

绪论

学习目标

电力机车是通过受流器从接触网上获得电能，由电动机驱动的机车或动车。由于电力机车自身不带能源，属于非自给式机车，所以在提高铁路运输能力、合理利用资源、保护生态环境方面已成为铁路最理想的牵引动力。

一、电力机车的分类

电力机车是电力机车和电动车组的总称，包括牵引列车的电力机车和担任客运的城际电动车组与地下铁道电动列车。

1. 按用途分类

客运电力机车：用来牵引客运列车，其特点是牵引力不大，运行速度高。

货运电力机车：用来牵引货物列车，其特点是牵引力大，运行速度不高。

客货两用电力机车：用来牵引客运或货运列车，其牵引力和速度介于客运、货运电力机车之间。

2. 按轴数分类

按轴数机车可分为四轴、六轴、八轴等电力机车，一般动轴数少的用作客运电力机车，动轴数多的用作货运电力机车。

3. 按传动形式分类

具有个别传动的电力机车：电力机车每一轮对都有单独的牵引电动机驱动，每

个轴都是动轴。

具有组合传动的电力机车：电力机车某几个轮对（通常为一个转向架上的几个轮对）互相连接成组，然后由一台牵引电动机驱动。

4. 电力机车按电流制-传动形式分类

(1) 直流供电-直流牵引电动机驱动直-直型电力机车。

接触网网压 1 500 ~ 3 000 V，采用直流串励牵引电动机。我国大部分工矿用电力机车、城市无轨电车、城轨电动列车都属于这一种。在城市轨道交通中速度要求不高，常采用直流供电方式。

电力机车的受流方式依据供电方式的不同分为接触网受流方式和第三轨受流方式。其供电方式除高架接触网供电外还有第三轨供电方式。第三轨供电是指在列车行走的两条钢轨以外，再加上带电的钢轨，这条钢轨通常设在两轨之间或其中一轨的外侧。列车受流器（集电装置，也叫集电靴或取流靴）在带电钢轨接触并滑行，把电能传到列车上。

(2) 交流供电-直（脉）流牵引电动机驱动交-直型电力机车。

又称交-直型整流器电力机车。我国生产的韶山（SS）系列电力机车即属于此种车型。该型电力机车是目前世界上各个国家普遍采用的一种机车形式。

(3) 交流供电-变频器环节-三相异步电动机驱动交-直-交型电力机车。

该型电力机车是目前世界发达国家采用的主导机车形式。我国生产的和谐（HXD）系列电力机车即属于此种车型。

(4) 交流供电-变频器环节-三相同步电动机驱动交-交型电力机车。

对于采用单相交流供电的系统，变频器只能改变频率提供单向电源，不能向三相交流电动机供电，至今这种电力机车还没有应用的范例。

交流供电按接触网供电频率的不同可分为单相低频（25 Hz 或 16 Hz）制和单相工频（50 Hz）制。目前，世界上绝大多数国家都采用单相工频交流电网供电。此外，世界上还有多电流制电力机车，这是针对不同电力牵引供电系统的铁路，为了在两种或多种供电系统衔接区段的连续运输和其他特定需要生产的，主要为交直流两用电力机车。

二、 国产电力机车发展历程

电力传动技术随着电力电子技术、计算机技术及控制理论的发展而发展。电力机车的发展经历了直-直型电力机车、交-直型电力机车和交-直-交型电力机车 3 个大

的发展阶段。

1. 国产交-直电力机车的发展

我国电力机车自 1958 年诞生至今,已走过了 60 多年的历程,形成了四代产品。目前我国干线交-直型电力机车,一般采用多段桥顺序控制的晶闸管相控无级调压。国产相控电力机车的发展历程如表 0.1 所示。

