

軌道電路的 自動調壓裝置

何義燮編著

人民鐵道出版社

基 基

Y25
136

本書敘述軌道电路自动調压裝置的構成原則，接線圖、調整試驗及使用中的注意問題。

本書可供广大信号工作人員參考。



軌道电路的自动調压裝置

何义燮 編著

人民鐵道出版社出版

(北京市觀公府17号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第010号

新华書店發行

人民鐵道出版社印刷厂印

書号 1397 开本 787 × 1092 毫米 印張 1 1/2 字數 10 千

1959年5月第1版

1959年5月第1版第1次印刷

印數 0,001—1,400 册

統一書号: 15043·958 定价 (8) 0.06 元

前 言

軌道电路的自动調压装置是下放劳动鍛炼的过程中在老师傅的启发与帮助下試驗成功的。我們在試制軌道电路自动調压装置的时候，沒有見到过国内外任何有关这方面的資料，只是在党的“大鬧技术革命、敢想、敢說、敢干”的号召下，憑着实践，憑着老师傅的实际經驗去摸索。在这里特别要感謝姜开林、張福全、孙德超三位师傅，他們在本設備的試驗和試用过程中給了我不少的启发和幫助。

目 录

前言

一、軌道电路自动調压的基本概念.....	1
二、作用原理与使用范围.....	2
三、采用的元件及其参数.....	4
四、实际接線图与調整情况.....	8
五、試驗情况.....	9
六、使用中注意的問題.....	11
七、对軌道电路調整的建議.....	12

一、軌道电路自动調压的基本概念

軌道电路的实际接線图如图 1 所示。

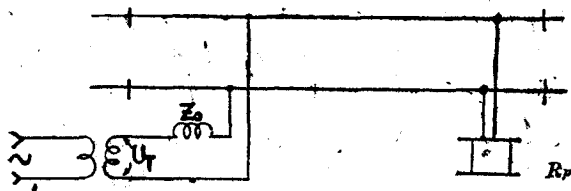


图1. 軌道电路的接線图

为了便于說明，在采用“集中漏阻法”并忽略鋼軌阻抗的基础上，將軌道电路化为如下的等值电路：

按照克希荷夫定律，軌道电路各元件上电压間有下列关系：

$$U_m = U_{z_o} + U_p = I \left(Z_o + \frac{Z_p R_\delta}{Z_p + R_\delta} \right),$$

式中 U_m ——变压器送出的电压；

U_{z_o} ——感抗器电压；

U_p ——继电器上的电压；

I ——送电端电流；

Z_o ——感抗器的阻抗；

R_δ ——道床漏洩电阻（以下简称道床漏阻）；

Z_p ——继电器阻抗。

就是說，在感抗器和继电器上的电压是按照感抗器的阻抗和继电器与道床漏阻并联后的阻抗值成正比例分配的。当天雨时，由于 R_δ 大大减小，并联阻抗大为降低，輸出电流增加，电压大部降在感抗器上，因而继电器上的电压大为减

少。举例来说：假如变压器送出电压为 4 伏特，感抗器阻抗为 3 欧姆，道床漏阻与继电器电阻各为 2 欧姆，两者并联后的阻抗为 1 欧姆，

那么

$$U_{z_0} : U_p = 3 : 1;$$

$$U_{z_0} + U_p = 4.0$$

$$\therefore U_{z_0} = 3 \text{ 伏特}, U_p = 1 \text{ 伏特}。$$

假如下雨时，道床漏阻 R_0 降低到 0.25 欧姆，并联后为 0.22 欧姆，其电压分配将为： $U_{z_0} = 3.6$ 伏特， $U_p = 0.4$ 伏特。假如我们能在道床漏阻变化的同时，使感抗器的阻抗也自动与之相应成比例地变化，那末，电压分配将不会改变或变化很小，也就是说继电器上的电压变化将很小。这就是构成轨道电路自动调压装置的基本出发点。

