雪设备断电在 10min 以内时应保持原来的工作状态, 加热电路的启动仍为逐路接通方式。
- 7) 车站融雪设备单路故障不应影响其他电路正常工作。
- 8) 传感器故障后, 车站应能启动或关闭任一输出加热电路。
- 9) 融雪设备断电后各种信息不应丢失。控制命令(信息)与执行结果应校核, 不一致时应报警。系统信息变化的响应时间应不大于 6s。
- 10) 车站融雪设备在进行控制方式转换时, 原加热电路工作状态不应发生变化。

### 3.11.7.3 控制终端

实现本车辆段道岔融雪系统设备的集中控制和实时监控。在控制终端上配有应急操作按钮, 实现本车辆段道岔融雪设备的应急控制, 本站道岔融雪应具备纳入控制中心远程控制系统的条件。

- 1) 主要设备: (包括但不限于)
  - a) 服务器;
  - b) 网络设备
  - c) 电源设备、电磁干扰防护设备

2) 主要技术参数如下:

- a) 工作环境温度: 室内  $-10^{\circ}\text{C}$ —  $50^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度: 不大于 95% ( $25^{\circ}\text{C}$ );
- c) 供电电源: AC220V;

3.11.7.4 电气控制柜

电气控制柜安装于需融雪的道岔旁,用于控制现场道岔加热系统的启停、信息采集及运行状态监测和参数设置,控制柜内的控制模块通过控制电缆与控制终端进行通信。控制柜采用智能模块化结构设计,各模块具备独自数据处理能力。主要模块包括程序控制单元 PCU、电压/电流检测单元 CVS、手动/自动转换单元 MAS、温度检测单元 TS,其他还有电源模块、防雷单元、通讯单元、配电输出、应急操作和内柜加热、照明、门控等辅助模块。控制柜应为外柜套内柜结构,IP 防护等级 IP65。

3.11.7.5 供电及电源设备

1) 输入电源:

- a) 每个控制柜输入一路三相 AC 380V,电压波动范围为 $-20\%\sim+15\%$ ;
- b) 一个控制柜输入额定电流: 不小于 AC240 A;

2) 输出电路:

- a) 输出电路数: 每个控制柜不少于 12 路;
- b) 每路输出方式: 三相四线 AC 380V,额定电流 AC30A。
- c) 三相电源各相使用应尽量均衡。

3) 交流接触器、断路器及漏电保护器电气特性:

- a) 交流接触器额定工作电压 AC 220V,触头额定通过电流不小于 40A,动作时间不大于 100ms;
- b) 断路器、漏电保护器宜采用 C 型保护特性。

4) 控制柜采集处理信息及要求:

- a) 环境检测装置输入数字(模拟)信号;
- b) 电压、电流、频率等模拟量测量误差不大于 $\pm 1.5\%$ ;
- c) 各种模拟量、开关量检测周期小于 500ms。

5) 电磁干扰浪涌防护应满足以下要求:

- a) 控制柜电源引入应设有电磁干扰浪涌防护装置;
- b) 控制柜和各信息通道的连接处应装设防护元件;

- c) 电磁干扰浪涌防护元件故障应有显示，防护元件故障不得影响设备正常工作；

#### 3.11.7.6 防护地线接入综合接地系统。

#### 3.11.7.7 环境检测装置

配置轨温传感器，用于监测加热钢轨的温度情况，安装于装有加热轨条的道岔基本轨轨底。

- 1) 温度传感器应满足以下要求：
  - a) 温度测量范围： $-50^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ ；
  - b) 温度测量精度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+10^{\circ}\text{C}$ 范围内不大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；其他温度范围不大于 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ；
  - c) 信息输出：发送电平分档可调；
  - d) 信号传输速率：不低于  $2400\text{bit/s}$ ；
  - e) 信息传输距离：不小于  $1200\text{m}$ 。
- 2) 传感器外壳应有良好的防护外界撞击能力，电路板、接线头处应进行密封处理，不渗水，防护等级不低于 IP66。

#### 3.11.7.8 隔离变压器

为了保证轨道电路的正常工作及人身安全，融雪系统的加热电路设立隔离变压器。投标人应详细列明各类道岔的隔离变压器配置方案。

- 1) 隔离变压器容量： $2.5\text{ kV}\cdot\text{A}\sim 15\text{ kV}\cdot\text{A}$ 。
- 2) 隔离变压器（三相或单相）电压：
  - a) 一次侧线圈电压： $\text{AC } 380\text{ V}/220\text{ V}$ ， $\text{AC } 440\text{ V}$ ；
  - b) 二次侧线圈电压： $\text{AC } 220\text{ V}$ 。
- 3) 效率：不低于 90 %。
- 4) 瞬态特性：在额定电压和额定负载下，接通加热电路瞬间的冲击电流应不大于额定电流的 10 倍。
- 5) 平均无故障时间应不小于  $1.5\times 10^5\text{h}$ 。

#### 3.11.7.9 电加热元件

电加热元件是道岔融雪系统的关键件，安装在基本轨内侧或滑床板边，用于道岔加热除雪。电源加热元件需要的电源从控制柜引出，通过隔离变压器后，连接到在道岔铁轨上的加热条。电加热元件截面应为扁平状，和钢轨、滑床板等接触面应为面接触。为适应不同安装位置要求，电加热元件应有直型、L 型等规格。投标人应提供各种类型道岔电加热元件的



配置方案。

- 1) 电加热元件特性指标:
  - a) 额定工作电压: AC 220V 50HZ;
  - b) 额定加热功率: 200 W/m~600W/m;
  - c) 电热转换效率不小于 96%;
  - d) 电加热元件中心电热材料与金属外壳间施加 2 400 V/50Hz 正弦交流电压 1min, 应无击穿现象;
  - e) 在正常的试验环境下用 500 V 兆欧表测试, 电加热元件中心电热材料与金属外壳间绝缘电阻应不小于 25 MΩ。
- 2) 电加热元件引线端应满足下列要求:
  - a) 电加热元件的引线头和电加热元件间应进行隔热处理, 引线端应密封, 在长期振动下不渗水, 防护等级不低于 IP66;
  - b) 电加热元件应耐冲击、耐腐蚀。
- 3) 电加热元件接线盒及连接线套管应满足下列要求:
  - a) 连接线应采用防腐密封绝缘护套导电线缆, 导电性能指标应不低于截面积为 4 mm<sup>2</sup> 的铜导线;
  - b) 连接线套管应采用绝缘材料并具有一定强度;
  - c) 接线盒应采用金属结构, 箱体应密封, 接线盒内采用铜材料端子连接方式。
  - d) 连接线套管和电加热元件、接线盒的连接处应密封良好, 不渗水, 防护等级不低于 IP66。
- 4) 电加热元件使用寿命应不少于 15 年。
- 5) 电加热元件安装位置:
  - a) 尖轨 (心轨)、基本轨 (翼轨) 的轨腰或底部;
  - b) 滑床板;
  - c) 牵引点;
  - d) 其它可利用位置。
  - e) 两根电加热元件间应有不小于 20 mm 的间隙。

#### 3.11.7.10 供电电缆和信息传输电缆

- 1) 环境检测装置和控制柜间信息传输应采用专用数据线对 (扭绞或星绞通信线对)。
- 2) 控制柜至电缆盒、隔离变压器间的供电电缆应采用电力电缆。

- 3) 电缆敷设应符合相关规范要求。
- 4) 车站控制终端至各电气控制柜间采用控制电缆，通过总线方式通信。

#### 3.11.7.11 关键件要求

关键件主要包括：微电子器材、交流接触器、断路器、隔离开关、隔离变压器、电磁干扰浪涌防护单元等。

- 1) 微电子器材应采用工业级及以上等级。
- 2) 交流接触器、断路器、隔离开关应符合 GB/T 14048.1-2000、GB/T 14048.2-2001、GB/T 14048.3-2002 及 GB/T 14048.4-2003 的规定，并应满足以下要求：
  - a) 交流接触器检验内容包括：合格证，吸起、落下值，额定电流时的主触点接触电阻；
  - b) 断路器检验内容包括：合格证，过流、短路保护；
  - c) 隔离开关检验内容包括：合格证，开关接通额定电流后的接触电阻。
- 3) 隔离变压器应符合 GB/T 10228-1997、TB/T 1869-1990 的规定；隔离变压器检验内容包括：合格证，输出电压，变压器效率，绝缘电阻，绝缘耐压。
- 4) 电磁干扰浪涌防护单元应符合 TB/T 2311-2002 的规定；电磁干扰浪涌防护单元检验内容包括：合格证，标称导通电压和漏泄电流，劣化指示颜色，有劣化报警端子的应测试其接点通断。

#### 3.11.7.12 产品的一致性和可追溯性

- 1) 批量生产的认证产品与型式检验合格的样品特性应保持一致。
- 2) 产品生产时进行统一编号，该编号具有唯一性，并应有相应的存档记录。

### 3.11.8 信息安全技术要求

3.11.8.1 信息安全防护应满足《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》（GB/T22239-2019）三级基本要求。本工程的信息安全服务商应具有成熟的应用业绩。

3.11.8.2 信息安全服务商通过对信号系统提供风险评估服务，提出有针对性的抵御威胁的防护对策和安全整改措施，防范和消除信息安全风险，或将风险控制在可接受的水平，为网络和信息安全保障提供科学依据。

3.11.8.3 信息安全设计应以保障信号系统业务功能安全为首要目标，所采取的一切安全措施，包括相应的安全设置和部署的安全产品，不能影响系统自身的可靠性和功能安全。

- 3.11.8.4 信息安全设计应尽量维持信号系统既有结构，尽量减少在既有系统架构中串联安全网关类和安全防护类设备，不对信号系统数据传输时延，丢包等指标产生影响，危及行车安全。
- 3.11.8.5 要求在信号系统边界进行有效隔离防护。启用访问控制功能，能够识别网络协议，对进出网络的信息内容进行过滤。实现网络隔离、访问控制、边界完整性检查等功能。
- 3.11.8.6 信息安全防护子系统应具备安全审计功能。审计覆盖范围全面，审计内容和审计记录完整。应能够根据记录数据进行分析，并生成审计报表；应对审计记录进行保护，避免受到未预期的删除、修改或覆盖等。
- 3.11.8.7 信息安全防护子系统应具备身份鉴别功能。应对管理用户、登录网络设备的用户、登录操作系统和数据库系统的用户等进行身份识别和鉴别；应对同一用户采用两种或两种以上组合的鉴别技术实现用户身份鉴别，并且身份鉴别信息至少有一种是不可伪造的。
- 3.11.8.8 应定期对网络系统进行漏洞扫描，对发现的网络系统安全漏洞进行及时的修补。
- 3.11.8.9 应对部署在信号系统网络中的安全防护设备及安全相关事项进行统一的监控和管理。
- 3.11.8.10 应在全线的工作站、服务器和终端设备中，安装主机防护软件。监控主机的进程状态、网络端口状态、USB 端口状态，以黑、白名单的技术方式，全方位地保护主机的资源使用。根据黑、白名单的配置，禁止非法进程的运行，禁止非法网络端口的打开与服务，禁止非法 USB 设备的接入，从而切断病毒和木马的传播与破坏路径。
- 3.11.8.11 信息安全服务商应在信号系统取得全功能载客试运营证书前取得信息系统 3 级安全证书。

### 3.11.9 漏泄电缆

投标人所提供的漏泄同轴电缆应具有成熟的应用业绩，应为国际国内知名一线品牌，遵循国际或国家相关行业标准，如 IEC、国标等。漏缆配套卡具及支柱、钢丝吊挂件应为同品牌配套产品，有同品牌标识，并由漏缆生产厂家对其安全性负责。漏缆夹具材质暂定为 PA12；漏缆底座固定螺钉为不锈钢，并应与本项目预埋槽道完全匹配；提供漏缆夹具抗振动耐久测试报告。由投标人对其安全性负责。

- 3.11.9.1 投标人所提供的泄漏电缆及其配件应为新品并为近期生产（生产日期 1 年以内）。

3.11.9.2 泄漏电缆的阻燃、无毒、防腐蚀性技术指标应符合下列要求：

- 1) 阻燃性：完全满足 IEC 60 332-1 要求。
- 2) 低烟性：完全满足 IEC 61 034 要求。
- 3) 无卤性：完全满足 IEC 60 754-1 要求。
- 4) 腐蚀性：完全满足 IEC 60 754-2 要求。
- 5) 所提供的漏泄电缆须具有良好的防水侵入性能并具有防鼠害和防迷流腐蚀、防晒、耐高低温，同时具有抗紫外线的能力。

3.11.9.3 选用漏泄电缆可以多次弯曲（弯曲程度应符合相关规定）而不影响材料物理和电气性能，投标人应分别注明每种电缆最小弯曲半径下的弯曲次数。

3.11.9.4 成品漏泄电缆护套上应沿其长度方向间隔不大于 1m 喷制制造厂名或其代号、电缆型号、制造年份，并以适当的距离间隔喷涂线路名称、使用专业等，喷涂内容在设计联络阶段由招标人确定。

3.11.9.5 成品漏泄电缆护套上应喷制以 m 为单位的长度标志；长度标志的间距为 1m，误差应不大于 5‰。

3.11.9.6 对安装方向有要求的漏泄电缆，护套上应具有安装朝向标志。

3.11.9.7 投标人的报价中应包含所提供的漏泄电缆的配套件价格：射频电缆、连接器(中间及终端)、负载电阻、功分器、耦合器、直流断路器 DC Block、避雷器、接地组件（含馈线接地卡）及全套安装附件(包括漏缆卡具、吊挂件、吊挂钢丝、防水组件、杆路等)。

3.11.9.8 漏泄电缆在区间沿区间侧壁挂设，原则每隔 1 米安装一个固定卡具，每隔 10 米安装一个防火卡具，特殊区段应考虑加密安装固定卡具。卡具的安装方式必须牢固，并具有防紫外线及抗老化性能，满足泄漏电缆长期使用的可靠性。

3.11.9.9 投标人的报价应包括漏泄电缆所有接头的防水材料和防水施工防护费用，如无需特殊防水，厂商应提供承诺。

3.11.9.10 漏泄电缆安装完毕后，投标人须对无线覆盖性能进行全线测试。在覆盖指标达到要求后，签署安装验收证书。

3.11.9.11 漏泄电缆供货长度及配盘长度将在设计联络阶段最终确定，招标人有权根据工程情况进行相应调整。投标人提供的漏缆单盘长度和配盘长度一致，且不能有接头，每个单盘只能为单根漏泄电缆，投标人提供的漏泄电缆在保证运输的基础上单盘最大长度不应小于 800 米。

3.11.9.12漏泄电缆的具体安装方式以及防雷考虑应在安装前于现场进行测试，投标人应考虑该项费用并包含在投标总价内。

3.11.9.13漏泄电缆主要技术指标不得低于以下要求（不限于此）：

- 1) 内导体：高纯度铜质材料；
- 2) 绝缘：物理发泡聚乙烯绝缘、聚乙烯支撑空气绝缘；
- 3) 外导体：高纯度铜质材料；
- 4) 最小弯曲半径：700mm；
- 5) 电缆重量： $\leq 1000\text{Kg/Km}$ ；
- 6) 抗拉强度： $> 3000\text{N}$ ；
- 7) 工作温度： $-40\sim+75^{\circ}\text{C}$ ；
- 8) 规格：13/8（1-5/8）英寸；
- 9) 特性阻抗： $50\Omega$ ；
- 10) 电压驻波比： $< 1.4$ ；
- 11) 直流电阻： $< 3\Omega/\text{Km}$ ；
- 12) 使用频率：800MHz、1800MHz
- 13) 传输衰减： $800\text{MHz}\leq 21\text{dB/Km}$ ； $1800\text{MHz}\leq 42\text{dB/Km}$ ；
- 14) 2米处耦合 95%： $800\text{MHz}\leq 71\text{dB}$ ； $1800\text{MHz}\leq 67\text{dB}$ 。
- 15) 漏泄电缆 800MHz 频段在 1000 米长度处的系统损耗以及 1800MHz 频段在 600 米长度处的系统损耗必须均优于上述指标。

## **4 系统功能要求**

### **4.1 ATS 子系统功能要求**

4.1.1 ATS 子系统在联锁、ATP、ATO 子系统的支持下完成对全线列车运行的自动管理和监控，应实现下述基本功能。

4.1.2 行车信息显示。

4.1.2.1 ATS 子系统通过车站和车辆段的局域网获取 ATP/ATO 和联锁设备提供的列车运行状态信息、信号设备的状态信息和列车位置信息等。

4.1.2.2 在中央控制室，采用大屏幕系统显示本工程的线路、车站、车辆段布局的全景，车辆段设备实迹显示可在需要时调用。并预留远期全景显示位置。

**4.1.2.3** 在控制中心、备用控制中心的行车调度工作站上，采用高分辨率的彩色液晶显示器以单元画面和任意窗口详细显示车站、区间及车辆段的信号设备状态和列车运行状态的细景。**ATS** 应保证系统在各运行级别下对列车占用信息显示的一致性。

**4.1.2.4** 全景和细景显示的主要内容包括但不限于：

- 1) 本工程线路、车站、车辆段的线路布局；
- 2) 公里标、坡度、曲线、高架线、地面线、地下线标注（可调显）；
- 3) 目的地码位置、信号元素（包括信号机、轨道区段、道岔等）状态及编号（可调显）；
- 4) 供电区段及显示；
- 5) 信号机状态；
- 6) 列车进路状态；
- 7) 列车图标及位置；
- 8) 列车状态（驾驶模式、车地通信状态、运行状态、设备状态等）；
- 9) 列车车次号；
- 10) 列车门、站台门的状态；
- 11) 跳停、提前发车和扣车表示；
- 12) 出段列车的预定地点；
- 13) 车站、车辆段发车晚点情况；
- 14) 运行早晚点（ $\geq 1$  分钟）；
- 15) 控制权的状态等；
- 16) 故障报警信息、操作日记；
- 17) 与其他线路联络线信号元素信息显示等。

**4.1.2.5** 在大屏幕系统上显示相应的报警信息（应可根据运营需要配置）：

- 1) **ATS** 通道状态信息；
- 2) **ATS** 命令执行超时；
- 3) 影响行车的故障处置应具有提示；
- 4) 重要设备工作状态。

**4.1.2.6** 在行车调度工作站上显示相应的报警信息：

- 1) 中心和车站及车辆段电源设备状态信息；
- 2) **ATS** 通道状态信息；
- 3) **ATS** 命令执行超时；

- 4) 车地通信故障报警;
  - 5) 车站设备的工作状态和车载设备的工作状态等;
  - 6) 影响行车的故障处置应具有提示功能。
- 4.1.2.7 正线信号系统应根据自身系统特点,能够区分连续式通信的列车控制级和降级(联锁控制级)下的运行状态,合理显示信号机状态、进路状态、轨道列车占用状态和列车追踪移动状态;连续式通信的列车控制级下,列车移动显示分辨率和刷新速率状态应与真实的移动状态相匹配。
- 4.1.2.8 集中站的车站现地控制工作站显示其所在设备集中站管辖区范围内和相邻车站间的线路及其所有车站的布局,列车运行状态、信号设备状态、列车进路状态、列车车次等的全景,也可以单元画面和图形缩放显示细景,并可在获得控制权后通过键盘及鼠标对管辖范围内的信号设备进行控制。
- 4.1.2.9 无岔非集中站的 **ATS** 工作站无进路控制功能,有岔非集中站的 **ATS** 工作站有本站范围内的控制功能。非集中站的 **ATS** 工作站均显示其所在设备集中站管辖区范围内和相邻车站间的线路及其所有车站的布局,列车运行状态、信号设备状态、列车进路状态、列车车次、站台门状态等的全景。
- 4.1.2.10 所有集中站设置的现地控制工作站均需具有控制权,管辖范围可根据运营需要进行配置。集中站的现地控制工作站具备对其管辖范围内有控制权车站的收授权功能。中心和车站控制权转换时,采取一次操作方式,直接进行各集中站控制权的转换,集中站可根据运营需要对有岔非集中站控制权采取二次分配,有岔非集中站对本站控制范围内的设备具有控制权。
- 4.1.2.11 中心控制转车站控制时,车站控制的默认控制状态为自动控制状态(按照运行图自动办理进路)。
- 4.1.2.12 与车辆段相连的车站现地控制工作站/**ATS** 工作站应显示相应的联络线处的列车运行信息及信号设备状态信息,具体内容在设计联络阶段确定。
- 4.1.2.13 车辆段 **ATS** 工作站应具有接/发车预告声响提示。
- 4.1.2.14 若与本线路有换乘作业的换乘线路能够提供相关换乘车站的列车占用状态等信息,则 **ATS** 系统应能够实现共享换乘站之间的相关信息,在本线的控制中心显示屏、调度工作站、车站现地控制工作站/**ATS** 工作站上应能显示相关换乘站的相关信息,具体内容在设计联络阶段确定。

4.1.2.15 车辆段的 ATS 工作站应显示正线和车辆段内的列车运行状态、信号设备状态、列车进路状态、列车车组号等情况以及与正线联络线及相邻的正线车站的列车运行等信息。

4.1.2.16 ATS 系统应使用图形化方式显示 ATS 系统设备工作状态及与其他系统的连接状态。

4.1.2.17 ATS 子系统在故障恢复时，应具有快速恢复 ATS 子系统工作的能力，向调度员提供简单的操作界面及操作程序。

4.1.2.18 所有关于线路布局的显示画面应统一显示方向及方位，原则应按照上行线在下面，下行线在上面的规定。具体在设计联络阶段确定。

4.1.2.19 ATS 显示界面应能区分显示线路中的全自动控制区、非全自动控制区，除显示段内信号设备的状态外，还能显示人员防护开关的状态、洗车机状态及车辆段停车列检库库门状态。

#### 4.1.3 列车运行描述。

4.1.3.1 系统采用列车识别号、列车图标的移动和有关信号设备的状态变化来自动模拟和描述在线列车的实际运行。

4.1.3.2 系统自动完成列车自车辆段列检库出发时开始跟踪，至列车回到车辆段停车列检库后结束。系统自动完成并实现列车在正线和车辆段内（含试车线及具有轨道区段占用检测设备的所有区域）车组号的连续追踪。系统应具备在车辆段转换轨处停车和不停车情况下的自动赋予车次号功能。

