

第一章 概 述

在城市轨道交通系统中，信号系统是一个集行车指挥和列车运行控制为一体的非常重要的子系统，它直接关系到城市轨道交通系统的运营安全、运营效率及服务质量，起到保证乘客和列车的安全，实现列车快速、高密度、有序运行的作用。

青岛地铁 2、3、11 号线信号系统均采用基于无线通信的列车自动控制系统 (CBTC)，可以实现最先进、最小间隔的列车运行安全控制技术。在 CBTC 系统控制下，后续列车以前行列车尾部为追踪目标点，根据列车动态状态实时控制列车间隔，实现高密度、高安全的追踪控制，提高轨道交通系统的运行效率。CBTC 系统集先进的控制技术、计算机技术、网络技术和通信技术为一体，具有系统化、网络化、信息化、智能化的特点，系统的功能更加强大，结构组成也更复杂，与线路、运输组织、车辆等专业的关系越来越密切，它可以满足随着客流不断增长以及运输要求不断提高而产生的发展要求。

CBTC 信号系统主要由五个主要的子系统组成，包括：列车自动监控子系统 (ATS)、列车自动防护子系统 (ATP)、列车自动驾驶子系统 (ATO)、计算机联锁子系统 (CI)、数据通信子系统 (DCS)。

一、列车自动监控子系统 (ATS)

ATS 系统由控制中心、车站、车场以及车载设备组成。ATS 系统在 ATP 系统的支持下完成对列车运行的自动监控，能够实现以下基本功能：

(1) 通过 ATS 车站设备，能够采集轨旁及车载 ATP 提供的轨道占用状态、进路状态、列车运行状态，以及信号设备故障等控制和监督列车运行的基础信息。

(2) 根据联锁表、计划运行图及列车位置，自动生成输出进路控制命令，传送至车站联锁设备，设置列车进路，控制列车停站时分。

(3) 列车识别跟踪、传递和显示功能。系统能自动完成正线区段内列车识别号 (服务号、目的地号、车体号) 跟踪，列车识别号可由中央 ATS 自动生成或由调度员人工设定、修改，也可由列车经车-地通信向 ATS 发送识别号等信息。

(4) ATS 中央故障情况下的降级处理，由调度员人工介入设置进路，对列车

运行进行调整，由 ATS 车站完成自动进路或根据列车识别号进行自动信号控制，由车站人员人工进行进路控制。

(5) 在计算机辅助下完成对列车基本运行图的编制及管理，并具有较强的工人介入能力。通过设在车辆段的终端，向车辆段管理及行车人员提供必要的信息，以便编制车辆运用计划和行车计划。

(6) 列车运行显示屏及调度台显示器，能对轨道区段、道岔、信号机和在线运行列车等进行监视，能在行调工作站上给出设备故障报警及故障提示。

(7) 能在车站控制模式下与计算机联锁设备结合，将部分或所有信号机置于自动模式状态。

(8) 向通信无线、广播、乘客信息等系统提供必要的接口信息。

二、列车自动防护子系统 (ATP)

ATP 系统由地面设备、车载设备组成，监督列车在安全速度下运行，确保列车一旦超过规定速度，立即施行制动，主要实现以下功能：

(1) 自动连续地对列车位置进行检测，并向列车发送必要的速度、距离、线路条件等信息，以确定列车运行的最大安全速度。提供列车速度保护，在列车超速时提供常用制动或紧急制动，保证前行与后续列车之间的安全间隔，满足正向行车时的设计行车间隔和折返间隔要求，对反向运行列车能进行 ATP 防护。

(2) 确保列车进路正确及列车的运行安全。确保同一径路上的不同列车之间具有足够的安全距离，防止列车侧面冲撞。

(3) 防止列车超速运行，保证列车速度不超过线路、车辆等规定的允许速度。

(4) 为列车车门的开启提供安全、可靠的信息。

(5) 任何车-地通信中断、列车的非预期移动 (含退行)、任何列车完整性电路的中断、列车超速 (含临时限速)、车载设备故障等都将产生安全性制动。

(6) 列车的实际速度、推荐速度、目标速度、目标距离等信息的记录和显示。

(7) 具有人工或自动轮径磨损补偿功能。

三、列车自动驾驶子系统 (ATO)

ATO 子系统是控制列车自动运行的设备，由车载设备和地面设备组成，在 ATP 系统的保护下，根据 ATS 的指令实现列车运行的自动驾驶、速度的自动调整以及列车车门控制，主要实现以下功能：

(1) 自动完成对列车的启动、牵引、巡航、惰行和制动的控制，以较高的速度进行追踪运行和折返作业，确保达到设计间隔及运行速度。

(2) 在 ATIS 监控范围的入口及各站停车区域（含折返线、停车线）进行车-地通信，将列车有关信息传送至 ATIS 系统，以便于 ATIS 系统对在线列车进行监控。

