

揭秘：动车信号系统该如何工作？

根据《铁路客运专线技术管理办法（试行）》（200~250km/h 部分），动车的信号系统主要包括计算机联锁系统、列车运行控制系统、调度集中系统和信号集中监测系统。

在这其中，调度集中系统（CTC）负责列车运行监视、车次号追踪、列车运行计划调整和临时限速设置等功能，相当于铁路的指挥中枢。列车运行控制系统（CTCS）则是监控列车安全运行的控制系统，包括列车自动监控系统（ATS）、列车自动防护子系统（ATP）、列车自动运行系统（ATO）三个部分。信号集中监测系统像是一只独立的眼睛，全程监控以上信号系统发生的所有过程。

按照中国动车系统具备的“自动闭塞系统”，每两个车站之间的区间线路，会被划分成若干个小区段，每个区段大约 1 公里长，任何两列列车之间都必须保持间隔一个以上区段的距离，当某列车行驶的前方区段有其他列车时，该列车就必须自动停车等候。这套系统的运作有赖于动车信号系统的正常。

动车的信号系统又是如何运作的呢？根据辉煌科技的招股说明书，我们梳理了动车信号体系的运作原理。

铁轨本身是导体，一个低压电源输出端分别连接在铁轨两根并行轨道上时，轨道之间就会产生电压。如果该区段内有车，金属导体的车轮就会在车轮区域内的轨道短路，使得该区段原本产生的电压为零。根据这个原理，监控部门就可以通过对每一个区段的电路检测来保障行车安全。即如果特定区段轨道电压为零，则发出区段占用信息，限制后面的列车行驶速度。

但轨道电路容易受到气候环境等外部条件的影响。比如在冬季北方的下雪天及南方下冻雨的时节，铁轨上会被冰雪覆盖，冰雪层会阻隔铁轨和列车车轮的直接接触，也就无法形成短路，不会发出应该发出的列车占用信号。此外，铁道轨道表面生锈、风沙覆盖等也有可能导致发生上述状况。因此，还有一套计轴系统能够解决这个问题。

计轴系统的原理是在铁路某一区段的入口和出口处设立监测点，来监测计算进入本区段列车的车轮数量和离开本区段列车的车轮数量，若进出的车轮数量一致，就说明途径该区段的列车已经完全离开，区段将处于空闲状态，下一列列车

可以进入该区段；若进出的车轮数量不一致，则说明列车还在本区段内，区间处于占用状态，下一列列车暂不能进入该区段。

通过上述的区段电压检测以及计轴系统，将会控制列车行驶过程中每个区段入口处的信号机，根据实际区段占用情况来确定红、黄、绿灯。通常有“红灯”、“黄灯”、“绿黄灯”和“绿灯”四种表示状态。红灯表示列车要停车，黄灯表示要慢行，绿黄灯表示要中速行驶，绿灯则表示列车可以按照最高等级的限制速度行驶。

同时，调度中心的监控台上也会显示区段占用、道岔位置和信号灯显示状态等信息，车站值班人员结合运行图和调度计划，通过控制台向联锁系统发出指令，联锁系统判断是否具备安全条件，发出控制指令，编排列车将要行驶的路径，同时将沿途的信号灯设置为绿灯，为列车开放线路，列车按照地面的信号指示沿着指定的线路行驶。

这里要注意，联锁系统是通过实际信息的采集，由计算机系统来判断安全防护条件是否满足，以及确定是否执行为列车开放某一条线路的指令。如果计算机系统通过检测分析判断发现线路中有某个区段被占用或计划开放的线路与已经开放的线路有发生冲突的危险，不满足开放线路的安全条件，那么计算机联锁系统将拒绝执行值班人员的命令，不开放新的线路。

但是在列车运行过程中，实际发生的状况往往会产生变化，这时所有的实际运行信息，都会被集中到列车调度指挥系统（TDCS）中，TDCS会将原有的列车运行图与实际的列车运行状况进行比较分析，然后自动生成新的临时列车运行计划，并将新的运行计划经确认后自动下达到相关的各个车站和客货列车，逐步恢复铁路运输的正常秩序。

如果向联锁系统发出指令的车站值班人员因故无法工作，车站的调度系统仍然能够自动化运行。这就要依靠分散自律调度集中系统（CTC）。分散自律调度集中系统相当于TDCS的一个分机，除了涵盖列车调度指挥系统的全部行车调度指挥功能外，还设立了一套计算机子系统，该子系统根据分散自律调度集中系统自动形成下达的运行图和本车站各个轨道区段的具体空闲占用情况，能够自行安排列车进站停车、列车发车和列车通过的作业，能够实现车站的无人干预和无人值守。

如果说轨道电路检测、道岔口、信号灯等都是系统收集外界信息的触手，TDCS和CTC相当于接收所有信息后进行处理指挥整个系统的大脑，铁路信号微机监测系统则是一只独立的眼睛，全程监控以上信号系统发生的所有过程。

铁路信号微机监测系统将采集反映轨道电路工作状况的轨道电压、反映道岔转辙机工作状况的道岔动作电流、反映道岔是否被推到指定位置的道岔缺口、控制台上各种显示单元的状态等等一系列参数；若发现参数超出正常范围时，就会向监测中心发出报警信息，管理部门可立即派技术人员处理故障，以预防事故的发生。

另外，铁路信号微机监测系统还记录车站值班人员全天对控制台的操作过程，以便管理部门事后可以核查值班人员是否有违反操作程序规定的行为，对车站值班人员进行监督。铁路信号微机监测系统所采集的所有数据，都做处理分析，分类存储。铁路信号微机监测系统因此被称为电务系统的“黑匣子”。