4.1.3.3 系统应具备根据本工程的线路布置和临时运营要求，在有特殊运营要求时，组织临时交路行车，并对临时列车交路上运行的列车进行自动追踪的能力。

4.1.3.4 列车识别号由列车表号、车次号、车组号、目的地号组成。

- 1) 表号为系统对正线列车的辨认，在一天的服务中保持不变。表号一般由 2 位数字组成。
- 2) 车次号为某一趟列车的服务号，它随着列车的折返和上下行的变化而变化。车次号一般由 3 位数字组成。其中上行采用偶数、下行采用奇数。
- 3) 车组号为某一特定列车编组的编号，由车辆段的工作人员在派车计划中输入。车组号一般由 3 位数字组成。
- 4) 目的地号为列车运行目的地的编号。一般由 2 位字母组成。
- 5) 列车识别号的设置需满足运营要求。



- 4.1.3.5 系统应允许中心调度员随时输入、修改、删除、插入和预设列车识别号。
- 4.1.3.6 列车车次号由列车运行图/时刻表直接产生、并通过车地通信系统进行校核。且列车识别号随着列车的走行，自动跟踪，并可由调度员人工修改包括设定、删除、移位、变更。在列车识别号因故丢失情况下，系统应能根据运行图，列车位置及时间自动推算并自动设置列车识别号，且能通过车地双向通信进行校核。**CBTC** 列车降级后，列车识别号原则上不应丢失。
- 4.1.3.7 表号和车次号在车次窗中随着列车的走行移位并显示。当列车到达终端站（即折返站）或环形线路用户指定的终点站，折返作业完成后，列车跟踪系统按照实施运行图自动找出新列车识别号，新列车识别号显示在该列车现在位置的折返轨或股道车次窗上。
- 4.1.3.8 对于将退出服务的列车（回到车辆段停车列检库的列车），系统继续跟踪列车的识别号，在车辆段库线的车次窗内显示列车的车组号，便于车辆段工作人员了解列车在车辆段库线上的分布情况。
- 4.1.3.9 中心大屏幕上各站股道、区间、监控范围的入口处设置车次窗。车次窗设置的位置与数量根据行车密度和运行作业的需要确定。车次窗显示 5 位数字，显示要求如下（暂定）：
- 1) 对于计划车，车次窗的显示为表号+车次号/表号+车组号，其中表号 2 位，车次号/车组号 3 位；
  - 2) 对于头码车，车次窗的显示为目的号+车组号/目的地号+车次号，其中目的地号 2 位，车组号/车次号 3 位；
  - 3) 对于人工车，车次窗的显示为 **M0**+车组号。
  - 4) 对于回车辆段的计划车，显示时它们的两位表号用“**HD**”或相关车辆段代码所代替（具体名称根据运营需要而定）。但是运行图一侧的实际图和计划图不受影响。
  - 5) 大小交路运行时，为了便于调度人员识别小交路列车，要求小交路列车的识别号显示时，使用特殊表号标识（具体名称根据运营需要而定）。但是运行图一侧的实际图和计划图不受影响。
  - 6) 列车识别号应具备多种组合方式，包括但不限于：车次号+表号、车组号+表号、车次号+目的地号、车组号+目的地号、车组号+**M0**。具体内容在设计联络阶段确定。
- 4.1.3.10 对于调度员工作站上的识别号显示，不同的人一机对话画面中显示不同的内容，并可增加部分信息，如列车晚点信息（用不同的颜色）、人工运行调整时间修改等。

4.1.3.11 具体的列车识别号组成及显示方式在设计联络阶段确定,投标人应确保满足运营需求。

#### 4.1.4 列车运行图/时刻表的管理。

##### 4.1.4.1 列车运行图/时刻表包括:

- 1) 基本运行图/时刻表;
- 2) 计划运行图/时刻表;
- 3) 实际运行图/时刻表。

##### 4.1.4.2 基本运行图/时刻表:

- 1) 基本运行图/时刻表分为平日、节假日、不同季节、每天不同运营时段、临时事件等各种列车基本运行图/时刻表。
- 2) 由调度员输入基本运行图的基本数据如各区间运行时间、车站站停时间、运行间隔、起始和终到站、时间段、可用列车数、列车折返要求等,系统应能在计算机辅助下自动完成列车基本运行图/时刻表的编制。基本运行图/时刻表作为系统指挥列车运行的一种原始数据。
- 3) 系统应能编制各种运营情况的运行图/时刻表,包括从正线停车线出车开始运营、列车自正线任意车站开始沿途车站均跳停直接回车辆段等运营情况。
- 4) 运行图编制过程中应能自动地进行冲突检查,并给出明确的提示及建议优化的冲突解决方案。运行图编制过程中,若出现人工操作失误可进行撤销。
- 5) 基本运行图/时刻表编制完毕后,应能在运行图编辑工作站上进行列车运行的模拟和仿真(速度可在不大于 10 倍速度的范围内可调),以检测基本运行图/时刻表编制的可行性和合理性。
- 6) 基本运行图/时刻表的编辑和管理在运行图/时刻表编辑工作站上完成。
- 7) **ATS** 系统可根据约定格式的文件(如 **Excel** 格式)自动生成运行图。
- 8) 基本运行图编制完成后,按不同种类存入数据库内,以备调度员随时调用。
- 9) 基本运行图的数据不得擅自修改,当必须修改时,由专门维护人员按照有关命令进行。
- 10) 储存在计算机内的基本运行图不应少于 512 种。基本运行图数据必须确保安全存储,并易于长期保存。
- 11) 系统应根据本工程的运营特点提供科学、合理、最佳的基本运行图。
- 12) 系统应根据车次号使用规则,提供自动排列车次号、表号的功能,要充分考虑运营

实际情况，满足运营要求。

13) 基本运行图/时刻表包含以下主要信息：

- a) 列车车次；
- b) 区间运行时间；
- c) 车站到发时间；
- d) 站停时间；
- e) 列车运行路径；
- f) 列车折返信息；
- g) 区间和车站数据等。

4.1.4.3 基本运行图相关要求（包括但不限于）：

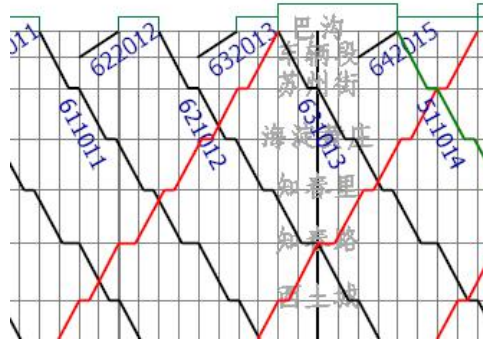
1) 列车运行图格式

- a) 在列车运行图上有横线、竖线和斜线三种线条。采用以横坐标表示时间、纵坐标表示距离图解列车运行状态；
- b) 横线代表车站的中心线，设备集中站以粗线条表示，其余车站则以细线条表示；
- c) 竖线将横轴按一定的时间单位进行等分，代表一昼夜的小时和分秒，通常分钟线可以细线条表示，五分钟线可以细虚线条表示，小时线则以粗线条表示；
- d) 全部小时线上需表示车站站名；
- e) 斜线是列车运行的轨迹，代表列车运行线。列车运行线与车站中心线的交点就是列车在车站的到达、出发或通过时刻。在列车运行图上，下行列车的运行线由左上方向右下方倾斜，上行列车的运行线由左下方向右上方倾斜。

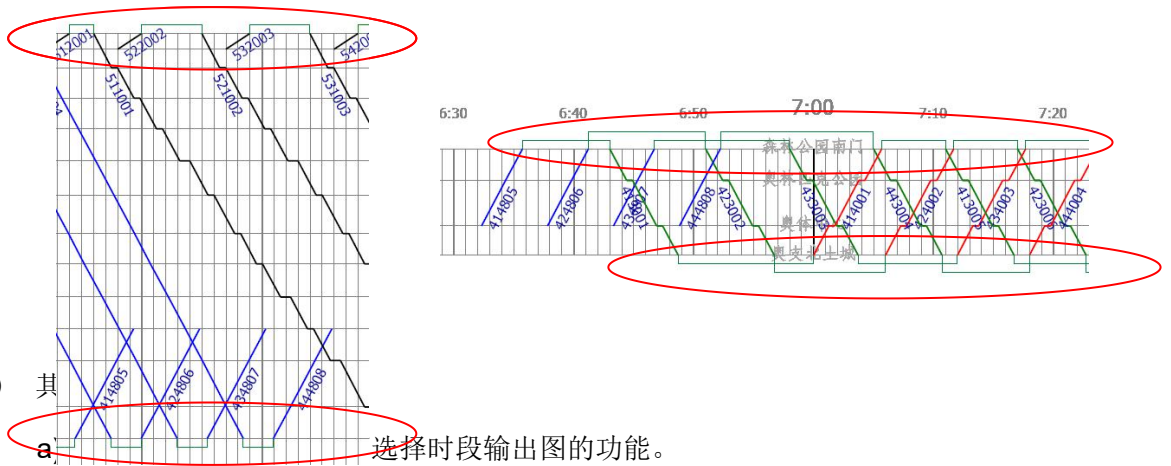
2) 列车表号及车次的规定：

- a) 表号的使用以第一次出段时间的先后顺序进行顺序排列；
- b) 中午列车回车辆段再次出车辆段时，则以回段时间的先后顺序出车辆段。当停车列检库一条库线仅存一组车，以回车辆段时间的先后顺序，采用先进先出的方式安排出车辆段。当停车列检库一条库线存两组车时，则每两组回车辆段（车辆段停车库线每股道停放两列车）列车采用后进先出的方式安排出车辆段。
- c) 列车表号及车次采用 6 位数表示：第 1、2 位是表号；第 3 位是列车开行方向（“1”为下行，“2”为上行）；第 4 位表示列车性质（“0~4”表示客运列车；“6”表示调试列车；“8”表示回空列车）；第 5、6 位表示列车运行顺序号。

- 3) 线型及颜色的规定：客运列车线型为实线；颜色，出入车辆段线为黑色，运行线上行为红色，下行为绿色。调试车线及回空车线线型为实线，颜色为蓝色。
- 4) 车次标注位置及形式如下：



- 5) 列车折返画法：



- 6) 其
  - a) 选择时段输出图的功能。
  - b) 有多个站台的车站，站停时间应能分别设置不同站停时间；
  - c) 正线与车辆段联络线的运行时间应可进行人工设置；
  - d) 两站间有多条运行径路时，应可分为正向运行与侧向运行分别设置运行时间；
  - e) 自动编图软件中默认的区间运行时间及站停时间应能按照实际情况设置；
  - f) 不同时段的折返时间应能分别设置；
  - g) 首末车时间应能设置且固定；
  - h) 应能实现编制在正线上存车的运行图；
  - i) 应能实现 24 小时运行图的编制；
  - j) 应具备自动排列或人工指定修改当前及后续车次号、表号的功能；
  - k) 应具备键盘快捷键设置，设置可参考 Window 快捷键设置。
- 7) 基本运行图的编制要求将在设计联络阶段详细确定。

#### 4.1.4.4 计划运行图/时刻表：

- 1) 根据当日运行计划和列车运用计划，系统自动选择当日的基本运行图/时刻表或调

度员在运行图显示工作站上选择适当的基本运行图/时刻表，经修改和确认后即为当日的计划运行图/时刻表，**ATS** 子系统据此组织和实施当日的列车运行。

- 2) 系统能够批量的生成运行图使用计划、能够以周为单位指定模板。
- 3) 运营期间也可以对当日的计划运行图/时刻表进行在线修改。
- 4) 计划运行图/时刻表的编辑和管理在运行图/时刻表编辑工作站上完成。

#### 4.1.4.5 实际运行图/时刻表：

- 1) 实际运行图/时刻表为 **ATS** 子系统根据列车运行的实际情况自动生成，并在运行图显示工作站上显示。可用外部记录设备如磁盘和光盘等存储，并在数据库内保留不少于 180 天。当数据量较大时，应能备份写入光盘或硬盘中以便长期保存。
- 2) 对非计划列车也应绘制实际运行图。
- 3) 可按指定的时间段或指定列车等方式打印输出实际运行图/时刻表。在离线状态下，可随时描绘出列车实际运行图，或打印出列车实际运行时刻表。

4.1.4.6 计划运行图和实际运行图采用不同的底色和线条同时显示在运行图显示工作站显示器的同一画面上，以现时时刻为分界线，随着时间的推移，铺画实际运行图。

#### 4.1.5 列车运用计划及车辆管理。

4.1.5.1 中央 **ATS** 设备将当天的计划运行图/时刻表传至车辆段 **ATS** 工作站上，车辆段的 **ATS** 子系统设备根据当天的计划运行图/时刻表，在人工的参与下形成当日车辆运用计划和配车计划，并将配车计划传至控制中心的 **ATS** 子系统设备。

4.1.5.2 在运营结束时，车辆段 **ATS** 子系统收集整理当天在线运营的有关列车的故障报警信息，并生成报表，在 **ATS** 工作站上显示或打印，供维护管理人员参考制定列车维护计划。

4.1.5.3 车辆段值班员根据当日车辆运用计划和配车计划组织车辆段的列车运行作业，自动或人工设置车辆段的列车进路和调车进路，以满足列车出入车辆段和库内停车作业的需要。

4.1.5.4 车辆段的配车计划生成后，直接生成司机的基本派班计划并传至司机派班室，需人工设置运用车组信息，形成可使用的派班计划。

4.1.5.5 **ATS** 系统应对车辆段的 **ATS** 工作站进行出库列车自动预先通知，在规定时间尚无列车在车辆段发车时应自动进行报警。

4.1.5.6 出车辆段列车进入转换轨区段后，系统将列车识别号传至控制中心的 **ATS** 子系统设备进行校核，并根据校核结果进行相应处理。

4.1.5.7 在车辆段提供车辆运行管理、司机管理功能，并在司机派班室、轮乘室显示司机的派班及乘务信息。

#### 4.1.6 列车进路的控制。

4.1.6.1 ATS 子系统对列车进路的控制包括：

- 1) 自动控制；
- 2) 人工控制。

4.1.6.2 自动列车进路控制可分为 ATS 中央自动和 ATS 车站自动。

4.1.6.3 正常情况下，系统依照列车运行图/时刻表、在线列车运行信息、车站联锁表自动设置列车进路，指挥在线列车运行。

4.1.6.4 中心调度员和车站及车辆段值班员可通过各自的控制工作站实现列车进路的人工控制。中心调度员控制进路应按菜单方式进行。主要控制内容包括：

- 1) 变更计划运行图/时刻表；
- 2) 设置和取消进路；
- 3) 实时发出进路指令；
- 4) 将部分和全部信号机置于相关自动控制方式；
- 5) 设置扣车、提前发车、跳停指令；
- 6) 控制权转换；
- 7) 设置临时限速指令（通过输入设置区段临时限速的起止里程进行设置）等。

4.1.6.5 采用菜单办理进路时，ATS 具备对计划办理进路的预览提示功能。

4.1.6.6 系统需具有中心控制和车站控制的转换功能。正常情况下，正线区域由中心 ATS 控制。可通过授受权方式，实现控制中心与车站的控制权转换，在紧急情况下，车站值班员可在现地控制工作站上强行取得控制权，控制车站的进路和信号，并可办理引导接车。中心控制与车站控制的转换要求：

- 1) 在相互转换时应保证所执行的命令正常执行。
- 2) 由车站控制转为中心控制时，中心的进路控制命令应为自动控制状态。
- 3) 车站可以无条件将控制权从中心转为车站。
- 4) 车站转中心控制时，需全面进行条件检查，具体条件（在设计联络阶段确定）包括：与中心的通讯正常、无引导进路、无引导总锁、无联锁自动触发进路、无联锁自动通过进路、无联锁自动折返进路、无站台紧急关闭、无车站扣车命令、无强扳道岔授权状态。

- 4.1.6.7 系统应具有车辆段全自动运行区域站控/中控转换功能。车辆段全自动运行区域一般由中心 **ATS** 控制。在正常情况下可通过授受权方式，实现控制中心与车辆段的控制权转换，在紧急情况下车辆段 **ATS** 可强行从控制中心取得控制权。
- 4.1.6.8 中心可实现对车辆段整个站场情况的监控，车辆段全自动控制区域可由中心或车辆段自动或人工控制，非全自动控制区域仅可由车辆段人工控制。
- 4.1.6.9 车辆段全自动运行区域内的列车进路应具备自动/人工控制，调车进路具备人工控制。
- 4.1.6.10 车辆段内具备人工设置目的地码的功能。根据派班计划和目的地码，**ATS** 能够实现段内列车进路的自动触发。
- 4.1.6.11 **ATS** 控制操作工作站应采取安全、严密的授权管理措施，保证控制命令输出的正确性和唯一性，不允许多个控制工作站在同一时间内对同一目标实施控制。
- 4.1.6.12 在紧急情况下，车站值班员可通过按压车控室内综合后备盘（**IBP**）和站台上的紧急关闭按钮直接关闭车站的进路和信号，系统应禁止排列相应的列车进路。
- 4.1.6.13 某一车站或车辆段的 **ATS** 控制设备发生故障，应不影响整个 **ATS** 子系统的工作。
- 4.1.6.14 系统应能按照优先级原则控制列车进路，即本地控制优先于中央控制，人工控制优先于自动控制，系统对列车进路控制权的优先级顺序为：
- 1) 车站值班员；
  - 2) 中央调度员；
  - 3) 自动进路控制。
- 4.1.6.15 当控制中心 **ATS** 故障且控制权未转为站控时，车站 **ATS** 设备应根据时刻表、列车识别号、列车位置等信息自动地进行进路排列及发车时机的控制。
- 4.1.6.16 当 **ATS** 车站设备故障，联锁设备可以建立自动触发进路、自动通过进路及自动折返进路。
- 4.1.7 列车运行的调整。
- 4.1.7.1 系统对列车运行的调整分为自动调整和人工调整。
- 4.1.7.2 当列车的实际运行与计划运行图间发生较小偏差（偏差值由调度员设定）时，系统自动调整列车运行计划并控制列车运行至正点状态。
- 4.1.7.3 当列车的实际运行与计划运行图间发生的偏差较大时，系统发出报警，同时系统应根据列车实际运行的偏离情况，自动生成调整计划供调度员参考。

- 4.1.7.4 当列车的实际运行与计划运行图间发生的偏差超出一定的范围时，系统发出报警，同时以起始站或终到站为基点对所有列车自动按等间隔运行原则生成调整计划，经调度员确认后对全线列车运行进行调整。
- 4.1.7.5 调度员认为有必要对计划运行图/时刻表进行修改时，可人工介入调整列车运行计划，系统自动执行调整计划并控制列车运行。
- 4.1.7.6 **ATS** 子系统应具备列车运行自动调整的策略，当运行计划偏离时，不同运行交路的列车经过同一地点时，系统应能监测到列车计划冲突，并提示调度员采取列车计划冲突干预方案，供调度员人工选择，若设定时间（如 **60s**）内未进行选择则按原计划控制。
- 1) 列车冲突告警对话框提供具体冲突情况的详细描述和调整策略（列车按计划顺序通过和先到列车先通过策略）供选择，调度员选择“按原计划执行”后，**ATS** 按当天计划顺序自动办理通过冲突区域的进路；调度员选择“先到列车先通过”后，**ATS** 为先到列车排列进路。
  - 2) 调度员可以随时选择对某个信号机关闭/开启冲突检查功能。
- 4.1.7.7 组织临时交路运营时，**ATS** 子系统应具备对列车运行间隔自动调整的功能。
- 4.1.7.8 **ATS** 子系统故障，在恢复行车指挥功能的过程中，系统具有自动或辅助调度员使系统尽快投入运行的能力。
- 4.1.7.9 列车运行自动调整手段包括但不限于：
- 1) 改变列车区间走行时间；
  - 2) 改变列车站停时间，改变列车站停时间不能小于最短站停时间；
  - 3) 设置为等间隔自动调整等。
- 4.1.7.10 列车运行人工调整手段包括但不限于：
- 1) 对有关列车或站台（单个或所有）实施“扣车/取消扣车”、“提前发车”或“跳停/取消跳停”；
  - 2) 改变列车在区间的走行时间、站停时间，改变列车站停时间不能小于最短站停时间；
  - 3) 改变列车的始发站、终到站及始发时间，调整列车的出入段时间；
  - 4) 对实施的运行图/时刻表采取如“增/减列车线”和“平移列车线”等在线修改；
  - 5) 改变列车的运行径路等。
- 4.1.7.11 在供电分区断电情况下，**ATS** 应具备在断电区域两侧实现自动扣车功能。



**4.1.7.12** 对正线上某一方向的所有车进行扣车的功能。在站台扣车过程中，应保持车门及站台门打开。

**4.1.7.13** 扣车功能的相关要求如下：

- 1) 中心 **ATS** 工作站遥控及站控模式下均能进行此操作。
- 2) 对于站台扣车命令既能够在列车未到达站台的时候就预先设置，又能够在列车进入站台后发车前设置。该命令一次只能对一个站台进行控制。
- 3) 无论控制权在中心还是车站，中心都具有扣车功能。原则上中心与车站扣车后，由扣车方取消扣车，中心扣车后，若中心 **ATS** 与车站 **ATS** 通信中断时，车站应具备取消中心扣车的功能。
- 4) 工作站应具备扣车车站不在现在站场图的提示功能。当扣车站不在当前画面时调度员可以点击主画面扣车提示按钮，系统自动弹出对话框（此对话框根据扣车站的增减实时刷屏）告知调度员那些车站的某方向站台办理扣车作业，调度员在点击相应站台名后，调度员工作站主画面立即切换至相应车站站场画面。当办理扣车作业时所有调度员工作站对已实施扣车的扣车提示按钮均变为扣车已成功状态（例如：闪动或红色），提示调度员注意扣车情况。扣车成功关闭信号。

**4.1.7.14** 跳停功能的相关要求如下：

- 1) 跳停命令用来通知指定列车在下一个正线站台不停车，直接通过。在线路运行的正方向上可以设置跳停。跳停命令既可实现对某一列车的控制，又可实现对站台控制。通过设置跳停可以实现指定列车在某一站台、几个站台的跳停，亦可以实现指定站台一列车及所有列车在该站台的跳停。
- 2) 车次号为 **XX6XX**、**XX7XX**、**XX8XX** 及 **XX9XX** 时，系统自动完成对列车所要经过的站台的跳停设置或通过列车停站属性设置跳停列车，具体根据运营需要设置。
- 3) 工作站应具备跳停车站不在现在站场图的提示功能，具体要求同上述“扣车车站不在现在站场图的提示功能”。
- 4) 在未办理扣车作业的情况下，方可办理跳停；在跳停状态下，办理扣车作业后，跳停自动终止。

