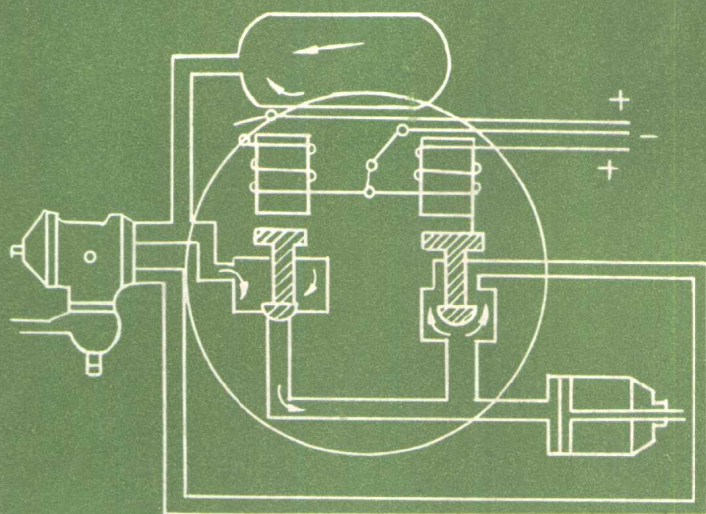




煤矿技工学校试用教材

标准轨工业 电机车空气制动机



煤炭工业出版社

煤矿技工学校试用教材

标准轨工业电机车空气制动机

李书田 编

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书主要介绍了标准轨工业电机车空气制动机的分类、结构和工作原理。其中主要有EL—14型、克诺尔型和DAKO型三种常用制动机。此外,还简述了空气制动理论基本知识和基本计算。

本书为全国煤矿技工学校试用教材,也可做为矿山职工培训和自学用书。

煤 矿 技 工 学 校 试 用 教 材 标准轨工业电机车空气制动机

李 书 田 编

责任编辑:王 秀 兰

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm ¹/₁₆。 印张9¹/₄ 插页 2

字数221千字 印数 1—1,585

1993年 9 月第 1 版 1993年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-0811-X/TD·750

书号 3579 G0109 定价 7.10元

前 言

为了适应煤矿技工学校教学改革的需要，加速技工人才的培养，促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步，全国煤矿技工教材编委会于1989年召开了第二次全体会议，确定以“七五”教材建设为基础，按着“补齐、配套、完善、提高”，突出基本理论、基本知识和基本技能训练的原则，编制了“八五”技工教材建设规划。这套教材包括：《采煤概论》、《综合工作面采煤机》、《煤矿开采方法》、《机械化掘进工艺》、《矿井地质》、《矿山测量》、《单斗挖掘机机械》、《选煤厂电气设备》等70余种，将陆续出版发行。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学和在职培训的需要，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《标准轨工业电机车空气制动机》是这套教材中的一种，是根据全国煤矿技工学校统一教学计划和大纲编写的，并经全国煤矿技工教材编委会组织审定认可，是全国煤矿技工学校教学和在职工人培训必备的统一教材。

该教材由抚顺煤矿技工学校李书田同志编写，平庄矿务局技工学校司显忠同志主审。抚顺矿务局技工学校、阜新矿务局技工学校、扎赉诺尔矿务局技工学校的有关教师和工程技术人员参加了审定工作。全国煤矿技术教材编委会的有关同志具体组织并参加了审定和修改工作。

由于时间仓促，经验不足，书中难免有不当之处，请用书单位和读者批评指正。

全国煤矿技工教材编委会

1992.9.23

ABF 31/3

目 录

前 言

第一章 空气制动机的分类和工作原理	1
第一节 空气制动机的分类	1
第二节 空气制动机的工作原理	4
第二章 空气压缩机	11
第一节 空气压缩机的工作原理	11
第二节 Z-1.8/8型空压机	13
第三节 9-500型空压机	18
第四节 D-4-S型空压机	21
第五节 总风缸	23
第三章 气压调节器及安全阀	25
第一节 S-16型气压调节器	25
第二节 704型气压调节器	28
第三节 ER 50 G型气压调节器	32
第四节 安全阀	35
第四章 三通阀	41
第一节 Gr-16型三通阀	41
第二节 K型三通阀	43
第三节 GK型三通阀	49
第四节 EMV10-Gr-20型三通阀	54
第五章 分配阀和给风阀	56
第一节 14型分配阀	56
第二节 14KR型分配阀	64
第三节 给风阀及减压阀	67
第六章 制动阀	74
第一节 JZ-1型和JZ-2型制动阀	74
第二节 ST-60型制动阀	87
第三节 BS _{4m} 型自动制动阀	92
第四节 BP型单独制动阀	101
第五节 KR-1/Ktr型中继阀	102
第七章 制动机的附件	105
第一节 风压表与塞门	105
第二节 无动力装置、逆止阀和双向止回阀	108
第三节 远心集尘器、油水分离器和酒精喷雾器	110
第四节 缓解阀与非常制动阀	111
第八章 空气制动机	116
第一节 EL-14型空气制动机	116

第二节	克诺尔型空气制动机	126
第三节	DAKO型空气制动机	128
第九章	空气制动理论知识与计算	133
第一节	空气制动理论知识	133
第二节	制动管减压量与制动距离的计算	135