二、作用原理与使用范围

轨道电路自动调压装置是用饱和电抗器的原理作成可调感抗器作为调整元件，用拟似轨道回路作为测量元件的一个自动调整系统。其作用情况可用方框图（图 3）表示如下。

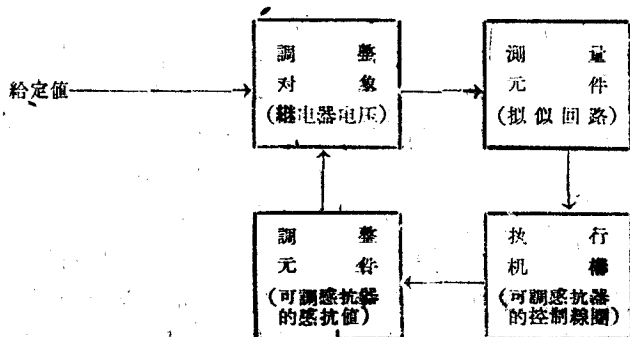


图3. 轨道电路自动调压作用原理的方框图

可調感抗器的結構与動作原理实际上都与磁放大器（图4）相同，用控制線圈 w_c 內的直流控制电流 I_c 来控制工作線圈 w_p 的阻抗。当控制線圈內的直流电流 I_c 增加时，由于直流磁通增加，于是鉄心的导磁率 μ 降低，感抗减少，工作电流 I_p 相应地增加。控制电流与导磁率和工作电流的关系如图5所示。

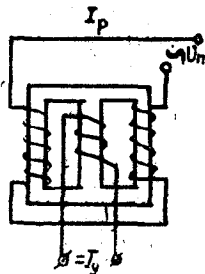


图4. 可調感抗器的構造

測量元件是用一根導線釘在道床中心的枕木上，另外以一根鋼軌作为回路的拟似回路。它的阻抗值可以随道床漏阻

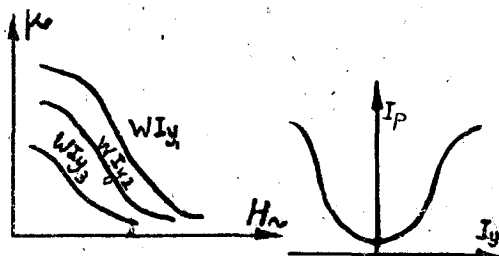
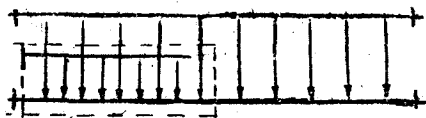


图5. 导磁率 μ 、工作电流 I_p 与控制电流 I_c 的关系

的变化而变化，因而正确地反应了天气情况和道床漏阻的变化。当拟似回路的阻抗变化时，可調感抗器控制線圈內的直流电流也相应地变化，从而对其感抗值进行



用一根30平方毫米的40号铁线
钉在枕木上作成“拟似回路”

图6. 作为測量元件的拟似轨道回路的線路图

自动調整。

由于本裝置的基本調整对象是感抗器的感抗值，因此，它只适用于用交流供电的交流軌道电路或交直流軌道电路。本裝置不能使用于直流軌道电路。

三、採用的元件及其参数

(1) 可調感抗器：

① 对可調感抗器的要求：

可調感抗器的感抗值必須能随道床漏阻的变化而变化。一般在降压较为严重(下雨)，必須进行調整的軌道电路中，天雨时，道床漏阻的变化都很大，为了使天雨时继电器上的电压能小于工作值而在天晴时又不过高，这就要求可調感抗器有較高的灵敏度和較大的調整范围。

② 可調感抗器的設計：

可調感抗器是按以下技术条件进行設計的：

考虑到站内軌道电路一般在1000公尺左右或为有分枝的道岔区段，其需要进行調整的道床漏阻一般都在1欧姆/公里以下，特别是在天雨时，即使用2欧姆的感抗器作为限流阻抗，在有列車分路时，其軌道电路的电流也大到5~6安培。采用可調感抗器后，在天雨时，感抗器的阻抗一般較2欧姆为低，此时若有列車分路，則交流电流可达10~12安培。因此，在考虑工作線圈的線徑、鉄心的尺寸和厚度时，以能通过10安培的工作电流为标准。由于可調感抗器的直流線圈是与拟似回路串联的(見图8)，欲使可調感抗器具有相当高的灵敏度，当道床漏阻发生变化时，可調感抗器直流線圈內的电流必須有相当大的变化。因此，直流線圈的电阻不能过大。直流線圈的电阻过大，将导致可調感抗器的灵敏度的减低，因而起不到調整的作用。例如：若直流电压为12

