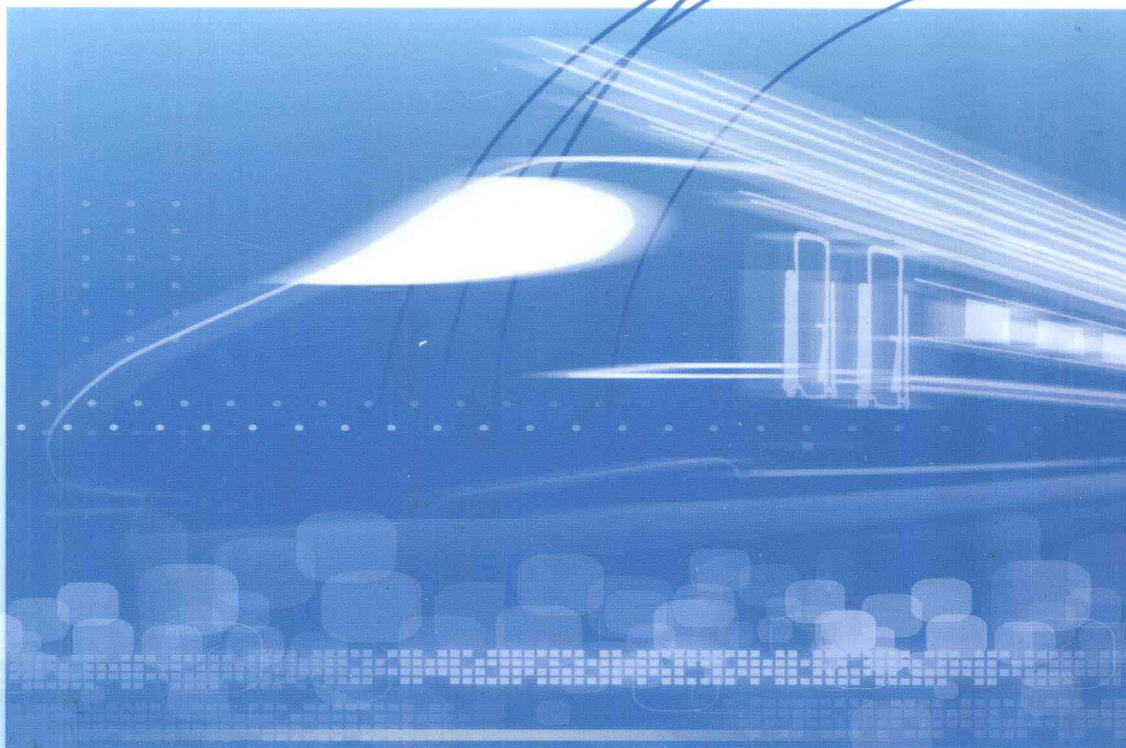




普通高等教育铁道部规划教材

# 动车组制动技术

王月明 主编 王松文 主审



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 内 容 简 介

本书是普通高等教育铁道部规划教材,全书共 12 章。全面介绍了动车组制动技术,涉及制动系统组成、制动指令、制动控制、备用制动、制动系统计算分析及研究、制动系统的运用等相关知识,并具体介绍了 CRH 系列动车组的制动系统。

本书可作为高等学校铁道机车车辆类和轨道交通车辆类专业教材,也可供铁路高职院校机车车辆类学生和研究动车组的工程技术人员使用和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

动车组制动技术/王月明主编. —北京:  
中国铁道出版社,2010.3

ISBN 978-7-113-11106-9

I. ①动… II. ①王… III. ①动车—车辆制动—高等  
学校—教材 IV. ①U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 029350 号

书 名: 动车组制动技术

作 者: 王月明 主编

---

责任编辑: 刘红梅 电话: 010-51873133 电子信箱: mm2005td@126.com 教材网址: www.tdjaocai.com

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 张玉华

责任印制: 陆 宁

---

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷

开 本: 787mm×960mm 1/16 印张: 18.75 插页: 4 字数: 421千

书 号: ISBN 978-7-113-11106-9

定 价: 38.00元

---

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187

# 前 言

本书是普通高等教育铁道部规划教材,是由铁道部教材开发领导小组组织编写,并经铁道部相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁道机车车辆类动车组系列教材之一。

