
日本新干线的制动系统

内田 清五 (日) 著

陈贺 李毅 杨弘 译



2003 年

编译者序

世界闻名的高速铁路—新干线，是日本铁路技术的骄傲。作为日本陆地交通运输网的支柱，现在已成为日本人生活中不可缺少的一部分。新干线电车以持续不断地进行各种新技术的研究和开发为基础，保持了近 40 年的无旅客死亡事故、无重大脱轨颠覆事故的安全记录，这一成果无疑是十分令世人瞩目的。在支持这一成果的各种先进技术中，新干线的制动系统可以说是功不可没。

他山之石可以攻玉。我国目前正在进行高速铁道的建设，学习和吸收世界各国铁路的先进技术经验，对更快更好地推进我国铁道高速化进程，无疑是具有重大意义。日本铁道综合技术研究所的内田清五先生的《日本新干线的制动系统》一书，是他本人多年从事新干线制动系统的开发、试验、研究工作的经验总结。此书从理论和实践两方面，比较全面系统地介绍了新干线制动系统的技术开发和研究方法，使我们能对新干线的制动系统有一个比较全面的了解。现在，承蒙内田清五先生的好意，使我们有幸将此书介绍给我国的读者，相信此书能对读者有所帮助。在此对内田清五先生深表感谢。同时对此书的出版发行给予大力支持和帮助的出版社的各位以及对本书全文进行了校阅的张淑静女士深表感谢。

本书的第 1-4、9-11 章由陈贺翻译，第 5-8 章由李毅、杨弘翻译。

陈 贺 工学硕士

TSC(株) 取缔役 开发部 部长、大连铁道学院 客座教授

李 毅 长春轨道客车股份有限公司设计二处 教授级高工

杨 弘 长春轨道客车股份有限公司设计一处 教授级高工
大连铁道学院 客座教授

原文序

新干线是世界上第一条超过 200km/h 的高速铁道，至今已经历了近 40 年的岁月。在这期间里，新干线保持了无旅客死亡事故的记录，其安全性是值得骄傲于世界的。新干线的制动系统可以说是新干线安全性的一大支柱。它从设计初期开始，就以故障导向安全(fail-safe)这一自动防止故障原则为基础来构筑的，因而保持了极高的系统安全性。

新干线的运行速度，由开通当初的 210km/h 到东北新干线 200 系的 240km/h，而后 1992 年 JR 东海 300 系提高到 270km/h，到 1997 年 JR 西日本的 500 系新干线列车，已经达到了 300km/h 的高速领域，新干线的最高速度在稳步地提高。在此期间进行的各种制动相关技术的研究开发和改进，对速度的提高作出了重大贡献。

在此，铁道综合技术研究所的内田清五君执笔的「新干线的制动系统」，是著者通过 25 年从事新干线制动系统的开发、试验、研究工作中总结出来的知识和经验的汇集。从技术传承的观点看是十分有意义的事情。我们确信今后从事该领域工作的技术人员能够从中得到很多有益的启发和帮助。衷心地希望本书能得到有效地利用。

野村 义夫 (原 神奈川工大 教授 原 铁道技术研究所)

大山 中夫 (光洋精机(株) 原 铁道综合技术研究所)

目录

第1章 前言

第2章 制动方式和种类

- 2.1 铁道车辆制动的基本思想
- 2.2 制动方式
- 2.3 制动的种类
- 2.4 制动模式
- 2.5 相关法规
- 2.6 新干线开通前的开发研究

第3章 制动控制回路

- 3.1 控制回路符号
- 3.2 制动指令
- 3.3 速度控制
- 3.4 空气压力控制
- 3.5 监控电路

第4章 粘着

- 4.1 粘着与制动控制
- 4.2 轮轨间的粘着力
- 4.3 微观滑动时的粘着力
- 4.4 宏观滑动时的粘着力
- 4.5 动载荷与粘着力
- 4.6 实际车辆的粘着力
- 4.7 增粘方法
- 4.8 关于粘着研究的历史

第5章 滑行控制

- 5.1 滑行和踏面擦伤的产生
- 5.2 防滑器
- 5.3 滑行检测
- 5.4 防滑控制装置的效果

第6章 制动设备

- 6.1 设备的分类
- 6.2 设备的结构

第7章 电制动

- 7.1 电制动的种类
- 7.2 主电动机
- 7.3 直流电动机
- 7.4 感应电动机
- 7.5 涡流制动
- 7.6 电阻制动和再生制动的特点
- 7.7 电制动的展望

第8章 机械制动

- 8.1 摩擦力的产生
- 8.2 基础制动装置
- 8.3 制动盘
- 8.4 闸瓦(片)
- 8.5 制动特性
- 8.6 关于摩擦材料的标准

第9章 制动性能评价

- 9.1 试验计划和条件设定
- 9.2 试验台试验
- 9.3 现车试验

第10章 技术开发

- 10.1 最近的技术开发
- 10.2 增粘研究
- 10.3 粘着力的有效利用
- 10.4 轻量化研究
- 10.5 非粘着制动的应用
- 10.6 列车的高密度化
- 10.7 电制动的有效利用

第11章 结束语

第 1 章 前言

1957 年,作为铁道技术研究所成立 50 周年纪念活动之一,发表了题为“超特急列车东京~大阪间 3 小时运行可行性”的研究报告。以此为契机,进行了新干线电车各种设备的研究和开发,并经过在试验线上的确认试验之后,于 1964 年,在东京和新大阪间开始了新干线的营业运行。

使用钢轮在钢轨上运行的铁道车辆,具有运行阻力小、能量消费少的优点。但同时在牵引或制动时,如加以过大的力则会因车轮产生空转或滑行,反而不能得到预期的牵引力或制动力。为此要根据速度、气候、乘车率等条件对制动力加以控制。新干线电车考虑了各种运行条件,根据与变化的轮轨间粘着力相适应的减速模式来控制制动力。同时还具有在列车分离、设备故障的情况下也能尽快地使列车停止的控制机构。

东海道新干线开通时使用的 0 系电车,采用的是电磁直通空气制动方式。这是由空气压力传递制动信号的模拟式指令方式。以后,自 1982 年开通的东北、上越新干线上使用的 200 系电车起,开始采用了电气指令方式。这是用若干从头车开始贯通全列车的导线,来传递制动信号的数字式指令方式。

