

294045

87.1592

BLY

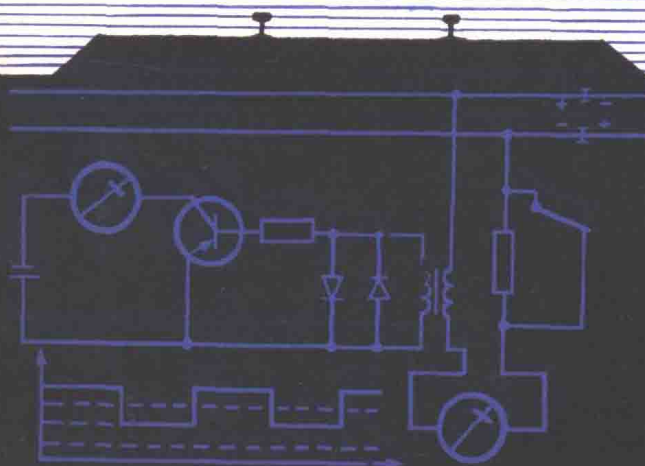
轨道电路的 分析与综合

阿·米·布列也夫

【苏】尤·阿·克拉夫琴科 合著

阿·伏·希师良柯夫

孙 铭 甫 译



中国铁道出版社

轨道电路的分析与综合

阿.米.布列也夫

〔苏〕 尤.阿.克拉夫错夫 合著

阿.伏.希师良柯夫

孙铭甫 译

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

ТЕОРИЯ УСТРОЙСТВО И РАБОТА
РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

А.М.Брилеев, Ю.А.Кравцов, А.В.Шишляков

(издание второе, переработанное и
дополненное)

《ТРАНСПОРТ》

Москва 1978

轨道电路的分析与综合

[苏]阿.米.布列也夫等著

孙铭甫 译

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈广存

封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168 $\frac{1}{16}$ 印张: 12.75 字数: 333 千

1981年6月第1版 1981年6月第1次印刷

印数: 0001—2,500 册 定价: 1.60 元

译者的话

在这本书之前，系统地介绍轨道电路的书，苏联铁路运输出版社出版过两本。一本是在1952年，为阿·米·布列也夫和伯·斯·梁赞切夫合著，另一本是在1961年，著者是涅·弗·科特拉列克。两书均有中译本，书名均为《轨道电路》。本书为布列也夫对其前著《轨道电路》的修订本，也即为前一本书的第二版。

本书总结了前两本书出版以来苏联在轨道电路方面的研究成果，补充了一些新的内容，提出了进一步发展的方向，反映了苏联铁路工作者在轨道电路研究方面的当前水平。

本书在轨道电路的理论分析与综合方面，提出了一些新的见解。特别是在轨道电路的综合方面，提出利用电子计算机进行轨道电路长度计算的算法程序，可供设计新型轨道电路时参考。

本书对无绝缘轨道电路的理论分析与实际应用阐述比较详细，探讨了结合无绝缘轨道电路设计无地面信号机自动闭塞的可能性及有关理论问题，是向列车运行自动控制设备过渡的一个有希望的发展方向。

电化区段牵引电流对轨道电路工作的影响是向电气牵引过渡时需要解决的一个重要问题。本书在这方面进行了系统的理论分析，并重点介绍了在交流电化区段采用25赫交流电码轨道电路与相敏轨道电路的优越性及有关问题，可供我国发展电气化铁路时参考。

本书的主要目的是在系统介绍轨道电路理论的同时，重点总结近些年来轨道电路方面的主要研究成果，所以在不少的问题上仅给出了结论或最终计算公式，若需要进一步了解其推导过程，须参阅书末所列的有关参考文献。

本书原名《Теория, Устройство и Работа Рельсовых

Цепей》，直译为《轨道电路的理论，设备与工作》，书名比较长，不太符合汉语习惯。因此，结合本书内容，译为《轨道电路的分析与综合》。此外，轨道电路的“调整状态”，本书改叫“正常状态”。电化区段接触网的“杆塔”，本书译作“电杆”或“支柱”。

