



铁路高职高专规划教材

电力机车制动机

主编 那利和



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路高职高专规划教材

电力机车制动机

主 编 那利和
责任主审 连级三
审 阅 张开文

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 3 年 · 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要介绍 DK-1 型电空制动机的基本结构、工作原理、检修与试验的一般方法。全书共分八章,分别介绍制动理论知识,SS₄ 改进型和 SS₈ 型电力机车风源系统、基础制动装置、DK-1 型电空制动机,车辆制动机,国内高速、重载列车制动机的基本结构和工作原理。

本书为高等职业学校电力机车专业教材,还可作为中职、职工培训教材,也可供电力机车专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力机车制动机/那利和主编. —北京:中国铁道出版社,2003.8

ISBN 7-113-04860-9

I. 电… II. 那… III. 电力机车-制动器-专业学校-教材 IV. U264.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 061502 号

书 名:电力机车制动机
作 者:那利和 主编
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)
责任编辑:方 军
编辑部电话:市电(010)51873134,路电(021)73134
封面设计:陈东山
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
开 本:787×1092 1/16 印张:10.5 插页:1 字数:256 千
版 本:2002年9月第1版 2003年8月第2次印刷
印 数:5 001~6 150 册
书 号:ISBN 7-113-04860-9/U·1386
定 价:18.60 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,请与本社发行部调换。

发行部电话:市电(010)63545969,路电(021)73169

前 言

本书是铁道部高等职业教育规划教材,由铁路机车专业教学指导委员会根据高等职业教育电力机车专业“电力机车制动机”教学大纲组织编写的。根据我国列车制动技术的发展现状,兼顾电力机车运用、检修工作实际,全面、系统地介绍相关制动理论,SS₄改进型和SS₈型电力机车的风源系统、基础制动装置、DK-1型电空制动机,并简要介绍车辆制动机和高速、重载列车制动。

一、本教材内容编排特点

1. 符合高职教育电力机车专业培养目标要求。本教材在章节内容的编排中,适时引入生产现场的操作规范,以求紧密贴近生产实际,为毕业生胜任岗位职责奠定基础。

2. 适合学生学习的特点。针对职业教育特点及学生的认知规律和学习特点,每章采取“引言——正文——小结——复习思考题”的编排结构,以突出教学重点。同时,力求使所选材料通俗易懂,语言规范,图文并茂,满足自学的需要。

3. 反映电力机车制动机的应用动态和发展趋势。SS₄改型、SS₈型电力机车是我国现阶段重载牵引动力和高速牵引动力的典型代表,因此本教材所涉及的内容反映了我国电力机车制动技术的应用动态和发展趋势。

二、课程性质及其教学目的

电力机车制动机是电力机车专业的一门主干专业课程。通过64学时的理论和实践教学,使学生具备必需的电力机车制动机的基本知识和基本技能,并以此为基础,学习和掌握其他型号的电力机车制动机,以适应岗位的需求。

三、本教材编写的教学法思想及对使用本书的几点建议

在教学过程中,教师应以本教材提供的课题、内容、插图为基础,结合高等职业学校的教学特点和教学条件,发挥创造性,生动活泼地进行教学,避免照本宣科地讲授。具体的教学法思想和教学建议如下:

1. 确保教学的完整性和系统性。实践技能的培养是专业课教学的侧重点之一。教学过程中,教师应避免“重理论,轻实践”的错误做法,合理安排教学内容和教学时间。根据本课程的性质和要求,注重各章节之间的内在联系,以求教学的

完整性和系统性。

2. 突出教学的直观性和实践性。本课程是一门实践性较强的专业课,教师在授课过程中,一方面要充分利用实物、模型、挂图等教具或多媒体课件进行讲授,以增加教学的直观性,提高学生的学习兴趣;另一方面要适当增大实验、实训的教学时数,以帮助学生有效地巩固所学知识,培养他们的实践技能。