高速动车组诞生近 50 年来,以其安全、快捷和舒适等特点在世界上多个国家得到了广泛的应用和快速发展。近年来,随着我国社会、经济的快速发展,我国掀起了高速铁路建设的热潮,相信不久以后我国高速铁路将成为世界高速铁路的主体。促进高速动车组技术的发展和运用,需要培养一大批具有扎实专业基础知识和技能的人才;编者在本科生动车组课程教学和各个层次的动车组技术培训中,也深切感受到急需具有专业特色、难度适中、适合本科生教学和本领域相关技术人员参考的动车组专业书籍。本书正是为了满足现实需求而编写。

动车组是由动车和拖车组成的固定编组,从技术构成来看,必然是机车车辆的基本构造原理,但从运用来看,又是新的方式,必然具有一系列的特点。作为动车组的制动系统,也是因动车组的总体构成特点而随之带有其自身特点,如编组固定,不存在机车及其单机走行,也就没有单独制动及其单独制动阀的概念;采用密接车钩,也就降低了关于纵向冲动的各种因素限制;制动系统采用电气指令,也就没有减压(量)的概念;采用微机控制,也就没有电制动的人工操纵,等等。动车组制动与传统制动机的不同,还体现在动车组制动系统不再像传统的制动产品那样在机车车辆上相对独立,而是与其他部分的联系更密切了,如与列控车载设备、与空气簧悬挂、与牵引变流器等。动车组的制动系统不光在技术构成上有其特点,在与此相关的如研究、设计制造、运用维修等各种环节上,也会因为这种关联



度的加大而产生深远影响。强调这些,这对于初学者,可以突出其特点,对于具备机车车辆制动机知识及运用经验的司乘人员可以强调抓住改换机型时的主要问题,转变观念,避免混淆。在深入到每个知识点上,动车组制动系统具体到空气阀类,但从原理上却是相对简单,容易理解的。复杂的、灵活多变的東西主要隐含于制动控制软件、列车网络及整车的控制电路中。

鉴于此,编者建议读者关注:(1)动车组的特点,(2)所学动车组机型的特点,(3)列车网络的基本构成和功能,并注意动车组制动系统与其他系统的关联。

本书把传统的机车车辆制动机(阀)作为学习的基础,只是稍加提及,不做深入介绍。因此要求初学者具备初步的列车制动、列车网络、牵引传动的基本概念。

本书由西南交通大学王月明主编,铁道部动车联合办公室王松文主审。

本书原稿作为课程讲义在本科教学及相关培训中多次使用,并在多方支持下不断补充修改。在本次编写过程中,得到了铁道部有关部门的大力支持,得到了相关铁路局的大力帮助,还有制造企业如四方客车股份有限公司、长春客车股份有限公司、唐山客车股份有限公司、铁道部司机培训考试中心、广州机务段、哈尔滨机务段等有关人员的热情帮助,在此编者表示衷心感谢!

鉴于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免疏漏之处,恳请读者指正。

编 者

2010年1月

# 目 录

<b>第一章 动车组制动概述</b> .....	1
第一节 列车制动基本概念.....	1
第二节 空气制动机原理.....	4
第三节 动车组制动系统特点.....	8
第四节 动车组的黏着及非黏着制动.....	9
复习思考题 .....	24
<b>第二章 动车组制动系统的组成与原理</b> .....	25
第一节 动车组制动系统的组成 .....	25
第二节 电制动介绍 .....	26
第三节 直通式电空制动原理 .....	28
第四节 制动供风及管路系统 .....	30
第五节 基础制动装置介绍 .....	31
复习思考题 .....	32
<b>第三章 制动指令及其传输</b> .....	34
第一节 制动操纵及制动功能设置 .....	34
第二节 电气指令模式 .....	35
第三节 电气指令的传输 .....	38
第四节 指令模式与制动控制模式 .....	40
复习思考题 .....	42
<b>第四章 电空制动控制原理</b> .....	43
第一节 空气制动力控制 .....	43
第二节 模拟型 EP 阀及其控制 .....	48
第三节 开关型 EP 阀及其控制 .....	57
第四节 中继阀 .....	60
复习思考题 .....	64



