

国家骨干高职院校建设项目
——铁道机车车辆专业规划教材

交流传动机车

制动系统

JIAOLIU CHUANDONG JICHE ZHIDONG XITONG



主 编 马金法 李书营
副主编 左东亮
主 审 詹 斌



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家骨干高职院校建设项目——铁道机车车辆专业规划教材

交流传动机车制动系统

主 编 马金法 李书营

副主编 左东亮

主 审 詹 斌

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书是高等职业教育铁道机车车辆专业校企合作系列教材之一。针对高等职业院校技能型人才培养的特点,以和谐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CCB-II制动系统和HXD₂C型电力机车法维莱Eurotrol制动机为主型制动机,分为7个项目,分别为:制动系统认知、和谐机车风源系统、CCB-II制动系统、法维莱Eurotrol制动机、基础制动装置、制动理论基础知识、制动机操纵和故障处理,每个项目有若干学习任务和技能训练任务。

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,可作为职工教育、成人中专、职业中专、技工学校等电力机车专业教学用书,也可作为电力机车运用与检修人员和有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

交流传动机车制动系统 / 马金法, 李书营主编. —
成都: 西南交通大学出版社, 2014.4
国家骨干高职院校建设项目. 铁道机车车辆专业规划
教材
ISBN 978-7-5643-2983-9

I. ①交… II. ①马…②李… III. ①交流电力机车
— 车辆制动 — 高等教育 — 教材 IV. ①U264.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第048478号

国家骨干高职院校建设项目——铁道机车车辆专业规划教材

交流传动机车制动系统

马金法 李书营 主编

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路146号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.75

字数: 319千字

2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-2983-9

定价: 28.00元

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

国家骨干高职院校建设 项目化教学规划教材编委会

- 主任** 苏东民（郑州铁路职业技术学院）
李学章（郑州铁路局）
- 副主任** 董黎生（郑州铁路职业技术学院）
张 洲（郑州市轨道交通有限公司）
胡书强（郑州铁路局职工教育处）
- 委员** 宋文朝（郑州铁路局机务处）
石建伟（郑州铁路局车辆处）
马锡忠（郑州铁路局运输处）
王汉兵（郑州铁路局供电处）
杨泽举（郑州铁路局电务处）
李保成（郑州铁路局工务处）
马子彦（郑州市轨道交通有限公司）
张中央（郑州铁路职业技术学院）
华 平（郑州铁路职业技术学院）
张惠敏（郑州铁路职业技术学院）
伍 玫（郑州铁路职业技术学院）
徐广民（郑州铁路职业技术学院）
戴明宏（郑州铁路职业技术学院）
倪 居（郑州铁路职业技术学院）
胡殿宇（郑州铁路职业技术学院）
李福胜（郑州铁路职业技术学院）
冯 湘（郑州铁路职业技术学院）
陈享成（郑州铁路职业技术学院）
耿长清（郑州铁路职业技术学院）
张 勤（郑州铁路职业技术学院）

铁道机车车辆专业项目化教材编委会

- 主 任** 张中央（郑州铁路职业技术学院）
张予生（郑州铁路局郑州机务段）
- 副主任** 张铁竹（郑州铁路职业技术学院）
赵庆国（郑州铁路局郑州机务段）
- 委 员** 石现波（郑州铁路局机务处）
辛宝升（郑州铁路局郑州机务段）
张玉明（郑州铁路局新乡机务段）
赵高亭（郑州铁路局洛阳机务段）
张 远（郑州铁路局职工培训基地）
高 伟（郑州铁路职业技术学院）
马金法（郑州铁路职业技术学院）
李建龙（郑州铁路职业技术学院）
张红涛（郑州铁路职业技术学院）
毕红雪（郑州铁路职业技术学院）
李书营（郑州铁路职业技术学院）
王秀清（郑州铁路职业技术学院）
金 光（郑州铁路职业技术学院）
左东亮（郑州铁路局郑州机务段）
刘向阳（郑州铁路局郑州机务段）
朱永焕（郑州铁路局郑州机务段）
宋天义（郑州铁路局郑州机务段）
郑学温（郑州铁路局郑州机务段）

