

第 12 章 编组站综合自动化系统

12.1 概 述

编组站是铁路货物运输的重要基层生产单位，当前中国铁路运输能力紧张，在很大程度上是由于繁忙干线的点线能力不协调，编组站的作业能力与线路通过能力不匹配，以及货车在编组站上的作业和停留时间过长等造成的。因此，除了大力加强编组站的改扩建外，实现不同程度、不同规模的编组站作业自动化是扩大铁路运输能力的重要途径之一。

编组站作业综合自动化系统 (Yard Automatic Control System , 简称 YACS) 是指利用计算机控制编组站作业过程和处理货车信息的系统，它是建立在计算机技术和控制理论的基础上，以信息处理为核心的编组站调度指挥、计划标准、统计分析 & 作业控制系统，实现了实时管理和实时控制。编组站作业综合自动化系统主要包括货车信息处理系统和作业过程控制两部分，而后者又可分为货车控制和进路控制两个子系统。除此之外，编组站综合自动化系统还应包括驼峰尾部编组作业过程控制，提钩作业自动化，自动摘 (接) 风管，自动抄车号设备，调车作业计划自动传送等内容，其结构如图 12.1 所示。

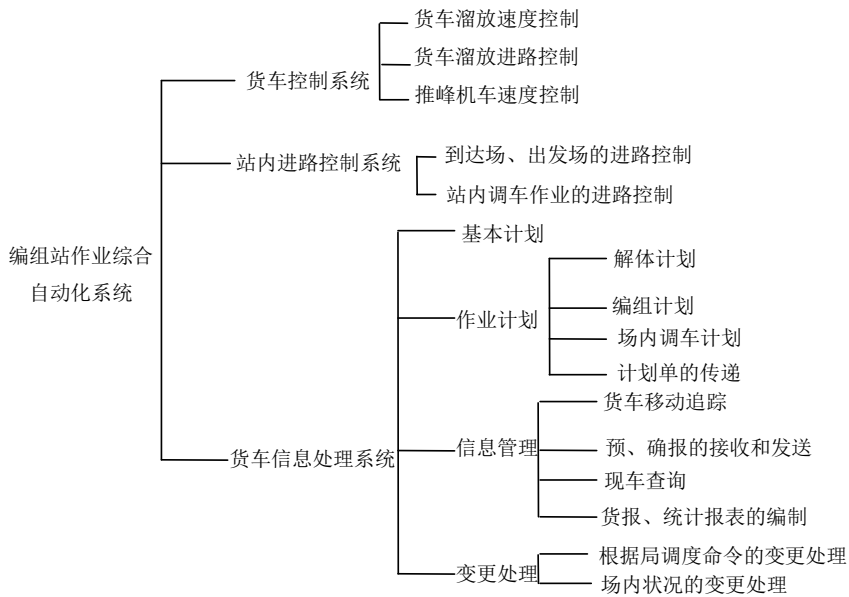


图 12.1 编组站作业综合自动化系统

12.1.1 货车控制系统

货车控制系统又称驼峰溜放作业自动化控制系统，是编组站自动化系统中过程控制的核心部分，包括推峰机车速度控制、货车溜放速度控制、货车溜放进路的自动控制三个部分。

(1) 推峰机车速度控制。计算机根据钩车的长度、重量、去向股道以及与前钩车的分路道岔位置，事先确定对该钩车的推送速度，通过电台天线向推峰机车发送相应于该速度带的一定频率的无线电波（即指令）。推峰机车的接收装置收到该信息后，自动控制机车的燃料和制动等级，使之按预定的速度推送钩车，以便及时合理地变更推送速度，提高解体效率。

(2) 货车溜放速度控制。溜放钩车的速度控制是驼峰溜放作业自动控制的核心，计算机根据钩计划钩车的参数，在溜放过程中实时测重、测长、测阻、测风力、测速度，计算确定各个位置的减速器和其他调速工具的出口速度并自行自动控制，以保证钩车间必要的作业间隔和与股道内车辆的安全连挂。

