



普通高等学校“十三五”应用型人才培养规划教材——铁道机车类  
PUTONG GAODENG XUEXIAO SHISANWU YINGYONGXING RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI TIEDAO JICHE LEI

# 电力机车制动系统 检修与维护

DIANLI JICHE

ZHIDONG XITONG JIANXIU YU WEIHU



主编 ● 聂小武



西南交通大学出版社



普通高等学校“十三五”应用型人才~~培养~~规划教材——~~铁道~~机车类

# 电力机车制动系统 检修与维护

主 编 聂小武

副主编 蔡明灯

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电力机车制动系统检修与维护 / 聂小武主编. 成都: 西南交通大学出版社, 2017.2  
普通高等学校“十三五”应用型人才培养规划教材.  
铁道机车类  
ISBN 978-7-5643-5291-2

I. ①电… II. ①聂… III. ①电力机车-车辆制动-制动装置-检修-高等学校-教材 IV. ①U264.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 034297 号

普通高等学校“十三五”应用型人才培养规划教材——铁道机车类  
电力机车制动系统检修与维护

主编 聂小武

|       |                                                      |
|-------|------------------------------------------------------|
| 责任编辑  | 李 伟                                                  |
| 封面设计  | 何东琳设计工作室                                             |
| 出版发行  | 西南交通大学出版社<br>(四川省成都市二环路北一段 111 号<br>西南交通大学创新大厦 21 楼) |
| 发行部电话 | 028-87600564 028-87600533                            |
| 邮政编码  | 610031                                               |
| 网 址   | http: //www.xnjdcbs.com                              |
| 印刷    | 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司                                    |
| 成品尺寸  | 185 mm × 260 mm                                      |
| 印 张   | 15.75                                                |
| 字 数   | 393 千                                                |
| 版 次   | 2017 年 2 月第 1 版                                      |
| 印 次   | 2017 年 2 月第 1 次                                      |
| 书 号   | ISBN 978-7-5643-5291-2                               |
| 定 价   | 35.00 元                                              |

课件咨询电话: 028-87600533

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

## 前 言

“电力机车制动系统检修与维护”是铁道机车、电力机车运用与检修专业职业能力学习领域的专业课程之一。为达到电力机车专业高素质、高技能应用型职业人才的培养目标要求，我们通过广泛调研、校企合作、深入生产一线，经多方研讨论证，以职业能力培养为重点，以职业岗位工作内容构建课程学习内容。本书根据铁路职业技能培训规范《制动钳工》《电力机车司机》《机车检查保养员》等相关知识与技能的要求编写。与其他教材相比，本书有以下几个显著特点：

(1) 结合实际生产，通过大量模拟仿真图片和实物照片生动、形象地表达原本抽象的教学内容，增强学生的感性认识，同时便于学生自学。本书在理论体系、教学内容和阐述方式等方面作了大胆改革，紧扣专业人才培养方案中课程标准的基本要求，结合当前高等职业教育教学现状，本着知识够用的原则，既能解决电力机车制动系统的维护和检修问题，又突出学生对所学知识的应用能力和动手能力。

(2) 任务驱动，注重实践，满足电力机车制动系统应用与检修岗位的需求。突出高职特色，删除了过于深入的理论计算内容，与时俱进增加了和谐型电力机车的制动理论及检修工艺，使学生掌握相关的知识与技能，同时培养学生良好的职业操作规范，以及敬业爱岗、团结协作等综合素质和能力。

(3) 在内容选取上，突出岗位需要为导向、胜任工作为重点，兼顾高技能人才的可持续发展，以及铁路劳动的安全教育及工匠精神培养。既尊重和体现铁路总公司的现行规定，满足当前铁路高技能人才考核鉴定和岗位达标的需要，又前瞻铁路新技术、新设备的发展趋势，覆盖了国家职业技能鉴定中初级工、中级工、高级工、技师和高级技师对制动系统理论知识的考核内容。

本书适用于高职铁道机车和中职电力机车运用与检修专业的师生及路段检修人员、管理者参考使用。

本书由湖南铁路科技职业技术学院聂小武、蔡明灯等编写。本书在编写过程中，得到了株洲机务段、长沙车辆段相关部门领导以及现场工程技术专家的大力支持，在此表示衷心感谢！

“看了能懂，照着能干”，具体化、实用化、可视化是本书追求的目标。由于编者水平所限，距离这个目标还有较大的差距，真诚地希望各位领导、技术专家、一线职工提出宝贵意见，以利我们今后修改。本书配有电子课件，选用本书的学校可索取使用。

