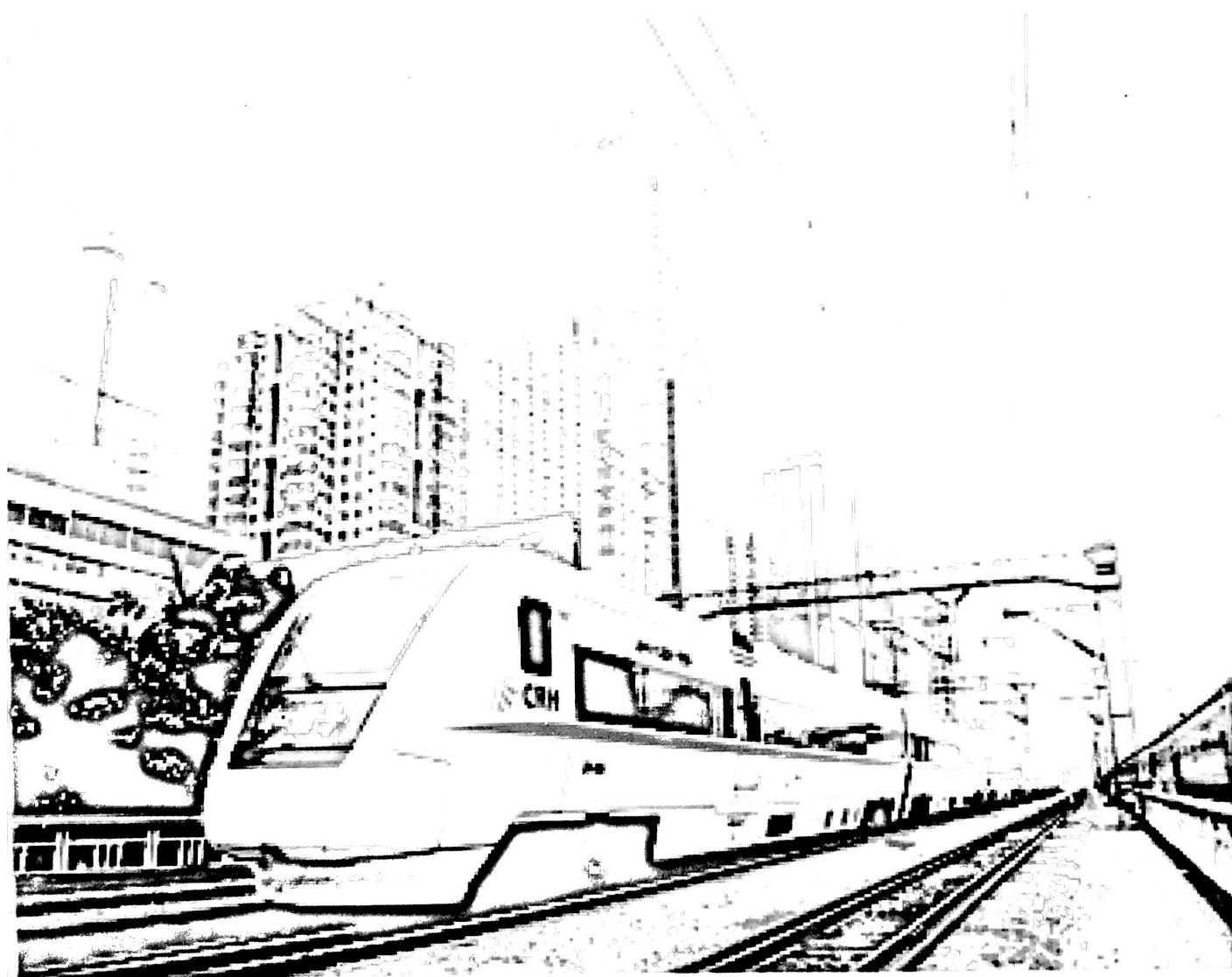


动车制动

认识 了解



动车业余爱好

自述

对机车感兴趣是从小在广北机务段（现广州机务段）长大，母亲经常让我给因机车洗炉（轮检）未能回家吃饭的父亲送饭，我很乐意，提着民国二十五年的腰形饭盒到段内今旧中检库（原蒸汽机车洗修库）送饭。因为父亲是 KD7 型 538 号机车司机长（这是一台美国货蒸汽机车），我可以爬上去看一看，有时还可以坐着机车到三角线转头，过一过坐机车瘾。在那个年代广北机务段除了火车头及汽笛声外，到处可见像山一样的大煤堆，一堆一堆的存放。父亲退休了，我顶职入路，也干上机车乘务员。当时那个年代，中国铁路发展较为缓慢，要想当上火车司机必须由学员、司炉、副司机干起，没有十年八年经历想考司机连门都没有。我这一干蒸汽机车干了快十年，内燃机车用了二十年有多，与电力机车接触没有几年也就轮到我退休了。时光如今日高铁发展一样那么飞快，人生这四十年工作期转眼间就过去了（司机定 55 岁退休）。

今天中国铁路建设特别是高铁线路，几年间全国各地，连祖国宝岛上都跑高铁，而且速度越来越快。让我心中十分高兴，让我也非常羡慕今天的火车司机那股神气劲（动车司机）。我曾有段时期参加部准高速试车工作，在京接触不少部大厂机车专业人士，也听了许多关于未来（今天）的高铁一些机车，动车知识。今天我已告老还乡，卸甲归田，已不能再为铁路机车事业出什么力了，对于机车的兴趣，蒸汽、内燃、电力机车结构与原理虽略知一二，动车说是基本原理一样，但其结构随今日工业、电子发展，必定与以前机型原理结构不同，由于已退休还乡只得站在远处，看高铁动车，做一个业余爱好者。

