

岗位工作1

轨道车辆制动系统认识

知识目标

1. 掌握轨道车辆制动的基本概念及作用。
2. 掌握空气制动机的类型、结构及原理。
3. 理解电空制动机、电磁制动机的工作原理。
4. 掌握自动式车辆空气制动装置的作用及原理。

能力目标

1. 能够分析制动在轨道车辆中的作用。
2. 能分析各种制动机的工作原理。
3. 能分析自动式车辆空气制动装置的工作原理及作用。

工作任务 1.1 轨道车辆制动系统原理分析



任务描述

轨道车辆制动系统是轨道车辆的重要组成部分,制动系统的优劣程度直接关系车辆运行的安全性、可靠性,因此人们致力于将更多的新技术和新设备应用到制动系统。随着科学技术在这一领域的不断发展,对城轨车辆制动系统的检修工作提出了更多、更大的挑战。

【任务目的】

1. 掌握制动系统的组成。
2. 能够叙述轨道车辆制动系统各部分的工作原理。

【任务内容】

1. 城轨车辆制动系统认识。

2. 城轨车辆制动系统原理分析。

【任务实践基本要求】

1. 在认真学习本任务“基础理论”的基础上完成实训。
2. 做好相关实训记录。
3. 遵守企业规章制度,按企业要求规范操作。

【设备及工具】

长春地铁制动系统模型。



基础理论

1.1.1 制动的基本概念及其作用

轨道车辆制动装置是列车制动装置的基本单元。车辆制动技术和制动机性能决定列车制动机性能。车辆制动技术,或者说是列车制动机性能,是铁路运输“重载、高速”这一跨越式发展战略目标实现的关键性前提条件之一。

1. 制动的基本概念

1) 制动作用

人为地施加于运动物体一个外力,使其减速(含防止其加速)或停止运动;或施加于静止物体,保持其静止状态。这种作用称为制动作用。实现制动作用的力称为制动力。

制动作用强调人为地施加的外力作用,意味着可以调整制动力的大小,即制动作用效果。

制动力对被制动物体来说是一种外力。列车制动力的产生是列车以外的物体产生而施加于列车的一种(外)力。这一外力只能是钢轨施加于车轮的与列车运行方向相反(与钢轨平行)的力。

2) 缓解作用

解除制动作用的过程称为缓解。

制动装置既要能实现制动作用,也要能实现缓解作用。

对于运动着的铁路列车,欲使其减速或停车,应根据需要施加于列车一定大小的与其运动方向相反的外力,即施行制动作用;列车在运行途中加速或启动加速前,要解除制动作用,即施行缓解作用。

3) 车辆制动装置

装于车辆上能实现制动作用和缓解作用的装置称为车辆制动装置。车辆制动装置包括空气制动机、人力制动机和基础制动装置3个部分。通常将空气制动机称为车辆制动机。

4) 列车制动装置

列车上能够实现制动作用和缓解作用的装置称为列车制动装置,也称为列车制动机。列车制动机由机车制动装置与所牵引的所有车辆的车辆制动装置组合而成。

5) 列车自动制动机

当列车自行分离(脱钩)后,列车前、后两部分均能自动地产生制动作用而停车的制动

机称为自动制动机。自动制动机还能在意外情况下,由除机车司乘人员以外的列车其他乘务人员在本辆车操作紧急制动阀,使列车紧急停车。

6) 制动距离

从机车的自动制动阀置于制动位起,到列车停车,列车所走过的距离称为制动距离。制动距离越短,列车的安全系数越大。《铁路主要技术政策》规定,列车紧急制动距离按不同情况,分别不超过:①旅客列车,120km/h,800m;160km/h,1400m;200km/h,2000m;250km/h,2700m;300km/h,3700m;350km/h,4800m。②货物列车,90km/h,800m;120km/h,1100m(25t轴重120km/h,货物列车,1400m);160km/h,1400m。

7) 制动波和制动波速

列车制动一般是由机车制动机产生制动作用,沿列车纵向由前及后,车辆制动机逐一产生制动作用。制动作用沿列车长度方向的传播现象称为制动波。制动波的传播速度称为制动波速。