第一章 空气制动机的分类和工作原理

第一节 空气制动机的分类

一、制动机在铁路运输中的作用

电机车在牵引力的作用下由静止开始运行，牵引力是用来克服列车运行阻力的。当司机把控制手柄归回零位时，牵引力停止作用，此时运行中的列车并不能立即停止，它仍以列车积累的动能继续惰行。为了使运行中的列车有效地减速或停车，必须在机车车辆上装有制动机。当施行制动时，操纵制动机使闸瓦压紧车轮相互间产生摩擦阻力，将机车车辆的动能变为热能逸散于空气中，以达到制动的目的。

在铁路运输中，为了提高列车运行速度和牵引重量，除了提高机车的牵引力外，相应提高制动力也是十分重要的。

如图1-1所示，A、B、C三列车运行于甲、乙两站之间，由甲站发车，行驶了 S_0 距离时加速至速度 v_1 。 S_0 为起动加速距离。若列车需在乙站停车，制动力较大的A列车，开始施行制动的地点可在距乙站较近的a处，它的制动距离为 S_1 。B列车的制动力较小，则需提前于b点开始施行制动，制动距离为 S_2 。B列车减少了高速行驶的距离，它平均速度低于A列车。若C列车靠自然的运行阻力停车，它必须在C点开始惰行，停车距离为 S_3 。显然，C列车的平均速度更低。

若停车目标已经确定为乙站，为了保证行车安全，对B、C列车在此区间的技术速度，必须分别限制为 v_2 和 v_3 。这就降低了铁路的通过能力。

如果列车在下坡道上运行，倘若重力加速度超过自然阻力，列车不但不能减速，而且还会使速度越来越快。将会造成不堪设想的后果。

根据上述分析可知，制动机在铁路运输上的重要意义，不仅是保障行车安全的必要手段，同时也是提高列车技术速度和铁路通过能力的重要因素。

二、基本概念

1. 制动和缓解

操纵制动机使闸瓦压紧车轮叫制动；反之，闸瓦离开车轮叫缓解。

2. 闸瓦压力和制动力

制动时，闸瓦压紧车轮的力量叫闸瓦压力；闸瓦压紧车轮转动所产生的摩擦力叫制动力。从图1-2可看出闸瓦压力与制动力成正比（指在闸瓦压力容许值以内）。

3. 制动距离

列车由施行制动时起到完全停车时止，所行驶的距离叫制动距离。列车制动力愈大，制动距离就愈短，运行安全就愈有保证，并能提高技术速度和列车的牵引重量。

三、制动机的分类

制动机种类很多，可按下述四种方法分类：

1. 按动力来源分类

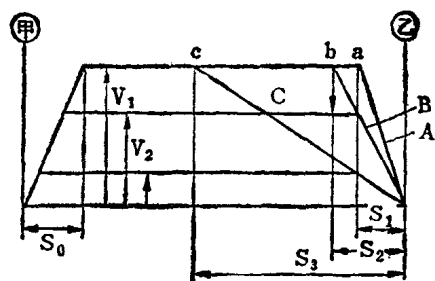


图 1-1 区间速度与制动距离的关系

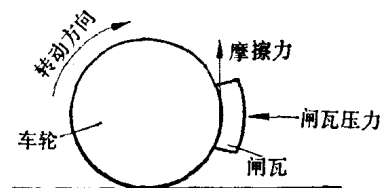


图 1-2 制动力示意图

1) 手制动机：用人力转动手轮或用杠杆拨动传递的方法使闸瓦压紧车轮踏面而达到制动目的的装置叫手制动机。这种制动机结构简单可与空气制动机并存，但制动力小。现在我国机车车辆上都装有手制动机，在空气制动机发生故障或在调车作业或机车在坡道停留时使用。

2) 空气制动机：用压力空气为动力并用空气压力的变化来操纵的制动机叫空气制动机。它是当前世界各国普遍采用的制动机。

空气制动机按作用方式又可分为直通制动机和自动制动机两种。而自动制动机又可根据所采用的三通阀或分配阀的工作原理的不同，区别为二压力机构阀、三压力机构阀和二压力混合机构阀的制动机。

3) 真空制动机：真空制动机是用大气作动力来源，由真空泵作用将制动缸的空气抽出使制动缓解。制动时，操纵制动阀使制动缸与大气相通，推动制动缸活塞使闸瓦压紧车轮踏面发生制动作用。缓解时，再开动真空泵，将制动缸内的大气抽出。这种制动机的压力最高只能达到 $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$ （一个大气压），所以制动力受到限制，要求气密性很高。欲增加制动力，只能扩大制动缸直径和增大制动倍率来实现。性能没有空气制动机好。我国除小部分援外机车车辆安装这种制动机外，国内均不采用。

4) 电控制动机：电控制动机仍用压力空气作为动力来源，用电气电路控制。

电控制动机的最大特点是全列车能迅速发生制动和缓解作用，列车前后的动作一致性比较好，制动距离短，列车纵向冲动小。但构造比较复杂，易引起故障，给列车编组带来困难，目前尚没推广使用。