编 者

2016年12月

# 目 录

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 1 认识电力机车制动系统 .....                              | 1   |
| 1.1 制动系统 .....                                  | 1   |
| 1.2 制动方式和制动机的分类 .....                           | 2   |
| 1.3 制动机的发展简史 .....                              | 3   |
| 1.4 空气制动机的基本作用原理 .....                          | 5   |
| 1.5 电力机车制动系统的检修流程 .....                         | 10  |
| 1.6 本章小结 .....                                  | 20  |
| 思考与练习题 .....                                    | 20  |
| 2 电力机车风源系统 .....                                | 21  |
| 2.1 电力机车风源系统的构成 .....                           | 21  |
| 2.2 活塞式空气压缩机 .....                              | 28  |
| 2.3 螺杆式空气压缩机 .....                              | 33  |
| 2.4 空气压缩机组的附件 .....                             | 47  |
| 2.5 辅助空气压缩机组 .....                              | 60  |
| 2.6 本章小结 .....                                  | 62  |
| 思考与练习题 .....                                    | 62  |
| 3 DK-1 型制动系统的检修与维护 .....                        | 64  |
| 3.1 DK-1 型制动机的构成 .....                          | 64  |
| 3.2 基础制动装置 .....                                | 70  |
| 3.3 均衡风缸压力控制的相关部件 .....                         | 77  |
| 3.4 制动管压力控制的相关部件 .....                          | 87  |
| 3.5 机车制动缸压力控制的相关部件 .....                        | 99  |
| 3.6 辅助性能及与其他系统的配合 .....                         | 111 |
| 3.7 DK-1 型制动机的操作规程与试验验收规则 .....                 | 128 |
| 3.8 SS <sub>9</sub> 型电力机车 DK-1 型制动机各阀检修工艺 ..... | 153 |
| 3.9 本章小结 .....                                  | 173 |
| 思考与练习题 .....                                    | 173 |
| 4 CCB II 制动系统的检修与维护 .....                       | 175 |
| 4.1 CCB II 制动系统的构成 .....                        | 175 |
| 4.2 CCB II 制动系统的主要部件 .....                      | 180 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 4.3 CCB II 制动系统的备用及辅助管路系统 ..... | 186 |
| 4.4 CCB II 制动系统的操作及检修 .....     | 192 |
| 4.5 本章小结 .....                  | 213 |
| 思考与练习题 .....                    | 214 |
| 5 主型车辆制动机简介 .....               | 215 |
| 5.1 客车 104 型空气制动机 .....         | 215 |
| 5.2 货车 120 型空气制动机 .....         | 227 |
| 5.3 F8 型电空制动机 .....             | 238 |
| 5.4 本章小结 .....                  | 244 |
| 思考与练习题 .....                    | 244 |
| 参考文献 .....                      | 246 |

# 1 认识电力机车制动系统

日常生活中，交通运输工具都离不开制动系统，如自行车、汽车、飞机等，列车当然也不例外。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。俗话说“不怕火车跑不快，就怕火车停不下来”，说明制动系统的作用十分重要。随着社会的发展，科学技术的进步，制动系统由原始的手制动机、直通式空气制动机、自动空气制动机，发展到近代的性能较完善的电空制动机。与此同时，伴随着铁路牵引动力的革命，制动技术也得到了飞跃发展，电阻制动、再生制动等的问世虽历史不长，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。

## 1.1 制动系统

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？

所谓制动是指能够人为地产生列车阻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，也包括使静止的物体保持其静止状态。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。对已实施制动的物体，解除或者减弱制动作用，则称为缓解。列车实施制动作用减速或停车后，为了使其实现加速或起动运行，需要解除制动作用，即实施缓解作用。在铁路实际应用中，有时将制动与制动装置均简称为“闸”，实施制动称为“上闸”，使制动得到缓解称为“松闸”。

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阻力。而制动系统是指能够产生可控制的列车减速阻力，以实现和控制能量转换的整套装置或系统。机车制动系统通常由风源系统、制动主控系统、手制动机和基础制动装置四大部分组成（详见第3章）。其控制关系（即工作流程）如图1.1所示。



图 1.1 制动系统控制关系

制动距离即制动时从机车的制动阀置于制动位起到列车停车，列车所走过的距离。该距离与机车牵引力有关。《铁路技术管理规程》中规定列车紧急制动距离  $S$  按不同情况不超过：货物列车  $v \leq 90 \text{ km/h}$ ， $S=800 \text{ m}$ ；旅客列车  $v \leq 120 \text{ km/h}$ ， $S=800 \text{ m}$ ； $120 < v \leq 140 \text{ km/h}$ ， $S=1\,100 \text{ m}$ ； $140 < v \leq 160 \text{ km/h}$ ， $S=1\,400 \text{ m}$ ； $160 < v \leq 200 \text{ km/h}$ ， $S=2\,000 \text{ m}$ 。

