

课程教案

授课时间	4 课时（180 min）	授课章节	项目五
授课题目	掌握城市轨道交通联锁与闭塞、了解列车自动控制系统		
授课类型	理论（√） 实践（ ）		
教学目的 与要求	技能目标： （1）掌握城市轨道交通联锁与闭塞的相关知识 （2）掌握城市轨道交通列车自动控制系统的组成及其功能 （3）能区分城市轨道交通列车自动保护系统、列车自动驾驶系统和列车自动监控系统 素质目标： （1）养成脚踏实地、认真负责的工作作风		
教学重点	教学重点： 联锁及联锁设备、城市轨道交通列车自动控制系统的组成及其功能		
教学难点	教学难点： 闭塞的方法和制式、城市轨道交通列车自动控制系统的组成及其功能		
教学方法	问答法、讨论法、讲授法		
教具仪器	电脑、投影仪、多媒体课件、教材		
教学设计	课前任务 → 考勤（4 min） → 互动导入（10 min） → 传授新知（108 min） → 拓展阅读（18 min） → 拓展训练（30 min） → 课堂小结（6 min） → 作业布置（4 min）		

教学过程

	教学备注	
<p>一、课前任务</p> <p>【教师】布置课前任务，和学生负责人取得联系，让其提醒同学完成课前任务</p> <p>请大家以 3~5 人为一组，以小组为单位完成“任务工单——掌握城市轨道交通联锁与闭塞的相关知识”里任务准备中的各项任务。</p> <p>【学生】完成课前任务</p>	<p>通过课前任务，让学生对本节课的教学内容有一定的熟悉和理解</p>	
<p>二、考勤（4 min）</p> <p>【教师】进行签到</p> <p>【学生】按照老师要求签到</p>		<p>培养学生的组织纪律性，掌握学生的出勤情况</p>
<p>三、互动导入（10 min）</p> <p>【教师】讲解联锁与闭塞的作用，并提出问题：</p> <p>为什么城市轨道交通列车能够在线路上安全、有序、高效地运行？为什么城市轨道交通列车能够避免正面冲突或追尾等事故？这是由于联锁与闭塞设备发挥了作用。联锁与闭塞是保证列车安全、高效运行的重要手段，在城市轨道交通行车中具有不可替代的作用。</p> <p>请思考：城市轨道交通联锁与闭塞的相关设备有哪些？它们的作用方式又有哪些？</p> <p>【学生】聆听、思考、回答</p>		<p>通过提问让学生主动探究城市轨道交通联锁与闭塞的相关内容，导入本节课课题</p>
<p>四、传授新知（108 min）</p> <p>【教师】讲解联锁的概念、设备种类，闭塞的概念、方法与制式等相关内容</p>		
<p>5.3.1 联锁及联锁设备</p> <p>1. 联锁的相关概念</p> <p>列车或机车车辆在运营线路范围内运行的路径称为进路。</p> <p>进路由道岔的开通方向决定，如果道岔开通方向不对，就有可能使两列列车进入同一股道，从而引起撞车事故。因此，为了保障行车安全，进路要由信号机防护，信号机不开放，列车便不能开到进路里。由此可见，在信号机和道岔之间，以及信号机和信号机之间应建立一种相互制约的关系，才能保证行车的安全，这种制约关系称为联锁。</p> <p>2. 联锁设备的种类</p> <p>控制车站的道岔、进路和信号机，并实现它们之间联锁的设备，称为联锁设备。联锁设备既可以分散控制，又可以集中控制。城市轨道交通联锁设备主要有继电联锁设备和计算机联锁设备。</p>	<p>通过教师讲解、观看微课和师生互动让学生了解城市轨道交通联锁的概念与设备种类，闭塞的概念、方法和制式以及列车自动控制系统各子系统的组成、功能等相关知识</p>	

1) 继电联锁设备

以继电器组成的电路来控制并实现联锁的设备称为继电联锁设备。继电联锁设备采用电气方法，通过信号楼内的控制台操纵色灯信号机和转辙机，使信号机、进路、道岔实现联锁，并监督列车运行和线路占用情况。