由于译者水平所限，译文可能存在不妥之处，希读者批评指正。

本书译出后经胡跃华同志提出宝贵意见，在此表示感谢。

著 者 序

自从本书第一版问世以来，又有不少新型轨道电路出现，这样就使轨道电路的理论及计算、研究与设计方法有了进一步发展。例如，对不对称轨道电路之绝对分路灵敏度的求法，以及相邻轨道电路之间互相干扰和产生危险性影响的计算方法都是新研究出来的。

过去计算分路灵敏度的公式是在认为列车分路为一纯电阻的前提下推导出来的，但是，近年来的研究表明，更为一般地说（特别是在高频情况下），它应当是一个复量。因此，在将列车分路作为复数阻抗看待时计算分路灵敏度的公式已经被推导出来了；求最小分路灵敏度地点的方法，以及其他一些计算分路状态的方法也得到了改善。

在组织高速列车运行和一系列其他情况下，用连续式自动机车信号装置实现列车运行的间隔调整比较有利，因此，近年来在使用机车接收器的轨道电路方面所研究的理论与设备问题具有特别重要的意义。

随着列车运行密度的提高，牵引电流负荷也增大了，为了改善供电设备的工作状况和提高防护地下设备免受杂流电蚀之各种措施的效果起见，应当在轨道电路上增设附加的连接线，但是，这样一来，就使轨道电路的工作条件变坏了。因此，对这种情况下的轨道电路的工作条件进行分析研究具有重大的实际意义。此外，轨道电路受电化学效应影响的计算方法及推荐的防护措施，对于自动闭塞装置的运营来说也是极其重要的。

在改善列车运行间隔调整制度方面，一个很有希望的发展方向是对无绝缘轨道电路的研究，包括使用电压式与电流式轨道接收器的无绝缘轨道电路，以及带有谐振隔离器的无绝缘轨道电

路。

近年来25赫相敏轨道电路得到了广泛的发展，同时进行了在这种轨道电路中采用电子式相敏轨道接收器的研究工作。频率式自动闭塞与多显示自动机车信号用的轨道电路已经研制出来，并已进入实用阶段。

在牵引电流谐波对轨道电路工作的影响方面所获得的研究成果，以及关于提高轨道电路工作稳定度的建议，也是具有重要意义的。平交道口、地下铁道和半自动闭塞区段用以监督车站股道空闲的轨道电路，在工作上都存在着一系列特殊的地方。

本书的主要目的是对现有的和即将研制成功的轨道电路，在理论、测试、设备及工作方面所存在的全部主要问题进行分析研究。本书若能对铁路自动控制与远程控制方面从事轨道电路工作的科研人员和工程技术人员在工作中提供一些实际帮助，作者就认为是自己的任务完成了。

本书第五章、第六章和第七章（V.3与VI.4两节除外），第III.1~III.3节，第III.5和III.6节，第IV.1~IV.7节，第X.1~X.3节为阿·米·布列也夫教授所写。

第一章、第二章、第八至十一章（II.1与X.1~X.3四节除外），第III.4，III.7~III.9节，第IV.8~IV.12节，第V.3节，第VI.4节，第XIV.3节为尤·阿·克拉夫错夫教授所写。