3. 力求教学的共进性和自主性。学习本课程是一件比较枯燥的事情。如果采取“课上满堂灌,学生跟着转”的消极做法,学生自然反感,教师也难以坚持下去。因此,教学中可以多采取课堂讨论、专题分析等方法,使学生在比较轻松的氛围中学习,以达到师生共进的效果。同时,充分利用本教材可读性强,适合自学的特点,有效安排课前预习和课后复习,以提高教学效率,增强学生学习的自主性。

本教材由太原铁路机械学校那利和主编,参加编写工作的还有西安铁道职业技术学院李益民、太原铁路机械学校武学功、冯明德。全书共分八章,其中,第一章、第四章、第五章由那利和编写;第二章、第三章、第八章由李益民编写;第六章由武学功编写;第七章由冯明德编写。本书在编写过程中,得到了全国铁道行业职业教育教学指导委员会的大力支持,在此,表示深切的谢意。

本教材通过铁道职业教育教材审定委员会审定。由西南交通大学连级三教授担任责任主审,西南交通大学张开文教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此,表示衷心感谢!

编 者

2003年6月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 制动理论基础知识	7
第一节 常用名词术语	7
第二节 制动缸压力的计算	8
第三节 制动管最小有效减压量及最大有效减压量的确定	10
第四节 空气波和制动波	11
第五节 列车制动时的纵向动力作用	14
小结	15
复习思考题	16
第三章 电力机车风源系统	17
第一节 概述	17
第二节 VF-3/9 型主空气压缩机	20
第三节 3W-1.6/9 型主空气压缩机	23
第四节 压力控制器	25
第五节 空气压缩机的附件	26
第六节 辅助空气压缩机组	33
小结	35
复习思考题	35
第四章 基础制动装置	36
第一节 概述	36
第二节 单缸制动器	37
第三节 弹簧止轮器	40
第四节 制动倍率、制动传动效率和机车制动率	42
小结	44
复习思考题	44
第五章 DK-1 型电空制动机的组成	45
第一节 概述	45
第二节 主要气动部件	50
第三节 主要电器部件	80
第四节 重联阀	85
第五节 其他部件	88
第六节 SS ₈ 型电力机车新增装置	93
小结	94

复习思考题	95
第六章 DK-1 型电空制动机的综合作用	97
第一节 DK-1 型电空制动机的作用原理	97
第二节 DK-1 型电空制动机与机车其他系统配合作用	107
第三节 DK-1 型电空制动机的操作规程与试验验收规则	120
小结	131
复习思考题	131
第七章 车辆制动机简介	133
第一节 104 型空气制动机	133
第二节 120 型空气制动机	139
第三节 F-8 型电空制动机	145
小结	148
复习思考题	149
第八章 高速列车和重载列车制动	150
第一节 高速列车制动	150
第二节 准高速列车的电空制动机	152
第三节 重载列车制动	156
第四节 盘形制动装置	157
第五节 防滑器	157
小结	159
复习思考题	160
参考文献	160

第一章 绪 论

有效的制动装置(又称制动系统,工作实践中,简称制动机)是铁道机车车辆的重要组成部分。随着社会的发展,科学技术的进步,制动机由原始的手制动机、直通式空气制动机,发展到近代的性能较完善的自动空气制动机、电空制动机等。与此同时,伴随着铁道牵引动力的革命,制动技术也得到飞跃发展,再生制动、电阻制动和液力制动的问世虽历史不长,但这些制动方式的强大制动功率、极好的高速性能以及很高的经济性,使它们得到较为广泛的应用。

本教材作为中等职业学校电力机车运用与检修专业的专业课教材,以SS₄改进型、SS₈型电力机车为主要机型,介绍电力机车风源系统;DK-1型电空制动机主要部件的构造、作用原理;DK-1型电空制动机的综合作用及其与其他系统的配合、试验程序及常见故障与处理;车辆制动机的结构、基本原理;相关的制动理论知识等内容。

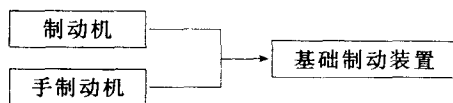
一、制动系统

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、惰行和制动三个基本工况,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。

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。而制动系统是指能够产生可控的列车减速力,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三大部分组成。其控制关系(即工作流程)如下:



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。因此,制动系统则有了机车制动系统、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。

二、制动机的发展简史

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,须设置若干名制动员,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。

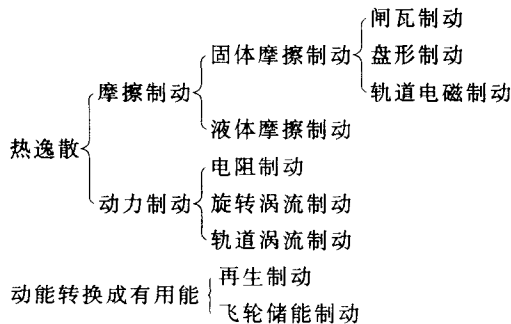
1872年,乔治·韦斯汀豪斯在直通式空气制动机的基础上,研制出一种新型的空气制动机——自动空气制动机。自动空气制动机克服了直通式空气制动机的致命弱点,从而在铁路运输中,得到了广泛的运用,甚至直到科技高度发展的今天,世界各国铁路运输的列车所使用的空气制动机,其工作机理均源于自动空气制动机。

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。在铁路运输的实践中,人们还研究、试制着电磁制动机、贮能制动机等多种形式的制动机。

三、制动方式及制动机的分类

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。因此,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。所以,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,其中,



按照制动力形成方式的不同,制动方式又可分为粘着制动和非粘着制动。制动力的形成是通过轮轨间的粘着来实现的制动,称为粘着制动;反之,不通过轮轨间的粘着来形成制动力

的制动,则称为非粘着制动。粘着制动与非粘着制动分类见表 1-1。

表 1-1 粘着制动与非粘着制动分类表

制动类型	分 类		备 注
粘着制动	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		
非粘着制动	4. 磁轨摩擦制动	在高速机车、动车上采用,目前尚未普及	
	5. 磁轨涡流制动		
	6. 风阻制动及喷气制动		

制动机包括:(1)按作用对象可分为机车制动机和车辆制动机;(2)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。

无论机车制动机采用哪种制动机(如,空气制动机、电空制动机等),都要可靠地完成以下任务:(1)对列车制动系统进行灵活、准确的操纵和控制;(2)向整个列车制动系统提供质量良好的动力(如压力空气)。

四、空气制动机的基本作用原理

我国铁路运输中,机车、车辆采用的制动机基本上有两种——空气制动机和电空制动机,而电空制动机的工作原理又是源于空气制动机的基本作用原理,因此,了解掌握空气制动机的基本作用原理,对今后学习掌握 DK-1 型电空制动机乃至其他电空制动机和空气制动机都具有非常重要的意义。如前所述,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

如图 1-1 所示,在车辆上,直通式空气制动机主要由制动管和制动缸等组成;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、总风缸及操纵整个列车制动

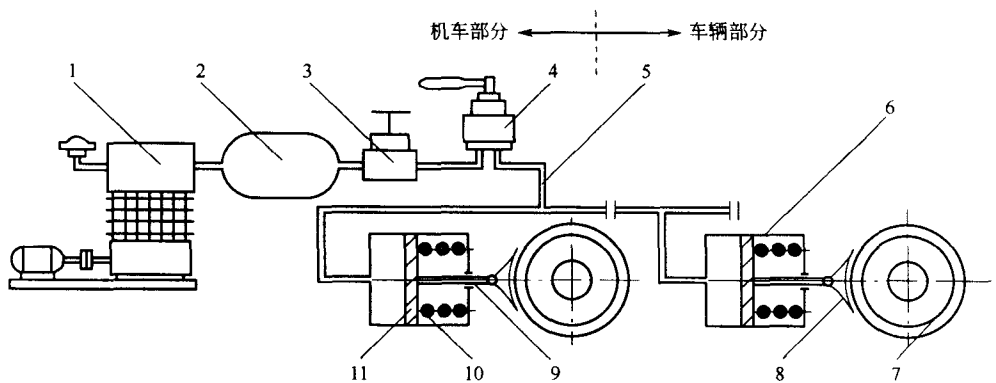


图 1-1 直通式空气制动机结构原理图

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。

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联接软管连接,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”,使贮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