6502 电气集联锁设备是继电联锁设备的一种，为我国自主设计的较先进的城市轨道交通信号设备之一，它可以将全部道岔、进路和信号机集中起来进行控制和监督，在一定程度上实现了站内行车指挥的自动控制，能准确及时地反映现场行车情况，不再需要分散控制时花费的联系时间，而且完全避免了因联系错误而引起的事故，大大提高了行车安全程度和作业效率，极大地改善了行车人员的劳动条件。

2) 计算机联锁设备

计算机联锁设备是利用计算机对信号机、转辙机等设备进行控制和监督，进而实现信号设备远程控制自动化，完成信号机、进路、道岔间的联锁，从而保证行车安全的。它实质上是一个逻辑求值器，能自动采集、处理信号机、道岔、轨道电路的信息，通过将车站值班员的控制命令和现场的各种表示信息输入计算机，再根据储存在计算机内的相关条件，进行联锁关系的逻辑运算和判断，然后输出信息至执行机构，实现对信号设备的控制和监督。

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：

计算机联锁设备与继电联锁设备相比，具有哪些优点？

【学生】 聆听、思考、回答

【教师】 总结学生的回答

(1) 计算机发出的控制信息和现场发回的表示信息，能由传输通道串行传送，可节省大量的干线电缆。

(2) 计算机联锁设备用屏幕显示代替表示盘，简化结构，方便使用，还可根据需要多台并机使用。

(3) 计算机联锁设备采用积木式模块化软件和硬件结构，便于站场变更，并容易实现故障控制、分析等功能。

计算机联锁设备可划分为人机交互层、联锁控制层、采集/驱动层和室外设备层等部分。

人机交互层：通过车站值班员或维修人员的操作，向联锁控制层输入操作信息，接收联锁控制层输出的反映设备工作状态和行车作业情况的表示信息。

联锁控制层：车站联锁系统的核心，可实现联锁逻辑运算。

其主要功能是接收来自人机交互层的操作信息，以及采集/驱动层的反映转辙机、信号机和轨道电路状态的信息，根据联锁条件，对输入的操作信息和状态信息，以及联锁机构当前的内部信息进行处理，产生相应的输出信息，

并交付采/驱动层的控制电路予以执行，最终实现控制室外设备层的目的。

采集/驱动层：联锁控制层与各个监控对象之间的控制电路层，其主要功能是接收来自联锁控制层的道岔控制命令，操纵转辙机，驱动道岔转换，改变信号显示，向联锁控制层传输道岔状态信息及轨道电路状态信息。

室外设备层：包括信号机、道岔、轨道电路等室外设备及其相应的动作电路。

5.3.2 闭塞

1. 联锁的相关概念

【师生互动】教师组织学生扫码观看“什么是闭塞”视频（详见教材），并让学生谈谈自己对闭塞的理解

【学生】聆听、观看、思考、回答

【教师】总结学生的回答

为了确保列车在区间内的运行安全，列车由车站向区间发车时，必须确认区间内没有列车，并遵循一定的规律组织行车，以免发生列车正面冲突或追尾等事故。这种按照一定规律组织列车在区间内运行，使连续发出的列车始终保持一定间隔的行车方法，称为行车闭塞法，简称闭塞。用于完成闭塞的设备称为闭塞设备。