第十三章和第II.1节为阿·优·希师良柯夫副博士所写。

第七章是由阿·米·布列也夫教授和尤·阿·克拉夫错夫教授共同执笔。

第十四章（XIV.3节除外）是由尤·阿·克拉夫错夫教授和副博士阿·伏·希师良柯夫共同执笔。

作者对曾经参加本书讨论的列宁格勒铁道学院自动控制与远程控制教研室的同事们表示感谢。

目 录

本书所用字母代号.....	1
第一章 轨道电路的分类与工作规范.....	6
I .1. 轨道电路的种类.....	6
I .2. 轨道电路的工作状态.....	17
I .3. 轨道电路的工作规范.....	22
第二章 钢轨线路的一次参数.....	30
II .1. 钢轨阻抗.....	30
II .2. 轨道漏阻.....	35
II .3. 钢轨线路绝缘阻抗的等效电路.....	39
II .4. 钢轨线路一次参数的测量方法.....	41
II .5. 表面电导系数的确定方法.....	44
第三章 轨道电路工作规范的计算.....	45
III .1. 轨道电路的等效电路.....	45
III .2. 过载系数的计算.....	55
III .3. 对断轨灵敏度的计算.....	58
III .4. 计算绝对分路灵敏度的基本公式.....	62
III .5. 计算一元接收器式轨道电路的绝对分路灵敏度.....	70
III .6. 相敏接收器式轨道电路的绝对分路灵敏度.....	72
III .7. 计算轨道电路对标准分路的灵敏度.....	77
III .8. 当列车分路为复数阻抗时计算轨道电路的绝对分路灵敏度.....	83
III .9. 轨道电路相互影响时的工作规范.....	85
第四章 钢轨线路四端网的参数.....	90
IV .1. 沿钢轨线路的电流与电压方程式.....	90
IV .2. 求钢轨完整时轨道四端网系数的方法.....	94

IV.3. 求断轨时轨道四端网系数的方法	100
IV.4. 钢轨线路在断轨状态时的等效电路	106
IV.5. 轨道扼流圈中点与大地之间的输入阻抗	107
IV.6. 轨道四端网系数的一般公式和轨道电路函数	110
IV.7. 用集中参数电路图代替钢轨线路时的轨道四 端网系数	113
IV.8. 当有轨间横向连接线和牵引电流回线时的轨道 四端网系数	116
IV.9. 有机车接收器的轨道四端网系数	121
IV.10. 求断轨状态下轨道四端网参数的一般公式	125
IV.11. 不对称轨道电路相互影响的计算方法	128
IV.12. 邻线钢轨连接起来时等效轨道四端网系数的 计算法	137
第五章 轨道电路工作规范之临界值的计算	140
V.1. 关于轨道电路之临界特征的一般概念	140
V.2. 求轨道电路分路灵敏度之临界特征的方法	142
V.3. 轨道电路分路灵敏度的临界特征	146
V.4. 断轨灵敏度之临界特征的计算方法	154
V.5. 计算断轨状态临界特征的相对传递阻抗法	159
V.6. 断轨灵敏度临界特征的研究结果	164
第六章 轨道电路的综合	170
VI.1. 轨道电路综合的任务	170
VI.2. 最大允许长度的分类	172
VI.3. 最大允许长度的计算	174
VI.4. 对相敏接收器式轨道电路进行综合的特点	183
VI.5. 轨道电路综合的结果	187
第七章 无绝缘轨道电路	192
VII.1. 无绝缘轨道电路的特点	192
VII.2. 钢轨完整时的轨道四端网系数	197
VII.3. 断轨时的轨道四端网系数	201

Ⅶ.4. 使用电流轨道接收器时轨道四端网的系数	206
Ⅶ.5. 无绝缘轨道电路分路灵敏度的计算	208
Ⅶ.6. 用电流式轨道接收器的无绝缘轨道电路的危险区段长度的计算	216
Ⅶ.7. 无绝缘轨道电路基本工作状态的研究	218
Ⅶ.8. 无绝缘轨道电路的综合	223
Ⅶ.9. 带机车接收器的无绝缘轨道电路的轨道四端网系数	226
Ⅶ.10. 计算无绝缘轨道电路各种工作状态的通用公式	233
Ⅶ.11. 带机车接收器的无绝缘轨道电路的工作规范	235
Ⅶ.12. 电容补偿式无绝缘轨道电路	242
第八章 谐振隔离式轨道电路	252
Ⅷ.1. 谐振隔离器的等效电路	252
Ⅷ.2. 谐振隔离器的评价指标	253
Ⅷ.3. 谐振隔离式轨道电路的计算方法	255
第九章 使用电子式相敏接收器的轨道电路	259
Ⅸ.1. 电子式相敏电路	259
Ⅸ.2. 轨道接收器的二极管相敏电路的计算方法	261
Ⅸ.3. 轨道电路的电子式相敏接收器的工作特点	265
第十章 直流电力牵引区段的轨道电路	267
X.1. 区间电码轨道电路的电路图	267
X.2. 电码轨道电路的器件参数	268
X.3. 电码轨道电路的调整及基本计算值	276
X.4. 使用二元轨道继电器的双轨条轨道电路的设备	280
X.5. 使用 JCH-12型继电器的轨道电路器件参数	286
X.6. 使用 JCH-12型继电器的轨道电路的调整与主要计算数据	289
X.7. 一端装有扼流变压器的双轨条轨道电路	292