另外,接受制动指令后实际产生制动力的装置,有机械式制动和电气式制动两种。机械制动是靠闸片夹紧制动盘而产生摩擦力的方式,电制动是利用将主牵引电动机转变为发电机进行发电而产生制动作用的方式。近年来,对机械式制动开发了具有更高热容量的摩擦材料,对电制动将其改进为使发生的电力返送回电网的电力再生制动方式。此外,还不断地进行着安全性、舒适性、操作性、高速化、响应性的改善、部件的轻量化、减少磨损部件的维修量、采用微处理器进行精密制动控制等方面的改进和开发。现在,营业车辆的最高速度是 500 系新干线的 300 km/h,它使东京至博多间 1069 km 距离的运行时间压缩到大约 5 小时。当然,这是在确认了制动系统性能的基础上进行的。现在,世界上高速铁路的营业运行最高速度是 500 系新干线和法国 TGV 的 300 km/h,试验最高速度是 1990 年由 TGV 创造的 515 km/h。

表 1.1 与制动有关的铁道历史

年代	内容
1730-	矿山铁道的手制动 (英)
1860	蒸汽制动 (英:仅机车具有制动装置)
1844	真空制动 (英)
1869	空气制动(英)
1872	新桥—横浜铁道开通(初期仅有手制动)
1878	速度 96 km/h 制动距离 183 m
1886	从英国输入真空制动
1879	三通阀开发(美)
1904	最早的电车运行(直通空气制动)
1906	铁道国有化
1920-1931	全面空气制动化(K 三通阀)
1945	电磁自动空气制动
1955	电阻制动
1964	新干线开通(电磁直通空气制动、电阻制动和盘型制动)
1970	电气指令式
1987	国有铁道民营分割化
1997	500 系新干线开通(最高速度 300 km/h 营业运行)

第 2 章 制动方式和种类

2.1 铁道车辆制动的基本思想

为了列车运行的安全,要求铁道车辆制动系统能够在需要时,及时并且反复地提供必要的制动力。另外还要求即使在制动设备发生故障或功能劣化时也必须保证制动作用,即要求制动系统应具有高度的可靠性。为此在制动系统的研究开发中必须考虑如下事项(图 2.1)。

安全和可靠性

采用发生故障时,向安全方向动作的故障导向安全机构(fail-safe)。

进行非熟练者也能可靠地实施其功能的防止误操作设计(fool-proof)。

保证列车的顺利运行

为确保正点运行,具有在需要时能够精确地提供所需制动力的能力。

要防止由于各车辆因制动力的不同而发生的纵向冲动和因轮轨间的粘着力不足而发生的车轮踏面擦伤等原因引起的平稳性恶化及对车轴等车辆部件产生附加应力的问题。

新技术的采用

减少维修工作量,如尽量减少磨耗部件,开发在发生故障时能够进行自检的自诊断功能等。

制动部件的改进和集成,实现小型轻量化。

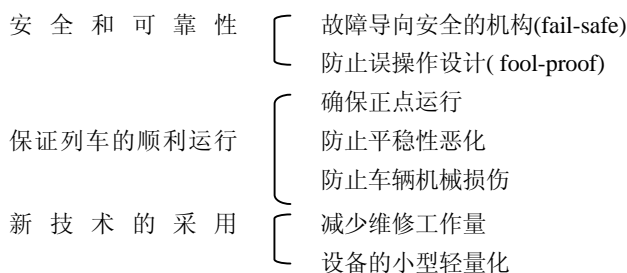


图 2.1 制动系统设计原则

2.2 制动方式

轮轨式铁道车辆的制动方式有利用轮轨间粘着力的粘着方式和不依靠粘着力的非粘着方式。现在新干线运用车辆使用的制动是粘着方式,非粘着方式现还处于开发研究阶段。粘着力随速度的提高而降低,故今后提高速度时要考虑灵活地采用非粘着制动方式。无论何种方式,都必须具有把运行列车的动能转换为电能或热能,并将其消耗掉的能力。(图 2.2)

2.3 制动的种类

(1) 常用制动

是由从列车的司机室通过 7 根贯通全列车的制动指令线连接到各车辆,使指令线顺序地得电(DC100V),向各车辆发出从 B1 到 B7 的 7 个级别制动指令。

(2) 非常制动

是通过一根从列车的司机室开始贯通全列车的常时得电(DC100V)指令线与各车辆相连接,当此指令线失电或电压降低时,视为非常制动指令,其制动力为常用最大制动 B7 级制动力的 1.4~1.5 倍。东海道、山阳新干线车辆的非常制动为 B7 级的 1.4 倍,而东北、上越新干线因为主要在降雪较多的地区运行,所以 B7 级的减速度设定值较小,作为补偿则非常制动力设为 B7 级的

1.5 倍。

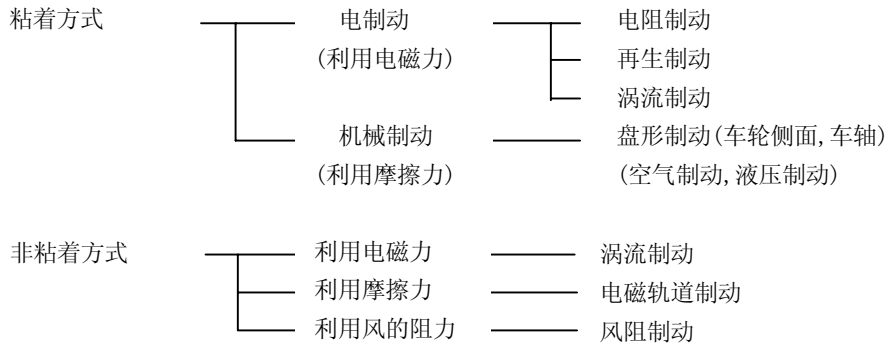


图 2.2 新干线电车的制动方式

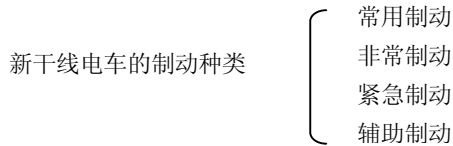


图 2.3 新干线电车的制动种类

表 2.1 新干线电车的制动方式

形式	开始运营年	利用电磁力			利用摩擦力	
		电阻制动	再生制动	涡流制动	轮盘	轴盘
0 系	1964	o			o	
200 系	1982	o			o	
100 系	1985	o		o	o	
400 系	1992	o			o	
300 系	1992		o	o	o	
E1 系	1994		o		o	O
E2 系	1997		o		o	O
E3 系	1997		o		o	O
E4 系	1997		o		o	O
500 系	1997		o		o	
700 系	1999		o	o	o	