为了解动车结构，为过动车之瘾，我只得向曾经与我打过班的伙计借一些有关动车专业书籍，并和他们交谈咨询，从交谈之中可以得到很多从书本上得不到的知识，真是如古人所言，听君一席话，胜读十年书；为学习与了解动车给我带来极大的帮助和启发。我通过学习结合自己以往工作中的知识，把个人所学理解的看法说出来，一是为了丰富个人生活，满足对动车知识的兴趣。二是请诸位相处过的伙计帮忙看一看有什么不对错误之处，请直言相告，也好让我这个老徒弟知道那里理解错误，以免老头在纸上过动车瘾，犯错误。今时不同往日，往日是我陪你们在机车上玩，今天是你们运用动车知识逗我玩，让我享受兴趣带来的快感。

动车业余爱好者

曾准高速试车司机

张忠英

2011 年春节

制动机回顾

直通式空气制动机是 1869 年，美国的乔治·韦斯汀豪斯（George. Westinghouse）从空气钻岩机得到启发，发明了用空气操控并以压力空气为动力来源的制动机——直通空气制动机。从此结束了铁路车辆制动机依靠人力制动的历史。

直通制动机是采用增压制动，减压缓解，结构简单容易造成制动、缓解不一致，易造成列车冲动或断钩。最大致命弱点是运行途中车辆脱钩时，脱钩车辆将无法制动停车。1872 年乔治·韦斯汀豪斯（George. Westinghouse）又发明了自动空气制动机，制造出第一个三通阀，克服了直通空气制动机的缺陷，使铁路车辆制动走上了一个相当长的使用阶段。（中国约 1970~1972 年间才刚有少量 103、104 分配阀出现，三通阀这时已经有了一百年的历史）

随着铁路机车车辆不断的更新发展，列车速度一次次的提速，制动机也从二压式发展到三压式及二、三式混合制动机的出现。在我国铁路上，使用较多的是 JZ-7 型、DK-1 型制动机为代表，随着我国铁路一次次的大提速，又引入 CCB-II 微机控制的制动机装在和谐、内燃、电力机车上。随着全国东南西北中的高铁开通运营，和谐动车组的制动机又把我们带回 1896 年的直通制动机。但是在这个计算机信息化网络的时代，他们已与最先进的电子技术相结合，计算机的运算方式，让机车、动车制动机走上一个使用、安全更可靠的新时代。

自动空气制动机，我个人认为，为了更好的理解，说明及易记，我称为间接式车辆制动机。

蒸汽机车和早期内燃、电力机车，均使用 ET-6 型及 EL-14 改进型空气制动机。当他们双机或多机重联时，都必须联接制动风管统一由本务机使用自动制动阀对制动管充风缓解，排风制动使各台机车统一制动，统一缓解，这就是间接制动。蒸汽机车与煤水车合为一台机车，由于机车与煤水车联接是用二根大牵引杆固定连接，不存在脱钩，所以煤水车采用的是直通制动。后期生产的内燃、电力机车，在设计上是双机牵引或多机牵引时，通过重联装置，各机车平均管的连接，本务机车使用单独制动阀制动与缓解时，其它机车也同样可以得到制动与缓解。这就是增压制动，减压缓解，并可以反复阶段缓解及制动，这就是直通制动，这就是最早的不坐乘客的动车组。

各种型号制动机，都有各自的控制方式，只是结构与工艺不同，但制动理论及制动结果都是一样的。让我们熟记这些制动部件及作用，才可以一步一步演变成今天动车组制动系统上。

ET-6、EL-14 型改进制动机

主要制动控制部件，大闸、分配阀（均衡部）、小闸、分配阀（作用部）等组成。

这种制动机大闸、小闸均是以人为排风，人为保压操纵方式，具有减压同时出现回风现象，充风慢，易发生过量供给现象，80年代初已被淘汰。小闸与分配阀（作用部）的使用是直通制动。大闸与分配阀（均衡部，作用部）同时使用为间接制动。

DK-1 型电空制动机

主要组成空气控制部，小闸、分配阀（作用部）、大闸（电气组合开关）、中继阀、分配阀（均衡部、作用部）及各种电磁阀组成。

这种制动机与 ET-6、EL-14 型制动机大闸、小闸一样制动方式，均是以人为制动，人为保压方式操纵，并且可以将小闸代替大闸故障时使用（纯空气制动）。小闸与分配阀（作用部）同时使用是直通制动。大闸（电器组合开关）与电磁阀配合，中继阀、分配阀（均衡部、作用部）组合时则为间接制动。DK-1 型制动机是以电控制风压，所以在解决电空控制上较为方便，在相应的导线及电磁阀上，引出同样五条电空制动线到后部车辆相应位置，便可起到全列车电空制动的效果。

在我国电空制动的概念中，无论 JZ-7、DK-1 型制动机，均以空气与电二条控制方式。电的速度快于空气，所以每一次制动，则电控优先，空气随后。电空动作一致反应灵敏，可以以某形式加以信息反馈、性能可靠的一种控制方式。

JZ-7 型制动机

主要制动控制部件、自动制动阀、中继阀、分配阀、单独制动阀、作用阀等组成。

此制动机是一种固定减压自动保压形式的制动机。单独制动阀与作用阀的使用，就是直通制动。自动制动阀与中继阀、分配阀、作用阀配合使用，这就是间接制动。

东风 11 型机车的电空制动是与 JZ-7 型制动机配套使用, 其中有一个空电转换阀, 是利用均衡风缸压力的增压、减压变化, 将空气压力变为电信号经车辆电空制动线传送, 把电信号送到每一车辆相应处所产生电空制动。中国现在所有客车厢包括干线客运机车东风 11、韶 8、韶 9 机车(东风 4 机车除外) 均有此电空插座, 缓解、制动、中立、紧急、公用的五芯电空制动插座。不知何种原因一直未在全国客车上开始使用电空制动。机车、车辆电空制动曾在部试验基地做过 JZ-7 制动机电空制动运行试验。制动、缓解效果很好, 制动距离也比空气要短。

