

接地设备 对轨道电路的影响

A.B. 柯切里尼柯夫
〔苏〕 A.B. 纳乌莫夫 著
Л.П. 斯洛波将纽克
林 培 聪 译

中 国 铁 道 出 版 社

译 者 序

目前,我国铁路信号在防止接地设备对轨道电路的影响和防止电腐蚀方面的有关资料很少,同时,在理论方面的研究还很不够。《接地设备对轨道电路的影响》一书将向读者介绍有关接地设备对轨道电路的影响方面的知识。

本书共分七章。第一章介绍轨道电路的特点。第二章介绍根据防护短路电流技术安全规程而接至钢轨的设备。重点介绍供电系统工作在不同状态下的钢轨电位和结构通过钢轨接地的主要技术规定。第三章介绍根据设施和结构防电腐蚀规程而接向钢轨的设备。重点介绍设施和结构腐蚀性损坏的机理和主要形式,迷流及其限制措施,铁路地下设施防止迷流的特点等。第四章介绍接地设备接至钢轨时轨道电路的工作。重点介绍接地设备和线间横向连接线接至扼流变压器中点时轨道电路的工作条件和接地设备对轨道电路的影响,并在理论方面作了较全面地分析。第五章介绍接地设备接至钢轨网的方法,分别介绍了自动闭塞信号点、接触网支柱、分区亭、开闭所、各种桥梁接至钢轨网的接地,阀分段在轨道电路的应用,以及排流设备与钢轨网的连接。第六章介绍轨道电路及与其连接设备和结构的维修。第七章介绍维护轨道电路、接地设备和其它铁路设施时的安全技术,其中包括电力牵引区段工务维修的安全技术等。

本书承北方交通大学高继祥同志校阅,在此表示衷心感谢。由于水平所限,译文中不妥之处,请读者批评指正。

译者 1985年9月

内 容 简 介

本书将探讨保证电气化铁路供电系统正常工作的各种设施和结构接至钢轨时,轨道电路的维护和对迷流腐蚀的防护方法。本书还涉及了接地设备影响轨道接收设备和机车接收设备的物理本质,以及为满足各种轨道电路的所有工作状态对上述接地设备的要求。本书还叙述了接地设备和铁路自动化室外设备运用的安全技术基础知识。

本书适用于从事设计和维护轨道电路、供电系统、工务设备和地下设施防腐设备的工程技术人员。并可供铁路高等院校和中等专业学校学生参考。

РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ В УСЛОВИЯХ
ВЛИЯНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ
А.В.КОТЕЛЬНИКОВ А.В.НАУМОВ Л.П.СЛОБО-
ДЯНЮК Издательство «Транспорт» МОСКВА 1980

接地设备对轨道电路的影响

А.В.柯切里尼柯夫 А.В.纳乌莫夫 Л.П.斯洛波将纽克

林 培 聪 译

运输出版社莫斯科1980

中国铁道出版社出版

责任编辑 颜绍蓉 封面设计 崔 达

中国铁道出版社印刷厂印

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6 字数: 135 千

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数: 0001—3,000册 定价: 1.15元

目 录

译者序

第一章 轨道电路的特点.....	1
第一节 轨道电路的主要工作状态和类型.....	1
第二节 信号电流沿轨条传输的条件.....	10
第二章 根据防护短路电流及技术安全规程而接至 钢轨的设备.....	18
第一节 铁路供电系统牵引网的修建原则.....	18
第二节 供电系统工作在不同状态下的 钢轨电位.....	19
第三节 铁路结构通过钢轨接地的主要技术 规定.....	24
第四节 大气条件下结构接地电阻的变化.....	30
第五节 结构的接地回路接至钢轨的设备.....	32
第三章 根据设施和结构防电腐蚀规程而接向钢轨 的设备.....	38
第一节 设施和结构腐蚀性损坏的主要种类.....	38
第二节 迷流及其限制措施.....	41
第三节 铁路地下设施防护迷流的特点.....	48
第四节 钢轨下面的混凝土结构电腐蚀的防护.....	55
第五节 钢轨网的阀分段.....	57
第四章 接地设备接至钢轨时轨道电路的工作.....	62
第一节 接地设备的性质和分类.....	62
第二节 电气化铁路轨道电路工作的运营可靠.....	