制动波速是综合评定制动机性能的重要指标之一。在制动过程中,制动波速越高,则列车制动作用传播越快,列车制动力增长越快,列车前、后部制动作用同时性越好,即前、后部作用时间比较一致,前、后部车辆的减速度差值越小,制动过程中任一瞬间的平均制动力比较大。这既可缩短制动距离,确保列车运行安全,又可有效地缓和列车的纵向冲击作用。同时,制动波速越高,制动作用的传播长度就可加大,制动机越适应重载(长、大)、高速列车的要求。

2. 制动在轨道运输中的作用

制动装置对于铁路运输的意义可以通过下述实例理解。

如图1-1所示,列车运行于甲、乙两站之间。列车由甲站发车,行驶了 s_0 距离加速至 v_1 。 s_0 为启起加速距离,其长短决定于机车牵引功率的大小。若需要列车在乙站停车,制动功率较大的A列车,开始施行制动的地点可在距乙站较近的a点处,其制动距离为 s_1 。若B列车的制动功率较小,则需提前于b点开始施行制动,制动距离为 s_2 。因而B列车减少了高速行驶的时间,于是,B列车的技术速度低于A列车。若C列车没有制动装置(或制动装置失效),仅靠自然的阻力使之停车,则该列车必须在距乙站更远的c点开始惰行,惰行距离为 s_3 。显然,C列车的技术速度更低。为了保障行车安全,铁道部在《铁路技术管理规程》中规定:限制列车在下坡道上的紧急制动距离,例如货车以90km/h速度运行时,规定为800m。假如上例中 $s_1=800\text{m}$,则B、C列车在此区间的运行速度必须分别限制为 v_2 和 v_3 。这样,降低了列车的区间运行速度,降低了铁路的通过能力。

制动装置的重要作用在于:一方面,使列车在任何情况下能够减速停车或防止加速,确保行车安全;另一方面,提高列车运行速度,提高牵引重量。衡量一个国家的铁路运输水平,首先要看其能制造多大牵引功率的机车。但牵引与制动是互相促进和制约的,没有先进的制动技术,就没有现代化的铁路运输。

另外,通过下述分析可进一步理解制动对铁路运输现代化发展的重要作用。

铁路运输能力与运输量永远是一对矛盾,也就是说,铁路部门要致力于不断解决运输

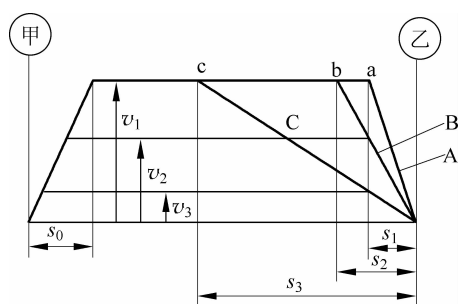


图 1-1 制动力、区间速度与制动距离的关系

能力与日益增长的运输量之间的矛盾。具体到列车,就是要提高列车的牵引重量及运行速度,即高速重载。

列车制动过程实际上是能量转换过程。制动过程要将具有一定运行速度的列车的巨大动能,部分或全部转化为其他形式的能,使列车达到减速或停车的目的。

设某列车的牵引重量为 W ,运行速度为 v 。假设制动过程中列车的制动力 B_K 是一个不变的量(实际上,制动过程中, B_K 是随闸瓦压力和列车运行速度变化的量),制动力 B_K 使列车产生减速度 a 。对于列车来说,下式是成立的:

$$B_K = \frac{W}{G}a$$

制动力 B_K 在列车运行 ds 距离过程中做功,即

$$B_K ds = \frac{W}{G}a ds$$

$$B_K ds = -\frac{W}{G} \cdot \frac{dv}{dt} ds$$

$$B_K ds = -\frac{W}{G}v dv$$

在制动距离 s 区间求积分,有

$$\int_0^s B_K ds = \int_{v_0}^0 -\frac{W}{G}v dv$$

$$B_K s = \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{G}v_0^2$$

在制动距离 s 范围内,列车的动能被制动力 B_K 做功转换。为了保证列车的运行安全,为制动距离 s 规定一个值。那么,提高运能(W 、 v)的前提条件是以足够的 B_K 作保证,即以先进的制动技术作保证;否则,不能保证列车运行安全,或者不能提高运输能力。