(3) 紧急制动

紧急制动电路是从头车开始经由最后一辆尾车再返回到头车的一对贯通全列车的往复电气回路,其返回后的最末端与 JTR 继电器相连接。所有车辆在此回路上均串联有触点。在正常情况下由头车给 JTR 通电(DC100V)使其励磁,当编组中的任一车辆发生故障时,该车辆的紧急制动电磁阀动作,同时触点断开、JTR 消磁,使全列车产生非常制动作用。在列车分离时,JTR 消磁,产生紧急制动作用。紧急制动的这种由列车上的一对往复线和 JTR 组成的结构,具有能在紧急时确保制动作用可靠实施的功能。

(4) 备用制动

当常用制动电路或各车辆中的制动控制装置发生故障,不能实施常用制动时,可以通过备用制动指令线,利用头车制动控制器产生的交流模拟电压信号,直接控制电空转换阀,使车辆产生制

动作用。

(5) 其它

● 救援制动装置

是当制动方式不同的车辆编挂在一起运行时（如 0 系的空气指令制动方式和 700 系的电气指令制动方式）使用的装置,它主要是让在干线上不能运行的故障列车读取救援列车的制动信号,也就是向不同制动方式的被救援列车发送制动指令的装置。

● 止轮器

止轮器的作用是在编组列车停放时,将其放在头车的轮轨之间,以防止车轮转动。

2.4 制动模式

因为高速运行的新干线列车具有速度提高、轮轨间粘着力降低的特性,所以为了得到与粘着特性相适应的制动力,新干线列车采用了根据速度的大小而使用不同减速度（制动力）的制动模式。

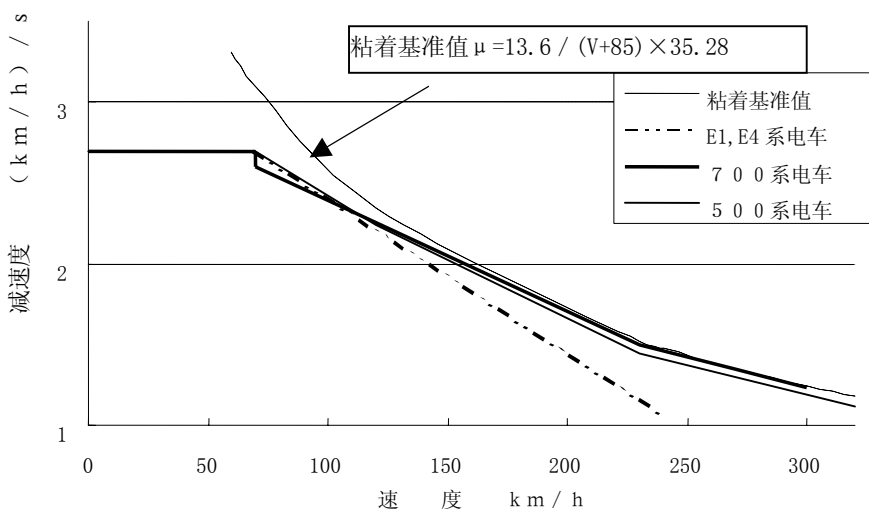


图 2.4 粘着基准值和设定减速度（B7:未考虑运行阻力）

图 2.4 是考虑了轮轨间粘着力力的 B7 级减速方式。图中表示了制动作用后,随着速度的降低使减速度加大的控制过程。图中所示的数值是用轮轨粘着力换算后的减速度值。实际列车的减速度因为要考虑到运行阻力的影响,其值会稍大一些。

2.5 相关法规

新干线电车的制动系统是保证安全的最重要装置。因而用法规的形式,对于控制全列车制动动作的贯通制动、车辆分离后的自动制动等安全方面问题和制动装置的减速（制动力）能力及定期检查等都作出了明确的规定。

(1) 全国新干线铁道整备法（昭和 45 年 5 月 18 日法律第 71 号 摘要）

第 2 条 在本法律中,新干线铁道是指在主要区间内,列车能以每小时 200 公里以上速度运行的干线铁道。

(2) 新干线铁道结构规则（昭和 39 年 9 月 30 日运输省令第 70 号 摘要）

第 2 条 本省令用语的定义如下。

6. [车辆]是指机车、旅客用电车、货车以及特殊车（轨道试验车、钢轨探伤车、钢轨研削车、电气试验车以及事故救援车）。

第 54 条 在车辆上必须设置具有下列贯通全列的制动装置。

1. 作用于全列所有车辆的装置。
2. 编组列车分离时能够自动制动的装置。

第 55 条 贯通制动的减速度在平直线路上必须达到下表所示的数值。

最高速度超过 110km/h 的车辆

列车速度 km/h	减速度 (km/h)/s
大于 160	1.9
大于 110 到小于 160	2.5
大于 70 到小于 110	3.1
70 以下	3.4

2.前项的数值,对于机车为运转整備后的状态,对机车以外的车辆为空车状态。

(3) 新干线铁道运转规则（昭和 39 年 9 月 30 日运输省令第 71 号摘要）

第 27 条 车辆及准车辆,必须保持能够安全运转的状态。

第 30 条 对于电车,必须按下列规定进行定期检查。

1. 该车辆运行在达到 30 天或运行距离达到 3 万公里(二者中以先达到的为准),对车辆状态及功能进行检查
2. 该车辆运行在达到 1 年或运行距离达到 45 万公里(二者中以先达到的为准),对主电动机、动力传动装置、走行装置、弹簧装置及制动装置的主要部分进行检查*
3. 该车辆运行在达到 3 年或运行距离达到 90 万公里(二者中以先达到的为准),对电车的主要部分拆卸进行全面检查**

图 2.5 是 700 系新干线的 EB 级设定减速度的示例。

[新干线的相关法规]

全国新干线铁道整備法（新干线的定义等）

新干线铁道结构规则（制动减速度的规定等）

新干线铁道运转规则（定期检查等）

*（最近的检查周期延长提案）在本规则的转向架检查项目中,将新干线开通当初省令的 1 年或 45 万公里改为国铁规则的 1 年或 24 万公里。其后由于在 1971 年-1972 年进行了车辆体质改善工程,改为 1 年或 30 万公里。现在的规则由平成 3 年（1991 年）开始实施。目前正在进行 1.5 年或 60 万公里的检查周期延长提案的研探。

