

第六章 空气管路系统

刘豫湘

参加本书审稿的有：张有松、陈春阳、张顺彪等。在本书的组稿和整理过程中任伟穗同志给予了大力协助，在此谨表衷心的感谢。

由于水平有限，时间仓促，错误、缺点一定不少，恳请读者批评指正。

一九九三年九月

前 言

SS4改进型电力机车是我国“八·五”期间，为逐步实现干线电力机车的简化与标准化，在已批量生产的SS4型机车中压脉流牵引电机及配套电器的技术基础上，进一步消化吸收8K与6K机车的有关先进技术和吸收SS5、SS6型机车的成果而研制出的八轴重载货运电力机车。

SS4改进型电力机车的机车主电路、电子控制系统、牵引力传递系统等较原SS4型有较大改进，其优良的牵引制动性能已在SS4-0159、SS4-0160机车上得到了充分体现。为适应我国干线重载运输的迫切需要，从1993年下半年开始，SS4改进型机车已进入批量生产。

为便于有关电力机务段的司乘和检修人员对SS4改进型电力机车的系统结构及工作原理有一个比较系统的、完整的了解，我们在《电力机车技术》期刊1993年第2期刊载了该型机车的设计特性参数与主要部件的结构特点。现应用户和有关部门的要求，我们又特编撰此《SS4改进型电力机车电气线路与空气管路》一书。

本书的内容以方便实际应用为原则，着重就机车的电气线路及电子控制系统、空气管路系统的工作原理和系统结构作了较为详尽的介绍，并介绍了机车的检查试验、运用操纵及一般常见故障的判断和处理方法。

本书由株洲电力机车工厂和株洲电力机车研究所的有关工程技术人员编著：

第一章 主电路	朱龙驹
第二章 辅助电路	彭奇彪
第三章 控制电路	周光海
一、控制电源	常家华
第四章 电子控制系统	奚国华
四、防空转控制系统	万 广
五、空电联合制动控制系统	周桂法
第五章 机车的检查试验与运用	张有松

目 录

第一章 主电路	(1)
一、网侧高压电路	(1)
二、整流调压电路	(2)
三、牵引电路	(3)
四、加馈电阻制动电路	(5)
五、PFC电路	(6)
六、保护电路	(7)
七、设备代号流水数字与线号的编制说明	(8)
第二章 辅助电路	(9)
一、单一三相供电系统	(9)
二、三相负载电路	(10)
三、单相负载电路	(10)
四、保护电路	(11)
五、设备代号及线号	(12)
第三章 控制电路	(13)
一、控制电源	(13)
二、整备控制电路	(17)
(一) 受电弓控制	(18)
(二) 主断路器控制	(18)
(三) 劈相机控制	(19)
(四) 压缩机控制	(20)
(五) 通风机控制	(20)
(六) 制动风机控制	(21)
(七) 牵引控制	(21)
(八) 制动控制	(22)
(九) 风速延时控制	(22)
(十) 预备环节控制	(23)
三、调速控制电路	(23)
(一) 零位控制	(23)
(二) 低级位延时控制	(24)
(三) 线路接触器控制	(24)
(四) 调速控制	(24)
(五) 功补接触器控制	(25)

(六) 重联中间继电器控制·····	(25)
(七) 司机钥匙互锁控制·····	(26)
(八) 保护控制·····	(27)
四、信号控制电路·····	(28)
五、控制电路的线号划分及零部件的代号编制原则·····	(31)
第四章 电子控制系统 ·····	(32)
一、电子控制柜的基本结构·····	(32)
二、牵引、制动控制系统·····	(34)
三、牵引、制动控制系统框图及主要参数·····	(50)
四、防空转控制系统·····	(52)
五、空电联合制动控制系统·····	(59)
六、功率因数补偿控制系统·····	(61)
七、常见故障判断·····	(63)
八、电子柜的使用·····	(66)
第五章 机车的检查试验与运用 ·····	(68)
一、整备检查·····	(68)
二、低压试验·····	(71)
三、高压试验·····	(76)
四、运用操纵·····	(77)
五、故障处理·····	(80)
第六章 空气管路系统 ·····	(83)
一、总 述·····	(83)
二、风源系统·····	(84)
三、控制系统管路·····	(86)
四、辅助系统管路·····	(89)
五、机车制动机系统·····	(90)
(一) 概 述·····	(90)
(二) 主要部件·····	(92)
(三) 综合作用·····	(97)
(四) 辅助作用·····	(104)
(五) 空电联合制动·····	(106)
(六) 制动机的操作方法·····	(110)
六、故障处理·····	(113)
(一) 风源系统及控制管路故障处理·····	(113)
(二) 制动机故障处理·····	(115)
附 录	

第一章 主 电 路

SS4改进型电力机车是以我厂近期研制生产的SS4、SS5和SS6型机车为基础，并吸收了8K和6K机车的一些先进技术而设计的。它具有如下主要特点：

1. 采用传统的交—直流传动型式，使用传统的串励式脉流牵引电机。与他励式及复励式比较，前者制造技术成熟，主电路及控制电路比较简单，相对来说比较可靠。

2. 采用转向架独立供电方式，全车四个二轴转向架，具有相应的四台独立的相控式主整流器。这种供电方式的优点：一是能够充分提高粘着利用，因为可对一节车前后两台转向架进行电气式轴重补偿；二是一台主整流器故障时，可切除一台转向架，保留3/4的牵引能力。

3. 机车主整流器采用三段不等分半控调压整流电路。与SS4型机车的经济四段桥相比，尽管在低级位上功率因数较低，但可大大简化控制系统，减少操作过电压，提高系统的可靠性。

4. 机车采用加馈电阻制动，每节车四台牵引电机主极绕组串联，由一台励磁半控桥式整流器供电。与常规电阻制动相比，加馈制动具有三大优点：一是可加宽调速范围，将最大制动力延伸至零（为安全着想，SS4改进型机车为10km/h）；二是能较方便地实现恒制动力控制；三是取消了常规的半电阻制动接触器，简化了控制电路。

