

中国科学院知识创新工程项目
中国近现代科学技术史研究丛书
丛书主编 路甬祥

中国铁路机车史(下)

A HISTORY OF LOCOMOTIVES IN CHINA

张治中 著



目 录

第六章 电力机车	425
第一节 电力机车的早期引进与仿制.....	429
第二节 第一代电力机车.....	434
第三节 第二代电力机车.....	437
第四节 进口电力机车与技术引进.....	441
第五节 第三代电力机车.....	448
第六节 第四代电力机车.....	467
第七节 工矿铁路用电力机车.....	471
第八节 电力机车主要部件和主要技术的发展.....	473
第九节 电力机车大修.....	498
第七章 地铁车辆与动车	504
第一节 地铁车辆.....	504
第二节 动车及动车组.....	510
第三节 高速旅客列车动力车及电动车组.....	515
第八章 机车制造技术(一)	520
第一节 机械加工技术.....	520
第二节 铸造技术.....	531
第三节 锻压技术.....	537
第四节 焊接与切割技术.....	542
第五节 热处理技术.....	549
第六节 表面工程技术.....	559
第七节 材料.....	563
第九章 机车制造技术(二)	572
第一节 牵引电机制造技术.....	572

第二节	电力电子产品制造技术	577
第三节	计算机应用	584
第四节	理化检验	588
第五节	计量检测	598
第六节	无损检测	602
第七节	内燃机车及主要部件试验手段	606
第八节	电力机车及主要部件试验手段	611
第九节	北京环形铁路试验线	614
第十节	其他试验设备	617
第十章	工厂、研究所	620
第一节	唐山机车车辆厂	620
第二节	戚墅堰机车车辆厂	622
第三节	大连机车车辆厂	626
第四节	株洲电力机车厂	643
第五节	大同机车厂	647
第六节	永济电机厂	650
第七节	大连内燃机车研究所	655
第八节	中国铁道科学研究院	659
第九节	株洲电力机车研究所	666
第十一章	结语	671
第一节	铁路与中国经济、社会的关系	671
第二节	中国铁路牵引动力的发展特点	677
第三节	中国蒸汽机车的发展特点	687
第四节	中国内燃机车的发展特点	692
第五节	中国电力机车的发展特点	701
第六节	21 世纪中国机车制造业展望	710
附 录		716
	对中国机车发展有贡献的专家	716
参考文献		723
后 记		749

第六章 电力机车

电力机车是 19 世纪后半叶在欧洲大陆发展起来的。1879 年,柏林博览会展出第一台可供实用的电力机车,并在德国使用。早期的电力机车大都是直流电力机车。1945 年以后,法国开始采用单相交流电路,证明经济效益好。自美国用 25kV、50Hz 的单相交流电进行远距离输电,成本大大降低,因而被广泛采用,迎来了电力机车大发展的新时期。20 世纪 50 年代以来,法国、联邦德国、日本、苏联及北欧等发达国家都大规模发展电力机车,迅速替代蒸汽机车。

在铁路牵引动力中,电力机车作为一种现代化的牵引动力,具有很多优势,功率大,速度高,启动功率大,效率高,无污染,故障率低,操作和维修方便。不论是在运输繁忙的干线上,还是在陡坡、长隧洞的山区线路上,电力机车都能实行“多拉快跑”,大幅度地提高铁路运输能力。

20 世纪 30 年代中国开始引进电力机车。1958 年,中国制造出第一台电力机车。1961 年,中国第一条电气化铁路宝凤线(宝成铁路宝鸡至凤州段,93km)建成通车。到 1978 年,中国铁路电气化里程达到 1 033km,电力机车保有量 210 台左右。80 年代初,中国铁路电气化和电力机车技术得到了迅速发展,到 1988 年中国铁路电气化里程达 5 737 正线公里,电力机车保有量 1 224 台,完成运量的 13.4%。据统计,到 1997 年末,中国电气化铁路已经达到 11 637.7 正线公里(不含香港和台湾)^①,电力机车保有量 2 870 台,完成运量的 27% 左右。到 1998 年底止,电气化铁路总营业里程已达到 12 600km,电力机车保有量大约 3 100 台。1999 年底,电力机车保有量大约 3 300 台。

