

国家双高“铁道机车专业群”系列 活页工作手册式立体化教材
——铁道机车运用与维护专业

电力机车制动机

主 编 ◎ 李书营 马金法 张琼洁

副主编 ◎ 单绍平 李孝坤 毛乾亚

主 审 ◎ 尚宝鸿

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书针对高等职业院校技能型人才培养的特点，以和谐型电力机车制动系统运用检修的各项任务、项目过程为导向，培养学生面向工作岗位的理论基础和实践能力。全书内容以HXD3C型电力机车CCBⅡ制动系统、HXD2C型电力机车法维莱Eurotrol制动机和HXD1D型电力机车DK-2制动机为主型制动机，包括7个学习项目，分别为：制动系统认知、和谐电力机车风源系统、CCBⅡ制动系统、法维莱Eurotrol制动机、DK-2制动机、基础制动装置、制动理论基础认知。书末有2个实训项目：制动机操纵与故障处理、制动机的典型部件检修。

本书融和谐型电力机车制动系统理论知识和运用检修于一体，可作为高等职业院校电力机车专业的教材，也可作为职工教育、技工学校等电力机车专业的教学用书，同时可供电力机车运用与检修人员和有关工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

电力机车制动机 / 李书营，马金法，张琼洁主编
— 成都：西南交通大学出版社，2023.8
ISBN 978-7-5643-9349-6

I. ①电… II. ①李… ②马… ③张… III. ①电力机
车—制动器—高等职业教育—教材 IV. ①U264.91

中国国家版本馆 CIP 数据核字（2023）第 111690 号

Dianli Jiche Zhidongji

电力机车制动机

责任编辑 / 张华敏
主 编 / 李书营 马金法 张琼洁 特邀编辑 / 杨开春 陈正余
封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话：028-87600564 028-87600533
网址：<http://www.xnjdcbs.com>
印刷：成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 19.75 字数 475 千
版次 2023 年 8 月第 1 版 印次 2023 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-9349-6
定价 56.00 元

课件咨询电话：028-81435775
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562



视频：“机车制动”课程简介

重载运输已成为我国铁路货运发展的方向和必然趋势，目前重载列车牵引质量已达到 5 000 ~ 20 000 t，需要大功率的机车作为牵引动力。目前全国铁路已有万余台“和谐型”和“复兴号”大功率重载交流传动机车承担重载牵引，大功率交流传动机车已成为我国主流牵引动力。

随着铁路牵引动力新技术的发展，为了确保给铁路运输提供坚实可靠的人才保障，快速提升企业在职人员和职业院校学生实际运用和检修的专业水平，我们在参考HXD型电力机车制动机相关技术资料的基础上，从实际需要出发，编写了本教材。

本教材以培养电力机车运用与检修岗位所需的专业核心能力为目标，在机务生产一线人员的共同参与下，对照电力机车司机、电力机车电工、钳工、制动钳工等岗位应具备的电气系统操作、维护保养、检查检修、试验、故障应急处理等能力要求及标准选定教学内容。书中以专业岗位真实工作任务和真实工作过程为导向，共包括7个学习项目和2个实训项目。其中，7个学习项目是：制动系统认知、和谐电力机车风源系统、CCB II 制动系统、法维莱 Eurotrol 制动机、DK-2 制动机、基础制动装置、制动理论基础认知。2个实训项目是：制动机操纵与故障处理、制动机的典型部件检修。全书共包括74个学习任务和技能训练任务。

本教材的特点是以工作任务为中心，技能训练为引导，基础理论知识为背景，根据训练任务的需要把背景知识融入能力训练项目之中，使理论知识与实践有机融合。

本教材配套了丰富的数字资源，将“机车制动”课程涉及的知识内容，生动、直观地呈现在读者面前，使读者对所学知识更易领会并融会贯通，提高了学习效率，也提升了学习能力。

本教材由郑州铁路职业技术学院李书营、马金法、张琼洁主编，郑州铁路职业技术学院单少平、李孝坤、毛乾亚任副主编。具体编写分工如下：李书营编写项目二、项目四、项目六，马金法编写项目三、项目八，张琼洁编写项目五、项目九，单绍平编写项目七、项目一，李孝坤、毛乾亚参与部分立体素材的制作与整理。全书由郑州机务段尚宝鸿担任主审。