伏特，直流線圈的电阻为10欧姆，当拟似回路的道床漏阻由2欧姆減低到0.5欧姆时，控制电流由 $\frac{12}{12} = 1$ 安培增加到 $\frac{12}{10.5} = 1.14$ 安培，感抗器的感抗将不起多大变化。基于上述理由，我們认为，設計时直流線圈的电阻值以不超过1欧姆为宜。为了使直流安匝变化时交流阻抗能有較大的变化，可調感抗器最好能用整块的鉄心片疊成，尽量減少其空气隙，使感抗随直流控电流变化的曲線更为陡峭；或在直流控制線圈中加进反饋，亦可达到同样的目的。今将可調感抗器設計中的几个問題分述如下：

(a) 鉄心尺寸的决定：

在設計現用可調感抗器时，由于沒有条件和时间作鉄心的交直流磁化曲線束，因而不可能通过計算或图解的方法很严格地来选择鉄心的尺寸和鉄心的截面积。同时，考虑到用沈阳信号厂的現用材料，我們采用的鉄心是沈阳信号厂現有的 COBC 型变压器鉄心(图7)，按一般小型变压器的設計方法，知道了功率和週率后即可决定鉄心截面积。此处，电流为10安培，电压为15伏特，視在功率为150伏安，按一般变压器設計的資料查出鉄心的截面积应为12平方公分。令鉄心交流線圈处之寬度为24公厘，故鉄心寬度应为50公厘。

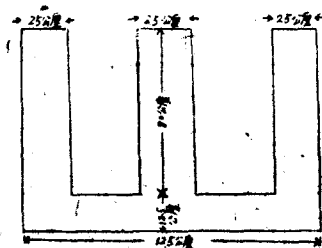


图7. 鉄心的形状和尺寸

(b) 線圈参数的决定：

以銅線的电流密度为每平方公厘3安培，交流線圈的工作电流为10安培，直流線圈的电流按电源电压为14伏特計，

其电流不超过 1 安培。因此

$$\frac{1}{4} \pi D_1^2 \times 3 = 10,$$

$\therefore D_1 = \sqrt{\frac{40}{3\pi}} = 2.06 \dots \dots$ 交流線圈采用 2.0 公厘銅線。

直流線圈的線徑，从灵敏度方面考虑，線圈电阻最好不超过 1 欧姆，并且要有一定的安匝数。因此，我們确定直流線圈用 0.8~1.0 公厘銅線。

知道了線徑及線圈窗口的面积后，即可求出線圈纏繞的圈数。要能适合調整的要求，線圈窗口面积究竟应如何分配？直流繞組应占多大面积？交流繞組应占多大面积？这个问题，我們是通过实验来解决的。用上述形状的铁心，当铁心厚度为 50 公厘时，由实验得出；当直流磁势由零变化到 540 安匝时，工作線圈的感抗值变化約十倍左右。从这个数字看来，可調感抗器的变化范围是不够大的，这是由于我們現用試驗样品的铁心在搭接时还存在着相当大的空气隙的缘故。经过实验确定交流繞組繞在铁心两边的柱上，每侧 90 匝，在 60、75 匝处有抽头，使用时每边取一样的圈数，直流繞組按現用紗包漆皮線可繞 650 匝（见图 8）。

（2）直流电源：

直流电源用桥式矽整流器，交流电压 18 伏特，直流电压 14 伏特，最大直流容許电流 1 安培。只需用 4 片矽整流器作成一桥式矽整流堆即可，不需附加变压器，整流器的交流电源可由軌道变压器的次級接出一 15~18 伏特的电压，这样，只需花很少的錢即可解决直流电源的問題。

（3）拟似回路：

拟似回路的参数也是由实验确定的。經实际測量（用一般的开路短路法）得出，拟似回路的参数也是变化很大，而

且因道床具体情况不同，其变化范围也是各不相同的，以皇姑屯 5T 和 2T 轨道电路为例，我们得到的数据如下：

区間	測量日期	天气情况	釘 線 部 位	釘線長度	漏洩电阻(欧姆)	備 注
5 T	7 月 10 日	連日晴	鋼軌外側枕木头上	80 公尺	180 25(人工洒水)	
	7 月 12 日	晨陣雨	同 上	同 上	80 34(人工洒水)	
2 T	9 月 16 日	晴	送电端道床中央	56 公尺	20.5(晨九时)	因機車 常停留 此段噴 水
			同 上	同 上	19.5(雨后)	
	9 月 22 日	晴，陣雨	同 上	25 公尺	30(雨前)	
					20(下雨时)	
					23(雨后)	
	9 月 23 晨	晴	距送电端 100 公尺处，道床中央	48 公尺	25	
	9 月 24 晨	晴	同 上	25 公尺	50	
	10 月 5 日	晴，陣雨	同 上	25 公尺	40(雨前)	
					20(下雨时)	
					27(雨后)	