1956 年,中国制定的向科学进军的“十二年规划”中,提出了“技术政策

^① 蔡庆华,“中国电气化铁路的发展与展望”,《中国铁路》,1998,(2)。

的中心环节是牵引动力的改造,要迅速地有步骤地由蒸汽机车转移到电力机车和内燃机车上。在 1956—1967 年的《铁道科学技术发展远景规划》中,也提出了实现电气化的任务^①。一机部在 1956 年 3 月编制的《科学和技术研究工作基本规划》中指出,中国石油产量一时不能满足各方需要,但煤和水力很丰富,将来电力供应范围极广;铁路干线又长,山区又多,技术发展方向应该是内燃机车和电力机车,并提出“一五”期间要开始研究电力机车,“二五”期间制造电力机车。

20 世纪 60 年代中期以后,随着石油自给及“电力牵引不适应战备”思想的影响,加上铁路电气化一次性投资大,提出了“内电并举,以内为主”的方针,内燃机车得到了大发展。1970 年制定的“四五”发展纲要中又提出了“大力发展内燃机车,适当发展电力机车”的技术政策。

1979—1989 年间,铁路运输面临着运力紧张的形势。由于中国铁路长期以来没有经历过超前发展阶段,发展严重滞后,铁路数量少,装备水平低,设备利用又是高负荷,运输密度达到世界第二位。尤其是干线旅客列车严重超员,一般超员 40%—50%,甚至达到 100%。解决这个问题,除了多修新线外,主要依靠大幅度提高既有线路的运输能力。但既有线路在高强度运输和客货混跑的情况下,必须采用大运量、高密度、中速度的运输模式。在客货运输都十分繁忙的主要干线上,既要扩大列车编组,增加列车重量,又要加大行车密度,提高列车运行速度。电气化铁路开始快速发展。但由于当时韶山₁型和韶山₃型电力机车是普载机车,最高速度只有 100km/h 左右,持续速度仅为 50km/h 左右,不能满足“重载高速”要求,因此迫切要求迅速增加电力机车的产量和品种。

1979 年颁发的《铁路科学技术发展的主要政策》中重新明确:“大力发展电力牵引和内燃牵引,以电力牵引为主”(即“内电并举,以电为主”)的方针。

1983 年公布的《中华人民共和国铁路主要技术政策》提出了:“从发展看,铁路牵引动力应以电力牵引为主;电力机车担负运量的比重要逐步增加”的发展方向,并提出了电气化优先发展的地区运输条件,修建电气化铁路的经济有利范围及电力机车发展系列参数等具体技术要求,基本统一了全路的认识。这个技术政策对推动电力牵引的迅速发展起到了重要作用。

^① 桂林芳、徐宗祥,“跨越三十载,驰骋千万里”,《中国铁路》,1991,(8)。

1985年,国务院同意国家计委《关于“七五”行业技术政策和技术改造问题的报告》,其中有关铁路牵引动力方面指出:“重点是提高电力、内燃机车的牵引比重,加快蒸汽机车的改造……”同时铁道部强调了“电气化铁路具有强大的运输优势,但目前我国铁路电气化比重很小,而且偏于山区,承担的运量不多。今后无论山区、平原、沿海,有条件的要积极发展,逐步使电气化运输承担主力运输任务”^①。

“六五”(1981—1985)、“七五”(1986—1990)期间,机车车辆是铁路运输的薄弱环节,电力机车更是机车中的薄弱环节。株机厂是独家生产电力机车的生产厂^②,生产能力较低,不适应铁路电气化发展的需要。国家不得不从法国、日本、苏联进口8K、6K、8G型等电力机车385台。

为了解决机车车辆这个突出的薄弱环节,国家和铁道部于1983年做出了大力发展机车车辆工业的决策。铁道部加大对株机厂电力机车制造扩能改造投资。株机厂大力开发新产品,开发了韶山₄等型机车。

1986年,国务院发表了能源、交通等12个领域的主要技术政策,其中有关铁路牵引动力方面指出“尽快以电力、内燃牵引取代蒸汽牵引……铁路电气化要加快发展,首先保证煤炭运输和运量大的主要干线以及运输急需,提高运输能力效果显著的长大坡道、长大隧道线路实现电气化,其他干线以及电气化还有困难的地段实行内燃牵引”。这是总结历史经验教训,借鉴国外成功经验而精心制定的。

1988年,铁道部在《中华人民共和国铁路主要技术政策》中规定:“大力发展电力牵引,合理发展内燃牵引,继续发挥蒸汽牵引作用。要坚定不移地推进电气化建设,逐步提高电力牵引承担换算周转量的比重。到本世纪末,在三种牵引方式中,电力牵引要占主导地位。”“合理调整电力、内燃、蒸汽牵引动力布局,在主要繁忙干线、运煤专线、长大坡道、长大隧道等线路上,应优先采用电力牵引。”首先,突出了要“大力发展电力牵引”。