(3) 货车溜放进路控制。计算机根据预先编制的解体钩计划，按照各该钩车的去向股道，逐一控制有关分路道岔的转动方向，自动排列溜放进路。

12.1.2 进路自动控制系统

编组站由众多的车场和线路所组成，并衔接若干个方向的铁路干线，必然形成复杂的列车进路和调车进路，主要有：列车由各方向区间接入到达场、待解列车由到达场向驼峰推送、编成列车由调车场向出发场牵出、列车由出发场向各方向区间发车、机车由到达场返回机务段、机车离开机务段去往出发场，以及其他调车作业进路；根据列车运行图和车站作业计划通过过程控制计算机控制电气集中开通有关进路，可对列车占用到达场和出发场的线路进行优化排序。进路控制即指除驼峰溜放进路以外的列车到发、调车作业和机车出入库的进路自动控制，包括：

(1) 列车到达进路自动控制。根据班计划规定的到达列车计划和储存的列车进路表以及前方站发来的要求办理列车到达进路的信息，由计算机控制站内联锁设备，自动安排列车到达进路并开放进站信号机。

(2) 列车出发进路自动控制。根据班计划规定的出发列车计划，当列车编组作业结束后，由出发场值班员操作发车进路开关，由计算机控制站内联锁设备，自动安排列车出发进路并开放出站信号机。

(3) 调车进路自动控制。调车进路自动控制包括站内除驼峰溜放进路以外的调车作业进路自动控制，计算机根据信息处理系统送入的调车作业钩计划和存储的调车进路表，在调车人员输入要求准备调车进路的信息后，控制站内联锁设备，自动安排每钩作业的进路并开放

调车信号机。

(4) 机车走行进路自动控制。机车走行进路自动控制包括推峰机车、驼峰尾部调车和机车出入库等作业的进路自动控制，由现场人员操作进路排列开关，请求排列机车走行进路，计算机根据请求信息和存储的调车进路表，控制站内联锁设备，自动安排机车走行进路并开放调车信号机。

12.1.3 货车信息处理系统

编组站货车信息管理系统是指以编组站设备及到达列车所包含的信息为基础，根据铁路局的命令和现场实际作业的要求，制定车站作业的基本计划和作业计划，管理全站现在车，进行统计和预确报管理，并和过程控制系统进行通讯的自动化系统。货车信息处理系统是编组站综合自动化的基础与核心，是编组站所有作业的依据和控制者。系统主要实现以下功能：

(1) 制定基本计划。基本计划主要包括日班计划和阶段计划，基本计划的编制涉及车流预测、推算以及机车、线路和设备的动态运用。

(2) 编制作业计划。依据基本计划及现在车等信息自动生成各种调车作业计划，包括车列的解体钩计划、编组钩计划、车辆取送钩计划等，并完成计划的修订、打印和传递等。

(3) 信息管理。自动完成列车预确报的接收、处理和发送，自动实现对货车的动态追踪，满足各种不同要求的现车查询，并能根据车站运输管理的需求编制各种货报和统计报表。

(4) 变更处理。铁路运输生产中经常出现由于某种特殊原因致使车站作业发生变更的情况，变更内容主要包括站内作业或车流变化所需的即时办公处理和计算机系统发生故障后的运转恢复。变更处理根据铁路局调度命令进行。

12.2 驼峰自动化系统

驼峰自动化系统是编组站自动化系统的核心部分，一般采用分散控制、集中管理的分布式系统结构。系统按功能分为货车溜放速度控制、货车溜放进路控制、推峰机车速度的自动控制 3 个部分，它们通过网络接口与主机连接，形成综合自动化控制系统。驼峰控制系统硬件配置如图 12.2 所示。