如图 1-2 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

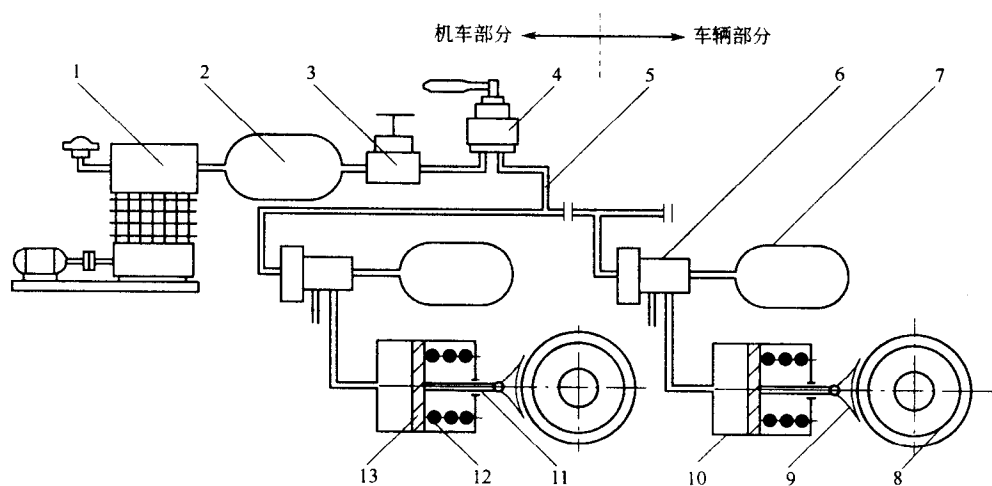


图 1-2 自动空气制动机结构原理图

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(分配阀);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。

三通阀(或分配阀)而构成的。其中,副风缸是用来贮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:在制动管充气时,向副风缸充入相同压力的压力空气,并使制动缸排风;在制动管排风时,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 1-3 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贮备;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。

(2)制动状态:如图 1-4 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。

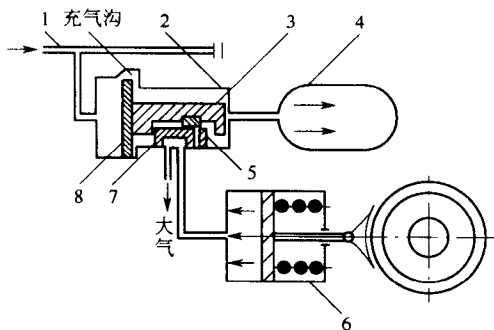


图 1-3 自动空气制动机缓解状态

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

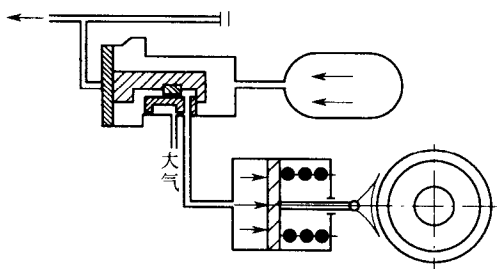


图 1-4 自动空气制动机制动状态

(3)保压状态:如图 1-5 所示,司机将制动阀手柄置于“中立位”,切断制动管的充、排风通路,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“制动管充气——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的“列车分离时,制动系统失去制动作用”致命弱点,从而得到广泛的应用。

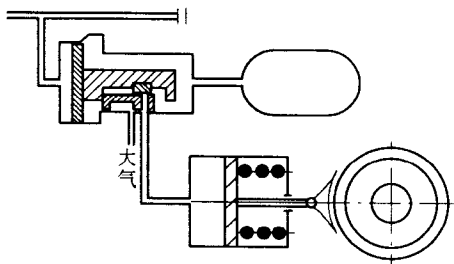


图 1-5 自动空气制动机保压状态

五、本课程的任务

本课程是在学生已经掌握了电路分析、机械零件、机械识图等基础知识和基本技能的基础

上,进一步学习应用于 SS 系列电力机车的 DK-1 型电空制动机的结构、作用原理、试验方法及制动理论知识等知识。通过课堂讲授、实验、实习等教学环节,应达到以下要求:

1. 掌握 DK-1 型电空制动机的性能及结构特点。
2. 掌握空气压缩机、电空制动控制器、空气制动阀、中继阀、分配阀、电动放风阀、紧急阀、电空阀、转换阀等主要部件的构造、作用原理及安装位置。
3. 掌握 DK-1 型电空制动机的综合作用、操作规程及试验验收规则。
4. 初步掌握 DK-1 型电空制动机常见故障分析处理方法。
5. 熟悉制动理论知识。
6. 了解车辆制动机结构、基本原理及工作特点。

第二章 制动理论基础知识

为了更好地理解和掌握电力机车的制动机作用原理,有必要学习制动理论基础知识,掌握制动常用名词术语含义,熟悉制动管最小有效减压量及最大有效减压量的确定方法,了解空气波和制动波等知识。

本章着重介绍空气制动机的基本作用原理及有关制动的基础理论。针对制动管减压量与制动缸压力之间的关系及空气波、制动波、列车制动时的纵向动力作用等问题展开讨论。

第一节 常用名词术语

一、压力与压强

理论上,压力与压强是两个不同的物理量。压力是指物体间的相互作用力,其单位为牛顿(N);而压强则是指单位面积上所受力的大小,其单位为帕(Pa)。

在空气管路系统中,人们习惯将“压强”称为“压力”,但其含义不变,只是名称的更换。例如:制动管“压力”为 500 kPa,实际上指制动管“压强”为 500 kPa。因此,压缩空气又称为压力空气。

二、绝对压力及表压力

由物理学可知,大气对地球表面作用着一定压力,这一压力称为大气压。人们定义760 mm高水银柱的压力为一个标准大气压,一般以 1 atm 计量,换算成国际单位制为101.333 3 kPa。工程上为计算方便,一般取 100 kPa。

绝对压力是指压力空气的实际压力。若气体未压缩而呈自由状态,其绝对压力即为大气压力,若处于绝对真空状态,则其绝对压力为零。

表压力是指压力表指示的压力值。由于一般压力表只指示高于大气压力数值(真空压力表则例外),所以绝对压力与表压力的差值为大气压力值。

可见,绝对压力等于表压力与大气压力之和。

三、二压力机构及三压力机构制动机

凡是根据两种压力之间的变化来控制三通阀或分配阀的主活塞动作,以实现制动、缓解与保压作用的制动机,称为二压力机构制动机。如:GK型三通阀主活塞两侧的压力空气分别来自制动管与副风缸;109型分配阀的主阀活塞两侧的压力空气分别来自制动管和工作风缸。这种制动机只具有一次缓解性能,而不具备阶段缓解性能。即当制动管充风至高于副风缸或工作风缸一定压力时,就推动三通阀或分配阀主活塞至充气缓解状态,直至实现制动机的完全缓解为止。

为适应铁路运输发展的需要,制动机应具备阶段缓解性能与自动补风性能。因此,目前对分配阀进行了改造,即在主活塞上除保留制动管与工作风缸的作用外,另增加制动缸压力的作

用。这种根据三种压力之间的变化来控制分配阀的主活塞动作,以实现制动、缓解与保压作用的制动机,称为三压力机构制动机。如国产的 JZ-7 型、美国生产的 26-L 型制动机均为三压力机构制动机。

有时为了满足二压力机构制动机与三压力机构制动机混编的需要(前者缓解较后者快),通常在三压力机构制动机上加装转换装置,以实现二、三压力机构制动机的转换。

第二节 制动缸压力的计算

一、空气制动机的工作过程

由绪论的讨论可知,空气制动机的工作过程是利用压力空气的压力与容积的变化关系来实现的。如果空气制动机的型号一定,那么空气的压力与容积之间保持着一定的关系。

根据热力学的推论认为,克拉贝隆理想气体状态方程:

$$pV = GRT$$

式中 p ——气体的压力(Pa);

