

129767

371521273
PFR

有线通信电气技师手册

Г.М.皮夫考编

人民铁道出版社

有綫通信电气技师手册

Г. М. 皮 夫 考 編

陈 庆 凱 等 譯

王 明 鑑 校

人 民 鉄 道 出 版 社

一九五九年・北京、

本書列出了裝設和維護通信室內設備和綫路設備所必須的技術知識和數據。

本書可供通信部門的技術人員和工人作為業務上的參考。

本書的第一篇由陳慶凱、陳技洪翻譯，第二、第三篇由宓冠泉、楊再同翻譯；第四篇由徐秀蘭翻譯。全書由王明鑑校閱。

有綫通信電氣技師手冊

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ПРОВОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СВЯЗИ

蘇聯 Г. М. ПИВКО 編

蘇聯國家鐵路運輸出版社(1955年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1955

陳慶凱等譯

王明鑑校

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

北京市印刷一廠印

(北京市西便門南大道乙1號)

書號1299 開本850×1168 $\frac{1}{16}$ 印張15 $\frac{1}{4}$ 插頁5 字數381千

1959年3月第1版

1959年3月第1版第1次印刷

印數0,001—4,500冊 定價(9)2.00元

前 言

铁路运输上的有线通信是在广泛采用现代的多路高频电话机械系统及音频、超音频电报系统；采用新型结构的长途通信电缆线路；使市内及长途通信普遍自动化；以及装备新的铁路专用通信机械等基础上发展起来的。

在发展苏联国民经济的第六个五年计划中所规定的运输量的增长，要求在运用新技术的基础上进一步发展与改善有线通信的质量。

在本手册中介绍了与铁路有线通信机械及线路有关的技术维护的基本规则及数据。

目 录

前 言

第一篇 通信线路	1
1. 通信回路的电特性	1
2. 架空通信线路的分类、型式和结构元件	35
3. 通信电缆线路	123
4. 敷设电缆线路的基本规则和标准	153
5. 防止通信回路和通信设备受到危险 的和干扰的影响	173
6. 通信线路中容许的干扰定额	174
7. 电话回路的交叉	177
8. 通信电缆的平衡	187
9. 电缆的防蚀	200
10. 防护器件的型式和电的性能	200
11. 接地装置	203
第二篇 电话和电报通信	221
1. 铁路有线通信	221
2. 长途电话通信	228
3. 铁路专用电话通信系统	300
4. 机-线室设备	344
5. 长途电话所	356
6. 车站地区电话通信	365
7. 电报通信	404
第三篇 通信设备的电源	445
第四篇 补充资料	467
附 录	492

第一篇 通信綫路

1. 通信回路的电特性

單綫和双綫的架空和电纜通信回路，具有以下四个基本电特性：有效电阻、电感、电容及絕緣电导。

这些数值称为通信回路的一次参数。

这四个一次参数都不是常数，因为它们的数值会随着通信綫路的物理状态而改变。

單綫回路的一次参数值通常按照一公里長的單根导綫来計算，而双綫回路的一次参数則按一公里長的兩条导綫来計算。

按照下列公式，可求得架空通信綫路的一次参数：

1. 單綫架空綫路的直流电阻

$$R_0 = \rho \frac{1275}{d^2} \text{ 欧/公里,}$$

而双綫架空綫路的直流电阻

$$R_0 = \rho \frac{2550}{d^2} \text{ 欧/公里。}$$

式中 d ——导綫直徑（公厘）；

ρ ——金屬的比阻（欧·公厘²/公尺），在 $t=20^\circ\text{C}$ 时，其数值对銅而言是 0.0175，对普通鉄而言則为 0.138，含銅鉄則为 0.146。

当溫度不是 $+20^\circ\text{C}$ 时，回路电阻决定于公式

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)] \text{ 欧/公里,}$$

式中 α ——溫度系数，对銅來說等于 0.004，鉄則为 0.0046；

t ——計算回路电阻时的溫度； t 值的符号应与溫度的符号相一致。

双綫回路在各种溫度下的直流电阻值列于表 1 中。

表 1

双綫回路的直流电阻 R_0 (欧/公里)

