

高等学校教材

车辆制动

CHELIANG

宇善良 主编
李 芾 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材

车辆制动

宇善良 主编
李 芾 主 审

中国铁道出版社

2016年·北京

内 容 简 介

本书参考目前车辆制动技术相关资料,介绍了车辆制动基础知识、车辆空气制动机、动车组制动系统、城市轨道交通车辆制动系统、制动性能试验、列车制动计算、车辆制动技术及应用等内容。

本书可作为高等学校轨道交通类车辆工程专业、铁道车辆专业教材,也可以供其他专业或从事轨道交通车辆工程的相关技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

车辆制动/宇善良主编. —北京:中国铁道出版社,
2016.9

高等学校教材

ISBN 978-7-113-22136-2

I. ①车… II. ①宇… III. ①铁路车辆—车辆制动—
高等学校—教材 IV. ①U270.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 177706 号

书 名: 车辆制动
作 者: 宇善良 主编

责任编辑: 亢丽君

编辑部电话: 010-51873205

电子邮箱: 1728656740@qq.com

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 孙 玫

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

印 刷: 三河市华业印务有限公司

版 次: 2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 14.5 字数: 371千

书 号: ISBN 978-7-113-22136-2

定 价: 32.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

随着国家改革开放的持续深入发展和综合国力的迅猛增强,轨道交通运输行业也得到了飞跃发展。自2007年4月全国铁路第六次提速调图之后,快速、舒适的和谐号CRH系列动车组开始成为旅客运输的生力军,在全国范围内的高速铁路建设、城市轨道交通建设持续不断,CRH系列高速动车组、各种城市轨道交通车辆被大批量地推广运用,普速铁路既有车辆也在不断更新换代,轨道交通运输事业进入快速发展阶段。

轨道交通车辆作为客货运输的重要载体,广泛采用更具现代化的技术装备,而关系车辆运行速度和运用质量的制动系统技术更是与时俱进,新技术、新设备、新材料、新工艺不断涌现。因此,高等学校轨道交通类专业的学生、从事轨道交通车辆设计制造、维修保养和运用管理的工程技术人员需要不断学习,以适应现代轨道交通运输重载、高速发展战略目标实施的要求。

根据现代轨道交通车辆制动技术的应用与发展状况,综合轨道交通类高等学校“车辆工程专业(包括机车与动车方向、铁道车辆方向、动车组方向、城市轨道交通车辆方向等)”“铁道车辆专业”培养方案的基本要求,同时为更好地完成“车辆制动技术”类课程的教学,大连交通大学组织编写了本书。全书共分七个章节,分别是:车辆制动基础知识、车辆空气制动机、动车组制动系统、城市轨道交通车辆制动系统、制动性能试验、列车制动计算、车辆制动技术及应用。

本书可作为高等学校轨道交通类车辆工程专业、铁道车辆专业教材,也可以供其他专业或从事轨道交通车辆工程的相关技术人员学习和参考。

本书由大连交通大学宇善良主编,西南交通大学李蒂主审。具体编写分工如下:宇善良编写第一章、第二章、第五章、第七章的第一节、第二节、第三节;刘晓雪编写第三章的第一节、第二节;王丽颖编写第三章的第三节、第七章的第六节;张渊编写第四章、第六章、第七章的第四节、第五节、第六节。

在编写本书的过程中,大连交通大学张剑给予了专业的帮助和具体的指导,魏伟、陈秉智、费继友等给予了热心的关怀和宝贵的支持。兰州铁路局陈智勇、许

宝建,沈阳铁路局陈刚、王凤洁、张林等提供了许多珍贵的资料。此外,本书还参考、借鉴了许多已出版的图书文献,在此一并表示感谢!

由于编者的学识和水平所限,书中难免存在不妥及疏漏之处,诚请各位专家和广大读者批评指正。

编者
2016年5月

目 录

第一章 车辆制动基础知识	1
第一节 制动的基本概念	1
第二节 车辆制动机的种类	5
第三节 轮轨黏着及摩擦制动	11
第四节 基础制动装置	13
复习思考题	27
第二章 车辆空气制动机	28
第一节 120 型空气制动机	28
第二节 150 型货车制动机	36
第三节 104 型空气制动机	44
第四节 F8 型空气制动机	50
第五节 104 型和 F8 型电空制动机简介	56
复习思考题	62
第三章 动车组制动系统	64
第一节 CRH2 型动车组制动系统	64
第二节 CRH5 型动车组制动系统	79
第三节 CRH380B 型动车组制动系统	90
复习思考题	98
第四章 城市轨道交通车辆制动系统	99
第一节 城市轨道交通车辆制动系统组成	99
第二节 EP2002 制动系统	107
第三节 KBGM 模拟式电气指令制动系统	116
复习思考题	126
第五章 制动性能试验	127
第一节 分配阀、控制阀的试验台试验	127
第二节 单车制动性能试验	141