列车制动作用的产生一般是由机车上的制动阀手把置于制动位起，机车、车辆制动系统沿列车纵向由前向后逐一产生制动作用，我们将制动作用沿列车纵向由前向后传递的现象叫制动波。制动波速就是指制动波的传播速度，即机车上的制动阀手把置于制动位起到最后一辆车产生制动作用为止的这段时间内，列车的运行距离与时间的比值。制动波速是评定制动机性能的重要指标之一。制动波速越高，则列车制动作用传播越快，列车前后部制动作用时间差越短，也就是制动作用一致性越好，这样既可以缩短制动距离，确保列车运行安全，又可以有效缓和列车的纵向冲击。同时，制动波速越高，制动作用的传播长度可以加大，制动系统越适应长大重载、高速列车的要求。

机车和车辆都具有各自的制动装置，当机车、车辆编组成列车后，则构成一个统一的制动系统——列车制动系统。因此，列车制动系统由机车制动系统和车辆制动系统组成。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效率。性能良好的制动系统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。

## 1.2 制动方式和制动机的分类

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。

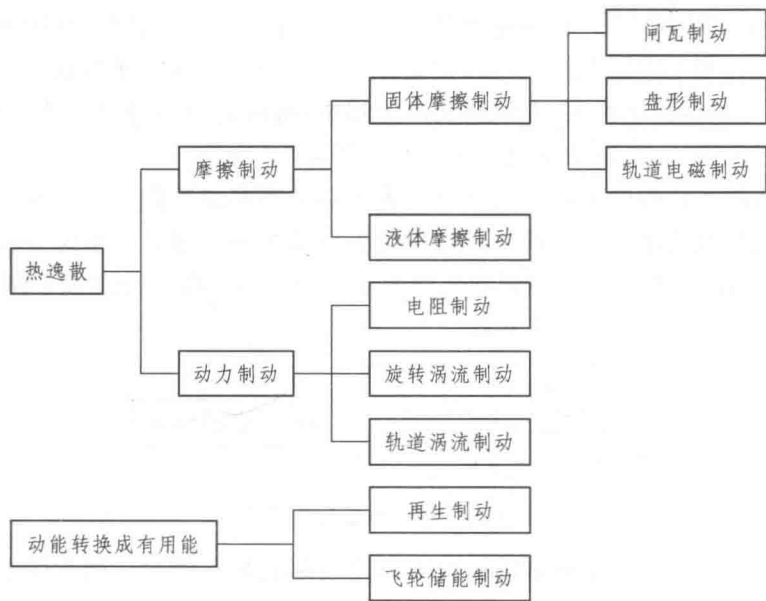


图 1.2 制动方式按列车动能转移方式分类

热逸散可以分为摩擦制动和动力制动两种，其中应用较广泛的固体摩擦制动包括闸瓦

制动和盘形制动等。

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。轮轨间纵向水平作用力的最大值就叫作黏着力，而黏着力与轮轨间垂直载荷的比值叫黏着系数（ $\mu_j$ ）。黏着系数与材质、接触表面间状态、机车运行速度和轮轴重等因素有关。交-直型电力机车黏着系数计算的经验公式为 $\mu_j=0.24+[12/(100+8\ v)]$ ， $v$ 为运行速度；曲线轮轨黏着系数（ $\mu_r$ ）计算公式为 $\mu_r=\mu_j(0.67+0.000\ 55R)$ ， $R$ 为曲线半径。通过黏着系数，可以估算牵引力（ $F$ ），计算公式为 $F=\mu\times G$ ， $\mu$ 为轮轨黏着系数， $G$ 为机车质量。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 | 在电力机车上普遍采用          |
| 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系统的重要标志。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，按作用对象可将制动机分为机车制动机和车辆制动机，按控制方式和动力来源可将制动机分为空气制动机、电空制动机和真空制动机等。无论机车制动机采用何种制动机（如空气制动机、电空制动机等），都要可靠的完成以下任务：① 对列车制动系统进行灵活、准确地操纵和控制；② 向整个列车制动系统提供质量良好的动力（如压力空气）。

1.3 制动机的发展简史

1825 年 9 月 27 日，英国的斯托克顿至达灵顿之间建成了世界上第一条铁路，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。运行中需要制动时，若干名制动员根据司机所给信号操纵每一节车上的手制动机来进行制动。人力制动的主要缺点是，劳动强度较大、列车中各车辆制动的同时性较差、制动冲击严重，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。该制动机由压缩机、总风缸、制动阀、制动管、制动缸等组成，如图 1.3 所示。直通式空气制动机的优点是，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；缺点是，当列车分离时，将失去制动作用。