5) 轨道电磁制动机：制动时将电磁铁放下压紧轨面使之发生摩擦而产生制动力。它可与空气制动机并用。其特点是制动力不受轮轨间粘着系数的限制，不易滑行；但其重量较大，增加了列车自重也不易推广。

6) 电阻制动：利用列车惰行的动能将牵引电动机变为发电机，把电能消耗在电阻上，来降低运行速度。其特点是效率高，不会发生滑行，速度愈高，制动力也愈大；反之，低速时，效率减低，故不能做停车制动，只能与空气制动机配合使用。我国大型电机车一般都配备电阻制动装置。

7) 再生制动：再生制动与电阻制动很相似，都是将牵引电动机变为发电机，但再生制动不是将电能消耗在电阻上，而是将电能回馈到电网中，以消耗动能来控制列车速度。再生制动适应于高坡地区和矿区运输的长大下坡道运行调速时使用，目前我国使用较少。

2. 按作用方式分类

1) 直通空气制动机：该种制动机是将压缩空气贮存在机车总风缸内，制动时用通向列车上的制动管将风压送入每个车辆的制动缸内产生制动；缓解时将制动管风压排出大气。其特点是送风制动，排风缓解。结构简单，造价低，维护方便，具有任意调整制动缸风压的优点。缺点是一旦列车分离制动管破损，立即失掉制动作用。列车前后制动，缓解不一致，前快后慢，冲动力大。因此，这种制动机多使用在电机车自身制动，在车辆上已不采用。

2) 自动空气制动机：自动空气制动机是在直通空气制动机的基础上发展起来的，在每节车辆上设有三通阀，副风缸和制动缸。它与直通空气制动机的根本区别是：一个是送风制动，另一个是排风制动。缓解时，直通空气制动机排风缓解，而自动制动机送风缓解。其特点是克服了直通空气制动机的弊病，一旦列车分离或制动管破损，全列车将会自动制动停车。因此，该种制动机被世界各国广泛采用。

3. 按作用性能分类

制动机按作用性能可分为软性制动机、硬性制动机、半硬性制动机和软硬性混合制动机。

1) 软性制动机：一般也叫二压力机构阀，就是设有三通阀之类的自动空气制动机。由自动管和副风缸两者的压力差来控制三通阀内的一个活塞左右移动，产生制动、保压和缓解作用。

2) 硬性制动机：也叫三压力机构阀。其制动与缓解作用除受制动管与副风缸风压变化控制外，还受工作弹簧和制动缸风压的控制。目前东欧国家多采用这种，我国在部分机车车辆中也用这种制动机。

3) 半硬性制动机：也是由三压力机构阀组成。它与硬性制动机不同的地方就是用工作风缸代替工作弹簧。其特点是随制动管风压的增高工作风缸的风压亦随之增长。当制动管减压 $0.02\sim 0.03\text{MPa}$ 时，即发生制动作用。缓解时也要等制动管风压达到定值时，才能完全排出制动缸风压，故称半硬性制动机。

4) 软硬性混合制动机：是具有两种压力机构的混合性制动机。二压力机构的软性制动机和三压力机构的硬性制动机各有所长，为了扬长避短，将两者结合起来使用即称软硬性混合制动机。

目前世界各国的空气制动机基本上分为软性和硬性两个系统。欧洲和原苏联的制动机多属于硬性系统，中国、美国、日本、英国等多使用软性系统。这两种制动机各有利弊，不能混编，目前向软硬混合结构的趋势发展。

4. 按用途及结构型号分类

1) 机车用空气制动机可分为五种：

(1) **EL-14型空气制动机**：EL-14型空气制动机又可分为EL-14A型和EL-14改进型两种，前者多安装在日式55t~85t电机车上；后者安装在ZG-150-1500型电机车上，在国产内燃机车上使用较多，该型制动机是本书讲述的主要内容。

(2) **克诺尔型空气制动机**：该型制动机安装在EL-1型、EL-2型和Ⅶ-KП-1型电机车上，具有结构简单、动作敏捷等特点，适用于工矿企业运输的短小列车。它也是本书讲述的重点内容。

(3) 卡赞切夫空气制动机：原安装在捷克19 E, 37 E电机车上。由于该型制动机结构复杂、配件缺乏，故障率高等问题目前已基本淘汰，被克诺尔型制动系统代替。

(4) DAKO (大果) 型空气制动机：它属于半硬性制动机，安装在德式 EL-1/08 型、EL-2/23 型电机车上。该型制动机具有半硬性制动机的特点，如配合软性货车制动机使用，一旦操作不当，很容易发生自然缓解。此外，它结构复杂、配件缺乏，有被改造的趋势，但有些地区现在仍在使用，反映效果良好。

(5) ET-6 型空气制动机：此种制动机安装在 ZG-80-1500 型电机车和蒸汽机车上，只适应于一个运转台操作使用。EL-14 型空气制动机是在 ET-6 型的基础上发展起来的。

2) 客车用空气制动机可分为以下三种：

(1) PM 型空气制动机：该型制动机由 P 型三通阀和 M 型制动缸组成。它只用于旧型客车上，新型客车已不使用。

(2) LN 型空气制动机：它由 L 型、GL₃ 型三通阀和 N 型制动缸组成。整套制动装置中，比 PM 型制动机多设一个容积较大的辅助风缸和安全阀，具有阶段缓解和非常制动时制动缸压力较大的特点，主要用于新型客车上。