本教材在编写过程中，郑州铁路职业技术学院机车车辆学院、郑州铁路局机务处、郑州机务段、郑州职工培训基地的专家和同仁对编写工作给予了大量的指导和帮助，在此，编者谨向他们致以深深的谢意。

由于编写水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和不当之处，恳请读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者

2023年3月



上篇 理论篇

项目一 制动系统认知	003
任务一 制动系统基本概念认知	004
任务二 制动系统发展认知	005
任务三 制动系统分类认知	006
任务四 早期制动系统工作原理认知	008
项目二 和谐型电力机车风源系统	014
任务一 机车空气管路系统整体认知	015
任务二 HXD1 型电力机车风源系统认知	016
任务三 HXD2 型电力机车风源系统认知	021
任务四 HXD3 型电力机车风源系统认知	026
任务五 机车辅助管路系统认知	035
项目三 CCB II 型制动机	042
任务一 CCB II 型制动机的整体组成认知	043
任务二 CCB II 型制动机电空控制单元模块认知	044
任务三 CCB II 型制动机制动显示屏认知	045
任务四 CCB II 型制动机微处理器认知	046
任务五 CCB II 型制动机继电器接口模块认知	048
任务六 CCB II 型制动机电空控制单元模块认知	049
任务七 CCB II 型制动机均衡风缸控制模块认知	051
任务八 CCB II 型制动机制动管控制模块认知	054
任务九 CCB II 型制动机 16CP 控制模块认知	057
任务十 CCB II 型制动机 20CP 控制模块认知	061
任务十一 CCB II 型制动机 13CP 控制模块认知	064
任务十二 CCB II 型制动机制动缸控制模块认知	065
任务十三 CCB II 型制动机 DBTV 控制模块认知	066

任务十四	CCB II 型制动机各组成间的控制关系认知	068
任务十五	CCB II 型制动机气路综合作用分析	069
任务十六	CCB II 型制动机的备份与故障检测认知	083
项目四 法维莱 Eurotrol 制动机		086
任务一	法维莱 Eurotrol 制动机的整体组成认知	087
任务二	法维莱 Eurotrol 制动机司机制动控制器认知	089
任务三	法维莱 Eurotrol 制动机制动显示屏认知	090
任务四	法维莱 Eurotrol 制动机司机制动阀认知	091
任务五	法维莱 Eurotrol 制动机作用阀模块认知	094
任务六	法维莱 Eurotrol 制动机 EMP 模块认知	095
任务七	法维莱 Eurotrol 制动机分配阀组成认知	100
任务八	法维莱 Eurotrol 制动机中继阀认知	102
任务九	法维莱 Eurotrol 制动机停放制动模块认知	107
任务十	法维莱 Eurotrol 制动机隔离模块、流量计认知	108
任务十一	法维莱 Eurotrol 制动机制动控制单元认知	109
任务十二	法维莱 Eurotrol 制动机综合作用分析	117
项目五 DK-2 型机车制动机		122
任务一	DK-2 型机车制动机整体认知	123
任务二	DK-2 型机车制动控制器认知	127
任务三	DK-2 型机车制动机显示屏认知	128
任务四	DK-2 型机车制动机中继阀认知	135
任务五	DK-2 型机车制动机分配阀认知	138
任务六	DK-2 型机车制动机紧急阀认知	146
任务七	DK-2 型机车制动机重联阀认知	150
任务八	后备制动阀、风压表、单缓等按钮认知	153
任务九	主压缩机启/停控制模块认知	155
任务十	均衡压力控制模块认知	156
任务十一	列车管压力控制模块认知	157
任务十二	制动缸控制模块认知	160
任务十三	停放制动控制模块认知	163
任务十四	升弓控制模块认知	165
任务十五	撒砂控制模块认知	166
任务十六	制动控制单元 BCU 认知	167
任务十七	DK-2 型机车制动机的综合作用认知	168