在这些新的铁路电气化政策的指导下,加快了电气化铁路发展,特别是“六五”时期以来修建电气化铁路比较集中,1981—1991年间一共修建了电气化铁路5192km,是前20年的3.46倍。

1985年以来,中国铁路向国外购买电力机车的同时,根据技贸结合的

① 《中国铁路运输》,第267页。

② 铁道部决定,从1979年起,株机厂停产蒸汽机车,全部转为电力机车专业生产厂。

原则,引进了 50 赫芝集团 8K 型电力机车全套技术。与日本联合设计了韶山₆型和韶山_{6B}型电力机车的牵引电动机,吸收了它们的设计制造经验,并与外国公司加强了学术交流。技术引进的指导思想是“以我为主,友好合作,取长补短,改进产品,培养人才,提高自主开发能力”,立足于我国国情、厂情,立足于我国的物质基础和技术基础,使外国技术中国化。因此,将引进技术作为“催化剂”,进行国产化创新,也培养了一支科技队伍,提高了他们的素质,扩大了视野,使新一代产品开始注入了引进技术,实现了相控,从而产品结构有了显著变化。加速了我国 90 年代电力机车的开发,机车水平上升了一个档次。相继开发了韶山₅、韶山₆、韶山_{3B}、韶山_{4C}、韶山₇、韶山_{6B}、韶山₈、韶山_{4B}、TM1、韶山_{4C}、韶山_{7B}、韶山_{7C}、韶山_{7D}、韶山₉等型交直流传动电力机车和 AC4000 型交流传动电力机车。同时,加强了电力机车产品的系列化、简统化和主要零部件通用化工作^①。

1993 年,铁道部颁布了第三个《中华人民共和国铁路主要技术政策》,提出了铁路技术发展的总目标,其中有实现牵引动力电气化、内燃化。要“大力发展电力牵引,合理发展内燃牵引、管好用好蒸汽机车”;要积极提高电力、内燃机车轴功率和总功率,并形成由 4、6、8、12 轴组成的交直流传动电力、内燃机车系列;货运电力、内燃机车的最大轴重增加到 25t;要发展三相交流传动的电力机车。

2000 年,铁道部颁布了第四个《中华人民共和国铁路主要技术政策》。其中指出:“铁路技术发展的总目标是实现铁路现代化。”“铁路技术发展重点是:旅客运输高速化、快速化,货物运输重载化、快捷化。”“大力发展电力机车牵引技术,积极提高电力牵引承担的换算周转量的重要比重。在高速铁路,快速铁路,运煤专线,繁忙干线及长大坡道、长隧道、高海拔地区等线路上,应采用电力机车牵引。其它线路及调车作业应采用内燃机车牵引。”“积极发展交流传动技术,逐步完成直流传动向交流传动的转换。实现电力机车和内燃机车设计模块化、简统化。发展机车新型转向架、微机控制、检测诊断等新技术。”

为了改变铁路的落后面貌,1998 年以来,政府加快了铁路建设,加大对铁路投资,大量修建电气化铁路,大量采购电力机车。铁道部做出了“决战

^① 铁道部,科技机[1992]182号《关于加快电力机车系列化、简统化和标准化的工作及下发韶山_{6B}型电力机车设计审查会纪要的通知》,1992年10月19日。

西南、强攻煤运、建设高速、扩展路网、突破七万”的总体布置。到2002年,铁路营业里程达到6.7万多公里,其中,电力牵引得到了快速发展,电气化铁路里程超过了1.5万公里。

第一节 电力机车的早期引进与仿制

20世纪30年代,在东北的煤矿和部分工厂已开始使用电力机车。据1943年统计,东北共有284台电力机车。其中,准轨电力机车199台,窄轨电力机车85台,主要用于抚顺煤矿和专用铁路上,有4台准轨机车在满铁营业铁路上运行。这些机车都是从日本等国购买的^①。

世界早期出现的铁路电气化是直流制。最初只能供600V的直流,后来为适应大功率机车与动车和远距离电气化铁路的需要,随着电工技术的进步,直流供电电压最高达到3000V。这对供电经济性有利;同时直流机车使用串励牵引电动机,具有软特性,可以通过改变偶数牵引电动机的串联一串并联一并联的接法来调节电机端电压,辅以磁场削弱,解决直流电压不易调节的问题。