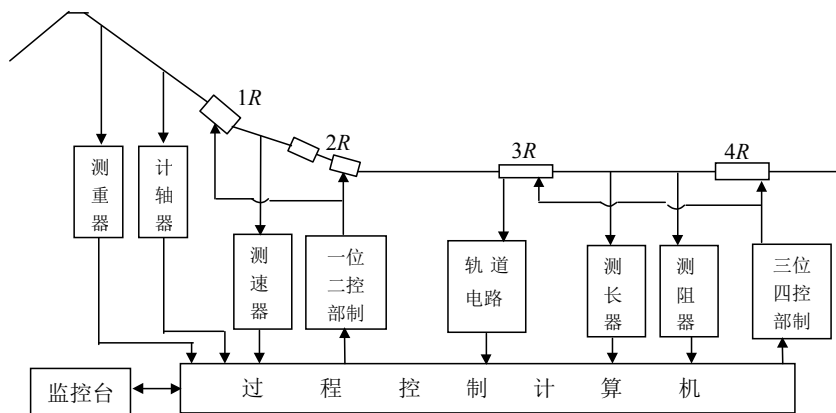


图 12.2 驼峰控制系统硬件配置

12.2.1 推峰机车速度控制

推峰机车速度控制分为推峰机车速度遥控控制和推峰机车速度自动控制两种，前者由驼峰值班员控制，后者由计算机给定推峰速度。

1. 驼峰机车无线遥控系统

驼峰推峰机车无线遥控系统，采用工业控制计算机对调车机车进行无线遥控，实现变速推送。它具有推峰速度快、调速准确、预推作业到位、安全防护措施完善等特点，提高了推峰作业安全程度及驼峰解体效率。目前我国采用较多的是 T.Y1 型驼峰推峰机车无线遥控系统，现以该系统为主，对驼峰推峰机车无线遥控系统工作原理作简要介绍。

如图 12.3 所示，无线机车遥控系统地面与车上之间的信息传送采用无线通信完成。为保证安全，无线遥控机车开放的信号要与地面信号、进路联锁相关，因此在到达场每一条作业股道入口处设置股道号发送箱用于发送股道序号信息，再经轨道发送箱中的轨道变压器，匹配接入轨道入口处的轨面。当推峰机车进入某道时，机车感应器就会感应到相应股道号信息，此信息记忆于车上遥控设备的计算机中。在峰顶值班员正确办理了推峰进路，开放了推峰信号后，地面设备将已办好的进路股道和推峰信号变为无线电波发射。车上设备接收到地面发来的无线电波后经解调译码后，若电台接收到的股道序号和感应接收到的股道序号一致，则该机车就是受控机车，未进入受控的机车仍然处于待命状态。受控机车经司机确认一切正常后，再按压遥控控车按钮，车上设备即转入遥控控车工作状态，机车自动完成启动、鸣笛、调速、制动以及停车等工作。机车上装有手动与遥控的转换装置，司机可随时将受控机车由遥控状态转为手动控制状态。

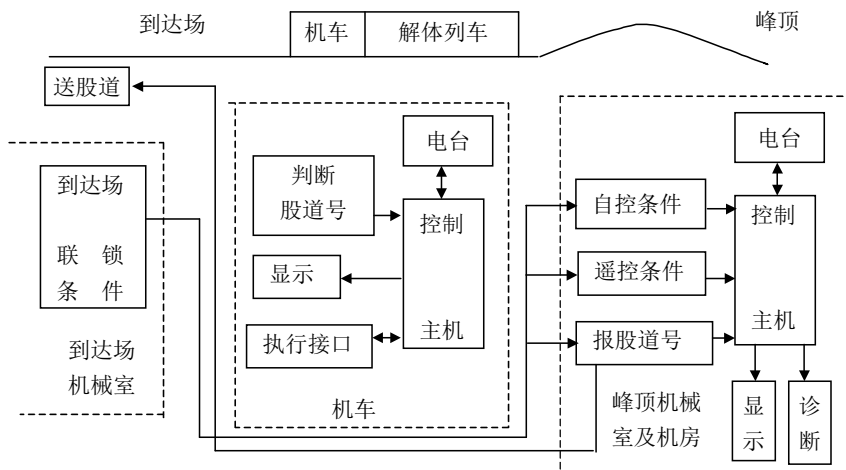


图 12.3 驼峰机车无线遥控系统工作原理图

2. 驼峰机车自控系统

编组站采用机车遥控系统后尽管提高了编组效率，但由于推峰速度受人为控制，不易给定最优推峰速度，若速度过快，容易造成I、II制动位间隔紧张、顺钩、超速、峰顶停轮等现象。而采用驼峰机车自控系统，可利用计算机根据车组溜放实际情况给定推峰速度，使推峰速度随作业状态变化而及时准确变更，进一步提高作业效率。