	性的分析·····	65
第三节	对接至双轨条轨道电路钢轨的被动接 地设备的一般要求·····	68
第四节	接地设备和线间横向连接线接至扼流 变压器中点时,轨道电路的工作条件·····	75
第五节	主动接地设备对轨道电路影响的估价·····	81
第六节	牵引网工作在正常供电状态和越区供 电状态时轨道电路的工作特点·····	106
第五章	被动和主动的接地设备接至钢轨网的方法·····	115
第一节	确定接地设备接至钢轨的方法的先决 条件·····	115
第二节	自动闭塞信号点的设备接至钢轨网的 接地·····	116
第三节	接触网支柱接至钢轨网的接地·····	119
第四节	接触网的分区亭和并联的开闭所接至 钢轨网的接地·····	125
第五节	桥梁、引桥和跨线桥的金属结构接至 钢轨网的接地·····	127
第六节	牵引电流沿钢轨网流通的条件·····	128
第七节	在阀分段的条件下轨道电路的运用特 点·····	132
第八节	排流设备与钢轨网的连接·····	138
第六章	轨道电路及与其连接的设备和结构的维护 (电气测量)·····	144
第一节	防护设备的技术维护·····	144
第二节	钢轨网及与其连接的设备和结构的测 量方法·····	147
第三节	保证轨道电路正常工作 and 限制牵引电	

	流漏泄的检查	148
第四节	接向钢轨网的接地设施和结构的测量	154
第五节	地下设施防护迷流而接向钢轨的设备 的测量	156
第六节	连接钢轨网的防护设备良好状态的检 查	166
第七章	维护轨道电路、接地设备和铁路设施时的 安全技术	169
第一节	轨道电路技术维护工作时的安全措施	169
第二节	在铁路线上进行维修工作时的安全措施	171
第三节	在电气化线路上维修轨道电路、设施 和结构时的安全措施	172
第四节	防护接地的设备	175
第五节	安装和维修接地设备时的安全技术	177
第六节	在电力牵引区段进行线路工作时的安 全技术	180
文献目录		185

第一章 轨道电路的特点

第一节 轨道电路的主要工作

状态和类型

轨道电路是自动闭塞、电气集中、调度集中、机车信号、道口信号以及驼峰自动化等列车运行自动调整系统中不可缺少的部分。上述系统的重要职能，以及列车不间断和安全的运行，多取决于轨道电路的可靠工作。

轨道电路在复杂条件下工作，并且具有一系列特点，例如，在电力牵引时，轨条不仅作为信息通道，还作为牵引电流的回线。此外，钢轨是良好的天然接地体，因此靠近接触网的各种设施和结构均通过钢轨接地。

轨道电路是电气回路。用绝缘节分割的铁路线路的轨条是该回路电流的导体。最简单的轨道电路（图1）是由带有限流器 R_0 的电源（送电端）1，连有轨端接续线3的轨条2，绝缘节4，轨道接收器6以及将电源和轨道接收器接向

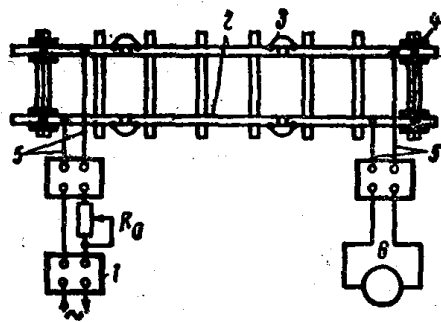


图1 轨道电路

钢轨的引接线 5 组成的。

在调整状态下，轨道继电器的电流不应少于其工作值，因此由于各种条件的组合，而使接收器的电流达到最小值是最不利的情况。

在分路状态下，连续供电时接收器中的电流，不应超过其可靠落下电流值；在脉动供电时接收器中的电流，不应超过其可靠不吸起电流值。因此，上述电流超过计算值的情况是最不利的条件。