【小贴士】闭塞设备必须保证在同区间、同一时间内只允许一趟列车占用的基本原则。

2. 闭塞的方法

1) 时间间隔法

时间间隔法即按照规定好的时间间隔依次由车站发车，使前行列车和追踪列车之间必须保持一定时间间隔的行车方法。

2) 空间间隔法

空间间隔法即将线路划分为若干个段落（区间或闭塞分区），在每个段落内同时只准许一列列车运行，使前行列车和追踪列车之间必须保持一定的距离。

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：

对比时间间隔法，空间间隔法有什么优势？

【学生】聆听、思考、回答

【教师】总结学生的回答

空间间隔法这种行车方法能严格地将列车分隔在两个空间，可以有效地防止列车追尾，确保列车运行安全。这种方法是我国目前所采用的闭塞方法。

3. 闭塞的制式

1) 人工闭塞

人工闭塞就是采用电气路签或路牌作为列车占用区间的凭证，由区间两端的车站值班员确认区间是否空闲，并签发行车凭证。在此种闭塞条件下，两站之间只能运行一

列列车，线路通过能力低。人工闭塞在我国已经很少采用。

2) 半自动闭塞

半自动闭塞采用车站出站信号机的允许显示信号作为列车占用区间的行车凭证，区间两端的车站值班员通过专门的闭塞机来办理闭塞手续。首先，由发车站值班员请求占用区间，接车站值班员确认接车后，发车站才能开放发车信号；列车进入区间后，发车信号关闭，区间处于锁闭状态，只有当接车站值班员确认列车到达后，才能使闭塞机处于解锁状态，然后办理第二次列车占用区间的闭塞手续。由于闭塞手续由值班员人工完成，而信号显示的转换是自动完成的，因此称其为半自动闭塞。

3) 自动闭塞

自动闭塞就是将区间划分为若干个小区间（称为闭塞分区），并设置通过信号机进行防护，由车站出站信号机和区间通过信号机的显示共同作为列车占用区间的凭证。此种闭塞制式可根据列车运行情况及有关闭塞分区状态，自动变换通过信号机的显示，不需要人工操纵，驾驶员可凭信号显示行车，所以称为自动闭塞。

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：

比较这三种闭塞制式，说说它们的优缺点各是什么？

【学生】聆听、思考、回答

【教师】总结学生的回答

自动闭塞可分为传统的自动闭塞和具有列车自动控制系统的自动闭塞。

(1) 传统的自动闭塞。

传统的自动闭塞没有装备列车自动控制系统，一般由地面信号机保证列车按照一定的空间间隔运行，装备的机车信号作为辅助信号，主要传输信号控制信息。传统的自动闭塞一般适用于列车运行速度不高于 160 km/h 的情况。

(2) 具有列车自动控制系统的自动闭塞。

列车自动控制系统可通过控制列车运行速度，保证列车按照空间间隔法实现闭塞。具有列车自动控制系统的自动闭塞可分为固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞三种。

【多媒体】展示“固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞的特点”的表格（详见教材），讲解三种自动闭塞的特点

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：

结合这三种自动闭塞制式的特点，说说哪种闭塞制式最有优势。

【学生】聆听、思考、回答

【教师】总结学生的回答

与固定闭塞相比，准移动闭塞缩小了列车安全间隔，提高了线路利用效率，但是没有完全突破轨道电路的限制；与准移动闭塞相比，移动闭塞具有更高的行车速度和更小的行车间隔，因而具备了更强的运行调整能力，能最大限

度地提高线路通过能力。

【学生】 聆听、思考、理解、记忆

【教师】 讲解列车自动控制系统的概述、ATP 系统、ATO 系统和 ATS 系统的相关内容

5.4.1 列车自动控制系统概述

【多媒体】 组织学生扫码观看“城际列车自动控制系统”视频（详见教材），引导学生初步了解该系统

列车自动控制系统（以下简称 ATC 系统）是对列车运行全过程或一部分作业实现自动控制的系统。该系统可通过获取的地面信息和命令，控制列车运行速度，并调整与前行列车之间的安全距离，以保证列车之间按照空间间隔运行。

ATC 系统主要包括三个子系统，分别为列车自动保护系统（以下简称 ATP 系统）、列车自动驾驶系统（以下简称 ATO 系统）、列车自动监控系统（以下简称 ATS 系统）。它们之间既相互独立，又相互联系，以确保列车安全、快速、短间隔时间和有序地运行。

ATP 系统：通过列车 ATP 系统和地面 ATP 系统间的信息传输，来实现列车间安全距离的监控、速度控制、列车的超速防护、屏蔽门（或车门）开关的监督和进路的安全监控等功能，从而防止列车碰撞与出轨，确保列车和乘客的安全。