5. 机车全部采用霍尔传感器检测直流电流、电压信号，以利司机安全，并可提高系统的较制精度。

6. 机车采用双接地继电器保护，每一台转向架电气回路单元各接一台主接地继电器，以利于查找接地故障。

7. 为提高机车功率因数和改善通讯干扰，机车增加了PFC装置。

一、网侧高压电路（25kV电路）

见主电路原理图（附图一）横座标101、102和103部分。主要设备有受电弓1AP、空气断路器4QF、高压电压互感器6TV、高压电流互感器7TA、避雷器5F、主变压器8TM的高压绕组AX、PFC用电流互感器109TA，以及二节车之间的25kV母线用高压联挽器2AP。

低压部分有自动开关102QA、网压表103PV、电度表105PJ、PFC用电压互感器100TV，以及接地电刷110E、120E、130E和140E。

网侧电流从接触网流入升起的受电弓，经25kV车顶母线，分两路：一路为本节车，经主断路器4QF、主变压器AX绕组→车体→车体与转向架间软线→轴箱电刷→车轮→钢轨；另一路经高压连接器2AP到另一节车的车顶母线。

网侧高压电路中的低压电路主要用于检测机车网压和提供电度表用的电压信号。

SS4改进型机车网侧高压电路，与以往的机车相比，具有如下特点：

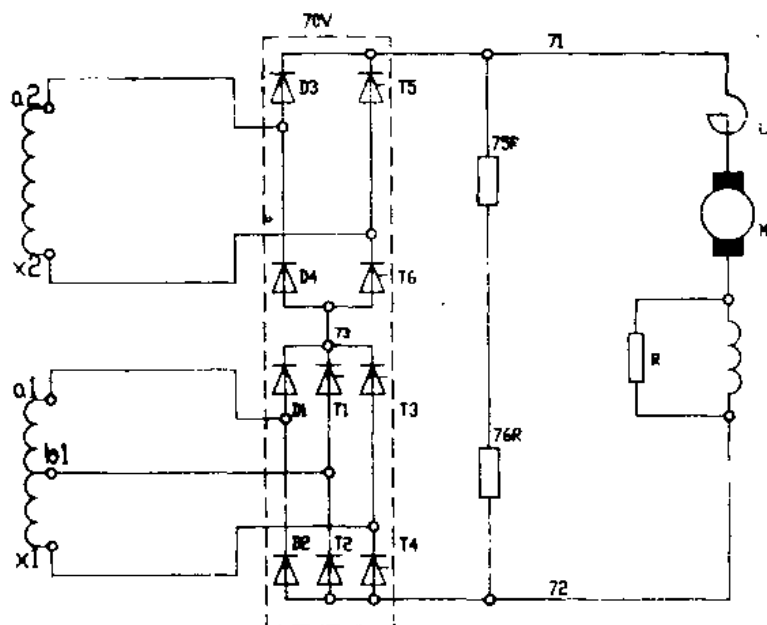
1. 在25kV网侧电路中，加设了新型金属氧化物避雷器 5F，以取代以往的放电间隙，作过电压和雷击保护。
2. 加设了网侧电压互感器（25kV/100V），该互感器与SS4、SS5和SS6型机车通用。为便于司机在司机室内掌握受电弓的升降状况，该互感器设置在受电弓与主断路器之间。
3. 为提高机车的可靠性，实现机车的简化、通用化设计，采用了传统的受电弓和空气断路器。
4. 加设有PFC控制用电压、电流互感器。

二、整流调压电路

为实现转向架独立控制方式，每节车采用二套独立的整流调压电路，分别向相应的转向架供电。牵引绕组 $a_1-b_1-x_1$ 和 a_2-x_2 供电给主整流器 70V，组成前转向架供电单元；牵引绕组 $a_3-b_3-x_3$ 和 a_4-x_4 供电给主整流器 80V 组成后转向架供电单元。

图 1—1 为前转向架单元的整流调压简化电路。图中所示整流电路为三段不等分整流调压电路。其中各段绕组的电压为：

$$U_{a_2x_2} = U_{a_1x_1} = 2U_{a_1b_1} = 2U_{b_1x_1} = 699.5V$$



三段不等分整流桥的工作顺序如下所述：

首先投入四臂桥，即触发 T_5 和 T_6 ，投入 a_2-x_2 绕组。 T_5 、 T_6 、 D_3 和 D_4 顺序移相，整流电压由零逐渐升至 $1/2U_d$ （ U_d 为总整流电压）， D_1 和 D_2 续流。在电源正半周时，电流路径为 $a_2 \rightarrow D_3 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow D_2 \rightarrow D_1 \rightarrow T_6 \rightarrow x_2 \rightarrow a_2$ ；当电源处于负半周时，电流路径为 $x_2 \rightarrow T_5 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow D_2 \rightarrow a_1 \rightarrow b_1 \rightarrow T_1 \rightarrow D_4 \rightarrow a_2 \rightarrow x_2$ 。此时， T_1 、 T_2 、 D_1 和 D_2 顺序移相，整流电压在 $1/2U_d \sim 3/4U_d$ 之间调节。当 T_1 和 T_2 满开放后，

图 1—1 前转向架单元整流调压简化电路（牵引工况）

x_2 。当 T_5 和 T_6 满开放后，六臂桥投入。第一步是维持 T_5 和 T_6 满开放，触发 T_1 和 T_2 ，绕组 a_1-b_1 投入。电源处于正半周时，电流路径为 $a_2 \rightarrow D_3 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow T_2 \rightarrow b_1 \rightarrow a_1 \rightarrow D_1 \rightarrow T_6 \rightarrow x_2 \rightarrow a_2$ ；当电源处于负半周时，电流路径为 $x_2 \rightarrow T_5 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow D_2 \rightarrow a_1 \rightarrow b_1 \rightarrow T_1 \rightarrow D_4 \rightarrow a_2 \rightarrow x_2$ 。此时， T_1 、 T_2 、 D_1 和 D_2 顺序移相，整流电压在 $1/2U_d \sim 3/4U_d$ 之间调节。当 T_1 和 T_2 满开放后，