<b>第五章 空电复合制动控制原理</b> .....	66
第一节 制动力复合控制方式 .....	66
第二节 复合制动的黏着控制 .....	68
第三节 防滑控制 .....	69
第四节 制动系统与列车运行监控防护车载设备接口 .....	74
复习思考题 .....	75
<b>第六章 备用制动</b> .....	76
第一节 备用制动方式 .....	76
第二节 备用制动装置 .....	77
复习思考题 .....	79
<b>第七章 CRH1 型动车组制动系统</b> .....	80
第一节 制动系统组成 .....	80
第二节 司机制动控制器 .....	82
第三节 制动功能 .....	84
第四节 制动控制装置 .....	89
第五节 制动控制风路及控制原理 .....	92
第六节 基础制动装置介绍 .....	99
第七节 供风系统介绍 .....	104
复习思考题 .....	109
<b>第八章 CRH2 型动车组制动系统</b> .....	111
第一节 系统组成及特点 .....	111
第二节 制动功能 .....	116
第三节 制动指令及指令电路 .....	118
第四节 制动控制装置 .....	121
第五节 安全制动 .....	148
第六节 辅助制动 .....	150
第七节 供风系统 .....	152
第八节 基础制动装置简介 .....	156
第九节 制动系统的连接和动作说明 .....	159
第十节 CRH2 300 km/h 动车组制动系统简介 .....	162



复习思考题	168
<b>第九章 CRH3 型动车组制动系统</b>	<b>170</b>
第一节 制动系统组成	170
第二节 制动功能及制动性能	172
第三节 制动控制原理及特性	174
第四节 制动控制设备	181
第五节 备用制动	189
第六节 安全制动	193
第七节 停放制动	194
第八节 基础制动装置	199
第九节 供风系统及空气系统主要部件	202
复习思考题	210
<b>第十章 CRH5 型动车组制动系统</b>	<b>211</b>
第一节 制动系统组成	211
第二节 制动功能及性能	212
第三节 制动控制设备及控制原理	217
第四节 备用制动	227
第五节 安全制动	231
第六节 停放制动	232
第七节 基础制动装置	236
第八节 供风系统及辅助用风	238
复习思考题	242
<b>第十一章 制动系统的计算分析与研究</b>	<b>243</b>
第一节 制动系统性能及参数	243
第二节 制动系统的数值分析方法	244
第三节 各车型的制动性能计算实例	256
第四节 动车组制动系统的研究	261
复习思考题	274
<b>第十二章 动车组制动系统运用</b>	<b>275</b>
第一节 制动系统若干问题的讨论	275



第二节 制动系统的操纵相关问题·····	282
第三节 连挂和回送作业对制动系统的要求·····	284
复习思考题·····	290
参考文献·····	291



# 第一章

## 动车组制动概述

### 第一节 列车制动基本概念

#### 一、制动的基本概念

列车制动是人为地利用制动力使列车减速、停车、阻止其运动或加速的统称。

要改变运动物体的运动状态,必须对它施加外力。对于列车,人为地使其减速或阻止其加速的外力是由列车制动装置产生的,它与列车运动方向相反,由轨道作用于车轮轮周的这种外力,叫制动力。

为了能对列车施行制动作用,需要在列车上安装一套完整的制动系统(装置)。

对传统的机车车辆运用模式而言,列车制动装置是指机车制动装置、车辆制动装置的组合,通常制动装置是指能产生制动作用的整套机构,通常包括制动机、基础制动装置、停放制动(驻车制动)装置。

制动机是制动装置中受司机直接控制的部分,通常包括,从制动软管连接器至最终产生制动力的制动缸的一整套机构。

基础制动装置是整个制动装置中用于传递、放大制动力的一整套机构。

停放制动(也叫驻车制动或停车制动)装置是使列车在停车状态下(无动力)依然能保持制动力、避免列车逸逸的制动装置。这种制动功能也可以借助于常规制动(行车制动)系统的全部、或其中一部分或某些部件)来实现。

制动装置是通过操纵司机制动控制器(简称司控器)发出的制动指令,指挥制动控制部分向基础制动的制动缸送风,使制动缸获得必需的空气压力,经基础制动装置的放大变换,最终形成列车制动力的。

制动作用的解除叫做缓解,包括分步操纵的部分解除(称部分缓解、阶段缓解)和一次操纵的彻底解除(称彻底缓解、一次缓解)。

#### 二、制动力的产生

##### 1. 制动力的描述

(1)制动力是由制动装置引起的与列车运行方向相反的外力,是纵向力。



(2)制动力比列车运行阻力(自然产生的)大得多。

(3)列车制动减速过程中,制动力起主要作用(尽管列车运行阻力也起作用)。

(4)与牵引力一样,制动力同样受黏着限制(非黏制动除外)。

### 2. 制动力的产生

制动力可以有多种方式产生,以最传统的空气制动为例,用闸瓦压紧在车轮踏面上(参见图 1-1),或用闸片压紧在制动盘面上(参见图 1-2),可以获得所需要的制动力。

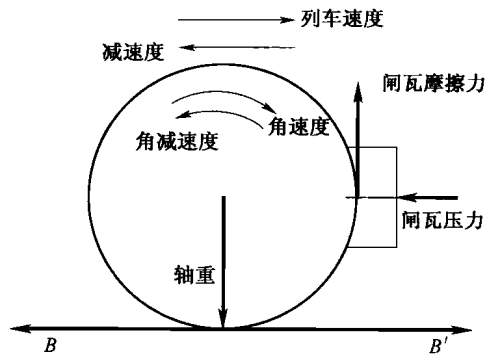


图 1-1 制动力产生示意图(踏面制动)

