



铁道机车专业教学资源库

学校名称：武汉铁路职业技术学院

主讲：张哲

1.20 电气制动的应用

目录

CONTENTS

01

电气制动的应用



PART 1

电气制动的应用

电气制动的应用

在电力机车上除了机械制动系统外，由于配备了电气制动系统。因而提高了列车运行的安全性。机械制动是靠闸瓦与车轮的机械摩擦来降低机车的运行速度，而机械摩擦系数随着温度升高明显下降，因此机械制动的性能和效果随着列车速度、载重和长度的提高而下降，且在高速时列车的机械制动呈现不稳定性，而电制动则相反，速度越高制动效果越明显，而且与制动时间无关。

列车在长大下坡道司机根据情况可使用电气制动，首先司机将主手柄回“0”位，将工况手柄搬至“制”位，提主手柄，根据机车运行的速度改变调速手轮在制动区的级位，实现想要的制动效果，操作如图1所示。

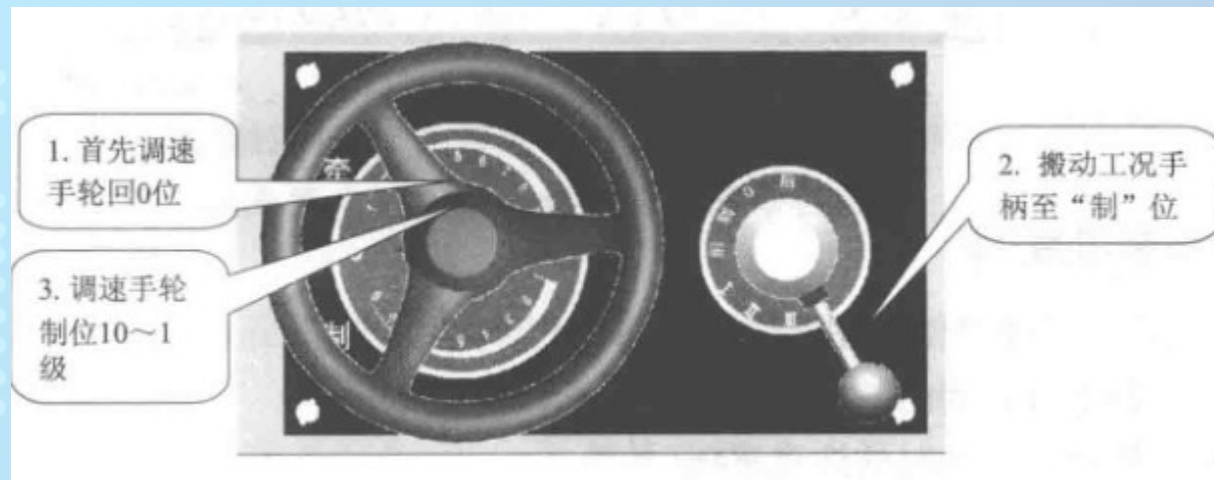


图 1



电气制动的应用

使用电气制动减少了闸瓦和车轮磨耗。机械制动时，接触表面温度很高，闸瓦和轮缘的磨耗十分严重，因为机械制动的磨耗主要取决于制动力的强度，高速时需制动强度大，磨耗就大，低速时相反。所以高速时用电制动，低速度时用机械制动可以大大地降低机车车辆轮轨的磨耗，大量节约制动闸瓦。

使用电气制动可以提高了列车下坡运行速度。由于机械制动时需在每次排风制动后，充风缓解至少约 1 分钟待风压恢复后才能进行下一次制动，造成下坡速度波动大，使列车的平均速度下降，而电制动因其性能与制动时间无关，可使列车下坡速度提高 8%，因而提高了运输能力。



电气制动的应用

1. 电气制动的形式

根据电气制动时电能消耗的方式，电气制动分为电阻制动和再生制动两种形式，如果将电气制动时产生的电能利用电阻使之转化为热能消耗掉，称之为电阻制动。如果将 电气制动时产生的电能重新反馈到电网加以利用，称之为再生制动。



电气制动的应用

2. 电气制动的基本原理

电气制动是利用电机的可逆性原理。电力机车在牵引工况运行时，牵引电机做电动机运行，将电网的电能转变为机械能，轴上输出牵引转矩以驱动列车运行。电力机车在电气制动时，列车的惯性力带动牵引电动机，此时牵引电机将做发电机运行，将列车动能转变为电能，输出制动电流的同时，在牵引电机轴上产生反向转矩并作用于轮对，形成制动力，使列车减速或在下坡道上以一定速度运行。此时牵引电动机转换为发电机并通过轮对将列车的动能转变为电能，再通过制动电阻把电能转换为热能消耗掉，使机车速度降低，起到制动作用。