T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 维持满开放,并触发 T_3 和 T_4 , $b_1 \rightarrow x_1$ 绕组再投入。 T_3 和 T_4 顺序移相,整流电压在 $3/4 U_d \sim U_d$ 之间调节。当电源处于正半周时,电流路径为 $a_2 \rightarrow D_3 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow T_4 \rightarrow x_1 \rightarrow a_1 \rightarrow D_1 \rightarrow T_6 \rightarrow x_2 \rightarrow a_2$;当电源处于负半周时,电流路径为 $x_2 \rightarrow T_5 \rightarrow 71$ 号导线 $\rightarrow$ 平波电抗器 $\rightarrow$ 电机 $\rightarrow 72$ 号导线 $\rightarrow D_2 \rightarrow a_1 \rightarrow x_1 \rightarrow T_3 \rightarrow D_4 \rightarrow a_2 \rightarrow x_2$ 。

在整流器的输出端还分别并联了两个电阻75R和76R,其电阻的作用有二个:一是机车高压空载做限压试验时,作整流器的负载,起续流作用;二是正常运行时,能够吸收部分过电压。

三、牵引电路

机车的牵引电路,即机车主电路的直流电路部分。其简化电路见图1—2。

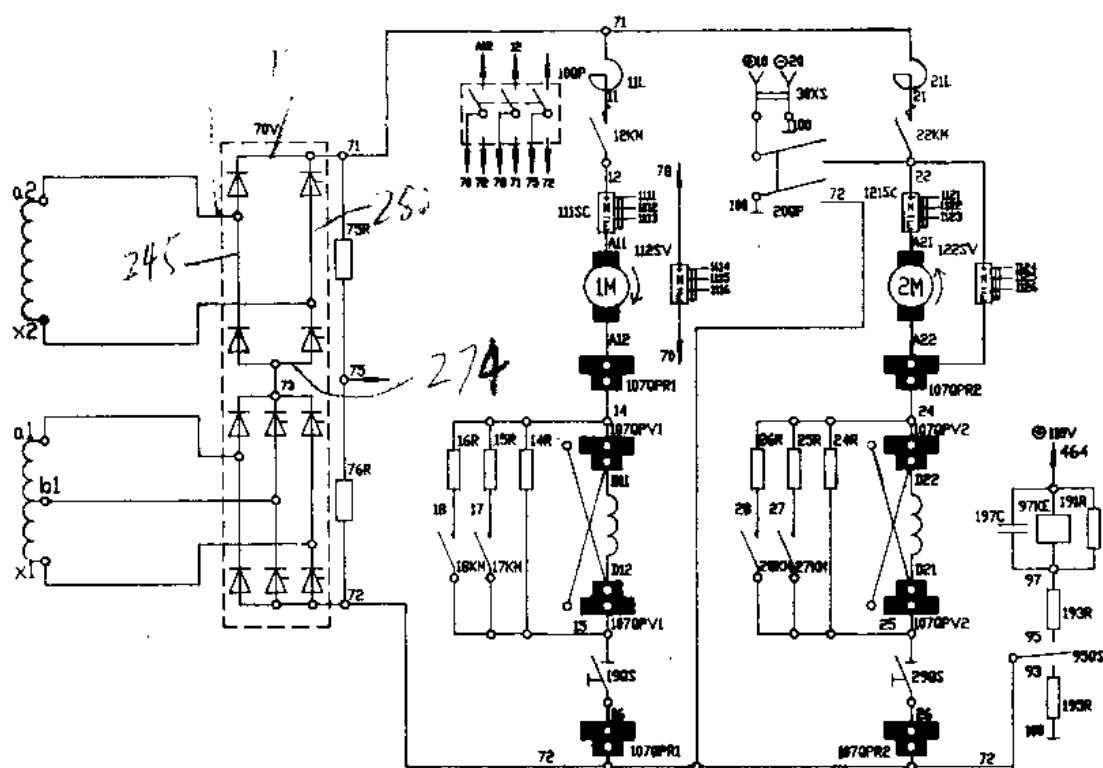


图1—2 机车牵引工况下简化电路图 (I 架)

机车牵引供电电路,采用转向架独立供电方式。第1转向架的第1台牵引电机1M与第2台牵引电机2M并联,由主整流器70V供电;第2转向架的第3台牵引电机3M与第4台牵引电机4M并联,由主整流器80V供电。两组供电电路完全相同且完全独立。

每一牵引电机支路的电流路径基本相同,现以第1牵引电机支路为例加以说明:其电流路径为正极母线71 $\rightarrow$ 平波电抗器11L $\rightarrow$ 线路接触器12KM $\rightarrow$ 电流传感器111SC $\rightarrow$ 电机电枢 $\rightarrow$ 位置转换开关的“牵”——“制”鼓107QPR1 $\rightarrow$ 位置转换开关的“前”——“后”鼓107QPV1 $\rightarrow$ 主极磁场绕组 $\rightarrow$ 107QPV1 $\rightarrow$ 牵引电机隔离开关19QS $\rightarrow$ 107QPR1 $\rightarrow$ 负极母线72。

与主极绕组并联的有固定分路电阻14R、一级磁削电阻15R和接触器17KM、二级磁削电阻16R和接触器18KM。14R的阻值为 0.2035Ω ，它与主极绕组并联后，实现机车的固定磁削级，其磁削系数为0.96。15R的阻值为 0.0237Ω ，通过接触器17KM的闭合，投入15R，实现机车的一级磁削级，其磁削系数为0.70。16R的阻值为 0.0102Ω ，通过接触器18KM的闭合，投入16R，实现机车的二级磁削级，其磁削系数为0.54。当17KM和18KM同时闭合时，15R和16R同时投入，实现机车的三级磁削级，其磁削系数为0.45。

由于两轴转向架两台牵引电机为背向布置，其相对旋转方向应相反。以第1转向架前进方向为例，从1M电机非整流子侧看去，电枢旋转方向应为顺时针方向；从2M电机非整流子侧看去应为逆时针旋向。同样，第2转向架3M电机为顺时针方向，4M电机为逆时针方向。

由此，各牵引电机的电枢与主极绕组的相对接线方式是：

1M: $A_{11}A_{12} \rightarrow D_{11}D_{12}$

2M: $A_{21}A_{22} \rightarrow D_{22}D_{21}$

3M: $A_{31}A_{32} \rightarrow D_{31}D_{32}$

4M: $A_{41}A_{42} \rightarrow D_{42}D_{41}$

上述接线方式为机车向前方向时的状况。当机车向后时，主极绕组通过“前”—“后”换向鼓反向接线。

牵引电机故障隔离开关19QS、29QS、39QS和49QS均为单刀双投开关，有上、中、下三个位置。上为运行位，中为牵引工况故障位，下为制动工况故障位。当牵引电机之一故障时，将相应牵引电机故障隔离开关置中间位，其相应常开联锁接点打开相应线路接触器，该电机支路跟供电电路完全隔离。若误将隔离开关置向下位，则由于线路接触器已打开，虽然无电流，但导线14与16或24与26或34与36或44与46之一相连，故障电机在电位上并不能与主电路隔离，若为换地故障，则仍会引起接地继电器动作。