在断轨状态下，与分路状态一样，接收器的电流最大时是最不利的条件。断轨时信号电流将流经道碴而未切断回路，所以在断轨状态下，由于参数变化而产生的影响是很复杂的。

在设有机车信号时，当列车将轨条分路时，机车接收线圈下面的钢轨电流，在非电气化区段不应低于 1.2 A；在电气化区段，应达到 2 A。这些数值，是由机车信号的机车设备接收器的灵敏度和防干扰的要求而决定的。机车信号状态下各种变量临界值的组合，亦与调整状态下相同。

在一般条件下，三个互相独立的变量，即道碴电阻、钢轨阻抗和电源电压，对各种状态下轨道电路的工作都有很大的影响。轨道电路在三种主要状态下的正常功能，应按表 1 所列的最不利的条件进行计算。上述因素对轨道电路不同状态工作的影响，取决于轨道电路长度、电路及器材参数。

轨道电路被车辆占用时，使轨道接收器电流下降的特性，称为分路效应，而轮对电阻称为列车分路灵敏度。在最不利的条件下，任何轨道电路的分路灵敏度不应少于 $0.06\ \Omega$ 。

轨道电路检查轨条电流被切断的特性，称为断轨灵敏度。轨道电路的设计和维护，应使断轨状态下信号电流经道碴迂回电路时，接收器的电流应降低到能反映轨道电路被占

用的数值。

表 1

轨道电路的状态	在以下参数时，轨道电路工作在最不利的条件下		
	钢轨电阻	钢轨绝缘电导	信号电流的电源电压
调整状态和机车信号状态	最 大	最 大	最 小
分路状态	最 小	最 小	最 大
断轨状态	最 小	临界值(计算确定)	最 大

轨道电路应能检查绝缘节短路：在这种情况下时，接收器应发出相当于轨道电路被占用的信息。如轨道电路同时作为遥控通道使用时，电信号和调制信息的失真都不应超过规定的标准。

在运营的具体条件下，为了绝对保证行车安全，最简单的技术解决办法是采用多种类型的轨道电路。按其主要特征分类如下：

按传输的电流分类，有直流轨道电路和交流轨道电路。通常，直流轨道电路用于非电化区段，这些区段无其他电源的干扰电流流入轨条。在电力牵引区段，由于牵引电流流经轨条，而影响了轨道接收器的工作，因此在这种区段上应该采用交流轨道电路。

按牵引电流绕过绝缘节的方法，分为两种轨道电路：有扼流变压器的双轨条轨道电路和单轨条轨道电路。双轨条轨道电路中的扼流变压器（图 2， a ），可使牵引电流沿两根轨条通过。在两根轨条之间，绝缘节两侧接有扼流变压器 Π ，其中点用钢轨引接线互相连接，以便通过牵引电流。一根轨条的电流 I_1 ，流经扼流变压器的半个线圈，而另一根轨条的电流 I_2 ，流经扼流变压器的另半个线圈。

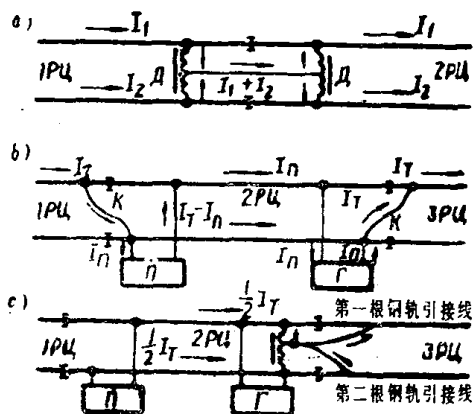


图2 按牵引电流绕过绝缘节的流通方法区分的轨道电路类型
双扼流变压器的双轨条轨道电路 (a) 单轨条轨道电路 (b)
和单扼流变压器的双轨条轨道电路 (c)