为了进一步提高供电电压以提高供电经济性,并考虑到高压直流牵引电动机遇到的困难,人们转向试验高压交流供电。机车使用单相交流串励换向器牵引电动机,其工作特性与直流串励电动机相近。但这种电机换向条件差,需要降低电源频率;同时电机结构复杂,尤其是铁路要求特殊的专用低频电源,供电很不经济,很难推广使用。

50年代前期,美国首先采用单相工频25kV交流电压制及其电力机车,为铁路电气化开辟了一条新的路子。经过了几种类型工频机车试验比较,肯定了整流器机车的优越性,引起了电力牵引的重大变革,世界各国电气化铁路都相继采用这一制式。

鉴于此,1956年唐山铁道学院曹建猷提出了我国干线电气化铁路应采用25kV的单项工频交流电压制。1957年8月,由国家计委主持,铁道部、一机部及有关科研单位和高等院校的工程技术专家、教授、学者参加,就中

^① 张治中,“东北近代机车车辆技术的发展”,《中国科技史科》,1993,(2)。

国铁路电气化采用何种电流、电压制进行了深入的探讨和广泛的研究^①,大家确定采纳曹建猷的意见,采用国际上先进的单项工频 25KV 交流电压制式,此后铁道部采纳该意见,经国家正式批准成为中国电气化铁道标准。这是正确的选择,因为在这种供电制式下机车性能好,供电经济,还避免了某些国家的干线电气化铁路因电流制不统一而造成的需要多电流制机车等麻烦,使中国铁路电气化少走了弯路。确定了单相工频交流供电制,也就决定了采用单相工频交流整流器电力机车。但中华人民共和国成立后,没有设计制造过电力机车,要短时间内完全依靠自己的力量开发出这种电力机车,困难是相当大的。而苏联电力牵引一向使用直流电力机车,单相交流牵引到了 50 年代才开始,单相工频交流 H60 型电力机车刚刚定型。中国就以此为原型,准备开发自己的电力机车。

1957 年 10 月,毛泽东主席率团赴苏联参加十月革命胜利 40 周年庆祝活动。中国有 50 多名科学家、工程技术专家随同赴苏访问考察,其中有铁路机车车辆工程专家周励^②等。在周励等人的倡导下,中国正式向苏联政府提出为中国提供电气化铁路及电力机车技术资料的要求,并列入《中苏技术合作协定》条文^③。

根据《中苏技术合作协定》的有关规定,国务院批准由国家计委、经委、技委和建委关于组织考察团,赴苏进行电力机车考察的报告。考察团的主要任务是按《中苏技术合作协定》,赴诺伏契尔卡斯克机车制造厂和全苏电工研究院,在苏联工程技术人员的帮助和指导下,以当时苏联新设计试制成功的 H60 型铁路干线交直流传动电力机车为原型,提出中国电力机车的技术任务书,并进行技术设计,以便回国后以较短时间开展试制工作。考察团在国内就制定了“仿苏 H60 型电力机车设计修改原则”,经批准后携至苏联,作为赴苏后考察设计的主要依据。