(3) 104 型空气制动机：该型制动机是新产品，与 LN 型制动机相比，增设了一个工作风缸，取消了一个辅助风缸，用 104 型分配阀代替了 L 型三通阀。该型制动机在某些地区的工矿企业中使用，本书做简单介绍。

3) 货车用空气制动机可分为以下几种：

(1) K 型空气制动机：在车辆中采用 K 型三通阀而得名。按副风缸与制动缸布置方式不同又可分为 KC 型和 KD 型两种制动机。50 年代前期，在我国矿山铁路运输的车辆上被广泛采用，目前仍在继续使用中。

(2) GK 型空气制动机：该型制动机是在 K 型制动机基础上改造成的，提高了车辆的制动力，改善紧急制动的性能，并加装了空、重车装置，适合于大吨位的货车和矿石车使用，在矿区使用量很大。

(3) 103 型空气制动机：它与 104 型空气制动机在结构与作用上基本相同，所不同的是 103 型不设自动间隙调整器和制动缸排风塞门，而装有空重车调整装置。该型空气制动机，主要用于新型大吨位的货车上，并在矿山铁路运输中有推广使用的趋势。

第二节 空气制动机的工作原理

一、直通空气制动机

直通空气制动机的工作原理如图 1-3。将空气压缩机中的压缩空气送入总风缸内贮存。操作制动阀移向制动位Ⅲ，使压力空气由总风缸→总风缸管→制动阀→制动管→制动缸，制动缸活塞右移压缩制动缸缓解弹簧，基础制动装置动作，使闸瓦压紧车轮产生制动作用。

当制动缸达到一定风压时，可将制动阀手柄移向保压位Ⅱ，中断总风缸管与制动管的通路。若制动缸和制动管保持严密不漏泄时就保持原制动状态，称之保压。

欲使列车缓解时，将制动阀的手柄移向缓解位Ⅰ，总风缸管被闭塞，则制动管与制动阀的排风口相通，制动缸风压排出。制动缸活塞在缓解弹簧的作用下左移，基础制动装置

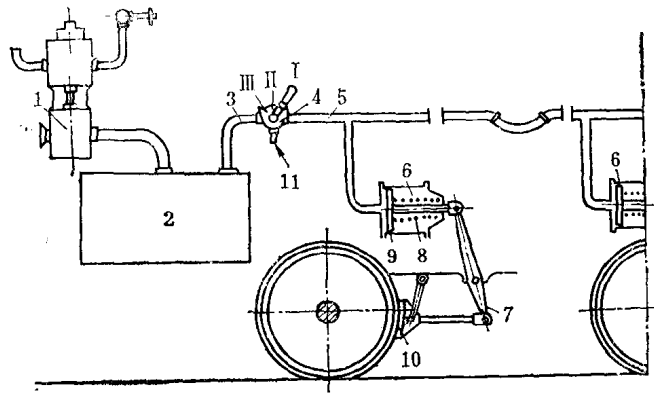


图 1-3 直通制动机原理图

1—空气压缩机；2—总风缸；3—总风缸管；4—制动阀；5—制动管；6—制动缸；7—基础制动装置；8—缓解弹簧；9—制动缸活塞；10—闸瓦；11—制动阀排风口

动作，制动得以缓解。

这种制动机除有结构简单、造价低、操作方便外，还可实现阶段制动和阶段缓解，如图1-4。

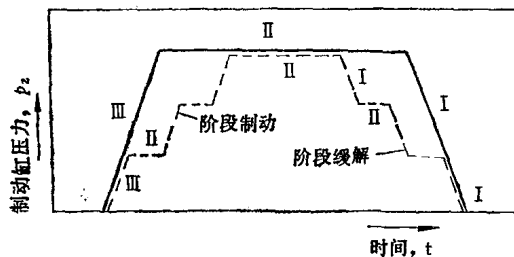


图 1-4 直通制动机制动阀手柄位置与制动缸压力关系图

I、II、III—制动阀分别置于缓解位，保压位，制动位

二、自动空气制动机

自动空气制动机结构除有与直通空气制动机相同的部件外，在机车的总风缸与制动阀之间增设一个给风阀9，在每节车辆的制动管与制动缸之间增设了三通阀7和副风缸8。如图1-5(a)。

自动空气制动机与直通空气制动机的根本区别就是：直通空气制动机是向制动管充风制动，排风缓解；而自动空气制动机是向制动管充风缓解，排风制动。

1. 充风缓解作用

制动阀4的手柄放在充风缓解位I时，风压由总风缸→给风阀→制动阀→制动管→三通阀内活塞右移带动节制阀及滑阀一起移至内侧位置，充风沟i露出。于是制动管风压进入充风沟i→副风缸。此时，滑阀上的n槽穴正好盖在滑阀座上的制动缸孔r与大气孔上。如果制动缸内有风压，则经r孔→滑阀n槽→排风口排出大气，如图1-5(b)。所以当手柄放在充气缓解位I时，副风缸风压可一直充至与制动管风压相等。制动缸与大气相通，制动机缓解。