**4.1.7.15** 提前发车功能的相关要求如下：

- 1) 提前发车功能用来指示当前站台上的列车立即发车。当执行此功能后，**ATS** 控制站台发车计时器立即清零。
- 2) 在未办理扣车和封锁作业的情况下，方能办理提前发车，否则系统会弹出相应的错

误提示。

**4.1.7.16** ATIS 子系统能对高峰和非高峰运营时段的列车运营实施不同的能源优化运行方案，非高峰运营时段在不降低服务质量的前提下，采用节能运行等级曲线控制列车运行和保证乘客的舒适度。应提供各运行等级下的牵引计算、区间运行时分文件。

**4.1.7.17** ATIS 具备对每个区间设置最大运行列车数量的功能。

**4.1.8** 列车运行的查询。

**4.1.8.1** 系统应允许调度员查询某列车的计划运行时间表，也可以查询某站的计划运行列车的时刻表。

**4.1.8.2** 系统应允许调度员查询在线列车的实际运行信息，能根据需要列表显示当前某列车或全部运行列车所在的车站和区间，并能提供列车运行的早晚点状况提示，同时能列出某站或全部车站的列车位置状况，能设置及显示列车停站、扣车、跳停、站停时间、列车运行方向、列车运行模式，平均满载率等信息。

**4.1.9** 站台发车计时器。

**4.1.9.1** 站台发车计时器采用倒计时显示方式显示发车时刻，当列车在站台停车后，发车计时器按系统给定的站停时间倒计时，显示距计划时刻表的发车时间，显示为零时允许列车发车，正计时为发车晚点。

**4.1.9.2** 在系统的正常控制模式及后备模式下，发车计时器均应具有相应的显示。

**4.1.9.3** 特殊作业发车计时器应有特殊标志，如显示：

- 1) 扣车；
- 2) 跳停。

**4.1.9.4** 正常控制模式及降级模式下发车计时器显示定义：

- 1) 未到达运行图规定的发车时刻显示为倒计时；
- 2) 到达运行图规定的发车时刻显示为“000”；
- 3) 超过运行图规定的发车时刻显示为正计时；
- 4) 提前发车显示为“000”；
- 5) 扣车显示为“H”；
- 6) 跳停通过显示为“- - -”。

**4.1.9.5** 列车占用站台第一离去区段后，发车计时器熄灭。前列车出发后至下列车到达并停车前，站台发车计时器处于熄灭（无显示）状态。

4.1.9.6 发车计时器实际状态信息应能反馈给中心及车站主机,在中心大屏幕和车站工作站上显示。

4.1.9.7 在未办理扣车和区间封锁作业的情况下,方能办理提前发车。办理了提前发车作业,相应的发车计时器应立即置零。

4.1.9.8 站台发车计时器应有较完善的设备故障诊断和报警功能,并能将故障信息传至控制中心和维修中心进行报警。

4.1.9.9 站台发车计时器的显示方式以设计联络会确定的方式为准。

#### 4.1.10 运营记录与统计报表。

4.1.10.1 中央调度员和车站值班员的所有操作,列车运行状况和设备工作状态均采用标准的文件格式记录和保存在系统数据库中,保留时间为1年,并可进行统计和分析。

4.1.10.2 ATS系统须具备在线回放功能,回放记录应保存不少于30天,且能够自动转存到指定存储位置。详细回放操作要求设计联络阶段确定。

4.1.10.3 中央调度员和车站值班员的所有操作,列车运行状况和设备工作状态能自动或按调度员的指令进行回放和输出到指定的存储及打印设备,系统应为这些数据的外部读取提供软硬件接口。

4.1.10.4 在车站维护工作站、控制中心及维修中心,系统均应能够实现对各种操作信息、设备运行状态信息及运行数据进行记录和备份,并具有根据记录数据对任何时间、任何信息点进行过程回放功能,针对回放可选择前进、后退及回放倍速。记录和统计报告的内容为:

- 1) 停运列车数;
- 2) 加开列车数(临客、调试、回空、救援);
- 3) 开行列车数合计;
- 4) 列车在各站到发时刻及偏离;
- 5) 列车早晚点;
- 6) 列车退出运营;
- 7) 列车走行公里数;
- 8) 每日每旅程的误点班次;
- 9) 列车运行正点率;
- 10) 始发正点率;
- 11) 到达正点率;

- 12) 通过率;
- 13) 旅行速度;
- 14) 技术速度;
- 15) 存车/备车;
- 16) 列车整备状态;
- 17) 时刻表及其兑现率;
- 18) 进路控制;
- 19) 车辆设备状态;
- 20) 临时限速;
- 21) 信号设备及车辆修程;
- 22) 基础信号设备的状态;
- 23) 车载设备状态;
- 24) 系统性能和趋势的监督报告;
- 25) 司机出乘等。

**4.1.10.5** 始发站、终到站的到发统计分类选项中增加偏离时间量的选项。即系统应根据列车偏离的时间量对晚点列车进行统计。

- 1) 始发站：列车车次的起始站（包括中途变更车次的起始站）。
- 2) 终到站：列车车次的截至站（包括中途清人折返等作业的车站）。

**4.1.10.6** 晚点列车的统计内容及方法如下：

- 1) 晚点列车数统计时间档位可以任意调节，要求每天末班车后，系统自动生成当天的统计报表；
- 2) 输入起、止时间，统计起止时间段内的晚点列车数；
- 3) 晚点列车个数统计。按调度员输入的时间参数，可随时统计出该时刻晚点列车的个数；
- 4) 晚点列车的查询及统计，可按时间（天）查询、按车次查询、按地点查询、按车组查询。
- 5) 列车晚点的统计时间应以运营的统计方式为准，暂定按偏离 2 分钟以上的计入晚点，与 ATS 列车早晚点情况的阈值会有所不同，此数值应可配置。

**4.1.10.7** 各种统计、指标计算均可以图形和报表的形式打印输出，统计报表中应包括车次、车组、晚点时间等内容。存储的数据能用标准应用软件 Excel 等输出，并采用中

文字符。

4.1.10.8 投标人应在投标文件中提出详细的记录和统计报告内容建议。

4.1.11 故障报警。

4.1.11.1 ATS 子系统应具有完善的自诊断和设备运行状态监视及故障报警的功能。通过系统的维护工作站可以监视设备的运行状态和提供故障报警的界面，同时重要的故障报警也应显示在中央调度员及车站值班员的工作站上。

4.1.11.2 ATS 子系统应将自身的维护信息传至维护监测子系统。

4.1.11.3 通过控制中心大屏幕及调度工作站显示器，能对车辆段线路及进路状态，正线车站及区间轨道区段、道岔、信号机、列车识别号、在线列车运行状态、命令执行情况 & 系统设备状态等进行监视。当列车运行或信号设备发生异常时控制中心计算机自动地将有关信息在调度工作站上给出报警及故障源提示。报警信息应明确、准确并对处理故障有指导意义，报警信息需实时打印输出，并可以灵活保存为文本文件输出。

4.1.11.4 所有报警信息的分类等级、流向等特性应能按照运营和维护的需求进行人工设置和调整，在指定的维护工作站上，系统软件应为此需求提供友好的人机界面和授权管理功能。

4.1.11.5 报警应分为 A、B、C 三类：

- 1) A 类，直接对列车运行及设备发生危害的情况；
- 2) B 类，将对列车运行发生影响的情况；
- 3) C 类，一般报警情况。

4.1.11.6 系统报警应分等级列出并显示在维护工作站上，重要报警显示在调度员工作站上，必须经调度员确认。报警信息显示包含：

- 1) 年/月/日/时/分/秒；
- 2) 报警名称；
- 3) 报警内容；
- 4) 报警类型；
- 5) 报警地点；
- 6) 报警确认时间等。

4.1.11.7 报警应根据其严重性及确认和处理的状态显示为不同的颜色，并给出提示信息。

4.1.11.8 对故障报警的打印内容可以人工选择和排版，但不可改变事件及报警的内容，对

于全部故障事件及报警可通过安全存储设备及时进行实时保存。

**4.1.11.9 调度留言/提醒：**调度员可以在 **ATS** 工作站上设定一些留言/提醒记录，让系统在指定的时间弹出一个消息框，并产生声音提示。可以设定提醒的留言及提醒内容、时间（每日的指定时间或者是指定日期的某个时间）、内容、音响提示。

#### **4.1.12 模拟演示及培训。**

**4.1.12.1** 系统应具有在线和离线工作状态的模拟培训设施。设备容量应满足模拟全线车站及远期在线运行列车运营状况等的要求。模拟培训设施必须以本工程的线路、车站配线及在线运营列车等状况为对象，对调度员的培训应全面，所有的操作及功能应用都应得到培训，控制、显示信息应与实际使用的系统一致。离线工作状态时可提供培训列车调度员及维修人员使用，在线工作状态时可对 **ATS** 子系统设备进行试验及调试。

#### **4.1.12.2 离线工作状态时功能要求：**

- 1) 人机界面与 **ATS** 子系统相同，包括图形显示、人机对话方式、全线线路、车站及信号设备布置等；
- 2) 能够分别按 **CBTC**、联锁逻辑进行进路控制和列车控制等；
- 3) 按照输入的时刻表或操作员意图模拟至最小间隔的列车追踪运行及至最小间隔的列车折返运行；
- 4) 能实现列车识别号的自动生成及人工输入、变更、替换、取消；
- 5) 可采用跳停、扣车、放行，改变列车运行速度等方法模拟列车运行状况；
- 6) 能实现自动及人工调整模拟列车运行；
- 7) 能够实现 **ATS** 系统的管理操作，包含操作员登记进入、退出，权力和职责范围的设定及转换等；
- 8) 实现各种列车运行数据的生成及报表打印；
- 9) 实现全自动驾驶功能相关的操作及应急处置。

#### **4.1.12.3 在线工作状态时的功能要求：**

- 1) 能够完全、真实、可靠地接收 **ATS** 系统所需的全部信息；
- 2) 能与调度员工作站交换控制权，取得控制权时可设定信号机为 **ATS** 自动或人工控制；
- 3) 在线工作时能完成系统的调试和试验。

**4.1.12.4** 培训演示功能既可利用备用控制中心的调度工作站实现，又可在控制中心模拟/培

训工作站实现，投标人应对此提出可行的建议。

#### 4.1.13 与其他系统交换信息。

##### 4.1.13.1 在控制中心，ATS 子系统与以下系统交换信息：

- 1) PIS 系统；
- 2) 控制中心大屏；
- 3) 广播系统；
- 4) 时钟系统；
- 5) 无线系统；
- 6) 综合监控系统；
- 7) TCC 系统。

##### 4.1.13.2 在车辆段，ATS 子系统与车辆段的联锁系统交换信息。

##### 4.1.13.3 在 CBTC 列车上，ATS 子系统可以通过 ATO 子系统为车载广播系统和车载旅客向导系统提供信息。

#### 4.1.14 备用控制中心的功能与控制中心相同。

##### 4.1.15 ATS 应具备根据计划自动或人工向停车库线/正线停车线上的列车车载设备下发休眠控制命令，并监测休眠状态的功能。ATS 应判断列车具备休眠条件后，ATS 自动或提示人工向列车发送休眠命令。ATS 对列车的休眠状态进行管理，休眠不成功时应具备报警提示功能。

##### 4.1.16 列车休眠前需考虑车辆清扫作业需要，清扫作业完成后方可实施休眠指令，具体实现方式和清扫时间在设计联络阶段确定。

##### 4.1.17 ATS 应具备根据计划自动或人工向停车库线/正线停车线上的列车车载设备下发唤醒控制命令，并监测唤醒状态的功能。ATS 需较发车计划时间提前一定时间（时间需综合考虑信号与车辆自检时间，具体时间设计联络阶段确定）下发唤醒指令。ATS 应能够对列车的唤醒状态进行管理，唤醒状态信息需在中心工作站上显示。ATS 须具备远程人工对多列或全部列车同时发送唤醒指令的功能。

##### 4.1.18 针对需要清客的列车，ATS 具备触发站台广播进行清客提示的功能。

##### 4.1.19 ATS 具备针对清客站台（终端站、折返站）设置取消清客功能；ATS 具备人工对非固定清客车站站台设置清客功能。ATS 具备对指定列车发送远程清客确认指令的功能，车载信号设备收到中心远程清客确认后发送关门指令。

- 4.1.20 ATS 应能对洗车机状态进行监视，具备按照设置目的地码的方式或计划方式自动排列进出洗车库进路的功能。
- 4.1.21 ATS 根据运行计划向即将投入正线运营列车的车载信号设备发送“进入正线服务”工况指令，向即将退出正线运营列车的车载信号设备发送“退出正线服务”工况指令。
- 4.1.22 ATS 应具有对全自动驾驶列车和非全自动驾驶列车的区分显示功能，便于调度人员识别。
- 4.1.23 ATS 应能根据时刻表自动向列车下发换端指令，并提供调度员人工下发换端指令的功能。
- 4.1.24 ATS 具备向列车车载设备发送紧急制动命令的功能。紧急制动命令可针对单车或全线列车下达。针对远程紧急制动的列车，可远程下发紧急制动缓解命令，缓解紧急制动。
- 4.1.25 ATS 具备远程发送开关门指令的功能，进行远程开关门作业。
- 4.1.26 ATS 系统具备发送远程复位和远程旁路指令的功能，车载信号设备将该指令转发车辆。
- 4.1.27 ATS 能够对车载信号设备发送的蠕动驾驶模式请求进行确认。
- 4.1.28 ATS 具备对指定线路区域和指定列车允许 FAM 运行授权的功能。
- 4.1.29 ATS 系统具备对车辆信息管理和控制功能，能够集中监控全线车辆相关设备的运行状态，并对车辆空调/电热、照明、列车广播、列车视频监视等发送远程控制指令，同时具备完成数据处理、存储、历史查询、数据统计等功能。具体功能下的实现方式在设计联络阶段与车辆专业共同确定。

### **专题三：安全的远程控制功能建议**

**请投标人结合天津地铁6号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段全自动技术及自身系统特点，投标时给出全自动运行线路的远程控制功能建议。**

### **专题四：远程启动车辆蓄电池牵引**

**请投标人结合天津地铁6号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段全自动技术及自身系统的特点，投标时提供当接触网全网高压失电时，利用蓄电池牵引模式，全自动运行至最近下一站的专题分析。**

- 4.1.29.1 ATS 具备车辆相关设备的显示功能，包括但不限于以下内容：



- 1) 列车状态缩略显示，能够反映出各车辆的地理位置并宏观显示车辆设备工作状态，包括列车状态、故障情况、运行工况、驾驶模式等；
- 2) 车辆 TCMS 的信息显示，能够将车辆 TCMS 信息全部显示在相应的工作站界面上；
- 3) 信号车载 MMI 的信息显示；能够将信号车载 MMI 信息全部显示在相应的工作站界面上；
- 4) 车载 PIS、车载 PA、车载 CCTV、站台门/车门状态等相关信息显示。

**4.1.29.2 ATC 具备车辆相关设备进行远程控制的功能，包括但不限于以下内容：**

- 1) 预设全线列车空调/电热参数；
- 2) 临时设置单车空调/电热参数；
- 3) 车站火灾应急指令；
- 4) 车辆火灾确认；
- 5) 开/关客室照明。

**4.1.30 ATC 应根据车载发送的报警信息提供相应的报警及显示，除车载信号设备报警信息外，车辆相关报警包括但不限于以下内容：**

- 1) 障碍物检测状态；
- 2) 驾驶室打开；
- 3) 通过车辆获得的列车牵引、制动、辅助电源、空压机、蓄电池、车门、广播、视频摄像、空调等各系统的自诊断状况、故障及报警信息。

**4.1.31 ATC 应具有车辆维护管理的功能。系统应建立列车维护日志，以记录、更新与列车维护相关的信息，维护信息包括但不限于以下内容：**

- 1) 行驶里程数；
- 2) 最近维修的日期；
- 3) 最近维修类型；
- 4) 存在故障类型（如有故障）；
- 5) 最近洗车时间。

**4.1.32 通过 ATC 工作站，授权人员能设置、修改车辆维护的限制条件（如维护类型、间隔，洗车间隔、可容忍的故障等）。限制条件包括但不限于以下内容：**

- 1) 维修里程限制；
- 2) 维修类型及间隔限制；
- 3) 可容忍的故障列表；

4) 洗车间隔。

**4.1.33** ATS 系统须与 ISCS 系统接口并紧密配合，实现全自动驾驶控制及应急处置相关的联动控制功能，包括但不限于：运营准备、唤醒、休眠、列车运行中的紧急控制（紧急手柄、乘客对讲、车辆火灾、障碍物/脱轨检测）、车站及区间紧急控制等，具体在设计联络阶段确定。投标人须在招标文件中详细说明联动的方式及具体联动功能的实现过程。

**4.1.34** 对分段开通线路，具备在同一中心实现多线路段监控功能。

**4.1.35** 控制中心/备用控制中心设置乘客调度工作站、车辆调度工作站，用于实现乘客、车辆的相关视频、控制及调度功能。

**4.1.36** 投标人可根据各自系统的特点提供其 ATS 子系统的详细功能描述，并说明如何满足上述的系统功能要求。

## **4.2 ATP 子系统功能要求**

**4.2.1** ATP 子系统是保证列车运行安全的重要设备，应符合故障—安全原则。

**4.2.2** ATP 子系统实现列车运行自动防护的全部功能。能根据线路状态、道岔位置、前行列车位置等条件，实现列车速度控制，防止列车超速，确保追踪列车之间的安全行车间隔距离，实现列车自动追踪运行。

**4.2.3** 列车速度控制方式须采用连续的一段式速度—距离控制模式曲线，在确保追踪列车之间的安全行车间隔的同时，有效缩短追踪间隔、提高线路的通过能力、保证旅客的舒适性、保证旅行速度、提高线路的通过能力。

**4.2.4** ATP 子系统应能对正、反向运行的列车实现安全防护。系统应保持同向和对向行驶方向上两列列车之间、列车与防护区及列车与线路终端之间的 ATP 安全防护间隔。应考虑在各种最不利的条件下，如线路坡道、列车载客、车辆可能出现的最小制动率（常用及紧急制动）、制动时车轮滑动产生的测距误差等，计算安全间隔距离还应考虑各个子系统的反应时间和信息延迟时间。

**4.2.5** ATP 子系统根据联锁设备提供的列车进路信息、信号设备状态等等确定相应列车的运行方向和列车的运行权限，并保证前行列车和追踪列车间的安全间隔，满足设计行车间隔和折返间隔要求。

**4.2.6** ATP 地面设备能够向车载设备发送必要的速度、距离、线路条件等信息或向车载设备传送列车运行权限信息。以供车载设备确定列车运行的最大安全速度，实现列车间隔保护及超速防护功能，保证列车运行的安全。

- 4.2.7 ATP 子系统设备应对列车位置进行实时、准确、安全的定位。
- 4.2.8 ATP 子系统必须连续、自动且安全可靠地对轨道占用/空闲状态及列车位置进行检测，保证系统对列车进路的安全控制和对列车运行速度及间隔的安全控制。
- 4.2.9 CBTC 信号系统内部 ATP/ATO 信息传输设备应能满足：
- 1) 工程现有的土建环境和工程现场条件；
  - 2) 相邻线路和相邻同类设备的干扰；
  - 3) 不能发生信息传输的错误和混乱；
  - 4) 独立于轨道区段占用检测设备；
  - 5) 连续、双向的车地信息传输；
  - 6) 列车运行的安全。
- 4.2.10 车载 ATP 设备应保证列车速度不超过线路、道岔、车辆等规定的允许速度，并能在除 EUM 以外的各种驾驶模式下对列车实施监控，防止列车超速运行。
- 4.2.11 头尾冗余配置的车载设备有两端同步启动要求时，系统应具备头尾车载设备同时上电功能。
- 4.2.12 车载 ATP 测速设备应采用冗余方式的测速系统，速度信息的输出须相互校验，并实行断路检查。测速设备的测速精度参数应满足对列车控制精度的要求。测速范围为 0~100km/h、显示精度为 $\pm 1.0\text{km/h}$ 、线性精度为 $\pm 0.5\text{km/h}$ 。
- 4.2.13 车载 ATP 设备应对车轮打滑及空转采取切实可行的技术措施，并能防止列车在最大坡道及任何负载情况下的后退和下滑。保证列车的运行安全和确保系统性能指标。
- 4.2.14 车载 ATP 设备应具有人工或自动轮径磨损补偿功能，补偿范围为 770~840mm。
- 4.2.15 测速设备、速度补偿及轮径校正设备必须具有成功的运用经验，且满足故障—安全原则。
- 4.2.16 ATP 子系统对车站停车精度应有安全防护，列车停在停车精度范围内时，才允许打开车门及站台门，停车误差超过停车精度范围（ $\pm 0.5\text{m}$ ）时，不允许打开车门及站台门，系统应允许列车以不大于 5km/h（暂定）的速度前进或后退，最大移动距离不超过规定数值（暂定 5m）。在列车退行时，系统应对退行列车进行进路防护和对追踪运行的列车提供安全间隔防护。

- 4.2.17 ATP 车载设备应具有零速度检测功能，列车处于零速时速度值的判断依据为：  
列车速度值处于 $\leq 1\text{km/h}$ 的范围且持续时间不小于 2s。
- 4.2.18 ATP 车载设备应具备列车停稳检测功能，且至少同时满足以下 2 个条件时，  
才可判断列车停稳：（1）列车在规定区域停车；（2）列车已处于零速。
- 4.2.19 车载 ATP 设备应能实现车门及站台门的安全监控。当到站列车在站台区停稳后，并满足停车精度要求时，ATP 才允许打开车门及站台门，车门及站台门安全关闭后才允许列车发车。开门侧应符合站台的位置和列车运行方向。列车的移动授权应与站台门的开启和关闭状态一致。当列车在车站停稳时，不能因为站台门正常开关操作而引起列车的紧急制动。
- 4.2.20 站台门因故失去状态表示，应对有关列车采取常用或紧急制动以防止列车进入站台或在站台内移动，对尾部尚未完全离开站台的出站列车实施紧急制动，对停站列车严禁启动（切除牵引、保持制动）。站台门在“故障开门”状态时，列车应可以采用特定的方式进/出车站。
- 4.2.21 当列车尚未进站时，地面 ATP 子系统设备监测到车站的紧急关闭按钮按下或接收到紧急停车命令时，ATP 应实施常用制动或紧急制动停车。当列车停在站台区时，地面 ATP 子系统设备监测到车站的紧急关闭按钮按下或接收到紧急停车命令时，应保证列车不能启动。当列车启动后尚未离开站台区时，地面 ATP 子系统设备监测到车站的紧急关闭按钮按下或接收到紧急停车命令时，应使列车紧急制动停车。
- 4.2.22 列车在运行过程中，车载设备应连续监督列车车门的状态。当检测到车门为开门状态时，系统应采取下列措施之一（具体设计联络阶段确定）：
- 1) 紧急制动；
  - 2) 列车应切除牵引但不实施制动；
  - 3) 不切除牵引也不实施制动，列车运行至下一车站。
- 4.2.23 车载 ATP 具备列车运行方向的检测和监督功能。当列车方向手柄置于非后退位、列车向后运行或方向手柄置于非前进位、列车向前运行，则车载 ATP 判断列车发生溜车。当溜车距离超过一定阈值时（暂定 0.5m），车载 ATP 设备立即实施紧急制动。
- 4.2.24 车载 ATP 设备具有检测列车完整性的功能，当列车完整性信息丢失、列车完整性检查电路中断时，应对列车实施紧急制动，并在车载界面上显示，由司