V ——气体的容积(m^3);

T ——气体的温度(K);

G ——气体的摩尔数(mol);

R ——普适气体恒量, $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 。

同样适用于实际气体。气体的变化又分为绝热、等温、等压以及多变等变化过程。

在空气制动机的工作过程中,一方面,虽然空气压缩机产生的压力空气具有一定的温度,但压力空气须经散热管进入总风缸,并且总风缸又置于大气之中,所以当总风缸向制动管及各风缸充入压力空气时,压力空气都已经过充分冷却,使其温度与外界接近于相等。另一方面,在制动过程中,随着制动管减压速度的不同,副风缸向制动缸充风速度也不相同,致使气体因动能的变化而造成气体温度的波动和压力的波动,但待风缸的压力稳定后,其气体温度与大气温度也接近于相等(有关试验资料表明,制动机工作过程受到温度的影响约为 1°C 左右),同时,在制动机中存在着各种漏泄和游间,对计算精确度也有影响。所以,为简化计算起见,可以忽略温度变化对计算结果的影响,即把压力与容积的变化过程看作是等温变化过程。根据波义耳—马略特定律,空气压力与容积之间的关系为:

$$pV = \text{常量}$$

式中 p ——压力空气的压力(绝对压力),(Pa);

V ——压力空气的容积(m^3)。

即

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

上式说明压力空气的绝对压力与体积的乘积为常量,即等温过程变化前与变化后,其压力与体积乘积相等。

二、制动缸压力的计算

常用制动过程中,分析制动机制动管、副风缸和制动缸之间的变化关系时,应考虑下列因素:

(1)当制动管的减压量非常小时,三通阀的充气沟作为制动管与副风缸的连通通路并未被主活塞切断时,制动管与副风缸的空气压力是平衡的。

(2)制动时,进入制动缸的空气量等于副风缸排出的空气量,而副风缸减压后的压力与制

动管压力相平衡。

(3)在制动计算中,副风缸与制动缸的容积之比选取 3.25:1,即 $V_f:V_z=3.25:1$ 。该比值并不是副风缸和制动缸的实际比值,而是考虑到各空气通路所占有的容积和漏泄量等因素后的换算比值。

下面,以副风缸内的压力空气为研究对象,根据波义耳—马略特定律列方程式:

$$p'_0 V_f = (p'_0 - r) V_f + p'_1 V_z$$

化简得
$$p'_1 = \frac{V_f}{V_z} \cdot r \quad (1-1)$$

或
$$p_1 = \frac{V_f}{V_z} \cdot r - 100 \quad (1-2)$$

式中 V_f ——副风缸容积(m^3);

V_z ——制动缸容积(m^3);

p'_0 ——制动管定压,绝对压力(kPa);

p'_1 ——制动缸压力,绝对压力(kPa);

p_1 ——制动缸压力,表压力(kPa);

r ——制动管减压量(kPa)。

式(1-1)或式(1-2)说明制动缸压力与副风缸和制动缸的容积之比以及制动管的减压量有关。当副风缸与制动缸的容积比值一定时,制动缸的压力正比于制动管的减压量 r 值,所以司机操纵列车时,通常是通过控制制动管减压量 r 值来控制列车制动力的大小。

(一)GK 型车辆制动机

对于 GK 型车辆制动机,其副风缸与制动缸的容积比为, $\frac{V_f}{V_z} = 3.25$,

则有:

$$p_1 = 3.25r - 100 \quad (\text{kPa})$$

可见,制动管减压量 r 值取不同值时,便可得到相应的制动缸压力。

[例题]设制动管减压量为 50、100 和 140 kPa 时,制动缸压力分别是多少?