系统工作原理是编组站货车信息处理系统(YIS)将作业计划发送给过程控制系统(PCS)主机，主机将计划发送给机车自控机和货车溜放速度控制系统的间隔制动机，间隔制动机根据钩计划，车组辆数、重量等级、车组特征、分路道岔位置等因素计算推峰速度，并列成推峰速度表发送给主机，主机再转发给机车自控机，机车自控机根据钩序取推峰速度，发送命令给推峰机车进行推峰作业。车辆解体时，间隔制动机随时检查车组溜放的间隔情况和出口速度的高低，如遇追钩、顺钩、摘错、出口速度偏低等情况时，可立即修改推峰速度，发布减速、停轮、继续溜放的信息，机车则执行相应动作。

12.2.2 货车溜放速度控制

驼峰车辆调速系统是驼峰自动化系统中控制最复杂、难度最大的部分，也是驼峰自动化的主体。驼峰溜放速度自动控制系统是根据驼峰使用的调速工具及平纵断面，合理配置相应的自动化测量、计算和控制设备，对驼峰溜行钩车全过程的速度进行控制。在驼峰溜放过程中，必须对钩车的溜放速度进行控制，使其以合理的速度溜放，以保证前后钩车的安全间隔，并以容许的连挂速度与调车线上的停留车安全连挂。以下对驼峰溜放速度的自动控制进行简要介绍。

12.2.2.1 间隔调速与目的调速

1. 间隔调速

货车溜放速度控制包括间隔调速和目的调速，前者为避免发生追钩事件，应对后行车制动，使它与前行车之间保持较大的间隔，这种调速作用叫作间隔调速或间隔制动。其工作原理如图 12.4 所示。

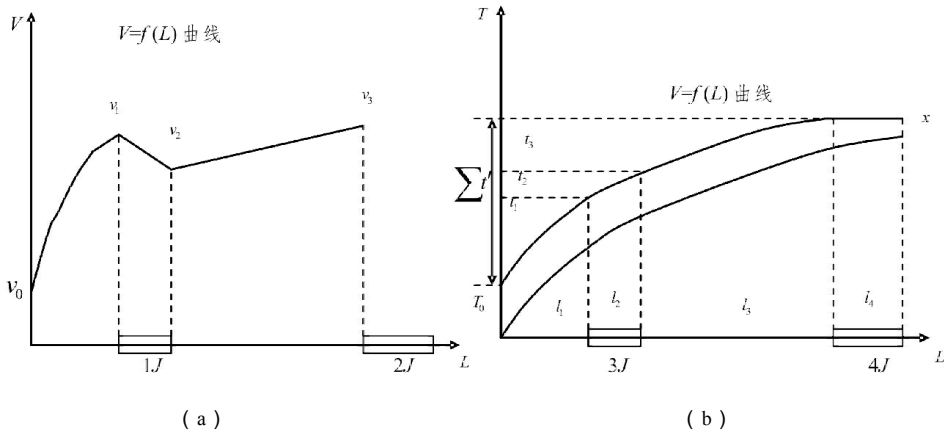


图 12.4 间隔调速原理

点式或点连式系统中的第一调速部位 $1J$ 承担间隔调速任务。由图 12.4 可知，前行钩车由峰顶溜下，直至离开 $2J$ 减速器的出口端点，所用的溜行时间为 $\sum t$ 。当前行钩车由峰顶开始溜下后，经过峰顶时间间隔 T_0 ，后行钩车也开始溜下，溜行到 $2J$ 减速器的进口端点，花费的时间为 $\sum t'$ ，此时前行车已经离开 $2J$ ，并且改变了 $2J$ 减速器的动作，设动作时间为 x ，为了有足够的间隔，关键是第一部位 $1J$ 要对后行钩车进行调速，图 12.4 (a) 为后行钩车的速度—距离曲线， $1J$ 将后行钩车的速度由 v_1 降到 v_2 ，相应将其溜行时间延长为 $\sum t'$ ，如图 12.4 (b)。在 $2J$ 减速器上间隔时间可表达为：

