

## 项目二

# 空气制动

空气制动是以压缩空气作为制动力来源的制动方式的总称。空气制动有直通式空气制动、自动式空气制动、电空制动三种典型代表。这三种制动方式主要是制动力的控制方式不同，但制动力的来源都是压缩空气，所以都属于空气制动的范畴。

现代化的制动系统是以空气制动的出现为标志的，迄今为止，空气制动仍然是最为普遍的制动方式，它被广泛地应用于货物列车、客运列车、动车组及城市轨道交通车辆。

## 任务一 认知直通式空气制动机



### 学习目标

- (1) 熟知直通式空气制动机的工作原理；
- (2) 熟知直通式空气制动机的特点。



### 学习任务

认知直通式空气制动机的基本作用原理，包括直通式空气制动机的结构组成、作用原理，工作特点。



### 工具设备

直通式空气制动机、城市轨道交通车辆实物、多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。



### 教学环境

轨道交通车辆理实一体化教室、车辆维修基地或现场。



### 基础知识

空气制动是用压缩空气的压力作为制动力的来源，并用压缩空气的压力变化来控制制动力大小的一种制动方式。具有制动力大，操作简单等特点。常见的空气制动机有直通式空气制动机和自动式空气制动机两类。

#### 一、直通式空气制动机的工作原理

如图 2-1 所示，空气压缩机 1 将压缩空气储入总风缸 2 内，经总风缸管 3 至制动阀 4。制动阀手柄有 3 个不同位置：缓解位、保压位和制动位。手柄在缓解位时，列车管 5 内的



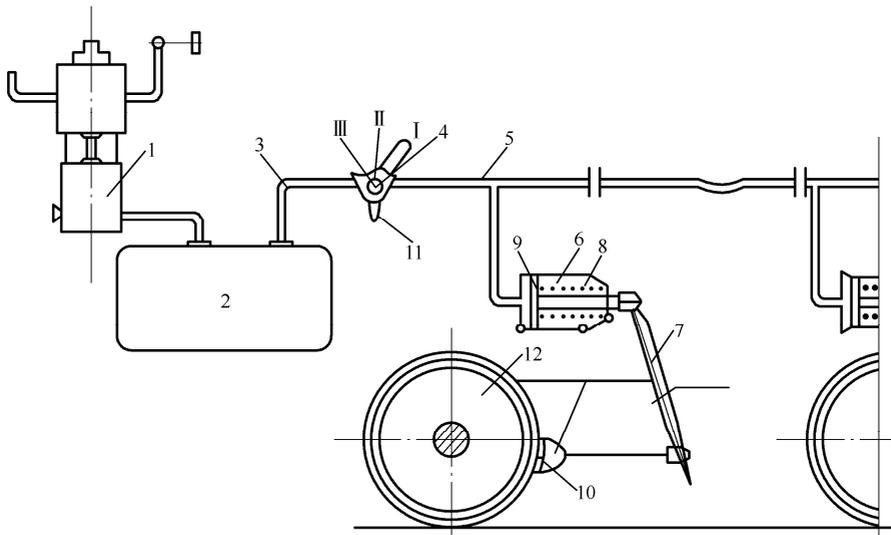
压缩空气经制动阀 Ex(Exhaust)口 11 排向大气；手柄位于保压位时，制动阀保持总风缸管、列车管和 Ex 口各不相通；手柄位于制动位时，总风缸管压缩空气经制动阀流向列车管。

### 1. 制动位

司机要实行制动时，首先将手柄置于制动位，制动位实际上是在制动阀的位置连通了总风管和列车管的通路，总风缸的压缩空气经制动阀进入列车管。列车管是一根贯通整个列车、两端封闭死的管路，压力空气由列车管进入各个车辆的制动缸 6，压缩空气推动制动缸活塞 9 产生推力，通过制动缸活塞杆带动基础制动装置 7，使闸瓦 10 压紧车轮 12 产生制动作用。制动力的大小取决于制动缸内压缩空气的压力，由制动阀手柄在制动位放置时间的长短决定，制动阀手柄在制动位放置的时间越长，由总风缸经过制动阀充入制动缸的压力空气越多。