X.8. 分歧式轨道电路	293
X.9. 单轨条轨道电路的设备	296
X.10. 地下铁道的轨道电路	302
第十一章 交流电力牵引区段的轨道电路	307
XI.1. 信号电流频率与轨道电路型式的选择	307
XI.2. 轨道电路两端负荷与扼流变压器型式的选择	311
XI.3. 区间用的75赫交流电码轨道电路	314
XI.4. 25赫交流电码轨道电路	319
XI.5. 采用25赫的信号电流时, 相敏轨道电路的供 电系统与ДCIII型继电器的特性	325
XI.6. 带有两个扼流变压器的25赫相敏轨道电路	330
XI.7. 一端装有扼流变压器的, 单轨条和分歧式25 赫相敏轨道电路的特点	333
XI.8. 两种电力牵引制度衔接站上的25赫相敏轨道 电路	335
XI.9. 车站上的75赫交流轨道电路	337
第十二章 内燃牵引区段的轨道电路	339
XII.1. 区间用直流脉冲轨道电路	339
XII.2. 站内直流轨道电路	344
XII.3. 使用一元式轨道接收器的50赫交流轨道电路	346
XII.4. 站内50赫相敏轨道电路	348
XII.5. 轨道继电器局部线圈回路中带有补偿电容 器的50赫相敏轨道电路	350
XII.6. 进路控制装置车站上的阀式轨道电路	353
第十三章 频率自动闭塞与自动机车信号装置的轨道电 路	359
XIII.1. 频率自动闭塞与自动机车信号轨道电路的 设备	359
XIII.2. 信号频率的产生	360
XIII.3. 轨道电路供电端的器件	364

XIII.4. 轨道电路继电器端的器件	367
XIII.5. 连续供电式75赫轨道电路	369
第十四章 牵引电流对轨道电路工作的影响	373
XIV.1. 计算牵引电流影响的一般公式	373
XIV.2. 钢轨线路绝缘良好情况下计算牵引电流 干扰的公式	378
XIV.3. 来自一个供电臂内所有机车的牵引电流谐 波的干扰电平的计算	380
XIV.4. 在连接牵引变电所回流线的轨道电路上, 牵引电流谐波影响的计算公式	385
XIV.5. 牵引电流谐波干扰电平的研究	388
参考文献	391