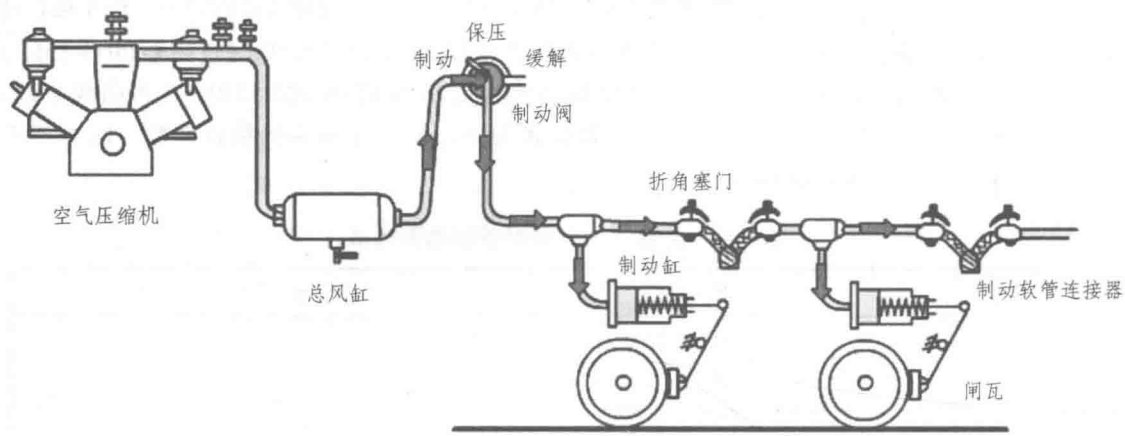


图 1.3 直通式空气制动机的组成

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，每辆车上增加了三通阀（分配阀或控制阀）及副风缸，如图 1.4 所示。自动空气制动机克服了直通式空气制动机的致命弱点，在铁路运输中得到了广泛的应用。直到今天，世界各国列车所使用的空气制动机，其工作原理都源于自动式空气制动机。

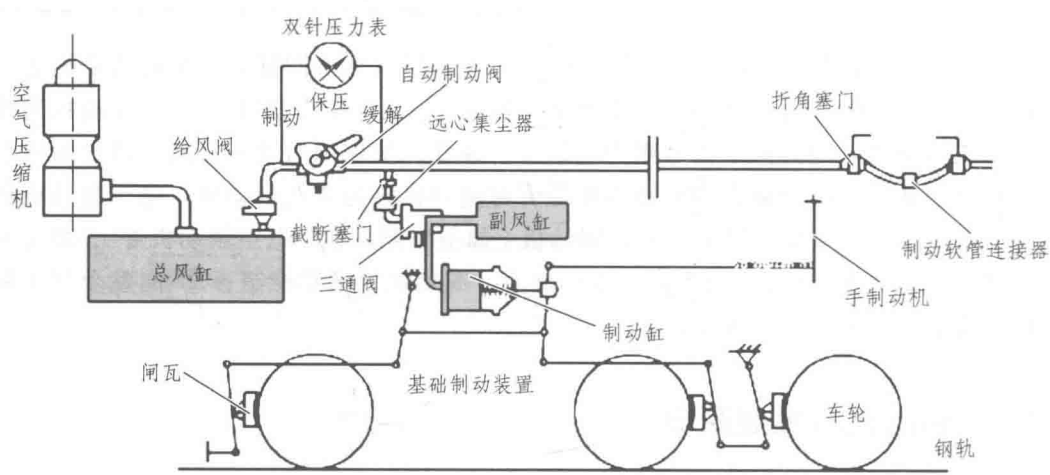


图 1.4 自动式空气制动机的组成

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。

# 1.4 空气制动机的基本作用原理

我国机车车辆采用的制动机有两种：空气制动机和电空制动机。电空制动机是在空气制动机基础上加装电器控制器件构成的。空气制动机是基础，熟悉空气制动机的基本作用原理，对掌握 SS 系列电力机车所采用的 DK-1 型电空制动机和其他电空制动机有非常重要的意义。

## 1.4.1 直通式空气制动机的基本构成和作用原理

### 1. 基本构成

如图 1.5 所示，在车辆上，直通式空气制动机主要由列车管和制动缸等组成；在机车上，除列车管和制动缸外，直通式空气制动机还包括空气压缩机、总风缸及操纵整个列车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。