第一章 车辆制动基础知识

纵观交通运输方式的发展历史,从根本上说就是不断提高运输速度和载重能力的创新历程。与研究提高运输速度齐头并进的是制动技术的不断创新和提高。轨道列车的制动作用是依靠机车(动车)、车辆(拖车)的制动装置来完成的,因此车辆制动装置成为列车制动系统的基本单元。车辆制动技术和制动机的性能,直接决定着列车制动的性能,能否保证列车“安全、正点、重载、高速”地完成交通运输任务,车辆制动技术成为关键性前提条件之一。在学习“车辆制动”的过程中,会应用到很多专业性的词组、短句等基本概念,需要我们掌握和理解,这是我们学好专业知识的基础。

第一节 制动的基本概念

一、基本概念

1. 制动作用

人为地向运动物体施加外力,使其减速、防止加速、停止运动;人为地向静止物体施加外力,使其保持静止状态。这种作用被称为制动作用,实现制动作用的力称为制动力。

制动力是实现制动作用的外力,其大小可以人为控制。对于列车而言,主要是依靠钢轨与车轮踏面之间的黏着来实现。

2. 缓解作用

对于运动或静止的物体,解除或减弱制动作用的过程称为缓解作用。

3. 车辆制动装置

车辆制动装置安装在车辆上,能实现制动作用和缓解作用。其包括:

(1)空气制动机。司机可以统一操作控制的部分。

(2)人力制动机。只可以人力单独操作控制的部分。

(3)基础制动装置。接受并传递、扩大来自空气制动机或人力制动机的源动力,执行制动作用的部分。

4. 列车自动制动机

(1)列车运行中如果发生车钩分离故障,能自动产生制动作用的制动机。

(2)在发生意外的情况下,通过操作车辆上的紧急制动阀,能够使列车发生制动作用的制动机。

5. 制动距离

从司机将自动制动阀手把置于制动位开始到列车停止,列车所走过的距离称为制动距离。制动距离是综合反映列车制动能力的主要技术指标,我国《铁路技术管理规程》(普速铁路部分)第 263 条、《铁路技术管理规程》(高速铁路部分)第 169 条有具体规定。

6. 制动波

列车需要制动时,通常是由司机操纵制动控制手柄使列车的制动作用沿着纵向逐一发生,这种制动作用沿列车由前向后逐一传播的现象称为制动波。

制动波的传播速度称为制动波速,它是综合评定列车制动性能的重要指标之一。

7. 压缩空气

压缩空气(简称“气”或“风”)是空气制动机的动力源。由空气压缩机生产,储存于总风缸,以制动阀控制,用列车管路与每节车辆的制动机相连,通过压力变化实现制动作用或缓解作用。

二、制动技术在轨道运输中的作用

对铁道车辆,尤其是对于动车组而言,制动的重要性不仅仅是安全问题,它已经成为限制列车速度进一步提高的重要因素。要想使列车实现“高速”,除了要有大的牵引功率之外,还必须有足够强大的制动能力。

图 1-1 表示某列车运行于 A、B 两站之间。列车由 A 站发车,行驶了 S 距离加速到 v_1 。 S 为起动加速距离,其长短取决于机车牵引功率的大小。若需要列车在 B 站停车,制动能力较大的列车开始实施制动的地点可以在距 B 站较近的 a 点处,其制动距离为 S_1 。若另一列车的制动能力较小,则需提前于 b 点开始实施制动,制动距离为 S_2 ,延长了运行时间。若列车制动装置失效,仅靠自然阻力使其停止,则该列车必须在距 B 站更远的 c 点开始惰行,惰行距离为 S_3 ,其运行时间将最长。如果要求保证制动距离都为 S_1 ,则上述后两种情况的列车速度只能保持在 v_2 、 v_3 ,降低了列车区间运行速度,降低了运输能力。