项目六 基础制动装置	177
任务一 HXD1C 型电力机车基础制动装置认知	178
任务二 HXD2 型电力机车基础制动装置认知	186
任务三 HXD3 型电力机车基础制动装置认知	192
任务四 空气防滑器认知	196
任务五 制动倍率、传动效率和制动率分析	201
任务六 制动力分析	204
项目七 制动理论基础认知	211
任务一 制动系统常用名词术语认知	212
任务二 制动缸压力的计算	217
任务三 制动管最小及最大有效减压量的确定	220
任务四 列车纵向动力作用认知	223
下 篇 实 训 篇	
项目八 制动机操纵与故障处理	229
任务一 CCB II 型制动机检查试验	230
任务二 CCB II 型制动机故障处理	233
任务三 法维莱 Eurotrol 制动机检查试验	248
任务四 法维莱 Eurotrol 制动机故障处理	251
任务五 DK-2 型制动机的操作	254
任务六 DK-2 型制动机检查试验	266
任务七 DK-2 型制动系统故障处理	269
任务八 HXD3C 型电力机车制动机单机日常试验程序	280
任务九 HXD3C 型电力机车制动机 单机检修后试验程序	284
任务十 HXD1C 型机车法维莱制动系统作业流程	290
项目九 制动机部件检修	294
任务一 螺杆式空气压缩机检修	295
任务二 中继阀检修	299
任务三 109 型分配阀检修	303
参考文献	307

上
篇

理论篇



项目一 制动系统认知 ▶▶▶

项目描述

制动系统关乎运输安全，是运输设备性能的重要体现，在运输设备中具有举足轻重的地位。本项目主要讲解制动的概念和一些制动常识。

知识目标

1. 掌握一些常见的制动概念、制动常识。
2. 掌握各种制动方式的分类及各自特点。
3. 了解制动机的发展历史，掌握其发展脉络。

能力目标

1. 会分析典型自动空气制动机的工作原理。
2. 能够独立进行制动机系统各管路的识别。
3. 能分别阐述各管路在制动机系统中的作用。
4. 建立制动机控制的整体思路和框架，对制动机有基本的宏观认知。

思政目标

1. 培养“敬业爱岗、遵章守纪、乐于奉献”的职业精神。
2. 牢记“安全第一、以质量促安全”的职业规范。
3. 树立“因果”理念，弘扬“精益求精”工匠精神。



任务一 制动系统基本概念认知

任务描述

1. 学习制动系统相关概念。
2. 分析制动过程中必须具备的基本条件。
3. 掌握制动系统的组成。
4. 充分理解制动系统的重要意义。

知识储备

日常生活中，任何运输工具都离不开制动系统。小到自行车，大到航天飞机，制动系统都起着保证运输安全的重要作用。对于铁路运输来讲，列车的运行过程包括牵引、惰行和制动 3 个基本工况，而制动工况的顺利实施关键在于制动系统有效、可靠地工作。那么，什么是制动系统？它包括哪些组成部分呢？下面先介绍两个基本概念——制动、制动力。

所谓制动，是指能够人为地产生列车减速力并控制这个力的大小，从而控制列车减速或阻止它加速运行的过程。制动过程必须具备两个基本条件：

- (1) 实现能量转换。
- (2) 控制能量转换。

简单的制动系统在实现能量转换的同时进行能量转换的控制。比如自行车的刹车，在捏闸的同时通过施加力的大小来完成制动力大小的控制。

随着机车车辆技术的发展，实现能量转换的设备为制动系统中的基础制动装置，通过基础制动装置将制动缸的压缩空气的压力转换为相对应的制动力，通过制动机控制基础制动装置的制动缸压力的大小，实现制动过程中能量转换速度与大小的控制。

制动力是指制动过程中所形成的可以人为控制的列车减速力。

制动系统是指能够产生可控制的列车减速力，以实现和控制能量转换的装置或系统。制动系统由制动机、手制动机和基础制动装置 3 大部分组成。其控制关系（即工作流程）如图 1-1 所示。

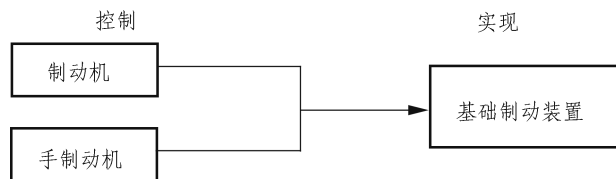


图 1-1 制动系统的控制关系

无论是机车还是车辆，都具有各自的制动系统，即各自的制动机、手制动机和基础制动装置。当机车、车辆编组成列车后，其各自的制动系统相互联系而构成一个统一的制动系统——列车制动系统。制动系统则有机车制动系统、车辆制动系统和列车制动系统之分。

由于制动系统的设置目的是实现列车能够按照人的意志减速或准确停车，所以，制动系性能的好坏，不仅影响着列车的制动效果，而且影响着铁路运输生产和安全。衡量制动系统性能的优劣，主要是衡量制动机性能的好坏。性能良好的制动机对铁路运输有以下几方面的促进作用：