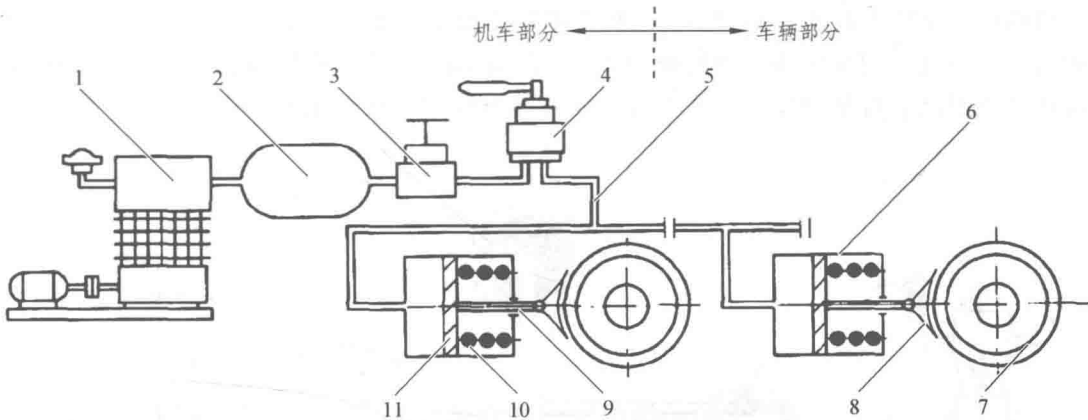


图 1.5 直通式空气制动机结构原理图

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

### 2. 基本作用原理

制动系统的工作过程主要包括制动、缓解与保压三个基本状态。

#### (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、制动阀和列车管直接向机车制动缸和车辆制动缸充风。压力空气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，如图 1.6 所示。

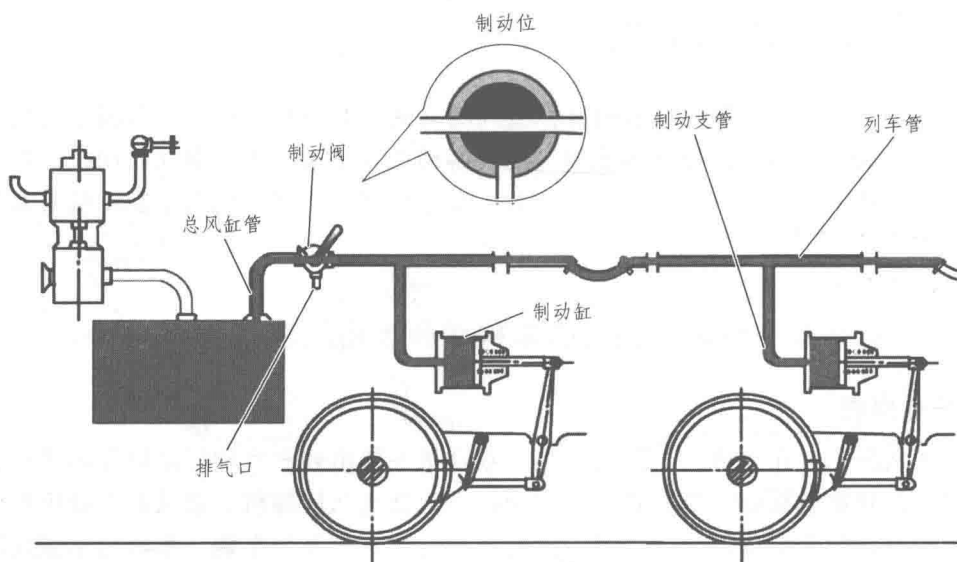


图 1.6 直通式空气制动机制动状态

## (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”，机车、车辆制动缸内的压力空气经列车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，并通过基础制动装置带动闸瓦离开车轮，实现缓解作用，如图 1.7 所示。