表 0.1 我国交-直型电力机车的发展历程

产品	年代	型号	轴列式	机车功率 /kW	电机功率 /kW	悬挂 方式	最高速度 /(km/h)	用 途
第一代	1958	SS ₁	C ₀ -C ₀	3 780	630	抱轴	90	客货两用
	1969	SS ₂	C ₀ -C ₀	4 620	770	抱轴	100	客货两用
第二代	1978	SS ₃	C ₀ -C ₀	4350 (持续)	800	抱轴	100	客货两用
第三代	1985	SS ₄	2 (B ₀ -B ₀)	6 400	800	抱轴	100	货运机车
	1990	SS ₅	B ₀ -B ₀	3 200	800	抱轴	140	客运机车
	1991	SS ₆	C ₀ -C ₀	4 800	800	抱轴	100	货运机车
	1992	SS ₇	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	800	抱轴	100	货运机车
	1992	SS _{3B} (4000)	C ₀ -C ₀	4 350 (持续)	800	抱轴	100	客货两用
	1993	SS _{4G}	2 (B ₀ -B ₀)	6 400	800	抱轴	100	货运机车
	1994	SS ₈	B ₀ -B ₀	3 200	800	架承	170	客运机车
	1995	SS _{6B}	C ₀ -C ₀	4 800	800	滚抱	100	货运机车
	1997	S _{4B}	2 (B ₀ -B ₀)	6 400	800	滚抱	100	货运机车
	1997	TM ₁	B ₀ -B ₀	3 200	800	架承	140	客运机车
	1998	SS _{7B}	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	800	滚抱	100	货运机车
	1998	SS ₉	C ₀ -C ₀	4 800/5 400	800/900	架承	170	客运机车
	1999	DDJ ₁	B ₀ -B ₀	4 000	1 000	架承	200	客运机车
	1999	SS _{7C}	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	800	滚抱	120	货运机车
	2001	SS _{7D}	B ₀ -B ₀ -B ₀	4 800	800	架承	170	客运机车
	2001	SS _{7E}	B ₀ -B ₀	4 800	800	架承	170	客运机车
2002	SS _{3B}	2 (C ₀ -C ₀)	2×4 350(持续)	800	滚抱	100	货运机车	

第一代产品 SS₁ 电力机车,采用调压开关 33 级变压器低压侧有级调压,二极管全波整流。第二代产品 SS₃ 电力机车,采用调压开关 8 级低压侧有级调压和级间晶闸管相控调压。第三代产品均采用多段桥晶闸管相控调压。第一代至第三代产品均为交-直传动方式,仅以调压调速方式和单轴功率等级来区分。

2. 国产交流电力机车的发展

第四代产品交-直-交型电力机车集中了当今科技发展的最新成果,代表了现代

牵引动力发展的方向，其发展历程如表 0.2 所示。

表 0.2 我国交-直-交型电力机车发展历程

产品	年代	代号	轴列式	机车功率 /kW	电机功率 /kW	悬挂 方式	最高速度 /(km/h)	用途	
第四代	1996	AC4000	B ₀ -B ₀	4 000	1 025	滚抱	120	货运	
	2000	DJ (熊猫)	B ₀ -B ₀	4 800	1 200	架悬	210	客运	
	2000	DJJ ₁ (蓝剑)	B ₀ -B ₀	4 800	1 200	半悬挂	210	客运	
	2001	DJ ₂ (奥星)	B ₀ -B ₀	4 800	1 200	架悬	210	客运	
	2001	DJF ₁ (中原之星)	B ₀ -B ₀	3 200-4 (4×200)	200	架悬	160	客运	
	2001	先锋号	B ₀ -B ₀	4 800-4 (4×300)	300	架悬	200	客运	
	2002	DJJ ₂ (中华之星)	B ₀ -B ₀	4 800	1 225	架悬	270	客运	
	2002	天梭	B ₀ -B ₀	4 800	1 200	架悬	200	客运	
	2003	SS ₃	C ₀ -C ₀	7 200	1 250	滚抱	120	货运	
	2003	KAZ ₄	B ₀ -B ₀	4 800	1 200	架悬	210	客运	
	2006 以后		CRH ₁	5 动 3 拖	5 300-5 (4×265)	265	架悬	200	客运
			CRH ₂	4 动 4 拖	4 800-4 (4×300)	300	架悬	200	客运
			CRH ₃	4 动 4 拖	8 800-4 (4×550)	550	架悬	350	客运
			CRH ₅	5 动 3 拖	5 500-5 (2×550)	550	架悬	220	客运
			HXD ₁	2(B ₀ -B ₀)	9 600	1 200	滚抱	120	货运
			HXD _{1B}	C ₀ -C ₀	9 600	1 600	滚抱	120	货运
			HXD _{1C}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	120	货运
			HXD _{1D}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	160	客运
			HXD ₂	2(B ₀ -B ₀)	9 600	1 200	滚抱	120	货运
			HXD _{2B}	C ₀ -C ₀	9 600	1 600	滚抱	120	货运
		HXD _{2C}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	120	货运	
		HXD ₃	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	120	货运	
		HXD _{3B}	C ₀ -C ₀	9 600	1 600	滚抱	120	货运	
	HXD _{3C}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	120	货运		
	HXD _{3C}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	160	客运		
	HXD _{3D}	C ₀ -C ₀	7 200	1 200	滚抱	120	客运		