(3) 控制列车按照运行图进行运行，达到节能及自动调整列车运行的目的。

(4) ATO 自动驾驶时实现车站站台定点停车控制、舒适度控制以及节省能源控制。

(5) 能根据停车站台的位置及停车精度，自动地对车门进行控制。

(6) 与 ATIS 和 ATP 结合，实现列车人工或自动驾驶。

四、计算机联锁子系统（CI）

联锁子系统功能为管理进路、道岔并控制轨旁信号机，以响应来自 ATIS 子系统的命令。同时，联锁将进路、轨道区段、道岔和信号机的状态信息提供给 ATIS 和 ATP 轨旁系统。其系统功能有：

(1) 实现进路上道岔、信号机及轨道区段的联锁功能。

(2) 根据运行计划及列车位置自动设定、建立、锁闭和解锁列车进路，并具有自动排列进路的功能，可自动排列通过进路和折返进路。

(3) 能对正常的进路、保护进路及超限区段进行防护。

五、数据通信子系统（DCS）

在 CBTC 信号系统中，DCS 子系统是一个独立于其他应用系统的网络。DCS 子系统的主要作用是在各个信号子系统之间传输列车控制信息、ATIS 信息和维护信息，允许在轨旁设备（ZC，联锁，ATIS）和车载设备（车载 ATP/ATO）之间的正线、停车场、车辆段和试车线进行连续双向数据通信。其系统功能有：

(1) 实现车地间实时、连续、双向、可靠的数字报文信息传输。

(2) 无线设备对区间各点实现重叠的无线覆盖，以保证无线通信的无缝漫游。

(3) 实现列车高速运行时可靠通信链接，实现车地无线通信的无缝漫游。

(4) 具有抗其他无线系统干扰的能力。

(5) 在停车场、车辆段投入正线运营之前完成车地无线通信设备的自检测试。

信号系统架构图如图 1-1 所示。

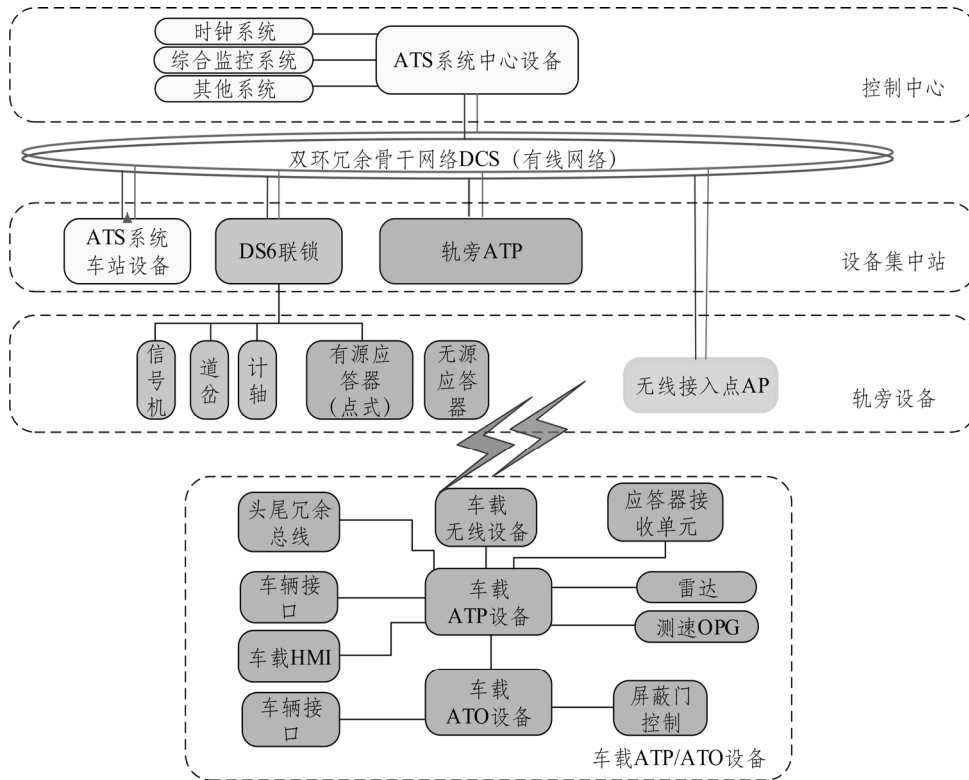


图 1-1 信号系统架构图

第二章 车载子系统

青岛地铁 2、3、11 号线分别使用的是自仪泰雷兹、西门子、卡斯柯供应的车载信号系统，均为基于无线通信的列车自动控制系统。本章将结合 2、3、11 号线各自设备特点，从驾驶模式、车门联动、操作界面显示等常用功能细化分析不同供应商的车载信号系统显示与功能的差异。