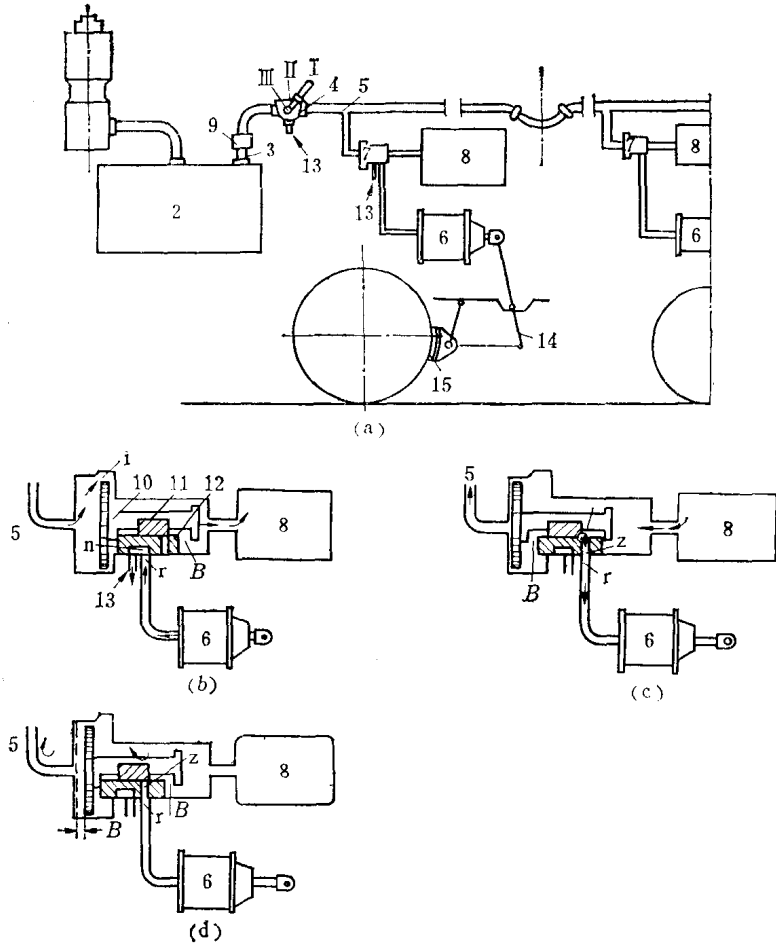


图 1-5 自动制动机及三通阀工作原理图

(a)自动制动机原理图；(b)、(c)、(d)三通阀的充风缓解位、制动位、保压位

1—空气压缩机；2—总风缸；3—总风缸管；4—制动阀；5—制动管；6—制动缸；7—三通阀（或分配阀）；8—副风缸；9—给风阀；10—内活塞；11—节制阀；12—滑阀；13—三通阀排风口；14—基础制动装置；15—闸瓦

给风阀是一个限压阀，它的作用是把总风缸的风压调整至“规定的压力”（简称“调整值”一般调整0.5MPa）再送入制动管。当制动管风压达到定压时，给风阀会自动停止对制动管供风，而当制动管因漏泄等原因低于定压时，给风阀又会自动地向列车制动管充风，在列车运行中，制动阀手柄放在充风缓解位 I 时，制动管和副风缸总是充满着定压空气，使全列车的制动机处于制动的准备状态。

2. 减压制动作用

若将制动阀的手柄移至制动位 III，使制动管与排气管相通，则制动管中的风压→制动阀→排风口排出大气，制动管减压。如图1-5(c)。三通阀内的活塞，在两侧压差的作用下，先是带动节制阀左移一个间隙距离 B。然后，再带动滑阀一起移动至外侧位置。此时活塞上方充风沟 i 被切断；滑阀座上的制动缸孔 r 不再与滑阀上的 n 槽相对，而与 z 孔相通，滑阀顶面上的 z 孔由于节制阀左移间隙距离 B 时而开放。此时副风缸的风压经过滑阀上的 z 孔→制动缸孔 r→制动缸。制动缸风压上升，副风缸风压下降。通过基础制动装置，使

闸瓦压紧车轮，产生制动作用。

3. 保压作用

制动管减压停止时，即将制动阀的手柄移至保压位Ⅱ，制动阀切断制动管与排风口的通路，制动管停止减压，风压保持一定，这时三通阀活塞仍处于制动位置，如图1-5(c)。副风缸风压继续向制动缸充入而下降。待活塞两侧产生右低左高的压差时，活塞带动节制阀右移间隙距离B。节制阀（滑阀12不动）遮住了z孔，切断了副风缸与制动缸的通路，即所谓制动后的保压作用，如图1-5(d)。制动管减压停止后，副风缸风压稍低于制动管时，三通阀会自动地达到保压位置。

制动以后，欲使列车缓解时，只需将制动阀4的手柄移至缓解位Ⅰ。则全列车又重复上述程序，即：总风缸风压→给风阀→制动阀→制动管→三通阀→充风沟i→副风缸。同时制动缸风压→滑阀空槽n→排出大气，制动得以缓解。

图1-6曲线展示了制动阀手柄在充风缓解位Ⅰ、保压位Ⅱ和制动位Ⅲ时，三通阀所处的3个位置（充风缓解位1、制动保压位2和制动位3）以及制动管压力 p_1 ，副风缸压力 p_f 、制动缸压力 p_z 三者的压力关系。