**（最近的检查周期延长提案）本规则在新干线开通初期作为国铁规则将省令的 2 年或 90 万公里改为 2 年或 72 万公里。其后由于在 1971 年-1972 年进行了车辆体质改善工程,改为 2.5 年或 90 万公里。现在的规则由昭和 60 年（1985 年）开始实施。目前正在进行 3 年或 120 万公里的检查周期延长案的研讨。

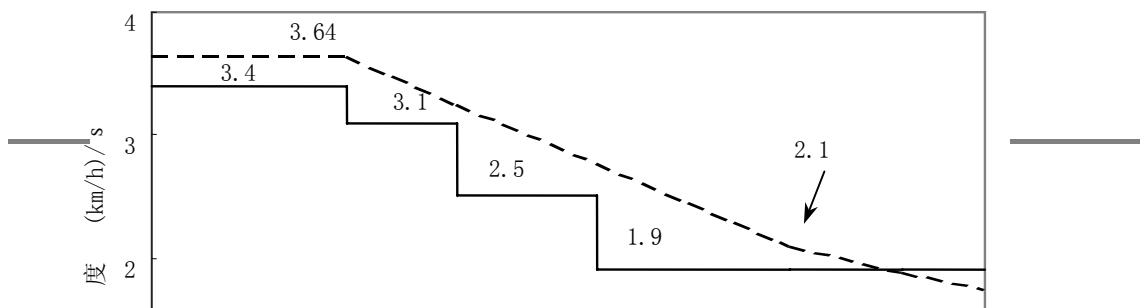


图 2.5 新干线铁道结构规则与 EB 级设定减速度(700 系)

2.6 新干线开通前的开发研究

从 1957 年铁道技术研究所成立 50 周年纪念活动的报告会开始到新干线开始运营的期间内,在研究所内进行了制动系统各部件的研究开发和试验线试验。从 1962 年开始约 2 年时间,使用 A 编组(2 辆)、B 编组(4 辆)、C 编组(6 辆)试验车,在鸭宫试验线(小田原市:12 公里)进行了包括制动性能在内的确认试验,并进行了前所未有的高速运行试验,最高速度达到 256km/h。

东北、上越新干线开通时,在小山试验线等地,使用 961 型、962 型(以后的 952-S2 列车)批量生产的首批车辆及 200 系新干线电车,从 1978 年起的约 4 年时间,进行了模拟积雪运行时的粘着状态、模拟上越线新干线连续坡道的制动试验及 240km/h 速度的运行试验等有关试验。在此期间内,961 型试验电车创造了最高试验速度 319km/h 的新记录。

以下是[东海道新干线试验研究]中的摘录。

(1) 开发概要

因为新干线列车是电动车组,所以它以利用粘着力的电制动和摩擦制动为基础。因粘着制动力受粘着极限的限制,按以往速度范围内的实测值来分析,具有随速度提高而降低的趋势,但在当时对速度 200km/h 以上的粘着值还不清楚。因此认为在高速低粘着时,有必要使用风阻制动或电磁轨道制动,所以对非粘着制动也进行了研究。

因为制动的初速度增加 1 倍,制动能量将增加到原来的 4 倍,所以在各种制约条件中确保安全的制动能力是很重要的。因而需要进行电动机过负荷极限、摩擦材料的选择和改进的研究,以得到确保安全制动力的设计基础资料。

(2) 粘着极限

为了测量车轮与钢轨之间的粘着力,我们研制了高速旋转式的模拟粘着力试验机(图 2.6)。通过模拟试验,明确了粘着力的下列特性。

- 低速时,不论是干燥还是湿润轨面,粘着力几乎相同。
- 速度提高后,在干燥条件下粘着力几乎不变。
- 从湿润条件转变到干燥条件之间,粘着力

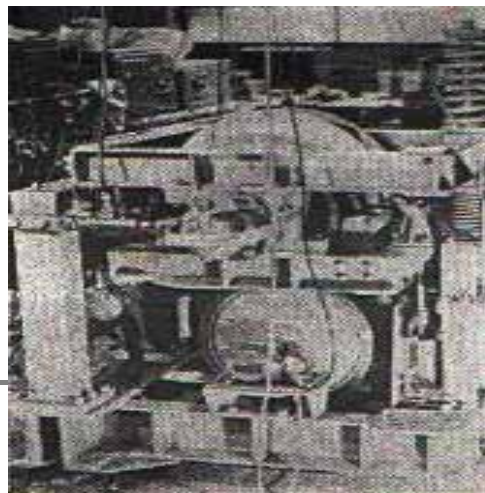


图 2.6 模拟粘着力试验装置

存在极小值。

- 在水中混入异物时粘着力增大。
- 因表面状态、形状的不同,粘着力有明显的变化,特别是随表面凹凸的增加而增大。
- 无论是干燥或湿润,虽然绝对值不同,但粘着力都随滑动率的增加而增大,并趋向饱和。

特别是因为明确了粘着力受接触面的状态、形状及中介物的影响较大,所以还使用了状态与现车极为相似的模拟试验机进行定量分析。

(3) 盘型制动

当时,盘型制动使用的最高速度是 100~110km/h,经常发生摩擦面的热龟裂、由热应力反复作用引起的结构部分裂纹及由于安装不良而引起的损坏、脱落等问题。

但经过分析认为,新干线电车在初速度 200km/h、轮重 5.3t、1 轴设 2 个制动盘、减速度为 4.0(km/h)/s 的条件下,通过与电制动的配合,上述问题是可以解决的。为此,我们反复地进行了耐高速性能、防止摩擦面热龟裂产生和扩大的材质、防止由于温度反复上升引起的热变形所造成的破坏而进行的结构改进和提高散热能力等试验。

(4) 闸瓦制动

闸瓦制动,需要考虑可靠性、经济性、踏面的磨耗、热裂纹及过热等问题。在速度 160 km/h 的条件下,车轮温度升到 150℃以上时,轮心与轮缘的温度差为 60~70℃,因此我们使用了整体车轮和小型磨耗片以防止偏磨,进行了分散摩擦热、改进摩擦系数特性、减少磨耗、防止踏面产生高温斑点等使用极限的研究。

