

电动汽车制动

一、电动汽车制动力的来源

1. 再生制动

(1) 再生原理

再生制动又称为能量回收，在减速制动（制动或者下坡）时通过车轮带动电机转动的方式将车辆的部分动能转化为电能，生成三相交流电，再通过电机控制器转化成直流电储存在高压电池中，最终增加电动汽车的续航里程。

(2) 影响制动能量回收的因素

1) 电机特性

电机的最大制动转矩影响着能够提供的电制动力大小。

2) 蓄电池特性

① 蓄电池剩余电量的影响

当蓄电池剩余电量较高时，只能进行小电流充电或者不回收制动能量；当蓄电池剩余电量较低时，在不影响安全的前提下可以适当提高制动能量所占比例。

能量管理系统将动力电池 SOC 值发送给制动控制器，当 $SOC > 0.8$ 时，取消能量回收；当 $0.7 \leq SOC \leq 0.8$ 时，制动能量回收受动力电池允许的最大充电电流制约；当 $SOC < 0.7$ 时，制动能量回收不受动力电池允许的最大充电电流制约。

② 高压电池自身因素

高压电池的快速充放电能力和充电内阻

3) 车辆行驶工况

车辆在不同工况行驶时，纯电动汽车的制动频率和制动强度不同，当制动越频繁或制动强度越低时，电动汽车可以回收的制动能量就越多，例如在车辆频繁起步与停车的城市工况下。在高速公路行驶工况下制动频率较低，所以回收的制动能量也相对较少。

4) 制动的安全性

当车辆进行制动时，首先需要考虑的是制动系统要满足驾驶员的制动需求和制动时车辆的稳定性，只有在满足这些要求的前提下才能够考虑回收制动能量的多少。在有些情况下虽然电机能够提供足够大的制动力，但是为了防止车轮抱死也必须减少电制动力的大小来保证行车安全。

2. 制动器

由传统制动系统对车轮制动器的控制产生的制动力。

3. 制动的核心目的

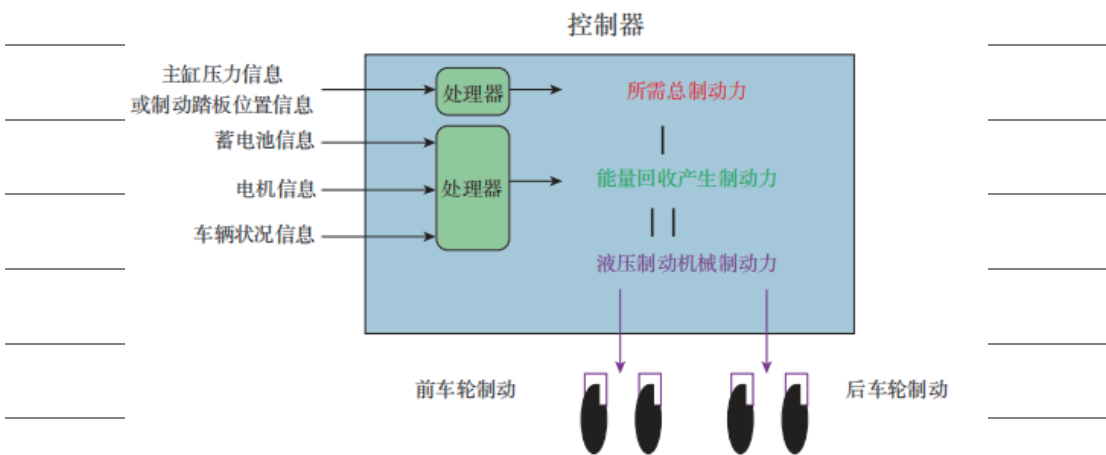
以保证制动安全为核心目的。

二、制动力的控制策略

1. 协调式制动力控制

制动过程中，控制器根据制动踏板的开度（实际为主缸压力）判断整车的制动强度，确定相应的摩擦制动和再生制动的

分配关系。当总制动力需求小于此时能提供的最大再生制动力时，仅由再生制动力起作用；当总制动力大于此时能提供的最大再生制动力时，总制动力减去最大再生制动力是应该提供的机械制动力，机械制动力由 ABS 系统产生。剩余的需提供的机械制动力将分配为前轮机械制动力和后轮机械制动力。前、后轮机械制动力的分配按照尽量使总的前、后轮制动力分配接近理想制动力分配曲线。



2. 叠加式制动力控制

在制动过程中，制动器在机械制动控制系统控制下将车轮制动，此时，车轮并不能完全停止转动，则电机控制系统直接将车轮带动电机转动的动能转化为电能。这个过程非常简单，不需要检测制动踏板开度来判断制动强度进行复杂的计算。只需要简单的制动踏板开关信号即可。

三、制动系统类型

1. 真空助力式制动系统

除制动控制逻辑外，ESP 与燃油车完全相同，带有真空助力器，但由于没有了发动机，真空源由电动真空泵产生，电动真空泵和真空罐集成在一起，在真空罐上装有压力传感器。电动真空泵由整车控制器进行控制，接通汽车 12V 电源，压力延时开关闭合，真空泵大约工作 30s 后开关断开，这时真空罐内真空度约为 80kPa；当真空罐内真空度降到 55kPa 时，压力延时开关再次闭合；当真空罐内真空度降到约 34kPa 时，压力报警器发出信号。

2. 液压助力式制动系统

由于没有了发动机没有了真空源，一些车型采用了液压助力式制动系统，即推动制动器分泵的力量由电动液压泵产生。