司机通过制动阀发出列车制动管的风压变化的指令，并由制动管风压本身传递指令。三通阀的作用是接受指令要求执行配气，使制动缸充风，保压或排风。

三、电控制动机

电控制动机除具有自动空气制动机功能之外，还增设了一些电控装置，用电气电路控制全列车制动或缓解。电控制动机结构比自动空气制动机多增设了制动线圈4、制动阀3、缓解线圈5和缓解阀7，如图1-7。

1. 充风缓解作用

当制动线圈4和缓解线圈5断电时，制动阀3将制动缸管9堵死，缓解阀7打开了制动缸管9与缓解管11的通路。此时的制动缓解完全依赖三通阀1的作用来实现，如图1-7(a)。

2. 制动作用

电控制动机制动时，制动线圈4和缓解线圈5同时受电。则制动阀3打开了副风缸6与制动缸管9的通路，同时缓解阀7关闭了缓解管11。所以副风缸6的风压→制动阀空腔2→制动阀3→制动缸管8→制动缸10内充风而产生制动，如图1-7(b)。

3. 保压作用

当电控制动机保压时，将制动线圈4断电，缓解线圈5受电（即制动阀在下边，缓解阀在上边）将制动缸管堵死，保持制动缸10内的风压一定，如图1-7(c)。

如需电控制动机再缓解时，将制动阀线圈4和缓解阀线圈5同时断电。制动阀3落下，堵死副风缸6与制动缸管9的通路1，缓解阀7下落后打开了制动缸管9与缓解管11的通路，所以制动缸的风压→制动缸管9→缓解阀空腔8→缓解阀7→缓解管11→三通阀1的排风口排出，制动得以缓解。