库用开关20QP和50QP为双刀双投开关，在正常运行位时，其主刀与主电路隔离，其相应辅助接点接通受电弓升弓电磁阀，方可升弓；在库用位时，其主刀将库用插座30XS或40XS的库用电源分别与2M电机或3M电机的电枢正极引线22或32及总负极72或82连接，其辅助接点断开受电弓升弓电磁阀的电源线，使其在库用位时不能升弓。只要20QP或50QP之一在库用位，即可在库内动车。同时，通过相应的联锁接点可分别接通12KM和22KM或32KM和42KM，从而使1M或4M通电，以便于工厂或机务段出厂试验时试电机转向、出入库及旋轮。

空载试验转换开关10QP和60QP为叁刀双投开关。当机车处于正常运行位时，10QP和60QP将1位和4位电压传感器112SV和142SV分别与1M和4M的电枢相连，其相应辅助接点接通12KM、22KM、32KM和42KM的电空阀；当机车处于空载试验位时，10QP和60QP将112SV和142SV分别与主整流器70V和80V的输出端相连，同时短换76R和86R，其相应辅助接点断开线路接触器12KM、22KM、32KM和42KM的电空阀电源线，使10QP或60QP置于试验位时，电机与整流器脱开，确保空载试验时的安全性。

每一台牵引电机设有一台直流电流传感器和一台直流电压传感器，其作用除提供电子控制的电机电流与电压反馈信号外，还通过电子柜处理之后，作为司机台电流表与电压表显示的信号检测。直流电压传感器设置在电枢两端，与SS4型机车一致。它有两个优点：

一是在牵引与制动时，司机台均能看牵引电机电压；二是二台并联的牵引电机之一空转时，电枢电压的反应较快。

另外，取消了传统的电机电流过流继电器，电机的过流信号由直流电流传感器经电子柜发出，而进行卸载或跳主断。牵引电机过流保护整定值为 $1300\text{A} + 5\%$ 。

四、加馈电阻制动电路

SS4改进型机车与其它机型的主要不同之处是采用了加馈电阻制动电路，主要优点是能够获得较好的制动特性，特别是低速制动特性。图1—3为机车加馈制动工况时的简化电路图。

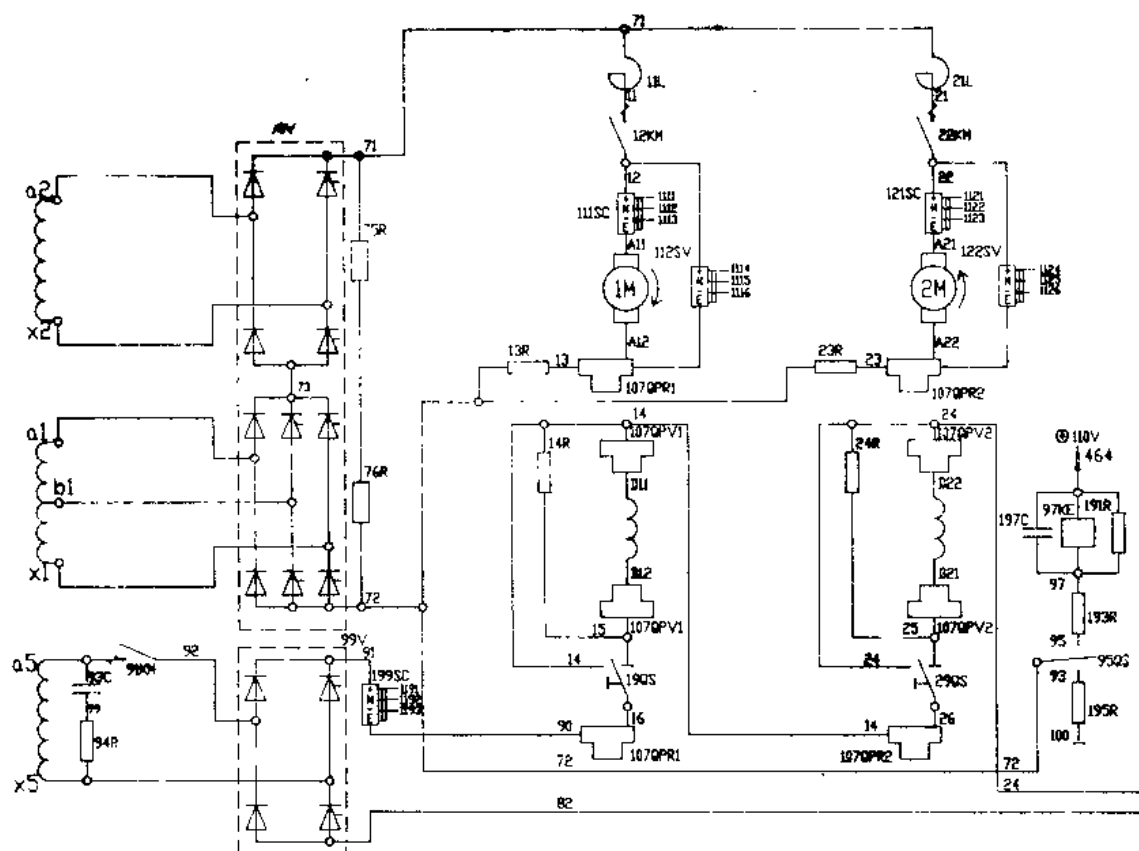


图 1—3 机车加馈制动工况下简化电路图 (I 架)