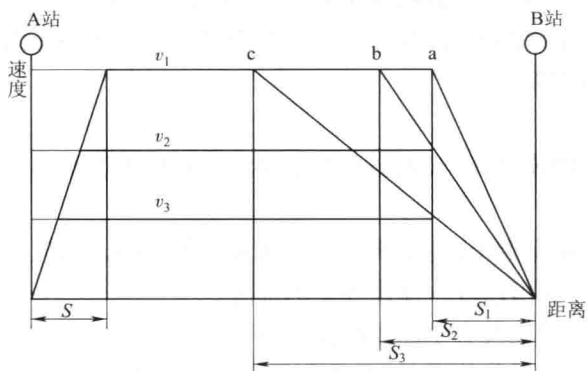


图 1-1 列车制动能力对列车速度的影响

衡量一个国家的轨道交通运输能力,首先要看能制造多大牵引功率的机车,其次,牵引与制动是互相促进和制约的,没有先进的制动技术,就难以实现现代化的轨道交通运输。所以,制动装置的作用一方面是可以使列车在任何情况下减速、防止加速或停车,确保行车安全;另一方面是提高列车运行速度,提高牵引质量,即提高交通运输能力的重要前提条件。

三、制动方式的分类

从能量转换的观点来看,“制动”的实质就是将列车动能转换成别的能量或转移走;从作用力的观点来看,“制动”就是让制动装置产生与列车运行方向相反的外力(制动力),使列车产生

较大的减速度,尽快减速或停车。采取什么方法将动能转化或转移,通过什么方法产生制动力,是制动的一个基本问题——“制动方式”问题。

1. 闸瓦制动

闸瓦制动,又称踏面制动,是自有铁路以来使用最广泛的一种制动方式。闸瓦早期由铸铁制造,现在主要是用合成材料制成瓦状制动摩擦块。制动时,闸瓦压向车轮踏面,通过闸瓦与车轮踏面的摩擦将列车的动能转变为热能,消散于大气,使列车发生制动作用,如图 1-2 所示。

2. 盘形制动

盘形制动是在车轴上或车轮辐板的两个侧面安装制动盘。制动时用制动夹钳使两个闸片紧压制动盘的两个侧面,通过闸片与制动盘间的摩擦产生制动作用,将列车动能转变成热能消散于大气,如图 1-3 所示。

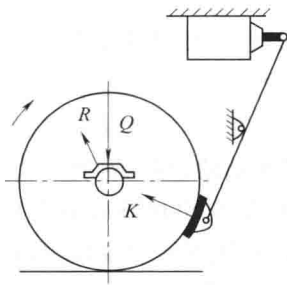


图 1-2 闸瓦制动

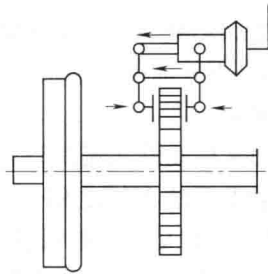


图 1-3 盘形制动

与踏面制动相比较,盘形制动可以减轻车轮踏面的热负荷和机械磨耗;可以按照制动要求选择最佳的“摩擦副”;制动作用平稳,噪声小。所以,盘形制动已经广泛安装在新造客车和动车组车辆上。

3. 电阻制动

电阻制动曾在动车组上大量使用,目前主要以热备的形式存在。另外,电阻制动还在电力机车、电力传动的内燃机车、地下铁道车辆上使用。制动时,将驱动轮对的牵引电动机转变为发电机,使列车的动能转变为电能,消耗于专门设置的电阻器,以强迫通风的方式使热量消散于大气,产生制动作用。

4. 再生制动

再生制动目前已广泛应用于电力机车、电动车组。制动时,将驱动轮对的牵引电动机转变为发电机,将产生的电能反馈回供电网,使本来由电能变成的列车动能再生成电能,而不是变成热能消散出去。

虽然再生制动系统技术比较复杂,但其经济效益显著,在 20 世纪 90 年代后成为动力制动的首选方案。

当列车高速运行时,再生制动效果较好。但低速时,效果不明显,尤其是在附近没有消耗再生制动电流的负载时,车辆的再生电压将升高,防止过电压的保护电路将会动作,切掉再生制动,使其失效。