由上表可知，在区間 2T，由于機車經常停留在該区段送电端洒水，所以該处拟似回路的漏洩阻抗較低，而且雨前与雨后的变化不大，在距送电端 100 公尺处設置拟似回路时，情况稍好，但雨前与雨后之变化仍不如 5T 大，經实际观察，2T 道床的泥土及枕木表面經常是潮湿的。在一般情况下，直流線圈电阻約 1 欧姆，电源內阻約 5 ~ 10 欧姆，为了使拟似回路的漏洩电阻不致过小，致使在天雨变化时对控制电流的影响不大，除尽量减少电源內阻外，拟似回路最好不超过 30 公尺，用 4.0 公厘鍍鋅鉄線以卡釘釘牢在道床中央

的枕木上。两根枕木間的鉄線不要过长，以不致埋在土内为宜。拟似回路的地点应选在平时枕木是干燥的地方。

四、实际接線图与調整情况

軌道电路自动調压装置在实际使用时的接線图如图 8 所示。在使用該装置的区段用可調感抗器代替原有的感抗器（或限制电阻）。此外，并需另增加一个 12 伏特的直流电源，用可調感抗器的交流線圈作为限制阻抗，仍将其串入原軌道电路送电端引出綫中，軌道电路其他各元件及結構均不变。用一个由 4 片硒整流片作桥式连接的硒整流堆作整流器，将它接到軌道变压器初級（或次級）电压为 18~15 伏特的两个端子上，整流器不需要自己附带变压器。由整流器直流側引出的两根綫，一根通过串联可調感抗器的直流線圈接到釘在道床中央的鉄綫上，另一根直接接到一根鋼軌上。

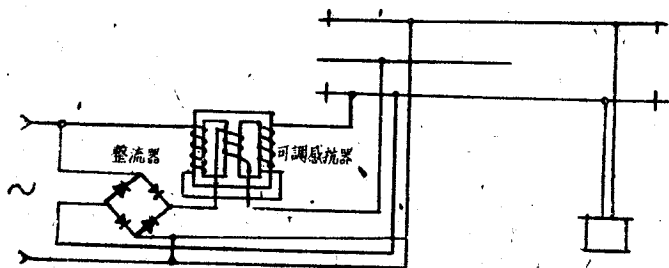


图 8. 使用自动調压装置时軌道电路的实际接線图

当天雨时，由于道床漏阻 R_0 减少，因之漏电增大，欲使軌道继电器端子上的电压降低。但是，与此同时由于拟似回路的漏洩电阻 R'_0 也减少，可調感抗器控制綫圈內的直流电流增加，由于直流磁通的增加，交流線圈的感抗减少，因之感抗器上的交流电压降也减少，使继电器端子上的电压相应提高。当天气由雨轉晴时，由于道床漏阻 R_0 增大，漏电

減少，欲使軌道繼電器的電壓上昇。但是，由於擬似回路的漏洩電阻 R_0 也增大，可調感抗器的控制電流減少，交流線圈的感抗增加，感抗器上的交流電壓降也增加，使繼電器上的電壓相應降低。於是，軌道電路的電壓按照天氣的變化自動地得到調整。當使用二元軌道繼電器時，繼電器軌道線圈電壓的相位也相應地得到調整。因為，當天雨時漏洩電阻減少使軌道線圈的電壓滯後，而與此相應的感抗器的感抗減少則使軌道線圈的電壓越前。當天氣由雨轉晴時，情況相反。因此，二元軌道電路的相位也自動地得到調整。不過，當雨過大而控制電流甚大時，相位關係可能有“過調整”現象（即當感抗器近於純電阻性時，由於感抗減少引起的位相移前比由於漏洩電阻減少引起的位相滯後要大得多）產生。

五、試驗情況

（1）在皇姑屯 5T 線路上試驗的結果：

我們將上述用 E 型鐵心繞制的可調感抗器安裝在皇姑屯 5T 線路上進行了試驗。該線路的情況是：泥土道床摻雜少量碎石，滲水良好，平時道床漏阻較高，但因道床不清潔，天雨時降壓甚大，下雨時經常需要調整。試驗時在送電端鋼軌的外側枕木頭上釘了一根 50 公尺的 4.0 公厘鍍鋅鐵線作為擬似回路。因當時天未下雨，進行了人工洒水，試驗結果如下：