图 2.7 为高速车辆用制动闸瓦(片)试验装置。

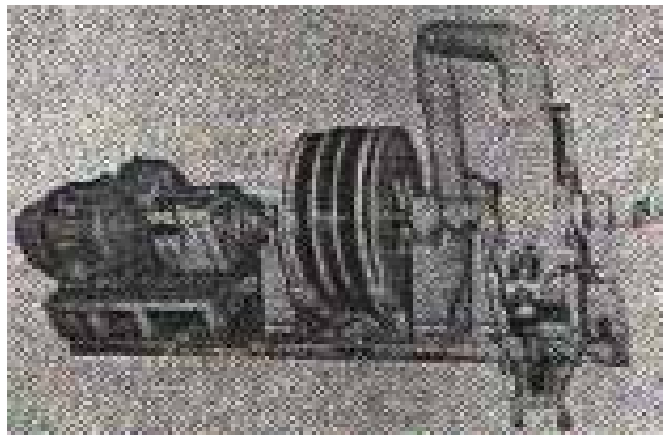


图 2.7 高速车辆用制动闸瓦(片)试验装置

(5) 摩擦材料

对过去使用的石棉树脂系、无石棉合成闸瓦、粉末冶金(铁系及铜系)这几种闸瓦材料进行了基础研究。明确了各种材料的摩擦系数随速度上升的变化具有如下趋势:合成闸瓦的摩擦系数随速度升高而缓慢降低;铁系粉末冶金闸瓦的摩擦系数随速度升高而急剧减小;铜系粉末冶金闸瓦的摩擦系数几乎不随速度的变化而变化。另外,关于磨耗量的情况是:对于合成闸瓦,当温度升到 150℃以上时激增;对于铁系粉末冶金闸瓦,是随速度的上升而增加,当速度在 160km/h 左右时是合成闸瓦的 6 倍;对于铜系粉末冶金闸瓦,不随速度的变化而变化。

关于制动盘材料的研究我们得到了如下结论:

- ① 由于单体石墨的摩擦性能良好,故铸铁盘比钢盘的摩擦性能好。
- ② 为提高耐磨性能,摩擦面材料应为球光体(parlite)。
- ③ 铁素体(ferrite)是产生波状磨耗及附着的原因。
- ④ 单体碳化物(cementite)导致不均匀磨耗。
- ⑤ 含磷量高会产生条痕,应降低其含量。

为进一步提高速度,还研究了特殊钢盘和金属闸瓦。

(6) 电制动

电制动受电机功率的限制,故为得到所要的减速度必须与摩擦制动一起使用。另外研究表明,为了使电机工作稳定和防止高速过热,整个磁路均采用层叠铁芯,磁轭也采用层叠铁芯是行之有效的方法。

(7) 轨道制动

对电磁轨道制动,确认了涡流制动的效果。

- ① 在钢轨长方向上配置电磁铁的 N、S 极比在钢轨宽度方向上配置时制动力大。
- ② 在钢轨宽度方向配置电磁铁时,制动力与电磁铁的长成正比。
- ③ 在钢轨长方向配置电磁铁时,制动力随 N、S 极间距的变化而变化。具有极间距增大制动力也增大的趋势。
- ④ 制动力大致与电磁铁磁感应强度的平方成正比。
- ⑤ 磁感应强度一定时,速度提高,制动力不变。

进而证明了上述变化与磁感应强度及集肤效应有关。

图 2.8 为模拟电磁轨道制动试验装置。



图 2.8 模拟电磁轨道制动试验

(8) 风阻制动

为了试验在车辆限界内从车体上伸出挡风板来增加空气阻力的效果,用 1/10 车体模型进行了风洞试验。另外,为了确认其在列车长方向上不同位置的效果,我们还用 1/40 模型进行了试验。试验结果表明风阻制动因挡风板设置在列车中的头车、尾车及中间车辆等不同位置而有不同的制动效果。

通过试验可知,在列车的适当位置设置挡风板时,空气阻力可增加 3~4 倍,预计减速度可有如下程度的增加:在 250km/h 时约为 1.0(km/h)/s、200km/h 时约为 0.6(km/h)/s。

新干线运营以前进行的有关制动系统的主要研究项目 粘着极限 圆盘制动(盘型制动) 闸瓦制动 摩擦材料 电气制动 非粘着制动(轨道制动,风阻制动)

<第 1、2 章 参考文献>

- (1) “铁道六法”, 运输省铁道局监修
- (2) “东海道新干线に関する研究”, 日本国有铁道, 昭和 35 年 4 月
- (3) 海老原浩一; “新干线”, 日本交通公社, 1984
- (4) ブレーキ研究会; “わかりやすい电气指令式ブレーキ”, 交友会, 1990
- (5) 须田宽; “东海道新干线 30 年”, 大正出版, 1994
- (6) 田岛, 藤原, 水野; “JR 东日本 E1 系 2 阶建新干线电车”, 车辆技术 216 号, 1994.6
- (7) 则直, 影山, 浜边; “JR 西日本 500 系新干线电车”, 车辆技术 210 号, 1996.6

-
- (8) 田中，藤原，上野；“700系新干线电车の概要”，铁道车辆と技术，1998.4
 - (9) 吉田；“JR 东日本 E4 系新干线电车”，车辆技术 204 号，1998.7

第3章 制动控制回路



救援状态的0系新干线电车

3.1 控制回路符号

(1) 控制电路符号

新干线电车的控制电路,在使用线圈、电阻、电容等来调整电压、电流的同时,还使用了运算器和继电器触点来构成控制电路和控制逻辑。在电路的条件设定中,大多使用继电器励磁时使触点闭合的A触点和消磁时使触点闭合的B触点的组合。图3.1是控制电路中具有代表性的元器件符号。

(2) 空气管路系统符号

大多数的铁道车辆都使用空气制动,新干线电车也不例外。虽然因车种不同,新干线电车的空气制动控制方式有所区别,但是基本上都是将从空气压缩机得到的压缩空气充入空气制动缸,以此为动力使闸片与制动盘摩擦来获得制动力的方式。图3.2是空气制动管路系统中具有的代表性符号。