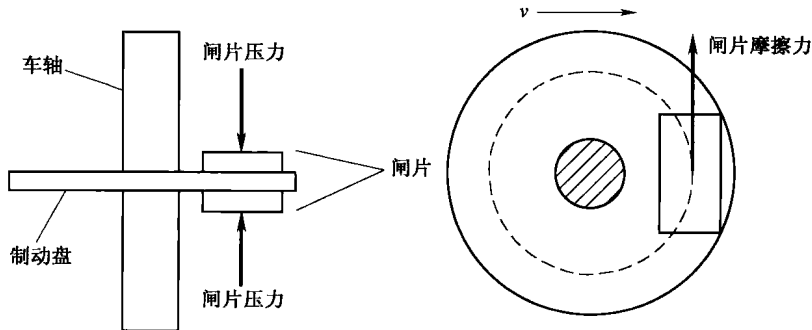


图 1-2 制动力产生示意图(盘形制动)

以轮对为隔离体,闸瓦摩擦力、制动力  $B$  与轮对角减速度  $\theta$  的关系如下式:

$$\sum K \cdot \varphi_k \cdot R - B \cdot R = I \cdot \theta \tag{1-1}$$

式中  $K$ ——每块闸瓦的压力,  $N$  ;

$\varphi_k$ ——闸瓦摩擦系数;

$B$ ——由轨面反作用于车轮踏面的制动力,  $N$  ;

$R$ ——车轮滚动圆半径,  $m$  ;

$I$ ——轮对的转动惯量,  $kg \cdot m$  ;

$\theta$ ——轮对的角减速度,  $rad/s^2$ 。

图 1-1 中的  $B'$  是由车轮踏面作用于轨面的摩擦力。

在上式中,忽略轮对的转动惯量,则制动力为

$$B = \sum K \cdot \varphi_k \tag{1-2}$$

盘形制动装置的制动力  $B$  按式(1-2)计算

$$\sum K \cdot \varphi_k \cdot r - B \cdot R = I \cdot \theta \tag{1-3}$$



式中  $r$ ——为每块闸片所处的制动盘平均摩擦半径,  $m$ 。

忽略轮对的转动惯量, 则盘形制动的制动力为

$$B = \frac{r}{R} \sum K \cdot \varphi_K$$

### 三、制动方式

制动方式可以按制动时电动车组动能转移方式、制动力获取方式和制动源动力的不同进行分类。

#### 1. 按电动车组动能转移方式分类

按制动时电动车组动能的转移方式不同, 动车组的制动可以分为二类: 一类是摩擦制动方式, 即通过摩擦把动能转化为热能, 然后消散于大气; 二是动力制动方式, 即把动能通过发电机转化为电能, 然后将电能从车上转移出去。

##### (1) 摩擦制动

电动车组常用的摩擦制动方式主要有闸瓦制动和盘形制动, 在高速电动车组中, 往往还要采用磁轨制动来辅助紧急制动。磁轨制动属于轨道电磁制动方式中的一种, 也属于摩擦制动。

##### (2) 动力制动

电动车组在制动时, 将牵引电动机转变为发电机, 将列车动能转化为电能, 对这些电能的处理方式不同又可分成电阻制动和再生制动两种形式。

电阻制动是把由列车动能转化出来的电能直接消耗在随车安装的制动电阻上转变为热能, 然后再通过通风设备把热散掉; 再生制动是把这种电能通过牵引传动的变流器逆向变换, 再返回电网。

#### 2. 按制动力形成方式分类

按电动车组制动力的获取方式, 可分为黏着制动与非黏着制动, 这是按照制动力形成是否依赖于轮轨之间的黏着关系而划分的。

在传统的制动方式中, 如闸瓦制动、盘形(包括油压卡钳盘式、涡流盘式)制动、电阻制动和再生制动均属于黏着制动, 因为其制动力的产生都离不开轮轨间的黏着关系, 即轮轨接触区域必须有黏着作用, 并且制动力的大小受黏着限制。