1.1.2 比较各种轨道车辆制动机的特点

制动过程是能量转换过程。车辆制动机是实现将列车运行过程中巨大的动能转化为其他形式的能量,从而使列车减速或停车的一种装置。目前我国应用最广泛的是摩擦制动方式,即闸瓦压车轮踏面或闸片压制动盘产生摩擦力,通过车轮踏面与钢轨之间的作用,产生制动力。摩擦制动是将列车的动能转化为热能散发于大气中,达到制动的目的。车辆制动机有下述几种。

1. 手(人力)制动机

以人力作为动力来源,用人力来操纵,实现制动和缓解作用的制动机叫做手(人力)制动机。手(人力)制动机结构简单,不受动力的限制,任何时候都可使用,但制动力小。目前它只作为辅助制动装置,一般仅用于原地制动,或在调车作业中使用。

2. 真空制动机

以大气压力作为动力来源,用对空气抽真空的程度(真空度)来操纵制动和缓解的制动机叫做真空制动机。真空制动机的压力最高只能达到 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$,制动力小,且气密性要求高。要增大制动力,只能通过扩大制动缸的直径或者提高制动倍率实现。这样,不仅增加了车辆自重,调整制动缸活塞行程的工作量将大大增加,而且列车编组长度受到限制。我国只在部分援外车辆上安装这种制动机。例如,20 世纪 70 年代,我国援助坦桑尼亚—赞比亚的铁路车辆安装的就是真空制动机。

3. 空气制动机

空气制动机是以压缩空气为动力来源,用空气压力的变化速度来操纵的制动机。我国的机车车辆上均安装空气制动机。

根据不同的作用原理,分为直通空气制动机和自动空气制动机。

1) 直通空气制动机

直通空气制动机的基本组成形式如图 1-2 所示,由制造压力空气的空气压缩机 1,储存压力空气的总风缸 2,操纵列车制动机作用的制动阀 4,贯通全列车的制动管 5,以及将空气压力转换为机械推力的制动缸 8 等组成。

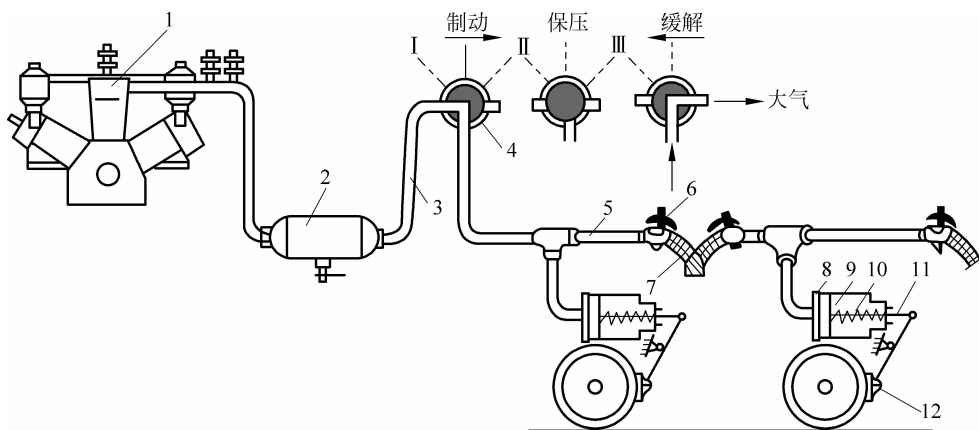


图 1-2 直通空气制动机原理图

1—空气压缩机；2—总风缸；3—总风缸管；4—制动阀；5—制动管；6—折角塞门；7—制动软管；
8—制动缸；9—制动缸活塞；10—制动缸缓解弹簧；11—制动缸活塞杆；12—闸瓦

① 直通空气制动机的作用原理：制动阀手把有制动、保压和缓解三个作用位。制动阀手把置 I 位（制动位）时，总风缸的压力空气经制动阀、制动管进入各车辆的制动缸，使制动缸活塞杆推出，闸瓦压紧车轮，列车产生制动作用；制动阀手把移至 II 位（保压位）时，总风缸、制动管和大气之间的通路均被遮断，制动缸和制动管保持压力不变；制动阀