溫 度 (°C)	回 路					
	銅		双金屬	鉄		
	导 綫 直 徑 (公厘)					
	3	4	4	3	4	5
+40	5.44	3.16	6.98	43.66	24	15.38
+30	5.24	2.96	6.70	40.88	23	14.72
+20	5.04	2.84	6.44	39.10	22	14.08
+10	4.84	2.74	6.18	37.30	21	13.44
0	4.64	2.62	5.92	35.50	20	12.78
-10	4.44	2.50	5.64	33.78	19	12.18
-20	4.24	2.40	5.38	32.00	18	11.52
-30	4.06	2.28	5.12	30.20	17	10.88
-40	3.86	2.16	4.86	28.42	16	10.24

鉄綫和銅綫双綫回路的有效交流电阻

$$R_{\sim} = R_t [1 + F_{(x)}] \text{ (欧/公里),}$$

式中 R_t ——在溫度 t 时的回路直流电阻;

$F_{(x)}$ ——考虑表面效应 (集膚效应) 影响的系数, 該值决定于数值

$$x = 7.09 \sqrt{\frac{\mu f}{R_t \times 10^4}},$$

式中 μ ——导磁系数, 对于銅來說 $\mu=1$, 对于鉄來說, $\mu=120$;
 f ——頻率 (赫)。

知道 x 值以后, $F_{(x)}$ 的数值可根据表 6 来决定。

双金屬綫回路的有效电阻

$$R_{\sim} = \frac{R_{cm} R_M}{R_{cm} + R_M} N \text{ 欧/公里,}$$

式中 R_{cm} 和 R_M 分別是鉄心和銅壳的直流电阻。

原 书 缺 页

原 书 缺 页

出的数值。

直径为 1.15, 1.55 和 1.8 公厘的铝质电缆心线分别等效于直径为 0.9, 1.2 和 1.4 公厘的铜质心线。

当温度在 $t^{\circ}\text{C}$, 而不是在 20°C 时, 可根据第 1 页所例出的公式来计算电阻。

频率在 3 千赫以下时, 电缆心线对的有效电阻实际上与心线对直流电阻相等。

当频率超过 3 千赫时, 电缆心线对的有效电阻由下列公式来决定:

$$R_{\sim} = R_0 \left[1 + F(x) + \frac{q G(x) \left(\frac{d_0}{a} \right)^2}{1 - H(x) \left(\frac{d_0}{a} \right)^2} \right] \text{欧/公里},$$

式中 $F(x)$, $G(x)$ 和 $H(x)$ ——考虑表面效应及邻近效应影响的系数, 其值可根据 x 值 (见第 2 页) 按照表 6 来决定;

d_0 ——裸心线的直径 (公厘);

a ——两根心线中心间的距离 (公厘);

q ——考虑扭绞程式的系数, 其值列于表 3。

当频率高于 30 千赫时, 在按上列公式求得的有效电阻值中,

表 3

修正系数值 q

扭 绞 程 式	回 路 型 式	系数 q 的数值
对 绞	实 路	1
星 绞	实 路	5
	幻 路	1.6
双 对 绞	实 路	2
	幻 路	3.5

还须增加消耗在鄰近綫对和电纜鉛皮上的附加电阻:

$$\Delta R = R_1 \sqrt{\frac{f}{200000}} \text{ 欧/公里,}$$

式中 R_1 ——当 $f=200$ 千赫时, 与在相鄰四綫組或电纜鉛皮中的損耗相等效的电阻, 按表 4 来确定。

表 4

$f=200$ 千赫时, 由于在相鄰四綫組及鉛皮中的損耗而引起的在回路中的附加电阻值

引起回路 附加电阻 的原因	每層內四綫 組的数目	回路的附加电阻 R_1 (欧/公里)							
		实 綫				幻 綫			
		層							
		第一層	第二層	第三層	第四層	第一層	第二層	第三層	第四層
在鄰近四綫組中的損耗	1	0	—	—	—	0	—	—	—
	1+6	8	7.5	—	—	1.2	1.2	—	—
	1+6+12	8	7.5	7.5	—	1.2	1.2	1.2	—
	1+6+12+18	8	7.5	7.5	7.5	1.2	1.2	1.2	1.2
在鉛皮中的損耗	1	2.2	—	—	—	5.7	—	—	—
	1+6	1.5	5.5	—	—	0.5	1.7	—	—
	1+6+12	0	0	1.0	—	0	0	0.7	—
	1+6+12+18	0	0	0	1.0	0	0	0	0.5

幻路的有效电阻:

$$R_{ucx} = \frac{1}{2} R_{ocn}.$$

2. 电纜双綫回路的电感 (心綫綫对):

$$L = \lambda \left[4 \ln \frac{2a - d_0}{d_0} + Q_{(x)} \right] 10^{-4} \text{ 亨/公里,}$$

式中 a ——兩导綫中心間的距离 (公分);

d_0 ——裸心綫的直径 (公分);

$Q_{(x)}$ ——考虑表面效应影响的系数, 其值根据 x 值依照表 6 来确定;

λ ——扭絞系数。

電纜雙綫回路的電感與電纜心綫的直徑及它的扭絞方式有關；各種不同型式通信電纜的電感值如表 5 所示。

表 5

電纜回路的電感

電 纜 用 途	扭 絞 方 式	心綫直徑 (公厘)	電 感 量 (毫亨/公里)
用于地区電話網	空氣-紙絕緣， 對絞	0.5~0.7	0.6~0.55
用于區紐內長途通信綫路的電纜化及中繼綫	紙繩絕緣，星絞	0.8~1.4	0.75~0.7
用于長途通信綫路	多路通信制，星絞	1.2	0.82~0.78

由星絞四綫組所構成的幻綫回路的電感

$$L_{uck} = 0.7 L_{ocn} \text{ 亨/公里,}$$

而由雙對絞四綫組所構成的幻綫回路的電感

$$L_{uck} = 0.4 L_{ocn} \text{ 亨/公里.}$$

3. 對絞及星絞雙綫回路的工作電容

$$C_p = \frac{\lambda \epsilon 10^{-6}}{36 \ln \frac{D}{d_0}} \text{ 法/公里,}$$

式中 ϵ ——混合絕緣體的介電常數；

d_0 ——裸心綫的直徑 (公厘)；

D ——電纜二綫組或四綫組的直徑 (公厘)；對於對絞的心綫綫對而言 $D = 1.65 d_1$ ；當心綫扭絞成星型四綫組時 $D = 2.41 d_1$ ，

d_1 ——已絕緣的心綫的直徑 (公厘)；

α ——考慮相鄰綫對影響的系數，其值可用實驗的方法來確定；對於對絞而言，系數 $\alpha = 0.94$ ；對星絞而言， $\alpha = 0.75$ ，對雙對絞而言， $\alpha = 0.65$ 。

表 6

系数 $F_{(x)}$, $G_{(x)}$, $H_{(x)}$, $Q_{(x)}$ 的数值

x	$F_{(x)}$	$G_{(x)}$	$H_{(x)}$	$Q_{(x)}$
0	0	$\frac{x^4}{64}$	0.0417	1
0.5	0.000326	0.000975	0.042	0.9998
1.0	0.00519	0.01519	0.053	0.997
1.5	0.0258	0.0691	0.092	0.987
2.0	0.0782	0.1724	0.169	0.961
2.5	0.1756	0.295	0.263	0.913
3.0	0.318	0.405	0.348	0.845
3.5	0.492	0.499	0.416	0.766
4.0	0.678	0.584	0.466	0.686
4.5	0.862	0.669	0.503	0.616
5	1.042	0.755	0.530	0.556
7	1.743	1.109	0.596	0.400
10	2.799	1.641	0.643	0.282
>10	$\frac{\sqrt{2} \cdot x - 3}{4}$	$\frac{\sqrt{2} \cdot x - 1}{8}$	$\frac{1}{4} \left[\frac{3\sqrt{2} \cdot x - 5}{\sqrt{2} \cdot x - 1} - \frac{2\sqrt{2}}{x} \right]$	$\frac{2\sqrt{2}}{x}$