### 2. 缓解位

要缓解时，司机将制动阀手柄置于缓解位，缓解位实际上是在制动阀的位置连通了列车管和 Ex 口的通路，各车辆制动缸内的压缩空气经列车管从制动阀 Ex 口排入大气。手柄在缓解位放置时间足够长，则制动缸压力可降为 0。此时制动缸活塞借助于制动缸缓解弹簧的复原力回到缓解位，闸瓦离开车轮，车辆缓解。



I—缓解位；II—保压位；III—制动位；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—基础制动装置；8—制动缸缓解弹簧；9—制动缸活塞；10—闸瓦；11—制动阀 Ex 口；12—车轮

图 2-1 直通式空气制动机

### 3. 保压位

制动阀手柄放在保压位时，实际上是在制动阀的位置关闭了总风管、列车管和 Ex 口的通路，三路都不相通，该位置可保持制动缸内压力不变。当司机将手柄在制动位与保压位之间来回操纵，或在缓解位与保压位之间来回操纵时，制动缸压力能分阶段的上升或下降，即实现阶段制动或阶段缓解。



## 二、直通空气制动机的特点

- (1) 列车管增压制动、减压缓解。
- (2) 能实现阶段缓解和阶段制动。
- (3) 制动力大小靠制动阀手柄在制动位放置时间的长短决定，因此控制不太精确。

(4) 制动和缓解时各车辆制动缸的压力空气都要经机车制动阀供给和排出，由于空气波的传递有一定的速度，约 330m/s，所以距离机车近的制动机，先产生制动和缓解动作，而距离机车远的车辆后产生制动和缓解动作，因此前后车辆的制动和缓解一致性较差，列车制动和缓解时纵向冲动大，严重的甚至导致车钩折断列车分离事故。

- (5) 由于列车管减压缓解，所以当发生列车分离事故时，分离的车辆会失去制动力。

## 三、DK-1 型空气制动阀分解组装

(1) 解体凸轮箱，分别取出转换柱塞、定位柱塞、作用柱塞及弹簧，卸下手把固定螺钉，退出手把座及顶杆。卸下阀盖，退出手把轴、凸轮及各支承接套。拆放风柱塞盖，取出阀及弹簧，卸下接线盒盖，卸下微动开关。

- (2) 将卸下各零件清洗，用压缩空气吹扫，白布擦干。

- (3) 更换各橡胶件。

(4) 检查各弹簧、阀座、凸轮、顶杆、各柱塞、插件、线束等部件应无裂损、锈蚀、拉伤、变形、偏磨等缺陷，各弹簧自由高度较原形的减少量小于 2mm，顶杆长度较原形减少量小于 2mm，手把轴与凸轮方孔的配合间隙小于 0.5mm，各支承磨耗量小于 0.5mm，凸轮工作表面磨耗量小于 0.5mm，不良者更换（凸轮表面轻微拉伤可用水砂纸打磨）。