机报告给中央调度员。同时信号系统应对后续追踪列车进行安全防护，保证后续列车的运行安全。

**4.2.25 ATP 子系统应具备临时限速功能。**车站值班员可利用现地控制工作站进行临时限速的设置。临时限速按暂按 5km/h 一级进行分多级设置。

**4.2.26 ATP 设备须具有记忆保持功能，对于 ATP 主机重启前设置的临时限速等命令，**在系统重启后该命令仍保持有效；或执行最严格限制命令，人工解除该限制命令后，须重新检查并设置临时限速，并在工作站具有相应显示。

**4.2.27 线路正、反方向运行时均应具备临时限速防护功能。**

**4.2.28 地面和车载 ATP 设备应具有自诊断功能，运行数据记录和分析、故障报警的功能，**并能将相关信息传至 ATS 和信号维护监测子系统设备。

**4.2.29 车载 ATP 设备具备对列车运行数据（包括操作、运行数据等）的实时记录及**储存功能，能在列车上通过外接 PC 实现图形或其它可读格式输出。记录的内容包括事件的时间和日期，并应至少保存 7 天，记录和打印的主要内容为：

- 1) 设备运行状况；
- 2) 行车里程；
- 3) 牵引/制动控制情况；
- 4) 驾驶模式；
- 5) 速度；
- 6) 列车日检数据；
- 7) 故障报警数据；
- 8) 车载设备输入/输出信息记录等。

**4.2.30 车载设备的人机界面应采用中文人机界面，人机界面的主要内容包括（详细**要求见《人机界面要求》章节）：

- 1) 列车实际速度及 ATP 推荐速度显示；
- 2) 目标速度/距离显示；
- 3) 控制级别（联锁控制级、连续式通信控制级）；
- 4) 驾驶模式；
- 5) 折返模式；
- 6) 车门控制及车门状态表示；
- 7) 站台门的控制及状态表示；

- 8) 列车停车精度表示（列车停在停车窗内/外的表示）；
- 9) 发车及驾驶命令、紧急制动的开启和表示；
- 10) 紧急制动的实施；
- 11) 空转/打滑状态表示；
- 12) 牵引状态（动力、惰行、制动）；
- 13) 制动力不足、失效表示；
- 14) 车辆段转换区的表示；
- 15) 车载设备及接口的故障表示；
- 16) 车地通信状态表示；
- 17) 列车完整性信息；
- 18) 时钟信息；
- 19) 下一站站名及目的地名；
- 20) 驾驶员有关数据的输入及修改；
- 21) 人工轮径补偿时的数据输入；
- 22) 驾驶员的身份确认；
- 23) 日检操作输入及检查结果输出；
- 24) 自诊断命令的输入及诊断结果输出；
- 25) 车载存储数据的输出、故障信息的自动输出等。

4.2.31 当列车在车站停车时，车载 ATP 移动授权不应与列车的站停时间发生关系，只要条件具备，车载 ATP 就应给出移动授权、发车的指示。

4.2.32 任何车地通信中断超过规定时间、列车的非预期移动、列车完整性丢失、列车速度超过紧急制动触发速度、常用制动力不足、地面 ATP/ATO 设备故障及车载 ATP 设备故障等，车载 ATP 均应产生紧急制动并报警。

4.2.33 当列车运行速度接近 ATP 最大允许速度时，车载设备产生声光报警，并采用切除牵引或者常用制动方式降低列车速度。采用常用制动时应连续地检查列车的制动率，如常用制动率达不到规定值，或车速未按要求进行减速而列车速度达到 ATP 紧急制动触发速度时，应自动施加紧急制动。常用制动时，可根据目标速度值，实施列车自动缓解或保持制动处理。

4.2.34 列车通过站台时的速度不超过站台限速。当列车进站停车时，ATP 子系统应保证列车头部进入有效站台时的速度不超过站台限速；当列车离站时，ATP

子系统应保证列车尾部驶离有效站台时的速度不超过站台限速。

- 4.2.35 当接收到 **ATS** 子系统的跳停命令时，**ATP** 子系统应保证列车按不超过站台允许的最大速度通过车站。
- 4.2.36 当接收到 **ATS** 子系统的扣车命令时，**ATP** 子系统应能保证列车在车站停车后不向列车发送允许列车出站运行的移动授权；列车在进站过程中接收到 **ATS** 子系统的扣车命令时，**ATP** 子系统不应向列车发送紧急制动命令。
- 4.2.37 车载 **ATP** 设备应能自动识别 **ATC** 监控区，当列车自非 **ATC** 监控区（如车辆段非自动运行区）进入 **ATC** 监控区（如正线或车辆段自动运行区）时，**ATP** 子系统应能保证车载设备建立和完成列车进入 **ATC** 监控区的初始化和正常控制模式投入工作，并立即进入工作状态。
- 4.2.38 列车在车辆段的停车列检库开机后应具备对车载 **ATP** 设备在出车前完整的静态全功能自检功能（包括车载软硬件、系统内部接口、车地通信设备等），能将诊断的结果显示在列车的人机界面上，并能将测试检查的数据及结果传至维修中心及控制中心。
- 4.2.39 **ATP** 子系统具备红灯误出发防护功能。
- 4.2.40 当列车在信号机前停车点停车时，在确认前方信号开放前，**ATP** 车载设备应禁止列车移动。**CBTC** 控制级别下，**ATP** 设备应自动确认前方信号状态。
- 4.2.41 当列车在车站停车，列车不具备发车条件时，系统应能切断列车的牵引，避免自动或人工误启动导致错误发车，冒进信号。
- 4.2.42 **ATP** 系统应能从 **ATS** 获取基准时钟信号，保证地面所有设备及车载设备的时钟同步。
- 4.2.43 **ATP** 子系统与 **ATO** 子系统接口实现对列车运行的安全和自动控制。
- 4.2.44 车载 **ATP** 设备实现与车辆的可靠接口，保证安全和对列车实施连续有效的控制。
- 4.2.45 车载信号设备应具有辨别瞬间干扰和系统故障的能力，保证列车运行的安全。
- 4.2.46 当正线上运行列车故障时，系统应允许救援列车以限制人工驾驶模式接近故障列车实施救援，**ATP** 子系统应能对救援列车连挂故障列车的编组列车和后续追踪列车实施安全运营保护。
- 4.2.47 列车因故降级后，系统应能识别 **CBTC** 列车与非 **CBTC** 列车，并实现二者的共线混合运行。

4.2.48 对由人工确保安全的操作命令，必须有相应的安全操作手段和操作记录。

4.2.49 ATP 地面设备故障时的系统要求如下：

4.2.49.1 ATP 地面线路单元故障时，利用联锁设备保证进路安全，列车在限制或非限制人工驾驶模式下运行。

4.2.49.2 当某一区域的 ATP 地面设备故障时，车载设备在规定时间内不能接收到 MA 信息时，应产生报警、并紧急制动列车。系统应将该区域转换为降级运营模式，列车按地面信号显示运行。

4.2.49.3 当列车越过故障区域后收到可靠的 ATP 信息时，车载设备提示司机，司机可在不停车的情况下将列车升级为连续式通信级，并将驾驶模式转换至 CM 或 AM 模式下运行。也可停车后将列车转换至限制人工驾驶模式下运行。

4.2.50 当地面车地间双向连续通信设备故障时，故障区域内的列车将不能按照连续式通信控制级别运行，只能按照联锁降级模式运行。此时联锁子系统利用计轴设备检测列车位置，按降级模式原则控制地面信号机显示，联锁控制级别下以地面信号为主体信号。

4.2.51 当某一列车车载车地双向连续通信设备故障时，此列车将不能按照连续式通信控制级别运行，只能按照联锁降级模式运行；当某一列车车载 ATP 设备故障时，此列车仅能按照联锁降级模式运行。其余列车应仍然运行于连续式通信控制级别的 AM 或 CM 模式。站台值班员人工进行清客确认后或需要打开或关闭车门时，按压站台开/关门按钮，打开/关闭车门和站台门。

4.2.52 休眠时，ATP 设备需对列车是否可以休眠进行判断，不具备休眠条件时，需向中心 ATS 报警；具备进入休眠条件时，对列车位置进行记录，并与车载设备进行信息交互，完成列车注销。ATP 对休眠列车位置进行监督，当有非通信列车接近时，向中心报警，并控制该列车不能自动唤醒。

4.2.53 唤醒时，ATP 设备需对列车位置进行校核，并对列车唤醒过程中的测试（包括动态测试）、自检过程进行安全防护。

4.2.54 在自动洗车过程中，车辆控制列车恒速（暂定 3km/h~5 km/h）运行，ATP 对列车运行进行超速防护。在收到洗车机故障状态时，对列车实施紧急制动。

4.2.55 车载信号设备实时监督车辆相关设备的工作状态，对车辆制动力丢失、检测到障碍物、车辆紧急手柄拉下、火灾等影响列车运行安全的异常情况进行防护。信号 ATP/ATO 设备对于列车运行过程中的不同紧急情况应采取相应的处



置措施。

- 1) 控制列车紧急制动；
- 2) 控制列车至相邻安全位置停车（站台或设定的区间疏散平台）；
- 3) 控制列车常用制动停车。

4.2.56 系统具备根据紧急制动原因采取不同紧急制动缓解方式的功能，紧急制动缓解方式包括：自动缓解、远程人工确认缓解、司机人工缓解。当列车产生紧急制动及紧急制动缓解后，车载 ATP 均应向控制中心发送报警信息。

4.2.57 当停车列检库库门关闭时，ATP 设备具有对进出库列车进行安全防护的功能。

4.2.58 车载设备应具有接收 ATS 发送的远程控制命令、进行相应操作、对列车实施安全防护的功能。远程控制指令包括但不限于以下内容：

- 1) 立即停车命令；
- 2) 人工换端命令；
- 3) 允许 FAM 运行授权命令；
- 4) 远程紧急制动命令。

4.2.59 投标人可根据自身系统的特点提供其 ATP 子系统的详细功能描述，并说明如何满足上述系统功能要求。

### 4.3 ATO 子系统功能要求

4.3.1 ATO 子系统是自动控制列车运行的设备。在 ATP 子系统的安全保护下，根据 ATS 子系统的指令，实现列车的自动驾驶和列车在区间运行的自动调整功能，确保达到要求的设计间隔及旅行速度。

4.3.2 ATO 子系统应与 ATS 子系统和 ATP 子系统结合，高效、经济、合理地控制列车的牵引和制动，达到节能要求。ATO 运行速度曲线的设计应充分结合线路的坡度设计、车辆特性、各种运行工况及转换、乘客舒适度、车辆磨损等因素，与列车运行调整相结合，根据不同的条件选择最佳的运行工况，达到节能及列车自动调整的目的。

4.3.3 ATO 子系统应实现列车的自动运行，控制列车按运行图规定的走行时间行车，自动完成对列车的启动、加速、巡航、惰行、减速和停车的合理控制。区间走行时间误差不大于 $\pm 2\%$ 。ATO 子系统实现车站站台精确停车，列车停在停车精度范围内（ $\pm 0.3\text{m}$ ）时，才允许自动打开车门及站台门。ATO 子系统还应在折返线和停车线实现定位停车。

- 4.3.4 在自动开门模式下，当列车停靠在站台区且满足停车精度要求的条件下，经 ATP 子系统允许后，ATO 子系统向列车和站台门系统发送开门命令，并确保控制信息的安全传输。在自动关门模式下，当列车停站接近发车时间（时间可修改），ATO 系统给出关门命令，控制车门及站台门关闭，车门和站台门均已关闭后，在 ATP 的允许下，ATO 系统自动或人工启动列车运行。
- 4.3.5 当列车在车站停车时，车载 ATO 发车提示不应与列车的站停时间发生关系，只要发车条件具备，就应给出发车提示。
- 4.3.6 列车在车站站台当司机按下 ATO 启动按钮后，列车因车门或站台门等故障而不能启动，系统在一定时间（暂定 1 秒）内应切断 ATO 启动命令并施加制动，故障消失后司机须再次按压 ATO 启动按钮后，列车方可移动。
- 4.3.7 ATO 子系统应实现列车在区间停车后的自动启动。
- 4.3.8 在 ATO 驾驶模式下，ATO 子系统根据 ATS 的调整指令控制区间走行时间，达到列车运行自动调整的目的。
- 4.3.9 当 ATS 发出扣车命令时，系统应通过车地通信设备向列车发送相应的列车控制命令信息，ATO 子系统应能保证进站或停站列车在本车站停车且保持制动。
- 4.3.10 当 ATS 发出跳停命令时，系统应通过车地通信设备向列车发送相应的列车控制命令信息，ATO 子系统应能自动驾驶列车以不大于站台限速的速度越过跳停车站。
- 4.3.11 ATO 车载设备将列车运行的有关信息传递至 ATS 子系统，以便 ATS 子系统能对在线列车进行监控。
- 4.3.12 ATO 子系统应能控制列车的服务质量，正常运行时，列车在曲线上运行的未被平衡的离心加速度不超过  $0.4\text{m/s}^2$ ，冲击率（jerk 值）不超过  $0.3\text{m/s}^3$ 。
- 4.3.13 ATO 子系统应能控制列车的服务质量，列车进站时 ATO 子系统采用连续的一次性制动，衡定的制动率，一次性制动至目标停车点，中途不得缓解，且在进站前不应有非线路限速要求的减速台阶。车载 ATO 设备应能自动识别 ATC 监控区，当列车自非 ATC 监控区进入 ATC 监控区时，车载设备应能立即进入工作状态。
- 4.3.14 ATO 子系统应具有自诊断功能，记录和分析故障报警信息，发生故障时能将报警信息传至 ATS 和信号维护监测子系统设备。
- 4.3.15 车载设备应监测与车辆接口的相关状态，主要包括：

- 1) 信息接收状况;
- 2) 牵引控制状态;
- 3) 制动控制状态等。

**4.3.16** 当列车运行在 **AM** 模式下, 车载 **ATO** 设备故障, **ATP** 设备正常, 车载设备产生报警, 列车可在停车或不停车时自动或人工转换为 **ATP** 保护下的人工驾驶模式或限制人工驾驶模式下运行。车载 **ATO** 设备通过车辆控制管理系统向车载旅客信息系统提供有关车载乘客信息显示的数据, 包括但不限于:

- 1) 发车信息;
- 2) 接近信息;
- 3) 到站信息;
- 4) 目的地信息;
- 5) 左、右开门信息等。

**4.3.17** 车载 **ATO** 设备记录和统计的内容包括事件的时间和日期, 并应至少保存 7 天, 主要包括但不限于以下内容:

- 1) **ATO** 报警类别;
- 2) **ATO** 车地通信报警类别;
- 3) 制动状态;
- 4) 制动指令;
- 5) 车载设备的计算速度曲线及实际运行速度曲线;
- 6) 牵引制动量;
- 7) 加减速曲线;
- 8) 车载设备所接收到的地面信息;
- 9) 车站通过;
- 10) 定位停车超精度范围显示及报警记录;
- 11) 停车误差 $<0.3\text{m}$ 时记录, 停车误差 $\geq 0.3\text{m}$ 报警, 并统计停车误差的分布概率;
- 12) 运行时间及故障统计等。

**4.3.18** 列车从车辆段出库之前应具备对车载 **ATO** 设备的静态测试功能, 并能对检测的结果进行记录。在正线、车辆段自动控制区域内, **ATO** 子系统根据 **ATS** 指令在 **ATP** 子系统的防护下全自动控制列车运行, 实现列车在车站自动停车、自动启动及自动折返、自动调车、自动洗车、自动进出车辆段、列车休眠、

列车唤醒等功能。

- 4.3.19 系统应具备折返站全自动驾驶折返的功能。车载信号设备根据移动授权及 **ATS** 指令，自动驾驶列车从到达站台运行进入和折出折返线，最后进入发车站台自动打开车门和站台门。
- 4.3.20 系统应具备全自动驾驶模式（**FAM**）和蠕动驾驶（**CAM**）模式。
- 4.3.21 车载设备应具备根据 **ATS** 休眠指令和司机本地控制列车在预定义的休眠窗口进行休眠的功能，并将休眠状态反馈给 **ATS**。车载信号设备与车辆配合，实现单端发送休眠指令、使全列车设备完成休眠。列车两端车载信号设备均应具备发送休眠指令的功能，当一端指令发送失败时，应能自动由另一端发送休眠指令。休眠成功后，信号应仅保持具备唤醒功能的设备和车地通信设备在断电状态，要求上述双端设备的总功耗不应大于 **150W**，具体功耗限值在设计联络阶段确定。
- 4.3.22 车载设备应具备根据 **ATS** 唤醒指令和司机本地控制列车在预定义的唤醒窗口进行唤醒的功能，并将唤醒状态反馈给 **ATS**。车载信号设备与车辆配合，实现单端发送唤醒指令、使全列车设备完成唤醒。列车两端车载信号设备均应具备发送唤醒指令的功能，当一端指令发送失败时，应能自动由另一端发送唤醒指令。
- 4.3.23 唤醒过程中，车载信号设备除完成自检外，还须配合车辆设备使其进行必要的自检和功能测试（包括动态测试）。车载信号设备应将自检和测试的状态、报警信息及时上传至 **ATS** 子系统，便于调度人员实时了解列车唤醒的状态。
- 4.3.24 **ATO** 应具有列车进站停准调整功能。在 **FAM** 模式下，列车自动运行到车站停稳，并满足停车精度要求后，**ATO** 子系统自动发出车门及站台门开门命令。列车进站停车时如停车误差超出了停车精度范围，则 **ATO** 子系统不应发出车门及站台门开门命令。若列车进站停车过标或欠标不大于 **5m**（可设定），**ATO** 子系统应再次启动列车进行对位调整，每次对位调整的距离暂定为 **0.6~0.8m**（具体根据车辆控制性能确定），若调整到位，**ATO** 子系统自动发出车门及站台门开门命令。如果列车经过 **X** 次（可设定）调整后仍不能停车到位，车载信号设备应向中心进行报警，由人工远程介入进行控制或直接运行至下一站。若列车进站停车过标大于 **5m**（可设定），车载信号设备应向中心进行报警，由人工介入进行控制或直接运行至下一站。当列车进站停车欠标大于 **5m**，

ATO 自动运行对位停车。

4.3.25 ATO 子系统应具备车门/站台门故障隔离的功能。当个别车站站台门故障隔离时，车载设备接收站台门故障信息（站台编号及故障站台门编号），并将此信息转发至车辆相关设备，列车进站停稳后，ATO 子系统自动发出车门及站台门开门命令，故障站台门（站台门系统控制）及对应的车门（车辆控制）不应打开。当个别车门故障隔离时，车载设备接收车门故障信息（故障车门编号），并将此信息转发至轨旁信号设备。列车进站停稳后，ATO 子系统自动发出车门及站台门开门命令，故障车门（车辆控制）及对应的站台门（站台门系统控制）不应打开。

4.3.26 车载信号设备应具备自检自诊断及接收车辆相关的维护信息的功能，并将相关的设备状态、诊断信息发送至维护监测子系统和 ATS 子系统。

4.3.27 车载设备应能接收 ATS 发送的远程控制命令，进行相应操作。远程控制指令包括但不限于以下内容（具体设计联络阶段与车辆讨论确定）：

- 1) 远程清客确认；
- 2) 远程开关门命令；
- 3) 远程复位命令；
- 4) 远程火灾确认；
- 5) 远程旁路命令；
- 6) 车辆相关控制命令，预设全线列车空调/电热参数、临时设置单车空调/电热参数、设置清扫时间、远程停放制动施加等。

4.3.28 车载信号设备应能够根据列车运行情况触发车辆鸣笛，如列车在库内动车、入库时进行鸣笛等。具体鸣笛地点及时机在设计联络阶段确定。

4.3.29 需要清客确认的车站清客未完成期间，车载信号设备应保持车门打开，收到关门信号后自动关闭车门和站台门，收到清客确认信号后发车。

4.3.30 车载信号设备应能根据 ATS 的指令和列车运行位置对列车工况进行管理，列车工况包括但不限于：场内运行、进入正线服务、退出正线服务、待命、清扫。

4.3.30.1 场内运行。车载信号设备应具备向车辆发送是否在场内运行工况的功能，用于车辆断开永久母线（防止出现短路）、关闭空调、电热控制等。

4.3.30.2 待命。列车唤醒成功后进入待命状态，车载信号设备应向车辆发送待命工况，用

于车辆打开照明、空调或电热控制等。

**4.3.30.3** 清扫。车辆回库停稳后，车载信号设备应自动向车辆 **TCMS** 发送清扫工况，用于车辆打开车内照明。

**4.3.30.4** 进入正线服务/退出正线服务。车载信号设备接收到 **ATS** 发送的进入正线服务/退出正线服务工况指令时，应向车辆 **TCMS** 发送该工况指令，用于车辆执行打开/关闭照明、空调或电热等操作。

**4.3.31** 投标人可根据各自系统的特点提供其 **ATO** 子系统的详细功能描述，并说明如何满足上述系统功能要求。

#### **4.4 联锁子系统功能要求**

**4.4.1** 联锁设备确保列车运行进路的安全，应采用冗余的计算机系统，联锁系统的软、硬件设计应符合故障-安全原则。

**4.4.2** 联锁设备按一定的程序和条件控制轨旁的道岔和信号机，为列车运行建立进路，确保进路上轨道区段、道岔、信号机等之间的安全联锁。对于涉及安全的操作应采取安全保证措施。对于来自操作设备的错误操作，应具备有效的防护能力。

**4.4.3** 计算机联锁设备必须符合中华人民共和国《计算机联锁技术条件》和《继电式电气集中技术条件》及系统引进国有关的技术要求。

**4.4.4** 联锁设备与 **ATP** 计算机单元的接口应符合故障—安全原则。由联锁系统向 **ATP** 提供进路信息、站台门开关状态、站台紧急关闭状态、无人折返按钮状态、计轴区段状态等状态信息；联锁接收来自 **ATP** 的逻辑区段状态、信号机关联状态信息、站台门开关命令信息、停稳等信息并予以执行。