U_m (伏特)	U_p (伏特)	U'_p (伏特)	I_x (毫安)
5	0.5	2	360
3	0.22	1.18	300

式中 U_m ——變壓器送出的電壓（伏特）；

U_p ——未加直流時繼電器端子上的電壓（伏特）；

U'_p ——加直流後繼電器端子上的電壓（伏特）；

I_p ——控制电流（毫安）。

(2) 在實驗室試驗的結果：

此外，我們并用两个可变电阻代替道床漏阻 R_0 和拟似回路漏阻 R'_0 在實驗室进行了試驗，其結果如图 9 所示。

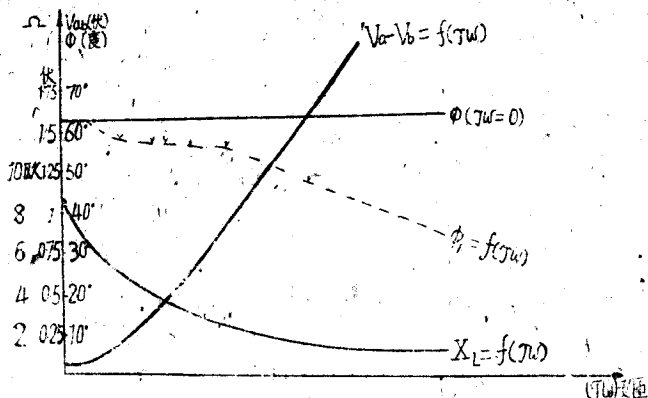


图9. 試驗得出的感抗器阻抗、轨道继电器轨道线圈电压的相位、昇压值与磁势的关系

图中 V_a ——控制线圈不加直流电源时轨道继电器上的电压（伏特）；
 V_b ——控制线圈加直流后轨道继电器上的电压（伏特）；
 X_L ——感抗器的阻抗（欧姆）；
 ϕ ——未加直流时继电器轨道线圈电压的相角；
 ϕ_1 ——加直流后继电器轨道线圈电压的相角。

由曲線可以看出，不管是从阻抗值或昇压值来看，調整范围都是比較大的。当鉄心接近飽和时，相位越前的度数也加大。但是，从实验看来，用現有鉄心，即使磁势达到 300 安匝，相位越前的度数也不超过 35°，这对二元交流轨道继电器的影响是不大的。当鉄心接近飽和时，感抗器阻抗与磁势的关系曲線变得很平直，也就是說：控制电流的增加对感抗器的阻抗影响不大，这就使得可調感抗器变得不够灵敏，不能起到調整的作用。假如拟似回路平常就很潮湿，控制线圈經常有相当大的电流，并且使鉄心接近飽和，那么，天雨时即使

控制線圈內的直流電流有一定量的增加，可調感抗器的阻抗值變化也很小，以致起不到調整作用。此時，就必須設法改變擬似回路的位置（應使擬似回路中的道木平時處於乾燥狀態），以使鐵心在平時不致飽和，或則用加大鐵心面積，減少鐵心的空氣隙、在控制線圈內加上反饋線圈等方法以使這部分曲線更為陡峭，不能很好地起到調整作用（圖10）。

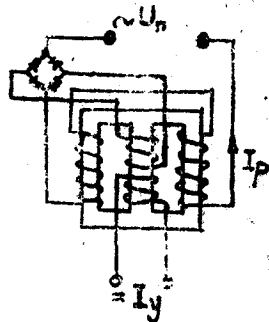


圖10. 在可調感抗器的控制線圈內加上正反饋時，可調感抗器的結構圖

六、使用中注意的問題

(1) 在皇姑屯的區間 $2T$ 上試用時，我們發現直流電源內阻過大（約15歐姆），嚴重的影響自動調壓裝置的靈敏度。由於電源內阻過大，擬似回路的位置選擇不當（在機車經常停車洒水處）且釘線過長（約60公尺），控制線圈平時就會有相當大的電流，且天雨與天晴時，控制線圈的電流變化不大，這是由於擬似回路漏阻很低而電源內阻過大，致使擬似回路漏阻的變化對控制電流不起作用。遇到此種情況時，應設法減低電源內阻或增高擬似回路的漏洩電阻（另選乾燥地方或減少釘線長度）。在皇姑屯的 $2T$ 試驗區段，後來我們另選了道床中部機車不經常停放的地方並將作為擬似回路的4.0公厘鍍鋅鐵線減少為30公尺。假如採取了這些措施而上述問題仍不能解決時，就應加大可調感抗器的鐵心，減少鐵心的空氣隙，或加一反饋線圈以增加可調感抗器的靈敏度。