1957 年 12 月,电力机车考察团由一机部、铁道部和部分高等院校派人联合组成,正式成员中,一机部 15 人、铁道部 8 人,高教部 2 人,翻译 1 人,

① 桂林芳、徐宗祥,“跨越三十载,驰骋千万里”,《中国铁路》,1991,(8)。

② 周励曾经担任株洲机车厂筹备处处长,1957 年担任铁道部科学研究院机车车辆研究所所长。

③ 《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,1986 年,第 195 页。

高石仑为团长、刘隆士和曹建猷^①为副团长,其中,株机厂工程师蒋之骥和胡栋参加^②。共分电力机车总体、机械、电机、控制、电器、工艺与引燃管及高压开关等6个专业组。考察团于1958年1月15日离京^③,考察团到达莫斯科后,西安开关整流器厂、沈阳变压器厂、沈阳高压开关厂考察人员留在莫斯科,考察引燃管、空气断路器和变压器;其他团员于31日抵达诺伏契尔卡斯克机车制造厂,正式进行考察和设计工作。在该厂4个月中,考察团大体分为拟定设计并修改方案,正式设计,补充考察和搜集资料三个阶段。在苏联专家帮助下,首先用了不到1个月的时间对H60型电力机车的设计、结构做了全面了解,随即进行国产电力机车的技术设计。在苏联专家的帮助下,做技术设计过程中,以H60型电力机车为原型,并注意到该车在原设计和使用中固有或暴露出的缺陷,再结合我国具体情况,做了必要的技术修改。例如,H60型电力机车网侧电压原设计为20kV;我们改为单相工频25kV;H60型电力机车转向架原为铸件焊接结构,我们改为型钢焊接结构;H60型电力机车最大高度(车顶最高点至轨面距离)为5.150m,我们则按中国机车限界改为4.780m。由于机车最大高度按原型设计有较大变化,导致车体各部以及车钩高度等多处的变化。其他如总体布置、制动装置、牵引电动机、电器设备、电气系统原理图等等均做了修改。在设计过程中,考察团成员对该厂机车生产工艺、企业管理、测试手段等方面做了全面考察,引进了该厂H60型电力机车试制全套设计图纸及有关技术工艺文件。考察团在完成国产电力机车技术设计任务书和技术设计等预定任务之后,于6月份全部回国。25kV电压制式,这是中国电力机车研制设计的第一个基本技术规范,沿用至今^④。

考察团回国后,1958年7月,以国家技委、一机部和铁道部人员为首,及有关单位16人组成技术审查委员会,70多名技术人员组成总体布置和机械、电机、控制和电器三个专业组,在一机部湘潭电机厂审查了考察团的设计任务书和技术方案。审查结论:设计优良,与苏联H60型机车相比有78处重大修改,优于苏制H60型原设计。审查会议上还决定:1. 国产电力

① 唐山铁道学院电机系主任和教授,详见附录《曹建猷》。

② 《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,1986年,第383页。

③ 《中国电器工业发展史》(综合卷),第459—460页。《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,第195页。

④ 张治中,“中国电力机车的研制与发展”,《中国科技史料》,1998,19(4)。

机车全部采用国产金属材料、绝缘材料、仪器仪表;2. 由考察团成员、湘潭电机厂、湘潭所、株机厂、一机部工业局、铁道部机务局、铁道部机车车辆管理总局、铁科院、上海交通大学、唐山铁道学院等单位参加,组成国产电力机车联合设计处,办公地点设在湘潭电机厂;3. 电机、一般电器及总装由湘潭电机厂负责完成,车体、转向架等机械部分由株机厂负责完成,第一台车的引燃管由上海电器科学研究院(现在的上海电器科学研究所)设计试制,变压器、平波电抗器、阳极分流电抗器、过渡电抗器由沈阳变压器厂设计试制,主断路器由沈阳高压开关厂设计试制,其他零部件、材料、仪表分别扩散到全国近 50 个单位协作设计试制或提供成品^①。同年 8 月,铁道部和一机部联合发文,批准湘潭电机厂干线电力机车扩大技术任务书,湘潭电机厂、株机厂年内试制出样车,要求一机部的相关工厂和研究所积极协作配合^②。此后,国产电力机车联合设计处,在苏联专家奥布日卡林和沙姆里茨基的帮助下,进行了全面设计。1958 年底,湘潭电机厂在株机厂等厂所协助下,很快试制出了中国第一台电力机车,即 6Y₁ 型干线电力机车(图 6—1)。

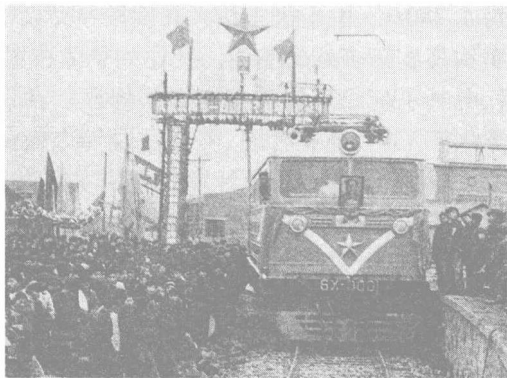


图 6—1 6Y₁ 型电力机车^③

① 《铁道部株洲电力机车工厂厂志》(1936—1982)第一卷,第 196—198 页。第 214—217 页记载了参加 6Y₁ 型机车开发试制单位的名单和提高主要零部件、重要材料的协作单位名单。

② 中华人民共和国铁道部、铁机电石[1958]字 158 号,中华人民共和国第一机械工业部、[1958]机技字第 282 号,《铁道部、第一机械工业部联合批准干线电力机车扩大技术任务书》,1958 年 8 月 19 日。