第一节 车载显示

车载信号显示屏作为司机与列车控制系统间的人机接口，以触摸屏的形式设置在每列车头尾两个司机室内，能准确地为列车司机提供列车驾驶模式、故障信息等相关运营信息。车载显示屏内还装有蜂鸣器装置，在必要时能够向列车司机发出声音警报。

一、车载显示屏整体预览

车载显示屏整体对比如表 2-1 所示。

二、目标距离及速度显示

列车目标距离及速度控制显示对比如表 2-2 所示。

表 2-1 车载显示屏整体对比




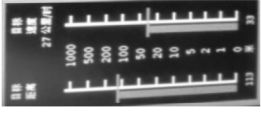
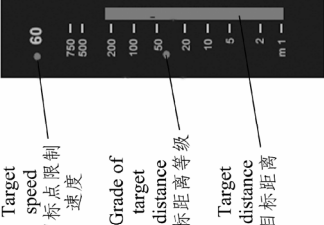
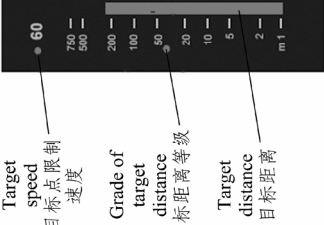



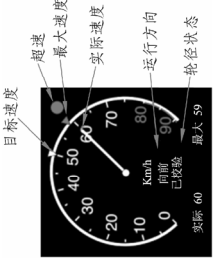
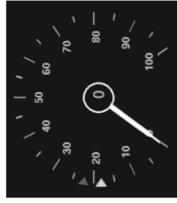
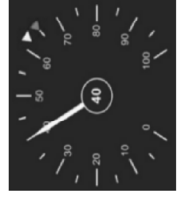













2 号线		3 号线		11 号线	
名称缩写	TOD	名称缩写	HMI	名称缩写	DMI
					

表 2-2 列车目标距离及速度控制显示

2 号线		3 号线		11 号线	
<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>目标距离：下一个目标点的距离。</p> <p>目标速度：下一个目标点的速度。</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>目标速度：下一个目标点的推荐速度。</p> <p>状态指示柱区分：由远到近：亮绿色、黄色及红色。</p> <p>目标距离：目标点的距离。</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>目标速度：下一个目标点的推荐速度。</p> <p>状态指示柱区分：由远到近：亮绿色、黄色及红色。</p> <p>目标距离：目标点的距离。</p>
<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>下一架信号机状态，反映实际信号机显示状态。</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>—</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>—</p>
<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>当前目标点的实际速度。当列车通过目标点时，客车的速度允许超过最大速度。红色制动触发速度提醒（列车速度超过限制速度时发出）。</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>当指针速度：实际速度。黄色三色角：推荐速度。红色三色角：紧急制动触发速度。圆圈内显示实际速度。</p>	<p>符号显示</p> 	<p>含义</p> <p>当指针速度：实际速度。黄色三色角：推荐速度。红色三色角：紧急制动触发速度。圆圈内显示实际速度。</p>




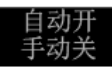





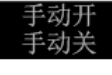




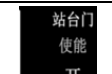





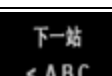











续表

2号线		3号线		11号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	列车牵引		列车牵引		列车牵引
	列车制动		列车制动		列车制动
	列车惰行		列车惰行		列车惰行
—	—		列车制动缸的压力不正常		列车制动缸的压力不正常
—	—		空转/滑行		空转/滑行

三、列车开关门模式及车门、站台门状态显示

列车开关门模式及车门、站台门状态对比如表 2-3 所示。

表 2-3 列车开关门模式及车门、站台门状态对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	无门模式信息		无门模式信息		无门模式信息
	自动开门 手动关门		自动开门 手动关门		自动开门 手动关门
	自动开门 自动关门		自动开门 自动关门		自动开门 自动关门
	手动开门 手动关门		手动开门 手动关门		手动开门 手动关门
	站台门状态 未知	—	—		站台门状态 未知
	站台门 未关闭		站台门 未关闭		站台门 未关闭
	车门和站台 门为关闭 状态	—	—	—	—
—	—		车门关闭 请求		车门关闭 请求
	左门开启		左门开启		左门开启
	右门开启		右门开启		右门开启
	两侧车门 开启		两侧车 门开启		两侧车门 开启
—	—		不再监督 车门		不再监督 车门
—	—		允许释放 车门	—	—