曾在东风 9 二号车上出现使用过二压力控制式作用阀。当速度在 120km 以下运行使用紧急制动时, 机车闸力 450kpa。当速度高于 120km 时, 微机会给一电磁阀得电, 将预先调定的压力空气送入作用阀下模板, 使闸力上升至 550kpa, 以加强机车高速时制动力, 当速度低于 120km 以下时, 微机会让电磁阀失电, 排出下模板压力空气, 保持原 450kpa 压力停车。这是一个二块模板, 二种压力控制的作用阀, 不知何时已消失于世。提这一段往事, 似乎有点过远, 但其目的是让大家有一个感性认识。我国也曾有过电空制动及二压控制作用阀。这就是今天动车的简单制动方式。我们后面慢慢对照来认识及了解动车制动。(电空制动、二压控制作用阀 1992 年以后问世)

CCB—II 空气电控制动机

具有微机处理器和信息网络电器制动系统、逻辑控制、远程控制多机重联功能最新的制动机。我国现在生产的和谐内燃、电力机车上已全部采用此制动机。

主要制动部件是由计算机等高科技电子产品以及 7 个制动模块组成。单独制动阀经计算机(正常时) 20CP 及 BCCP 模块组成直通制动。电子制动阀 EBV 经计算机(正常) ERCP、BPCP、BCCP, 或回送时(备份) DBTV 组成间接制动, 而且可以通过平均管联接, 使多台机车重联运行由本务机车使用单独制动阀制动与缓解、阶段制动缓解, 基本达到动车组的制动方式。

以上是回顾一下我们曾使用过的各种制动机的主要控制关系, 让大家区分一下直通制动与间接制动在机车上的互相关系。

动车组的组成

动车组以 8 辆车为一组, 一般采用四动四拖, 广深 CRH-1 是五动三拖。

动车实际是 4 辆车等于动力集中的一台机车，8 辆车一组动车也就相当于二台重联设置牵引的机车，这样 8 辆车组成与我们传统客车、货车是一样。他可以在 8 辆车中设计装备一切所需要的机车设备及配件，而且车辆多，轴数多，不像机车受轴数及自重，长度的限制。在相同大的牵引功率下，机车 6 轴 138 吨 21 米长，轴重 23 吨，动车 4 辆，16 轴 102.5 米 170 吨，轴重 14—16 吨。动车组实际就是把一台机车分成 4 辆车厢组装，车辆下部装有机车所需设备，上部按客车厢布局用来装载旅客，车辆与车辆间采用密接式车钩。在制动方面，用机车的一句话说，每一车辆装一个作用阀，由头车司机控制电子制动阀，电子制动阀再控制计算机，采用计算机统一控制 8 辆车的作用电磁阀，再由电磁阀控制各车的作用阀制动与缓解动作一致。什么叫电空制动，实际上电空制动是用电去控制制动风阀的制动与缓解作用。因为很多个制动风阀以往使用风速让其动作必有先后之差，使用电去控制多个制动风阀可以避免前后制动间的差别，可以做到制动、缓解动作统一，因为电比风的速度要快得多，时间差也就少一点，可忽略不计，这就是电空制动。至于电脑的加入，电脑是根据参考牵引列车的数据与速度，特别在信号各种等级降级的情况下，由计算机计算制动距离及制动量那又是另一种概念，这个与前者是有不同，前者为控制动作过程，后者是根据信号降级的关系，根据列车所有自身及运行的参数，通过电空制动来达到计算机算出的制动量（制动力）的实施有效制动距离内停车的安全防护作用。这就是动车的制动过程，也叫做电空式的直通制动机简单工作原理过程。

动车空气制动

动车组各车辆的制动控制装置，在以往车辆制动上称之为车辆三通阀或分配阀以及各种风缸。而在动车组则称为制动控制单元（简称 BCU 或叫制动控制器）。动车制动控制单元由 EB 电空转换阀，中继阀（作用阀）空重调整阀，紧急制动阀（电动）等所组成。并且车辆与车辆之间有二条风管连接，一条是总风管，一条是制动管。总风管是分配各车辆辅助用风及车辆直通制动用风。每辆车必须要有足够的空气来源及储备风量，随时供给制动单元 BCU 的连续使用。而且风源（空压机也是采用小功率约 12KW 一台共有三台）分布八辆车之中。保持全车组用风量平衡及稳定供给。

另一条是制动主管，是和我们传统制动机一样作用（间接制动），是为动车组主制动系统故障，而备用的空气制动保障系统，也是进出厂，回送、救援时必须保证制动机与现有机车制动机的通用性而设置。

有人说动车只有一条总风缸管贯通全动车前后端，实际并无列车管的存在，我们可以这样理解这一条总风缸管。

当列车自身有能力使空压机运转提供风源时，三台空压机经这条总风管向各车总风缸提供风源，供风动装置使用及平衡各车总风压力，并经逆止阀~~想~~制动风缸提供风源，以备各车辆制动时使用。

当动车自身无能力让空压机运转，不能向各车总风缸及制动风缸提供风源，此时可以借助本务机车与动车连挂后的列车管与动车总风管相连接，利用总风管贯通全动车前后端，并可直接向每辆动车总风缸及制动缸提供风源，以备各车风动部件及制动时提供风源。

这个工作原理与我们机车无火装置是一样的工作原理，利用列管的风源来向无动力打风的机车、动车提供风源的方法。只是压力是否与定压差少许，有待实际观察。JZ-7 闸总风缸 360kpa，CCB-II 闸 250kpa 总风缸压力，动车可能 450—480kpa？

当解决动车无动力时的风源问题后，动车应如何随本务机车一同制动与缓解，由本务机车单一操纵制动机。此事应有两种方法：一是利用动车上的电池启动计算机工作，根据管压高低由计算机计算后采用电控直通制动。如电池电压过低仍可在连挂拖动运行中，运用牵引电机发电向电池充电，确保计算机的正常运作及电控制动的可靠工作。二是利用动车上已装有的分配阀，采用传统式的自动空气制动（间接车辆制动）来完成无动力