- (1) 保证行车安全。
- (2) 充分发挥牵引力，增大列车牵引质量，提高列车运行速度。
- (3) 提高列车的区间通过能力。

学习指导

制动过程必然伴随着能量转换的过程。由于对制动结果的要求不同，比如，有发生紧急情况时必须立即停车的紧急制动，也有为了调速而施加的常用制动；就算是常用制动，也有需要制动力大使减速效果明显的制动，也有为了舒适而采用的最小制动力制动，所有这些，都需要在制动过程中进行能量转换的控制。这个控制在现代制动系统中实际上就是控制制动缸压力的变化。制动机与基础制动装置的结合点就是制动缸，对制动机来说，制动缸压力变化是它的输出结果，对基础制动装置来说，制动缸压力的变化是基础制动装置工作的前提。所以，制动机和基础制动装置组合在一起形成了制动系统，以完成制动功能。

任务自检

1. 为什么要学习制动系统知识？
2. 制动系统主要由哪些部件组成？

任务二 制动系统发展认知

任务描述

1. 学习制动系统的发展历程。
2. 分析制动系统发展过程中的关键因素。
3. 了解制动系统的发展方向。

知识储备

1825年9月27日，英国在斯多克顿至达林顿之间建成了世界上第一条铁路，于是世界上第一列由蒸汽机车牵引的列车开始运营。当时所使用的制动机是人力制动机，即手制动机。在工作中，需设置若干名制动员，当运行中需要制动（刹车）时，司机发出信号，由制动员们分别操纵每一节车上的手制动机进行制动。可见，人力制动不仅使工作在较恶劣环境中的制动员的劳动强度增大，更主要是大大降低了列车中各车辆制动的同步性，从而造成严重的制动冲击，影响列车制动效果。

1869年，美国工程师乔治·韦斯汀豪斯发明了世界上第一台空气制动机——直通式空

气制动机。直通式空气制动机属于气动装置，并且由司机单独操纵，所以与人力制动机相比，大大提高了列车制动的同步性，减小了制动冲击，改善了列车的制动效果。但是，由于直通式空气制动机自身的工作机理，使其在运用过程中存在致命的弱点——当列车分离时，列车将失去制动作用。

1872年，乔治·韦斯汀豪斯在直通式空气制动机的基础上，研制出了一种新型的空气制动机——自动空气制动机。自动空气制动机克服了直通式空气制动机的致命弱点，从而在铁路运输领域得到了广泛的应用，直到科技高度发展的今天，世界各国的铁路运输列车所使用的空气制动机，其工作原理均源于自动空气制动机。

20世纪60年代，随着科学技术的发展，电空制动技术在铁路运输领域被广泛应用，产生了电空制动机，从而改善了制动机的工作性能，为铁路运输提供了更为可靠的安全措施。

学习指导

制动系统发展的核心是提高制动机的工作性能。以压缩空气作为制动原力是制动系统发展的基石。

现代制动系统的发展主要体现在控制上，即制动机（制动缸压力变化）的控制方式的发展。

任务自检

1. 直通式空气制动机存在什么问题？
2. 谁发明了自动空气制动机？

任务三 制动系统分类认知

任务描述

1. 学习制动系统的分类。
2. 按照不同的分类标准对制动系统进行分类。

知识储备

制动过程是人为产生并控制列车减速力的大小，从而控制列车减速运行或阻止它加速的过程。制动过程中所需要的作用动力和控制信号的不同是区别不同制动机的重要标志。例如，空气制动机的作用动力和控制信号均为压缩空气（又称压力空气）；电空制动机的作用动力也是压力空气，但其控制信号则为电信号。因此，了解制动机的作用动力和控制信号，是分析和掌握该制动机工作过程的基本前提。

理论上，常以制动方式区别不同方式的制动。所谓制动方式是指制动过程中列车动能的转移方式或制动力的形成方式。按照列车动能转移方式的不同，制动方式可分为热逸散和将动能转换成有用能两种基本方式，如图1-2所示。