③ 《中国铁道百年画册》,第 200 页。

6Y₁ 型小时功率 3 900kW, 小时牵引力约 313kN, 时速 45km/h, 机车重量为 138t, 最高速度 100km/h, 轴式 C₀—C₀。机车采用 YMS300/5 型水冷引燃管^①整流。主电路是中点分接式全波整流, 6 台牵引电动机分两组, 全部并联。33 个调压级, 其中 9 个经济运行级, 另有 3 个磁场削弱级。调压级间过渡用电抗器。控制电路由劈相机拖动的发电机供电(电压 50V)。机车采用双臂受电弓、低压调压开关、ZQ650 型牵引电动机等电气设备。机车经北京环形试验线运行试验, 由于作为主整流器的引燃管不能正常工作等问题返厂整修^②。

1959 年, 铁道部在株洲成立电力机车研究所(即株洲所), 承担技术开发工作, 机车车辆制造隶属关系改变, 由株机厂组装机车, 湘潭电机厂提供电机电器。株机厂组装的电力机车在北京环形试验线和宝凤线上, 都出现了很多故障, 特别是引燃管逆弧、调压开关烧损和牵引电动机环火严重影响机车的正常运行, 成为“三大关键”。因此, 攻克这“三大关键”, 成为当时株机厂、株洲所、湘潭电机厂等单位迫在眉睫的任务。1959 年起, 在湘潭电机厂的大力帮助下, 在苏联专家斯杰柯里希科夫^③的指导下, 株机厂、湘潭所和株洲所等厂所联合对 6Y₁ 型机车进行了多次试验, 做了很多改进, 1960 年 3 月试制出了 2 号机车。在湘潭电机厂的大力帮助下, 针对 6Y₁ 型机车出现的问题又做了许多改进, 1962 年试制出 3 号、4 号和 5 号机车, 并在宝凤线上试运行。但是由于引燃管、牵引电动机、QKT1-1D^④ 调压开关等仍存在问题, 6Y₁ 型未能批量生产。

1961 年, 我国第一条电气化铁路宝鸡到凤州线建成, 由于 6Y₁ 型机车性能不过关, 国家从法国阿尔斯通公司进口了部分 6Y₂ 型电力机车, 其功率(指持续功率)4 740kW, 最高速度 101km/h, 轴式 C₀—C₀。

1962—1967 年间, 针对 6Y₁ 型机车出现的问题, 借鉴法国 6Y₂ 型机车

① 仿 NBC300/5 型引燃管设计制造的, 见《铁道部株洲电力机车研究所志》(1959—1995), 第 107 页。

② 张治中, “中国电力机车的研制与发展”, 《中国科技史料》, 1998, 19(4)。

③ 伏·阿·斯杰柯里希科夫(В. А. СТЕКОЛЬШИКОВ)苏联电力机车电气线路、总体布置专家, 1958 年底前后来湘潭所帮助电力机车的研制, 1959 年底到株洲所帮助电力机车的研制, 1960 年 8 月回国。见《铁道部株洲电力机车研究所志》(1959—1995), 第 9—10 页。《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷, 第 204 页。

④ 仿苏联 ЭК160/28 型调压开关设计制造的, 见《铁道部株洲电力机车研究所志》(1959—1995), 第 106 页。

技术,株机厂和株洲所先后又进行了 30 余项重大改进,采用了大功率半导体硅整流管代替引燃管^①,并用 20 个元件的 QKT1-2D 型调压开关取代 28 个元件的 QKT1-1D,取得了成效。采用 700kW 的 4 级高压 ZQ650-1 型脉流牵引电动机代替 650kW 的 6 极高压 ZQ650 型牵引电动机等等^②。1967 年试制出 7 号 6Y₁ 型机车和改进后的 4 号 6Y₁ 型机车。但该型机车运行于宝凤线上又没有加装电阻制动,故无法下山。其中,7 号机车还采用了炭滑板单臂受电弓、ZQ650-1 型牵引电动机和电阻制动,改善了机车受流性能和运行性能,解决了下山安全问题。