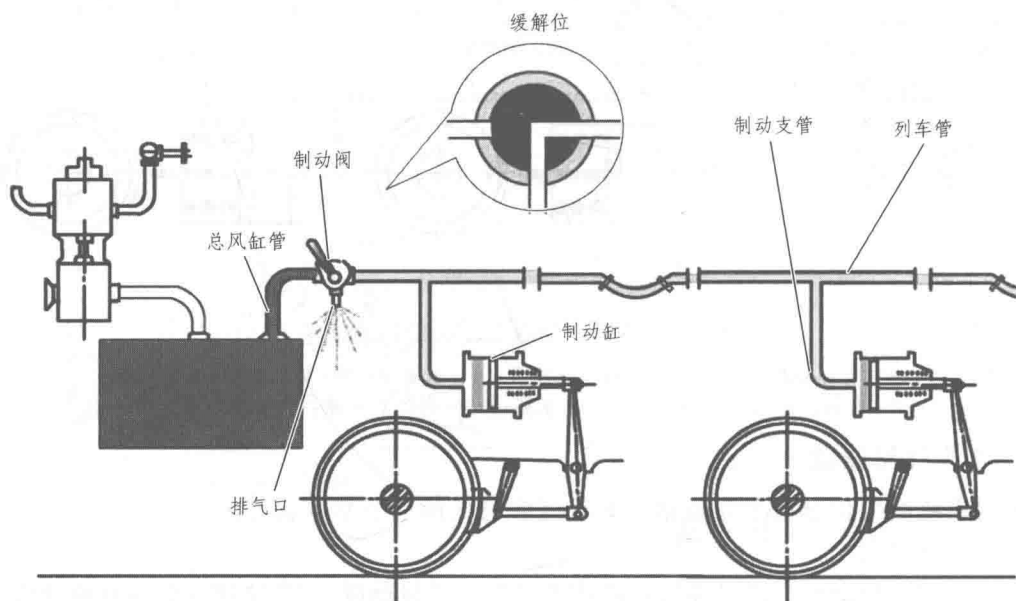


图 1.7 直通式空气制动机缓解状态

## (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，机车、车辆制动缸内保持一定的压力，实现保压作用，如图 1.8 所示。

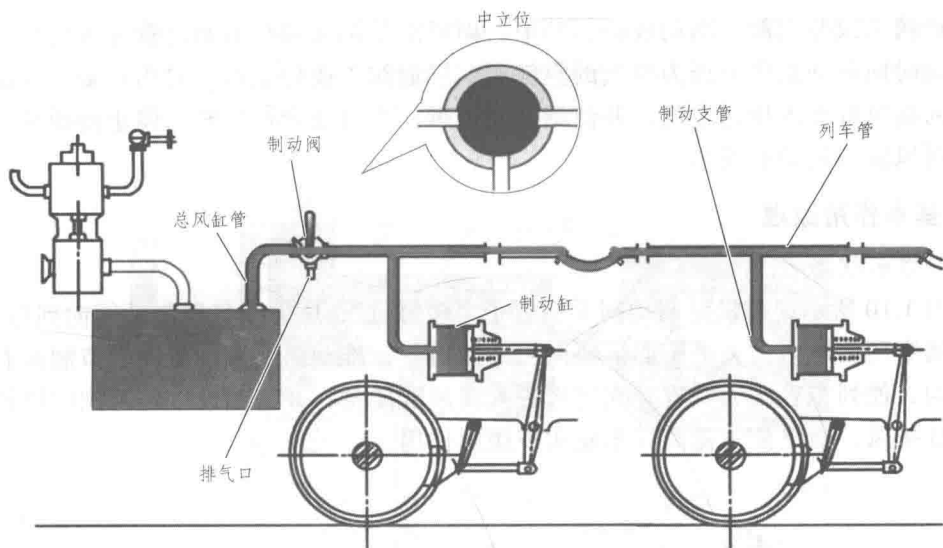


图 1.8 直通式空气制动机保压状态

综上所述，直通式空气制动机的工作具有以下特点：列车管充风，产生制动作用；列车管排风，实现缓解作用。分离时，制动系统失去制动作用，这是其致命缺点；此外，由于制动管又细又长，导致直通式空气制动机制动时，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时性较差，造成较大的列车制动冲击。当然，直通式空气制动机效果较人力制动还是好得多。

## 1.4.2 自动式空气制动机的构成及作用原理

### 1. 基本构成

如图 1.9 所示，自动式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

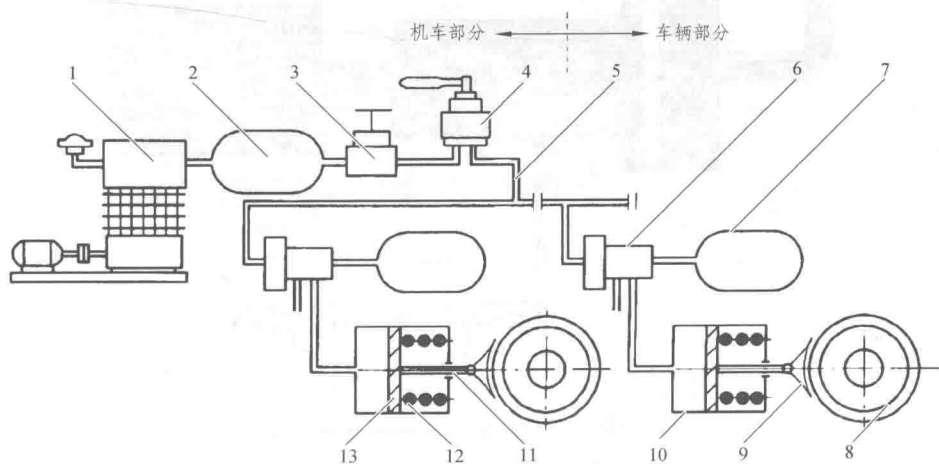


图 1.9 自动空气制动机结构原理图

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—制动缸活寒

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 1.10 所示，司机将制动阀手柄置于“缓解位”，压力空气经制动阀向列车管充风，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；开通充气沟，使列车管压力空气经充气沟进入副风缸储备；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。