加馈电阻制动又称为“补足”电阻制动，它是在常规电阻制动的基础上而发展的一种能耗制动技术。根据理论分析可知，机车轮周制动力为：

$$B = C\Phi I_z$$

式中 C ——机车结构常数； Φ ——电机主极磁通； I_z ——电机电枢电流。

在常规的电阻制动中， I_z 随着机车速度的减小而减小。因此，机车轮周制动力也随着机车速度的变化而变化。为了克服机车轮周制动力在机车低速区域减小的状况，加馈电阻制动从电网中吸收电能，并将该电能补足到 I_z 中去，以此获得理想的轮周制动力。

机车处于加馈电阻制动时，经位置转换开关转换到制动位，牵引电机电枢与主极绕组脱

离，与制动电阻串联，且同一转向架的二台电机电枢支路并联之后，与主整流器串联构成回路。此时，每节车四台电机的主极绕组串联连接，经励磁接触器、励磁整流器构成回路，由主变压器励磁绕组供电。

现以1M电机为例，叙述一下电路电流的路径。

1. 当机车速度高于 33km/h 时，机车处于纯电阻制动状态。其电流路径为 71 母线→11L 平波电抗器→12KM 线路接触器→111SC 电流传感器→1M 电机电枢→107QPR1 位置转换开关“牵”——“制”鼓→13R 制动电阻→72 母线→ $D_3 \rightarrow D_1 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3 \rightarrow 71$ 母线。

2. 当机车速度低于 33km/h，机车处于加馈电阻制动状态。当电源处于正半周时，其电流路径为 $a_2 \rightarrow D_3 \rightarrow 71$ 母线→11L 平波电抗器→12KM 线路接触器→111SC 电流传感器→1M 电机电枢→107QPR1 位置转换开关“牵”——“制”鼓→13R 制动电阻→72 母线→ $D_3 \rightarrow D_1 \rightarrow T_6 \rightarrow x_2 \rightarrow a_2$ ；当电源处于负半周时，其电流路径为 $x_2 \rightarrow T_5 \rightarrow 71$ 母线→11L 平波电抗器→12KM 线路接触器→111SC 电流传感器→1M 电机电枢→107QPR1 位置转换开关“牵”——“制”鼓→13R 制动电阻→72 母线→ $D_3 \rightarrow D_1 \rightarrow D_4 \rightarrow a_2 \rightarrow x_2$ 。

加馈电阻制动时，主变压器的励磁绕组 a_3-x_3 经励磁接触器 91KM 向励磁整流器 99V 供电，并与 1M~4M 电机主极绕组串联，且励磁电流方向与牵引时相反，由下往上。从励磁整流器的输出端开始，其电流路径为 91 母线→199SC 电流传感器→90 母线→107QPR1 位置转换开关“牵”——“制”鼓→19QS→107QPV1→ $D_{12} \rightarrow D_{11} \rightarrow 107QPV1 \rightarrow 14$ 母线→107QPR2→29QS→107QPV2→ $D_{21} \rightarrow D_{22} \rightarrow 107QPV2 \rightarrow 24$ 母线→108QPR4→49QS→108QPV4→ $D_{41} \rightarrow D_{42} \rightarrow 108QPV4 \rightarrow 44$ 母线→108QPR3→39QS→108QPV3→ $D_{32} \rightarrow D_{31} \rightarrow 92$ KM 励磁接触器→82 母线。

负极母线 82 为主整流器 80V 与励磁整流器 99V 的公共点，由此形成两个独立的接地保护电路系统。第一转向架牵引电机 1M 和 2M 电枢、制动电阻及主整流器 70V，组成第一转向架主接地保护系统，由主接地继电器 97KE 担负保护功能；第二转向架牵引电机 3M 和 4M 电枢、制动电阻及主整流器 80V、励磁整流器 99V 组成第二转向架主接地保护系统，由主接地继电器 98KE 担负保护功能。

制动工况时，当一台牵引电机或制动电阻故障后，应将相应隔离开关置向下故障位，则线路接触器打开，电枢回路被甩开，主极绕组无电流，但有电位。

为了能在静止状况下检查加馈制动系统是否正常，机车在静止时，系统仍能给出 50A 的加馈制动电流（此时励磁电流达到最大值 930A）。机车在此加馈制动电流的作用下，将有后动车的趋势，这一点应引起高度重视，以利机车安全。

五、PFC 电路

SS4 改进型机车主电路设置有四组完全相同的 PFC 装置。其电路结构见图 1—4。

该装置是通过滤波电容和滤波电抗的串联谐振，以降低机车的三次谐波含量，提高机车的功率因数。它主要由真空接触器（电磁式）、无触点晶闸管开关、滤波电容、滤波电抗和故障隔离开关等电器组成。

机车采用的电磁式真空接触器具有接通、分断能力大，电气和机械寿命长等优点。在电路中，采用该真空接触器的作用和目的主要有二点：一是当无触点晶闸管开关被击穿重燃

时, 利用其分断能力大的优势起电路的保护作用; 二是采用该真空接触器之后, 可简化机车的控制系统和机车的结构设计。

在PFC电路中设置有故障隔离开关, 在PFC电路出现接地时做隔离处理用。当故障隔离开关处于故障位时, 一方面使PFC电路与机车主变压器的牵引绕组完全隔离; 另一方面, 通过其辅助联锁控制真空接触器主触头分断。同时, 其主闸刀还将对电容器进行放电。

为确保人身安全, 当司机取出司机钥匙时, 因在每组PFC电路中的滤波电容和滤波电抗上并联了一个低阻 (800Ω), 使得滤波电容上的电压能够快速放电。该电阻的投入是靠一高压继电器 (116KM、126KM、156KM和166KM) 来实现的。该高压继电器是在JZ15中间继电器的基础之上改进设计的。

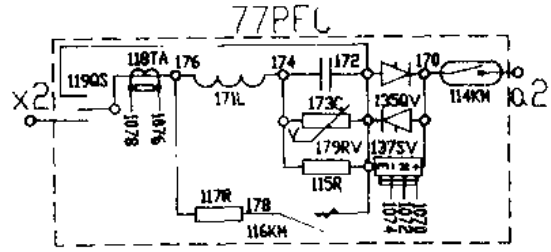


图1-4 77PFC装置的电路结构图

六、保护电路

SS4改进型机车主电路保护包括短路、过流、过电压及主接地保护等四个方面。现分述如下:

(一) 短路保护

当网侧出现短路时, 通过网侧电流互感器7TA→原边过流继电器101KC, 使主断路器4QF动作, 实现保护。其整定值为320A。

当次边出现短路时, 经次边电流互感器176TA、177TA、186TA及187TA→电子柜过流保护环节, 使主断路器4QF动作, 实现保护。其整定值为 $3000A \pm 5\%$ 。

在整流器的每一晶闸管上各串联一个快速熔断器, 实现元件击穿短路保护之用。

(二) 过流保护

考虑到牵引工况和制动工况时, 牵引电机的状况不同, 牵引电机过流保护的整定值和保护方式设置也不同。

在牵引工况时, 牵引电机的过流保护是通过直流电流传感器111SC、121SC、131SC和141SC→电子柜→主断路器来实现的, 其整定值为 $1300A \pm 5\%$ 。

在制动工况时, 牵引电机的过流保护是通过直流电流传感器111SC、121SC、131SC和141SC→电子柜→励磁过流中间继电器559KA→励磁接触器91KM来实现的。其整定值为 $1000A \pm 5\%$ 。

在制动工况时, 还设有励磁绕组的过流保护, 它是通过直流电流传感器199SC→电子柜→励磁过流中间继电器559KA→励磁接触器91KM来实现的。其整定值为 $1150A \pm 5\%$ 。

(三) 过电压保护

机车的过电压包括大气过电压、操作过电压、整流器换向过电压和调整过电压等。大气过电压的保护主要采用二种方式: 一是在网侧设置新型金属氧化物避雷器5F; 二是在各主变压器的各次边绕组上设置RC吸收器。牵引绕组上的RC吸收器由71C与73R、72C与74R、81C与83R、82C与84R构成; 励磁绕组上的RC吸收器由93C与94R构成; 辅助绕组上

的RC吸收器由255C与260R构成。

当机车主断路器4QF打开或接通主变压器空载电流时,机车将产生操作过电压,通过网侧避雷器5F和牵引绕组上的RC吸收器能够对此操作过电压进行限制。

机车的主整流器70V和80V、励磁整流器99V的每一晶闸管及二极管上均并联有RC吸收器,以抑止整流器的换向过电压。

另外,牵引电机的电压由主整流器进行限压控制,其限制值为 $1020V \pm 5\%$ 。

(四) 接地保护

牵引工况下,每“转向架供电单元”设一套接地保护系统,除网侧电路外,主电路任一点接地时,接地继电器均动作,无“死区”。接地继电器动作之后,通过其联锁使主断路器动作,实现保护。

制动工况下,具有两套独立回路,励磁回路属于第二回路。为消除“死区”,回路各电势均为相加关系。为此,励磁电流方向与牵引时相反,改为由下而上,故电枢电势方向亦相反,改为下正上负。当制动工况发生接地故障时,接地继电器动作,通过其联锁使主断路器动作,实现保护。

第一转向架供电单元的接地保护系统由接地继电器97KE、限流电阻193R、接地电阻195R、隔离开关95QS、电阻191R和电容197C组成;第二转向架供电单元的接地保护系统由接地继电器98KE、限流电阻194R、接地电阻196R、隔离开关96QS、电阻192R和电容198C组成。其中191R与197C、192R与198C是为了抑止97KE或98KE动作线圈两端因接地故障引起的尖峰过电压而设置的。95QS和96QS的作用在于当接地故障不能排除,但仍需维持故障运行时,通过将其置故障位,使接地保护系统与主电路隔离,接地继电器不再动作而跳主断路器。此时,195R或196R与主电路相连,接地电流经此流至“地”。

七、设备代号流水数字与线号的编制说明

设备的代号由二部分组成,即流水数字和文字符号。其中,文字符号全面执行GB7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》中的规定;主电路设备代号中的流水数字的编制原则是以十位数字来划分的,划分的原则如下:

1. 十位数字为“0”,代表机车原边电路上的设备。
2. 十位数字为“1”,代表机车第一位电机支路上的设备。
3. 十位数字为“2”,代表机车第二位电机支路上的设备。
4. 十位数字为“3”或“4”,分别代表机车第三、四位电机支路上的设备。
5. 十位数字为“7”或“8”,分别代表机车第一、二转向架上的次边绕组和整流器上的设备。
6. 十位数字为“9”,分别代表机车励磁绕组、励磁整流器和主接地上的设备。
7. PFC电路上的设备无以上规则。

主电路上的设备代号、名称、型号及规格见附表一。

主电路导线的线号编制,基本上采用上述规则,除与电子柜接口导线线号全部采用四位数字(千位数字为“1”)外,其余导线线号为1~199。

第二章 辅助电路

SS4改进型电力机车辅助电路系统采用传统的单一三相供电系统，辅机均采用三相异步电动机拖动。电源来自主变压器的辅助绕组 $a_6-b_6-x_6$ ，其中 a_6-x_6 的额定电压为 399.86V， b_6-x_6 的额定电压为 226V。单相交流电源从 a_6-x_6 经库用转换刀开关 235QS 至导线 201、202 给各辅机及窗加热、取暖设备供电。机车在库内可通过辅助电路库用插座 294XS 引入 380V 单相或三相电源，将 235QS 投向库用位，辅助电路设备即可由库内电源供电。SS4改进型电力机车辅助电路原理图见附图二。

一、单一三相供电系统

(一) 劈相机分相起动

SS4改进型电力机车采用与SS4机车相同的劈相机，型号为 YPX2—280M—4，380V，34kVA。劈相机的运转与停止通过其相应的接触器 201KM 控制。劈相机是单相电动机与三相发电机的组合，起动时必须在第二电动相绕组与发电相绕组间接入起动电阻 263R 进行分相起动，起动电阻的接通与开断由接触器 213KM 来执行。由劈相机起动继电器 283AK 监测起动过程并控制起动电阻回路的开断，283AK 的工作电源 (DC110V) 从导线 531 经 533KT 常开联锁由导线 281 引入。当按下劈相机按键开关后，接触器 213KM 闭合，起动电阻投入，210KM 闭合，劈相机开始起动，这时劈相机起动继电器监测劈相机发电相电压（由导线 279、280 引入）来间接反映劈相机的转速：当劈相机转速达到约 0.9 n_H ，也即 283AK 测得其发电相电压接近于比较电压（额定网压下，该电压值为 220V，由导线 202、206 引入）时，283AK 动作，其常开联锁闭合，导线 561、568 连通，则劈相机起动中间继电器 566KA 得电，使 213KM 及劈相机起动延时时间继电器 533KT 失电，213KM 主触头打开，开断了起动电阻（263R）回路，劈相机起动完成。同时，533KT 常开联锁开断了导线 531 与 281 通路，使 283AK 失去工作电源处于闭置状态。劈相机起动电阻有三个抽头，即备有两组，当一组烧损可换另一组使用，此时只须把导线 232 换接至另一抽头即可。当起动电阻均不能用时，亦可将闸刀开关 296QS 倒向 253C 改用电容分相起动。