5. 轨道电磁制动

轨道电磁制动又称电磁轨道制动,或简称磁轨制动。在转向架两个侧架下面的车轮之间各安装一个电磁铁,制动时将它放下并利用电磁吸力压紧钢轨,通过电磁铁上的磨耗板与钢轨

之间的滑动摩擦产生制动力,将列车的动能变为热能消散于大气,如图 1-4 所示。

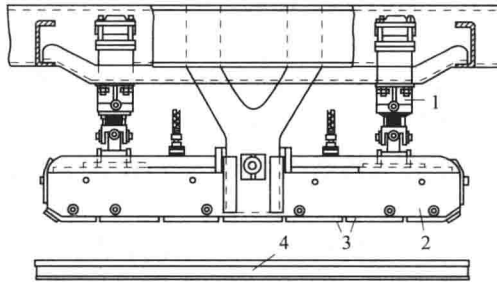


图 1-4 轨道电磁制动

1—升降风缸;2—电磁铁;3—磨损板;4—钢轨

磁轨制动的优点是制动力不受轮轨间黏着系数限制,可以避免车轮滑行。但是设备质量较大,增加了车辆自重并加速了钢轨的磨耗。

6. 轨道涡流制动

轨道涡流制动又称线性涡流制动或涡流式轨道电磁制动,与磁轨制动相似,也是把电磁铁悬挂在转向架侧梁下面的车轮之间。不同的是电磁铁在制动时只放下到离轨面 7~10 mm 处,而不与钢轨接触。它是利用电磁铁和钢轨的相对运动使钢轨轨面感应涡流,产生作用于电磁铁也即作用于车辆的制动力,并把列车动能变为热能消散于大气。这种制动方式具有无磨损和噪声小的特点,但耗电量大,大约是磁轨制动的 10 倍。

7. 旋转涡流制动

旋转涡流制动又称涡流式盘形制动,是在牵引电机轴上或车轴上安装作为电磁感应体的金属涡流盘,制动时金属盘在电磁铁形成的磁场中旋转,盘的表面被感应出涡流,产生电磁吸力,并发热消散于大气,产生制动作用。这种制动方式用于日本新干线 100 系、300 系和 700 系动车组的拖车上,其原理如图 1-5 所示。

8. 翼板制动

翼板制动是在制动时利用车辆外伸的“翼板”,人为地增加空气阻力,从而产生制动作用的一种制动方式。目前还处于试验之中,如果翼板的位置适当,列车制动时的空气阻力可以增加 3~4 倍。

上述制动方式中,电阻制动、再生制动、金属盘安装在牵引电机轴上的旋转涡流制动,都是让列车的动力轮对带动其动力传动装置产生逆作用,消耗或回收列车动能。习惯上常常统称为“动力制动”。

除轨道电磁制动和轨道涡流制动外,都是通过轮轨间的黏着来产生制动力,并且制动力的最大值受到黏着力限制,所以习惯上统称为“黏着制动”,而不通过黏着者统称为“非黏(着)制动”。

在所有制动方式中,闸瓦制动、盘形制动、轨道电磁制动等都是通过机械摩擦而产生制动作用,所以习惯上也常常把它们统称为“摩擦制动”,而把其他不通过摩擦的制动方式称为“非摩(擦)制动”。

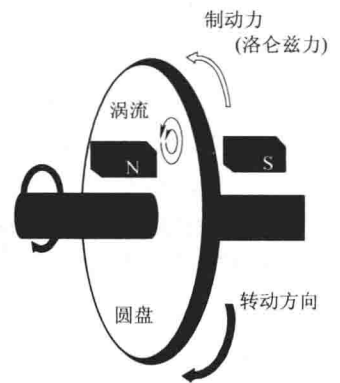


图 1-5 旋转涡流制动

四、轨道车辆制动机应具备的条件

为了使列车按需要及时平稳地停车或方便地调整列车运行速度,保证运行安全,综合各种制动方式,要求轨道车辆制动机应具备如下条件:

(1)安全性要求。应具有足够的制动力,在发生紧急情况时,必须保证列车在《铁路技术管理规程》规定的制动距离内安全停车。

(2)制动与缓解的作用灵敏、准确,制动力大小能按需要进行调节。制动波速快,在长大列车中能使前后部车辆制动机作用基本一致,避免发生过大的纵向冲击力。

(3)具有一定的稳定性,防止列车运行中因为列车管有轻微的漏泄等原因而引起自然制动。

(4)各车辆的制动力均匀一致,制动系统能根据车辆载荷的变化自动调整制动力。

(5)在长大下坡道运行时,具有制动力不衰减的性能。制动缸漏泄时有自动补风作用。

(6)有可靠的紧急制动性能,并且除了司机操纵外,必要时还可以由其他乘务人员利用在车辆客室内安装的紧急制动阀(或紧急制动按钮),操纵全列车紧急停车,确保行车安全。

(7)列车在运行途中发生意外车钩分离事故时,全列车应能自动产生紧急制动作用。

(8)应用制动防滑系统。在不致于擦伤车轮的前提下,充分利用轮轨间的黏着力,实现制动作用,减少车轮踏面擦伤。

(9)安装各种制动机的车辆应能混编运用,其制动与缓解的动作、效果能协调一致。

(10)基础制动装置各部件应有足够的强度,结构合理,各连接部分灵活耐磨,具有较高的制动效能;闸瓦、闸片耐磨耐热,其摩擦系数应与轮轨黏着系数相适应。

(11)动车组要具有动力制动与摩擦制动的复合制动能力。

(12)构造简单,便于制造和检修;采用新技术、新材料及轻量化技术,尽可能采用标准件、通用件;能适应南、北方夏季和冬季温差大的气候条件,保证制动机在 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ 范围内能正常工作。