四、列车当前驾驶模式

当前驾驶模式显示含义对比如表 2-4 所示。

表 2-4 当前驾驶模式显示含义对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	列车处于 OFF 模式(初始状态)	—	—		初始状态
	列车处于连续式 ATO 模式		列车处于连续式 ATO 模式(无人自动折返在该模式下进行,不再单独显示)		列车处于连续式 ATO 模式(无人自动折返在该模式下进行,不再单独显示)
	列车处于连续式 ATP 模式		列车处于连续式 ATP 模式		列车处于连续式 ATP 模式
	列车处于点式 ATO 模式(暂未启用)		列车处于点式 ATO 模式		列车处于点式 ATO 模式(暂未启用)
	列车处于点式 ATP 模式		列车处于点式 ATP 模式		列车处于点式 ATP 模式
	列车处于限制人工前向模式		列车处于限制人工模式(通过方向手柄选择运行方向)		列车处于限制人工模式(通过方向手柄选择运行方向)
	列车处于限制人工后向模式				
	列车处于无人自动折返模式	—	—	—	—
	列车处于 NRM 模式(TOD 同时被切除,黑屏)		列车处于 NRM 模式(HMI 同时被切除,黑屏)		列车处于 NRM 驾驶模式


五、模式可用（预选）


2 号线 TOD（车载显示屏）没有模式预选功能，只在 TOD 上以不同颜色提示当前可使用的模式，具体显示含义如下：




- 红色：模式不可用；
- 绿色：模式对移动列车可用；
- 黄色：模式对静止列车可用。

11 号线在 DMI 屏幕左下角区域显示当前最大可用运营模式，具体显示含义如下：






：点式模式下 ATO 控制模式（目前未授权使用）；

：连续通信模式下（CBTC）ATO 控制模式；

：非限制人工驾驶模式或无模式可用。

3 号线预选模式如表 2-5 所示。




表 2-5 3 号线模式可用（预选）显示含义

符号显示					
含义	预选点式通信级别自动驾驶模式	预选连续通信级别自动驾驶模式	预选点式通信级别手动驾驶模式	预选连续通信级别手动驾驶模式	预选限制性人工驾驶模式

六、列车停靠（对标）指示器图形

列车停靠指示器图形显示含义对比如表 2-6 所示。

表 2-6 列车停靠指示器图形显示含义对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	在停车范围内		在停车范围内		在停车范围内

续表

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	超出停车范围		超出停车范围		超出停车范围
	列车在区间运行		列车在区间运行		列车在区间运行

七、列车停站指示器图形

列车停站指示器对比如表 2-7 所示。




表 2-7 列车停站指示器对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	停站倒计时	—	—		停站倒计时
	倒计时少于 5 s 变为红色	—	—		倒计时为 0
	停站超时，开始正计时	—	—		停站超时，显示为 0

八、列车发车状态图形

发车状态指示器对比如表 2-8 所示。

表 2-8 发车状态指示器对比







2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	不具备发车条件		不具备发车条件		不具备发车条件
	具备发车条件		具备发车条件		具备发车条件

	列车正在移动	—	—	—	—
---	--------	---	---	---	---

九、列车位置及紧急制动指示图形

列车位置及紧急制动指示显示对比如表 2-9 所示。

表 2-9 列车位置及紧急制动指示显示对比





2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	有定位		有定位		有定位
	无定位		初始标志 (无定位)		初始标志 (无定位)
—	—		进入车辆段		进入车辆段
	施加紧急制动		列车实际运行速度超过推荐速度时显示		列车实际运行速度超过推荐速度时显示
			列车实际速度达到紧急制动施加速度时显示		列车实际速度达到紧急制动施加速度时显示
			施加紧急制动		施加紧急制动

十、扣车及跳停显示

扣车及跳停显示含义对比如表 2-10 所示。

表 2-10 扣车及跳停显示含义对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	扣车		扣车		扣车
	跳停		跳停		跳停




	下一站	—	—		下一站
	终点站	—	—		终点站

十一、车载设备状态及冗余显示

需要注意的是，2 号线无法在车载显示器上直观看到设备激活端，只能看出当前 VOBC（车载控制器）可用数量，若出现冗余，无法通过车载显示器判断故障端。

车载设备状态及冗余对比如表 2-11 所示。

表 2-11 车载设备状态及冗余对比

2 号线		3 号线		11 号线	
符号显示	含义	符号显示	含义	符号显示	含义
	当前模式下可用 VOBC 数量为 2		正常状态(本端司机室激活)		正常状态(本端司机室激活, ATC 状态正常)
	当前模式下可用 VOBC 数量为 1		单端冗余 (绿色三角: OBCU 激活; 红色三角: OBCU 被关闭或故障或断开连接)		绿色三角: 司机室激活; 白色三角: 司机室未激活; 黄色方块: ATC 检测到设备故障, 仍可以正常运行, 但不再具备冗余性
					
—	—	—	—		白色三角: 司机室未激活; 绿色方块: ATC 状态正常 (该情形在 ATB 模式下显示)
—	—	—	—		绿色三角: 司机室激活; 白色三角: 司机室未激活; 红色方块: ATC 检测到故障, 设备不能正