在单轨条轨道电路中 (图2, b), 为通过牵引电流 I_T 设有专用的连接线 K 。牵引电流 I_T 经连接线流入轨道电路2。该牵引电流 I_T 由两部分组成: 一部分是干扰电流 I_n , 经接收器 Π , 信号轨条 (非牵引轨条) 和传输器 Γ 流入下一段轨道电路3; 电流的主要部分 $I_T - I_n$ 流经牵引轨条。

单轨条轨道电路比双轨条轨道电路简单, 但更易受牵引电流的影响; 因此单轨条轨道电路原则上用于站内侧线。近年来, 采用单扼流变压器的轨道电路 (图2, c) 代替单轨条轨道电路。电动车组驶入单扼流变压器的轨道电路时, 牵引电流仅向轨道电路装有扼流变压器的一侧, 沿两轨条流通。用连接线将相邻的或平行的轨道电路的扼流变压器的中点相连接。这种轨道电路的发送器设置在扼流变压器的一端, 以提高轨道器材的抗干扰能力。

按信号电流发送的特点, 轨道电路有直流或交流连续供电式和脉动供电式。连续供电式轨道电路分路时, 继电器中

的电流不应大于其落下值。脉动供电式轨道电路中接收器的工作，用专用的译码器来检查，轨道电路分路时，接收器的电流应略低于其励磁电流。

按绝缘节破损的检查方法，分为无极的、有极的、相敏的和频率接收器的，以及相邻轨道电路发送电流时，切断本区段接收设备的轨道电路。

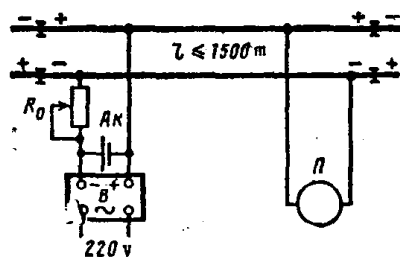


图3 连续供电式直流轨道电路

连续供电式轨道电路（图3）由BAK-14M型整流器B供电；ABH-72型蓄电池AK作为备用电源。该蓄电池在浮充状态下工作。可调电阻 R_0 为限流器。采用AHIII-2或HP2-2型无极继电器为轨道接收器Π。设有机车信号设备时，轨道电路送电端或受电端需要增设发码设备。轨道电路电源应进行极性交叉，以便检查绝缘节的破损。绝缘节破损时，相邻轨道电路的电流相互抵消，其轨道继电器都失磁。

直流脉动供电式轨道电路（图4）长度可达2600m。轨道电路由BAK-14型整流器B，经MT-1型摆式发码器MT的接点供电。脉动接收器采用IP1-0.3或ИМШ1-0.3型脉动轨道继电器H。ИМШ1-0.3型继电器的偏极衔铁是可调的，继电器的脉动动作由专用的译码器（电容式或继电器式）检查。

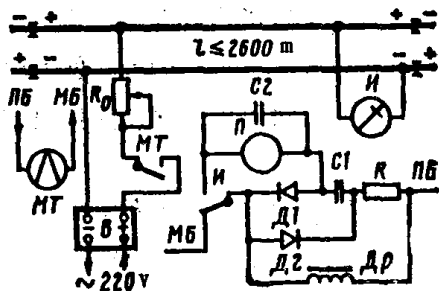


图4 直流脉动供电式轨道电路

绝缘节破损时，相邻轨道电路电流的极性交叉，以及调整轨道继电器的偏极衔铁，可防止脉动轨道继电器的错误（虚假的）动作。

在设有进路控制装置的车站，为了检查接、发车进路是否空闲，采用阀式轨道电路（图5）。轨道电路的一端接有电源（轨道变压器 ΠT ）和 HP1-2 型轨道继电器，而另一端接有半导体整流元件（阀） B 。

