

我国铁路电力机车的发展

崔 红

我国电力机车工业已走过了三十多年漫长的历史。随着我国 1961 年 8 月 15 日第一条电气化铁路—宝成线宝风段通车,国产第一台电力机车投入使用,即开创了我国铁路电力机车制造工业的新纪元。经过广大工程技术人员和工人的研究试制,各种型号的电力机车投入生产,至 1990 年,国产电力机车已发展成为具有 4、6、8 轴型谱、客货牵引多种用途的机车,累计产量已达到 1300 多台,在全国近 7000 公里的电气化铁路干线上,承担着近 20% 的运量,为我国国民经济的发展发挥了巨大作用。

在五十年代,国家制定向科学技术进军的十二年规划,首先提出了铁路牵引动力“要迅速地、有步骤地由蒸气机车转移到电力机车和内燃机车上”。1957 年 8 月,经研究确定我国电力机车采用国际上先进的单相交流工频 25 千伏电压制式。

第一台国产电力机车据此全面开展技术设计。由铁道部、一机部、高等院校联合组成的设计班子,以苏制 H60 型机车为基础,根据我国的运用条件、线路要求,于 1958 年上半年完成技术设计任务书和技术设计方案。

经过随后两年多的调整、试验、改进、完善,第一台以毛泽东主席的故乡命名的“韶山型”电力机车,在我国第一条电气化铁路通车时投入使用,以后很快投入批量生产,我国电力机车制造业从此诞生。

初期,铁道部决定由株洲电力机车厂承担制造“韶山 1 型”2 号电力机车的任务,并确定了株洲电力机车厂作为我国铁路干线电力机车的研制基地和专业生产厂家。在株洲厂同时建立起株洲电力机车研究所,与铁道科学研究院共同研究,“韶山 1 型”2 号电力机车也很快在株洲厂制造完成。其后两年,第 3 号、4 号、5 号车出厂。新造的机车在宝成线、阳安线、石太线等线路上投入运营。1966 年,随着电子控制技术和大功率半导体元器件的发展,国际上电力机车技术有了较大的进步。株洲电力机车厂和株洲电力机车研究所开始了新一代电力机车韶山 2 型的研究设计工作。

韶山 2 型电力机车采用了半控桥式相控调压整流电路及新型集成化的电子控制电路。并改造应用了晶闸管相控无级调压、他励式牵引电动机等新技术新部件。经过在宝成线和环行线的全面的科学试验和反复的运用考核,获得了大量的技术数据。其技术和研制经验为其后开发新型机车起到了极宝贵的作用。

韶山 3 型电力机车是株洲电力机车厂与株洲电力机车研究所在吸取了韶山 1 型和韶山 2 型电力机车的研制经验,采用了这两种机车的成熟技术研制而成的。1977 年 12 月到 1978 年 3 月,工厂与研究所完成了该车的技术设计,同年 12 月,在株洲电力机车厂研制完工。由于韶山 3 型电力机车采用了 800kW 牵引电机桥平滑电路、晶闸管与调压开关相结合

的级间平滑调压等新技术,其优点是牵引力大、起动加速快,深受用户欢迎。批量生产后,至1991年5月,株洲电力机车厂已生产了韶山3型电力机车525台。目前,韶山3型电力机车在宝成、陇海、鹰厦、贵昆等线路数十个区段运行,成为近期我国生产运用的重型电力机车。

从“六五”初开始,铁道科学研究院提出试制八轴电力机车建议,并提出技术条件。这种机车主要是适应干线牵引重量大和山区运行特点的需要,被列入国家重点科技攻关计划并于1981年开始由株洲厂、株洲所进行设计和试制。这种大功率货运重载电力机车,被命名为韶山4型电力机车,也是我国铁路干线第一个重载货运的专用机型。韶山4型电力机车大量采用了80年代国际先进技术,如四段经济半控桥式整流电路、中压脉流牵引电机、真空断路器等。1983年9月制成投入使用。1985年到1991年,株洲电力机车厂共生产了48台韶山4型电力机车。1989年该车获得国家科技进步一等奖。1990年国务院总理李鹏亲自察看了韶山4型车并挥笔题词“韶山”。

1990年9月21日,我国铁路干线第一台准高速客运电力机车韶山5型1号机车在株洲所、株洲厂努力下在株洲电力机车厂胜利落成。韶山5型电力机车的研制是国家“七五”重点科技攻关项目,由株洲电力机车厂和株洲电力机车研究所共同研制,采用空心轴牵引电机和再生制动等技术,达到了八十年代相控电力机车的国际先进水平,成为我国第一代时速达到140公里的准高速客运电力机车。

应“郑宝电气化工程”电力机车国际招标需要,开始研制韶山6型电力机车。于1989年中标,同年开始设计。经过株洲电力机车厂和株洲电力机车研究所共同努力,只用一年多的时间就已告完成,1991年4月23日,韶山6型1号电力机车在株洲电力机车厂胜利落成。