手把移至Ⅲ位(缓解位)时,制动管及所有制动缸压力空气经制动阀排气口排出,制动缸活塞被缓解弹簧推回,闸瓦离开车轮踏面,列车制动状态得到缓解。

② 直通空气制动机的特点:构造简单,用制动阀可直接调节制动缸压力,具有阶段制动和阶段缓解作用。对于很短的列车,操作方便、灵活,但不适用于较长列车,原因如下:其一,机车上的总风缸无法储存供应较长列车各车辆制动机制动时制动缸所需压力的空气;其二,制动和缓解时,各车辆制动缸的压力空气都要由机车上的总风缸供给和机车上的制动阀排气口排出,所以,制动时距离机车近的制动缸充气早、增压快,距离机车远的制动缸充气晚、增压慢;缓解时,距离机车近的制动缸排气早、缓解快,距离机车远的制动缸排气晚、缓解慢,造成列车前、后部车辆的制动和缓解作用一致性差,列车纵向冲动大。特别是当列车发生车钩分离事故时,整个列车将失去制动控制。因此,直通空气制动机在铁路车辆上已经淘汰(只在部分地方小铁路车辆上使用),被自动空气制动机代替。

2) 自动空气制动机

自动空气制动机在每辆车上增加了三通阀(分配阀或控制阀)及副风缸。副风缸在缓解位储存好本辆制动机制动时所需的压力空气。制动时,各制动缸的压力空气就近取自本车的副风缸;缓解时,各制动缸的压力空气经本车的三通阀排气口排出。因而列车前、后部各车辆的制动作用和缓解作用的产生过程均较快,一致性比较好,可有效地缩短制动距离,减小列车的纵向冲击力。自动空气制动机适用于编组较长的列车,现在我国的车辆均采用这种制动机。自动空气制动机的制动和缓解作用与制动管压力变化的关系是:制动管减压时制动,增压时缓解。当列车发生车钩分离事故或拉动紧急制动阀时,制动管减压,全列车均能够自动产生制动作用而停车。

4. 电空制动机

电空制动机是以压力空气作为原动力,利用电控系统电信号,通过电磁阀操纵的制动机。机车上电控制动系统设备,每一辆车的空气制动装置配套有电控电磁阀箱。机车上的司乘人员分别操纵电控制动系统设备中起制动或缓解等作用的按钮,电信号同时控制每一辆车电控电磁阀箱相应的电磁阀动作,使其制动装置产生作用。为防止电控系统发生故障时,列车失去制动控制,现今的电空制动机仍保留压力空气操纵装置,以备在电控系统发生故障时,能自动地转为压力空气操纵。这种制动机的主要优点是:全列车能迅速发生制动和缓解作用,列车前、后部制动机动作一致性较好,列车纵向冲动小,制动距离短,适用于高速、重载列车。目前,在我国,电空制动机主要使用在快速旅客列车上,如用在长、大货物列车上,优点更显著。

5. 轨道电磁制动机

对于轨道电磁制动机,在每一个转向架上设有可起落的电磁铁,司机操纵制动时,将悬挂在转向架上导电后起磁感应的电磁铁放下,压紧钢轨,使它与钢轨发生摩擦而产生制动力。在高速旅客列车上,轨道电磁制动机与空气制动机并用,其优点是制动力不受轮轨间的黏着系数限制,避免车轮滑行,但其重量较大,增加了车辆的自重,并加速了钢轨的磨损。



岗位实践

1. 认识电制动

电制动是车辆在常用制动下的优先选择,仅带驱动系统的动车具有电制动。电制动又分为再生制动和电阻制动。

① 再生制动:当发生常用制动时,电动机变成发电机状态运行,将车辆的动能转变为电能,经逆变器整流成直流电反馈于接触网。

② 电阻制动:承担电机电流中不能再生的那部分制动电流,将电机上的制动能量转变成电阻的热能消耗掉。

2. 认识机械制动

机械制动分为空气制动和液压制动。

① 空气制动:空气制动用来补充制动指令要求的和电制动达到最大制动力之间的差额,以及没有电制动时完全由空气制动承担的列车制动要求。

② 液压制动:液压制动工作内容与空气制动完全相同,区别在于空气制动时的介质由空气转变为液压油。

3. 制动优先和混合原则

① 第一优先再生制动。再生制动与接触网线路吸收能力,即网压高低有关。

② 第二优先电阻制动。承担不能再生的那部分制动电流,再生制动电流加电阻制动电流等于由电制动要求的总电流。

③ 第三优先机械制动。常用制动时补充电制动的不足;当没有再生制动或电阻制动时,需要的总制动力必须由摩擦制动来提供。

工作任务 1.2 空气制动系统认识



任务描述

空气制动系统是城轨车辆制动系统中最常见、应用最普遍的制动系统。我国大部分轨道交通车辆均采用此系统,其优点为原理简单、操作简便、检修方便、易操作,缺点为制动效果易受环境因素影响,昼夜温差大或气温低的城市采用此系统时制动效果差、故障率高。因此,空气制动系统是检修工作的重点。