ATO 系统：主要通过车载 ATO 系统完成站间自动运行、列车速度调节和进站定点停车，并接受 OCC 的运行调度命令，实现列车运行的自动调整。

ATS 系统：主要功能是监督列车状态、产生列车时刻表、自动调整列车运行时刻、保证列车按时刻表正点运行、生成运行报告和统计报告、向旅客导向系统提供信息等。

5.4.2 ATP 系统

ATP 系统是保证行车安全、防止列车进入前方列车占用区间和防止超速运行的设备。

列车运行过程中，ATP 系统会不断将来自联锁设备和操作层面上的信息、线路信息、前方目标点的距离和允许速度信息等，通过轨道电路传至车上，由 ATP 车载设备通过计算得到列车当前的允许速度，或由行车指挥中心计算出目标速度传至车上，并由 ATP 车载设备测得列车的实际运行速度。

如果列车的实际速度大于 ATP 系统的允许速度，ATP 车载设备便会发出制动指令，列车开始自动制动。当列车速度降至 ATP 系统的允许速度以下时，制动自动缓解。这样便使列车始终在安全速度下运行，达到缩短列车运行间隔，保证行车安全的目的。

1. ATP 系统的组成

ATP 系统主要由轨旁设备和车载设备两部分组成。

【多媒体】展示“ATP 系统”的图片（详见教材），讲解 ATP 系统的组成部分

1) 轨旁设备

ATP 系统的轨旁设备主要由 ATP 轨旁单元及其相关的发送/接收设备组成。它的作用是利用轨道电路发送数据信息到列车上。ATP 系统一般是分区域进行控制的，每个区域都有轨旁单元和发送/接收设备，各区域的轨旁单元通过总线连接。

2) 车载设备

ATP 系统的车载设备一般由 ATP 车载单元、测速装置和发送/接收装置（包括 ATP 天线）组成。车载设备能根据地面设备提供的信号动态信息、线路静态参数、临时限速信息等，生成控制速度和目标距离的模式曲线，控制列车运行。

2. ATP 系统的功能

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：
你知道 ATP 系统的主要功能有哪些吗？

【学生】聆听、思考、回答

【教师】总结学生的回答

(1) 列车定位：确定列车在路网中的地理位置。

(2) 测量速度和距离：确定列车的速度和位置（距前方目标点的距离）。

(3) 监督功能：对列车安全的各个方面（如速度、方向、车门、紧急制动、后退、报文和设备）进行监督。

(4) 超速防护：严密监视列车运行速度，一旦超过允许速度，先提出警告，然后启动紧急制动，并进行记录。

(5) 停车点保护：通常在停车点的前方设置一段防护段，保证列车停在危险点前方。

(6) 控制列车间隔：在保证行车安全的情况下，使两列车的行车间隔最短，以提高运行效率。

(7) 车门、屏蔽门控制：只有列车停在规定的停车点，车门与屏蔽门才能打开。

5.4.3 ATO 系统

ATO 系统可代替驾驶员操作列车驱动、制动设备，实现列车的自动启动、加速、匀速、制动等驾驶功能，以及为列车提供精确的位置信息。ATO 系统可使列车处于最佳运行状态，提高列车运行效率、列车正点率及旅客乘坐舒适度，并减少能量消耗和轮轨磨耗。

1. ATO 系统的组成

ATO 系统主要包括地面设备和车载设备两部分。地面设备包括设在每个车站设备室内的停车模块或 ATO 通信

器，每个站台设置的地面标志线圈或环路，以及联锁系统的接口设备等。车载设备包括列车驾驶室内由微型计算机构成的ATO控制器、车底部的标志线圈及对位天线（包括接收和发送天线）。

2. ATO系统的功能

ATO系统的功能包括自动驾驶、无人自动折返、自动控制车门开闭，这三个功能相互之间独立运行。

1) 自动驾驶

ATO系统自动驾驶功能的具体内容包括：列车运行速度自动调整、停车点目标制动、车站自动发车、区间内临时停车、区间限速等。

2) 无人自动折返

无人自动折返是一种特殊情况下的驾驶模式。在这种驾驶模式下，列车无须驾驶员控制，而且列车上的全部控制台将被锁闭。

3) 自动控制车门开闭

列车进站后，ATP系统会监督开门条件，当ATP系统给出开门命令时，ATO系统会自动打开车门。

此外，ATO系统还具有一些服务功能，具体包括：计算列车位置和允许速度、定点停车、巡航与惰行控制等。

5.4.4 ATS系统

ATS系统可通过计算机网络，与ATP系统、ATO系统共同完成对列车运行状态的自动监控和管理。

1. ATS系统的组成

ATS系统由OCC的ATS设备和车站ATS设备组成。OCC的ATS设备主要包括调度工作站、培训工作站、维护工作站、列车运行计划工作站、系统服务器、数据库服务器、网络通信设备及电源设备等。车站ATS设备主要包括工作站、打印机、网络接口和不间断电源等。