前 言

重载运输已成为我国铁路货运发展的方向和必然趋势,重载列车牵引重量从 5 000 t 到 1 万 t、2 万 t,需要大批量的大功率牵引动力。目前全国铁路已有数千台“和谐型”大功率重载交流传动机车承担重载牵引,到 2015 年将有 1 万多台投入运用,大功率交流传动机车将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,我们在消化吸收 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。

本教材在编写过程中,首先分析了电力机车运用与检修岗位,确定专业核心能力,从而确定培养专业核心能力所需的知识和能力。围绕这些知识和能力要求,与机务生产一线人员共同进行专业职业能力分析,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,以专业岗位真实工作任务和真实工作过程为导向,开发出制动系统认知、和谐机车风源系统、CCB-II 制动系统、法维莱 Eurotrol 制动机、基础制动装置、制动理论基础知识、制动机操纵和故障处理 7 个项目,48 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。

本教材在编写过程中,得到了郑州铁路职业技术学院“国家骨干高职院校建设项目”办公室的支持,郑州铁路职业技术学院机车车辆学院为该教材的出版投入了大量的人力、物力及财力,郑州铁路局机务处对编写工作给予了具体的指导和帮助,郑州机务段、新乡机务段、洛阳机务段、郑州职工培训基地的部分技师、工程师等直接参与了编写和审稿工作,在此,编者谨向他们致以深深的谢意。

全书由郑州铁路职业技术学院马金法、李书营任主编,左东亮任副主编,郑州机务段詹斌担任主审,参编人员还有郑州铁路职业技术学院毛乾亚。

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

2014 年 1 月

目 录

项目一 制动系统认知	1
任务一 制动系统基本概念认知	1
任务二 制动系统发展认知	3
任务三 制动系统分类认知	5
任务四 早期制动系统工作原理认知	7
项目二 和谐电力机车风源系统	12
任务一 风源系统整体认知	12
任务二 HXD ₂ 机车风源系统认知	14
任务三 HXD ₃ 机车风源系统认知	20
任务四 检修螺杆式空气压缩机	29
项目三 CCBII 制动机	34
任务一 CCBII 制动机的组成整体认知	35
任务二 CCBII 制动机电制制阀认知	37
任务三 CCBII 制动机制动显示屏认知	39
任务四 CCBII 制动机微处理器认知	41
任务五 CCBII 制动机继电器接口模块认知	44
任务六 CCBII 制动机电空控制单元模块认知	45
任务七 均衡风缸控制模块 ERCP 认知	48
任务八 制动管控制模块 BPCP 认知	51
任务九 16CP 控制模块认知	54
任务十 20CP 控制模块认知	58
任务十一 13CP 控制模块认知	60
任务十二 制动缸控制模块 BCCP 认知	62
任务十三 DBTV 控制模块认知	64
任务十四 CCBII 制动机控制关系认知	66
任务十五 CCBII 制动机气路综合作用分析	68
任务十六 CCBII 制动机备份与故障检测认知	79

项目四 法维莱 Eurotrol 制动机	81
任务一 法维莱 Eurotrol 制动机的组成整体认知	82
任务二 法维莱 Eurotrol 制动机司机制动控制器认知	84
任务三 法维莱 Eurotrol 制动机制动显示屏认知	86
任务四 法维莱 Eurotrol 制动机司机制动阀认知	88
任务五 法维莱 Eurotrol 制动机作用阀模块认知	92
任务六 法维莱 Eurotrol 制动机 EPM 模块认知	93
任务七 法维莱 Eurotrol 制动机分配阀组成认知	98
任务八 法维莱 Eurotrol 制动机中继阀认知	100
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 BCU 认知	110
任务十二 法维莱 Eurotrol 制动机综合作用分析	119
项目五 基础制动装置	123
任务一 HXD ₂ 机车基础制动装置与停放制动装置认知	124
任务二 HXD ₃ 机车基础制动装置与停放制动装置认知	131
任务三 空气防滑器认知	135
任务四 制动倍率、传动效率和制动率分析	140
任务五 制动力分析	143
项目六 制动理论基础认知	151
任务一 常用名词术语认知	151
任务二 制动缸压力的计算	157
任务三 制动管最小及最大有效减压量确定	160
项目七 制动机操纵与故障处理	167
任务一 CCBII 制动机检查试验	167
任务二 CCBII 制动机故障处理	171
任务三 法维莱 Eurotrol 制动机检查试验	189
任务四 法维莱 Eurotrol 制动机故障处理	192
参考文献	196