但是,这些车均属早期试制产品。4 号和 7 号机车故障仍然很多。它们都没有正式上线牵引就全部报废。这样,中国电力机车制造业就徘徊了近 10 年。

第二节 第一代电力机车

1957—1967 年间,通过仿制苏联 H60 型电力机车的韶山型机车的实践,同时发现苏联也在不断改进 H60 型电力机车,株机厂和株洲所对 4 号和 7 号机车的改进试验取得了初步效果,但是由于引燃管和牵引电动机不过关等原因,主要性能和可靠性一直达不到要求。同时,从法国进口的 6Y₂ 型电力机车已在宝凤线上运行,该车有一些技术上独到之处,可靠性高,值得借鉴。当时随着电力电子技术的兴起,国外已成功将它们应用在电力机车上,改善了电力机车性能。当时在中国电力电子技术也取得了一些成绩。1968 年,在总结试制和运行经验的基础上,综合了 4 号和 7 号机车的科研成果,设计试制成功第 8 台 6Y₁ 型机车,主要改进有采用大功率半导体硅整流,采用 20 触头组调压开关,使用 700kW 有补偿绕组的 4 级高压脉流牵引电动机,加装功率为 2 800kW 的电阻制动等。小时功率提高到 4 200kW,速度 90km/h。该机车改名为韶山₁(SS₁)型电力机车(图 6—2)。该车各项经

① 在株洲所和北京变压器厂的支持下,共同拟订了“改硅”方案。见《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,第 207 页。《铁道部科学研究院史》(1950.2—1987.12),第 40 页记载,1964 年,铁科院研制成功 6Y₁ 型引燃管电力机车改装硅半导体整流器。

② 张治中,“中国电力机车的研制与发展”,《中国科技史料》,1998,19(4)。

济指标有了明显提高,“三大关键”中牵引电动机和整流问题已经得到解决,提高了机车可靠性,可以正式投入运行,铁道部决定小批量生产。1969年,株机厂开始小批生产^①。

韶山₁型机车分别在1971、1976和1978年,又经过三次重大技术改进,包括:用大功率半导体机组代替过渡电抗器,电阻制动功率提高到3 500kW;改用110V控制电压;改进转向架弹簧悬挂系统等。1979年,株机厂开始对韶山₁图纸做全面整顿,按照标准化、简统化、完善化的要求,1980年整图完毕,铁道部批准后,正式定型批量生产。到1988年底停产共生产826台^②。这是我国第一代主型电力机车,目前在铁路运输上还发挥着重要作用。



图6—2 韶山₁型电力机车

1966年,株机厂和株洲所开始韶山₂(SS₂)型电力机车的设计工作。设计中吸取了法国的6Y₂型和联邦德国K型电力机车大量先进技术的基础上,1969年9月在株机厂制成。其小时功率4 800kW,最高速度100km/h,轴式C₀—C₀。采用高压侧调压开关32级调压,硅整流器整流,800kW,6级低压脉流牵引电动机,并大量采用了其他先进技术^③。1969年10月—1970

①② 张治中,“中国电力机车的研制与发展”,《中国科技史料》,1998,19(4)。

③ 《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,第209—213页。

年3月,先后在宝凤线和广马线上试运。1970—1972年,对韶山₂型机车进行第一次技术改造试验,应用大功率晶闸管元件和电子技术实现无级调速,1972年在北京环形试验线做调整试验后,交宝鸡机务段使用^①。

经过近2年的使用,发现韶山₂型机车空转严重等问题。株洲所人员参考瑞典ASEA公司的Rc型电力机车采用他励牵引电动机,于1974年初,开始对韶山₂型机车进行第二次技术改造,目的是试验他励牵引电动机能否改善牵引性能^②,于1978年投入试运行。主要改进有采用大功率晶闸管两段半控桥相控调压,相控他励牵引电动机和电子控制等新技术^③。到1982年,因韶山₁型机车已基本定型并已批量生产,韶山₂型由于个别技术不能配套,未能批量生产。但是它为韶山₁型机车改进,以及其后来新型机车、动车的设计生产积累了宝贵经验,培养了一批人才。

表6—1 第一代电力机车

机车型号(代号)	韶山	韶山 ₁ (SS ₁)	韶山 ₂ (SS ₂)
曾用名	6Y ₁ 型	韶山	
制造工厂	湘潭电机厂、株机厂	株机厂	株机厂
用途	客、货	客、货	客、货
轴式	C ₀ —C ₀	C ₀ —C ₀	C ₀ —C ₀
制造年份	1958—1967	1968—1988	1969
小时功率(kW)	3 900	4 200	4 800
持续功率(kW)	3 410	3 780	4 620
转向架固定轴距 (mm)	4 600	4 670	4 670
转向架中心距 (全轴距)(mm)	12 700	12 700	12 935
最高速度(km/h)	100	93.5	100
持续速度(km/h)	45.0	44.5	49
启动牵引力(kN)	441.0	487.4	529.2

①② 《铁道部株洲电力机车研究所志》(1959—1995)。第109页。

③ 张治中,“中国电力机车的研制与发展”,《中国科技史料》,1998,19(4)。

(续表)

