

鐵路員工技術手冊第八卷第九冊

有线通信理论

苏联铁路員工技術手冊編纂委员会編

人 民 鐵 道 出 版 社

鐵路員工技術手冊第八卷第九冊⁹

有 綫 通 信 理 論

苏联鐵路員工技術手冊編纂委員會編

黃 明 光 譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五八年·北京

苏联铁路員工技术手册是苏联铁路工作人員必备的書籍。本社決定將第八卷分为十五册陸續出版。

本册为通信部分的开始。除对铁路通信的种类及其功用作簡要說明外，主要是介紹有关構成有线通信的一些基本理論、指出計算各器件的注意事項。書中系統地列出各种計算公式和数据，以便讀者在設計时的查閱。可供铁路及配电系統的通信技術人員作業上的参考，並可作有关高等学校及中等專業学校的教學參考資料。

本卷主編为 М. И. 瓦合宁。本册由工程師 А. М. 波羅金和副教授 В. А. 諾維柯夫合編。

铁路員工技术手册第八卷第九册

有 线 通 信 理 論

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА
ТОМ 8

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ПО ПРОВОДАМ

苏联铁路員工技术手册編纂委员会編

苏联国家铁路運輸出版社（1952年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1952

黃 明 光 譯

責任編輯 趙 永 昌

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府17号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010号

新 華 書 店 發 行

人 民 鐵 道 出 版 社 印 刷 厂 印

（北京市建国門外七聖廟）

書号 943 开本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ 印張 $1 \frac{3}{4}$ 字数 42 千

1958年5月第1版

1958年5月第1版第1次印刷

印数 0001—1,000 册 定价 (10) 0.32元

目 录

通 信

铁路运输通信的种类及其功用.....	1
一般业务通信.....	1
干线及局线专用通信的功用.....	2
分局内部(区段的)专用通信.....	2
专用站内通信.....	3
有线通信理论.....	4
均匀的和非均匀的通信线路.....	4
均匀线路的参数.....	11
加感线路.....	17
衰耗器.....	28
滤波器.....	28
均衡器.....	45
人工衰耗线路.....	50
中继线圈.....	51

通 信

铁路运输通信的种类及其功用

全部电报-电话线路和车站、铁路分局、管理局及交通部(譯註:苏联的交通部相当于我国的铁道部)所具有的电话和电报通信设备,总合地組成統一的运输通信系統。这个完整的通信设备,供铁路运输工作人员指揮全苏联铁路網的业务之用。

某些种类的铁路通信用以保証铁路运输所有部門的工作人员联系上的需要,其他通信是为了特殊目的,亦即只供某一部門的工作人员使用。

一般业务通信

一般业务利用的通信线路彼此連接,並总合地組成統一的铁路运输业务的通信網。

屬於铁路运输一般业务通信种类的有:

长途干线电话电报通信,利用它实现交通部与铁路管理局,及管理局与管理局間的联系;

长途局线电话电报通信,它是为了管理局与分局及大的樞紐站的工作人员联系之用,亦可作分局及大的樞紐站間联系之用;

各站电话电报通信,用於一定区段範圍內的中間站彼此間的联系以及中間站和限制在該区段的分局所在站和区段站的联系。

地区电话及电报通信,为在同一地点(車站、樞紐站、分局或铁路管理局)工作的各部門的工作人员彼此間公务联系之用。

全套地区电话通信设备包括:

(a) 人工式或自动式 (*PTC* 或 *ATC*) 中心电话所 (*CTC*);

(6) 裝設在工作人員 (所謂用戶) 附近的电话机;

(B) 由架空綫路或電綫綫路組成的綫路網, 它將中心电话所与各用戶电话机連接起来。

通常, 在铁路運輸中心电话所附近建立長途电话所 (*MTC*) 或附設長途交換机, 地区中心电话所的用戶, 經過这些設備, 可进行長途幹綫或局綫电话通信, 亦可进行各站电话通信, 因此, 可以和本局其他任何車站的用戶以及管理局或交通部的用戶进行电话通信。亦即可以連接至全苏联铁路網的任何車站。