回送制动与缓解问题。

制动单元 BCU 的组成

制动控制阀-EP 阀

EP 阀可以直接说他就是我们传统制动机的单独制动阀（小闸）。以往单独制动阀制动的量与缓解是由司机掌握用手去控制，而今天动车是由司机用手去控制制动手柄，由手柄将信号传入计算机，计算机运算后再给 EP 阀的电磁阀送入不同的电流，电磁阀根据不同的电流而产生不同的磁力。此时用不同的磁力产生的力量去推动 EP 阀风动膜板产生空气压力来与电磁吸力产生平衡（抗衡），这就是所想要的由电产生磁吸力而转为控制空气压力的目的。不同的电流在电磁铁中会产生不同的吸力，而不同的吸力也可以变为压力空气的压强，这样转变的方式，是不是与传统单独制动阀控制一定风量（压力）去顶动作用阀膜板而产生的制动风量是一样的道理。所以说，EP 阀是与单独制动阀一样的作用，只是由电流控制 EP 阀所产生的电磁吸力大小，而转变为空气压力高低而已。

EP 阀结构与作用

EP 阀的结构可以说与 JZ-7 型制动机作用阀结构是一样的道理，只要你对 JZ-7 型制动机作用阀有了解，膜板下方是单独制动阀（作用管）或分配阀的控制压力（14 号管）去推动膜板上移，先关闭排风口，再顶开供给阀（制动位），总风进入腔内迅速分二路，一路到制动缸（12 号），一路经小孔到膜板上方，待压力平衡后，膜板弹簧伸张，关闭供给阀，但又未打开排风口，这就是制动后中立位。当膜板下方失去控制管风压时，（11 号、14 号管）主膜板下移，开放闸缸 12 号从排风口通大气（缓解位）。供风阀此时由于总风压力及弹簧作用仍紧闭阀口呈关闭状态。

这就是作用阀制动、中立、缓解三大作用过程。现在把作用阀控制压力 11 号、14 号管压力演变成电磁铁在不同电流下产生的吸力去推动膜板上移，膜板在电磁铁不同的吸力推动下上移动，使膜板上移的力量也有大小，这与空气推动的压力高低使膜板上移是一样的道理。此时便形成供风制动位，电磁铁产生的吸力在膜板一定的空气压力下，必然会平衡，当平衡时膜板下移靠弹簧复原形成中立位，当电磁铁电流继续增大，同样吸力也增大，膜板又被推动上移，又形成供给制动位，用司机的行话这叫追加制动力。待压力与电磁力平衡时，又形成中立位。一旦电磁铁完全无电流时，也就是不存在任何吸力而言，膜板在空气压力及弹簧作用下立即下移打开

排风口通大气。呈缓解状态。

EP 阀的作用就是把司机传统控制压力改变成司机给微机发送指令。微机将必须考虑加入的制动关系参数计算后转成电流输送给 EP 阀, EP 阀根据不同电流产生不同吸力来控制产生不同压力空气, 这就是把电能转变为压力空气能的一个演变阀, 所以被称之为 EP 电空转换阀。你说是不是这样演变过程。

制动控制阀——中继阀

在 JZ-7 型制动机中众所周知有作用阀, 但它的阀体铭牌上所标称为继动阀。这是一般人不知道的。为什么会这样称呼, 而不标作用阀呢, 因为他的确是一个继动阀, 由于单独制动阀 11 号管, 分配阀 14 号管所来的压力是不会变的, 而空气流量很小, 管径也小, 约 10-12mm。用这样的风量去快速满足制动缸的用风量及时间的需要, 是在短时间内无法完成的, 为了能得到满足风量及速度要求, 那就得用个阀来完成, 这个阀叫继动阀 (作用阀)。面对继动阀 (作用阀) 左侧总风缸 3 号右侧制动缸 12 号, 下方为直径 10-12mm 的小管, 是受 11 号、14 号管控制增压与减压。称之为压力控制管。这个阀就是我们生活中的放大镜。

中继阀的结构与作用

这个中继阀的概念与 JZ-7 型制动机中的中继阀含义是一样的, 同样起到放大流量作用。但是从结构上讲与作用阀 (继动阀) 是一样的结构。而且是前面所提到的东风 9 二号机车的二压力控制式作用阀一样的结构。这里再提醒你重阅一下 JZ-7 制动机作用阀的制动、中立、缓解三大过程, 这里就不重述。ZJ-7 型制动机作用阀可以在 3 秒之内让 12 个制动缸压力由 0kpa 升到 280kpa, 何况动车制动缸所需的空气流量没有机车的大。(东风 4 机车)

二压控制式中继阀 (作用阀) 由原来一块“上”字型模板的下方又增加一块模板, 呈“土”字型。上模板下方是一种压力控制, 下模板下方又是一种压力控制, 但下模板在上模板有压及无压力时均可直接推动上移的作用。我们可以以 JZ-7 制动机的分配阀主阀部二压式工作过程来理解这个中继阀 (作用阀) 他们很近似工作过程, 但仍有区别。

中继阀 (作用阀) 在车辆制动控制中是一个真正的制动执行者, 这与 JZ-7 型制动机中作用阀所担负的责任是一样的, 一旦作用阀因故障卡死模板不能上移或下移, 其导致的结果是要不无法制动停车、要不制动后无法

缓解，所以领导定下换室制动、提前单机试闸等安全措施。

动车采用了二压控制式中继阀（作用阀）就避免上述的情况发生。当二压控制式中继阀（作用阀）在正常时的制动、中立、缓解是由上膜板 EP 阀控制的常用制动负责担当。当计算机发现制动力不足或消失的情况下，遇有特殊紧急情况下，需要立即采取紧急制动这时计算机会发出指令，让一个电磁阀得电，将预先调整好的空气压力是绝对比正常制动时压力大得多的压力空气送入下模板推下模板上移，这就是紧急制动形成的方式。这与前面所提到东风 9 二号车作用阀二压控制式是一样的道理。总结动车常用制动与紧急制动的产生由中继阀负责，而常用制动及紧急制动又是由中继阀（作用阀）上下二块膜板分担去共同完成各自制动任务。