(二) 通风机电动机电容分相起动

第一台牵引通风机电机 3MA 的电容分相起动电路是为劈相机发生故障而特设的电路。在机车运行中，劈相机一旦发生故障，为保证其它辅机继续工作，即可切除劈相机，而以起动电容 253C 对风机电机 3MA 直接进行分相起动。这时要把劈相机故障转换开关 242QS 打向“1FD”位，即把 283AK 监测劈相机发电相电压的引入线转接到 3MA 的第三相上，同时必须把闸刀开关 296QS 倒向起动电容位（因起动电阻不能起动通风机）。起动过程由起动继电器 283AK 控制，起动完成后 283AK 常开联锁闭合，使 213KM 线圈失电，其主触头打开，切除起

动电容。在网压不低于22kV时，即可投入其它辅机运行。在运用3MA替代劈相机作电容分相起动时，司机操纵与使用劈相机时相同，由于两节车的辅助电路未重联，因此可以一节车做劈相机电阻分相起动，另一节车（劈相机故障）做3MA电容分相起动。

二、三相负载电路

当劈相机起动完毕后，辅助回路导线201、202、203即可提供三相不对称电源，这时，各辅机可依次投入工作。

SS4改进型电力机车三相负载有：压缩机电动机2MA（YFD—280S—6，37kW）一台，牵引通风机电机3、4MA（YFD—280S—4，37kW）二台，制动风机电动机5、6MA（JD305或YZF200—L—2，30kW）二台，变压器风机电动机7MA（JBT—61，14kW）一台，变压器油泵8MA（QB—80/20，10kW）一台。各辅助电动机均通过其相对应的交流接触器203KM~212KM进行分合控制。为了改善劈相机供电系统的三相电源对称性，在3~5MA电动机的D₂、D₃之间接入移相电容247~252C，随电动机作负载投入而投入。

各辅机接触器选用3TB系列三相交流接触器，除变压器风机接触器211KM及油泵接触器212KM选用额定工作电流75A外，其余接触器均选用额定工作电流170A。3TB系列接触器为引进西门子公司的新产品，其操作系统是纯直流控制，结构简单，无CJ20型交流接触器的串联电阻和CJ8Z型交流接触器的双线圈结构，故没有并联常闭操作辅助联锁，可确保机械寿命，提高可靠性。

235QS为库用转换刀开关，机车在电网下，235QS倒向“运行”位，则主变压器辅助绕组 α_0-x_0 通过导线204、205经235QS与导线201、202连接，从而给辅助电路提供380V单相电源。若机车处在库内时，235QS须倒向“库用”位，此时可使用的库内电源有两种：

1. 库内三相电源

一般在机务段内不起劈相机，直接起动辅机时使用。把库内三相电源接到库用插座294XS的207、208、209三点上，通过235QS及导线203与209之间的连接母线直接为辅助电路提供三相电源。

2. 库内单相电源

仅在制造厂或大修厂库内电源容量大时使用。单相电源送至库用插座294XS的207、208两点上（为插座上部两点位置），经235QS给辅助电路提供单相电源，此时须使用劈相机实现单一三相供电系统。若只使用库内单相电源，也可拆开导线203与209之间的连接母线，这样做有两个目的：一是从安全角度考虑，使库用插座上的第三点（209点）不带电；二是若电源线误接至接点208、209上时，避免劈相机不能正常起动而受损。

三、单相负载电路

（一）380V单相负载电路

由导线201、202供电，一路经自动开关232QA至导线264给窗加热玻璃273EH、274EH提供380V单相交流电源；另一路经自动开关233QA至导线给壁炉及脚炉提供单相380V电源。243QS为窗加热开关，245QS为取暖开关，共有三个位置：中间“0”位为关断，

“1”位为脚炉、壁炉同时开，“2”位为开通壁炉，关断脚炉。自动开关232QA、233QA分别作电路的过载保护用。

（二）220V单相负载电路

该电路负载包括司机室空调及热饭电炉。该220V电源取自导线202、206，一路经转换开关240QS、空调稳压器278AS供空调机280EV使用，自动开关230QA作该电路的过载保护；另一路经转换开关238QS至220V电源插座292XS，该插座亦可供热饭电炉使用，自动开关229QA作该电路的过载保护。中间继电器284KE所起作用：机车在电网下时，连通导线206—b₀而接通220V电路回路；机车在使用库内电源时，连通导线206—200（地线），使机车在库内亦可获得220V电源。

四、保护电路

（一）零压保护

零压保护是接触网供电的失压保护，由接在主变压器绕组 a_0-x_0 两端的零压变压器281TC、电阻261R、整流装置290U、电容256C及零压时间继电器286KT组成。当电网正常供电时，286KT吸合；当电网失压时286KT失电动作，其常闭联锁闭合，经563KA零压中间继电器将接通主断路器的分闸电路，并显示信号。因电网失压后，变压器辅助绕组两端电压不是突变至零，而是随时间衰减的，所以在此电路中串有二个稳压管，截压50V，主要作用是使零压时间继电器286KT在电网失压后能在2秒的时间内动作，以达到保护的准确性及必要性（供电网故障重合闸为2秒），排除电网失电后重合闸时劈相机处于单相堵转合闸及短暂脱弓乱跳闸。在稳压管两端并接有电容256C，其作用主要是在零压时间继电器286KT吸合过程中，在286KT常闭联锁打开的瞬间，利用电容的反突变特性，使加在286KT线圈上的电压有一衰减过程（使286KT吸合的电流不是突然变小，而是随时间衰减）。所以并接电容256C的目的就是为了帮助零压时间继电器能可靠吸合，避免在此过程中出现“打摆子”现象。