(5) 用万用表检查微动开关关闭良好，电空位：800—314 不通，空气位：压缩开关 800—314 线接通。

- (6) 在有相对运动的零件摩擦面涂适量凡士林。

- (7) 将作用柱塞和定位柱塞装入阀体，手按动作应灵活，无卡滞现象。

- (8) 其余部件按分解相反的顺序进行组装。

(9) 组装好的空气制动阀安装在试验台上，进行各种实验，电空位、空气位及电联锁各项实验数据应符合基本技术要求。

## 任务二 认知自动式空气制动机



### 学习目标

- (1) 熟知自动式空气制动机的结构；
- (2) 熟知自动式空气制动机的作用原理；
- (3) 熟知自动式空气制动机的特点。



### 学习任务

认知自动式空气制动机的基本作用原理，包括自动式空气制动机的结构组成，作用原



理；特点；认知三通阀的结构、作用原理。



### 工具设备

自动式空气制动机、三通阀、城市轨道交通车辆实物、多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。



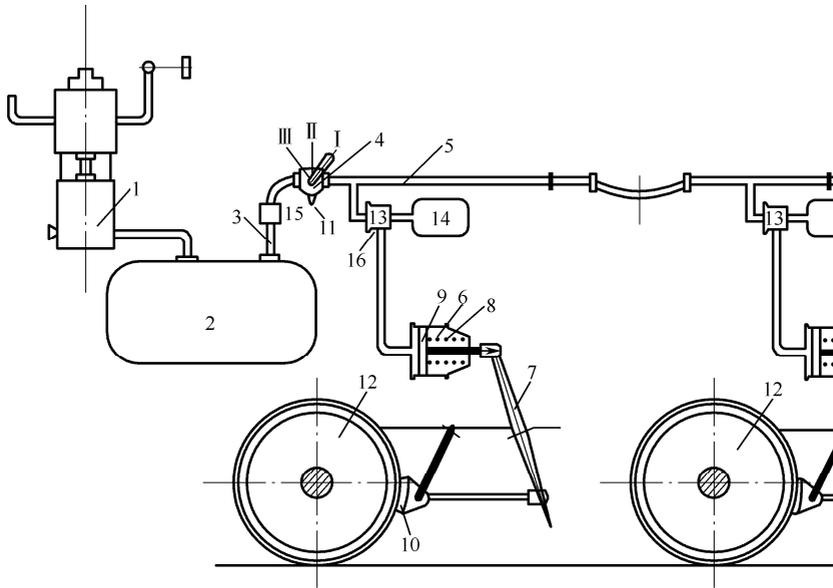
### 教学环境

轨道交通车辆理实一体化教室、车辆维修基地或现场。



### 基础知识

相比于直通式空气制动机，自动式空气制动机具有防断钩、制动一致性好等诸多优点，至今，很多铁路货物列车车辆仍沿用这种制动方式，如图 2-2 所示。



I—缓解位；II—保压位；III—制动位；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—基础制动装置；8—制动缸缓解弹簧；9—制动缸活塞；10—闸瓦；11—制动阀 Ex 口；12—车轮；13—三通阀；14—副风缸；15—给气阀；16—三通阀排气口

图 2-2 自动式空气制动机工作原理

## 一、自动空气制动机结构和原理

自动空气制动机在直通空气制动机的基础上增加了 3 个部件：在总风缸 2 与制动阀 4 之间增加了给气阀（也叫调压阀）15；在每节车辆的列车管 5 与制动缸 6 之间增加了三通阀 13 和副风缸 14。给气阀的作用是限定列车管定压（人为规定的列车管压力），即无论总风缸压力多高，给气阀出口的压力总保持在一设定的值。

自动空气制动机的制动阀同样也有缓解、保压和制动 3 个作用位置，但内部通路与直



通空气制动机的制动阀有所不同。在缓解位时，它连通给气阀与列车管的通路；在制动位时，它使列车管与制动阀上的 Ex 口相通，列车管压缩空气经它排向大气；在保压位时则保持各路不通。

制动阀手柄放在缓解位时，总风缸中的压缩空气经给气阀、制动阀送到列车管，然后通过列车管送到各车辆的三通阀，经三通阀使副风缸充气。如此时制动缸中有压缩空气，则经三通阀排气口 16 排入大气。列车运行时，制动阀手柄一般处于此位，直至副风缸充至列车管定压值。

制动阀手柄放在制动位时，列车管中的压缩空气经制动阀 Ex 口排向大气。列车管的减压信号传至各车辆的三通阀时，三通阀动作，副风缸内的压缩空气经三通阀充向制动缸，制动缸活塞推出，使空气制动执行机构动作，列车制动。