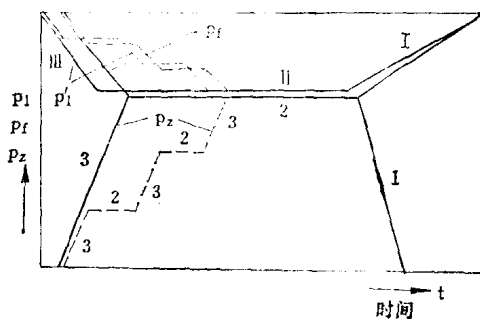


图 1-6 制动阀手柄位置与三通阀作用位置之间的关系

1、2、3—三通阀作用位置分别为充风缓解位、保压位、制动位

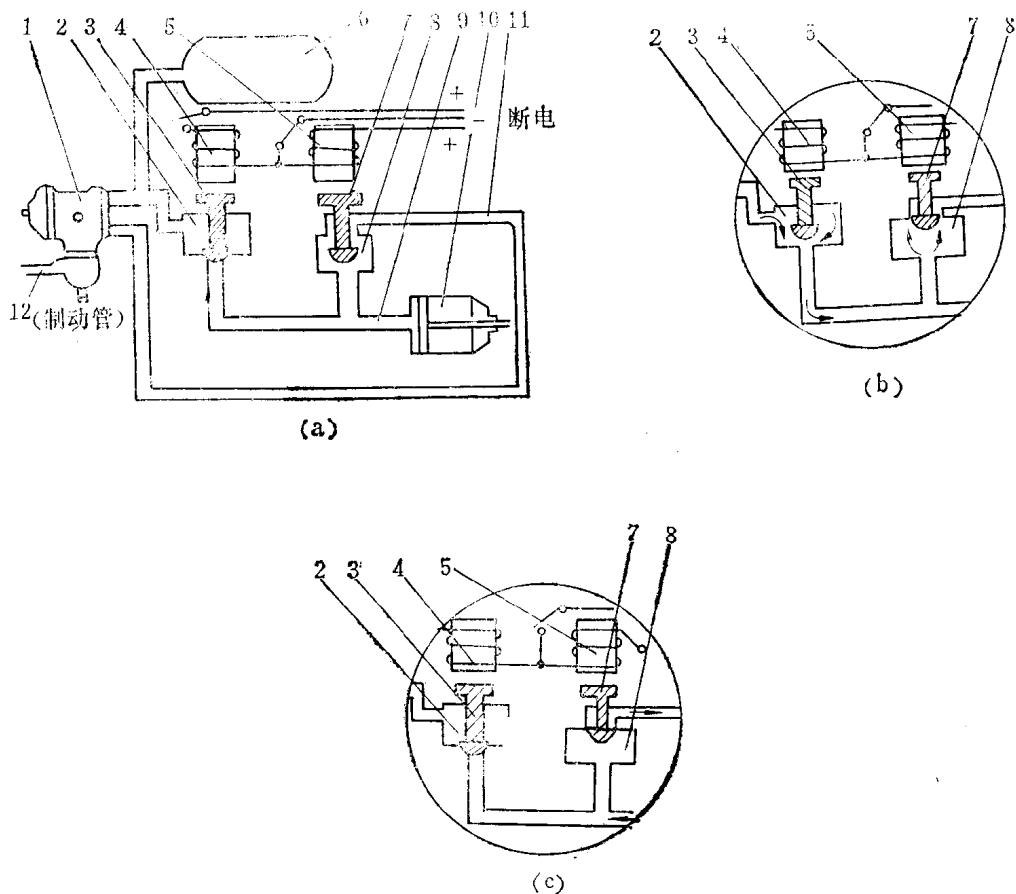


图 1-7 电控制动机工作原理
(a)充风作用；(b)制动作用；(c)保压作用

四、半硬性制动机

1. 工作原理

具有三压力机构阀的半硬性制动机主控机构由连成一体的大活塞 1 和小活塞 5 组成，如图 1-8。

大活塞 1 的上、下两侧分别通制动管 12 和工作风缸 3，小活塞 5 的上、下两侧分别与制动缸 9 和排风口 4 相通。制动管 12、工作风缸 3 和制动缸 9 称为“三压力机构阀”，操纵控制机构。

1) 充风缓解：由制动管 12 充入的风压分两路：一路由止回阀 11 → 副风缸 10 → 进排风阀 8 的上室。另一路由分配阀大活塞 1 的上室 → 充风沟 2 → 工作风缸 3，故副风缸 10 和工作风缸 3 最后都充到定压。这时，活塞组 (1 和 5) 都处于下端位置。制动缸 9 的风压 → 排风阀口 6 → 活塞杆中心孔 → 小活塞 5 下室 → 排风口 4 向大气排出，分配阀处于充风缓解位。

2) 制动位：当制动管 12 减压时，大活塞 1 上、下两侧产生压力差（因充风沟 2 小，来不及逆流）上移，首先关闭充风沟 2 和排风阀口 6，切断制动缸 9 与大气相通。活塞组继续上移，顶起进排风阀 8，离开进风阀座 7，于是副风缸 10 的风压 → 进排风阀 8 → 小活塞 5 的上室 → 制动缸 9 充入风压，分配阀处于制动状态。

3) 保压位：制动管停止减压的瞬间，副风缸10风压仍在向制动缸9充风，因而小活塞5上室风压逐渐增高，当制动缸9的压力乘以小活塞5的面积所得的向下推力加上制动管12风压乘以大活塞1的面积所得向下推力，再加上进排风阀8上方的弹簧力大于工作风缸3的压力乘以大活塞1的面积所得的向上推力时，活塞组便稍微下移，进排风阀8紧贴进排风阀口7，此时排风阀口6仍处于关闭状态。切断副风缸10与制动缸9的通路，分配阀处于保压状态。

若再次操纵制动管12减压及停止减压，就能得到阶段制动。

制动后，欲使列车缓解时，向制动管12充风，大活塞1上室风压增高并大于工作风缸3的风压时活塞组下移，排风阀口6打开，制动缸9中的风压→排风阀口6→排风口4排向大气，分配阀处于缓解状态。

2. 半硬性制动机的特点

1) 有阶段缓解和阶段制动作用。当制动管风压阶段上升时，制动缸风压就会阶段向大气排出；反之，制动管风压阶段下降时，制动缸风压就会阶段上升。

2) 在制动保压过程中，制动缸漏风时，能由副风缸自动补风；副风缸漏风时，由制动管自动补风。就半硬性制动机的电机车来说，制动管漏风时，也会自动补风，保证制动力的不衰减性。

3) 在充风缓解过程中，工作风缸的风压达到定压值并与制动管风压相等时，才能完全缓解。

4) 当列车完全缓解后，副风缸风压已充满定压值，故能连续制动，并保持有足够的制动力。

5) 因有上述特点，所以该种制动机缓解比软性制动机缓解慢。如捷克的DAKO型制动机就属于半硬性制动机。

五、硬性制动机

硬性制动机的结构与半硬性制动机的差别仅在于大活塞1下方不是工作风缸而是定压弹簧3。主控机构的工作由制动管12，制动缸9和定压弹簧3这三种压力来操纵，故称硬性制动机如图1-9。其余部分的结构和工作原理与半硬性制动机基本相同。这种制动机特点也具有阶段制动、阶段缓解、制动不衰减性和制动缸、副风缸、制动管风压漏泄自动补风作用。制动管达到定压弹簧的压力时才能完全缓解。