零压保护电路同时还起到保护阀287YV的交流保护作用，即保护阀287YV由二路送电：一路从控制电路电源线531经主电路入库转换开关20QP、50QP联锁，车顶门行程开关297QP联锁送至287YV线圈；另一路由零压保护电路给287YV供电，由此构成保护阀的双电源送电状态。即使出现控制电路切断而机车高压供电依然存在的情况，287YV仍得电，门联锁锁闭，各室门打不开，达到确保人身安全的目的。

（二）接地保护

在变压器辅助绕组 x_0 与地之间设有辅助电路接地保护电路。这个系统由辅接地继电器85KE、整流元件291U、限流电阻262R、电容257C、辅接地故障开关237QS组成。辅接地保护属有源保护装置，支路经110V控制电源后接地。当辅助电路某点接地时，辅接地保护系统形成回路，285KE动作吸合，其辅助联锁使主断路器分闸线圈得电跳闸，司机台辅接地信号显示。此时285KE常闭联锁开断，回路串入电阻262R以免出现大电流而烧损接地继电器。同时经由285KE自身联锁和恢复中间继电器562KA联锁接通“自锁”回路，保持信号记忆。故障解除后，借助主断路器合闸操作，562KA常闭联锁断开使285KE恢复。在限流电阻262R两端并接电容257C的目的是为了使285KE动作时能可靠吸合，以提高保护系统

的可靠性。

237QS是辅接地保护故障隔离开关，若确定辅助电路有一点接地且不能排除时，可切断保护电路，使机车作故障运行，此时要求司机严密监视各辅机工作状态，确保安全。

(三) 辅机过载保护

SS4改进型机车辅机过载保护采用电子式辅机过流保护装置。当出现辅机单相、短路、堵转等情况引起过流时，由装置的电流互感器检测电流信号，经保护电子控制插板的电路作用，短路故障不超过0.5s，单相堵转过载不超过3s，则装置内相应的中间继电器吸合动作，由继电器联锁切断相应过流的辅机接触器线圈电源，使接触器分断。若接触器一旦发生故障无法分断，则辅机继续过流，再经过3s的延时，保护装置接通主断路器分闸线圈，使主断路器跳闸执行二次保护措施。由于电子式辅机过流保护装置设有一次保护跳接触器，二次保护跳主断的执行功能，因此在辅机发生故障过流时，能可靠动作，具备阻止辅机故障扩大的能力。因一次保护是跳接触器，当发生短路故障时，接触器就将开断短路电流，而这种大电流的开断可能使接触器主触头烧损，甚至造成触头烧焊，所以机车在运行中发生辅机过流并执行保护功能后，在机车回段入库时需检查相应接触器的状况，若无损坏则可继续使用。

(四) 过电压保护

采用跨接在辅助绕组 a_1-x_1 两端间的R—C过电压保护电路，由电阻(260R)、电容(255C)组成，吸收过电压。

(五) 过电流保护

辅助电路过电流保护采用电流继电器282KC。在辅助绕组短路或其它原因造成辅助电路短路，其电流超过2800A时，282KC吸合动作使机车主断路器分闸，并显示辅助过流信号。

五、设备代号及线号

1. SS4改进型电力机车辅助电路设备代号分两部分，即流水号与文字符号相结合。前部为阿拉伯数字流水号，后部为英文符号。

2. 辅助电路线号及设备代号的流水数码部分均为“2”字头的3位数流水号；线号“200”为地线，与机车车体连通。

第三章 控 制 电 路

SS4改进型电力机车的控制电路可分为：有接点控制电路和无接点控制电路两部分。本章只详细介绍有接点控制电路的控制原理和工作过程。以下所提控制电路均指有接点控制电路。

SS4改进型机车的控制电路由起不同作用的各种控制环节组成。它可分为如下几部分：

1. 控制电源：直流110V稳压控制电源及其配电电路。
2. 整备（预备）控制电路：完成机车动车前的所有操作过程。
3. 调速控制电路：完成机车的动车控制，即起动、加速、减速。
4. 机车内部状态的信号控制电路：完成机车整车或某些部件的工作状态的显示。
5. 照明控制电路：完成机车的内外照明及标志显示。

一、控制电源

机车上的110V控制电源是由110V电源柜及蓄电池组构成。通常运行情况下两者并联为机车提供稳定的110V电源；在降弓情况下，蓄电池供机车作低压试验和照明用；在运行中电源柜故障情况下，蓄电池作维持机车故障运行的控制电源。

110V电源柜具有恒压、限流的特点，输出电压稳定在 $110\text{V} \pm 5\%$ ，输出电流即使在短路情况下也被限制在 $55\text{A} \pm 10\%$ （此时不再稳压）。电源柜的主要技术数据如下：

输入电源	 $396\text{V} \begin{smallmatrix} +25\% \\ -30\% \end{smallmatrix}$	单相交流50Hz
输出额定电压	直流 $110\text{V} \pm 5\%$ （与蓄电池并联运行）	
输出额定电流	直流50A	
限流保护整定值	 $55\text{A} \pm 10\%$	
静态电压脉动有效值	 $<5\text{V}$ （与蓄电池并联运行）	
（一）基本构成（图3—1）		

本屏柜分高低两部分。低柜的上方安装机车的电子控制柜，如双点划线所示部分。低柜内上层装有晶闸管整流桥 $V_1 \sim V_4$ 及 V_5 ，整流桥的后面是阻容板及晶闸管的触发装置KBC、KBR、 C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2 、 C_3 、 C_4 、1MB、2MB。低柜下层装有电源变压器670TC，电抗器671L。高柜顶端是该柜对外连线的两个20芯插座63XS、65XS。高柜内上层是电子控制箱及其双风扇机，电子控制箱中装有四块插件及一个A、B组转换开关，其中两块是110V电源的“稳压触发”插件，二块是“电源”插件（即110V变48V、24V、 $\pm 15\text{V}$ ）。中层的开关板上装有电压表650PV，电流表640PA，照明灯泡497EL，小开关676SB，全车的110V控制电路自动开关，交流的取暖、窗加热、空调、电炉的自动开关。这些自动开关均为自动脱扣手动恢复，自动开关型号为TH—55B，其自动开关的负载支路名称及整定值见附图三。开关板