$$\sum t' + T_0 \geq \sum t + x$$

$$\sum t' = t_1 + t_2 + t_3 = t_1 + \frac{2l_2}{v_1 + v_2} + \frac{2l_3}{v_2 + \sqrt{v_2^2 + 2al_3}}$$

设
$$\sum t + x - T_0 - t_1 = k$$

则有
$$\frac{2l_2}{v_1 + v_2} + \frac{2l_3}{v_2 + \sqrt{v_2^2 + 2al_3}} = k$$

式中 v_1, v_2 — 后行钩车在 $1J$ 的进口速度和出口速度，m/s；

l_2 — 1J 长度，m；

l_3 — 1J 与 2J 之间的距离，m；

t_1 — 后行钩车从峰顶到 1J 进口处的溜行时间，s；

t_2, t_3 — 后行钩车在 1J 范围内、在 1J 和 2J 之间的溜行时间；

x — 为 2J 减速器改变动作的时间，包括制动时间和缓解时间，s；

a — 加速度， $a = g'(i_3 - w_3)10^{-3}$ ， m/s^2 ；

i_3 — l_3 范围内的折算坡度，‰；

w_3 — l_3 范围内的钩车总阻力，kN/N；

g' — 考虑转动惯量在内的钩车重力加速度， m/s^2 。

该方程式经整理后可得间隔调速模型的一般形式为：

$$v_2^3 + Av_2^2 + Bv_2 + C = 0$$

式中

$$A = 2v_1 + \frac{ak}{2} - \frac{2l_2 + l_3}{k}$$

$$B = \left[v_1 + ak - \frac{2(l_2 + l_3)}{k} \right] v_1 - 2al_2$$

$$C = \left(\frac{ak}{2} - \frac{l_3}{k} \right) v_1^2 - 2al_2v_1 + \frac{2al_2^2}{k}, \quad a = g'(i_3 - w_3)$$

2. 目的调速

对溜行车辆准确调速，使它以合适的末速度接近停留车辆，实现安全连挂，这种调速作用叫作目的调速或目的制动。其工作原理如图 12.5 所示。

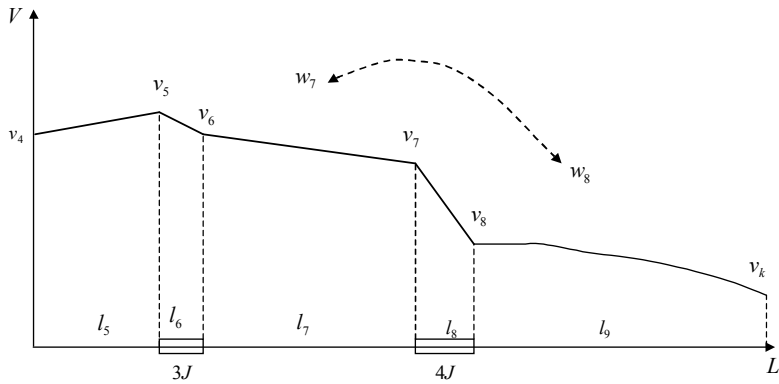


图 12.5 目的调速原理

点式或点连式系统中第三调速部位 3J 或第四调速部位 4J 承担目的调速任务。如图 12.5 所示，如果钩车溜行距离足够远，可先在 3J 减速器上将速度由 v_5 降到 v_6 ，然后自由溜放以速度 v_7 进入 4J，根据钩车目的地的远近、钩车走行性能和线路的坡道等因素，计算机确定钩车离开 4J 减速器的出口速度 v_8 ，并控制 4J 对钩车的调速，由 v_7 降到 v_8 ，钩车以它作为下一程自由溜放的初速度，溜到目的地以允许速度与停留车安全连挂。目的调速运动方程式为：