本书所用字母代号

- A, B, C, D — 在正常状态下的轨道四端网系数;
 $A_{\text{Ш}}, B_{\text{Ш}}, C_{\text{Ш}}, D_{\text{Ш}}$ — 在分路状态下的轨道四端网系数;
 $A_{\text{KO}}, B_{\text{KO}}, C_{\text{KO}}, D_{\text{KO}}$ — 在断轨检查与断轨时的轨道四端网系数;
 A_K, B_K, C_K, D_K — 在钢轨线路终端的四端网系数;
 A_H, B_H, C_H, D_H — 在钢轨线路始端四端网系数;
 U_H, I_H — 在钢轨线路始端的电压与电流;
 U_{KH}, I_{KH} — 在正常状态的最不利条件下, 钢轨线路终端的电压与电流;
 U_{PH}, I_{PH} — 在正常状态的最不利条件下, 轨道接收器中的电压与电流;
 U_{KO}, I_{KO} — 在断轨状态下, 钢轨线路终端的电压与电流;
 U_{PO}, I_{PO} — 在断轨状态下, 轨道接收器中的电压与电流;
 $U_{K\text{Ш}}, I_{K\text{Ш}}$ — 在分路状态下, 钢轨线路终端的电压与电流;
 $U_{P\text{Ш}}, I_{P\text{Ш}}$ — 在分路状态下, 轨道接收器中的电压与电流;
 $U_{KH\Phi}, I_{KH\Phi}$ — 在正常状态的实际(任意)条件下, 钢轨线路终端的电压与电流;
 $U_{PH\Phi}, I_{PH\Phi}$ — 在正常状态的实际(任意)条件下, 轨道接收器中的电压与电流;
 U_P, I_P — 轨道接收器的工作电压与电流;
 U'_P, I'_P — 轨道接收器工作时, 钢轨线路终端的

- 电压与电流;
- U_{PI}, I_{PI} — 相敏轨道电路的轨道接收器, 在理想相位条件下的工作电压与电流;
- U'_{PI}, I'_{PI} — 相敏轨道电路在理想相位条件下, 钢轨线路终端的电压与电流;
- U_{KI}, I_{KI} — 理想相位条件下, 钢轨线路终端的电压与电流;
- I_{BHI} — 轨道接收器的可靠返还电流 (继电器的可靠落下电流, 继电器的可靠不吸起电流, 电子式门电路的可靠不工作电流);
- I'_{BHI} — 在上述条件下, 钢轨线路终端的电流;
- I_{BHI} — 在理想相位条件下, 相敏接收器的可靠返还电流;
- I'_{BHI} — 在上述情况下, 钢轨线路终端的电流;
- $I_{ЛН}, I_{ЛК}, I_{ЛШ}$ — 在正常状态、断轨状态和分路状态的最坏条件下, 机车接收器的电流;
- I_{TK} — 电流式轨道接收器的输入端电流;
- $\beta_P, \beta_{PШ}, \beta_{PK}$ — 在正常状态、分路状态和断轨状态下, 相敏接收器的轨道线圈中信号的实际相位与理想相位之间的偏差;
- $E_{\mathcal{E}}, I_{\mathcal{E}}$ — 等效发电机的电动势与电流;
- z, r — 钢轨的比阻抗和比电阻;
- φ — 钢轨阻抗的幅角;
- $\varphi_{П0}, \varphi_{ПОН}, \varphi'_{ВХН},$
- $\varphi_{ПОК}, \varphi_{\mathcal{E}Ш}, \varphi_{ВХК}$ — 相应阻抗的幅角;
- N — 考虑到元件参数离散、电源电压波动、接收器返还系数等因素的轨道电路器件系数;
- K_{OP} — 轨道接收器的断轨灵敏度规范;

$K_{\text{ШН}}$	——轨道接收器对标准分路的灵敏度规范;
$K_{\text{ЛОР}}, K_{\text{ЛШН}}$	——机车接收器对断轨及标准分路的灵敏度规范;
$K_{\text{ТОР}}, K_{\text{ТШН}}$	——电流接收器对断轨及标准分路的灵敏度规范;
K_{Π}	——在正常状态的最不利条件下, 过负荷系数的最小值;
$K_{\Pi\Phi}$	——在实际(任意)条件下, 过负荷系数的最小值;
$k_{\text{Э}}$	——轨道接收器的贮备系数;
$k_{\text{ВН}}$	——接收器的可靠返还系数;
$k_{\text{Н}}$	——电源电压波动系数;
$k_{\text{ТК}}$	——钢轨线路终端的电流衰减系数;
ρ	——表面电导系数;
E	——大地电阻常数;
$E_{\text{Ш}}$	——分路状态参数;
n	——变压比;
γ	——钢轨线路中的传播常数;
γ_1	——接地系统的传播常数;
α	——钢轨线路的衰耗系数;
β	——钢轨线路的相移系数;
l	——钢轨线路的长度;
$z_{\text{М}}$	——钢轨线路互感引起的比阻抗;
$Z_{\text{Р}}, R_{\text{Р}}$	——轨道接收器阻抗;
$Z_{\text{В}}, R_{\text{В}}$	——钢轨线路的特性阻抗;
$r_{\text{Н}}$	——比道碴漏阻;
$r_{\text{НК}}$	——比临界道碴漏阻;
g	——钢轨线路绝缘的比电导;
g_1, g_2	——第一根钢轨与第二根钢轨对地绝缘的