紧急制动电磁阀 UVR

动车组由于采用直通制动，他与传统制动机的紧急制动有所区别。以往制动机的紧急电磁阀是采用失电关闭，得电排风的方式控制列车管内的压力空气排出大气来达到紧急制动目的，这是间接制动机的紧急制动控制方式。（现在也有间接制动机的紧急制动方式，改为失电放风为紧急制动状态）。

动车组由于采用直通制动，他的紧急制动不是排风，而是进风。在正常情况下采用电磁阀是得电开通大气，失电时送入总风。用标准来说常闭 OFF（无电相通，有电排风），常开 ON（有电相通，失电排风）的三通电磁阀。

UVR 电磁阀结构与作用

UVR 电磁阀与调整阀装在一起，在 CRH2 动车组称为 B11 型压力调整阀是将制动风缸（总风缸）压力调整到预定的压力范围内为紧急制动而准备的。不同之处是待电磁阀失电开通时才调整风压进入阀件。这种调整阀结构与以往的调整阀也是弹簧与风压的关系。并自带排气阀与供气阀的调整阀。

当计算机接到司机以及其他一些监控数据、行车监控信号等种种预先设定紧急停车的数据信息输入计算机时，计算机立即将 UVR 电磁阀断电，电磁阀立即关闭排风口，迅速打开供给口，将制动风缸（总风缸）内压力空气经电磁阀到达 B11 调整阀，调整设定压力空气，送入中继阀下膜板下方推膜板上移，打开供给阀，让总风进入制动缸达到紧急制动的目的。当 UVR 得电时，关闭进风口，开放排风口，使中继阀下膜板下方通大气，呈缓

解状态。

空重车调整阀

早在我国货车车辆制动系统中就存在着空重档位，这实际就是一个塞门装于闸缸管路上，并连有一个风缸，当空车时把塞门打开（空车档）是为了让制动缸制动时一部分空气分流到风缸内，使闸缸制动压力分流到风缸使容积变大，压力降低使车辆空车时制动力减弱。当打到重车档时，关闭塞门切除风缸，三通阀、分配阀制动时输出压力空气没有被分流容积未被扩大，所以制动缸得到的制动压力就高，制动力就强。

在我国传统客车制动系统中，好像没有空重阀，即使有也不好掌握，因为旅客上下频繁，重车与空车也不太好掌握及区分。

当客车车厢结构从旁承，转向架中心盘改革为空气弹簧式旁承时，空、重车的区别有了新的发展。这时的客车车厢可以从乘客人数的多少，空气弹簧的压力相应变动，弹簧内气压也随之上升或下降。由此制定一个上中下三个值交计算机运算依据参数，可以区分重车与空车的载重关系，为制动时给计算机提供一个重要制动参数。

在行车制动方面，车辆的载重是空是重，对于牵引及制动都特别重要。在相同的速度下制动，重车与空车的区分与制动力有相当大关系。同样的速度，同样闸缸压力重车则制动力弱，空车则制动力较弱，所以空重调整阀将每一辆车的载重信息，反应给计算机进行统一制动调配做到制动前后一直，平稳制动行车。

CRH-2 制动系统原理图标空重调整阀是串接在风源管路上。也就是说常用制动及紧急制动时，EP 阀及 UVR 阀的压力空气来源必须经空重调阀而获得，这二个阀的控制压力的高低区别与空重调整阀有密切关系（重车压力高，空车压力低）。也就是说中继阀（作用阀）依据控制管的压力高低，来向制动缸送出的制动压力，制动缸压力高低具体反应出就是列车制动力的强弱关系。由于书上没有具体介绍，我是这么理解的。

双向阀的结构，大家就会想起，JZ-7 型制动机中的二个双向阀，其结构是中间一柱塞那边压力高就将压力低或无压力一头堵上，让其压力高一方与中间相通，这就是双向阀的简单及早期结构。这种双向阀结构简单，故障可能性较大，想必今天动车组不会选用这种双向阀来使用。

动车的资料并未介绍它使用什么结构双向阀，但我在 CCB-II 制动机资

料中看到一种较为复杂而可靠的结构双向阀，由于 CCB-II 制动机是近几年的产品，想必这种双向阀是否被动车使用或另有近似的产品那只有见到资料才能确定。

在这顺便简单介绍一下 CCB-II 制动机双向阀结构。克诺尔制动系统中变向阀（双向阀）是由一头大一头小的柱塞来控制两头入口即一个公用出口。当大头入口有空气进入时，则将柱塞推向小头，此时则开通大头入口与公用出口相通。当小头入口有压力空气进入时，空气进入大头与小头之间，推柱塞向大头处移动，使柱塞大小头中间沟通小头入口及公用出口相通。这就是克诺尔制动机双向阀，也是从剖面图纸理解的。

总风缸与制动风缸

总风缸与制动风缸的关系，如同东风 4 型及其他机型的二个总风缸一样。在车辆没有供风管时，机车二个总风缸是串联连接使用。由于近 10 年车辆更新已全面采用空气弹簧、塞拉门、集便器等大量风动装置由机车提供风源，所以机车二个总风缸间加装一个逆止阀，由第一总风缸负责向列车提供总风管的风源，第二总风缸为本机车使用包括制动及一切用风。为什么要这样呢？因为万一列车分离时，将列车管及总风缸供给管拉断，第一总风缸的风势必被排空，假如没有逆止阀，第二总风缸的风也同样被放完，因此造成机车无法制动用风，为了避免此事发生在二总风缸间加一个逆止阀确保分离时机车有足够的用风量保证制动停车。话说到这，动车组的总风缸及制动风缸，实际上就是二个总风缸的关系，只是称呼不同而已。因为这个总风缸与制动风缸之间也是加装一个逆止阀而已，在缸内存在的压力并未改变，以往制动机是缸内压力转变（降低）才更换风缸的名称。另外还有强行制动及强行缓解电磁阀，由于无具体资料介绍，可以理解成计算机得到信息反馈不能制动或不能缓解时，可直接让强行制动强行缓解电磁阀得电，直接送风进入制动缸或直接排放，制动缸内压力达到强行制动强行缓解的目的，这是假设 EP 阀，中继阀因机械阀内故障时不能制动或不能缓解时的假想应急办法由计算机完成。