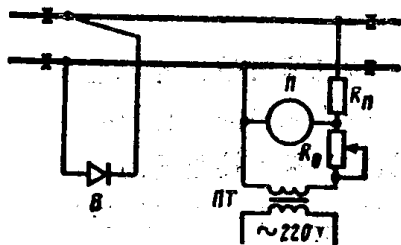


图5 阀式轨道电路

直流电力牵引时，采用信号电流频率为50Hz和25Hz的轨道电路。在双轨条交流电码轨道电路中（图6），为使牵引电流能绕过绝缘节流通，列车单方向运行时，送电端装设 $\Pi T-0.6$ 型扼流变压器，受电端装设 $\Pi T-0.2$ 型扼流变压器；双方向运行时，在轨道电路两端均装设 $\Pi T-0.6$ 型扼流变压器。为了维修人员的安全和防止设备过电压，在轨道电路两端装设防护元件 $ЗЭ$ （放电器、平衡器）。轨道电路由 $\Pi OBC-3$ 或 $\Pi OBC-3A$ 型轨道变压器 ΠT 供电，限流器 Z_0 采用 $\Pi OBC-3A$ 型电抗器。在送电端扼流变压器的辅助线圈上并联电容器，用以保证回路的并联谐振，以便减少所需的总电流和功率。

轨道电路空闲时，电码信号电流，从扼流变压器 $\Pi T-0.2$ 的辅助线圈，经 $ЗБФ-1$ 型防护滤波器盒 $ЗФ$ ，流入 $ИМВШ-110$ 型脉动轨道继电器 $И$ 。 $ЗБФ-1$ 型防护滤波器盒由滤波器和防护扼流圈组成，用以防止牵引电流谐波对继电器的影响。滤波器由电感线圈 ΠP_0 （2.4H）和电容器 C_0 （4 μ F）组成，并调谐成频率为50Hz的串联谐振。对于50Hz频率的

在受电端，电码从扼流变压器辅助线圈，经自动断路器ABM-1(10A)的接点，绝缘变压器HT(ПТ-25)和轨道滤波器Φ(ΦП-25)流入ИМВШ-110型脉动轨道继电器И。