为了适应发展高速铁路的需要,采用全新技术的韶山7型电力机车和时速160公里的韶山8型电力机车均已经开始设计。由大同机车厂和株洲电力机车研究所共同研制的韶山7型电力机车已于1991年1月通过了技术设计评审。目前,我国电力机车的设计者们的目光放得更加长远,新一代交流传动的交—直—交电力机车已进入研制技术准备阶段。微机控制的韶山4型电力机车样车将于今年投入使用。可以预想,随着我国铁路电气化事业的蓬勃发展,电力机车家族也将越来越兴旺壮大。

此外,在1989年底,由长春客车厂、株洲研究所共同研制由长春客车厂生产的DKJ-1型电动车组。经在铁科院环行道试验,最高速度达到141公里/小时,填补了我国电动车组的空白。

我国电力机车研究制造经历了从无到有,从简单低级技术到复杂高级技术,从单一机型到多品种机型的型谱系列化过程,从客货兼用到重载、高速专用车型,从小批量到大批量生产,其技术的发展主要有以下几个方面:

- 1、从引燃管整流到大功率硅整流技术的进步使韶山1型电力机车成功地登上铁路电气化牵引大舞台。

1958年生产的第一台电力机车称为6Y1型(6轴引燃器电力机车)。由于引燃管经常失燃、逆弧、阳极头热烧损,加之机车牵引调速控制方式简单,机车运行级位只有9个,电机电流冲击大、环火故障多等等。机车综合运用可靠性较差,难以达到正线运行的要求。

1964年开始,在研制一台800千瓦硅整流机组成功试验的基础上,株洲电力机车厂和

株洲电力机车研究所、铁科院等单位共同开始了针对韶山1型电力机车的“改硅”试验,经过两年多的设计、试制、试验,最后于1966年5月在4号电力机车上改装的试验成功。采用硅整流机组的4号电力机车运用可靠性有明显提高,因此,以较先进的硅整流技术装备的电力机车牵引、制动技术在电力机车上迅速得到应用。从1968年3月生产的8号电力机车开始,采用了“大功率硅半导体整流机组”、“二十触头组调压开关”。“具有补偿绕组的牵引电机”。制动功率2800千瓦的制动电阻等新技术,这些技术使国产电力机车技术质量有了明显提高,运用可靠性大大增强。从8号车通过型式试验起,国产韶山1型电力机车开始了小批量生产并正式投入运用,成为国内生产的第一代主型电力机车。

2、调压开关与晶闸管相结合的级间平滑调压。恒流限压起动控制等技术的实现使韶山8型电力机车的综合技术性能达到了70年代末80年代初国际上同类产品的水平。

以韶山3型电力机车为标志的我国铁路电力传动电子控制技术的成就,大大缩短了历史造成的我国电力机车技术与国际先进水平的差距。韶山3型电力机车主电路采用了国产大功率硅整流管和晶闸管组成的桥式全波整流机组,以及调压开关与晶闸管相控相结合的级间调压、电子控制恒流限压起动、恒励磁和恒功率电阻制动。这些技术使机车具有无级调速特性。牵引力大、起动平稳、加速快、制动力发挥好等优点。由于采用了带有补偿绕阻的8000千瓦脉流串励4极牵引电动机。其额定牵引功率和电阻制动功率,韶山1型电力机车分别提高了14.3%和25%。

此外,韶山3型电力机车构架式承载结构、转向架、独立悬挂不等轴距C。转向架、箱式单缸制动器、机车车体、传动结构等均有较多创新。机车运用整体性能较“韶山1型”有明显提高,实际技术指标接近了当时的国际水平。1982年该型机车经过型式试验通过了铁道部鉴定,1983年荣获国家优秀新产品奖、1985年获国家科技进步二等奖,1990年获国家质量金奖。

3、采用4段经济半控桥式主电路整流机组取代传统的调压开关。采用恒压流无级控制、恒励磁和恒速、制动力限制的电阻制动及多元控制技术的韶山4型电力机车。体现了我国大功率电力机车传动及其控制技术发展的新水平。

韶山4型电力机车持续牵引功率6400千瓦,最高时速100公里,电阻制动功率5570千瓦,1988年6月,该型电力机车通过了国家级技术鉴定。鉴定书指出,韶山4型电力机车适用于主要繁忙干线、山区和晋煤外运等重要通道。它的研制成功和投入生产、对提高我国铁路运输能力具有重要意义。1989年7月韶山4型电力机车荣获国家科技进步一等奖。