第二节 车辆制动机的种类

普通车辆在每节车厢下都安装了一套(或两套)独立的制动系统,通过列车管将这个系统联系到一起,就可以接受来自机车司机的操作指令,协助完成列车的制动、缓解等作用。

动车组除了具有上述能力之外,还安装有各种电气指令系统、各种检测遥控系统等,使列车的制动、缓解作用更加快速和准确。以下将重点以动力来源及操作控制方法的不同,介绍目前在轨道车辆上安装使用的各种制动机。

一、人力制动机

人力制动机是指安装在每辆车的制动装置上,以人力作为产生制动源动力的部分。它是用手转动手轮或手把,或是用脚踏踩脚踏杠杆,代替压缩空气作用于制动缸活塞上的推力,带动基础制动装置动作,使闸瓦压紧车轮踏面或制动盘,产生制动作用的一种装置。其构造简单、操作方便、费用低廉,但是所能产生的制动力很小、制动过程缓慢、不便于司机直接操纵,所以只作为辅助的备用的制动机配置。在调车作业、长时间停放或者主要制动机突然故障时,人

力制动机仍然是一个简单有效的补充制动手段。

普速客车目前安装的是蜗轮蜗杆式手制动机,如图 1-6 所示。首先将摇把从凹槽中拉出,然后转动摇把,可以产生制动、缓解作用。

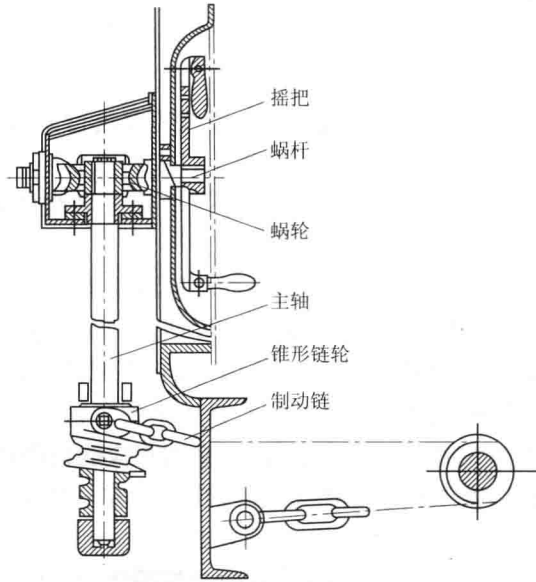


图 1-6 客车用蜗轮蜗杆式手制动机

货车上安装的人力制动机种类较多,目前大部分货车安装使用的是 NSW 型手制动机,如图 1-7 所示。通过转动手轮、操控功能手柄可以产生制动、缓解作用。

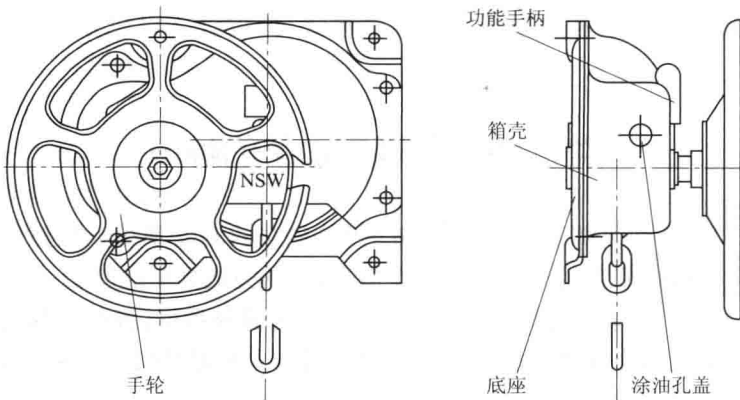


图 1-7 货车用 NSW 型手制动机

二、真空制动机

真空制动机是以大气压力作为动力来源,用对空气抽真空的程度(真空度)来操纵制动和缓解的制动机。真空制动机的压力最高只能达到 100 kPa,制动力较小,气密性要求很高,提高制动力、提高牵引质量困难。目前只在巴基斯坦、孟加拉国、泰国、赞比亚等极少数国家使用。