【任务目的】

1. 掌握空气制动系统的组成。
2. 能够简单叙述空气制动系统的工作原理。

【任务内容】

1. 城轨车辆空气制动系统的认识。
2. 城轨车辆空气制动系统原理分析。

【任务实践基本要求】

1. 在认真学习本任务下“基础理论”的基础上完成实训。
2. 做好相关实训记录。
3. 遵守企业规章制度,按企业要求规范操作。

【设备及工具】

空气制动系统模型。



基础理论

1.2.1 空气制动系统的组成

列车空气制动系统的组成如图 1-3 所示。

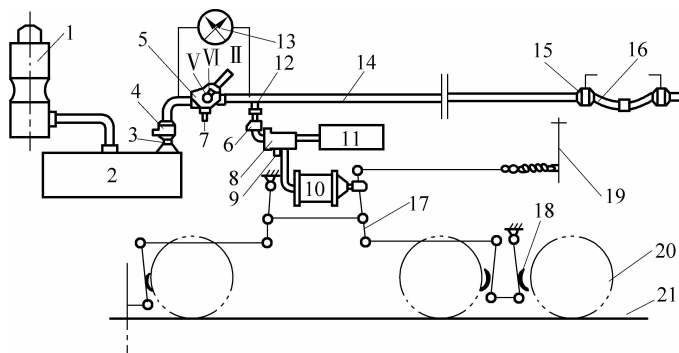


图 1-3 列车空气制动系统的组成

- 1—空气压缩机；2—总风缸；3—总风缸管；4—给风阀；5—自动制动阀；6—远心集尘器；
7—制动阀排气口；8—三通阀(分配阀或控制阀)；9—三通阀(分配阀或控制阀)排气口；
10—制动缸；11—副风缸；12—截断塞门；13—双针压力表；14—制动管；15—折角塞门；
16—制动软管；17—基础制动装置；18—闸瓦；19—手制动装置；20—车轮；21—钢轨

1. 空气压缩机 1 和总风缸 2

空气压缩机和总风缸是列车空气制动装置的动力源系统。空气压缩机制造 800~900kPa 的压力空气；总风缸用来储存空气压缩机制造的压力空气,供全列车制动系统使用。

2. 给风阀 4

给风阀将总风缸的压力空气调整至规定压力后,经自动制动阀充入制动管。

3. 自动制动阀 5

自动制动阀是操纵列车空气制动系统的部件。通过它,向制动管充入压力空气,或将制动管压力空气排向大气,以操纵列车制动系统产生不同的作用。

4. 制动管 14

制动管是贯通全列车的空气导管。通过它,向列车中各车辆的制动装置输送压力空气,并通过自动制动阀控制制动管内压力空气的压力变化,操纵列车各车辆制动机产生相应的作用。

5. 三通阀(分配阀或控制阀)8

三通阀(分配阀或控制阀)是车辆空气制动装置的主要部件(在机车上也有分配阀)。它和制动管连通,根据制动管空气压力的变化情况,产生相应的作用位置,控制向副风缸充入压力空气的同时把制动缸内的压力空气排向大气,实现制动机缓解作用;或者将副风缸内压力空气充入制动缸,产生制动机的制动作用。

6. 副风缸 11

副风缸缓解位储存压力空气,作为制动时制动缸的动力源。

7. 制动缸 10

制动时,制动缸用来把副风缸送来的空气压力变为机械推力。

8. 基础制动装置 17

制动时,将制动缸活塞推力放大若干倍并传递到闸瓦,使闸瓦压紧车轮产生制动作用;缓解时,依靠其自重,使闸瓦离开车轮,实现制动机的缓解作用。

9. 闸瓦 18、车轮 20 和钢轨 21

闸瓦、车轮和钢轨是制动时的能量转换部分,是实现制动作用的三大要素。制动时,闸瓦压紧转动着的车轮踏面后,闸瓦与车轮间的摩擦力接触钢轨,钢轨在与车轮接触点上产生与列车运行方向相反(与钢轨平行)的反作用力,即制动力。