根据实际經驗所规定的各种电纜介电常数 ε 的数值列于表 7 中。

表 7

各种电纜的介电常数 ε

电 纜 用 途	心 綫 絕 緣	ε 值	
		变动范围	平均 值
用于铁路樞紐內的地区电话通信	空气-紙絕緣	1.55~1.65	1.6
	棉紗絕緣	1.65~1.75	1.7
用于铁路樞紐內長途通信綫路的 电纜化及介入电纜	紙繩絕緣	1.45~1.55	1.5
長途通信綫路	紙繩絕緣	1.35~1.45	1.4
	聚苯乙烯塑料繩絕緣	1.2~1.3	1.25

电纜回路工作电容的平均值列于表 8 中。

表 8

電纜回路的工作電容

電 纜 用 途	扭 絞 方 式	心 綫 直 徑 (公 厘)	電 容 平 均 值 (微法/公 里)
用于鐵路樞紐中的地區電話通信	空氣-紙絕緣, 對絞	0.5	0.05
		0.6	0.039~0.041
		0.7	0.040~0.042
用于鐵路樞紐中長途通信綫路的 電纜化及介入電纜	紙繩絕緣, 星絞	0.8	0.033~0.036
		0.9; 1; 1.2; 1.4	
用于長途通信綫路	紙繩絕緣, 星絞	1.2	0.0265
	聚苯乙烯塑料絕緣, 星絞	1.2	0.0235

人工回路(幻路)的電容大于實綫回路的電容。如果幻路由星絞四綫組所組成的, 那末它的電容值可用下列公式來確定

$$C_{\text{иск}} = 2.7 C_{\text{осн}},$$

而由雙對絞四綫組所組成的幻路的電容

$$C_{\text{иск}} = 1.63 C_{\text{осн}}.$$

4. 電纜心綫綫對的直流絕緣電導很小, 其值為 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ 姆/公里。

雙綫電纜回路的交流絕緣電導

$$G_{\sim} = \omega C \operatorname{tg} \delta,$$

式中 C ——電纜心綫綫對的工作電容 (法/公里);

$\operatorname{tg} \delta$ ——絕緣物介質損耗角的正切;

$\omega = 2\pi f$ ——角頻率 (赫)。

各種頻率下的 $\operatorname{tg} \delta \times 10^{-4}$ 值列于表 9 中。

均勻和不均勻的通信回路。所謂均勻的通信回路, 是指它的電特性——電阻、電感、電容及絕緣電導——在回路的全部長度上是相同的。

如果通信路由幾段不同型式的均勻回路組成 (例如架空和電纜回路), 那末這種回路就稱為不均勻回路。

表 9

電纜介質損耗角的正切 ($\text{tg}\delta \times 10^{-4}$)

f (千赫)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	150
空氣-紙絕緣	55	60	70	78	83	92	96	102	108	110	115	118	126
空氣-聚苯乙烯塑料絕緣	2.5	3.0	3.5	4.0	4.25	4.5	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0

假使在回路的全部長度上，導綫具有同樣的直徑，用同樣金屬做成，同時導綫間的距离相同，那末回路在實際上就是均勻的。

電磁能沿通信回路以電磁波的形式來傳播，而電磁波是電荷以某一有限速度沿導綫移動時所產生的、相互聯系的電場與磁場的總和。

電磁波的特征可用電壓值、電流值、振盪頻率及傳播速度來表示。

電磁波在一個週期內所傳播的距离稱為波長。

電磁波沿均勻通信回路導綫的傳播過程可以用下列方程式來表示

$$U_1 = AI_2 + BI_2;$$

$$I_1 = CU_2 + AI_2;$$

$$A^2 - BC = 1,$$

式中 $A = \text{ch}\gamma l$; $B = Z \text{sh}\gamma l$; $C = \frac{1}{Z} \text{sh}\gamma l$ ——係數;