**4.4.5** 当某列车与地面失去连续通信时，该列车能在限制或非限制人工驾驶模式下运行，司机根据调度命令和地面信号显示驾驶列车，联锁设备保证列车运行进路的安全。

**4.4.6** 联锁设备应能与轨道区段占用检测设备、道岔转辙机、信号机以及站台门系统等通过安全继电器接口或/电子接口，实现对道岔、信号机、站台门等的安全可靠的控制。

**4.4.7** 对轨旁设备的控制电路的设计应符合故障-安全原则，并应采取双断和独立回路的方式。电路连接不能因线路发生短路、馈电失效或者外部电路接地，而影响系统的安全性。

4.4.8 联锁设备的主要功能包括但不限于以下内容：

- 1) 正常进路控制（包括折返进路）；
- 2) 引导进路控制；
- 3) 信号机监控；
- 4) **CBTC** 下强制点灯；
- 5) 道岔监控；
- 6) 轨道区段监控；
- 7) 站台紧急关闭监督；
- 8) 站台门监控；
- 9) 列车运行方向控制；
- 10) 站控/中控等。

4.4.9 联锁设备与 **ATS** 子系统结合实现对列车进路的自动控制。联锁设备向 **ATS** 设备提供列车运行的表示信息和信号设备状态信息，并接收 **ATS** 子系统的控制命令。

4.4.10 联锁设备应能根据不同的列车属性（**CBTC** 列车和非 **CBTC** 列车）进行进路控制及自动转换。

4.4.11 联锁设备与 **ATS** 子系统结合实现车站及车辆段和中心的两级控制功能。正线车站及车辆段的联锁平时由 **ATS** 子系统控制，当 **ATS** 子系统设备故障时联锁设备可根据列车的位置自动设置列车进路，也可由车站及车辆段值班员人工办理列车进路。

4.4.12 正线联锁设备应具有自动触发进路的功能，能根据轨道区段占用检测设备的状态确定列车的运行位置，可以在列车接近信号机时自动触发信号机至信号机的进路，按联锁条件自动点亮轨旁信号机，列车顺序占用、出清该进路后，进路解锁。

4.4.13 正线联锁设备具备办理自动通过进路的功能，具备自动通过进路功能的进路，设置自动通过进路后，能使规定的进路自动建立、锁闭并开放信号（联锁条件满足时）。自动进路在列车顺序占用、出清该进路后不解锁，其防护信号机的显示随着列车的运行自动开放或关闭。办理取消进路或人工解锁操作后，自动通过进路模式取消。取消自动进路模式时，不改变已存在进路的状态。

4.4.14 正线联锁设备在具备折返条件的车站具备自动折返进路功能，应能自动设置

折返站的列车折入和折出进路。当折返信号机被设置为自动折返模式时，联锁应能自动设置折返线的折入和折出进路。自动折返进路设置前，若进路已存在，则进路保持不变；自动折返进路命令取消时，不改变已存在进路的状态；在车站具有两条或多条折返线时，各条折返线均应具备设置自动折返进路的功能，并应具备两条折返线交替的全自动折返进路功能，全自动折返进路按照先进先出原则排列折返进路。

**4.4.15 非 CBTC 列车（联锁级）用的进路信号开放需检查的条件为：**道岔位置正确并锁闭、进路内区段（包括保护区段）空闲且锁闭、进路内区段未设置临时限速、超限区段空闲、敌对条件未建立、站台门关闭且锁紧或处于互锁解除状态、站台紧急关闭按钮未按下、未实施扣车（出站进路）、信号机的红灯灯丝完好、场联等条件满足。

**4.4.16 CBTC 控制级列车办理进路开放信号需检查的条件为：**道岔位置正确并锁闭、区段空闲且锁闭（仅针对特定进路检查，如终端站折返进路）、超限区段空闲、敌对条件未建立、站台门关闭且锁紧或处于互锁解除状态（设置在站台边缘的信号机、出站性质的信号机）、站台紧急关闭按钮未按下（设置在站台边缘的信号机、出站性质的进路）、未实施扣车、场联等条件满足，具体设计联络阶段确定。

**4.4.17 正线联锁设备对于占用区间的反向折返进路和顺向进路应具备敌对检查功能。**

**4.4.18 联锁设备能对进路实现预先锁闭和接近锁闭，锁闭的进路随列车的运行自动分段解锁。接近锁闭在信号开放后接近区段有车占用时构成，当无接近区段时，信号开放后立即构成接近锁闭。**

**4.4.19 联锁设备应具备分段解锁或随列车走行即时解锁的正常解锁功能。**

**4.4.20 联锁设备应提供取消进路的功能。对于已开放信号的列车进路，办理取消进路操作后，应立即关闭进路始端信号机。信号关闭后，未处于接近锁闭的进路立即解锁。**

**4.4.21 联锁设备应提供进路人工解锁功能，系统应防止进路的错误解锁。对于已开放信号的列车进路，办理人工解锁进路操作后，应立即关闭进路始端信号机。处于未接近锁闭的进路可立即解锁。若进路已处于接近锁闭状态，进路应采用延时解锁方式解锁进路，若在收到列车停车保证的情况下应立即解锁进路。进路在接近锁闭状态下，联锁应向 ATP 子系统发送新的进路状态信息，ATP**



子系统重新确定新的安全停车保护点后，在能保证安全的前提下，ATP 子系统将停车安全保证信息发送至联锁设备，联锁设备才能解锁列车进路。

- 4.4.22 进路的延时解锁时间从信号关闭时起计算，在车站现地控制工作站及中心调度工作站上应有延时解锁倒计时显示。
- 4.4.23 联锁设备除对正常的列车进路进行防护以外，还能根据要求设置相应的保护区段，并予以防护。保护区段应根据不同的列车属性（CBTC 列车和非 CBTC 列车）及运营组织需要灵活配置。
- 4.4.24 系统应判断保护区段的设置时机，后续列车进路保护区段的设置不能影响前行列车的运行和折返作业。系统处于 ATS 控制时，保护区段的建立应由 ATS 控制。保护区段和后续进路重叠时，保护区段的解锁和后续进路的取消或人工解锁应相互独立，互不影响。
- 4.4.25 在站台轨区段、折返轨区段、停车线或联络线的转换轨处联锁需具备列车停稳控制功能，停稳信息用于保护区段的解锁。联锁接收 ATP 发送的停稳信息或停车保证信息后，在规定时间内（暂定 5 秒）完成保护区段的解锁。在联锁无法接收 ATP 发送的停稳信息时，采用计时方式判定停稳，停稳计时可根据不同进路配置不同的时间。
- 4.4.26 联锁设备应能建立引导进路或以引导总锁闭方式开放引导信号。
- 4.4.27 室外信号机在组合灯光开放和关闭时，不得出现信号乱显示（即不符合规定的信号显示），在组合灯光开放和关闭时，应同时点灯或灭灯。
- 4.4.28 联锁设备应具有信号机灯丝监督功能。信号机的开放应检查红灯灯丝的完好性（室外信号机点灯状态下）。信号机开放后应能不间断地检查灯丝良好状态，LED 信号机的发光盘面积小于设定的临界值后应报警和自动关闭相应信号机。
- 4.4.29 信号机关闭后（除因实施扣车或站台门打开造成的信号关闭外），未经再次办理，不得重复开放。
- 4.4.30 联锁设备应具有信号封锁/解封功能，对于实施封锁的信号机，不能排列以此信号机为始终端的进路。实施封锁后，对包含封锁元件进路的已开放信号机不实施关闭，进路可以人工解锁、取消进路和区段故障解锁。实施封锁操作后关闭的信号机，解封后不能自动重开，需要人工操作开放信号。
- 4.4.31 联锁设备通过轨道区段占用检测设备完成对轨道区段空闲监测，对轨道区段可进行封锁、解封等操作。对于实施封锁的区段，不能排列经由该区段的进

路。对于因故未解锁的区段在检查该区段空闲后，应能实现区段故障解锁功能。

4.4.32 联锁设备对道岔的监控应满足道岔控制的相关技术条件要求。

4.4.33 联锁道岔应能人工单独操纵，也能随进路的排列而自动选动，单独操纵应优先于进路选动。

4.4.34 当以进路控制方式操纵道岔时，进路上的道岔应顺序选出，动作电流应错开启动峰值。

4.4.35 联锁道岔受进路锁闭、区段锁闭、人工单独锁闭或其它锁闭方式控制，一经锁闭的道岔不能启动。

4.4.36 联锁应具备对道岔实行单独锁闭/解锁功能。道岔单锁后，可以排列经过该道岔相同位置的进路。处于进路锁闭下的道岔，可以进行单锁，进路解锁不应影响道岔单锁。道岔单锁后可以使用道岔单解操作解锁道岔，如果该道岔同时被进路锁闭，道岔单解不应影响道岔被进路锁闭。

4.4.37 联锁道岔一经启动应能转换到规定的位置。当因故被阻，在规定时间内（如15s）道岔不能转换到规定位置时，应自动切断动作电源且有声光报警，道岔经操纵后应能转回到原位。

4.4.38 道岔转换完毕后，应自动切断道岔动作电源。

4.4.39 道岔转辙机的电机电路发生故障时，应自动切断道岔启动电路，道岔不应再转换。

4.4.40 正线道岔区段故障时，对于该区段的道岔应具有强扳功能。强扳道岔时需要值班员人工确认所属道岔区段无列车。当道岔处于进路锁闭或人工单独锁闭时，强扳道岔应不能操动道岔。（注：该功能要求车站值班员在人工确认某区段故障且空闲后，方能执行强扳道岔操作，该操作的安全性完全由人工保证。）

4.4.41 联锁设备应具有道岔封锁、解封功能，对于封锁的道岔不能排列经过该道岔的进路。道岔封锁和道岔单锁之间不影响，道岔封锁后，该道岔可以单独操纵。

4.4.42 道岔、信号机实施封锁操作与进路自动通过属性操作不能同时有效。

4.4.43 道岔应设有位置表示，并保证：

- 1) 道岔表示应与道岔的实际位置一致，并应检查自动开闭器两排接点组及其他表示装置均在规定位置；

- 2) 只有当多点牵引道岔的各点均在规定位置时，才能构成位置表示；
- 3) 当道岔处于不密贴位置时，严禁出现定位或反位表示；
- 4) 道岔启动时应先切断位置表示；
- 5) 道岔发生挤岔时应有挤岔表示；
- 6) 单独锁闭和道岔封锁时，不影响道岔的位置表示；
- 7) 道岔正常转动过程的显示状态应与挤岔、道岔故障或道岔失表示的显示使用不同的状态显示。

**4.4.44** 联锁设备应具有侧面防护的功能。

**4.4.45** 各车站对应每一站台轨道均可实现车站的进站方向的信号机、出站信号机的紧急关闭；上、下行站台的紧急关闭相互独立（包括侧式站台上下行之间有隔离情况），无隔离或隔离不足的侧式站台，上、下行站台的紧急关闭可不相互独立。办理了紧急关闭作业，联锁对相应的进入该站台的和由此站台出发的非 **CBTC** 列车所用进路的信号机均应立即关闭，由此站台出发的 **CBTC** 列车进路的信号机应立即关闭。解除紧急关闭作业后，在有关联锁条件满足时，相应已关闭的信号机经人工操作后方可开放。

**4.4.46** 当联锁设备接收到 **ATS** 子系统的扣车命令时，关闭出站信号机，**ATP** 子系统通过车地通信设备向列车发送相应的列车控制命令信息，在列车进站停车过程中，扣车功能的执行不能引起列车的紧急制动。

**4.4.47** 办理了扣车作业，联锁控制相应已开放允许显示的出站（或出站兼防护）信号机立即关闭（显示为红灯）；解除扣车作业后，在其他联锁条件满足时，相应的出站信号机自动开放允许显示。办理了扣车作业后，排列以该信号机为始端的进路可以建立并锁闭，但信号不允许开放。

**4.4.48** 联锁设备能根据运营要求实现与车辆段以及与其他线路联络线的接口功能，保证正线与车辆段及与其他线路间的作业安全。

**4.4.49** 正线联锁与车辆段、其他线路联络线的联锁接口应能通过敌对照查的联锁关系保证列车出入段和转线作业的安全。

**4.4.50** 联锁设备通过继电器接口电路对站台门系统进行监控，条件满足时，发送站台门开、关门命令。联锁设备检查站台门的状态，若检测到站台门未处于关闭且锁闭状态或互锁解除信息时，则应立即关闭相应的信号。

**4.4.51** 对于联锁主机重启前设置的区段封锁、临时限速等命令，在系统重启后该命

令仍保持有效；或执行最严格限制命令，人工解除该限制命令后，须重新检查并设置相关命令，并在工作站具有相应显示。

4.4.52 联锁设备应具有自检、自诊断和对信号机、转辙机等基础信号设备的监测报警功能，并在车站的维护工作站上显示及报警。

4.4.53 联锁设备能监视和记录自身的工作状态和轨旁设备的状态，主要内容如下：

- 1) 进路状态；
- 2) 轨道的占用/空闲；
- 3) 信号机显示；
- 4) 信号机灯丝状态；
- 5) 道岔位置；
- 6) 转辙机动作状态等。

4.4.54 在现地控制工作站上，能对不同的操作人员赋以相应的职责、权限、以保证对设备的正确控制，对于由人工保证安全的控制命令，必须有相应的安全操作手段。

4.4.55 联锁设备应具备与维护监测子系统的接口，向维护监测子系统提供联锁设备相关的维护监测信息及报警信息。

4.4.56 联锁应能采集停车列检库库门完全开启状态，纳入联锁进路检查条件。

4.4.57 联锁应与车站及车辆段内设置的人员防护开关接口，采集人员防护开关的状态，并驱动人员防护开关表示灯，人员防护开关的状态纳入联锁进路检查条件。工作人员通过人员防护开关实施封锁区域后，联锁不允许办理经由该封锁区域的列车及调车进路，对于已办理的进路应立即关闭相应信号，并将封锁区域的信息发送至轨旁 ATP 设备及 ATS 设备。

4.4.58 为实现自动洗车功能，联锁应与洗车机采用硬线接口，用于实现洗车机状态的采集及列车停稳等相关信息的传递。具体实现方式设计联络阶段确定。

4.4.59 投标人根据各自系统的特点提供其联锁子系统的详细功能描述，并说明如何满足上述系统功能要求。

## 4.5 DCS 子系统要求

4.5.1 DCS 数据通信子系统应是实现信息交换的传输功能，实现透明通道传输，由有线传输网络设备、无线通信设备（LTE 网）、维护监测网络、网络管理设备等组成。

4.5.2 为了保证列车的运行，必须保证车地双向信息传输的连续性，保证信息传输的不间断。针对无线自由波作为信息传输方式，要求做到无线场强的重叠覆盖。

4.5.3 冗余网络切换应实现无扰切换，切换时不应干扰信号系统正常工作，不应导致任何通信中断或信息丢失。

4.5.4 DCS 数据通信子系统应具有自诊断能力。

4.5.5 DCS 子系统应满足信息安全防护等级标准的要求。

4.5.6 访问控制要求：要求信号系统内网与外网相互独立，内网各网段之间应有访问规定要求。

4.5.7 信息传输的相对独立性和透明性要求：DCS 子系统在 CBTC 系统的控制中，只是作为控制系统的传输通道，需要在物理和通信协议上保持相对的独立性和透明性。

4.5.8 可靠性要求：为降低软、硬件故障率，提高系统可靠性和平均无故障维修周期，提高系统软硬件的使用和管理的安全性，本系统应进行可靠性设计。可靠性设计应基于可维修性和安全性，确定最佳的性能价格比以及可靠性方案，实现系统生命周期内的可靠性管理，系统应支持  $7 \times 24$  小时连续工作。

#### 4.5.9 信号 CBTC 承载业务

##### 4.5.9.1 业务承载需求

- 1) 每列车信号 CBTC 业务数据周期性发送，要求每列车传输速率上下行分别不小于 512kbit/s。
- 2) 正常情况下，无线接入网容量按 6 列车考虑，单网信号业务信息承载带宽为上行不小于 1.5Mbit/s，下行不小于 1.5Mbit/s。
- 3) 在特殊情况下，多于 6 辆列车进入小区时，LTE 综合通信网络将调用本工程预留的网络资源，并结合 QoS 等调度策略，优先保障列控信息的安全传输，须能满足列控信息传输实时性、可靠性及安全性需求。

##### 4.5.9.2 可靠性及安全要求

- 1) 实时性、可靠性要求
  - a) 列控信息经有线和无线网络传输延迟时间应小于 150ms；
  - b) 单网络信息传输的丢包率应小于 1%，误码率小于  $10^{-6}$ ；
  - c) 车-地通信单网络的越区切换中断时间应在 100ms 以内；

d) 单网通信中断时间不超过 2s 的概率不小于 99.92%。

2) 安全要求

a) 传输通道应采用独立的在线冗余物理通信通道；

b) 访问控制要求：要求系统 A/B 通道相互独立；

c) 应制定相应的安全措施，具备足够的防止内、外人员进行违规操作和攻击破坏的能力等；

d) 把不同类型的数据传输通道应相对独立或采用经由不同的 VLAN（虚拟局域网）进行传输；

e) 网络的安全性：车载无线单元与基站之间在传递数据前，须建立授权并关联。

4.5.10 车辆全自动相关控制信息、列车运行状态监测、火灾报警信息的相关数据业务承载

1) 列车运行状态监测业务为周期性数据，要求可进行点对点传输；

2) 列车运行状态监测业务要求传输时延不超过 300ms 的概率不小于 98%；

3) 列车运行状态监测业务要求丢包率不大于 1%；

4) 列车运行状态监测业务要求上行每路传输速率不小于 32kbit/s，最大传输速率 104kbit/s，下行每路传输速率不小于 1kbit/s。

4.5.11 本工程 LTE 预留集群调度业务相关功能，集群调度业务是指线路运营、应急和维护等需要的各种语音、视频和数据呼叫通信和管理业务。投标人应预留以下内容（包括但不限于）：控制中心预留集群用 BBU、RRU 调度服务器安装位置，光、电缆及电源容量；车站及车辆段预留 BBU 容量、接口，集群用 RRU、固定台的安装位置，光、电缆及电源容量；车载合路器的安装空间、走线，车载台的电源容量及接口数量等。投标人所提供设备需具有 LTE-M 及 B-Trunc 规范（第一阶段）所定义的相关集群功能，后期扩展应用相关功能时，投标人不得以软件更新、新增功能为理由增加相关费用。

4.5.12 数据传输功能需求

1) 具有分组数据无线传输功能；

2) 具有分组数据重发功能；

3) 具有分组数据路由转发功能；

4) 具有虚拟专网（VPN）功能；

5) 具有虚拟局域网（VLAN）功能，不同类型的数据经由不同的 VLAN 进行传输，

控制广播控制广播风暴区域；

6) 具有 QoS 分级控制功能，支持不少于 6 级 QoS 优先级定义；

7) 具有有线组播传输及空口广播/组播功能。

#### 4.5.13 LTE 无线网络功能

##### 4.5.13.1 接入控制

- 1) 支持基于非竞争的随机接入，非竞争接入数量可以根据需要配置。
- 2) 支持上行和下行链路自适应，包括自适应选择 RB 和 MCS。支持上下行 QPSK、16QAM、64QAM 调制方式。
- 3) 支持 PRACH/PUCCH/PUSCH 的上行功控。
- 4) 支持 RS 和 PDSCH 的下行功率分配。

##### 4.5.13.2 移动性管理

- 1) 支持根据无线链路质量通过 S1 接口的同频切换。
- 2) 支持 RSRQ 或者 RSRP 作为切换依据，且切换门限可配，系统内切换中断时间小于 50ms。
- 3) 支持 AFC（自动频率控制）频率纠偏算法，有效降低或消除多普勒频移对无线通信系统的影响。

##### 4.5.13.3 同频组网干扰控制

- 1) 系统支持上行业务信道 ICIC，包括 SFR（软频率复用）和 FFR（部分频率复用）。
- 2) 支持接收分集 MRC（最大比合并）和 IRC（干扰抑制合并）算法。

##### 4.5.13.4 QoS 机制

- 1) 系统支持所有 non-GBR QCI(5-9)。
- 2) 针对同一用户，系统支持多个不同 QoS 等级的 non-GBR 承载的组合。

##### 4.5.13.5 多天线技术

- 1) 支持 2 天线的接收分集，接收分集算法包括：MRC、IRC。
- 2) 支持 2 天线的发射分集。
- 3) 支持 2 天线的空间复用。
- 4) 支持波束成形技术(Beamforming,BF)。

##### 4.5.13.6 网络安全功能

- 1) 投标人选择并提供 TD-LTE 网络的加密和完整性保护算法，选择的算法必须是 3GPP 标准的 snow3G、AES 或 ZUC（祖冲之）算法的一种；支持空口 128 位（及

以上)加密。

- 2) MME 配置应提供算法所需的 license, 终端和网络侧的协商算法必需一致。
- 3) 投标人选择并提供 3GPP 定义的认证、鉴权方式; 支持 3GPP 定义的完整性保护。

4.5.14 LTE 综合承载系统应有完善的网管设备, 能随时监控本系统的每一个设备的工作状态及性能情况。支持管理的网元包括: 核心网设备(EPC, LAN 交换机及路由器)、无线接入网设备 eNB(BBU 和 RRU)等。LTE 系统网络管理的功能需求如下:

- 1) 网络管理系统除提供 TMN 框架下传统网管的集中网络管理服务, 包括配置、性能、告警、软件管理等, 还提供对终端的开户管理(对应运营系统);
- 2) 提供方便的图形用户界面, 管理综合无线通信系统的设备;
- 3) 对网络资源进行统一管理, 实现对资源数据的查询和统计;
- 4) 集中配置无线网络设备, 以便灵活、快速的部署业务; 提供人机界面, 引导用户对设备参数进行配置。支持联想式友好化的用户配置。用户可通过在客户端上下发配置数据文件、执行 MML 命令或启动网元 LMT 来配置网元。
  - a) 支持 BBU 盲起, 为其自动分配 IP 地址;
  - b) 支持在 BBU 初始开站时, 下发配置数据;
  - c) 支持查看网元配置信息;
  - d) 支持网元配置数据同步。
- 5) 故障管理的能力, 实时查询和分析网元的告警, 快速发现、定位和处理网络故障, 提供简单、直观的故障管理界面;
- 6) 提供网络的安全管理功能, 控制操作用户权限;
- 7) 网络性能管理, 具有网络配置评估、服务质量、资源使用情况和可用情况监视功能;
- 8) 支持对网管系统的故障恢复能力, 包括: 对网管数据的备份、恢复, 网元数据同步等;
- 9) 用户权限设置, 对网管操作进行记录, 以备后期查询;
- 10) 具有设备自检和故障定位功能, 并可将自检结果信息发送到网管系统。

#### 4.5.15 LTE 网络原始数据存储

在 LTE 核心网与信号系统接口处及 LTE 车载 TAU 本身应对 CBTC 系统分组数据跟踪记录。LTE 核心网与信号系统接口处将符合 CBTC 业务特征的分组数据



(端口) 镜像输出存储到本工程设置的分组数据存储设备上, 实现与信号 CBTC 车载存储数据校验核对。

#### 4.5.16 可靠性、可用性及可维护性 (RAM) 要求

- 1) 投标人应根据综合承载技术要求提供 LTE 综合承载系统(含传输部分)的 RAM 分析报告以及综合承载条件的 RAM 分析。
- 2) 投标人必须承诺参与信号系统 RAM 分析的全过程, 并参与 RAM 分析报告的编写, 具体要求在设计联络时确认。

#### 4.5.17 试车线的覆盖方式要考虑与车辆段频率干扰问题, 技术方案应充分论证设备部署方式、覆盖方式和信号系统正线与试车线传输隔离方案。试车线与正线原则上各自设置独立的 DCS 设备 (含 LTE 核心网设备), 且试车线 DCS 设备不能干扰和影响正线、中心、车辆段 DCS 设备的工作。

#### 4.5.18 场强覆盖指标要求

无线覆盖边缘场强的最小接收电平门限主要取决于接收机的灵敏度、95%时间及地点概率的场强瞬间衰落深度、漏缆的传输损耗/耦合损耗和设计储备量。

投标人应根据设备性能指标, 给出详细的链路预算过程, RSRP 不低于-95dBm。

#### 4.5.19 数据存储方案

LTE 数据存储采用网络附加存储方式, 将数据存储设备附加在 LTE 综合承载网上, 实现对各项业务数据的记录。

##### 4.5.19.1 车载数据存储方案

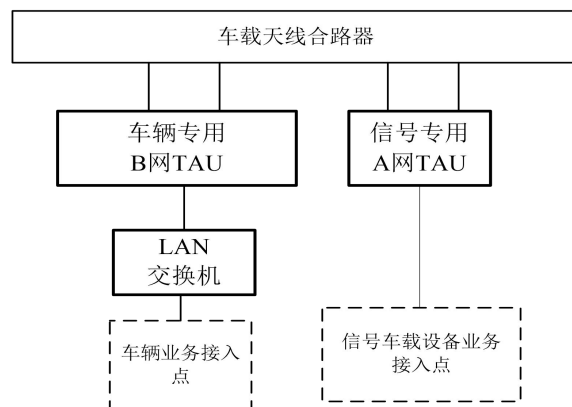
车载记录存储直接存储于 TAU 内部的存储数据卡中, 时间不少于 10 天, 可通过无线网络、网线及 USB 口读取存储文件。

##### 4.5.19.2 核心网数据存储方案

利用核心网接入路由器设备提供的端口镜像功能, 将 CBTC 业务端口数据复制到连接数据存储设备的端口, 跟踪记录 CBTC 数据。记录时间为 30 天, 实现与信号 CBTC 车载存储数据校验核对。

#### 4.5.20 车载系统组成

本工程设置在车头和车尾司机室各部署 2 套 TAU, 分别用于接入信号和其它业务, 车头/车尾系统组成示意暂定为下图, 信号接入 A, B 网, 其他业务即车辆全自动相关控制信息、所有车辆状态及维护数据的相关数据, 接入 B 网。投标人按上述要求结合自身 DCS 系统的特点, 提供车载系统的构成。



投标人应详细描述所投系统设备的技术指标及接口数量，并结合已有的工程经验对本工程 **LTE** 综合承载系统方案提出组网方案，并给出详细的设备配置清单。

**4.5.21** 投标人应为 **EPC** 和 **BBU** 之间的连接自建工业以太网传输通道，在控制中心、车辆段及全线车站信号设备室提供 **GE** 接口，并根据以上要求确定设备传输带宽需求。

#### 4.5.22 系统时钟同步功能需求

本工程采用主、备两种 **LTE** 系统时钟同步方案，**GPS**/北斗时钟同步技术为主方案，正常情况下由主方案为 **LTE** 系统提供时钟同步。基于 **1588v2** 协议的网络时钟同步为备用方案，配置配套的时钟源及同步设备，保证应急无缝自动切换。

投标人应提供详细的 **LTE** 系统时钟同步方案。

#### 4.5.23 QoS 要求

根据各业务对可靠性、时延的要求，**LTE** 综合承载子系统为其分配不同的优先级，暂按如下分配（在设计联络最终确定）。

序号	承载业务	优先级
1	信号系统业务信息	2
2	集群调度业务（语音）（预留）	2
3	车辆全自动相关控制信息、列车运行状态监测、火灾报警信息等	4
4	集群调度业务（视频）（预留）	7

#### 4.5.24 IP 地址设置

**LTE** 网络是一个基于 **IP** 的全扁平化架构，所有设备均应支持相关的 **IP** 协议。

本工程需对以下设备进行 IP 地址设置，均采用私网地址。

- 1) 业务承载平面 IP 地址设置：为基站 BBU 与 EPC 之间接口分配 IP 地址。
- 2) 车载终端设备 IP 地址设置：为车载终端分配 IP 地址，并具备功能扩展将 IP 地址与机车号（车组号）绑定。
- 3) 网管 IP 地址：为网管和核心网、eNB 设备分配网管维护地址。
- 4) 互联 IP 地址：为与信号系统、PIS 系统、CCTV 系统、车载 FAS 系统、安防系统互连分配的 IP 地址。
- 5) 本工程 IP 地址规划建议采用 172.16.0.0~172.16.255.255 内部地址段。
- 6) 投标人提供与本工程业务承载相关的 IP 地址规划方案，并在设计联络阶段提交后确定。

#### 4.5.25 主要技术指标和系统参数要求

投标人所投 LTE 设备须是国内知名厂家生产的、成熟的、先进的产品，必须具有工信部颁发的《无线电发射设备型号核准证》，必须具有电信设备抗震性能检测合格证，必须具有完全独立的知识产权。

LTE 综合承载系统设备应符合 3GPP R9 协议，在网络结构、业务、空中接口、同步、安全性、编号、接口等方面应满足 3GPP 相关标准和技术要求，适应本项目地下及地面环境条件，选用体积小、重量轻、耗能少、防尘、防锈、防震、防潮、防盐雾、防鼠、防腐的设备和材料，并不得侵入设备限界。

##### 4.5.25.1 系统技术指标

- 1) 关键性能指标
  - a) 支持可变带宽，包括：1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHz；
  - b) 边缘吞吐量：在 95%以上时间、地点概率下，满足上下行业务综合承载需求；
  - c) 系统内切换成功率大于 99.98%；
  - d) 系统平均丢包率小于 0.5%，误码率小于  $10^{-6}$ ；
  - e) 端到端的最大传输双向时延不大于 300ms；
  - f) 平均切换时延小于 150ms；
  - g) 时钟同步源丢失后，基站主时钟自主授时 24h 内，帧同步信号时间偏差小于  $\pm 1.5\mu s$ 。
  - h) 可靠性：LTE 系统设备平均无故障时间：MTBF $>8\times 10^4$ h；
  - i) 可用性：LTE 系统的可用性指标 $>99.99\%$ ；

j) 可维护性：LTE 系统设备的平均故障修复时间：MTTR<30min。

2) 网络覆盖要求

根据综合无线通信系统承载需求，无线网络覆盖率的设计目标需要满足如下指标：

- a) 单基站漏缆覆盖直径：1~2km；
- b) RSRP≥-95dBm；
- c) 业务信道及参考信号 SINR≥ 0dB （95%）。

投标人应根据所投设备材料指标进行详细的场强覆盖计算，包括区间、车站、车辆段的详细覆盖方案和设备配置方案并提供书面文档。

3) 系统间隔离要求

投标人应仔细设计、选择设备，避免对地铁其它系统产生相互干扰（如专用无线通信系统 800MHzTETRA 系统、公安 350MHz 集群调度系统、民用通信的 GSM900M/CDMA800M/DCS1800M 和 3G/4G 等）。

投标人应根据上述各系统的协议指标，在投标文件中详细说明所采用设备和系统的抗干扰能力，同时应充分考虑各种覆盖情况以及线路周边可能的无线干扰，并加以说明，给出具体的解决方案。

4.5.25.2 核心网设备指标

设置在控制中心/车辆段/正线车站的网络核心节点由 LTE 核心网 EPC、交换机、网管服务器等设备组成。投标人应根据所供设备数量及规格尺寸将上述设备进行组合，合理安装在设备柜内（投标人提供）。

核心网 EPC 设备实现对整个无线网络基站设备、终端的认证管理、加密管理、入侵检测、UE ID 的分配、安全性、鉴权和切换、漫游控制、用户数据业务管理、路由等功能。EPC 核心网设备的所有板卡（网元）全部采用 1+1 冗余备份。核心网 EPC 的技术指标应满足或优于以下要求：

- 1) 支持用户的 QOS 等级到 DSCP 的映射；
- 2) 支持组播功能；
- 3) 吞吐量大于 5Gbps，并可平滑扩展；
- 4) 网络接口：提供不少于 8 个 GE 电口；
- 5) 单系统基站接入能力：大于 500 个；
- 6) 最大普通 LTE 用户：大于 5 万个；

- 7) 支持 UE 进入 Idle 态；支持进入 Idle 态的 UE 的寻呼功能；支持进入 Idle 态的 UE 的位置更新；
- 8) 在核心网和网管之间提供 SSLv3.0/TLSv1.0/1.1 加密保护；
- 9) 核心网设备应能支持 NAS 信令加密与完整性保护，可以对 NAS 信令进行加密及完整性保护，提高系统的安全性；
- 10) 工作电源直流：-40V~-72V；
- 11) 功耗 $\leq 2400\text{W}$ ；
- 12) 工作环境：满足工程需要；
- 13) 防护等级：IP20；
- 14) 工作环境噪声 $\leq 65\text{dBA}$ ；
- 15) MTBF $\geq 200000$  小时；
- 16) MTTR $\leq 30$  分钟。

#### 4.5.25.3 核心以太网交换机应满足或优于以下参数：

- 1) 交换容量： $\geq 368\text{Gbps}$ ；
- 2) 线性转发速率： $\geq 96\text{Mpps}$ ；
- 3) 不少于 24 个 10/100/1000Mbps 以太网电口，4 个千兆以太网光口（所有端口同时可用，端口数满足使用要求）；
- 4) 电源：1+1 冗余热备配置；
- 5) 支持 IPV6；
- 6) 可以设置 8000 个 MAC 地址；
- 7) 支持 SNMP MIB II；
- 8) 支持 IEEE 802.3 10BaseT，100BaseTX 和 1000BaseT 端口上的全双工；
- 9) 支持 802.1D、802.1s、802.1w、802.1Q、802.3ad；
- 10) 路由协议：RIP、RIP2、OSPF、策略路由；
- 11) 支持 IGMP Snooping 协议、PIMSM/DM；
- 12) 支持超长帧 $\geq 1518$  字节/帧；
- 13) 支持本交换机和跨交换机的流量镜像；
- 14) 支持端口镜像，把交换机一个或多个端口（VLAN）的数据镜像到一个或多个端口；
- 15) 支持交换机端口单向链路故障检测；
- 16) 要求三层的组播表项为 1K；

- 17) 提供所投产品 IPv4、IPv6 入网证书。

#### 4.5.25.4 工业交换机

- 1) 工业路由交换机支持 1588V2 背靠背时钟频率恢复性能满足 G.813/G.8262 标准，多跳时钟频率恢复满足 G.823 标准。
- 2) 支持 1588V2 OC\BC\TC 模式任配，支持 BMC 算法。
- 3) 工业路由交换机 1588V2 应满足背靠背时间同步精度优于 $\pm 30\text{ns}$ ；应满足 30 个网元时间同步精度优于 $\pm 1\mu\text{s}$ 。
- 4) 工业路由交换机 1588V2 应支持单网元时间倒换时间偏差不超过 50ns，网络级时间倒换时间偏差不超过 240ns。
- 5) 工业路由交换机 1588V2 应支持支持全局使能/去使能 1588v2，支持端口 1588v2 使能/去使能。
- 6) 工业路由交换机工作温度 $-40^{\circ}\text{C}$  至  $+65^{\circ}\text{C}$ ；湿度：5% RH 至 95% RH，无凝结。
- 7) 工业路由交换机支持 IPv4、IPv6 路由协议：OSPFv2/V3、RIPv2、IS-IS/IS-ISv6，支持 MPLS/BGP L3VPN。
- 8) 工业路由交换机支持基于流分类的 DiffServ 模式，支持基于 VLAN、802.1p、VLAN+802.1p 流分类，支持 HQoS，可通过 DCSP 与 LTE 进行 QOS 无缝对接。
- 9) 支持 IGMP v1/v2/v3、IGMP Snooping、PIM-SM 等组播协议。
- 10) 工业路由交换机带业务转发能力大于 24Gbps，支持 GE 光口、GE\FE 自适应电口、E1 等接口类型。
- 11) 支持交流用电，支持关键板卡 1+1 冗余备份。

#### 4.5.25.5 BITS 时钟同步服务器

- 1) BITS 支持 2 路卫星信号输入，可同时支持 GPS 和北斗制式；
- 2) 提供 1588V2 和 1PPS+TOD 时间同步、提供同步以太、1588ACR、传统的 BITS（Building Integrated Timing Supply）同步（E1（2048kbit/s）、2048kHz）频率同步；
- 3) BITS 支持 E1（2048kbit/s）/2048kHz、1PPS+TOD 时钟输出接口、FE 电口、GE 光口等类型的时钟输出接口；
- 4) 内置铷钟或铯钟模块；
- 5) 在正常跟踪卫星接收机的情况下，各种时间接口的输出绝对时间精度要求如下：
  - a) PPS 接口（或 1PPS+TOD 接口）：相对于 UTC 的时间偏差为 $\pm 200\text{ns}$ 。

- b) PTP 接口：相对于 UTC 的时间偏差为 $\pm 200\text{ns}$ 。
- 6) 在正常跟踪 1PPS 接口或 1PPS+TOD 接口的情况下，各种时间接口的输出相对时间精度要求如下：
  - a) 1PPS 接口（或 1PPS+TOD 接口）：相对于输入接口的时间偏差为 $\pm 50\text{ns}$ 。
  - b) PTP 接口：相对于输入接口的时间偏差为 $\pm 50\text{ns}$ 。
- 7) 当 GPS 失效时，在时间服务器设备内部时钟正常跟踪于我国 1 级基准时钟的定时信号时，通过 1PPS 接口或 PTP 接口进行观测，在 3 天之内的相对守时精度应优于 $\pm 1\mu\text{s}$ 。

#### 4.5.25.6 基站

- 1) 基站设备关键部件采用主备用冗余配置。
- 2) 设置在同一设备机房内的 A/B 网 BBU 设备安装在机房机柜内。
- 3) 正线 RRU 设备暂定采用轨旁挂壁安装（南段工程存在预埋槽道与传统打孔两种方式，具体安装、固定方式设计联络时确定，投标人需充分考虑此情况），车辆段暂定采用抱杆或者挂墙安装。
- 4) 基站设备支持 RRU 合并组网，多个 RRU 合并为一个共小区。

#### 4.5.25.7 基带处理单元 BBU

- 1) 子帧配比：支持所有 TDDUL/DL 配比；
- 2) 单站最大配置：RRU $\geq 6$  个；
- 3) 基带板支持 N+1 备份；
- 4) 传输接口：BBU 的传输板至少具有 1 个 GE 接口，且 GE 接口可以根据部署需求灵活地配置为光口或电口；
- 5) 同步方式：GPS/1588V2。GPS 的同步精度必须满足：
  - a. 基站间空口具有高于 3us 的相位精度；
  - b. 在任何 1 个子帧（1ms）的时间内，基站输出信号的载频频率误差必须在 $\pm 0.05\text{ppm}$  范围内；
- 6) 星卡的指标为捕获灵敏度（dBm） $\leq -130$ ，支持冷复位、单星开站、位置保持功能；
- 7) Ir 接口
  - a) BBU 支持以星型和链型的拓扑连接多个 RRU。当多个 RRU 以星型方式与 BBU 连接时，BBU 至少能够连接 6 个 RRU；
  - b) Ir 接口提供 16 位的 IQ 数据传输带宽，并传输控制管理数据；
  - c) 当 Ir 接口采用单模光纤时能够承受包括光照在内的任何外部干扰；光纤长度，

短距离下要求不超过 1km；单跳中长距离应用时要求不小于 10km。

- 8) 操作维护接口:BBU 具有基于 100/1000BaseTEthernet 的本地维护终端接口。BBU 内部需有完备的告警机制，要求能够识别故障点是位于 BBU 还是 RRU；
- 9) 电磁兼容性要求：BBU 符合如下规范：3GPP TS25.113 (2004-06)；ETSI EN 300 386 V1.2.1(2000-03)；
- 10) BBU 安全要求：安全要求应满足 GB4943-2001 《信息技术设备的安全》；
- 11) 安装方式：19"标准机柜；
- 12) 供电方式：-48VDC；在-40VDC~-57VDC 范围下能正常工作，功耗≤300W
- 13) 工作环境：满足本工程使用环境要求；
- 14) MTBF≥155000 小时；
- 15) MTTR≤30 分钟。

#### 4.5.25.8 基带处理单元 RRU

本系统所用无线设备的带外杂散等干扰指标必须严格符合国际和国家（或部委）标准。RRU 的接收动态范围指标必须比 3GPP TS 36.104 表 8.3.1-1 中的要求高 10dB。RRU 的射频指标必须满足 3GPP TS 36.104 规范中的要求。满足现行 LTE-M 规范，RRU 需冗余配置。

- 1) 频率：1785MHz-1805MHz；
- 2) 支持频谱带宽：1.4Mhz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHz；
- 3) 通道数量：≥2T2R；
- 4) 输出总功率不小于：80W；
- 5) 接收灵敏度优于-103dBm；
- 6) 安装方式：暂定隧道内 RRU 采用壁挂安装，具体安装方式设计联络阶段确定；
- 7) 供电要求：采用 220V 交流供电（投标人根须需要配置 AC/DC 转换器）。电压范围 176V~264V，频率变化范围为 45Hz~65Hz。
- 8) 故障定位：内部有完备的告警机制，要求能够识别故障点是位于 BBU 还是 RRU。告警信息通过 BBU 和 RRU 间的接口传递到 BBU 处。
- 9) 防护等级：至少达到 IP65，满足防潮防腐性要求，并提供相关检测报告。
- 10) 电磁兼容性要求“必须符合如下规范：3GPP TS25.113 (2004-06)；ETSI EN 300 386 V1.2.1(2000-03)。
- 11) 防雷：具备可靠的防雷击和浪涌保护功能，能承受纵向、横向防雷在 8/20μs 的情



况下不小于 20kA 电流的雷击。

12) 工作环境：满足本工程使用环境要求。

13) MTBF $\geq$ 155000 小时。

14) MTTR $\leq$ 60 分钟。

15) 工作温度-40℃ $\sim$ +70℃。

#### 4.5.25.9 车载设备

车头、车尾车载子系统均由车载接入单元（TAU）、TAU 天线、LAN 三层交换机及相应的天线功分器等组成。投标人需配置车载 LAN 三层交换机，且须满足信号车载系统 A、B 网各独立使用 1 个 TAU 的要求。

抗振要求须满足 IEC61373 或 TB/T3058 标准，可长期稳定工作于轨道交通车载环境,IP 网络接口形式采用 M12 或 DB9。

投标人应充分考虑本系统与车载子系统联网所增加的附加设备、软件和配合工作所需的费用，并计入本次投标报价中。

#### 4.5.25.10 车载 TAU 单元

- 1) 技术标准 LTE：3GPP Release 9 和 LAN：IEEE 802.3/802.3u；
- 2) 工作频段 1.8G 1785MHz $\sim$ 1805MHz；
- 3) 终端能力级别：至少 cat4 以上，结构兼容，支持 MIMO 双发双收。20MHz 系统带宽支持最大传输速率为 DL：68Mbit/s，UL：17Mbit/s 以上。（4）发射功率 $\leq$ 23dBm+2dB；
- 4) 车载 TAU 能输出接收到的无线信号强度 RSRP，并能在信号系统的 MMI 上显示，具体接口协议在设计联络时确定。
- 5) 内置 DHCP Server、DNS 及 NAT 功能；
- 6) 对外接口不少于 2 个 10/100M，接口类型 M12 或 DB9；
- 7) 工作功耗 $<$ 50W；待机功耗 $<$ 15W；
- 8) 尺寸：建议适合 600x600mm 标准机柜安装，高不超过 1U，需满足本工程车辆内安装空间的要求；
- 9) 供电:DC 110V，波动范围 77-137V；
- 10) 提供 2 个 LTEN 型天线接口；
- 11) 防护等级：满足 EN50155 标准要求；

12) MTBF $\geq$ 125000 小时;