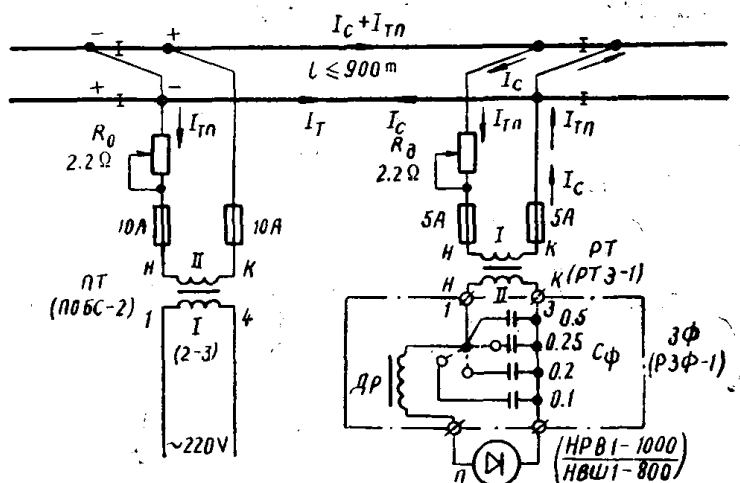


图7 交流50Hz单轨条轨道电路

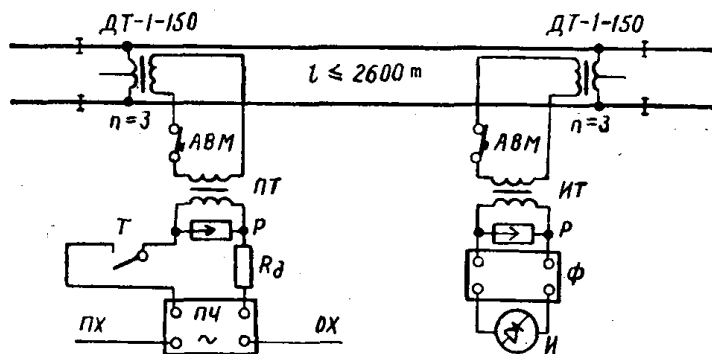


图8 交流25Hz电码轨道电路

自动断路器保护轨道电路器件免受牵引电流的影响。绝缘变压器使轨道电路的低输入阻抗与滤波器的高阻抗匹配。滤波器用以防止轨道继电器受50Hz牵引电流及其谐波的干扰。

扼流变压器是轨道电路的主要器件之一。直流电力牵引采用扼流变压器 $\Pi T-0.2-500(1000)$ 和 $\Pi T-0.6-500(1000)$ 。它们的结构相同,但尺寸不同。 Π 型铁心和扼铁由矽钢片制成,两者间用绝缘垫板隔开,以构成磁路的空气隙。主线圈(图9)用扁铜线绕制,在两侧有引出端 $P1$ 和 $P2$,用以接向钢轨,而中间的引出端 K 用以将牵引电流引向相邻的轨道电路。扼流变压器 $\Pi T-0.2-500(1000)$ 辅助线圈抽头为70、100、230和330匝(图9、a),变比 n 分别为7、10、13、17、23、30、33和40。扼流变压器 $\Pi T-0.2$ 的主线圈,由10圈扁铜线绕制而成,其直流电阻为 $0.0007 \sim 0.0018 \Omega$ 。扼流变压器的空气隙,在牵引电流磁化时可以稳定扼流变压器的交流阻抗。扼流变压器 $\Pi T-0.6-500(1000)$ 的辅助线圈,没有中间抽头(图9、b),变比 $n = 15$ 。

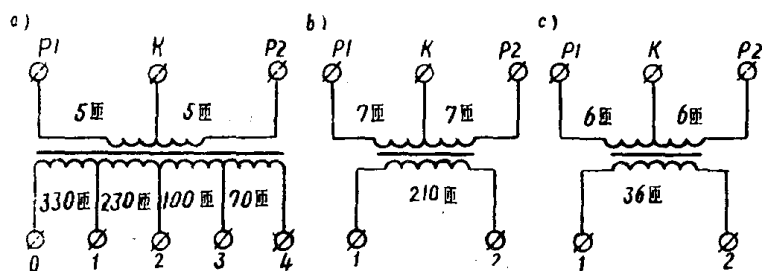


图9 扼流变压器线圈

a — $\Pi T-0.2$; b — $\Pi T-0.6$; c — $\Pi T-1-150$ 。

交流电力牵引采用无空气隙的扼流变压器 $\Pi T-1-150$ 和 $\Pi T-1-250$ (图9、c)。其主线圈的电阻取决于外加电压的数值,如轨道电路受电端轨面上信号电流的电压不大,则主线圈的电阻对交流50Hz为 1Ω ,而直流电阻为 0.0016Ω 。扼流变压器的变比 $n = 3$ 。

第二节 信号电流沿轨条传输的条件

轨道电路由送电端、受电端和钢轨线路组成，图10为方框图。电源及该端与钢轨相连接的所有器件属于送电端。与相邻轨道电路相互绝缘的两轨条是钢轨线路。轨道接收器（继电器）及该端与钢轨间相连接的所有器件属于受电端。

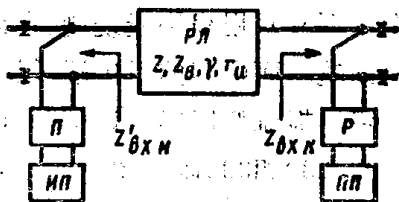


图10 轨道电路的方框图

ПП——电源；П和Р——送电端和受电端的器件；РЛ——钢轨线路；ПП——轨道接收器。

信号电流能量传输的条件，也就是轨道电路工作的可靠性取决于轨道电路的状态，其特征是一次参数：道碴电阻和钢轨阻抗。

道碴电阻是漏泄电流从一根轨条经轨枕和道碴流至另一根轨条时，所呈现的电阻，其大小取决于线路上部建筑的结构。铺设在轨枕上的钢轨，线路上部建筑的金属构件（垫板、道钉、螺旋道钉、防爬器），一般具有良好的导电性能；而轨枕与路基间铺设有道碴。道碴不是电的良导体。碎石是道碴的最好材料；其他道碴材料（河卵石、贝壳）均较碎石的电阻小；沙质道碴的道碴电阻最低。