$\gamma = \beta + j\alpha$ ——復數傳播常數，在電磁波傳播時說明衰耗現象和決定相移;

β ——衰耗常數，說明當電磁波沿回路傳播 1 公里距離時，電壓及電流振幅所減少的數值 (奈批/公里);

α ——相移常數，由電磁波沿回路傳播 1 公里時電壓及電流矢量間的相位移來確定 (奈批/公里); 決定回路終端電壓或電流落后於回路始端電壓與電流的數值;

Z ——波阻抗，即当电磁波传播时，在均匀回路的每一点上所遇到的阻抗，其绝对值以欧计；

U_1, I_1 ——回路输入端的电压及电流；

U_2, I_2 ——在负载阻抗等于回路波阻抗的条件下，回路输出端的电压及电流。

随着电磁波的传播，它的电流及电压振幅逐渐减小，或者说按照 $e^{-\beta x}$ 的规律而衰减，式中 e 是自然对数的底； x 是从回路始端到观察点的距离；与此同时，电压相位及电流相位的变化值等于 αx 。

如果回路有 l 公里长，则数值 βl 称为回路的固有衰减，并以奈批来计量。传播常数、衰耗常数、相移常数及波阻抗全面地决定了电磁波沿均匀回路传输的过程，并把它們称为波参数或二次参数。

作用在回路始端的电压与电流的比值就是它的输入阻抗。输入阻抗在其数值上与波阻抗有所差别，它随着负载阻抗，回路特性，回路长度及电流频率的不同可以有不同的数值。按物理意义来说，输入阻抗是当回路终端的负载阻抗不等于回路的波阻抗时在回路始端测量出的阻抗。

回路中具有这种不匹配的负载就增加了它的功率损耗。在这种情况下，功率损耗不仅决定于固有衰耗 βl ，而且还决定于由于电磁波在负载处反射所引起的功率损耗。这种回路总的功率损耗由考虑到回路固有衰耗和负载不匹配而引起的附加衰耗的工作衰耗值来确定。

输入阻抗与工作衰耗称为回路的工作参数。

实际上，经常是使回路的负载阻抗等于它的波阻抗，那么，假如均匀回路的输入阻抗等于它的波阻抗，则其功率损耗只是决定于 βl 值。

当回路的负载阻抗和它的波阻抗不相等时，为了使负载阻抗与波阻抗相适应，可采用变压器或自耦变压器形式的匹配装置。

决定均匀回路中的傳播速度和波長的公式

波長

$$\lambda = \frac{2\pi}{\alpha} \text{ 公里。}$$

波的傳播速度

$$v = \frac{\omega}{\alpha} \text{ 公里/秒,}$$

式中 α ——相移常数,

$\omega = 2\pi f$ ——角頻率,

f ——頻率(赫)。

决定通信回路波参数和工作参数的公式和表格

架空或電纜均匀回路在全部傳輸頻率內的波参数可按下列基本公式来确定:

波阻抗

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} e^{-j\frac{\epsilon - \delta}{2}} \text{ 欧};$$

傳播常数

$$\gamma = \beta + j\alpha = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)};$$

衰耗常数

$$\beta = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \sin \frac{\epsilon + \delta}{2} \text{ 奈批/公里};$$

相移常数

$$\alpha = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \cos \frac{\epsilon + \delta}{2} \text{ 弧度/公里}。$$

在上列公式中:

$$\left. \begin{array}{l} R \text{——有效电阻 (欧/公里);} \\ L \text{——电感 (亨/公里);} \\ C \text{——电容 (法/公里);} \\ G \text{——絕緣电导 (欧/公里);} \end{array} \right\} \text{ 回路的参数。}$$