13) MTTR $\leq$ 60 分钟。

#### 4.5.25.11 车载天馈系统

车载天馈系统包括车顶天线、车底天线、合路器、馈线及安装附件等，应具有很好的集成性。

投标人需提供详细的技术规格，包括电器特性（频段、增益、方向角等）、机械参数、环境参数等。设备尺寸规格满足车顶和车底安装要求。

车载天线：

- 1) 天线增益： $\geq 8\text{dBi}$
- 2) 天馈线驻波比： $< 1.5$
- 3) 端口阻抗： $50\Omega$
- 4) 使用环境：具备防尘、防水、防振、防腐性能，能长期可靠地工作于天津市轨道交通运行环境中
- 5) 天线安装位置：安装于车体顶部和车底侧面，其高度满足车辆及区间限界的要求，具体尺寸及安装位置在设计联络阶段最终确定。

#### 4.5.25.12 双极化定向天线

- 1) 频率范围：1785MHz $\sim$ 1805MHz;
- 2) 增益： $> 12\text{ dB}$ ;
- 3) 极化方式：双极化,  $\pm 45^\circ$ ;
- 4) 驻波比： $< 1.5$ ;
- 5) 端口隔离度： $\geq 25$ ;
- 6) 水平波束宽度： $30^\circ$ ;
- 7) 垂直波束宽度： $30^\circ$ ;
- 8) 前后比： $\geq 25$ ;
- 9) 阻抗： $50\Omega$ （N型）;
- 10) 功率容量： $\geq 100\text{W}$ ;
- 11) 抱杆直径：40-70mm;
- 12) 接头形式：N-K。

#### 4.5.25.13 室内吸顶天线

- 1) 频率范围：1785MHz $\sim$ 1805MHz;

- 2) 天线增益: **2-4dBi** ;
- 3) 极化方式: 双极化, **±45°**;
- 4) 水平波束宽度: **360°**;
- 5) 垂直波束宽度: **35°~85°**;
- 6) 端口隔离度: **≥25**;
- 7) 阻抗: **50Ω**;
- 8) 驻波比: **<1.5**;
- 9) 功率容量: **≥50W**;
- 10) 防老化 **ABS** 天线罩封装, 防护性能好。

#### 4.5.25.14 射频电缆

投标人提供的射频电缆及配件采用国际/国内知名品牌, 须阻燃、无卤、无毒、耐腐蚀。**1/2** 英寸射频电缆、**7/8** 英寸射频电缆应采用国际/国内知名品牌产品, 主要技术指标不得低于下表中的要求。

项目	参数	
物理性能	1/2"射频电缆	7/8"射频电缆
内导体	铜包铝线或者 实心铜线	纯铜管
外护套	聚乙烯护套, 低烟、无卤、阻燃	
外导体	高纯度铜质材料	
最小弯曲半径(多次弯曲)	<128mm	<255mm
最小弯曲半径(单次弯曲)	<51mm	<128mm
特性阻抗 (Ω)	50	
VSWR	<1.2	
使用频率 (MHz)	1800MHz	
传输衰减 (1800 MHz)	≤12dB/100m	≤6.0dB/100m

#### 4.5.25.15 耦合器

采用国际/国内知名品牌产品, 本工程选用的无源器件须采用腔体技术。其主

要技术指标不得低于以下要求（不限于此）：

序号	项目	20dB	15dB	10dB	6dB
1	插入损耗（dB）	≤0.3	≤0.4	≤0.6	≤1.5
2	端口方向性	≥20dB			
3	工作频段	1785MHz~1805MHz，宽频			
4	特征阻抗	50Ω±1			
5	电压驻波比	≤1.4			
6	接头类型	N-F			
7	功率容量	≥100W			

#### 4.5.25.16 功分器

采用国际/国内知名品牌产品，本工程选用的无源器件须采用腔体技术。其主要技术指标不得低于以下要求（不限于此）：

序号	参数	二功分器	三功分器	四功分器
1	插入损耗	≤3.5	≤5.3	≤6.6
2	工作频段	1785MHz~1805MHz		
3	特征阻抗	50Ω±1		
4	电压驻波比	≤1.3		
5	接头类型	N-K		
6	功率容量	≥100W		

#### 4.5.25.17 车站合路器、隧道多频分合路器

- 合路器的防护等级不小于 IP20，适用于 600x600 标准机柜安装；隧道多频分合路器的防护等级不小于 IP65，适用于隧道内壁挂安装。
- LTERRU 通过合路器/隧道多频分合路器共用天馈时，为了降低合路器对系统的影响，必须满足“合路器/隧道多频分合路器的两 LTE 输入端的隔离度不低于 28dB，任一 LTE 端口与专用无线 TETRA 或公安无线的隔离度不低于 80dB”。
- 投标人提供的合路器/隧道多频分合路器的系统间隔离度要求应考虑到移动运营商 DCS 系统以及综合无线通信系统与本系统之间的相互干扰，最低技术要求不得低于：

端口/通路设置	投标人确定
---------	-------

插损（dB，不含分配损耗）	A 网,B 网：投标人提供
	专用无线接入, 公安无线接入 $\leq 1.5$
驻波比	$\leq 1.3$
带内波动（dB）	$\leq 1.5$
隔离度（dB）	A 网 RRU PA1 与 B 网 RRUPB1 之间 $\geq 28$
	A 网 RRUPA2 与 B 网 RRUPB2 之间 $\geq 28$
	A、B 网 RRU 与专网无线接入 $\geq 80$
	A、B 网 RRU 与公安无线接入 $\geq 80$
带外抑制（dB）	专用无线接入 806MHz~866MHz： $\geq 30\text{dB@f}(350-800\text{MHz})$ ； $\geq 80\text{dB@f}(1710-1880\text{MHz})$
	A 网 RRU1785MHz~1800MHz： $\geq 80\text{dB@f}(350-866\text{MHz})$ ； $\geq 30\text{dB@f}(1710-1780\text{MHz})$ ； $\geq 30\text{dB@f}(1810-1880\text{MHz})$ ；
	B 网 RRU1800MHz~1805MHz： $\geq 80\text{dB@f}(350-866\text{MHz})$ ； $\geq 80\text{dB@f}(1710-1780\text{MHz})$ ； $\geq 30\text{dB@f}(1810-1880\text{MHz})$ ；
	公安无线接入 350MHz： $\geq 30\text{dB@f}(806-866\text{MHz})$ ； $\geq 80\text{dB@f}(1710-1880\text{MHz})$
三阶互调（dBc）	$\geq 120$
功率等级	$\geq 200\text{W}$
特性阻抗（ $\Omega$ ）	50
接头形式	N-F

#### 4.5.26 LTE 子系统供电及接地要求

信号电源子系统在控制中心、车辆段、车站、试车线提供交流 220V 电源，投标人应根据以上要求确定设备供电方式。

投标人应按控制中心、车辆段、车站、试车线和培训中心提供 LTE 子系统和配套设备的功耗指标、设备散热指标、接地电阻要求、电源输入侧保安器要求、供电电路数要求。

本系统室内设备的接地在信号设备室的综合接地箱上，接地电阻不大于 1 欧姆。

暂定区间设备接地通过放热焊接方式与接地干线相连。本系统设备之间及与接地体（箱）的接地线由投标人负责提供。

#### 4.5.27 安全性要求

##### 4.5.27.1 DCS 子系统安全体系需要制定整套安全策略

- 1) 物理安全策略：确定各种设备防盗、物理访问、保护等方面的规定和措施，也包括避免对乘客的伤害和避免设备的损毁；
- 5) 访问控制策略：规定内网与外网（地铁公网、社会公网等）、内网各网段之间的访问规定和策略要求；
- 6) 安全检测策略；
- 7) 审计与监控策略；
- 8) 网络反病毒策略；
- 9) 备份与灾难恢复策略等。

##### 4.5.27.2 保护网络环境

- 1) 建立用户终端、服务器和应用系统的保护机制，防止拒绝服务、数据未经授权泄露和数据更改；
- 2) 保护操作系统；
- 3) 保护数据库；
- 4) 身份认证；
- 5) 建立入侵检测体系；
- 6) 建立病毒防范体系；
- 7) 具备足够的防止内、外人员进行违规操作和攻击破坏的能力等。

##### 4.5.27.3 保护网络和通信基础设施

- 1) 保证基础设施所支持的关键任务，防止受到拒绝服务的攻击；
- 2) 防止受到保护的信息在发送过程中时延、误传或未发送；
- 3) 保护各种用户数据流；
- 4) 保护网络基础设施控制信息等。

##### 4.5.27.4 DCS 子系统在安全监测、审计与监控、网络反病毒和备份与灾难恢复等方面应制定相应的安全措施，同时系统具备足够的防止内、外人员进行违规操作和攻击破坏的能力等。

#### 4.5.28 DCS 有线网络应避免广播风暴。

4.5.29 应确保网络子系统的数据安全性，网络应提供多种方式和层次的访问控制安全机制。可采用以下机制：

- 1) CLI 可通过 Radius 进行用户认证和授权；
- 2) 采用 SSH 协议保护远程管理会话；
- 3) 过滤和限制 DdoS 数据包。

4.5.30 DCS 无线系统网络应能满足如下要求：

- 1) 本工程隧道和车站的现场条件；
- 2) 列车高速运行时的可靠通信链接；
- 3) 最优的数据加密技术；
- 4) 防止 Wi-Fi 设备的干扰；
- 5) 防止其他 WLAN 系统的干扰；
- 6) 防止 Bluetooth 设备的干扰；
- 7) 防止其他微波设备的干扰。

4.5.31 车地数据传输设备的工作频率的选择和分配应能防护牵引电流的干扰，不受车辆载波器、变流器、接触网在无岔和有岔区受流发生变化所产生的电磁干扰以及钢轨回流不平衡等产生的谐波影响，保证信息可靠地传送。

4.5.32 在 DCS 无线系统应以在列车周围或接入点天线旁同时有蓝牙设备及 WiFi 系统运行的情况下，正常运行而不丢失数据包。

4.5.33 无线传输系统独立于信号系统并且对应用完全透明。确保车（车载 ATP/ATO）到地（轨旁 ATP/ATO）之间端到端的通信。

4.5.34 DCS 设备应受 SNMP 标准协议管理，NMS 支持网络设备层（以太网交换机）的所有管理功能：故障管理、性能管理、配置管理、安全管理、通信管理、拓扑管理、系统管理。此外，还应支持以下管理功能：端对端路径管理，保证服务的快速调度；端对端服务维护；通过保护子网，实现统一的网络资源管理。

4.5.35 DCS 的网络管理设备应能够实现网络维护和配置。具体网络管理配置要求如下：

4.5.35.1 有线传输网管设备实现对骨干网的配置、监测、维护和告警管理。

4.5.35.2 系统应具完善的网管功能，可进行故障管理、性能管理、拓扑结构显示、软件升级管理、接口管理、权限管理、配置文件管理并具有集中告警维护功能。

4.5.35.3 DCS 网管服务器设置在主用控制中心，在控制中心的网管室、维修中心和 DCS 的网管服务器所在车站（或需要的车站）配置 DCS 网络管理终端。

#### 4.5.36 关于 DCS 无线接入设备开标前进行基本测试的相关要求

4.5.36.1 要求投标人提供应用于本工程有线网络设备接入综合无线通信系统的相关性能测试报告，以评估该产品的性能是否能够满足招标文件中的要求，投标人提供的测试报告将作为评标内容之一。

4.5.36.2 投标人的测试报告内容应包括室内静态测试和室外动态测试两部分。

4.5.36.3 室内静态测试的内容包括但不限于：

##### 1) LTE 的 CBTC 业务承载测试

- a) 传输列车状态信息的能力测试，用于验证 LTE 传输列车状态信息的能力；
- b) 传输延时测试，用于验证 LTE 承载 CBTC 业务的传输延时性能；
- c) 丢包性能测试，用于验证 LTE 承载 CBTC 业务的丢包性能；
- d) 切换延时性能测试，用于验证 LTE 承载 CBTC 业务的切换延时性能；
- e) 切换丢包性能测试，用于验证 LTE 承载 CBTC 业务的切换丢包性能；
- f) 传输中断概率测试，用于验证 LTE 承载 CBTC 业务的传输中断概率；
- g) 拥塞场景性能测试，用于测试 LTE 网络在拥塞场景下优先传输 CBTC 业务的能力；
- h) 干扰性能测试，用于测试 LTE 网络在干扰环境下承载 CBTC 业务的能力。

##### 2) CBTC、CCTV、PIS 综合承载测试

- a) 平均性能指标测试，测试 LTE 网络传输综合业务的平均指标；
- b) 切换性能测试，测试 LTE 网络在切换场景下传输综合业务的性能；
- c) 干扰性能测试，测试 LTE 网络在干扰环境下承载综合业务的能力；
- d) 拥塞场景性能测试，测试 LTE 网络在拥塞场景下优先传输 CBTC 等业务的能力；
- e) 极限性能测试，测试 LTE 网络在不同小区边沿条件下的传输能力。

4.5.36.4 室外动态测试的内容包括但不限于：

##### 1) LTE 性能测试

- a) 场强测试，测试信号强度分布；
- b) 时延测试，测试无线网络时延；
- c) 丢包率测试，测试无线网络丢包率情况；



- d) 越区切换测试，包括切换成功率测试、切换时延测试；
  - e) 吞吐量测试，包括上行吞吐率测试、下行吞吐率测试。
- 27) CBTC、CCTV、PIS 综合承载测试
- a) 15MHz 带宽下平均传输时延指标测试；
  - b) 5MHz 带宽下平均传输时延指标测试。

28) LTE 设备稳定性测试

- a) 系统稳定性测试；
- b) 核心网故障条件下 LTE 功能测试；
- c) BBU 故障条件下 LTE 功能测试；
- d) RRU 冗余保障测试。

**专题六：LTE-M预留调度集群方案**

**请投标人结合天津地铁6号线工程（梅林路站~咸水沽西站）渌水道站~咸水沽西站段的特点，投标时提供LTE-M预留调度集群业务的建议方案。**

## **4.6 信号维护监测子系统功能要求**

4.6.1 信号维护监测子系统的功能定位为就地监测和远程报警。

4.6.2 ATS、ATP、ATO、CI、电源、计轴等各子系统应具有较完善的自检和自诊断功能，应能对本工程的控制中心设备、备用控制中心、正线车站及轨旁设备、车辆段设备、车载设备以及车地通信设备进行实时监督、记录和故障报警，并应能准确报警到板级。应能在维修中心、正线设备集中站、车辆段、控制中心、备用控制中心、通号工区的维护工作站实施远程设备状态监测、故障集中报警、故障诊断定位和维护管理，在现场应能够使用便携计算机实施故障诊断，对设备故障诊断应定位到板级。报警信息应通过维护监测子系统传至维修中心的监测报警设备。

4.6.2.1 在维修中心完成对列车运行的监视和整个信号系统所有设备的集中报警功能和操作记录等。并对本项目所有在线运行的信号设备进行维护管理和支持，对操作员所进行的操作、时间、对象、内容、结果等信息进行记录。在控制中心、维修中心、通号工区可通过维护监测子系统的维护工作站实现对整个信号系统的历史数据回放功能。在设备集中站、车辆段的维护工作站应至少具备管辖范围内系统设备的历

史数据回放功能。维护监测子系统应对所有信号设备维护信息具备自动存储、回放功能和打印功能，数据保留不得低于 1 年。

4.6.2.2 维修中心的监测报警设备接收、统计和处理整个信号系统的故障报警信息，具备设备故障报警的统计功能和历史数据回放，并能按要求生成所有信号设备报警和各项设备的日表、月表、季表和年表，并能拷贝输出。

4.6.2.3 信号设备故障时，维护人员应能看到具体的错误信息，同时应显示相关的维护引导指令，以帮助维护人员迅速排除故障。

4.6.3 信号设备故障报警应按下列要求进行分类：

4.6.3.1 涉及到行车安全的报警信息为 A 级报警，采用弹出式声光报警，须经人工确认后才能停止报警，除在维护监测子系统和相应子系统的维护工作站进行报警外，还应在相应的行车调度人员工作站和相应的现地控制工作站进行报警。

4.6.3.2 影响列车运行和设备正常工作的报警信息为 B 级报警，采用声光报警，须经人工确认后才能停止报警，除在维护监测子系统和相应子系统的维护工作站进行报警外，还应在相应的行车调度人员工作站和相应的现地控制工作站进行报警。

4.6.3.3 一般报警情况为 C 级报警，可采用红色显示报警信息，仅在维护监测子系统和相应子系统的维护工作站上显示和报警。故障恢复后，自动停止报警。一般报警情况不影响列车运行和设备的正常工作。

4.6.3.4 维护工作站获取权限后应能显示中心维护服务器发送的所有报警。这些报警可根据操作员请求定制并过滤。显示的报警不串接，即错误产生的报警不会再产生另一报警。显示的报警由维护服务器根据预定规则和错误事件进行发送，提供预防性和校正性维护。操作员可设置显示报警历史，也可根据自己的意愿对报警进行过滤和检索。

4.6.3.5 维修中心的监测报警设备应具有智能化，不仅满足对信号系统设备的监测报警和统计报表的功能，还应对信号系统的各设备进行维护信息分析，提出对信号设备的维护管理计划，提供维护支持。信号设备故障时，应在相应的工作站上显示相关的维护引导指令，以帮助维护人员迅速排除故障。

4.6.4 在控制中心、车站、车辆段应具备对相应设置的基础信号设备运行的工作状态和主要电气性能进行在线监测功能，包括电缆绝缘测试、对地漏泄检测、道岔缺口监测、道岔动作电流等。当设备的工作状态异常或电气性能偏离预定界限时及时报警。

4.6.5 信号集中监测设备应具备对基础信号设备模拟量和开关量监测的功能，除在相应的维护工作站上进行现地显示和报警外，报警信息应通过维护监测子系统的网络传至维修中心的维修服务器中集中存储，实现维护信息的集中统一处理，并在控制中心、维修中心、通号工区等的维护工作站进行显示、报警和打印。

4.6.6 信号维护监测子系统须满足《铁路信号集中监测系统技术条件》（运基信号[2010]709号）、《铁路信号集中监测系统安全要求》（运基信号[2011]377号）的规定。

4.6.7 对基础信号设备的模拟量在线检测主要包括但不限于以下内容：

- 1) 电源屏输入状态、输出电压；
- 2) **UPS** 输入及输出三相相电压、电流、频率；
- 3) 电池的电压、温度等；
- 4) 电源对地漏泄电流；
- 5) 转辙机动作电流、动作电压、道岔表示电压、**DBQ** 输出直流电压、道岔总电流，道岔继电器状态；
- 6) 信号机点灯电流值、**LED** 损坏率监测及报警；
- 7) 道岔缺口监测，包括缺口图像、缺口实时视频、缺口值、偏移值；
- 8) 电缆绝缘测试；
- 9) **ATS** 与综合监控接口监测；
- 10) 与站台门、联络线等接口电路电压；
- 11) 计轴状态监测（含磁头轴数），故障定位到室内外板卡、室外磁头。

4.6.8 对基础信号设备的开关量在线检测主要包括但不限于以下内容：

- 1) 基础信号设备的运行状态；
- 2) 站台紧急关闭按钮的状态；
- 3) 站台开/关门按钮的状态；
- 4) 清客确认按钮的状态；
- 5) 按钮状态、控制台表示状态；
- 6) 传输通道状态及报警
- 7) 信号机灯丝断丝报警；
- 8) 挤岔；

- 9) 转辙机动作;
- 10) 道岔状态;
- 11) 电源设备的工作状态;
- 12) 熔丝报警;
- 13) 关键继电器状态监测;
- 14) 其他主要设备的工作状态和故障报警等。

4.6.9 维护监测子系统应具有对 DCS 设备的监测功能,包括监测网络节点、交换机、无线控制器、无线设备等,具有对网络流量、丢包率、误码率及负载信息,报警及事件信息的实时监测等。

4.6.10 维护监测子系统不得影响被监测设备的正常工作。维护监测子系统为信号辅助系统,不论其工作或故障时,都不得影响信号系统的正常工作,所有的采样都必须电气隔离。

4.6.11 维护监测子系统应提供备品备件管理功能。

4.6.12 维护监测子系统具备与移动互联网、物联网、大数据挖掘等智能技术结合的能力,提升维护支持系统的智能化水平。能对外开放数据接口,为智能维护管理系统提供基础数据信息。

4.6.13 投标人可根据各自系统的特点,在投标文件中提供维护监测子系统的详细功能描述,并说明如何满足上述的系统功能要求。

4.6.14 维护监测子系统应具备对在线列车状态进行实时监督及回放查看功能,主要包括但不限于以下内容:

- 1) 车载各模块(包括 ATP、ATO、BTM、HMI)工作状态的监测等;
- 2) 车载 ATP 的内部逻辑状态、实时 IO 状态的监测及相关继电器状态;
- 3) 列车停车窗偏离距离、列车实时位置(最大前端、最大后端公里标)等;
- 4) 车载紧急制动原因等信息的监测;
- 5) 实时显示车载 HMI、驾驶台按钮和指示灯的状态,记录驾驶台按钮操作等。

## 4.7 试车线功能要求

4.7.1 试车线信号系统应能完成车载设备的所有 ATP/ATO 的静、动态功能测试及其与地面 ATC 系统设备结合的测试。试车线按列车双方向运行设计。

4.7.2 试车线信号系统应能完成全自动驾驶相关功能(包括休眠、唤醒、全自动运行、车辆相关各种工况等)测试及其与地面 ATC 系统设备结合的测试。

4.7.3 试车线受车辆段联锁和试车线联锁的双重控制。正常情况下，试车线受车辆段联锁系统控制；当需要对列车进行动态试验时，经试车线控制室请求，信号楼在对试车线完成必要的联锁控制（调车信号机开放、道岔锁于规定位置、进路锁闭）后将控制权交由试车线控制室，试车线可对试车线上列车信号机、轨道区段进行相应的联锁控制。

4.7.4 试车线设备应能与车辆段计算机联锁设备安全、可靠地接口。

4.7.5 试车线的控制工作站应有多种试验模式，包括但不限于以下内容：

- 1) ATP、ATO 的静态试验；
- 2) 各种速度等级下的 ATP 功能；
- 3) ATO 自动驾驶；
- 4) 运行等级及模式转换；
- 5) 牵引和制动性能试验；
- 6) ATO 定位停车；
- 7) 模拟站间运行；
- 8) 自动折返；
- 9) 车门监控；
- 10) 站台门的模拟控制；
- 11) 车地通信功能；
- 12) 临时限速；
- 13) 联锁功能等。