项目一 制动系统认知

【学习目标】

- (1) 会分析制动机系统中的基本概念，会分析制动系统的分类；
- (2) 会分析制动机系统发展的历史，能绘制制动机系统不同发展时期的组成图；
- (3) 会分析典型自动空气制动机的工作原理；
- (4) 能够独立直接进行制动机系统各管路的识别，并能分别阐述它们在制动机系统中的作用。

【项目任务】

- 任务一 制动系统基本概念认知
- 任务二 制动系统发展认知
- 任务三 制动系统分类认知
- 任务四 早期制动系统工作原理认知

【环境设备】

制动机实训室、制动机仿真驾驶装置、制动机示教板、电空制动屏柜、制动机各部件实物。

【复习思考题】

1. 什么叫制动？什么叫制动方式？
2. 制动机如何分类？
3. 直通式空气制动机的构成和工作原理是什么？
4. 自动空气制动机的构成和工作原理是什么？
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？

任务一 制动系统基本概念认知

【任务目标】

学习制动系统相关概念，会分析制动过程中必须具备的基本条件，掌握制动系统的组成。

【任务实施】

学生在教师指导下分组阅读教材，通过查阅资料完成任务目标。

【背景知识】

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。

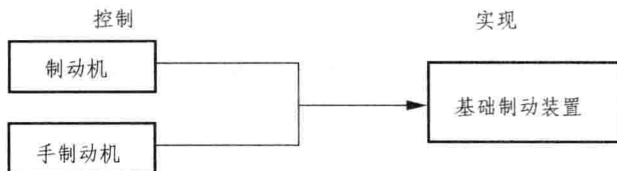


图 1.1 控制关系

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，制动系统性能的好坏，不仅影响着列车制动效果，而且影响着铁路运输生产。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，增大列车牵引重量，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中，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。这个控制在现在制动系统中实际上就是控制制动缸压力变化。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，制动缸的压力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一起形成制动系统，完成制动作用。

【质量评价标准】

评价维度	分值	行为表现描述
问题解决	6	对问题的理解完全正确
	3	对问题部分理解或解释错了
	0	对问题完全理解错了
制订计划	6	只要正确地执行该计划，就能使问题得到解决
	3	基于对问题某部分的正确解释，制订的计划部分正确
	0	没有制订计划，或制订的整个计划不恰当
获得答案	3	正确给出所有的答案
	2	答案不正确（不过错误的答案源于错误的计划），但在计划执行过程中学生的思维具有逻辑性
	1	抄写错误，计算错误，缺少最后答案或只回答出部分答案
	0	没有答案，或者解题计划错误导致答案错误

任务二 制动系统发展认知

【任务目标】

学习制动系统发展过程，会分析制动系统发展过程中的关键因素。清楚制动系统的发展方向。

【任务实施】

学生在教师指导下分组阅读教材，通过查阅资料完成任务目标。

【背景知识】

1825年9月27日，在英国的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，更主要的是大大降低了列车中各车辆制动的同时性，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时性，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，存在着致命的弱点——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，从而在铁路运输中，得到了广泛的应用，甚至直到科技高度发展的今天，世界各国铁路运输的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中广为应用，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。

【质量评价标准】

评价维度	分值	行为表现描述
问题解决	6	对问题的理解完全正确
	3	对问题部分理解或解释错了
	0	对问题完全理解错了
制订计划	6	只要正确地执行该计划，就能使问题得到解决
	3	基于对问题某部分的正确解释，制订的计划部分正确
	0	没有制订计划，或制订的整个计划不恰当
获得答案	3	正确给出所有的答案
	2	答案不正确（不过错误的答案源于错误的计划），但在计划执行过程中学生的思维具有逻辑性
	1	抄写错误，计算错误，缺少最后答案或只回答出部分答案
	0	没有答案，或者解题计划错误导致答案错误