东风 4 机车二台空压机 22KW 一台，总风缸容积 625 升/个共二个，动车组 8 辆三台 12KW/台的空压机，每辆车总风缸 150 升，制动风缸 100 升控制风缸 20 升。实为 250 升/辆车总风容积量。

电阻制动

电阻制动是我们从蒸汽机车转为内燃机车所在书本上认识到的东西，但在早期时候特别是我们南方没有什么特大的坡道线路，有很多内燃机车根本未装或已装电阻制动也未使用。一直到近些年来由于部要求以及电力机车的大量上马，电阻制动才慢慢被认识到，但实际工作运行中可能使用也较少，所以说在这一方面大家都没有什么真正的电阻制动实际操作体会及经验，也只能说书本上的东西。

电阻制动是利用电机的可逆性原理。电力机车在牵引工况运行时，牵引电动机做电动机运行，将电网电能转变为机械能，轴上输出牵引力矩以驱动列车运行；电力内燃机车在电制动时，列车的惯性带动牵引电机，此时牵引电动机做发电机运行，使列车动能转变为电能，输出制动电流的同时，在牵引电机轴上产生反向力矩，并作用于轮对，形成制动力，使列车减速或在下坡道时以一定的速度运行。（摘抄书中）

内燃机车在做牵引运行时，牵引工况将六个牵引电动机按运行方向由换向器变换方向后，此时六个牵引电动机为串励绕组由柴油机带动主发电机发电输出，供六个并联电机励磁，六个电动机得到励磁电流后电机开始转动并带动车行走。随着柴油机转速增高，主发电机功率也随转速增高使电动机功率也越来越高，达到运行需要及要求。当柴油机转速回到最低转速时，主发电机停止发电电动机没有励磁时，这时列车以前加速时期的速度或下坡所有的速度正在维持原速或正在加速运行。

此时司机如若想用电阻制动减速或保持速度时，就得先将工况换向器从牵引位打到制动位，在原有运行方向的前提下，将六个牵引电动机原来的串励绕组由制动换向器改为他励绕组，由主发电机向他励绕组供电，六个牵引电动机此时，变为六个发电机，由柴油机带动主发电机向六个发电机（电动机）励磁发电。柴油机转速越高主发电机励磁功率越高电流越大。列车在一定速度下，电阻制动功率也高，降速也有较大效果。

此时电动机在列车速度带动下转动，转子不停的切割主发电机为它提供的励磁电流而转变为磁场，电动机转子不断在磁场中运动，一方面产生阻力阻止车轮的转速增加，使其转速下降。另一方面所感应出的电流串接负载电阻，使电能变为热能在由二个电阻制动通风机为电阻吹风散热，把六个发电机（电动机）此时发出的电，用电阻消耗掉，并用通风机将热量吹走，用此方法来维持机车降速所产生的电功率，再由空气流动方式来消

耗热量。

电阻制动是由车轮带动电机运转，改变电机绕组接线，并给予一定输入电流，使电动机转变成发电机用电阻消耗电能空气流动冷却的方式来消耗发电机（电动机）的动能转电能。即动能变电能，电能变热能由空气消耗此功率，使电机转速下降达到电制动降速目的。

内燃机车电阻制动一般是直流牵引电机，列车速度越高，电动机（发电时）励磁电流最大，柴油机转速 12 位为最大励磁电流（因受牵引电机电压电流限制），此时电机转速越高，切割磁力线速度越快，制动力越强，电机转速越低，切割磁力线速度越慢，制动力越弱。所以我们没有经常使用电阻制动的司机在一时半时是使用不好的。

在使用电阻制动的同时，原来是不能使用紧急制动的。在常用制动时，机车制动也是联锁机车处于缓解状态，列车是可以制动的。因为在使用电阻制动期间，车轮有一股很大的反作用力，假如制动在有轮箍的轮对，此时机车制动动轮易抱松轮箍，即便现在是整体车轮，也极易造成车轮滑行而擦伤轮箍踏面。

电力机车虽不需提高柴油机转速带动发电机励磁，但也得提高手柄通过电器控制用电网电流为电动机励磁。我未用过电力机车及电阻制动，只用过内燃机车电阻制动。

在香港 KTT 列车进入广深线时，我就听说此车是采用再生制动，在制动时可以将制动电流反馈回电网。随着动车组大量上马，奔驰在广深线，它们每一次停车均是以电制动优先，这让我十分感兴趣，借了一些专业书来学习，也许理解错误，让你们笑话请多多谅解。

牵引电动机

直流电动机一般电制动时，只需将原电机串励绕组改为他励绕组便可以具备发电机的基本条件。加上电机有转速有他励电流时，电机即可发电。

在“交一直一交”的内燃、电力机车上，他们均采用交流发电机，交流电网，采用直流输出通过逆变器还原于可调频调压的交流供电方式，使交流电机工作。

交流牵引电动机（和谐内燃、电力、动车组）所采用的是三相异步（感应式）电动机。在我们的身边无处不能看见这种三相异步电动机在被我们工业、农业各行各业使用。包括在民用中所使用的是单相异步（感应式）电动机，一句话三相、单相异步电动机已为人类普遍广泛使用，为人类作出很大贡献，如今又在火车动车上起到进一步作用，主要是解决大功率、大电流的电力半导体开关电路。