相比而言, 轨道电磁制动(磁轨制动、轨道线性涡流制动)则属于非黏着制动, 因为其制动力的产生与轮轨间的黏着作用没有直接关系, 只取决于制动体与钢轨之间因接触摩擦(如磁轨制动)所产生的制动力, 或因电涡流作用(轨道线性涡流制动)而产生电磁力。

目前处于研究阶段的高速动车组制动方式中还有一种在高速下通过车体伸出的迎风扰流板而产生空气作用力的制动方式, 也称翼板制动, 就制动力的形成而言也属于非黏制动。

#### 3. 按制动源动力分类

目前电动车组所采用的制动方式中, 制动的原动力主要有压缩空气和电力。以压缩



空气为源动力的制动方式称为空气制动方式。如闸瓦制动、盘型制动等都为空气制动方式。以电为源动力的制动方式称为电气制动方式,如动力制动、轨道电磁制动等均为电气制动方式。

## 第二节 空气制动机原理

传统的机车车辆制动机有两种类型——空气制动机和电空制动机,电空制动机是在空气制动机基础上引入电控(电磁、电子或微机控制)部分构成的。从制动原理上,它们都可以简称空气制动(系统)。

空气制动系统的制动原动力来自压缩空气,制动力形成依赖于轮轨接触关系,属于摩擦制动。其制动指令发出和传递、制动力的产生和控制都需要压缩空气。

空气制动系统可以粗略地划分成供风系统、制动控制装置、基础制动装置三大部分。供风系统由空气压缩机及其附件(干燥装置、油水分离器、调压器、安全阀)、储风缸、管路及其附件、压力表等组成,其组成形式与具体产品的形式有关。基础制动如前面制动方式所述,或采用踏面制动、或盘形制动、或电磁制动,也取决于产品类型。制动控制装置虽有各种不同结构的阀类,但从整个控制原理上分成两类:直通式空气制动机、自动空气制动机。

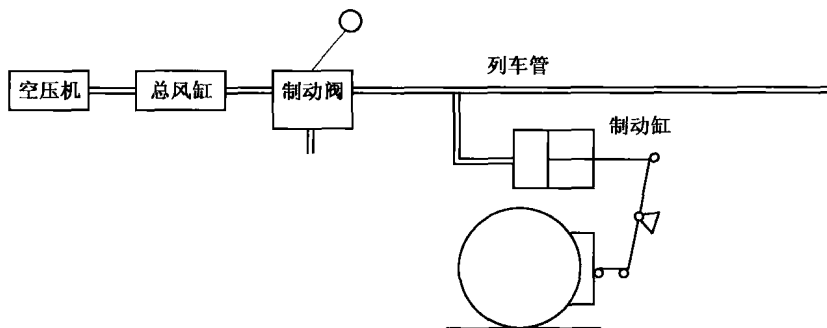
### 一、直通式空气制动机

早期的直通式空气制动机是通过制动阀把总风缸的压缩空气直接变成经列车管(制动管)而直接进入制动缸,其压强大小反映制动力大小的压缩空气,直接在制动缸得到所需制动力,参见图 1-3(a)。这种直通式空气制动机的制动阀采用简单的结构,操纵上只有制动、保压、缓解三个位置。

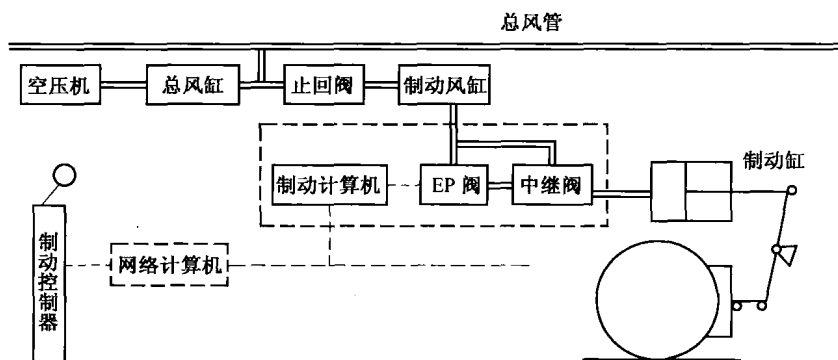
图 1-3(a)所示的直通式空气制动机的特点是:列车管充气,制动缸增压,产生制动作用;列车管排气,制动缸也排气,缓解制动。对于这种最简单的直通式空气制动机,当由于某种原因使车辆从列车中分离时,列车管和制动缸处于排空状态,车辆无制动力、无法停车。