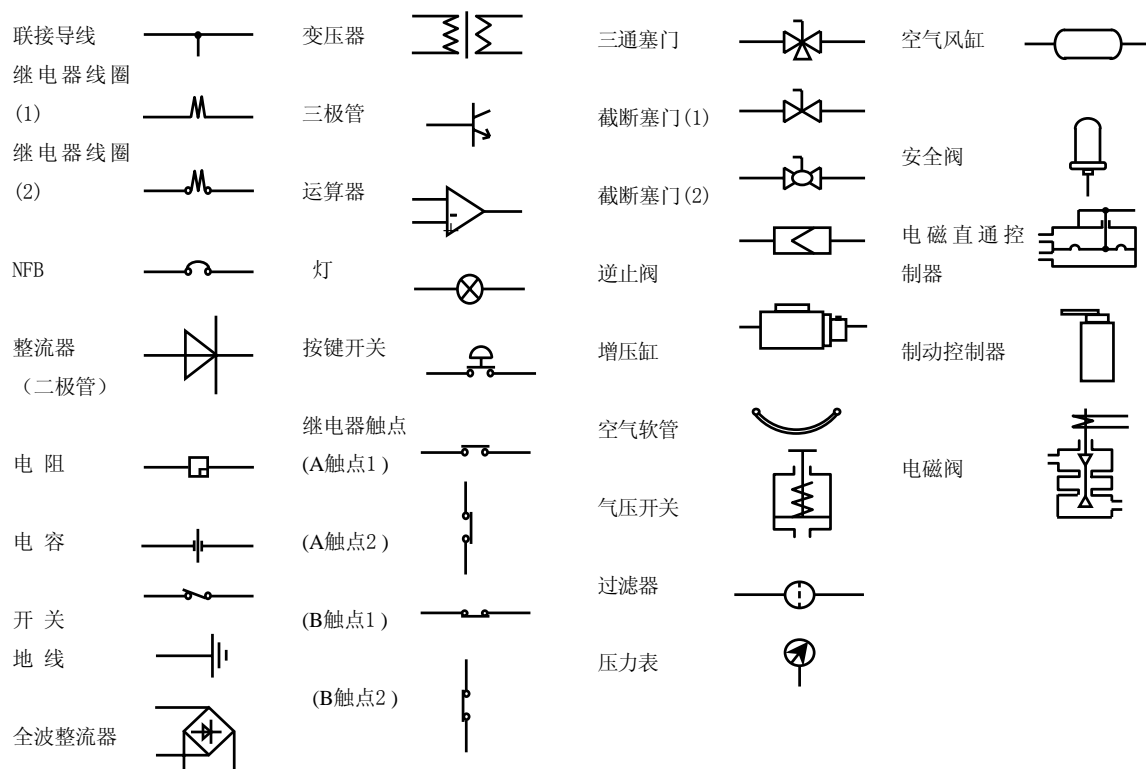


图 3.1 控制电路符号

图 3.2 空气系统管路符号

3.2 制动指令

新干线的制动指令,一般是根据列车头车内的制动控制器指令或 ATC 指令来进行的。但是,在车辆发生事故等异常情况下,则由手动开关或异常检测系统,通过列车线将制动指令传给编组列车中的所有车辆。这些制动指令主要是靠 DC100V 电源来传递的。

(1) 制动指令控制电路

在列车头车的司机室内,设置有制动控制器。制动控制器的制动指令控制电路如图 3.3 所示。当转动其制动手柄时,安装在同一回转轴上的凸轮组(图中的涂色部分)被转动,使必要的触点闭合或断开,构成制动指令回路。在图中,从上面开始,有紧急指令线(153)、辅助指令线(411、461)、非常制动指令线(152)、电制动指令线(10)、牵引指令线(9)、常用制动指令线(61-67)的各指令线和触点以及与其平行的凸轮组。

电流从图的左侧,经继电器触点或凸轮控制触点到右侧,将指令通过各个列车线,从头至尾传到每辆车。

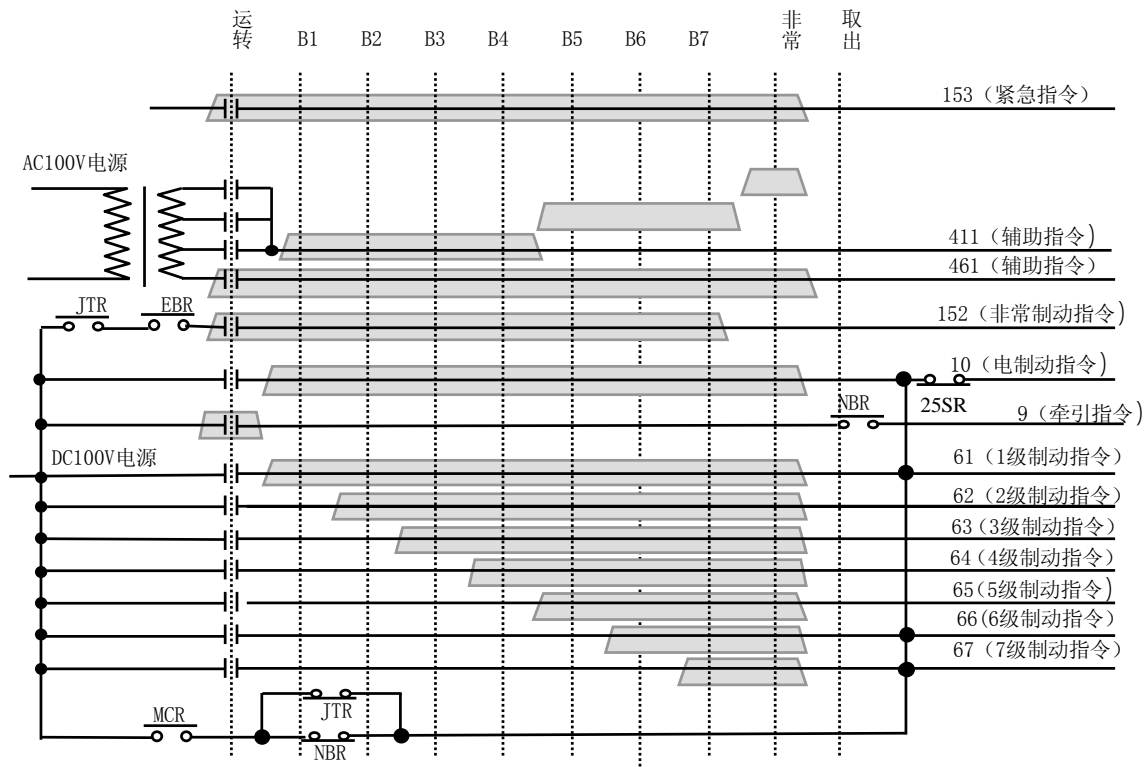


图 3.3 制动指令控制电路

在图中上数的第 2、3 条指令线为辅助指令线,它是以 AC100V 作为电源,通过改变变压器的抽头将 B1~B4、B5~B7、非常三个级别的模拟交流电压传给各车。除了第 2、3 条辅助指令线以外的其它指令线,都是由制动控制器手柄的位置来决定是否向其供给 DC100V 电源,以此来向各车传达制动指令。

这些数据指令的内容是:

紧急指令线(153),当制动控制器从运转位置到非常制动位时得电,到取出位置时失电。

非常指令线(152)从运转位置到 B7 级、电制动指令线(10)从 B1 到非常制动位、牵引指令线(9)只在运转位、常用指令线在指令值以下时均得电。

ATC 的常用指令,在图最下部的指令线 MCR、JTR、NBR 条件成立时,10 号线、61 号线、66 号线、67 号线得电,这相当于 B7 级的制动作用。此时的 66 号线得电是为了使其具有常用最大制动的冗余性。另一方面,ATC 非常制动指令时,由于 152 号线触点前的 EBR 触点的断开,152 号线失电,产生非常制动的的作用。

上面说明了电气指令方式的制动控制指令回路。附加说明一点,现在 0 系新干线上采用的是电磁直通式制动方式。这种制动方式从头车到其它各车的制动指令,是经由电磁直通控制器、列车管及电磁阀(制动时缓解)来传递的。

(2) 常用制动控制电路

列车的常用制动控制电路如图 3.4 所示。指令线的得、失电状态如表 3.1 所示。

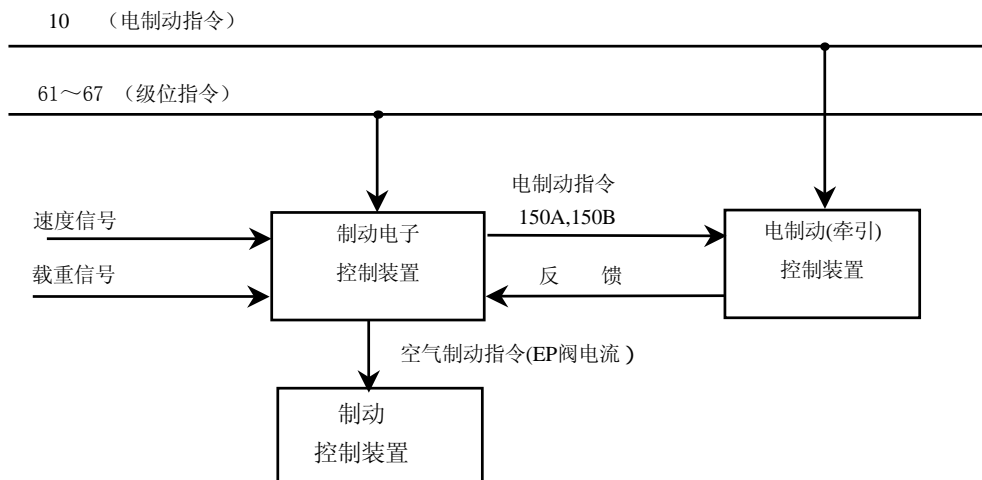


图 3.4 列车的常用制动控制电路

表 3.1 各指令线的得、失电状态

指令线	制 动 指 令											ATC 常用	ATC 非常
	手动制动级位										取出		
	运转	1	2	3	4	5	6	7	非常				
61		0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
62			0	0	0	0	0	0	0	0			
63				0	0	0	0	0	0	0			
64					0	0	0	0	0	0			
65						0	0	0	0	0			
66							0	0	0	0		0	0
67								0	0	0		0	0
152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	

常用制动是由司机制动控制器,将制动指令线(61)、电制动指令线(10)、制动级位指令线(61~67)合计 8 根指令线顺序地得电,向列车中所有车辆传送数字制动指令。在各车辆上计算所需制动力的制动电子控制装置,收到制动指令后,将根据制动级别和载荷信号等计算出需要的电制动力,通过 150A 和 150B 线送给电制动的控制装置(牵引控制装置)。

有效地施加电制动后,还要根据电制动的反馈量,计算出所需要的空气制动力,并将此输出到制动控制装置。由制动控制装置产生相应于制动指令(EP 阀电流)的空气压力。

(3) 非常制动控制电路

非常制动是在常时得电的 152 号线失电时产生作用。此时的制动力为 100%的电气制动力加上 40%或 50%的空气制动力或者 140%或 150%的空气制动力。

152 号线在满足下列条件之一时失电(参照制动指令控制电路图):

- 制动控制器处于非常制动位置
- ATC 非常制动指令 (EBR 继电器的 A 触点)
- 紧急控制电路继电器消磁(JTR 继电器的 A 触点)

(4) 紧急制动控制电路

紧急制动控制电路是从列车头车的制动控制器开始到最后尾车再返回头车的一个往复的列车线(去:153 号线, 回:154 号线)。当列车分离或某一辆车发生设备故障时,令独立于常用制动和非常制动之外的另一制动系统即紧急制动发生作用。紧急制动控制电路如图 3.5 所示。

产生紧急制动作用的条件如下:

- ① 制动控制器手柄处于取出位
- ② 总风缸的空气压力低于 600kPa 时(正常时为 800~900kPa)
- ③ 列车分离
- ④ 某车辆设备故障(BC 压力不足,紧急电磁阀消磁等)

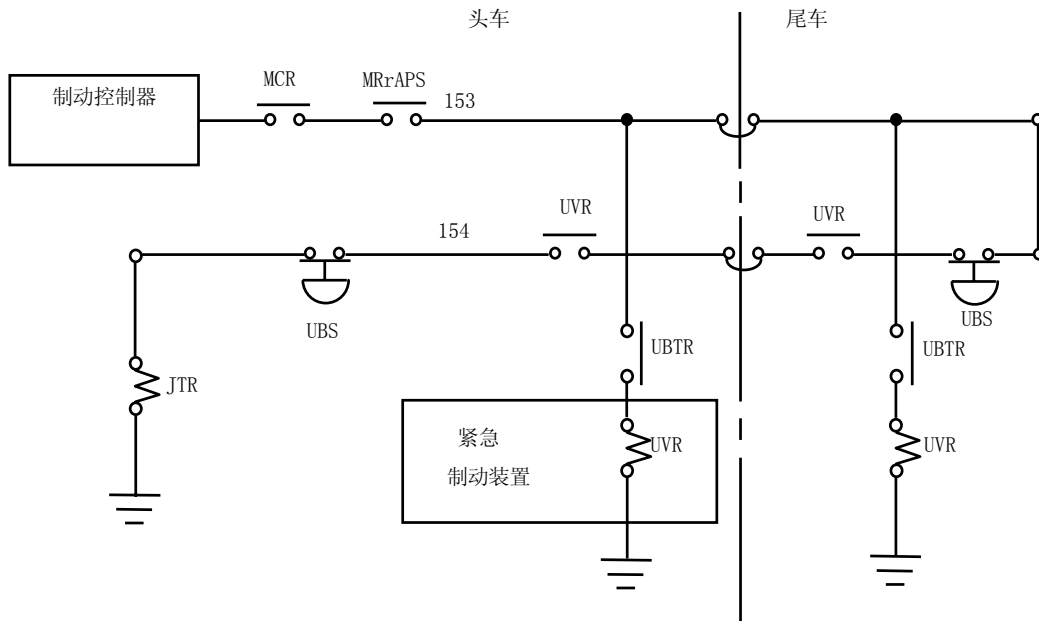


图 3.5 紧急制动控制电路

从制动控制器开始的 153 号线,经由头车继电器(MCR 的 A 触点)及总风压力开关(MRrAPS 的 A 触点:600kPa 以上时触点闭合)到达列车的尾部。