交流传动机车是近代铁路牵引技术的重大突破。交流传动简单可靠，具有良好的防空转性能、优异的牵引特性和制动特性。20 世纪 80 年代初，交流传动技术开

始应用于电力机车,并取得了快速发展。我国从 1991 年开始研制交流传动电力机车,经过了 20 多年的发展,交流传动机车正在逐步取代直流传动机车,使货运机车单轴功率 1 000 ~ 1 200 kW,客运机车单轴功率 1 200 ~ 1 400 kW 的电力机车成为主流。

三、 电力机车与电气化铁道

电力机车、电动车组 (EMU) 由架设在铁道线上方的接触网供电,而接触网则由牵引供电系统的变电所供电,电力机车 (EMU) 和牵引供电系统共同组成电气化铁道。图 0.1 所示为电气化铁道牵引供电系统结构。

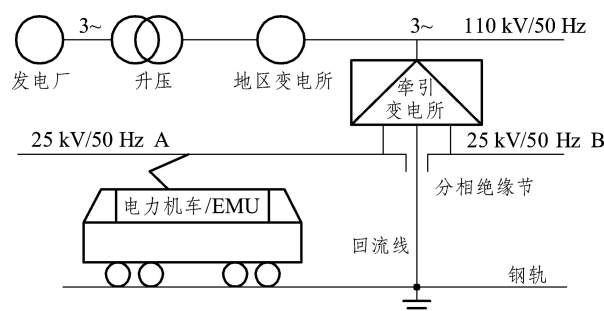


图 0.1 电气化铁道牵引供电系统结构

电气化铁道一般以受电弓为分界点,受电弓以上为牵引供电系统,主要包括牵引变电所和接触网。受电弓以下为电力机车 (EMU) 部分,即从受电弓、高压电器、牵引变压器、牵引变流器和牵引电动机的主电路部分。交-直型电力机车 (EMU) 的工作原理如图 0.2 所示。

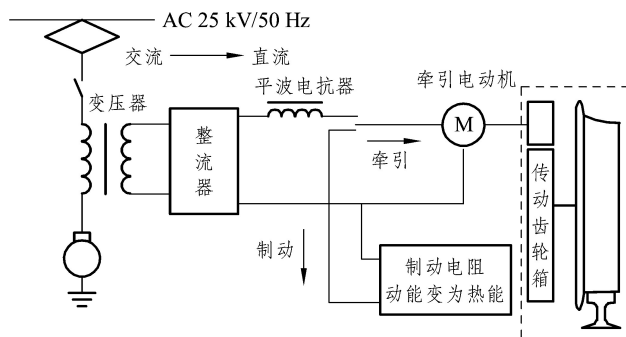


图 0.2 交-直型电力机车 (EMU) 的工作原理

牵引变电所将来自国家电网的高压三相交流电,经变压器降压转换成 25 kV,并以单相形式供给接触网。机车通过受电弓将 25 kV/50 Hz 单相交流电引入牵引变压器一次绕组,电流流过一次侧绕组,经车体接地装置传到钢轨,通过回流线与牵

引变电所连接形成高压供电回路。同时经牵引变压器降压后，在二次侧绕组输出 1 000 V 左右的单相交流电压，供给可控整流器，进行相控调压，输出交流分量较大的脉动电压，经过平波电抗器输出滤波后，向直流（脉流）牵引电动机提供电能。直流牵引电动机将电能转化为机械能，产生转矩驱动轮对旋转，通过轮轨之间黏着产生牵引力，驱动列车前进。

四、 电力牵引控制系统

在轨道交通运输中，采用电动机驱动来满足车辆牵引的电气传动部分，称为电力牵引传动系统。电力牵引传动系统以牵引电机为控制对象，通过开环或闭环控制对牵引电机的转速和转矩实施控制，以达到对驱动对象的控制与调节，满足车辆牵引和控制特性的要求。如干线电力机车、内燃电传动机车、城轨交通电动车组等都是采用电力牵引控制系统。

根据驱动电机类型的不同，电力牵引控制系统分为两大类：采用直流（脉流）牵引电动机的称为直流传动系统，直-直型和交-直型的电力机车也称为直流传动电力机车；采用交流牵引电动机作为驱动设备的称为交流传动控制系统，交-直-交和交-交型电力机车也称为交流传动电力机车。

国产电力机车牵引控制系统的发展是随着电力电子技术、微电子技术、计算机技术的发展而不断发展的，经历了有节点控制：SS₁型电力机车，模拟控制：SS₃、SS_{4G}型电力机车，微机控制：SS₈、SS_{4B}、SS₉、DDJ₁、SS_{7D}和SS_{7E}型机车的发展历程。随着电力电子技术的发展，控制理论的不完善，变频调速技术取得了突破性进展，为交流异步电动机的平滑调速提供了可靠支持，使交流传动逐渐取代直流传动。