这种直通式空气制动机的优点是:整个系统构成以及制动阀的结构都较简单,对于编组较短的动车组或机车车辆来说,其制动和缓解的时间及一致性都能满足要求;但对于较长编组的列车,由于所有制动缸全部由排空状态开始经列车管充气,空气容积大,列车制动力上升时间较长;位于列车前部的车辆的制动缸制动时增压较快,缓解时排气减压也较快,而列车后部车辆的制动缸则制动时增压较慢,缓解时排气减压也较慢,这样制动作用一致性差,容易形成纵向冲动,除了工务作业轨道车采用外,干线机车已很少采用。

目前在干线及地铁电动车组中采用的直通式空气制动机如图 1-3(b)所示,制动缸的压缩空气是由微机控制下的 EP 阀转换、并经中继阀提供的,传输到制动计算机的制动操纵指令



(a) 早期的直通空气制动机示意图



(b) 采用电气指令微机控制的直通电空制动机示意图

图 1-3 直通式空气制动机原理简图

是电气指令。

## 二、自动空气制动机

自动空气制动原理简图见图 1-4。

自动式空气制动机是通过制动阀改变列车管的空气压力,以此压力变化为控制信号,控制车辆制动机的三通阀(或分配阀),使制动缸获得所需要的空气压力,再经过基础制动装置的。

三通阀是自动空气制动机最简单、最基本的控制阀。

自动式空气制动机通过三通阀的作用,列车管排气减压,制动缸充气,产生制动作用;列车管充气,制动缸排风,制动缓解。

三通阀由主活塞、滑阀、节制阀等组成,外接列车管、副风缸管、制动缸管,其结构及作用原理示于图 1-5~图 1-7。

当制动手柄置于充气位,总风缸的压力空气经制动阀进入列车管,列车管压力升高,三通阀主活塞左侧压力升高,推动主活塞带动节制阀及滑阀右移,并打开上端充气沟,列车管内的

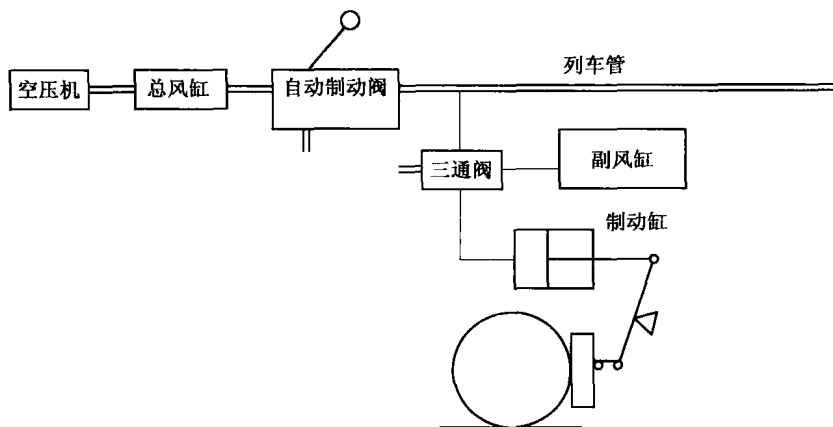


图 1-4 自动空气制动机原理简图

压力空气经充气沟进入滑阀室和副风缸，向副风缸充气直至与列车管压力相等。同时，滑阀联络槽沟通制动缸管与排气口，制动缸内压力空气经三通阀的排气口排向大气，制动缸活塞由缓解弹簧推至缓解位，呈缓解状态（见图 1-5）。

当制动手柄置于制动位，列车管的压力空气经制动阀排出，列车管压力降低，该压力变化称为减压，并以压力波形式向列车后部传递到每节车制动装置的三通阀，三通阀的主活塞右侧压力高于左侧，推动主活塞先左移一个间隙，关闭上端充气沟，再带动节制阀及滑阀移到左端，滑阀关闭了制动缸管与排气口的通路，打开了副风缸与制动缸的通路，使副风缸的压力空气进入制动缸，推出制动缸活塞，经基础制动装置的放大作用，使闸瓦以较大压力紧压在车轮踏面，产生制动作用（见图 1-6）。

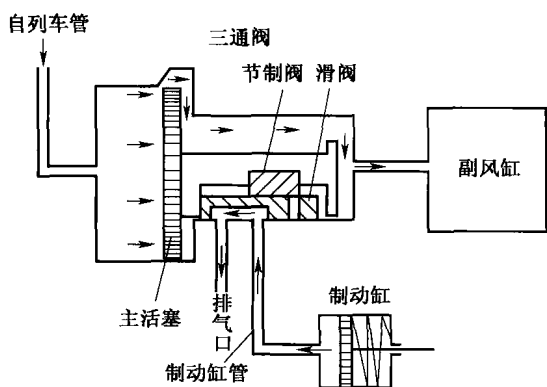


图 1-5 三通阀基本原理示意图(充气缓解位)