作为列车紧急制动返回线的 154 号线,它经由紧急开关(UBS 的 B 触点)及列车中各车的紧急电磁阀(UVR 的 A 触点),将头车的 JTR 继电器励磁。因为 JTR 继电器触点串联在非常制动线(152)之前,所以当列车中的某一处发生设备故障时,则 JTR 继电器消磁,导致故障车产生紧急制动和非常制动作用,其它非故障车产生非常制动作用。

紧急制动和非常制动的 BC 压力如图 3.6 所示。两者的 BC 压力因速度域不同而异,所以对于故障车辆是两者中 BC 压力大的一方起作用。其它非故障的车辆则产生按照速度-粘着特性的非常制动 BC 压力作用。

(5) 电制动控制电路

电制动线(10)是在制动控制器置于 B1~非常制动位或在有 ATC 制动指令时得电。但是在低速时电制动力下降,如果列车中各车的电空制动转换不一致的话,列车有可能发生因制动力不同而造成纵向冲动,所以在列车速度降低到 25km/h 左右时,同时将电制动转为机械制动。

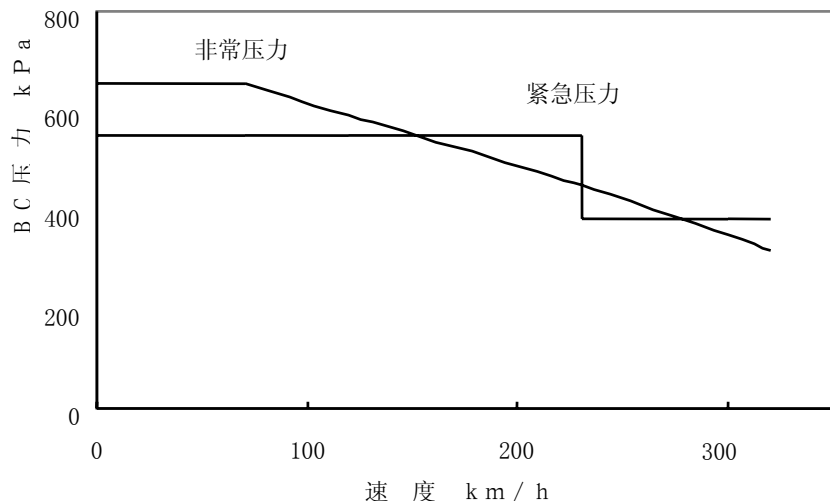


图 3.6 紧急制动和非常制动时的 BC 压力

(6) 备用制动控制电路

这是当常用制动系统发生机械故障时,从头车对全列车的电空转换阀(EP 阀: 为产生 BC 压力的控制阀)直接发出指令,产生空气制动压力的控制电路。

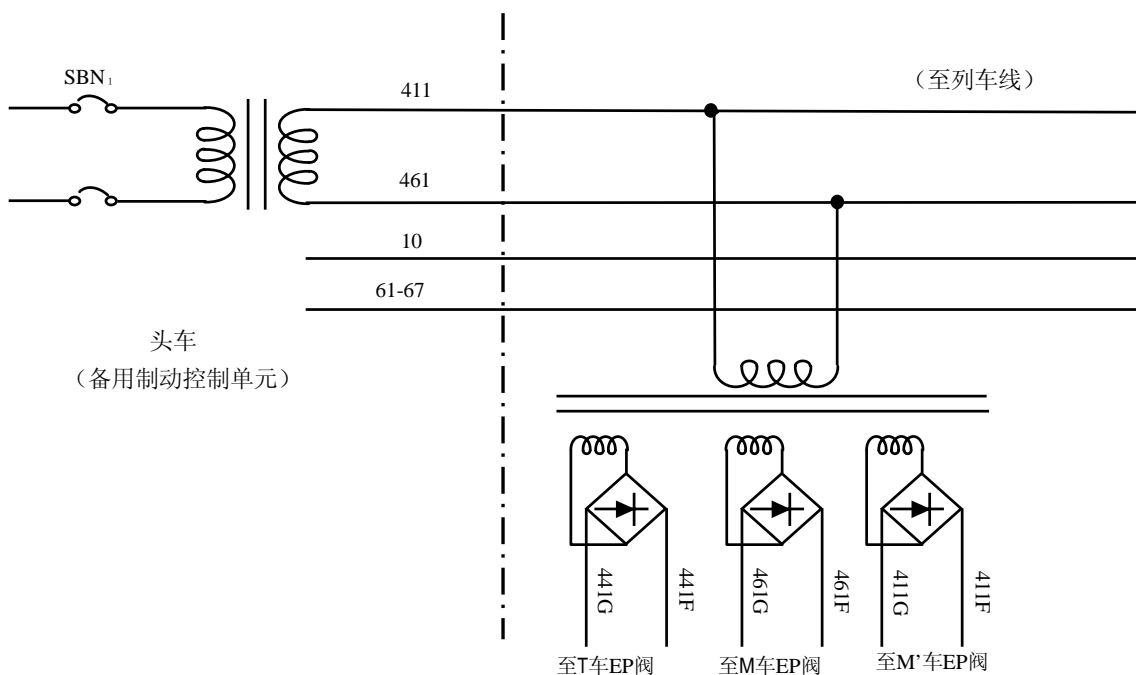


图 3.7 各车的备用制动控制电路

各车的备用制动控制电路如图 3.7 所示。如制动指令控制电路中所述,由头车设置的备用制动控制单元,根据制动控制器的位置不同,产生 3 个电压等级的交流电。此交流电通过列车的 411、461 号线,传送给各个单元,在各个单元将交流电经全波整流后变为直流,控制 EP 阀产生 BC 压力(作为由备用制动产生的 BC 压力的一例,如: B1~B4=343kPa, B5~B7=549kPa,非常=647kPa)。

(7) 救援制动控制回路