[解](1) $r = 50$ kPa 时, $p_1 = 3.25 \times 50 - 100 = 62.5$ kPa;

(2) $r = 100$ kPa 时, $p_1 = 3.25 \times 100 - 100 = 225$ kPa;

(3) $r = 140$ kPa 时, $p_1 = 3.25 \times 140 - 100 = 355$ kPa。

(二)109 型分配阀

作为机车制动机的 DK-1 型电空制动机所采用的 109 型分配阀,在工作中起着空气制动机三通阀的作用,但由于机车制动机的特殊要求,其结构、作用原理较车辆三通阀复杂,因此,在分析计算时须做必要的简化。

109 型分配阀属于二压力机构分配阀,制动缸的压力取决于容积室的压力,而容积室的压力则与制动管定压、制动管减压量、容积室的大小及工作风缸容积等有关。按照其作用原理,根据波义耳—马略特定律,经必要的参数修正得到下式:

$$p_1 = p_r = 2.6r$$

式中 p_1 ——制动缸表压力(kPa);

p_r ——容积室表压力(kPa);

r ——制动管减压量(kPa);

2.6——修正比例系数。

可见,制动缸压力与制动管减压量成正比。

[例题]设制动管减压量为 50 kPa、70 kPa、140 kPa 时,制动缸压力分别是多少?

[解](1) $r = 50$ kPa 时, $p_1 = 2.6 \times 50 = 130$ kPa

(2) $r = 70$ kPa 时, $p_1 = 2.6 \times 70 = 182$ kPa

(3) $r = 140$ kPa 时, $p_1 = 2.6 \times 140 = 364$ kPa

综上所述,制动缸压力正比于制动管减压量,产生一个制动管减压量,就有一个制动缸压力值与其相对应。但是,实际工作过程中,制动缸压力受有效制动作用的限制,因此,制动管减压量范围也就受到了相应的有效减压量的限制。

第三节 制动管最小有效减压量 及最大有效减压量的确定

一、制动管最小有效减压量

根据理论分析,由式 $p_1 = \frac{V_f}{V_z} \cdot r - 100$ 可知,制动管不论减压多少,制动缸均应得到相应的压力,但在实际上是有差异的。

无论何种类型的机车制动机,都以控制全列车实现制动、缓解与保压为目的,而只有全列车的闸瓦均压紧车轮,才有效地产生了制动作用。实际工作表明,制动缸充风后将制动缸活塞推出使闸瓦压紧车轮的过程中,需要克服制动缸弹簧对活塞的背压及相关的摩擦阻力,因此制动缸存在最小有效制动缸压力,那么相对应的存在一个制动管最小有效减压量 r_{\min} 值,简称最小有效减压量。下面,以 GK 型车辆制动机为例,介绍最小有效减压量 r_{\min} 的确定方法。

实践表明,只有制动缸压力达到 35 kPa 以上时,才足以克服制动缸弹簧对活塞的背压以及各种摩擦等阻力,产生有效的制动作用。

则有, $p_{1\min} = 35$ kPa,

将 $p_{1\min}$ 值代入式 $p_1 = 3.25r - 100$ 中可得:

$$p_{1\min} = 3.25r_{\min} - 100 = 35 \text{ kPa}$$

所以
$$r_{\min} = \frac{100 + 35}{3.25} = 41.5 \text{ kPa}$$

以上计算结果说明:当制动管减压量小于 41.5 kPa 时,GK 型车辆制动机不足以产生有效制动。工作实践中,制动管最小有效减压量的确定,还要考虑其他因素的影响,例如,制动管减压值在车列中不是完全一致的,车列越长其尾部制动管减压值越小,因此要求制动管减压量不能过低,避免后部车列无制动作用,而影响行车安全。一般地,单机时,最小有效减压量选取 40 kPa;牵引列车时,最小有效减压量选取 50 kPa;牵引 60 辆以上时,最小有效减压量选取 70 kPa。

二、制动管最大有效减压量

由式 $p_1 = \frac{V_f}{V_z} \cdot r - 100$ 可知,制动缸压力随制动管减压量的增加而正比例增加。但当制动管减压量增大到一定程度时,副风缸与制动缸的压力将达到平衡状态,此时若制动管继续减压,制动缸压力也不会上升,因此,制动缸存在制动缸最大压力 $p_{1\max}$ 值,而相应于制动缸最大压力 $p_{1\max}$ 值的制动管减压量则被称为制动管最大有效减压量 r_{\max} 值,简称最大有效减压量。