2. ATS系统的功能

【师生互动】教师随机邀请学生回答以下问题：

ATS系统有哪些功能？

【学生】聆听、思考、回答

【教师】总结学生的回答

ATS系统的功能有列车监视和追踪、时刻表处理、自动排列进路，以及事件记录、报告和报表的生成与打印等。

1) 列车监视和追踪

ATS系统可对所有在线运行的列车进行实时监控和追踪，自动记录列车的运行过程，自动识别列车车次，以及自动生成、显示、修改和优化列车运行图。

2) 时刻表处理

ATS系统可提供时刻表编制数据库，存储适合不同情况的多套时刻表，并随时对时刻表的状态进行比较和调整。

3) 自动排列进路

ATS 系统可对进路、信号机和道岔实行集中控制，保证列车的运行安全。

4) 事件记录、报告和报表的生成与打印

ATS 系统能记录大量与运行相关的数据，并能根据要求提供各种统计功能，生成、打印各种统计报告和报表。

【知识拓展】教师讲解基于通信的列车自动控制系统的的相关内容

基于通信的列车自动控制系统（以下简称 CBTC 系统）是指通过高精度的列车定位，以及双向连续、大容量的车一地数据通信等，实现连续、自动的列车控制。

CBTC 系统主要由数据通信网、车载设备、区域控制器和控制中心等组成。

CBTC 系统具有以下优点：

(1) 能实现车一地双向、实时、高速度、大容量的信息传输，易于实现无人驾驶。

(2) 列车定位精度高，移动授权更新快。

(3) 轨旁设备简单、可靠性高，不受牵引回流干扰。

(4) 能缩短列车追踪间隔，提高线路通过能力。

【学生】聆听、思考、理解、记忆

五、拓展阅读（18 min）

【教师】组织学生阅读“互联互通 CBTC 系统技术为城市轨道交通创新发展注入新动能”（详见教材），并让学生思考以下问题：

(1) 我国自主研发的 CBTC 系统技术解决了哪些难题？

(2) CBTC 系统技术的实现具有哪些重要意义？

【学生】阅读、体会、思考、回答问题

【教师】总结学生的发言

六、拓展训练（30 min）

【教师】组织学生分组展示 PPT

活动步骤：

(1) 学生每 3~5 人一组，以小组为单位，各组将本组关于列车自动控制系统的学习总结所制作成的 PPT 在班里进行展示，并派代表解说具体内容。

(2) 教师从主题、内容、制作、解说等方面为各组的 PPT 打分，评出前三名。

(3) 各组成员配合指导教师完成考核评价表，如表 5-21 所示（详见教材）。

【学生】展示 PPT、解说内容、配合教师完成考核评价

【教师】为各组打分、评选、进行考核评价

通过阅读文章，让学生进一步了解我国城市轨道交通行业的科技发展水平

通过展示、评选 PPT，帮助学生加深对列车自动控制系统的理解

<p>七、课堂小结 (6 min)</p> <p>【教师】简要总结本节课的要点 本节课学习了列车自动控制系统的三个子系统：ATP 系统、ATO 系统与 ATS 系统的相关内容，希望大家在课下多加复习，扎实掌握所学知识，并将其运用到实践中。</p> <p>【学生】总结回顾知识点</p> <p>八、作业布置 (4 min)</p> <p>【教师】布置课后作业 完成学习综合评价。</p> <p>【学生】完成课后任务</p>	<p>总结知识点，加深学生对列车自动控制系统各子系统的印象</p> <p>复习知识面，巩固知识点</p>
<p>教学后记</p>	
<p>本节课效果不错，每个学生都积极参与到教学活动中，发挥了自己的价值。教学中注意分析学生的特点，根据不同学生的学习情况采用灵活多样的教学方法，极力营造一种平等和谐、活跃有序的课堂氛围。</p>	