- 比电导;
- g_{12} — 钢轨线路绝缘的表面电导;
- Z_{Π} — 在正常状态的最不利条件下, 轨道电路之一般等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi\text{ш}}, Z_{\Pi\kappa}$ — 在分路状态与断轨状态的最不利条件下, 轨道电路之一般等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi\phi}, Z_{\Pi\text{ш}\phi}, Z_{\Pi\kappa\phi}$ — 在正常状态、分路状态和断轨状态的实际(任意)条件下, 轨道电路之一般等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o}$ — 在正常状态的最不利条件下, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o\kappa}$ — 在断轨状态的最不利条件下, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o\text{ш}}$ — 在分路状态的最不利条件下, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o\text{шн}}$ — 在分路状态的最不利条件下加以标准分路时, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o}, Z_{\Pi o\kappa}, Z_{\Pi o\text{шн}}$ — 在正常状态、断轨状态的最不利条件下和在分路状态的最不利条件下加以标准分路时, 轨道电路之基本等效电路对机车接收器的传递阻抗;
- $Z_{\text{т}\Pi o}, Z_{\text{т}\Pi o\kappa}$ — 在正常与断轨状态的最不利条件下, 轨道电路之基本等效电路对电流式接收器的传递阻抗;
- $Z_{\Pi o\phi}, Z_{\Pi o\kappa\phi},$
 $Z_{\Pi o\text{ш}\phi}, Z_{\Pi o\text{шн}\phi}$ — 在实际(任意)条件下, 正常状态、断轨状态、分路状态和在加以标准分路时, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;

- $Z_{\text{ном}}$ — 在正常状态和相敏接收器中为理想相位关系时, 轨道电路之基本等效电路的传递阻抗;
- $Z_{\text{эш}}$ — 在对分路效应最不利的条件下, 列车分路接近与生效点之间的输入阻抗;
- $R_{\text{ш}}$ — 轨道电路的绝对分路灵敏度;
- $R_{\text{шп}}, R_{\text{шр}}$ — 轨道电路供电端与继电器端的绝对分路灵敏度;
- $R_{\text{шн}}$ — 标准列车分路电阻;
- $Z'_{\text{бхн}}$ — 钢轨线路始端器件的反向输入阻抗;
- $Z_{\text{бхк}}$ — 钢轨线路终端器件的输入阻抗;
- $Z_{\text{бхо}}$ — 钢轨线路两端的公共输入阻抗, 即
 $Z'_{\text{бхн}} = Z_{\text{бхк}} = Z_{\text{бхо}};$
- $Z_{\text{бх}}$ — 钢轨线路的输入阻抗;
- $Z_{\text{нбх}}, Z_{\text{кбх}}$ — 在钢轨线路始端与终端, 扼流变压器中点与地之间的输入阻抗;
- $\Phi_{\text{н}}(\varphi), \Phi_{\text{ш}}(\varphi)$ 和 $\Phi_{\text{к}}(\varphi)$ — 相敏接收器($\Phi\Pi\Pi$) 在正常状态、分路状态和断轨状态时的相位函数;
- F_{ϕ} — 相敏接收器($\Phi\Pi\Pi$) 的幅相函数;
- $y_{\text{нш}}$ — 机车接收器对标准分路的无感区段。