由于过去电力半导体器件未得到发展，我国早期机车均采用直一直方式传动，如东风 1.2.3.型内燃机车。后来由于硅整流的出现，产生了交一直传动方式，东风 4 以后的东风系列产品。到后来的晶闸管可控硅的问世，因此电力机车采用晶闸管代替触头，芯片控制开关电路的脉动直流电。如韶 8.9 机型，以及以后韶三系列机型

大功率交直交传动系统性能的提高，与电力半导体器件的发展密切相关，电力半导体器件的特性决定了交流装置的性能、体积、重量、价格。

大功率交一直一交动车组，电力、内燃机车的出现，决定了半导体大功率器件以及变频器质量过关有着相当的重要关系。这些动车、机车均因有了变频器的产生，质量过关，选用三相交流异步（感应式）电动机。这种电动机的结构，工作原理均与我们工厂企业中使用的 380V 三相交流电动机是一样的结构。只是从工艺材质精确度电压频率有所区别而已，包括我们生活中用的 220V 单相电机。

交流电机的结构和工作原理，有很多相关的电机书籍已详细的介绍及说明，由于我们是工人，只从简单的原理、实际能说明问题的角度去谈，以达到基本用语简单，说明工作过程而以。

直流电机若想改变电机的旋转方向，只需通过换向器改变电机绕组里电流方向，即可改变电机磁场方向，使电机旋转方向改变。而交流电动机若想改变旋转方向，只需改变三相电中的任意两相即可改变电机磁场的旋

转方向，这就是交流电机的换向。

直流电机转子是有电流流经的，因为是串励电机。而交流电机的转子电流不是直接流经而成，是靠电机定子绕组的电流流经定子绕组产生磁场，这些磁场经电机的定子和转子的空气间隙感应给转子绕组而产生磁场，这个定子和转子产生的磁场是相对的产生一个相互推动的力，会使转子克服阻力而转动。照这样的说法，是先有电流产生定子磁场，后感应转子磁场，这才产生相互推动的力矩，当力矩大于电机阻力及负载阻力时，电机就转动了。

用书本中的关键技术名词称为同步转速与电机转速。同步转速实际是指电机得电后产生的定子与转子磁场相互推动的电磁力。电机转速就是电机转子克服自身阻力和外界阻力（列车阻力，线路坡道阻力）带动列车移动的实际转速。

三相异步电机的转速总是稍微低于同步转速，以便能形成相对运动，使气隙中的旋转磁场能够切割转子导体而在其中产生感应电流，才能够产生电磁转矩来拖动转子旋转。当电机转速与同步转速相同时，则气隙旋转磁场与转子导体之间没有相对运动，转子导体中就不会产生感应电势和电流，也不会产生电磁转矩，因此异步电机产生旋转的必要条件是磁场同步转速与电机转速不一致。把同步转速 n_1 和电机转速 n 的差值称为转差，转差与同步转速 n_1 的比值称为转差率，用 s 表示：
$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

转速率 S 是异步电机的一个基本变量，它可以表示异步电机的各种不同的运行状态。（摘抄书中）

根据上述书中所言，我个人认为同步转速与电机转速在一开始形成磁场运动，产生转矩输出时，两者之间有一个固定距离（转差）。当电机克服自身阻力，并带动列车移动不断加速时，这两者之间的距离（转差），越来越小，当速度（电机转速）接近或与同步转速相等时，这个距离是否也越来越小直到相等为零（转差）。此时由于电机转速与同步转速相等，转差为零，是不是定子与转子之间没有磁场产生对抗，也就没有牵引力（转矩）输出电机转速，如若没有外界加速度的帮助，如下坡，空转是不可能超越同步转速，哪怕转速再高也存在转差，只是电机负载变轻、转速增高、转差变小而已。用生活中骑自行车来比喻，用脚去踩自行车如同同步转速，只有同步转速的产生，才有车轮转速（电机转速）的存在。自行车的同步转速与车轮（电机转速）差，我想也就是齿轮比的关系。当车轮转速超过脚踩的速度时，再踩是等于空踩，对于后轮转速没有一点作用。不知是否

用这个生活例子可以简单说明同步转速一旦与电机转速相等时，转矩输出等于零。因为没有磁场在定子与转子间产生磁场推动力，因为转差为零，

说到这儿让我想起内燃机车直流牵引电机，当启动时，有电流，无电压，随速度起来电流下降电压上升，速度越高电流越低，电压越高，为了避免主发电机及牵引电机电压太高耐压不够，造成绝缘击穿，以及提高速度减少牵引电机磁通而采用的一、二级磁场削弱，即一、二级过度后，电压下降，增大电机电流，是机车速度提升上去。

从以上交流电动机理论来看以及个人生活中对电动机的接触交流电动机的启动电流一般是运行电流4—7倍。随着同步转速与电机转速的转差率越来越小，转矩力输出也小，调整使用的电机频率不断的变化，频率越高转速越高，频率越低转速越低的理论。是否代替了一、二级磁场削弱，以及电机的转速提升调整过程。直流电动机是经工况转换及转子换向器来将转子定子联通达到前后旋转、制动的工作转换过程。而交流电动机则由变频器大功率电子开关来完成前后旋转、制动等转换过程。也许这就是直流电机与交流电机的根本结构区别。

再生制动

直流牵引电动机从牵引工况转变为制动工况是靠工况换向器的转变来达到目的，而且得有外界励磁电流输入牵引电机才可以完成电阻制动。

交流电动机若从牵引工况转入电制动工况时，只需调整电机同步转速比电机转速慢时，牵引电动机便会转入制动状态，而且是无触点式转换，不像以往内燃、电力机车得依靠那么多触点复杂的转换电动机主电路过程。

采用交—直—交牵引变流器，可以十分方便地实现再生制动，而且牵引、再生两种工况转换平稳，连续无冲击，无须主电路转换，可以始终提供大制动力直至停车。当电机转速低于同步转速时，即为牵引工况(电动机运行)，电机转速高于同步转速时，即为制动工况(发电机运行)。只要控制逆变器的输出频率(即同步转速)，即可控制牵引与再生制动工况转速及牵引力或制动力的多少。(摘抄书中)