真空制动机在非人力制动机中是构造简单、价格低廉、检修也比较方便的模式,其既能阶段制动,也能阶段缓解,而且可以保证牵引质量为1 000 t、制动初速度为80 km/h的货物列车紧急制动距离不超过800 m。但是,由于大气压强本身有限,“绝对真空”又很难达到,还需要直径较大的制动缸和较粗的列车管,质量大,占用空间也大,所以,许多采用真空制动系统的铁路,随着牵引质量和运行速度的提高,已经或正在向空气制动过渡。

三、空气制动机

空气制动机是以压缩空气为动力源,利用空气压力的变化来操纵的制动机。它的制动力大、操纵控制灵敏便利。空气制动机根据不同的作用原理又可分为直通空气制动机和自动空气制动机两种。

(一)直通空气制动机

最早出现的空气制动机是直通空气制动机,其组成如图1-8所示。

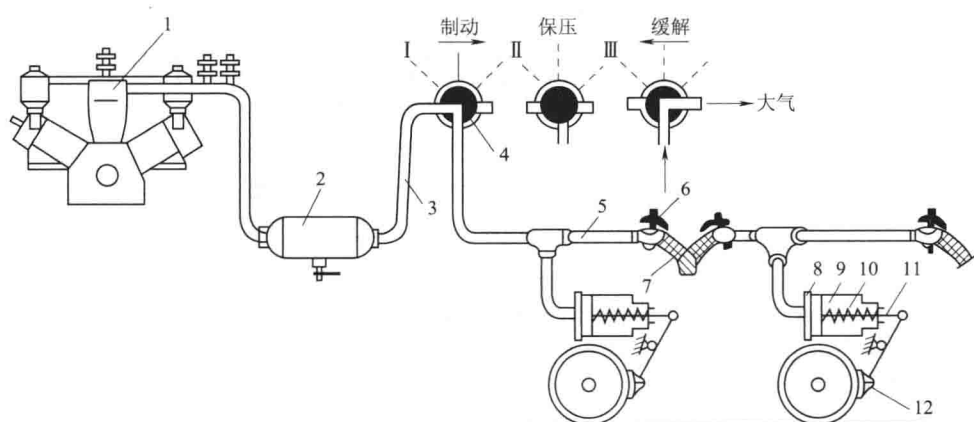


图1-8 直通空气制动机示意图

1—空气压缩机;2—总风缸;3—总风缸管;4—制动阀;5—列车管;6—折角塞门;
7—制动软管;8—制动缸;9—制动缸活塞;10—缓解弹簧;11—活塞杆;12—闸瓦

1. 作用原理

空气压缩机将提供压缩空气并储存到总风缸,根据制动阀的作用位置,可以输送到列车管、制动缸或从制动阀排出,实现制动机的制动、保压、缓解作用。

制动阀手把有制动、保压和缓解三个作用位置。

(1)制动阀手把置I位(制动位)时,总风缸的压缩空气经制动阀、列车管直接进入每辆车的制动缸,使制动缸活塞杆推出,带动闸瓦压紧车轮,列车产生制动作用。

(2)制动阀手把置II位(保压位)时,总风缸、列车管、大气之间的通路均被遮断,制动缸内压力和闸瓦压紧车轮的压力均保持不变,列车产生保压作用。

(3)制动阀手把置III位(缓解位)时,列车管及所有制动缸的压缩空气经制动阀排气口排出。制动缸活塞被缓解弹簧推回,闸瓦离开车轮踏面,列车制动状态得到缓解。

2. 基本特点及主要优缺点

(1)基本特点:列车管直接通向制动缸,列车管充气时,制动缸也充气并产生制动作用;列

车管排气时,制动缸也排气并产生缓解作用。

(2)主要优点:具有阶段制动、阶段缓解作用且动作比较迅速;系统结构简单,适于单节车辆、短编组列车(动车组)使用。

(3)主要问题:列车前后部发生制动、缓解作用的时间差过大,纵向冲击严重;列车发生脱钩事故或列车管漏泄严重时,将失去制动能力,不能自动停车。

(二)自动空气制动机

自动空气制动机是在每辆车上增加了一个分配阀或者控制阀,增加了一个副风缸等配件构成,是目前世界多数国家普遍采用的制动模式,也是中国普速客车、货车安装使用的主型制动机。其组成如图 1-9 所示。