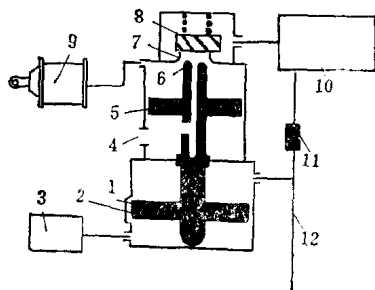


图 1-8 半硬性制动机工作原理

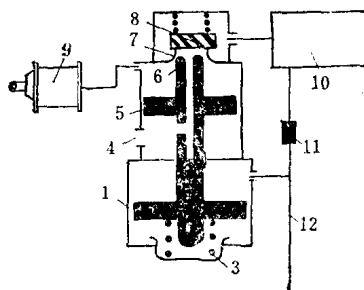


图 1-9 硬性制动机工作原理图

由于这种制动机的制动和缓解作用都要受到制动管定压值的硬性限制，所以叫硬性制动机。如苏联的АП-1型卡赞切夫制动机就属于这一类。

六、软硬性混合制动机

具有二、三压力混合机构阀的制动机，称为软硬性混合制动机。这种制动机具备两种制动机的优点，其结构与工作原理如图1-10。从图中看出，大小活塞组6和5，进排风阀15，排风阀口14，副风缸2，止回阀16，制动缸3，定压风缸7等与半硬性三压力机构阀的制动机相同，只是多了一个软性制动机的三通阀。因而在充风缓解，制动和保压作用时，大小活塞组等部件的动作与前述相同。只是在制动管1增压时，下部活塞13连同滑阀12被推向右侧，制动管一路风压→充风沟i向工作风缸10充风；滑阀12上的沟槽n连通了1孔和d孔，此时若转换塞门9开启，则制动管另一路风压→1孔→滑阀沟槽n→d孔→止回阀11→转换塞门9→定压风缸7→大活塞下室，则大活塞1上、下平衡。当转换开关9关闭时，即使1孔与d孔相通，定压风缸7的通路已被切断，不与制动管相通。当制动管1减压时，活塞13连同滑阀12左移，1孔与d孔被切断。这时不管转换塞门是否开启，定压风缸7也不与制动管1相通。所以在制动管减压时，转换塞门9关闭，整个活塞与滑阀系统不起作用，分配阀的工作如同三压力机构制动机一样。

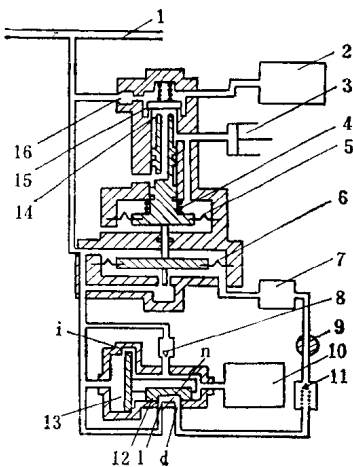


图 1-10 软硬性混合制动机工作原理图

在需要一次缓解时，打开转换塞门9，当制动管增压时，定压风缸7与制动管相通，于是大活塞1上、下压力平衡，活塞组在小活塞5上室的制动缸风压的作用向下移动，使制动缸迅速地一次性的完全缓解。

如关闭转换塞门9，则成为三压力阀，具有阶段缓解等一系列三压力阀的特征。

第二章 空气压缩机

第一节 空气压缩机的工作原理

电动空气压缩机是为机车车辆的空气制动机、控制装置、集电装置、气笛和撒砂、翻车等装置提供风源而设置的电动机械设 备。安装在电机车上的空气压缩机（简称空压机）由电动机驱动，所以称电动空压机。电动空压机运转时，产生压缩空气，通过管路送入容 积较大的总风缸内贮存备用。

电机车使用的空压机一般可分为一级压缩和二级压缩。所谓一级压缩是指通过电动空 压机将大气压力吸入气缸内由一次压缩送入总风缸内贮存。而二次压缩则是将大气压力吸 入气缸内由低压气缸压缩一次后转入高压气缸再压缩一次，送入总风缸内贮存。可见二次压 缩要比一次压缩的生产效率高，但结构复杂。电机车上所使用的空压机类型 见 表2-1所示。

表 2-1 电机车所使用空压机类型

车 种	空 压 机 型 号	台 数	压 缩 级 数
ZG-150-1500型	Z-1.8/8型	3	2
EL-1型	VV224型	3	2
37E型	K2型（改造）	3	2
EL-1/08型	2HV ₁ -100/145型	3	2
EL-2/23型	Z2.4/9型	2	2
日式85t	D-4-S型	3	1
Ⅳ-KⅡ-1型	3-500型	2	2
CZK-4-20型	3-500型	2	2

一、空压机的工作原理

1. 一级压缩机的工作原理

单级活塞式空压机的工作原理如图2-1。曲轴 2 在电动机 1 的驱动下，按箭头指 的 方向旋转，通过连杆 3 与气缸7内的活塞 4 连接，并带动活塞 4 上下运动促使气缸盖上的吸风 阀 6 和排风阀 5 开闭动作，将大气压缩后送入总风缸内。当曲轴向下运动时，为吸风运动，连 杆带动活塞沿气缸壁也向下运动。如图2-1(a)。则气缸盖与活塞间瞬时形成真空，因 此 在大 气压力的作用下吸风阀 6 被推开，空气进入气缸内。这一运动一直到连杆与曲 轴 成一直线 为止，活塞的移动距离等于曲轴半径的两倍长度。在吸风过程中，排风阀因 安 装结构不 同，在大 气压力的作用下一直是关闭的。当活塞由吸风运动转为压风运动时，曲轴带动连 杆，推动活塞向上移动，于是气缸内的体积逐渐缩小，空气被压缩后压力逐渐增大，如图 2-1(b)。当压缩空气大于大气压力时，吸风阀关闭，此时两阀都呈现关闭状态。体 积 还 继 续 缩 小，风压继续增高，一直到气缸内的压力大于总风缸中的 压力 时，排风阀才被推 开，于是压缩空气被推进总风缸内，此压风运动一直进行到活塞连杆与曲轴又成一条直线 为止。然后又开始转为吸风运动，周而复始的由吸风运动转为排风运动，使总风缸内贮存