任务三 制动系统分类认知

【任务目标】

学习制动系统的分类，会按照不同的分类标准对制动系统进行分类。

【任务实施】

学生在教师指导下分组阅读教材，通过查阅资料完成任务目标。

【背景知识】

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。

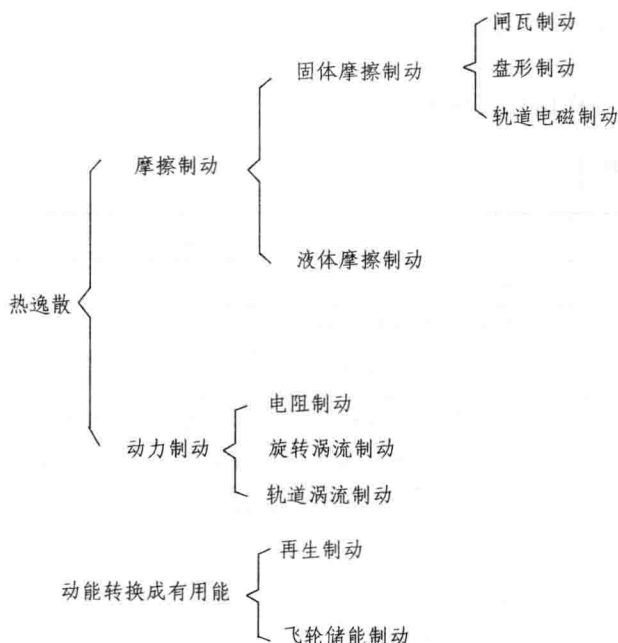


图 1.2 制动方式（按列车动能转移方式分）

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分类见表 1-1。

表 1-1 黏着制动与非黏着制动分类表

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		

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。

【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。

【质量评价标准】

评价维度	分值	行为表现描述
问题解决	6	对问题的理解完全正确
	3	对问题部分理解或解释错了
	0	对问题完全理解错了
制订计划	6	只要正确地执行该计划，就能使问题得到解决
	3	基于对问题某部分的正确解释，制订的计划部分正确
	0	没有制订计划，或制订的整个计划不恰当
获得答案	3	正确给出所有的答案
	2	答案不正确（不过错误的答案源于错误的计划），但在计划执行过程中学生的思维具有逻辑性
	1	抄写错误，计算错误，缺少最后答案或只回答出部分答案
	0	没有答案，或者解题计划错误导致答案错误

任务四 早期制动系统工作原理认知

【任务目标】

学习早期制动系统组成，会分析早期制动系统工作原理，特别是自动空气制动机的工作原理。

【任务实施】

学生在教师指导下分组阅读教材，通过查阅资料完成任务目标。

【背景知识】

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

1. 基本构成

直通式空气制动机如图 1-3 所示。

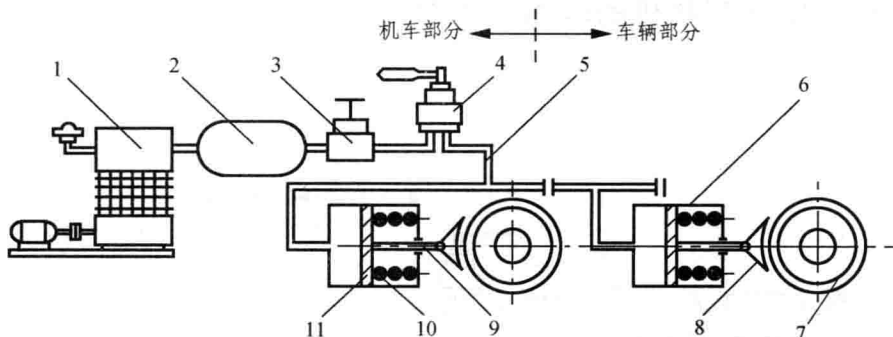


图 1-3 直通式空气制动结构原理图

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

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。

2. 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，并有制动传动装置（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遭淘汰的根本原因。