$$v_8 = \sqrt{v_k^2 - 2al_9} = \sqrt{v_k^2 - 2g'(i_9 - w_9)l_9 \cdot 10^{-3}}$$

式中 v_8 — 4J 出口速度，m/s；

v_k — 车辆允许连挂速度，我国规定为 1.4 m/s；

l_9 — 由 4J 出口端点至调车线上停留车辆间的空闲线路长度；

a — 加速度 (m/s^2)， $a = g'(i_9 - w_9) \cdot 10^{-3}$ ；

i_9 — l_9 范围内的折算坡度，‰；

w_9 — l_9 范围内的钩车总阻力，kN/N，根据实际测量并通过回归计算 $w_9 = aw_7 + b$ ；

g' — 考虑转动惯量在内的钩车重力加速度， m/s^2 。

12.2.2.2 货车溜放速度控制的制式

货车控制主要是对货车溜放速度的控制，各国铁路根据不同的车辆性能、气象条件、驼峰线路和作业特征以及科技发展水平，采用不同的调速手段和方法，货车溜放速度控制大体可分为以下三种制式。

1. 点式控制

点式调速就是调整钩车在减速器的出口端点的速度，使得钩车以合适的速度离开减速器，以满足溜放间隔或安全连挂的要求。调车员向计算机输入钩车和外界环境的信息和参数，由过程控制计算机按调速模型实时计算确定合适的出口速度。在自动化驼峰上装备了获取各种信息和参数的检测装置和传感器。在峰顶附近的溜放坡上设置测重器，用检查车辆每条轴重的方式测出钩车的平均重量。对非重力式减速器，确定制动等级必须考虑钩车的重量；道岔轨道电路、减速器轨道电路和计轴器，除判断钩车的占用或出清外，还可以传递钩车的移动信息；在减速器前面设电磁踏板测阻器，以测定钩车走行性能（阻力）；在调车场的每条线路上，设置音频轨道电路测距器（测长器），利用音频轨道电路短路阻抗与轨道电路长度呈线性关系的原理，测定调车线空闲部分的长度，此外，在减速器前后应用多普勒雷达检测车辆通过减速器的实际速度。所有这些被检测到的信息相参数，都通过专用接口通道传送到过程控制计算机。

2. 连续式控制

连续式调速系统在整个驼峰的溜放部分和调车线上，安装大量的液压减速顶对钩车进行调速，是全减速顶调速方式，简称全顶式。驼峰线路连续下坡使钩车加速，减速顶则使钩车减速，将驼峰纵断面设计与减速顶分布两者有机地结合起来，使钩车在离开峰顶后，经历加

速—等速—减速全过程，并在溜行过程中与相邻钩车间保持足够的间隔，最终与停留车安全连挂。从单个减速顶看，对钩车仍是点式调速，但由于布顶甚密，钩车在相邻两个减速顶间速度变化不大，因此，从总体上看是对钩车进行连续调速。连续式调速系统应用于目的调速，特别是对单个车辆和小钩车在解体车列中占较大比重时的安全连挂效果甚好。连续式调速工具又可分为两类：一类为顶式调速工具，包括各种类型的减速顶、加速顶和加减速顶等；另一类为小车式调速工具，包括绳索牵引加速小车或减速小车、直线电机加减速小车以及往复绳索牵引加减速小车等。