机车型号(代号)	韶山	韶山 ₁ (SS ₁)	韶山 ₂ (SS ₂)
持续牵引力(kN)	257.7	283.3	303.4
控制方式(调压方式)	低压调压开关 33 级	低压调压开关 33 级	高压调压开关 32 级
传动方式	抱轴悬挂交直传动	抱轴悬挂交直传动	抱轴悬挂交直传动
制动方式	电阻制动	一级电阻	一级电阻
电制动功率(kW)	2 × 1 550	3 500	3 100
电机电压(V)	1 500	1 500	780
台数	7	819	1

这两种型号的电力机车,基本上属于同一类型的客货通用机车:都是采用调压开关有级调压方式,硅整流器供电,牵引电动机为串励,滑动轴承抱轴式悬挂,电阻制动,C₀—C₀轴式,由劈相机产生三相交流辅助电源。不同的是,韶山₁型机车是低压侧调压方式,硅整流装置采用单拍全波整流方式,部分整流管兼作级间转换,牵引电动机持续功率为 630kW,转向架为全焊接结构,无导框轴箱;韶山₂型机车是高压侧调压方式,硅整流机组桥式整流集中供电,6 台硅机组分散布置,牵引电动机持续功率为 770kW,6 极,无补偿绕组,全 H 级绝缘。

第三节 第二代电力机车

这一阶段是从 1977 年到 1989 年。我国电力机车开始发展的 10 年:主要是韶山₁型电力机车定型批量生产;第二代电力机车韶山₃型机车设计试制成功,投入批量生产,韶山₄型机车研制成功,投入批量生产;第三代电力机车韶山₅型机车试制完成。这标志着我国电力机车进入更新换代阶段,电力机车技术上升到了一个新的水平。

1979 年以来,由于铁路运输远远满足不了社会经济的发展需要,即货运增加载重、客运提高速度,但当时韶山₁和韶山₃型电力机车是普载机车,最高速度只有 100km/h 左右,持续速度仅为 50km/h 左右,不能满足“重载

高速”要求,所以,陆续开发了韶山₄和韶山₅型电力机车。

到1989年,一共生产了978台电力机车,约为前20年的6倍,年均生产89台。其中,韶山₁和韶山₃型电力机车生产了964台,占总产量的98.6%,成为我国当时电力牵引的主力^①。

一、韶山₃(SS₃)型电力机车

按照铁道部1976年发布的[76]铁工技字87号、[76]科技字57号关于《贯彻铁道部1976年科学技术发展规划中部分机车车辆科研项目的通知》以及铁道部1977年发布的[77]计字170号关于《1977年铁路科技发展规划(草案)》等三个文件的要求,根据韶山₁型机车存在的问题,在改造韶山₁型和设计制造试验韶山₂型机车的经验基础上,株机厂和株洲所联合向铁道部提出建议,改进韶山₁型机车,设计新型韶山₃型电力机车,作为取代韶山₁型机车的产品。铁道部1977年下达了[77]铁工字1289号文件^②,同意改进韶山₁型机车,提出要克服韶山₁型机车缺陷,注意机车的运行可靠性,防寒措施应适应风沙大线路气候条件,要适用于山区和平原,要解决轴重转移、轮缘磨耗和动力学等问题。韶山₁型这次改进比较大,按这次改进设计生产的机车称韶山₃(SS₃)型电力机车。随文件同时下达了《韶山₃型电力机车设计任务书》。

按照上述规定和要求,吸收韶山₁和韶山₂型机车成熟的技术和积累的经验,参照了国外的新技术,在韶山₁型机车改进的基础上,株机厂和株洲所1977年12月开始了韶山₃(SS₃)型电力机车的设计,1978年2月完成技术设计,1978年9月完成施工设计^③。1978年12月30日制成0001号机车^④。

1979年初,韶山₃型机车0001号经过试验和少量改进。同年3月发往北京铁科院环行试验线试验,经过试验发现一些问题,铁科院提出了18项

① 《中国铁路机车车辆工业五十年》,第146页。

② 铁道部,[77]铁工字1289号《对韶山₁型电力机车改进建议书的批复》,1977年11月28日。

③ 《铁道部株洲电力机车研究所志》(1959—1995),第110页。

④ 在株洲所和北京变压器厂的支持下,共同拟定了“改硅”方案。见《铁道部株洲电力机车工厂志》(1936—1982)第一卷,第229—232页。