4、具有80年代末国际先进水平的韶山5型电力机车的研制成功表明,我国电力机车的技术研究、开发、制造水平已经进入世界先进水平的行列。

韶山5型电力机车主电路采用二段桥相控加功率因数补偿,既可以简化设计节约晶闸管,又可以取较高的功率因数;机车牵引采用了特性控制技术,兼有恒流速控制的优点,机车制动采用了再生制动技术,可以使机车在10—60公里/小时速度范围内提供恒定不变的最大制动力,并且将机车动能和位能转化为电能反馈回电网有明显的节能效果,机车采用了新研制的防空转防滑行系统,可在全速范围内充分发挥粘着牵引力。这几项新技术都属于国内首次研制应用,同时也达到了国际上80年代末期相控电力机车技术发展的先进水平。

机车的牵引力传递系统及其综合技术也因为韶山 5 型电力机车的研制成功而向前迈进了一大步。韶山 5 型电力机车采用半叠片机座的空心轴牵引电机。安装方式采用架承式全悬挂结构,使机车簧下重量进一步减轻,机车运行轮轨作用力大为减小以适应机车高速运行的要求,构造速度达到了 160 公里/小时。此外,韶山 5 型电力机车采用的高挠圆柱弹簧、渗碳传动齿轮、蓄能制动装置,轻量化结构体等等也充分体现了现代电力机车发展高速化、轻量化的方向。

韶山 5 型电力机车额定功率 3200 千瓦,最高时速 140 公里/小时。1990 年 11 月 13 日。该型机车通过了国家级技术验收。

我国铁路电气化事业方兴未艾,电力机车研究、制造的发展前景十分广阔。主攻方向有:

1. 铁路高速客运电力机车技术的研究和应用。我国铁路运输提高行车速度,缓解乘车难的问题随着改革开放的深入更加显得突出,高速客运技术的开发是我们面临的主要课题之一。这就需要对车体流线型进行研究以减少列车空气阻力。对转向架结构、噪音污染、受电弓受流、机车向旅客列车空调供电、减轻机车轴重、加大机车轴功率等多方面进行大量研究。为此还需要建设相应的试验装备。以期制造出具有现代先进水平高速机车。继 1990 年 140 公里/小时的韶山 5 型电力机车研制完成以后,铁道部在 1991 年下达了研制最高运行速度 160 公里/小时的韶山 8 型电力机车的任务。可以预计,在本世纪内研制 200 公里/小时或以上速度的电力机车,将是实现我国铁路客运高速化的关键任务。

2. 重载货运电力机车牵引制动及其控制技术的配套完善。我国铁路货运周转积压严重运能不足的问题使国民经济其它行业的发展受到了严重制约。因此重载牵引的要求十分迫切。目前的韶山 4 型 8 轴货运电力机车的需求量远远大于现有的生产速度。重载运输的要求也需要对韶山 4 型机车技术进一步完善。因此我们一方面要对相控机车的功率因数补偿、防空转装置、低恒速控制、微机控制等技术进一步完善工艺、稳定质量、进一步扩大生产,另一方面要将再生制动技术、复励牵引电动机、3B. 转向架等工作尽快应用到相控机车上。还要进一步做好引进技术的吸收消化、逐步实现国产化、改进设计、提高水平,以满足重载运输的需要。

3. 交一直一交型电力机车的研制。要做好技术准备工作。交流传动电力机车具有轴功率大、牵引特性好、功率因数高,能方便的实现再生制动,电机可实现无维修化等优点,是国际上各国竞相发展的新型电力机车。按照铁道部的研制规划。“八五”末期将研制出原型车“九五”将试制出样车。交一直一交型电力机车的研制将开辟电力机车技术发展的一个高层次的新领域,它是当代电子技术、交流技术、交流变频电机技术、控制工程等多学科研究的高技术产品,它的研制成功将使我国铁路电气化的水平跨上一个新台阶,可以预计在 21 世纪、它将会成为我国电气化铁路的主型机车。

4. 电力机车的产量需要不断扩大和加强。我们不能再大量外汇去购买外国机车来弥补这个缺口。我们应当加速机车工厂转产电力机车的进程,要对原有电力机车工厂采取填平补齐、取长补短,充分发挥优势,进行合理分工,以使电力机车年产量不断提高。这样就可以满足即将到来的电气化铁路大发展的需要,同时也有条件对使用 30 年以上的机车进行换代更新。这样做我们就可以集中仅有的财力去引进一些必要的关键技术,制造出更多的电力机

车。

5. 做好国产电力机车及其部件的系列化、标准化、系统化工作。开发和研制新型的电机、电器、控制、传动等系统和部件,提高机车的整体技术质量和运行安全性可靠性等等,进一步在韶山 6 型机车的基础上参予国际市场竞争,在满足国内铁路运输的基础上,做好多品种的技术储备,按照国际市场的需要,逐步将国产电力机车推入到国际市场,此外还应积极努力开发研制客运电动车组,以满足旅客运输的需要。