(2) 在下大雨而軌道电路区段內有列車分路时，送電端將有很大的交流電流。在試用期間，最好測量一下這個電流，看是否超過軌道變壓器和感抗器交流線圈的最大容許電流。當大雨或道末內漫上水時，在各區段測量的控制線圈的直流電流應不超過控制線圈和整流器的最大容許電流。

(3) 當將通過可調感抗器的控制線圈的引出線接向釘在枕木上的鐵線時，最好用雙線接好并焊牢，再用線或布包好并把接頭釘牢在枕木的側面，以免該線被行人踏斷。為了避免作為擬似回路而釘的鐵線生鏽，與枕木的接觸不良而不起調整作用，建議該 4.0 公厘鍍鋅鐵線在每年開凍分解檢查絕緣時更換一次。經過我們在試驗期中的觀察，若每年換一次線，在雨季將不存在因該導線生鏽而造成接觸不良的問題。

(4) 假如可調感抗器兩側的交流線圈有抽頭，在使用時，兩側應用同樣多的圈數。否則，由於兩側交流磁通的不平衡，在直流線圈內將感生很大的交流電壓。

七、對軌道电路調整的建議

軌道电路自動調壓裝置的設備很簡單，對於任何用交流供電的區段均可使用，它的道理和制作技術也并不複雜。可以自行動手用土法找舊鐵心自繞線圈進行試驗和試用。若有矽鋼片時，最好把鐵心做成沒有空氣隙的“日”字形；若沒有，就用兩個“E”字形的鐵心片對插起來。

本設備只適用於交流軌道电路，對直流軌道电路的調壓問題不能解決，且在使用這項裝置時要增加不少設備。因此，筆者建議只是在軌道电路本身的電壓調整問題不能解決時再使用這項設備。我們在 1957 年去濟南、錦州、沈陽、哈爾濱、齊齊哈爾、太原、衡陽各局進行過了解，各局對於軌道繼電器上的電壓值一般都有一定的規定（如有的規定不超

过完全吸起值的35%，有的規定不超过80%，对日式二元三位軌道继电器規定不超过0.9伏特、1伏特或1.2伏特……等等）。由于这些規定，在雨季的晴天时，現場工作人員仍不敢把軌道电路的电压提高。在雨季天晴时，将軌道继电器上的电压提高一般有以下几点顧虑：①怕把继电器線圈燒坏；②怕二元軌道继电器的电容器被打穿；③怕有車“压不死”。对于第一个問題，只要提高后的继电器上的电压不超过继电器的过負載电压，继电器的線圈是不会燒坏的。对于第二个問題，铁道科学研究院的胡同光同志曾作过試驗和測試，現場現在規定的电压距电容器的击穿值还很远。对于第三个問題，我們建議給軌道电路規定一个分流电阻（如規定0.06 欧姆或0.1欧姆……等），假如电压提高后，在道床最干燥且电源电压变动为最大时，用該分路电阻檢查軌道电路区段的各处仍有分流时，我們認為，應該說軌道电路是有分流的。假如这时由于機車撒沙，鋼軌生鏽或車輛輪緣与鋼軌間存在着絕緣膜而使軌道电路“压不死”，这与电压的提高是沒有关系的。因为若輪与軌間有沙层或鏽层絕緣，即使电压仍然像原来那样低，也会“压不死”。至于輪与軌間的絕緣膜，有試驗資料說明，当电压提高时反而易于击穿絕緣膜而使輪与軌的电流导通。我們認為，假如能打破这项規定，現場有許多軌道电路只要每年进行两次（春季解冻时和入冬前）調整，放在适当的电压上，是不必每到下雨时就提高电压，天晴后又将电压降回去的。对于解冻时的电压究竟应为多少比較适合，我們建議用如下方法决定：取历年来在天雨时所采用的最高电压，在变压器上接上这个电压，当天气連日晴，道床很干燥且电源电压变动在很高时，用所規定的分路电阻在軌道区段的送电端、受电端和中央进行試驗，假如都有分流，則可認為这个电压是沒有危險的。采用这个电压就可以做到在雨季