4.7.6 试车完毕，经试车线控制室同意后，信号楼控制室可重新收回对试车线的控制权。

4.7.7 投标人可根据各自系统的特点，提供试车线的详细功能描述，并说明如何满足上述类似的系统功能要求。

## 4.8 培训中心功能要求

4.8.1 培训中心应具备模拟 ATC 系统的设备运行情况，展示 ATC 系统设备的工作原理，演示 ATC 系统的工作原理，要求应能实现与正线最大设备集中站管辖区一致情况下的培训模拟。

4.8.2 培训设备应构成一个完整的 ATC 系统，能至少体现正线区段内一个设备集中站的设备工作状态，以及一列 ATP/ATO 车载系统及地面设备的工作状态。

- 4.8.3 利用培训 workstation 可对行车管理人员和信号设备维护人员进行 ATC 系统功能和原理的培训，使行车管理人员能掌握 ATC 系统的操作和管理、日常和紧急情况下如何操作系统，维护人员能掌握 ATC 设备的工作原理、设备性能、故障识别和处理及设备维修。提高维修人员的工作水平，供参观人员了解系统的组成及功能，并完成对列车驾驶员的培训。
- 4.8.4 实物培训设备展示主要信号设备的构成、对车站值班人员及驾驶员提供实物操作培训和向信号系统的维护人员提供实物维护及维修培训。
- 4.8.5 实物培训设备的主要功能：
- 1) 模拟联锁设备的操作；
  - 2) 模拟联锁设备的运行情况；
  - 3) 模拟列车的追踪运行和折返运行；
  - 4) 模拟列车运行的自动和人工调整；
  - 5) 模拟各种速度等级下车载设备的执行和反应情况；
  - 6) 各子系统设备的故障模拟、故障诊断和报警分析；
  - 7) 各单项设备的物理结构和功能描述等；
  - 8) 实现全自动驾驶功能相关的操作及应急处置。
- 4.8.6 培训设备应在载客试运营前一个月交付运营使用，满足运营人员培训的要求。
- 4.8.7 投标人可根据各自系统的特点，提供满足本工程运营要求的详细培训设备的功能描述，并说明如何满足上述的系统功能要求。

## 5 人机界面要求

### 5.1 人机界面设计基本要求

- 5.1.1 信号系统的人机界面应整体美观、协调，满足人体工程学的要求。
- 5.1.2 人机界面显示信息应清晰明确，应具备简洁、直观、方便、明确的人机对话方式，易于操作员监控、识别、操作。所有 workstation 的人机对话方式应一致。
- 5.1.3 人机界面站场图的显示应与实际站场相一致，显示状态应与室外设备实际状态相一致，且一种显示只能对应一种设备状态，或表达一种信息。
- 5.1.4 系统的人机界面应汉化，采用简体中文界面的图形用户接口方式，具备多级菜单、多级窗口、图形移动和图形缩放的功能。
- 5.1.5 每页屏幕应按功能划分为：标题区、菜单区、画面区、对话信息显示区。

- 5.1.6 画面背景色统一为黑色，画面元素不能无序重叠，线条不能有明显锯齿。
- 5.1.7 人机界面要求开机就进入主画面或开机输入安全密码后进入主画面。
- 5.1.8 人机界面上的信息显示状态发生变化时，中间不应有断续。
- 5.1.9 设备故障死机后，要求人机显示界面出现一个故障侧（例如屏幕上的心跳灯停止闪烁），以便操作人员通过人机显示及时了解设备已处于故障状态。
- 5.1.10 人机界面上显示的各种纪录、故障及报警信息应意思明确，便于维修人员跟踪记录，查找故障。
- 5.1.11 当显示信息列表时，宜用滚动条来显示信息列表中的任意部分。
- 5.1.12 以菜单、视图、对话框等组成整个人机交互界面，**ATS** 系统应能够支持多屏幕显示。当采用多个显示屏时，人机界面输出控制相对独立，须采用独立的界面，显示不同的内容，互不影响，每个显示器屏幕都按照标准的界面设计，各自的操作在本屏幕完成，只涉及本屏幕的切换；当其中一个显示器故障，可由其余显示器完成全部的显示及控制功能。
- 5.1.13 人机界面只能显示招标人要求的 **LOGO**，不得显示供货商的 **LOGO**。
- 5.1.14 操作控制方式应以使用鼠标器和菜单方式为主，键盘为辅。在 **WINDOWS** 操作系统中运行的图形界面，图形移动应支持点击、抓移。
- 5.1.15 操作员执行控制命令时，如果操作成功，对应的信号设备图标状态应有所变化。如果命令执行失败，则应有相应的报警。
- 5.1.16 对于安全相关的操作命令，应采用二次确认方式处理。当用户选择执行命令后，系统应弹出是否确认对话框，需用户第二次确认发送该命令给相关设备执行。
- 5.1.17 系统应具备人机界面的在线帮助功能。具有控制步骤的操作提示，每一步操作结果应在界面上有相应反映，对不可操作命令在操作菜单上应隐含。
- 5.1.18 对任何与安全有关的功能和因疏忽操作将对运营产生不利影响的功能，**ATS** 系统应提供操作确认和操作日志。
- 5.1.19 人机界面图示的显示和操作方式、风格应符合天津地铁的运营习惯，具体将在设计联络中最终确定。招标人有权在设计联络时对人机界面显示和操作方式进行调整或提出修改，投标人应承诺配合招标人做适应性修改和完善。对可能存在的变化（如：系统界面、功能等的调整）所涉及的相关费用均已包括在本次投标报价中，招标人不再为此支付任何费用。

## 5.2 控制中心大屏幕信号显示界面设计要求

5.2.1 线路布置（轨道、道岔、线路里程标、地下和地面分界点、线路终点、地面和高架线路显示等）。

5.2.2 站台及相关信息：

- 1) 站台紧急关闭；
- 2) 扣车（中心/车站）；
- 3) 跳停（指定列车/全部列车）；
- 4) 提前发车；
- 5) 站台门状态（打开/关闭/互锁解除）；
- 6) 人工设置站停时间；
- 7) 人工设置运行等级；
- 8) 清客。

5.2.3 站名显示：

- 1) 在每个车站相应的站台上显示该站的中文名称和车站编号（同一集中站范围内的车站站名用同一颜色显示，与相邻集中站内的车站站名颜色应不同，以示区分，集中站站名显示较大，以示区分）；
- 2) 在车站名称右侧显示换乘站符号（具体符号按照运营需求设置）；
- 3) 集中站控制范围应做标注；
- 4) 站控/中控状态。

5.2.4 轨道区段：

- 1) 计轴、轨道区段名称（应可设置显示/隐藏）；
- 2) 线路目的地号（应可设置显示/隐藏）；
- 3) **ATS** 自动触发进路的触发位置；
- 4) 区段空闲且未锁闭；
- 5) 区段占用锁闭；
- 6) 区段封锁；
- 7) 进路锁闭（进路接近锁闭和预先锁闭应以明确的显示方式加以区分）；
- 8) 保护区段锁闭；
- 9) 延时解锁倒计时；
- 10) 因故障不能解锁的区段；



- 11) 自动进路状态;
- 12) 计轴复位;
- 13) 轨道区段故障切除。

#### 5.2.5 道岔:

- 1) 道岔名称 (应可设置显示/隐藏);
- 2) 道岔开通方向 (定位/反位/失表示);
- 3) 道岔单锁、道岔封锁。

#### 5.2.6 信号机:

- 1) 信号机名称 (应可设置显示/隐藏);
- 2) 信号机显示 (CBTC 模式下应与移动授权相一致);
- 3) 信号机封锁;
- 4) 进路控制模式 (ATS 自动控制模式、联锁自动触发进路模式、联锁自动通过进路模式、人工控制)。

#### 5.2.7 列车运行信息, 包括但不限于:

- 1) 列车位置;
- 2) 列车车次号;
- 3) 列车运行方向;
- 4) 列车驾驶模式;
- 5) 列车控制等级;
- 6) 列车运行速度;
- 7) 列车紧急制动;
- 8) 列车运行早点、晚点和正点显示;
- 9) 全自动驾驶区域授权显示。

#### 5.2.8 临时限速信息。

#### 5.2.9 电力牵引站的标志、供电区段及状态。

#### 5.2.10 车辆段站场设备状态显示。

### 5.3 控制中心调度员/长工作站人机界面设计要求

#### 5.3.1 调度员/长工作站人机界面显示设计要求

##### 5.3.1.1 工作站的显示包括了大屏幕上的所有显示信息, 而且还有如下补充的表示内容:

- 1) 线路局部 (可能包括一或多个站);

- 2) 关于区段、信号和道岔的详细信息，包括设备号和状态；
- 3) **ATS** 自动触发进路的触发位置；
- 4) 列车信息（包括车门状态信息、车载设备故障信息）；
- 5) 延时解锁倒计时；
- 6) 设备的故障/正常状态；
- 7) 各计算机设备的工作状态；
- 8) 当天计划运行图和当天实际运行图；
- 9) 菜单及命令操作窗口；
- 10) 记录、统计报告和告警信息；
- 11) 系统时间。

#### 5.3.1.2 工作站的布局

- 1) 主菜单区：提供系统的控制命令菜单，相同类型的控制命令放在同一主菜单栏；
- 2) 设备状态显示区域：用于显示控制中心设备状态；
- 3) 主显示区：实时地显示车站信号设备状态和列车的运行信息；
- 4) 报警窗：实时显示系统中的报警信息。
- 5) 时钟显示区。

#### 5.3.1.3 统计信息显示

- 1) 显示内容
  - a) 运行图兑现率；
  - b) 停运列车数、加开列车数（临客、调试、回空、救援）、开行列车数合计；
  - c) 始发正点率、到达正点率、运行正点率、通过率；
  - d) 列车走行公里；
  - e) 列车在各站到发时刻及偏离。
- 2) 各种统计、指标计算均可以报表的形式打印输出。统计报表中应包括车次、车组、晚点时间等内容。

#### 5.3.1.4 报警信息

- 1) 行调工作站操作命令的报警：调度员下达操作命令后，命令成功应在报警栏中显示；命令失败应弹出报警对话框，并有音响提示，经调度员确认后消失。
- 2) 列车早、晚点报警：列车早点、晚点、区间运行或车站站停超时，超过预定限值（该值应可配置），弹出报警对话框，并有音响提示，经调度员确认后消失。

3) 其他重要报警：弹出报警对话框，并有音响提示，经调度员确认后消失。

- a) 电源故障报警；
- b) 灯丝断丝报警；
- c) 挤岔报警；
- d) 列车 EB 报警；
- e) 进路方向与计划（运行图规定）方向不一致；
- f) 进路的顺序与发车进路顺序不一致的报警；
- g) 车次号冲突；
- h) 车组号冲突；
- i) ATS/ATP/ATO/CI/DCS 设备工作状态及故障报警信息等。

4) 其他报警：在报警栏中显示相关信息。

#### 5.3.1.5 调度留言/提醒

调度员可以在 **ATS** 工作站上设定一些留言/提醒记录，让系统在指定的时间弹出一个消息框，并产生声音提示。可以设定提醒的留言及提醒内容、时间（每日的指定时间或者是指定日期的某个时间）、内容、音响提示。

**5.3.2 调度员/长工作站人机界面操作设计要求。**调度员/长工作站人机界面应能进行如下操作，操作内容及要求包括但不限于：

- 1) 信号机操作。（设置、取消进路；查询列车进路状态；进路交人工控；进路交自动控；信号重开；设置/取消自动通过模式；设置/取消计划顺序检查；人工解锁进路等。）
- 2) 站台操作。（扣车/取消扣车；设置跳停；取消跳停；运行等级控制；站停时间控制；设置/取消区间列车数量限制；查看站台信息；设置/取消站台清客。
- 3) 区段操作。（区段切除跟踪、区段激活跟踪等）
- 4) 道岔操作。（道岔单操）
- 5) 列车操作。（列车信息查询、列车信息修改、列车相关控制等）
- 6) 区域操作。（设置临时限速、取消全线初始化临时限速、取消全站限速、区间隧道内限制列车数量设置等。）
- 7) 按钮操作。
- 8) 权限管理。（登陆权限管理、控制权限管理等。）
- 9) 中控与站控的转换控制。

- 10) 显示/隐藏控制操作。
- 11) 时刻表/运行图在线管理。
- 12) 信息回放。
- 13) 报告查询。
- 14) 数据打印。

## **5.4 控制中心运行图显示工作站人机界面设计要求**

**5.4.1** 应能支持单屏或多屏幕显示。

**5.4.2** 主要显示内容应包括：站名、时间标尺、运行线、车站控制模式、列车调整模式、列车信息、派班计划、设备工作状态及相关信息。

**5.4.2.1** 站名作为运行图显示的纵坐标，车站的间距与实际站间距离成比例。

**5.4.2.2** 时间标尺作为运行图显示的横坐标，时间跨度为一个调度日的运营开始时间至运营结束时间。时间标尺以分钟为刻度，每 5 分钟显示一次分钟值；整点数字以 24 小时制显示。

**5.4.2.3** 运行图显示

- 1) 采用横线、竖线和斜线三种线条实现运行图的显示；
- 2) 横线代表车站的中心线，设备集中站和非设备集中站应以不同颜色区分，并可分类别选择隐藏显示；
- 3) 竖线将横轴按时间单位进行等分（如分钟、5 分钟、小时），不同时间单位等分线应予以区分，并可分类别选择隐藏显示；
- 4) 斜线代表列车运行线。计划列车运行线和实际列车运行线应以不同颜色区分。计划列车运行线可选择隐藏显示；
- 5) 当列车严重偏离（具体数据应可配置）运行计划时，偏离区域列车实际运行线应采用不同颜色予以提示；
- 6) 当选定计划线或运行线时，应在视图特定区域显示该任务计划或实际运行信息（包括：车次号、发车车站、到达站台、列车到点、站停时间、运行等级、运行速度等）；
- 7) 可选择按单程查看单列车的运行图；
- 8) 运行图应可缩放，可实现水平、竖直、全景缩放和全屏显示；
- 9) 可选择不同时间段和一个完整调度日打印运行图；
- 10) 可将运行图导出至存储设备。

**5.4.2.4** 车站控制模式分别显示各集中站为中心控制或车站控制模式。

5.4.2.5 列车调整模式：显示当前列车调整模式，包括自动调整、人工调整、等间隔调整等。

5.4.2.6 列车信息：显示计划中的所有列车的车次号。可筛选列表中的车次号，查看该列车运行图。

5.4.2.7 派班计划：实时接收车辆段派班终端下达的派班计划，并可调用显示派班计划。

5.4.2.8 设备状态：显示运行图显示工作站通信状态、ATS 报警信息。

5.4.2.9 运行图编辑的相关操作，包括下载运行图、打开运行图、修改运行图、加车、减车、计划平移、运行图更名、创建运行图运用计划、打印及修改运行图等。

## 5.5 车站/车辆段 ATS 工作站人机界面设计要求

5.5.1 车站联锁和 ATS 应采用一体化设计的人机界面。能够支持单屏、双屏显示。

5.5.2 所有关于线路布局的显示画面应统一显示方向及方位。

5.5.3 车站/车辆段 ATS 工作站的显示内容、风格原则上应与中心调度员工作站一致。

5.5.4 车站/车辆段 ATS 工作站人机界面设计要求如下：

5.5.4.1 工作站的显示包括但不限于以下内容：

- 1) 站场信息：
  - a) 车站名称和车站编号；
  - b) 站台信息显示；
  - c) 车站换乘站符号；
  - d) 自动折返；
  - e) 信号机；
  - f) 计轴；
  - g) 区段；
  - h) 道岔；
  - i) 折返区域的目的地编号（可隐藏）；
  - j) ATS 自动触发进路的触发位置（区段名称颜色）；
  - k) 站控/中控模式；
  - l) 临时限速；
  - m) 信号告警和设备状态显示；
  - n) 列车识别号显示等。
- 2) 列车运行信息：

- a) 列车识别号、司机号;
  - b) 列车驾驶模式及运行等级;
  - c) 计划偏离;
  - d) 运行状态;
  - e) 车门状态;
  - f) 终端发车;
  - g) 站台;
  - h) 计划到点;
  - i) 停站时间;
  - j) 区间停车超时。
- 3) 设备的故障/正常状态;
  - 4) 各计算机设备的工作状态;
  - 5) 菜单及命令操作窗口;
  - 6) 记录、统计报告和告警信息;
  - 7) 系统时间;
  - 8) 其他表示信息:
    - a) 道岔电流表;
    - b) 进路排列故障;
    - c) 站台门显示;
    - d) 延时解锁倒计时;
    - e) 引导信号倒计时;
    - f) 区故解按钮操作次数;
    - g) 总人解按钮操作次数;
    - h) 引导总锁按钮操作次数;
    - i) 信号机引导按钮操作次数;
    - j) 邻站状态信息。

#### 5.5.4.2 工作站的布局

- 1) 主菜单区: 提供系统的控制命令菜单, 相同类型的控制命令放在同一主菜单栏;
- 2) 设备状态显示区域: 用于显示站场、设备状态;
- 3) 主要设备状态显示区: 实时地显示车站信号设备状态和列车的运行信息;

- 4) 告警/报警窗：实时显示系统中的报警信息。
- 5) 时钟显示区。

5.5.4.3 车站/车辆段 ATS 工作站应具备本文件中要求的相关功能的操作。

## 5.6 维护工作站人机界面设计要求

5.6.1 维护工作站的显示内容、界面风格原则上宜与 ATS 工作站一致。

5.6.2 维护工作站人机界面设计要求如下：

5.6.2.1 维护工作站的显示包括但不限于以下内容：

- 1) 站场信息。包括车站名称、信号机、计轴、区段、道岔等设备状态信息；
- 2) 列车运行信息；
- 3) 设备的故障/正常状态；
- 4) 各计算机设备的工作状态；
- 5) 设备监测信息；
- 6) 菜单及命令操作窗口；
- 7) 记录、统计报告和告警信息；
- 8) 回放信息；
- 9) 系统时间。

5.6.2.2 工作站的布局

- 1) 主界面区：提供系统的控制命令菜单，相同类型的控制命令放在同一主菜单栏；
- 2) 设备状态显示区域：用于显示站场、设备状态；
- 3) 主要设备状态显示区：实时地显示信号设备状态和列车的运行信息；
- 4) 告警/报警、事件记录窗：实时显示系统中的告警、报警及事件信息。
- 5) 时钟显示区。

5.6.2.3 维护工作站应具备本文件中要求的相关功能的操作。

## 5.7 车载人机界面设计要求

5.7.1 总体要求

- 1) ATC 显示屏用来作为司机与列车控制系统之间的人机界面，每个司机室中均配置一个 ATC 显示屏。只有当将主钥匙开关切换至"ON"位置才可以使 ATC 显示屏变为有效。当 ATC 显示屏有效时，其屏幕点亮，表示该 ATC 显示屏可从其触摸屏上接受命令。当 ATC 显示屏无效时，其屏幕变暗，此时不会接受任何命令，但设备本身应处于通电状态。

- 2) **ATC** 显示屏的亮度可以手动或自动调整。在自动控制模式中，屏幕的亮度应根据周围环境的变化而自动调节，确保 **ATC** 显示屏保持可见状态。

## 5.7.2 显示要求

### 5.7.2.1 目标信息区域

- 1) 显示超速报警、制动请求、紧急制动施加等信息。
- 2) 显示目标距离、目标速度、停车距离、下站距离等信息。

### 5.7.2.2 速度控制显示区域

- 1) 在同一速度表上用不同颜色的指针分别显示列车实际运行速度、推荐速度、紧急制动触发速度；
- 2) 速度表背景颜色应与整个显示屏匹配，黑色或其它深色，在显示屏上显示的速度表应清晰可辨；
- 3) 速度表每 10km/h 做一数字标志，速度表中速度显示范围应符合项目的具体设计要求，指针指示对应的刻度应均匀变化。

### 5.7.2.3 辅助驾驶信息区域

- 1) 牵引制动信息：牵引状态、制动状态、巡航状态、惰性状态、安全切除牵引、保持制动施加等信息；
- 2) 驾驶模式信息：显示最大可用的驾驶模式；
- 3) 列车牵引制动系统状态：如制动力减小、牵引系统故障等；
- 4) 车载设备状态：**ATC** 车载设备状态、工作端、两端通信状态等。

### 5.7.2.4 菜单区域

- 1) 通过菜单按钮可以改变列车数据和输入数据，如司机号、车组号等；
- 2) 紧急制动、广播测试命令输入和日检结果显示。

### 5.7.2.5 信息文本显示区域：显示重要的实时行车信息。

### 5.7.2.6 状态/故障说明区域：状态、故障文本显示为中文，描述具体故障说明。

### 5.7.2.7 确认命令信息区域，如对驾驶模式转换、系统控制级别、驾驶模式、开口速度、退出 **ATC** 区域等信息进行确认。

### 5.7.2.8 驾驶模式及运行状态信息区域

- 1) 当前使用的驾驶模式；
- 2) 当前运行等级；
- 3) 列车折返信息；



- 4) 停车窗到位状态;
- 5) 列车空转/打滑状态;
- 6) 列车进入/退出 **CBTC** 区域;
- 7) 车门控制模式: 自动开/自动关、自动开/手动关、手动开/手动关、车门旁路;
- 8) 车门状态: 车门关闭、车门打开、车门故障;
- 9) 开/关门允许: 开/关左门允许、开/关右门允许、开/关双侧门允许;
- 10) 站台门状态: 站台门打开、站台门关闭、站台门故障;
- 11) 列车零速;
- 12) 两端车地通信状态;
- 13) 列车完整性状态。

#### 5.7.2.9 扣车跳停显示或发出倒计时

- 1) 扣车;
- 2) 跳停;
- 3) 提前发车;
- 4) 发车倒计时。

#### 5.7.2.10 列车信息区域

- 1) 日期、时间;
- 2) 车组号、目的地码及司机号显示;
- 29) 下一站、终点站。

**5.7.3** 车载人机界面应具备本文件中要求的相关功能的操作。车载按钮操作包括但不限于以下内容:

- 1) 确认按钮。用于确认安全相关信息及车载输入信息。
- 2) 操作模式上和操作模式下按钮。操作模式上和操作模式下按钮用于驾驶模式和控制等级的选择。
- 3) **ATO** 启动按钮/表示灯。
- 4) 车门允许按钮。车门允许按钮为一个自复式按钮带有防误动措施, 用于关闭 **ATP** 对车门的监控功能。
- 5) 自动折返按钮/表示灯。自动折返按钮为一个自复式按钮用于完成列车的折返换端。
- 6) 门模式开关。用于选择车门的控制级别。

7) ATP 切除。