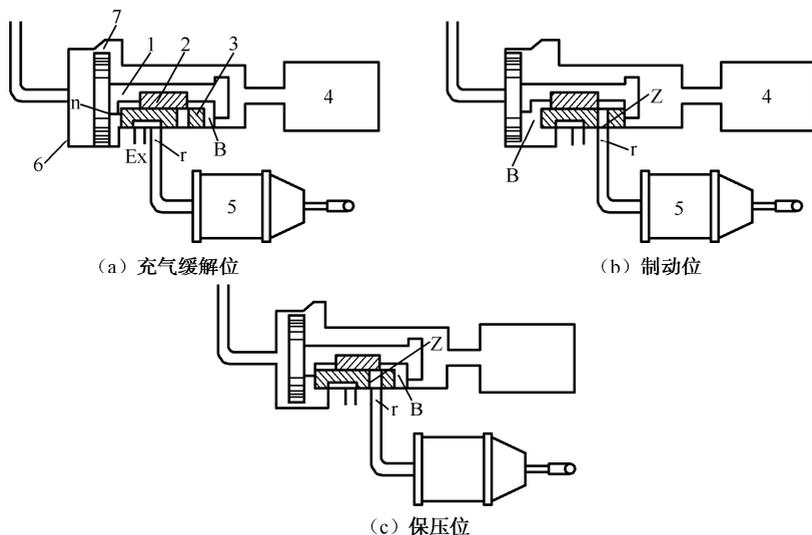
由此可见，自动空气制动机是依靠列车管中压缩空气的压力变化来传递制动或缓解的信号，列车管增压时缓解，列车管减压时制动。而三通阀是制动缸制动或缓解的控制部件。

## 二、三通阀工作原理

如图 2-3 所示，三通阀因与列车管、副风缸及制动缸相通而得名。根据列车管压力的变化，三通阀有 3 个基本位置。

### 1. 缓解位

列车管压力增压时，在三通阀活塞两侧形成压差，三通阀活塞及活塞杆带动节制阀及滑阀一起移至右侧端位，这时充气沟 7 露出，三通阀内形成以下两条通路。



1—三通阀活塞及活塞杆；2—节制阀；3—滑阀；4—副风缸；5—制动缸；6—三通阀；7—充气沟；B—间隙；

r—滑阀座制动缸孔；Z—制动缸管

图 2-3 三通阀工作原理



I. 列车管—充气沟—滑阀室—副风缸。

II. 制动缸—滑阀座制动缸孔—滑阀底面槽—三通阀排风口 Ex—大气。

第 I 条通路为充气通路，第 II 条通路为缓解通路，即所谓充气是指向副风缸充气，缓解是指制动缸缓解。副风缸内压力可一直充至与列车管的压力相等，即达到列车管定压，制动缸缓解后的最终压力为零。

## 2. 制动位

制动时，司机制动阀手柄置于制动位，列车管内的压力空气经制动阀排气减压。三通阀活塞左侧压力下降，右侧副风缸压力大于左侧。当两侧压差较小时，不足以推动活塞，副风缸的压力空气有通过充气沟逆流的现象，但由于列车管压力下降较快，活塞两侧的压差仍继续增加。压差达到足以克服活塞及节制阀的阻力时，活塞及活塞杆带动节制阀向左移一间隙距离，使活塞杆与滑阀之间的间隙置于前部，活塞遮断充气沟，副风缸压力空气停止逆流，滑阀上的通孔上端开放，与副风缸相通。随着列车管压力的继续下降，活塞两侧压差加大到能够克服滑阀与滑阀座之间的摩擦力时，活塞带动滑阀左移至极端位，滑阀切断制动缸通大气的通路，同时滑阀通孔下端与滑阀座制动缸孔对准，形成副风缸向制动缸的充气通路。如果三通阀一直保持这一位置，最终将使副风缸压力与制动缸压力平衡。