3. 点连式控制

点连式调速系统是将减速器的点式调速和减速顶的连续式调速两种方式结合起来的系统，在驼峰溜放部分和调车线的始端安装减速器，进行间隔调速和一定距离的目的调速，在调车场线路内，安装大量减速顶，继续进行目的调速，微调连挂速度。我国铁路编组站钩车连挂允许速度低、钩车阻力离散度大、调车线有效长度长、改编车流强度大，因此采用单纯的点式调速，车辆连挂率低；采用单纯的连续式调速，峰顶推送速度低，都不能满足作业要求。将点式和连续式两种调速方式结合起来，可以做到扬长避短、优势互补，实现满意的调车作业效果，因此在我国获得了充分的发展，现已成为我国典型的驼峰车辆溜放速度控制方式。

12.2.2.3 微机可控顶驼峰自动调速系统

1. 系统组成

微机可控顶驼峰自动调速系统由计算机控制系统、可控减速顶、普通减速顶等部分组成。

其基本控制设备有：手动控制台、控制机柜、监测机、测速踏板、测重传感器、轨道电路、两路电源自动切换装置、不停电电源（UPS）、传输电缆、可控顶执行电源。

手动控制台提供了手动直接控制调速设备的操纵台，是室内外信息交换的场所，是自动控制调速设备执行过程的显示台。

控制机柜在结构上从上到下分为三层：第一层为测重机，第二层为控制机，第三层为电源层。测重机负责采集轴重信息进行平均，然后和分钩信息一起发送给控制机；控制机负责采集车辆速度，根据车辆的速度、重量和走行情况进行控制处理；供电电源采用专用的微机电源，具有较高的抗干扰能力。

监测机接收来自控制机的车辆辆数、速度、重量等级等数据，记录在硬盘上，同时以一定的格式显示出来，操作人员可以通过它监视车辆作业情况。

测速踏板是在车轮通过踏板时，引起一次电路闭合（或断开），从而产生一个电脉冲传输给计算机。每个测速点上装有一对踏板，用以测速、计轴。

测重头在车轮通过时产生一个电压并经前置电路处理后送到测重处理机。

轨道电路可判断车组走行和停留位置，并可提供股道存车情况、变速出口控制等信息。

两路电源自动切换装置输入端接有两路三相 380 V 电源，当其中一路断电时，另一路自动切换，从而保证整个系统正常供电。

不停电电源（UPS）平时起稳定电压作用，当电源断电时，利用内部蓄电池储存的电能释放 220 V 交流电提供给控制机柜。

传输电缆用于传输测重、测速、轨道电路、控制命令等信息。

可控顶执行电源作为可控顶电磁阀的电源，通过它对可控顶电磁阀的控制使可控顶完成对溜放车辆的调速作用。

2. 系统工作原理

微机可控顶驼峰自动调速系统首先将测重和测速传感器得到的车辆信息传递给计算机，通过系统软件的判断与计算，指令可控顶的电磁阀给电或断电（即命令可控顶工作或不工作），达到对溜放车辆速度进行实时控制，实现对溜放车辆的自动化调速。系统用布置在道岔区成组的可控顶来调整钩车间隔，用第三部位可控顶群实现减速和目的制动，并配合后面的打靶区实现三部位的变速出口，在打靶区的第四部位采用普通减速顶进行目的制动。

3. 系统功能

微机可控顶驼峰自动调速系统采用模糊控制的方法，它具有以下功能：

（1）溜放间隔速度控制。溜放间隔调整的重点是空车，对空车和载重量少的轻车进行适当控制，以求空重车基本能以相同的速度过岔，达到等间隔控制的目的。

（2）变速出口（打靶）控制。在第三部位顶群出口处设一段打靶区，根据股道内停留车位置、钩车速度以及钩车自身状态等因素，确定钩车出口速度（9 km/h，7 km/h 或 5 km/h），力求使钩车溜放得最远，同时保证钩车实现安全连挂。