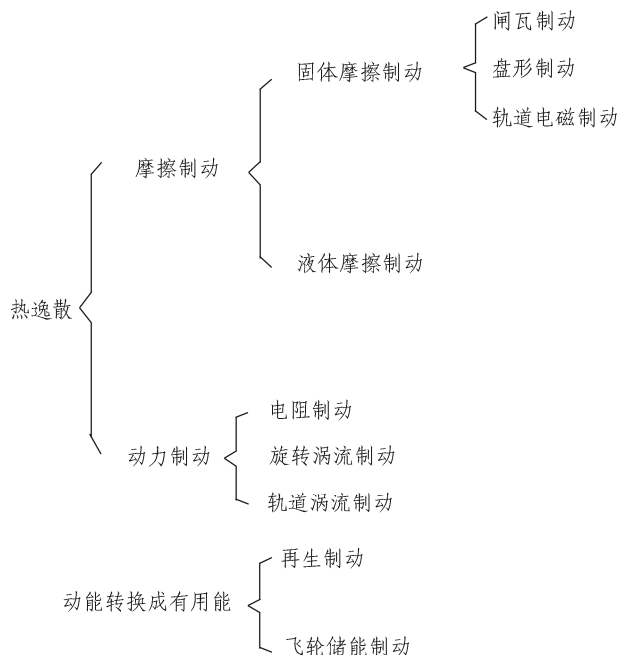


图 1-2 制动方式（按列车动能转移方式分）

按照制动力形成方式的不同，制动方式又可分为黏着制动和非黏着制动。制动力的形成是通过轮轨间的黏着来实现的制动，称为黏着制动；反之，不通过轮轨间的黏着来形成制动力的制动，则称为非黏着制动。黏着制动和非黏着制动的分类见表 1-1。

制动机按作用对象可分为机车制动机和车辆制动机；按控制方式和动力来源可分为空气制动机、电空制动机和真空制动机等。

表 1-1 黏着制动与非黏着制动的分类

制动类型	分类		备注
黏着制动	1. 摩擦制动	踏面制动	广泛应用
		盘形制动	
	2. 动力制动	电阻制动	在电力机车上普遍采用
		再生制动	在电力机车上采用
		加馈电阻制动	在电力机车上普遍采用
3. 惯性制动	飞轮蓄能制动		
非黏着制动	4. 磁轨摩擦制动		在高速机车、动车组上采用，目前尚未普及
	5. 磁轨涡流制动		
	6. 风阻制动及喷气制动		

学习指导

制动系统有不同的分类方法，主要分类方法有：

- (1) 按照列车动能转换方式分类。
- (2) 按照制动力形成方式分类。
- (3) 按照制动系统作用对象分类。

任务自检

1. 按照列车动能转移方式的不同，制动方式如何分类？
2. 按照列车制动力形成方式的不同，制动方式如何分类？

任务四 早期制动系统工作原理认知

任务描述

1. 学习早期制动系统的组成。
2. 分析早期制动系统的工作原理。
3. 了解早期制动系统存在的问题。
4. 了解早期制动系统的改进方向。
5. 分析制动系统以后的发展方向。

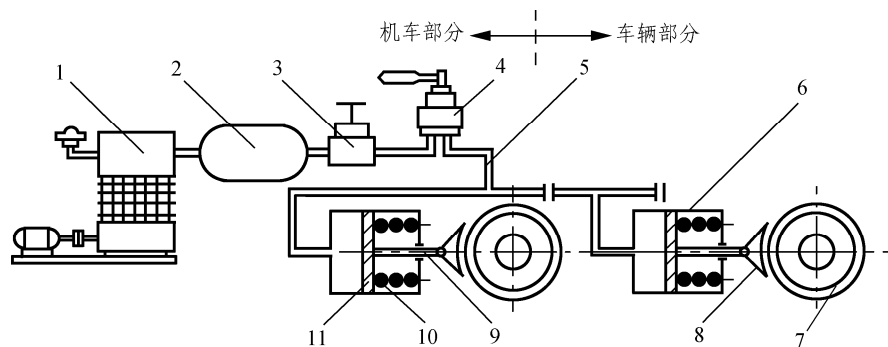
知识储备

如前所述，早期空气制动机的发展经历了直通式空气制动机和自动空气制动机两大阶段，下面将分别讨论其基本作用原理。

一、直通式空气制动机的基本作用原理

(一) 基本构成

直通式空气制动机的结构原理如图 1-3 所示。



1—空气压缩机；2—总风缸；3—调压阀；4—制动阀；5—制动管；6—制动缸；7—车轮；
8—闸瓦；9—制动缸活塞杆；10—制动缸弹簧；11—制动缸活塞。

图 1-3 直通式空气制动机的结构、原理

在车辆上，直通式空气制动机主要由制动管和制动缸组成；在机车上，直通式空气制动机除了包括制动管和制动缸外，还包括空气压缩机、总风缸及操纵整个制动系统的制动阀等组成部分。当编组成列车运行时，机车与车辆、车辆与车辆间除了通过车钩连接外，各自的制动机也要通过制动管连接软管连接，以构成列车统一的制动系统，并且由司机操纵制动阀来实现相应的控制。