1.2.2 车辆制动装置的基本作用原理

三通阀(分配阀或控制阀)属二压力机构阀,是自动空气制动机的关键部件。下面以三通阀为例,介绍二压力机构阀的作用原理。

三通阀与制动管、副风缸和制动缸相通。三通阀内有一个气密性良好的主活塞和带孔道的滑阀及节制阀。主活塞外侧通制动管,内侧通副风缸。当制动管内压缩空气的压力发生增或减变化时,主活塞两侧产生压力差(制动管与副风缸的空气压力差),当克服移动阻力后,推动主活塞带动滑阀、节制阀移动,形成不同的作用位置,实现以下各种作用。

1. 充气、缓解作用

如图 1-4 所示,当操纵自动制动阀使总风缸的压力空气向制动管充气时,三通阀内主活塞外侧压力增高,主活塞被推动,连同滑阀、节制阀向内移动,开放了充气沟 i。制动管的压力空气经充气气路进入副风缸储存起来(其压力最后可达到与制动管规定压力相等),准备制动时使用。同时,滑阀移动后,将制动缸和三通阀排气口连通。若制动缸内有压力空气,则经排气口排入大气,实现制动机充气及缓解作用。

2. 制动作用

如图 1-5 所示,当操纵自动制动阀使制动管内压力空气排入大气时,三通阀主活塞外

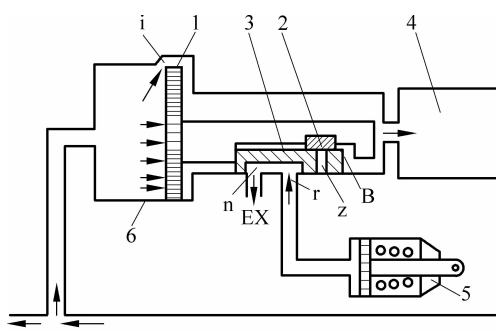


图 1-4 充气、缓解位作用原理

1—主活塞及主活塞杆；2—节制阀；3—滑阀；4—副风缸；5—制动缸；6—三通阀（分配阀或控制阀）；
i—充气沟；B—间隙；z—滑阀制动孔；r—滑阀座制动缸孔；n—滑阀缓解联络槽；EX—排气口

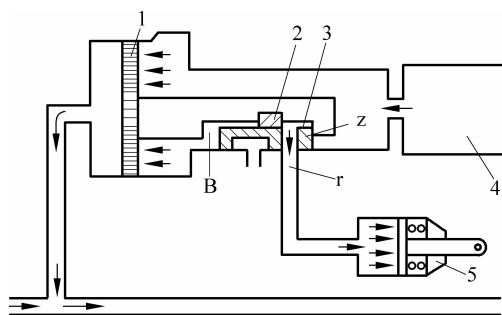


图 1-5 制动位作用原理

1—主活塞及主活塞杆；2—节制阀；3—滑阀；4—副风缸；5—制动缸；B—间隙；z—滑阀制动孔；
r—滑阀座制动缸孔

侧压力下降，主活塞被副风缸空气压力推动，连同节制阀、滑阀向外移动。移动到滑阀与滑阀座上的孔路，将副风缸和制动缸连通，副风缸内的压力空气经滑阀与滑阀座上的制动气路进入制动缸，实现制动机的制动作用。

3. 制动保压作用

如图 1-6 所示，制动后，当制动管停止向外排气时，由于三通阀仍处在制动位置，所以副风缸内的压力空气通过滑阀与滑阀座上的孔路继续充入制动缸，副风缸（滑阀室）的压力继续下降。当降到稍低于制动管压力时，主活塞带动节制阀向内移动间隙 B 距离（滑阀未动），节制阀将滑阀上的副风缸与制动缸通路遮断（滑阀制动孔被节制阀盖住），副风缸停止向制动缸充气，制动缸内压力不再上升，也不减少，形成制动保压作用。

1.2.3 制动机应具备的条件

为了使列车按需要及时、平稳地停车，或方便地调整列车运行速度，保证运行安全，车辆制动装置应具备下列条件。

- ① 具有足够的制动力，发生紧急情况时，能确保列车在规定的制动距离内安全停车。
- ② 制动与缓解作用灵敏、准确，制动力大小能按需要调节。制动波速要快，具有在