## 3. 保压位

在列车管减压到一定值后，司机制动阀手柄移至保压位，列车管停止减压。三通阀活塞左侧压力不再下降，但三通阀活塞仍处于左极端的制动位，因此副风缸压力空气继续充向制动缸，活塞右侧的压力继续下降。当右侧副风缸压力稍低于左侧列车管压力，两侧压差达到能克服活塞和节制阀的阻力时，活塞将带着节制阀向右移一间隙距离，使滑阀与活塞杆之间的间隙位于后端，同时节制阀遮断副风缸向制动缸的充气通路，副风缸压力不再下降。由于此时活塞两侧压差较小，不足以克服滑阀与滑阀座之间的摩擦力，所以活塞位于此位不再移动，制动缸保压。

当司机将制动阀手柄在制动位和保压位来回扳动时，列车管压力反复地减压—保压，三通阀则反复处于制动位—保压位，而制动缸压力则不断地升压—保压—升压—保压，直至制动缸压力与副风缸压力平衡为止，即自动制动机具有阶段制动作用。但由于自动制动机三通阀结构的限制，它无法实现阶段缓解，而只能一次缓解(又称轻易缓解)。

## 三、自动式空气制动机的特点

(1) 列车管减压制动、增压缓解。

(2) 由于制动缸的风源与排气口离制动缸较近，其制动与缓解不再通过制动阀进行，制动与缓解一致性较直通制动机好，列车纵向冲动较小，适合于较长编组的列车。

(3) 有阶段制动功能，但是没有阶段缓解功能。

(4) 由于列车管增压缓解，减压制动，因此，当发生列车分离时，列车管被拉断排风，分离的车辆能自行产生制动作用。



#### 四、GK 型三通阀分解组装

##### 1. 准备工作

将所有的工具、材料放到适当位置，并检查所有机具设备的性能状况，有问题及时汇报处理。将待分解组装的 GK 型三通阀架在分解组装台上。

##### 2. 分解

按先高后低的顺序逐步分解。取出的零配件应按要求摆放，以免碰伤和遗漏。

##### 3. 擦洗

将三通阀各零件（阀体、各橡胶件、螺栓、螺母除外）放入清洗器浸泡以后用压力空气吹干；用汽油将阀体内部清洗并吹（烘）干；用干净毛巾擦洗橡胶配件。注意橡胶件不得沾汽油或其他具有腐蚀性液体。

##### 4. 给油

给滑阀、节制阀的滑动面及座、主活塞涨圈、铜套、滑阀弹簧等摩擦接触面和减速弹簧杆的周围涂以适量硅油。

##### 5. 组装

（1）将滑阀、节制阀、节制阀弹簧、滑阀弹簧等顺序组装于主活塞杆上，将滑阀弹簧片调整比滑阀套高出 3mm 左右，胀圈开口处装于充气沟相对另一侧，然后将主活塞装入阀体内，并往返数次拉动主活塞，试验其阻力须适当；

（2）减速弹簧套和减速簧杆组装后拧入阀体；

（3）将递动杆及弹簧装入套筒内，拧紧递动杆螺帽；

（4）紧急活塞装入铜套配合须圆滑，阻力适当，无卡住现象；

（5）将紧急部的各零件装入下体；

（6）最后将紧急部和递动部用橡胶垫和螺栓分别安装在阀体上，平均拧紧螺栓。

### 任务三 认知电空制动机



#### 学习目标

- （1）熟知电空制动机的作用原理；
- （2）熟知电空制动机的特点。



#### 学习任务

认知电空制动机的基本作用原理，包括电空制动机的基本结构、作用原理和作用特点。



#### 工具设备

电空制动机、城市轨道交通车辆实物、多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。



## 教学环境

轨道交通车辆理实一体化教室、车辆维修基地或现场。



## 基础知识

空气制动机用压缩空气的压力变化来控制制动和缓解，而普通列车的长度均有数百米，用压缩空气的压力变化来作为制动和缓解的控制信号时，压缩空气要沿着列车管从列车的头部向列车的尾部传播。空气波的传递速度是 330m/s，这样，在制动和缓解时，列车尾部与列车头部的车辆在产生制动和缓解作用的时间上有较大的时间差。假设一列车长度为 660 米，则列车最尾部车辆相比列车最前部车辆产生制动和缓解的作用要足足晚 2 秒钟。即使是相邻的两节车辆，在制动和缓解的时间上也不一致，只是由于距离相对较近而时间差相对较小。