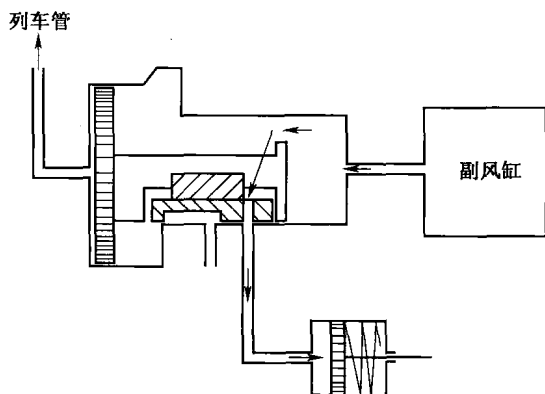


图 1-6 三通阀基本原理示意图(制动位)

制动后，当制动手柄置于中立位时，制动阀的通路被全部遮断，列车管的压力空气既不能从制动阀排出，也不能由制动阀充入，列车管压力保持不变。起初，三通阀活塞仍然处于制动



位,副风缸继续向制动缸充气,使副风缸的空气压力降低,而制动缸的压力增加,直至副风缸的压力稍低于列车管的压力,形成压力差,活塞带动节制阀向右移动一个间隙的距离,而滑阀未动,节制阀遮断了副风缸与制动缸的通路,副风缸的压力不再下降,制动缸的压力也不再上升,三通阀自动形成中立位(见图 1-7)。

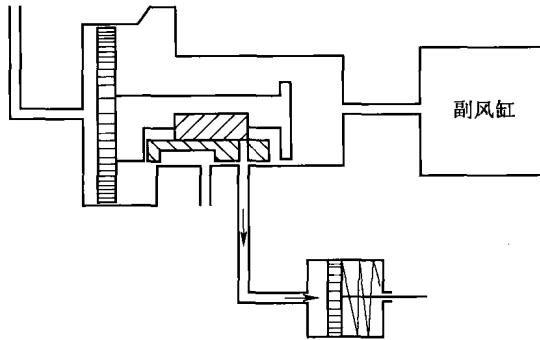


图 1-7 三通阀基本原理示意图(中立位)

若列车管再减压,三通阀则重复上述过程。因此,若需要再增加列车制动力时,司机只需将制动阀置交替于制动位和 中立位,控制列车管压力阶段减压,制动缸压力则阶段上升,实现列车阶段制动。

列车管压力在一定范围内减压时,制动缸压力与列车管的减压量成正比。列车管减压量达到最大值时,制动缸压力与副风缸压力相平衡,制动缸压力也达到最大值;此时若再继续减压,制动缸压力也不会上升。

随着对制动性能要求的提高和产品技术的提高,不断地对阀的结构性能进行改进,逐渐形成性能越来越好、但结构也越来越复杂的制动控制阀——分配阀。

### 三、直通式空气制动机与自动式空气制动机比较

直通式、自动式空气制动机基本特征如表 1-1 所示。

表 1-1 直通式、自动式空气制动机基本特征

空气制动机类型	制动指令发出	指令载体	制动缸压力的产生	制动作用与制动管压力的关系
早期的直通式空气制动机	制动阀	制动管空气压强	制动管空气直接作用在制动缸	充气制动排气缓解
电气指令微机控制的直通式空气制动机	电空制动控制器	模拟或数字电量	制动(供给)风缸的风由 EP 阀转换、经中继阀输送	(无制动管注)
自动式空气制动机	自动制动阀	制动管减压量	副风缸的风经三通阀在制动管压力控制下的转换	减压制动充风缓解

注:备用制动系统或救援回送制动指令转换装置除外,参见以后章节。



直通式空气制动机:构造简单,对短编组列车来说操作灵活,可以用制动阀直接调节制动缸的压力。但对较长编组列车,制动时,列车前部制动缸充气早、增压快;后部制动缸充气晚、增压慢;缓解时,列车前部制动缸排气早、缓解快;后部制动缸排气晚、缓解慢;这样容易形成较大冲动。

自动式空气制动机:制动时,列车各车辆制动缸的充气来自就近的副风缸;缓解时,制动缸通过就近的三通阀排气,自动制动阀只控制制动管的排风减压或恢复充气,列车前后部制动和缓解作用一致性较直通式好,列车冲动较小,适用于编组较长列车。