（二）基本作用原理

制动系统的工作过程主要包括制动、缓解与保压 3 个基本状态。

1. 制动状态

当列车需要制动时，司机操纵制动阀手柄置于“制动位”，使储存在总风缸内的压力空气经调压阀、制动阀和制动管直接向机车制动缸和车辆制动缸充风，推动制动缸活塞压缩弹簧移动，并由制动传动装置（如制动缸活塞杆、制动杠杆等）将此推力传递到闸瓦上，使闸瓦压紧车轮，产生制动作用。

2. 缓解状态

当列车需要减小或消除制动时，司机操纵制动阀手柄置于“缓解位”，使机车、车辆制动缸内的压力空气经制动管和制动阀排向大气，在制动缸弹簧作用下，制动缸活塞反向移动，并通过制动传动装置带动闸瓦离开车轮，实现缓解作用。

3. 保压状态

当列车需要保持某一制动力时，司机操纵制动阀手柄置于“中立位”，既关断机车、车辆制动缸的充风气路，又关断其排风气路，使机车、车辆制动缸内保持一定的压力，实现保压作用。

综上所述，直通式空气制动机的工作具有以下特点：

（1）由于制动缸的充、排风都需经过制动管来完成，所以可以这样说，制动管充风，产生制动作用；制动管排风，实现缓解作用。恰恰是直通式空气制动机的这一特点，使其存在着“列车分离时，列车制动系统失去制动作用”的致命弱点，这也是直通式空气制动机被淘汰的根本原因。

（2）由于制动管又细又长，必然导致直通式空气制动机在制动时，前部车辆的制动缸充风快、压力高，而后部车辆的制动缸充风慢、压力低，使列车前、后部各车辆的制动同步性较差，从而造成较大的列车制动冲击，尽管其制动效果较人力制动好得多。

二、自动空气制动机的基本作用原理

（一）基本构成

自动空气制动机的结构原理如图 1-4 所示。

自动空气制动机是在直通式空气制动机的基础上增设一个副风缸和一个三通阀（或分配阀）构成的。其中，副风缸用来储存由制动管充入的压力空气，并在制动时向制动缸供给产生压力空气的空气源。三通阀或分配阀的用途是：在制动



微课：自动空气制动机
的工作原理

管充风时，向副风缸充入相同压力的压力空气，并使制动缸排风；在制动缸排风时，停止向副风缸充气，同时使副风缸向制动缸充气。

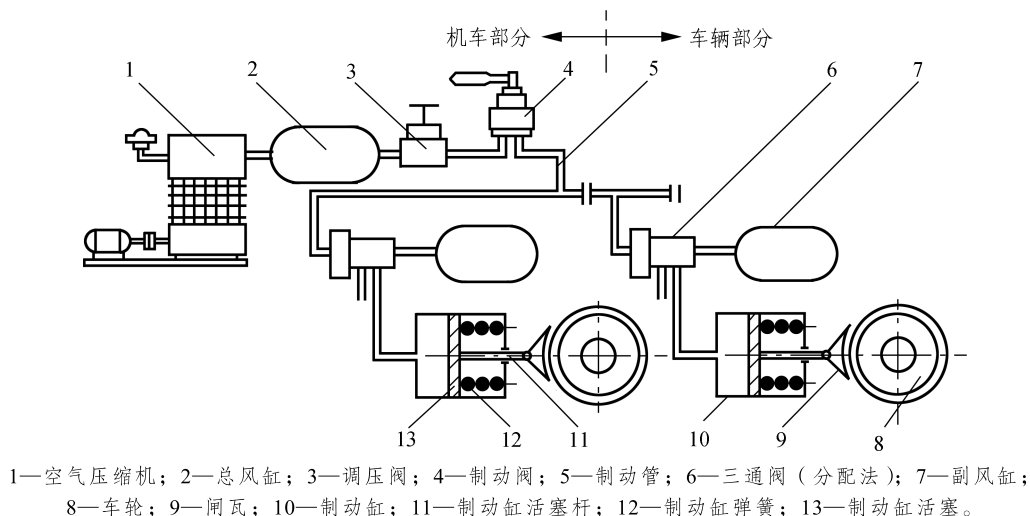
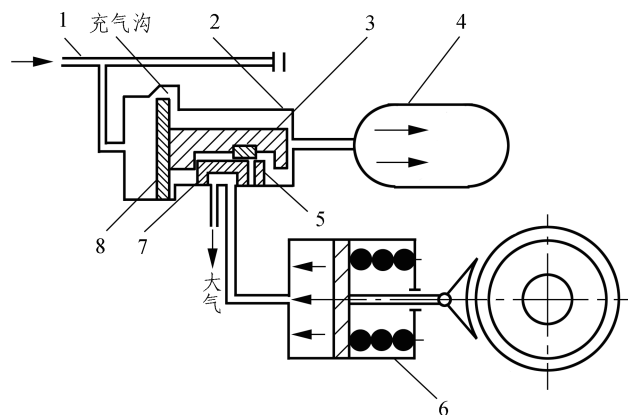