在制动时，由于后部车辆比前部车辆后产生制动力，导致后部车辆向前挤压前部车辆；而在缓解时，前部车辆比后部车辆先缓解，导致后部车辆向后拉前部车辆。这种前后车辆制动和缓解的不一致性不仅会导致制动和缓解时，列车纵向产生冲击力，而且缓解时，前后车辆相互间的拉力容易将车钩拉断，对行车安全造成威胁。

电空制动机仍用压力空气作为制动的动力来源，但它用电来操纵制动装置的制动、保压和缓解等作用。最简单的电空制动机是在空气制动机的基础上加装电磁阀等电气控制部件，用电来操纵制动机的作用。与空气制动机相比，其最大优点是全列车能迅速发生制动或缓解作用，列车前、后的动作一致性比较好。

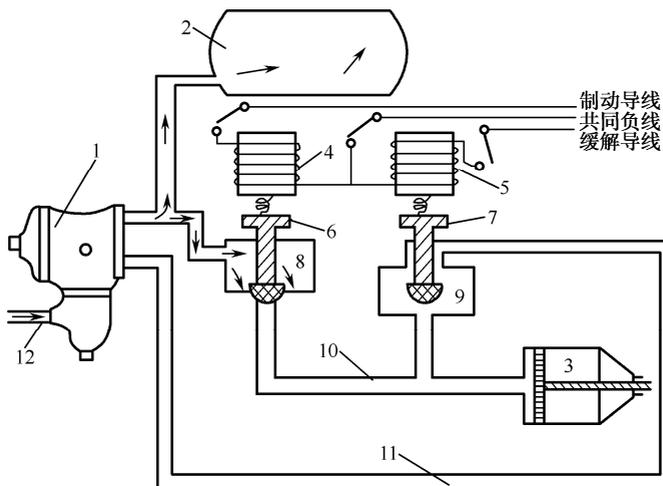
### 一、电空制动机结构和原理

#### 1. 缓解位

如图 2-4 所示是电空制动机处在缓解位的原理示意图，此时，制动导线和缓解导线均不供电，制动线圈和缓解线圈均失电，制动阀和缓解阀均处在下端位，形成两条气路，一路是制动缸里面的压缩空气依次经缓解阀室、缓解管、三通阀或分配阀排入大气；另一路是制动管里的压缩空气经三通阀或分配阀进入副风缸储存。由于制动阀处在下端位，堵住了制动阀室下端口，故此时，副风缸里的压缩空气不能经过制动阀室充入制动缸。制动缸缓解。

#### 2. 制动位

如图 2-5 所示是电空制动机处在制动位的原理示意图，此时，制动导线和缓解导线均供电，制动线圈和缓解线圈均得电，由于制动线圈和缓解线圈所产生的磁力，使制动阀和缓解阀均处在上端位，副风缸里的压缩空气依次经制动阀室、制动缸管进入制动缸，产生制动力。此时由于缓解阀处在上端位，堵住了缓解阀室上端口，也就切断了制动缸里压缩空气排大气的通路。



1—三通阀或分配阀；2—副风缸；3—制动缸；4—制动线圈；5—缓解线圈；6—制动阀；7—缓解阀；8—制动阀室；  
9—缓解阀室；10—制动缸管；11—缓解管；12—制动管