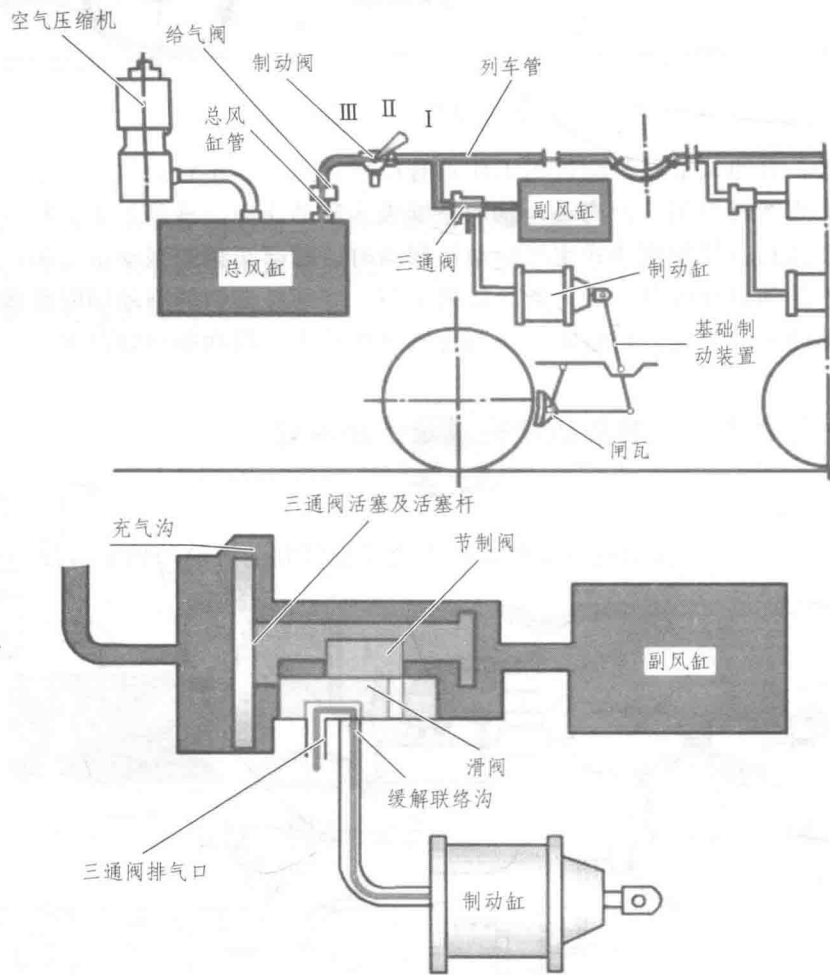


图 1.10 自动式空气制动机缓解状态

(2) 制动状态

如图 1.11 所示，司机将制动阀手柄置于“制动位”，列车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气的气路；压力空气充入制动缸，推动制动缸活塞右移，使闸瓦压紧车轮产生制动作用。

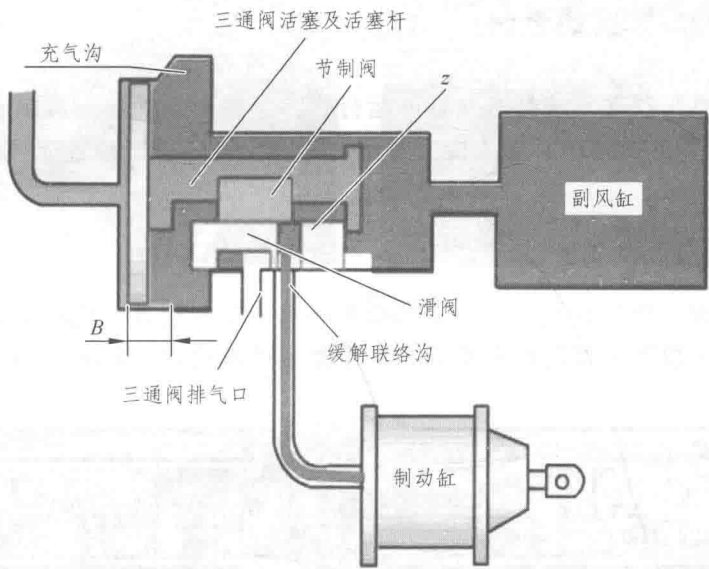


图 1.11 自动式空气制动机制动状态

(3) 保压状态

如图 1.12 所示，司机将制动阀手柄置于“中立位”，切断列车管的充、排风通路，列车管压力停止变化。随着制动状态时副风缸向制动缸充风的进行，当副风缸压力降低到稍低于列车管压力时，三通阀活塞带动节制阀微微右移，切断副风缸向制动缸充风的气路，制动缸既不充风也不排风，制动机呈保压状态。