（3）“让头拦尾”控制。对大组车，特别是大组空车采取“让头拦尾”控制，使其尽快通过道岔区，提高推峰速度和减少追钩的可能性。

（4）机车下峰作业控制。在机车下峰时系统能命令溜放道岔区全部可控顶一律处于吸下状态，提高机车上下峰走行速度，并减少轮缘磨耗。

(5) 对传感器的监测与故障处理。测重传感器出故障时，能在手动控制台和调速控制机的面板上给出故障表示信息，并同时把故障信息传递给控制处理机。

(6) 分钩处理功能。测重处理机能给出分钩时刻、分钩后溜入钩车的平均重量等级和辆数，并把此信息提供给控制机处理。

(7) 对工作单元定时初始化。为了提高系统的可靠性，在测重处理机主程序内安置了一个停轮处理模块，一旦峰上停轮，该模块即对初始化程序中的某段程序进行初始化，设置必要的参数，清除有关的工作单元等，使整个系统能够昼夜不停地安全运转。

12.2.3 货车溜放进路控制

驼峰溜放进路控制指根据 YIS 自动输入的解体作业计划，逐一控制有关分路道岔动作，自动选排溜放进路并开通，实现将钩车安全地输送到相应的调车线。本节将以 TXJK 型驼峰信号溜放进路自动控制系统为例对货车溜放进路控制作一个简要介绍。

1. 驼峰溜放进路自动控制系统的基本原理

随着微机自动控制溜放进路设备的不断完善，溜放进路自动控制系统已得到广泛应用，它的基本原理是对每一车组编制一个进路控制命令——进路代码，并将进路代码按车组溜放顺序自动输入到系统的储存器中，在系统中同时设有进路代码的传递网络。溜放开始后，进路代码在轨道电路的作用下顺序地从储存器中输出，并沿与车组进路相对应的传递网络传送，当进路代码到达网络中与道岔相对应的节点时，就对道岔控制电路进行控制，使道岔转到进路所需要的位置，实行自动控制的目的。

2. TXJK 驼峰信号溜放进路自动控制系统

(1) 系统结构。TXJK 驼峰信号溜放进路自动控制系统由控制机、值班员作业机、电务维护终端机三大部分组成，如图 12.6 所示。

系统控制机选用可编程控制器 (PLC) 作为处理单元。硬件为标准化、模块化单元结构，全部输入、输出信息均有状态表示灯表示。

值班员作业机选用工控机，配有含触摸屏的大屏幕显示器。驼峰作业显示在大屏幕显示器上，值班员可以操作鼠标来发出控制命令，也可用手指或光笔直接触摸大屏幕上的相应按钮。值班员作业机与调车作业单传输系统联机可获取作业计划，作业单存放于存储库内，值班员可以对作业计划进行修改。

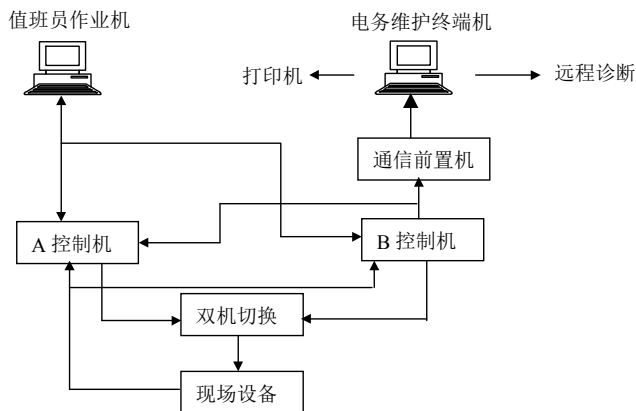


图 12.6 货车溜放进路控制系统结构框图

电务终端对系统主机及值班员作业机的工作情况进行实时数据记录。电务终端采用 586 工控机，同时配有打印机、调制解调器等外部设备。电务终端与控制机之间独立完成信息交换，且不参与控制。

(2) 系统功能。TXJK 驼峰信号溜放进路自动控制系统主要具备以下功能：完成溜放追踪处理并记录车组溜放实绩；机车上下峰进路处理；“追钩”判断与处理；错摘钩记录并

报警；道岔单独操作和封锁的记录与处理；动态故障—安全选路；道岔动作状态监测和故障报警及发生道岔恢复时的处理；对基础设备微机系统进行监测并在发生故障时及时报警等。