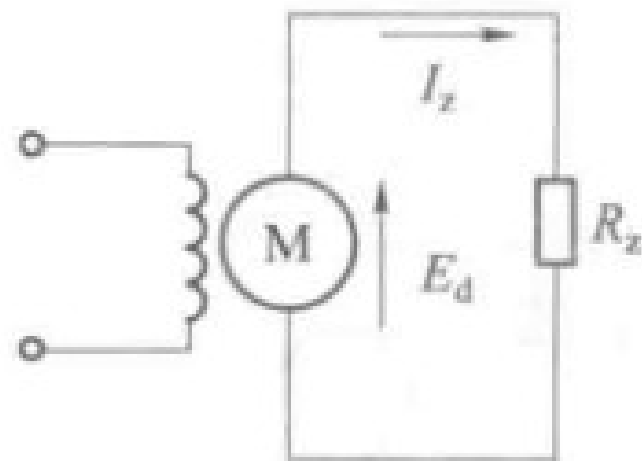


电气制动的应用

2. 电气制动的基本原理

SS4（J型电力机车在进行电阻制动时，首先切断牵引电机电枢与电网的连接，使电枢绕组与制动电阻接成回路，而电机原串励绕组则由另外电源（整流装置99V）供电，电机作它励发电机运行，其工作原理图2所示。

机车在牵引工况时，牵引电动机为串励电动机，牵引整流柜输出的电流通过电空接触器流入牵引电动机的电枢绕组、换向极绕组和励磁绕组，于是产生电磁转矩 M_D 。在转矩的作用下，电动机按 M_D 方向旋转，转速和转矩方向相同，这个转矩通过齿轮传到动轮上去，形成了牵引力 F_K ，牵引力 F_K 的方向与机车运行方向相同。



R_z —制动电阻； I_z —电机制动电流； E_d —电机发电电势

图 2

电气制动的应用

2. 电气制动的基本原理

机车在制动工况时，牵引电动机作为发电机运用。由于串励发电机不能稳定地工作，所以在电阻制动时，把牵引电动机改接成他励发电机工作。电机的励磁绕组由励磁整流柜（99V）通过励磁接触器91KM、92KM供给励磁电流，而电枢绕组通过工况转换开关与制动电阻尺Z（13R、23R、33R、43R）相联。电机电枢通过齿轮被轮轴驱动，在电枢绕组内产生感应电势。在此电势的作用下产生电流流过制动电阻。于是电枢电流和磁通相互作用产生电磁力矩 M_Z ，它的方向可用左手定则判定。电磁力矩 M_Z 与电枢旋转方向相反，这个电磁力矩经过齿轮传递到轮对上，电成制动力 F_Z 。因制动力 F_Z 的方向与机车运行方向相反，在此力作用下使机车运行速度降低。

需调节制动力时，可通过调节它励绕组的励磁电流来实现。当制动电流一定时，励磁电流越大，机车制动力就越大。也可以在一定的励磁电流下通过调节制动电流来实现，且制动电流越大，制动力越大。

保持励磁电流为常量时，机车速度越低实行电阻制动时其制动力越小，因此电阻制动一般不用于机车制停。



电气制动的应用

3.SS4G 型电力机车电阻制动之不足及克服方

法

机车在低速区，使用电阻制动时，制动电流较小，所以产生的电气制动力就小，制动的效果不明显，所以 SS4G 型电力机车在机车速度低于 33km/h 时采用加馈电阻制动。

加馈电阻制动又称为“补足”电阻制动，在常规电阻制动中，电机电枢电流随着机车速度的减小而减小，机车轮周制动力也随着机车的速度变化而变化。加馈电阻制动就是为提高机车在低速运行时的轮周制动力，从电网中吸收电能，补足到电机电枢电流中去，以获得理想的轮周制动力。其优点一是加宽了调速范围，最大制动力可以延伸至零（为安全起见，SS4G 型机车控制在 10km/h）；二是能较方便地实现恒制动力控制。图 3 所示为相控机车加馈电阻制动原理，根据原理图 3(b) 电压平衡回路