在道床表面污染不大和旧木枕的情况下，多次测量表明，最小道碴电阻系数如下：碎石道碴为 $2 \Omega \cdot \text{km}$ ；河卵石道碴为 $1.5 \Omega \cdot \text{km}$ ；沙质道碴为 $1 \Omega \cdot \text{km}$ 。道碴电阻的大小取决于道碴状态：潮湿时为 $1 \Omega \cdot \text{km}$ ；湿润时为 $2 \Omega \cdot \text{km}$ ；干燥或微冻时为 $50 \Omega \cdot \text{km}$ ；冻透时为 $50 \sim 100 \Omega \cdot \text{km}$ 。对于各种道碴材料，一般最小道碴电阻的标准值，规定为 $1 \Omega \cdot \text{km}$ 。钢轨绝缘电阻的大小，在很大程度上取决于钢轨扣件的类型。根据工程师B.И.依万诺夫研究的资料，在运营条件下，

道钉紧固时，如轨道上无列车，木枕与垫板~~和道钉~~都没有金属接触，而道钉与垫板亦没有电气连接。在这种情况下只有换新木枕才能使绝缘电阻稳定。因为，在运用中垫板下木枕磨损并下沉，道钉被拔出，在木枕和扣件之间形成间隙。同时，在间隙中会逐渐充满腐蚀物质和污垢，[○]这些物质潮湿后形成电导的“桥梁”。在干燥天气时钢轨—垫板回路的漏泄电阻可达数千欧姆；潮湿时降低很多，有时小于 1Ω ，漏泄电流的大小仅决定于垫板、道钉、木枕及道碴间的接触电阻。

用道钉固定木枕的钢轨绝缘电阻的特性曲线，如图11所示。研究表明，所有扣件（如K-2型扣件）金属连接时，漏泄电流主要由道钉或螺旋道钉流过，因为在其周围空气的温度在零度以上时，木枕总有潮气，经过垫板的漏泄电流就会增大，这时垫板的接触电阻降低至 300Ω 。

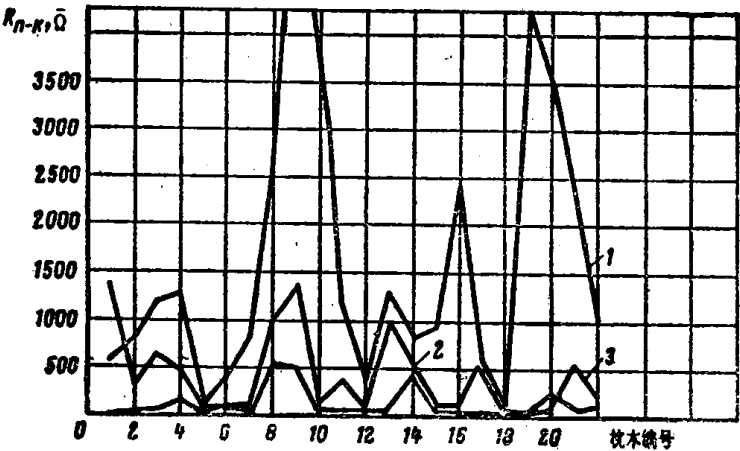


图11 “垫板—道钉”回路的电阻测量曲线
1 —— 干燥天气时； 2 —— 雨后； 3 —— 下雨时。

旧木枕、木枕上垫板的深窝，在垫板下面水分保持时间