### 第三节 动车组制动系统特点

#### 一、动车组的基本特点

动车组是由带动力的动车与不带动力的拖车组成的旅客列车车组,具有以下特点:

- (1)成组使用、编组固定;可单列运行,也可两列连挂运行。
- (2)按动力方式分有内燃动车组和电动车组,动力布置形式又分为动力集中和动力分散式动车组,现代高速动车组和地铁动车组基本采用电动车组,并采用交流传动。
- (3)动车组中各车之间采用密接式车钩,整体运用维修,大修前不解体。
- (4)两端均可操纵,不需转向,任何一端均可控制动车。
- (5)通过网络或电缆实现同步牵引、同步调速、同步制动等重联功能。
- (6)能适应救援列车(机车)的自动空气制动机和 15 号自动车钩。

#### 二、动车组制动系统的特点

由于动车组具有这样的构成和运用上的特点,其制动系统与传统机车车辆制动系统相比也就有所不同。

(1)对动力分散的动车组而言,列车制动装置是指动车制动装置、拖车制动装置的组合,它们共同形成完整的制动系统,强调系统的概念。它包括两个部分:制动控制系统和制动执行系统。制动控制系统由制动信号发生与传输装置和制动控制装置组成。制动执行系统通常称为基础制动装置,常见的有闸瓦制动与盘形制动。

(2)在制动控制上,采用电气制动与空气制动的复合制动,各自制动力的调整需要一个制动控制系统来完成;空气制动部分采用电空制动机。

(3)为提高舒适性,动车组各车减速度作用一致。

(4)为提高经济性,动车组因动力分散而具有多节动车,可以充分发挥再生制动效果。

(5)由于运行速度较高,动车组的黏着系数小,制动距离要求短,因此动车组均设置高性能电子防滑器进行防滑控制,充分利用黏着。





### 三、对动车组制动的总体要求

制动是列车运行的主要也是最重要的工况之一,制动系统的有效性和好坏直接影响列车安全等一系列重要环节。因此制动系统必须满足相应方面的基本要求。

(1)安全性要求。具有足够的制动能力,满足《铁路技术管理规程》(以下简称《技规》)规定的制动距离要求,保证动车组在规定的制动距离内停车。我国铁路《技规》规定:列车在任何条件下,必须满足紧急制动距离的要求,以 250 km/h 速度运行的列车紧急制动距离不大于 3 200 m,以 200 km/h 速度运行的列车紧急制动距离不大于 2 000 m,以 160 km/h 速度运行的列车紧急制动距离不大于 1 400 m。按照上述要求设计动车组的制动能力时,要考虑在黏着不足(如湿轨面)情况下因防滑控制引起的制动距离延长。

(2)操纵灵活,制动减速快,制动作用灵敏可靠,动车组前后车辆制动、缓解作用一致。

(3)具有动力制动能力,在正常制动过程中,应尽量充分发挥动力制动能力,以降低运行成本。

(4)应具有动力制动与摩擦制动的复合制动能力。

(5)制动系统应保证动车组在长大下坡道上运行时,其制动力不会衰减。

(6)电动车组各车辆的制动力应尽可能一致,制动系统应根据乘客量的变化,具有载荷调整能力,以减少制动时候的纵向冲动。

(7)具有紧急制动性能,遇有紧急情况时,能使电动车组在规定距离内安全停车。紧急制动作用除了可由司机操纵外,必要时还可通过行车人员利用紧急制动按钮进行操纵。

(8)电动车组在运行中发生诸如列车分离、制动系统故障等危及行车安全的事故时,应能自动起紧急制动作用。

(9)轻量化要求。动车组的轻量化是一个重要指标,除了车体、转向架这些大部件,各种车载设备也应考虑轻量化设计。制动系统的供风设备、制动控制装置等分布在整个列车编组的各车上,也要满足轻量化要求。

(10)维修保养要求。制动系统的工作状态直接关系到列车运行安全,除了要满足可靠性要求,还要易于维护保养、方便维修。

## 第四节 动车组的黏着及非黏着制动

### 一、动车组的黏着利用

如前所述,现代高速动车组多采用动力分散模式,黏着利用好。这通常是指牵引工况的黏着利用,但在电制动工况,动力分散模式对于制动黏着的利用也是有利的。对于空气制动方式,不管传统的机车车辆制动系统还是动车组制动系统,由于基础制动装置本来就分布在各转向架上,在黏着问题上的主要矛盾是要考虑高速行驶车和不良轨面状态下黏着系数的降低。