图 2-4 电空制动机充气缓解作用位

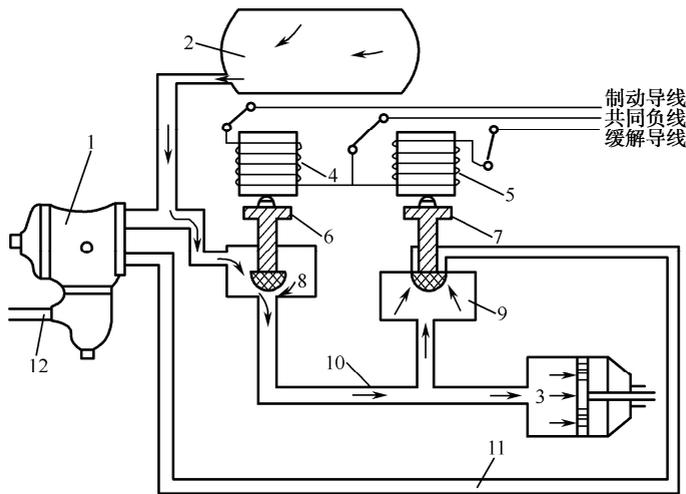


图 2-5 电空制动机制动作用位

### 3. 保压位

保压位时，制动线圈失电，而缓解线圈仍得电，此时，制动阀处在下端位，切断了副风缸往制动缸的通路，缓解阀处在上端位，切断制动缸到缓解管的通路。制动缸成为一个封闭的空间，制动缸里面的压缩空气的压力保持不变，从而形成保压位。

## 二、电空制动机的特点

- (1) 电空制动机用电作为信号来控制制动缸的空气压力，而不是依靠列车管压力的变化来控制制动缸的空气压力。
- (2) 电的传播速度约每秒三十万千米，因此，采用电空制动时，车辆前部和后部制动



机产生制动和缓解的时间差可以忽略不计，也就是列车制动和缓解的一致性好，从而避免了制动和缓解的时候列车的纵向冲击力，也避免了由于过大的纵向拉力而导致的断钩事故。

(3) 有阶段制动功能，也有阶段缓解功能。

## 任务四 空气制动的操作运用

### 【操作运用案例】 空气制动操作运用

#### 1. 实训项目教师工作活页

##### 实训项目教师工作活页

NO: \_\_\_\_\_

实训项目	空气制动的操作运用		
学时	2	班 级	略
实训场所	机车车辆设备综合仿真实验室或车辆维修基地现场		
工具设备	三通阀、电空阀、制动阀、机车、车辆实物或模型、多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等		
教学目标	专业能力	(1) 能说出直通式空气制动机的结构、作用原理和特点 (2) 能对 DK-1 型制动阀进行分解组装 (3) 能说出自动式空气制动机的结构、作用原理和特点 (4) 能对 GK 型三通阀进行分解组装 (5) 能说出电空制动机的基本结构、作用原理和特点 (6) 能在机车、车辆实物或模型上对直通式、自动式和电空制动机各组成部件从车辆上进行拆解，然后组装	
教学目标	方法能力	(1) 能综合运用专业知识，通过利用专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息 (2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案，从中学会表达及展示活动过程和成果	
	社会能力	(1) 能在实习训练活动中保持积极向上的学习态度 (2) 能与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和沟通 (3) 能与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神	
教学活动	略（详见教学活动设计）		
教学评价	学生活动：① 以 5~7 人小组为单位开展实训活动，根据本组同学在实训过程中的能力表现及结果进行自评组内互评；② 根据其他小组同学在成果展示活动中的表现及结果进行互评 教师活动：① 教师组织学生开展评价活动和总结；② 对学生本实训项目单元成绩做出综合评价		
教学资料	(1) 城市轨道交通车辆制动系统教材 (2) 城市轨道交通运输设备教材 (3) 实训项目学生学习活页（附页）		
指导教师		教学时间	年 月 日



## 2. 实训项目学生学习活页

实训项目学生学习活页

NO: \_\_\_\_\_

## 实训项目 空气制动的操作运用

班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 时间: \_\_\_\_\_

## 一、实训目标

## 1. 专业能力目标

- (1) 能说出直通式空气制动机的结构、作用原理和特点
- (2) 能对 DK-1 型制动阀进行分解组装
- (3) 能说出自动式空气制动机的结构、作用原理和特点
- (4) 能对 GK 型三通阀进行分解组装
- (5) 能说出电空制动机的基本结构、作用原理和特点
- (6) 能在机车、车辆实物或模型上对直通式、自动式和电空制动机各组成部件从车辆上进行拆解, 然后组装