方程式为：

$$U_j + E_d = I_z R_z \quad (1-6)$$

$$I_z = \frac{U_j + E_d}{R_z}$$

所以制动电流为：

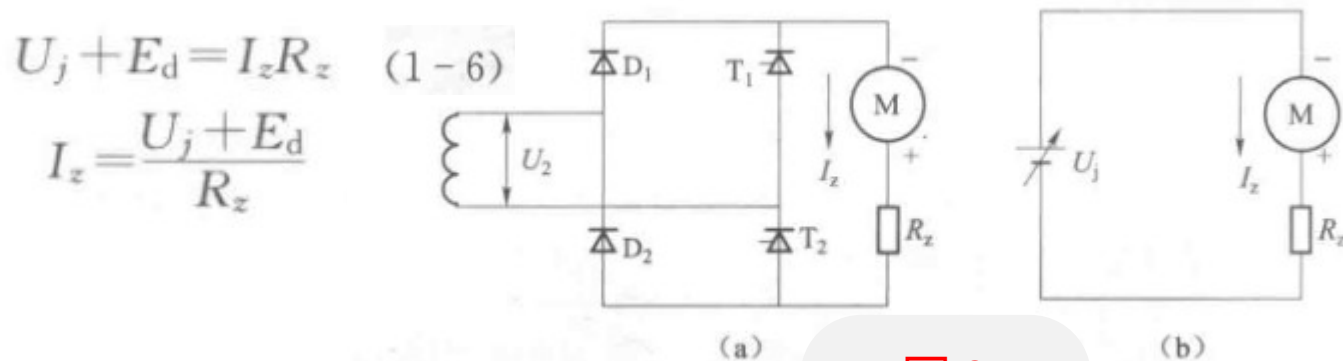


图 3

3.SS4G 型电力机车电阻制动之不足及克服方法

因需要根据实际制动电流及时补足发电机电势减少部分，故要求附加制动电源连续可调。一般相控机车上不另设加馈电源，而是使用牵引时整流调压电路在制动工况作为加馈电源如图 3 (a) 所示。

根据图 1-14 (a) 电路，公式 (1-6) 又可改写为：

$$I_z = \frac{E_d + 0.9U_2 \frac{1 + \cos\alpha}{2}}{R_z}, 0 < \alpha < \pi, (A)$$

只需调节半控整流电路中晶闸管的移相角 α ，即可调节加馈电源输出，及时补足制动电流之减小，使制动电流维持不变。显然加馈电阻制动要消耗部分电网能量。

从理论上讲，加馈电阻制动可使机车制停。而实际上由于牵引电机整流器不允许静止不动长时间流过额定电流，以防整流器过热而烧损。故在机车速度低于一定值时，就切除加馈制动，改用空气制动使机车停车。国产 SS3B、SS4G 型、SS8 型等电力机车均采用此种加馈电阻制动。

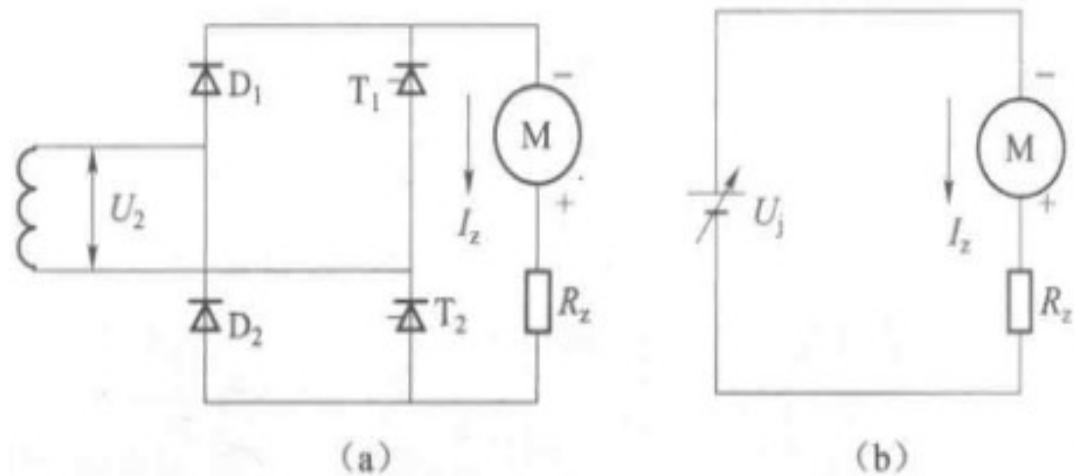


图 3