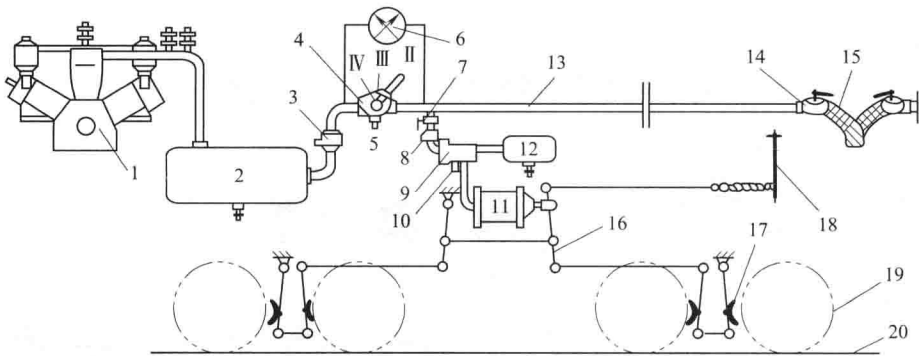


图 1-9 自动空气制动机示意图

1—空气压缩机;2—总风缸;3—给风阀;4—自动制动阀;5—自动制动阀排气口;6—双针压力表;
7—截断塞门;8—远心集尘器;9—分配阀;10—分配阀排气口;11—制动缸;12—副风缸;13—列车管;
14—折角塞门;15—制动软管;16—杠杆、拉杆;17—闸瓦、闸瓦托;18—人力制动机;19—车轮;20—钢轨

1. 组成部件及主要功能

(1)空气压缩机:提供列车空气制动机使用的压缩空气(800~900 kPa)。

(2)总风缸:储存压缩空气。

(3)给风阀:将总风缸储存的压缩空气调整到规定的压力后(普速客车 600 kPa,货车 500 kPa),通过列车管向列车输送。

(4)自动制动阀:由司机操纵,使列车产生制动或缓解作用(简称自阀)。

(5)自动制动阀排气口:列车制动时,排出列车管内的压缩空气。

(6)双针压力表:显示给风阀输出的压力和列车管内的压力。

(7)截断塞门:控制本车空气制动机的开通使用或关闭停用(常开位)。

(8)远心集尘器:收集来自列车管内的灰尘杂质,保证分配阀正常工作。

(9)分配阀:自动空气制动机的核心部件。根据列车管内压力的变化,产生制动或缓解作用(或控制阀:功能同分配阀,在货车上安装使用)。

(10)分配阀排气口:制动机缓解时,排出制动缸内的压缩空气。

(11)制动缸:制动时,在副风缸压力作用下将活塞杆推出,产生制动作用。

(12)副风缸:制动机缓解时,储存来自总风缸的压缩空气;制动时,输送给制动缸。

(13)列车管:又称制动管。贯通全列车,输送压缩空气。

(14)折角塞门:控制车与车之间列车管通路的开通或关闭(常开位;列车两端为常闭位)。

(15)制动软管:连接车与车之间的制动管路。

(16)杠杆、拉杆等:传递并放大制动缸活塞推力,使闸瓦压紧车轮踏面。

(17)闸瓦、闸瓦托:制动、缓解的最后执行零件。制动时与车轮踏面接触产生摩擦力,使钢轨与车轮间产生制动作用力。

(18)人力制动机:辅助制动装置。有手制动机和脚踏制动机两种。

2. 作用原理

储存在总风缸的压缩空气根据制动阀的作用位置,向列车管输送或保持压力,以控制列车制动机产生制动、保压、缓解作用。

(1)自动制动阀 4 手把置Ⅳ位(制动位)时,总风缸 2 的压缩空气保持不动。列车管 13 的压缩空气经过制动阀排气口 5 排向大气(简称列车管减压)。与此同时,分配阀 9 内部动作,使副风缸 12 里储存的压缩空气经过分配阀进入制动缸 11,使列车产生制动作用。

(2)自动制动阀 4 手把置Ⅲ位(保压位)时,总风缸、列车管、制动缸、副风缸、大气之间的通路均被遮断,制动缸内压力保持不变,列车产生保压作用。

(3)自动制动阀 4 手把置Ⅱ位(缓解位)时,总风缸的压缩空气经过制动阀、列车管、分配阀进入副风缸储存。与此同时,制动缸里的压缩空气经分配阀排气口 10 排向大气。制动缸活塞回位,列车产生缓解作用。

3. 基本特点及主要优缺点

(1)基本特点:列车管减压时,分配阀内部动作,副风缸里的压缩空气进入制动缸并产生制动作用;列车管充气时,副风缸储存压缩空气,此时制动缸排气而产生缓解作用。其特点与直通空气制动机恰恰相反。