(2) 由于制动管又细又长，所以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，仍然使列车前、后部各车辆的制动同时性较差，从而造成较大的列车制动冲击，尽管在这方面较人力制动好得多。

二、自动空气制动机的基本作用原理

1. 基本构成

自动空气制动机如图 1-4 所示。

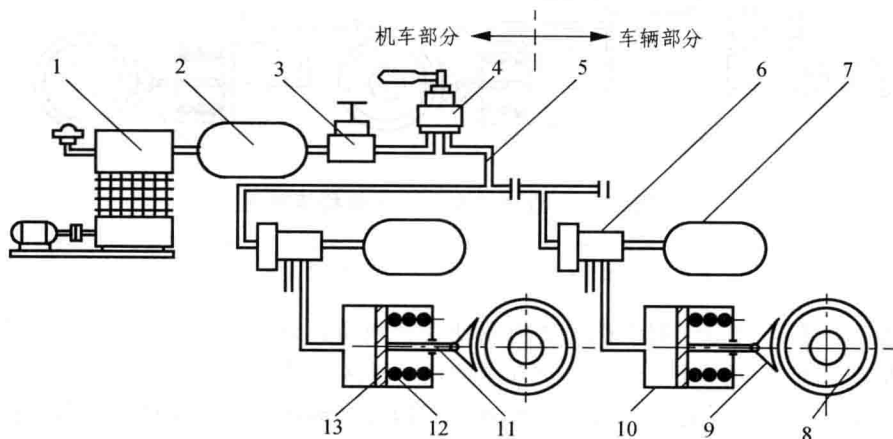


图 1-4 自动空气制动结构原理图

1—空气压缩机；2—总风缸；3—调压阀；4—制动阀；5—制动管；6—三通阀（分配法）；7—副风缸；8—车轮；9—闸瓦；10—制动缸；11—制动缸活塞杆；12—制动缸弹簧；13—制动缸活塞

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）而构成的。其中，副风缸是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压力空气的空气源。三通阀或分配阀的用途是：在制动管充风时，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，停止向副风缸充风，同时使副风缸向制动缸充风。

2. 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风，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。

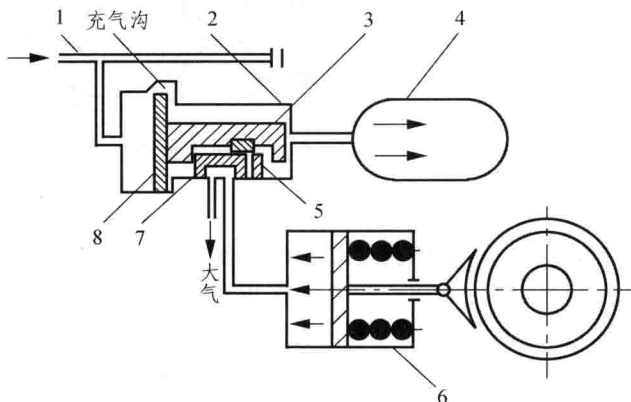


图 1-5 自动空气制动缓解状态

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

（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。

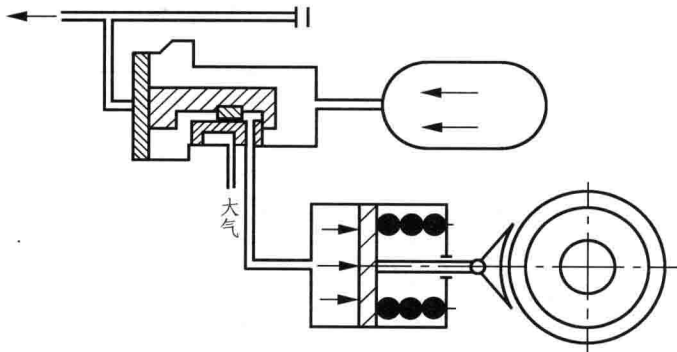


图 1-6 自动空气制动机制动状态

（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