## 2. 方法能力目标

- (1) 能综合运用专业知识, 通过利用专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息
- (2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案, 从中学会表达及展示活动过程和成果

## 3. 社会能力目标

- (1) 能在实习训练活动中保持积极向上的学习态度
- (2) 能与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和沟通
- (3) 能与他人共享学习资源, 具有较好的合作能力和团队协作精神

## 二、知识总结

## 1. 简要说出直通式空气制动机的结构、作用原理和特点

## 2. 简要说出自动式空气制动机的结构、作用原理和特点

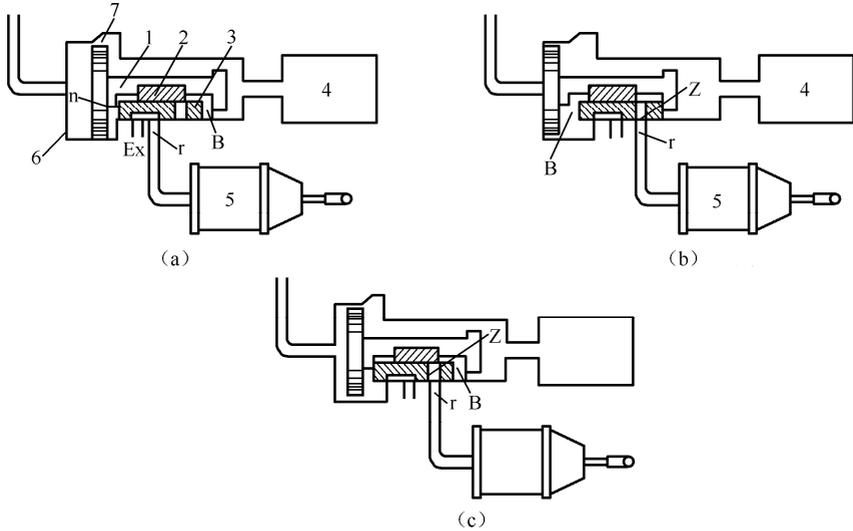
## 3. 简要说出电空制动机的基本结构、作用原理和特点



续表

三、操作运用

1. 下图为三通阀的三个不同的作用位置，根据图完成下面填空



(a) 是\_\_\_\_\_位；(b) 是\_\_\_\_\_位；(c) 是\_\_\_\_\_位。

2. 将制动阀从机车上拆除并分解，然后组装并试验制动作用良好后重新安装回机车上

3. 将三通阀从机车上拆除并分解，然后组装并试验制动作用良好后重新安装回机车上

四、实训小结

---



---



---

五、成绩评定

1. 学生评价

评价等级	A—优	B—良	C—中	D—及格	E—不及格
学生自评					
组内互评					
他组互评					



续表

## 2. 教师评价

评价等级	A—优	B—良	C—中	D—及格	E—不及格
专业能力					
方法能力					
社会能力					

## 3. 综合评价

评价等级	A—优	B—良	C—中	D—及格	E—不及格
评价结果					

注：按照学生自评占 10%，组内互评占 10%，他组互评占 20%，教师评价 60% 的比例计分。其中，A—100 分，B—85 分，C—75 分，D—60 分，E—50 分。

## 4. 评价量规

等 级	行为表现描述
A	能圆满高效地完成实训任务的全部内容
B	能顺利完成实训任务的全部内容
C	能完成实训任务的全部内容，但需要一些帮助和指导
D	自己只能完成实训任务的部分内容，但在现场的指导下，已经能完成任务的全部内容
E	不能完成实训任务的全部内容



## 课后巩固

1. 简述直通式空气制动的结构和作用原理。
2. 简述自动式空气制动机的结构和作用原理。
3. 自动式空气制动机比直通式空气制动机有哪些优点？
4. 简述电空制动的基本结构和原理。
5. 电空制动比空气制动有哪些优点？