(2)主要优点:列车发生脱钩事故或列车管漏泄严重时,分配阀将动作,副风缸里的压缩空气进入制动缸,产生制动作用,使列车自动停止运行;列车前后部发生制动、缓解作用的时间差较少,纵向冲击较小,适于长大列车编组运行。

CRH1 型和 CRH5 型动车组均安装了一套用于救援和回送的备用自动空气制动系统。

(3)主要问题:结构比较复杂,不具有阶段缓解功能。

四、电空制动机

电空制动机是电气控制空气制动机的简称,就是在空气制动机的基础上加装电磁阀等电气控制配件构成。它的特点是制动、缓解作用的操纵控制由电信号实现,但是完成作用的源动力还是压缩空气。如果制动机的电气控制部分因故障而失效时,仍可以作为空气制动机使用。

如图 1-10 所示为电空制动机的构造原理图。在制动时各车的制动电磁阀排气口同时打开,将列车管的压缩空气排向大气,产生制动作用。在缓解时各车的缓解电磁阀同时打开,使加速缓解风缸里的压缩空气同时向列车管充气,提高了缓解速度。利用保压电磁阀还可以实现阶段缓解作用和保压作用。

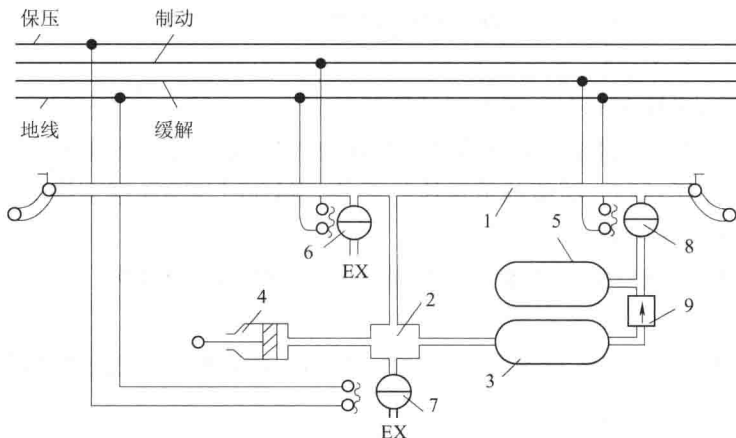


图 1-10 电空制动机原理图

1—列车管；2—分配阀；3—副风缸；4—制动缸；5—加速缓解风缸；
6—制动电磁阀；7—保压电磁阀；8—缓解电磁阀；9—止回阀；EX—排气口

在列车速度很高或列车编组很长，空气制动机难以满足要求时，采用电空制动机可以明显改善列车前后部制动和缓解作用的一致性，显著减轻列车纵向冲击并缩短制动距离。

世界各国许多时速 200 km 以上的高速列车和时速 160 km 的列车都采用了电空制动机。我国铁路上运行的时速 160 km 的客车也安装了电空制动机，只是目前尚未得到普遍使用。而我国铁路上运行的“和谐号”系列动车组，都安装有微机控制直通空气制动机，配合动力制动系统实现动车组的制动和缓解作用。

五、动车组制动系统

动车组是由动车和拖车组成的固定编组列车。动车组制动系统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，不存在机车及单机走行，故没有单独制动及单独制动阀的概念；制动系统采用电气指令来控制制动缓解动作，故没有对列车管内的压缩空气进行充气增压、排气减压的概念；采用微机控制，故没有动力制动的人工控制方式方法要求等。

动车组制动系统与传统制动机不同，还体现在不再像传统的制动机那样在机车车辆上相对独立，有明显的构成系统，而是与其他部分的联系更密切了，如列控车载设备、空气弹簧悬挂系统、牵引变流器等。动车组制动系统不仅在技术构成上有其特点，在与此相关的分析研究、设计制造、运用维修等各个环节上，也因为相互间关联度的加大而产生深远影响。

高速运行的动车组给列车的制动能力、运行平稳性等方面提出了新的要求。因此，必须装备高效率和高安全性的制动系统，为列车正常运行提供调速和停车的保障，并保证在意外故障或其他必要情况下有尽可能短的制动距离。另外，高速运行的动车组对制动系统的可靠性和制动时的舒适度也提出了更高的要求。所以，动车组制动系统的组成与普通的旅客列车差别很大，它是一个能提供强大制动力并能更好地利用黏着的复合制动系统。目前在我国运用的“和谐号”系列各种动车组制动系统的组成并不完全相同，但主要都是由制动控制系统、动力制动系统、空气制动系统、供风系统、防滑装置和基础制动装置等组成，如图 1-11 所示。