图 1-4 自动空气制动机的结构、原理

（二）基本作用原理

1. 缓解状态

如图 1-5 所示，司机将制动阀手柄置于“缓解位”，压力空气经制动阀向制动管充气，三通阀活塞两侧压力失去平衡而形成向右的压力差，推动活塞带动滑阀、节制阀右移，一方面开通充气沟，使制动管压力空气经充气沟进入副风缸储备；另一方面开通制动缸经滑阀的排风气路，使制动缸排风，最终使闸瓦离开车轮实现缓解作用。



1—制动管；2—三通阀；3—活塞杆；4—副风缸；5—节制阀；6—制动缸；7—滑阀；8—三通阀活塞。

图 1-5 自动空气制动机的缓解状态

2. 制动状态

如图 1-6 所示，司机将制动阀手柄置于“制动位”，制动管内压力空气经制动阀排风，三通阀活塞两侧压力失去平衡而形成向左的压力差，推动活塞左移，关闭充气沟使副风缸

内的压力空气不能向制动管逆流；同时，活塞带动滑阀、节制阀左移，使滑阀遮盖排气口以关断制动缸的排风气路，并使节制阀开通副风缸向制动缸充风的气路，随着压力空气充入制动缸，将推动制动缸活塞右移，最终使闸瓦压紧车轮产生制动作用。

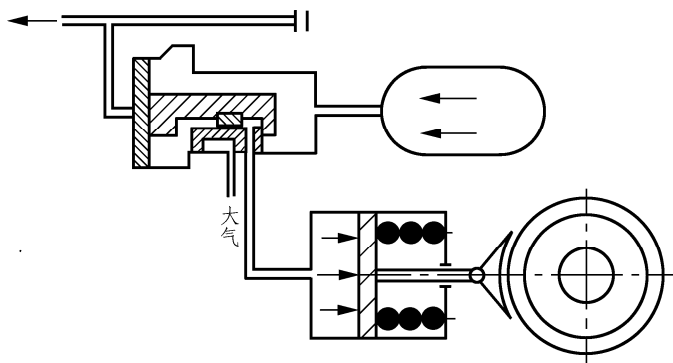


图 1-6 自动空气制动机的制动状态

3. 保压状态

如图 1-7 所示，司机将制动阀手柄置于“中立位”，切断制动管的充、排通风气路，即制动管压力停止变化。随着制动状态时副风缸向制动缸充风的进行，副风缸压力降低，当降到稍低于制动管压力时，三通阀活塞带动节制阀微微右移，从而切断副风缸向制动缸充风的气路，使制动缸既不充风也不排风，即制动机呈保压状态。可见，自动空气制动机具有“制动管充风——缓解，制动管排风——制动”的工作机理，因此，它克服了直通式空气制动机“列车分离时制动系统失去制动作用”的致命弱点，从而得到广泛应用。