从以上所述，可以说简单描述，先有磁场(同步转速)，后有电机转动(电机转速)，这就是电动机。先有电机转动(电机转速)，后有磁场(同步转速)这就是发电机。

直流牵引电机的空转问题，是靠二个电机中间串联一个空转继电器，当二个电动机转速一样时，可以说没有电流流经空转继电器线圈，一旦发生空转时，一个电机转速高，一个电机转速低，此时反电势不平衡就会有电流流经空转继电器，线圈得电，触点闭合空转灯闪亮，司机发现立即回手柄减功率消除空转。电车是靠每轴测速电机的转速测得是否空转，假如测得有电机空转时，则由微机柜控制减机车功率来消除空转。为什么要减机车功率，因为牵引电动机一旦空转，如不减电机功率，转速会越来越快，无法停止。空转是因外界轨面清洁以及牵引力大于粘着力而造成的。

交流牵引电动机在空转问题上与直流牵引电动机就不一样。当交流电机在正常运行中是同步转速在前电机转速在后，在这二转速之间始终保持一个转速差，即转速率。有这个存在电机才可以在一定的频率、电压、电流中发挥出最佳转矩。假设各种原因造成牵引电机发生空转时，首先电机转速迅速增高，造成电机转速高于同步转速，转差率变为负率差，使得原处于牵引电动机状态因转差率变为负率而瞬间变为发电机制止转速上升。当电动机同步转与电机转速转差率越来越小或相等时，此时电动机即使外界输入功率未变，电机也会因转差率的问题使该电动机功率变小没有扭矩输出，自然消除空转现象重新运转。较好的单电动机调整制止空转发生，

更有利于牵引力的充分发挥，使得列车平稳运行。直流与交流牵引电动机发生空转时，直流电机得将功率减小或取消才可以制止空转。而交流电机则靠电机自身的磁场与电机转速（同步与电机转速）之间转差率来自动调整电机输出功率来调整制止空转发生。

当我们启动列车开始加速时，牵引电动机得到励磁电流经定子产生磁场并经空气间隙，感应到转子线圈使其产生一个与定子磁场相对运动的磁场，使转子输出转矩，克服一切自身及外界阻力开始转动。随着牵引电动机的输入频率、电压、电流不断的调整，电机的输出转矩也带动车轮不断的转动，使得列车的速度也随着牵引电机的转矩输出大小而保持运行的速度。

当因列车保持一定功率及速度运行时，线路上的线路阻力是随时变化，当线路负加阻力增大时（即平道加速期、上坡时），列车速度会因此下降。当线路负加牵引力增大时（即下坡时），列车速度此时会自然增速。这又让我们想起交流电机中的同步转速与电机转速，同步转速（磁场）的大小，是取决于电动机输入的频率、电压、电流的高低，即功率而定的，而电机转速是根据同步转速的输入条件而产生的输出转矩。这个转矩还得除去一切内外阻力剩的才是列车牵引力，即保持或加速的速度。而列车速度也因线路纵断面的影响产生牵引阻力及附加牵引力的变化，使列车产生自然加速及自然减速的现象存在。

当我们正在加速过程中，毫无疑问是靠牵引电动机处在电动机状态下工作而获得速度的增加。当由于线路纵断面从平道、上坡转入下坡道较大时，在原电机中牵引功率未变的情况下，列车速度必然会因附加牵引力增大，使得电机转速明显加快，也可以说追上同步转速，转差率为零，电机输出转矩也为零。一旦列车速度再继续增高，电机转速就追上并超过同步转速时，牵引电动机就从电动机工况因电动机转速高于同步转速的工作原理转为发电机，由车轴带动牵引电机转子转动切割定子中磁场运动，一方面感应出电势电流经变流器反馈电网或电阻制动。另一方面因切割磁力线产生阻力而阻止轮对转动，使列车保持在一定速度下坡（恒速或定速），这就叫电器制动，根据反馈结果又分再生及电阻制动。

当列车离高速行驶需调整或减速停车时，牵引动力早已切除，此时需制动减速，因为运行速度太高，采用空气制动机械损耗太大，对列车损耗也不利，所以根据交流电机特有的可逆性采用，利用列车动力采取发电制动，也就是我们所知电制动。

当列车需要减速或停车时，司机将制动控制手柄拉到制动位。经计算机以及各种数据计算出所需制动力外，电制动优先使用。电制动是指有牵引电动机的车辆，而无电动机的车辆则由前或后的车辆顶，拖式带着一同减速。要将牵引电动机从牵引转为制动工况，只需更换一下三相电源相序则可改变电机内磁场运动方向，电动机立即从原电动机转为发电机，由车轮带动电机转子切割磁力线感应出电势。电流，同时也加大电机转子转动阻力，阻止车轮转动，使其速度慢慢下降。

电机在制动时是采用正转反接法，为防止电流过大，需串入附加电阻，防止转速降为零时，必须立即断开定子（电机）电源，否则转子则将向相反方向转动。（摘抄书中）

CRH-5 车再生制动从 220-10KW/16n 速范围内工作。过分相区段，电制动不会停止但会将再生的电流给辅助变流器供电，并通过制动电阻器散热能量，制动电阻器安装在车顶，靠自然通风。这样设计的目的是允许制动的时间最长 10 秒启动，如果过分相区段超过 10 秒钟，电制动会完全停止将自动启用空气制动。（摘抄书中）

动车组在出入厂回送请求救援被拖挂运行时，为确保蓄电池不受亏损，此时是可以利用被拖挂运行的速度。牵引电机被带动旋转，由计算机控制做轻微电制动，使制动电流交由辅助变流器处理为车上所需的辅助照明及向电瓶充电同时也可以启动电空制动等一切保护设备（包括轮对防滑器）。