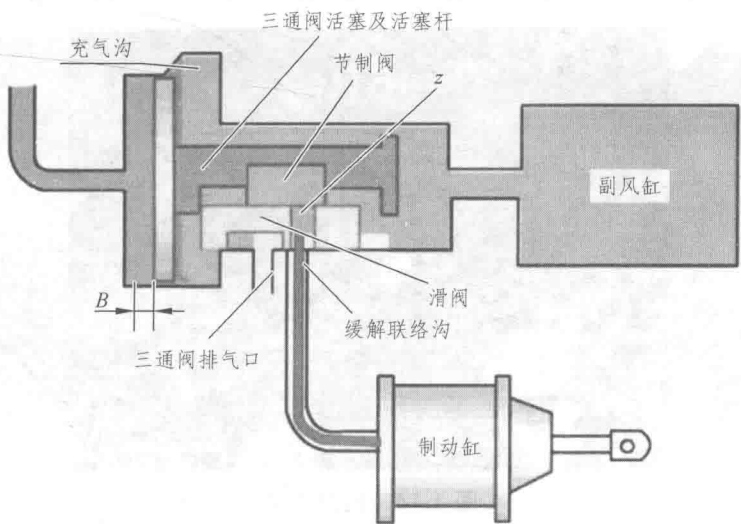


图 1.12 自动式空气制动机保压状态

可见，自动空气制动机具有“制动管充气实现缓解，制动管排风实现制动”的工作原

理，因此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”的致命缺点，从而得到广泛的应用。

## 1.5 电力机车制动系统的检修流程

为保证电力机车制动系统具有良好的运行状态，需要定期定点对制动系统进行检修与维护，这里以 SS<sub>6B</sub> 机车制动系统的检修为例，来介绍其不下车检查流程。

### 1.5.1 机车制动系统检修顺序

机车 I 端检查→机车右侧检查→Ⅱ端检查→机车左侧检查→机车 I 端司机室检查→机车右侧机舱检查→机车Ⅱ端司机室检查→机车左侧机舱检查，如图 1.13 所示。

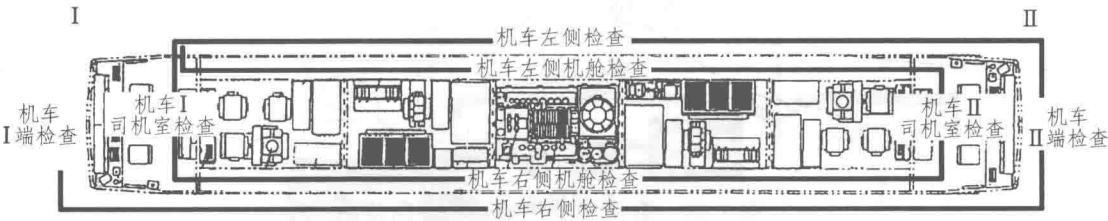


图 1.13 机车制动系统检修顺序

### 1.5.2 I 端检查内容

(1) 机车列车软管良好、未过期。防尘堵和防尘堵链良好、符合要求；软管连接塞门未卡滞，角度符合要求；固定卡子未松动，管路未变形，如图 1.14 所示。



图 1.14 检查软管

(2) 机车左右 1 号沙箱管良好，未互磨；机车车架闸缸管未与车架互磨；固定卡子未松动，如图 1.15 所示。



图 1.15 检查沙箱部位

(3) 机车 1 架闸缸管良好，未互磨；机车左右 2 号沙箱管和闸缸未互磨，卡子固定良好，如图 1.16 所示。

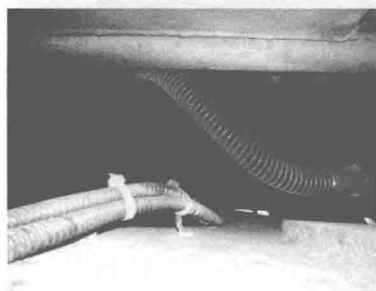


图 1.16 检查闸缸管部位

(4) 总风缸排水阀良好，无漏风现象，总风缸隔离塞门未卡滞；总风管接头无漏风现象，如图 1.17 所示。



图 1.17 检查总风管部位

(5) 干燥器外观良好，固定螺丝、管路接头未松动；电空阀安装接线良好，排污塞门良好，无漏风卡滞；排污阀、排气阀、进气止回阀、出气止回阀安装良好，未漏风，如图 1.18 所示。