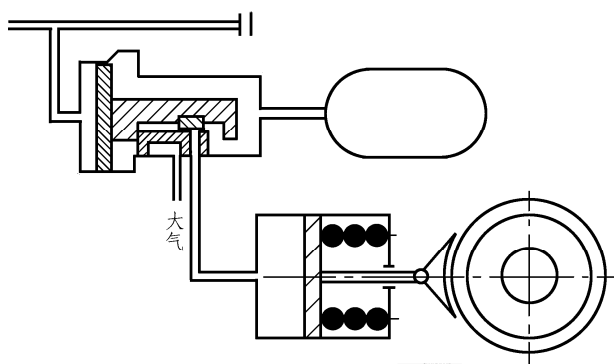


图 1-7 自动空气制动机的保压状态

学习指导

本任务中两个制动机实际上是由机车制动机的一部分（压缩空气的生产、向车辆制动机提供控制信号）和车辆制动机组合而成，最终的作用对象是车辆。

制动管将控制信号送至车辆制动机，从而使机车与车辆协调一致地制动与缓解。

制动缸为车辆制动机的控制对象，由原来的直接控制到自动空气制动机的间接控制，最终作用到车辆基础制动装置上，控制了车辆制动缸的压力变化就控制了车辆的制动与缓解。

副风缸是车辆制动机将车辆制动缸的压力控制由直接转为间接而增设的。

总风缸是机车和车辆的总风源。

现代制动系统的发展主要体现在控制上，即制动机（制动缸压力变化）的控制方式的发展。所以掌握早期以压缩空气作为制动原力的空气制动机的工作原理对后面机车制动机工作原理的学习至关重要。

1. 现代制动系统的组成及控制关系

随着制动机的发展，特别是机车的发展，制动机从早期的只装在车辆上到装在机车上再到机车和车辆上均装有制动机。随着制动机的功能越来越完善，其结构和工作原理也越来越复杂。而对于目前比较典型的机车制动机而言，主要完成以下功能：

- (1) 提供机车和车辆制动机所需要的压缩空气。
- (2) 控制机车自身的制动与缓解。
- (3) 向车辆制动机提供控制信号，从而控制车辆的制动与缓解。

要完成以上功能，制动系统中主要配置有总风缸管、总风联管、制动平均管、制动缸管、作用管、制动管、均衡风缸管。

(1) 总风缸管：向制动机其他管路提供风源，机车制动机系统中的制动缸管、制动管、均衡风缸管都需要由总风缸提供风源。

(2) 总风联管：一方面保证两节机车总风缸压力的相对一致，另一方面，还可在一台机车的空气压缩机故障时，由另一台机车通过总风联管提供压缩空气。

(3) 制动平均管：保证重联机车与操纵端制动缸压力一致，使所有机车制动性能同步一致。

(4) 制动缸管：向下通至单元制动器的制动缸，保证单元制动器的制动和缓解功能的实现。

(5) 作用管：是机车制动机系统的一个重要的中间变量，它的压力直接通过分配阀的均衡部件转换为机车制动缸压力，因此控制了作用管的压力，实现了对机车制动缸压力的控制，由于机车制动机系统控制的复杂性，在机车制动机系统中设置了多个部件来控制作用管的压力变化。

(6) 制动管：是使整列列车实现制动和缓解性能的管路。机车通过控制它的压力变化一方面实现对车辆制动与缓解的控制，另一方面实现对机车制动与缓解的控制。

(7) 均衡风缸管：机车制动机系统中的另一中间控制环节，通过控制均衡风缸的压力变化来控制制动管的压力变化。主要目的是为了解决直接控制制动管压力变化的不足而设置的。

2. 制动系统中各管路的控制关系

- (1) 机车的制动与缓解受机车基础制动装置上的制动缸的压力变化控制。
- (2) 车辆的制动与缓解受车辆制动缸的压力变化控制。
- (3) 车辆制动缸的压力变化由机车提供的制动管压力变化来控制。
- (4) 机车制动缸的压力变化根据机车作用管压力变化来控制。

(5) 机车作用管在机车制动机中存在两种控制方式：一种是直接控制，另一种是根据制动管的压力变化来控制。

- (6) 制动管的压力变化根据机车均衡风缸的压力变化来控制。
- (7) 均衡风缸的压力变化由司机直接控制。
- (8) 总风缸的压力变化由机车的风源系统控制。

项目自检

1. 什么叫制动？什么叫制动方式？
2. 制动机如何分类？
3. 简述直通式空气制动机的构成和工作原理。
4. 简述自动空气制动机的构成和工作原理。
5. 制动系统中主要有哪些管路，它们之间的控制关系是什么？