幹綫及局綫專用通信的功用

幹綫會議电话 (*MCC*) 在交通部领导下用以与管理局及編組站工作人員进行日常的會議。

局綫會議电话 (*LCC*) 供管理局领导人員与分局及最重要車站的工作人員进行日常會議之用。

局調度电话 (*DDC*) 为管理局調度員与分局及最重要車站的值班人員联系使用。

分局内部 (区段的) 專用通信

站間列車通信 为相鄰的車站值班員彼此联系行車問題时使用。这种通信可为电话, 亦可为电报。

在**站間列車电话通信**的情形下, 彼此用綫路連接的电话机裝設在限於該区間的車站上。在該通信綫路上絕對禁止任何其他电话机接入。

站間电报通信 用裝設在每一分界点並串联在一公共导綫上的莫尔斯电报机来实现。

在电气化铁道系統或軌道半自动閉塞区間, 用於列車运行問題联系的电话机則連接在該設備的导綫上。

在有自动闭塞时，各站通信是由專設的二綫回路組成。

列車調度電話为列車調度員与車站值班員，及与該区間內其他分界点值班員联系使用。

電力調度電話为電力調度員与牽引变电所值班員和饋电段联系之用。

养路電話为鐵路工务部門工作人員联系有关保养綫路及建筑物內完整状态問題之用。

配車調度電話用於配車調度員与从运输量观点看来最重要运输單位的联系，顧主与工厂、起重机及新建工程等的联系，以及配車調度員与車站調度員及相应車站的車站值班員的联系。

列車無線通信为列車機車司机与列車調度員及車站值班員联系使用。

利用在至編組站經路上的預报电报通信，在編組駝峯上關於列車中車輛的分布及其編組的消息的預报被实现。

專用站內通信

扳道電話为車站值班員与扳道員联系使用。

扳道通信網別於其他种通信单独地建立；在扳道通信綫路上不得接入任何其他的電話机。

站內調度電話为車站調度員（調車員）与參加車站工作作業过程的車站工作人員（操車場值班員、扳道員及其他人員）联系使用。在若干情況下，站內調度通信網接入裝設在站場区域內的扩音器。

貨运調度電話設在貨运業務較大的車站，它是为了貨运調度員与裝卸地点、倉庫及貨运营業所等联系使用。

站內無線電話通信为駝峯值班員与駝峯調車機車司机联系，及車站調度員与調車機車司机联系使用。

駝峯場預报通信为單方向作用的通信，用以由上部駝峯所對於參加列車編組的工作人員傳送各种命令以及列車由駝峯解体时

摘車的通知。

機車庫內及廠內電話通信為機車庫或工廠值班員與車間工作人員聯系使用。

車站及列車單向廣播通信，用來通知旅客關於列車進站及開出，及其他屬於旅客運輸組織的消息。

一般無線通知通信，用來傳送中央及地區的通知。這種通信為單向通信，全套設備包括無線電轉播站、有線廣播網及若干接收器，這些接收器設於養路房、廠房、工作人員住宅區及某些辦公室等處。

蘇聯鐵路技術管理規程規定，採用下列各種臨時通信：

停在線路上的列車與調度員的通信。對於這樣的旅客列車及其他列車，乘務員應攜帶電話機。

當列車停在區間時，列車長可用特殊的連接設備，將電話機連接於調度通信回路中。

區間的救援列車與調度員及鄰站的通信。這時可利用電話及電報通信。

在修復及修理各種鐵路設備及建築物時，**施工領導人在整個施工進行期間與調度員通信**。它是將攜帶電話機接入調度通信回路來進行的。

進行展開面的綫路施工時，**施工領導人與在防護施工地點的信號附近的信號員的電話通信**。

所有以上列舉的專用通信構成了和鐵路運輸一般業務通信沒有聯系的獨立的通信網。工務養路電話和廠內電話是例外，在某些情況下，有可能連接至一般服務通信網上。

有綫通信理論

均勻的和非均勻的通信綫路

現時，在鐵路運輸上通信訊號的傳輸是利用通信綫路及電纜

綫路。架空綫路採用有色金屬的（硬銅的及雙金屬的）及鋼的導綫，長途通信使用的銅導綫，其直徑為3.0~4.0公厘。雙金屬導綫原則上採用直徑4公厘，而具有額定銅包皮厚度 $\Delta=0.4$ 公厘。長途電話及電報通信以及所有類型的選號電話通信所使用的鋼導綫，採用直徑4或5公厘的導綫。

長途通信的電纜，大都採用四綫制的，其銅心綫直徑為0.9~1.4公厘，且具有扭繩-紙絕緣或扭繩-聚乙烯絕緣。

地區電話通信網大都採用導綫直徑為3公厘的架空鋼導綫及銅心綫直徑為0.5及0.7公厘的空氣-紙絕緣電纜。

如果綫路全長的電特性（電阻、電感、電容及絕緣電導）相同，則叫做均勻的通信綫路。

如果綫路由若干不同類型的均勻綫路區段組成，則叫做非均勻的通信綫路。

電磁波沿均勻綫路的傳播過程完全決定於它的波參數——波阻抗 Z 及傳播常數：

$$\gamma = \beta + ja,$$

式中 β ——衰耗常數；

a ——相移常數。

隨着電磁波沿綫路的運動，其電壓及電流的振幅依 $e^{-\beta x}$ 的規律逐漸減小，式中 x ——與綫路始端的距離；與此同時，電壓及電流的相位改變了 αx 。沿均勻綫路傳播的電磁波，在綫路上每一點遇到相同的波阻抗，它在數值上等於電壓波與電流波之比。

如果自綫路始端向終端方向運動的電磁波（亦即所謂投射波），到達負荷等於波阻抗的終端，則電磁波完全被負荷所吸收。如果負荷阻抗不等於波阻抗，則電磁波自負荷產生反射，這樣綫路便產生反射波，它向綫路的始端傳播，到了始端可能重新產生反射。

當負荷與綫路波阻抗不配匹時，綫路每一點的電壓及電流，對應地等於電壓和電流的所有投射波及反射波之和。這時作用在綫路始端的總電壓與電流之比，即為綫路的輸入阻抗。輸入阻

抗与波阻抗不同，且依据线路的负荷阻抗、线路长度及电流的频率可有各种不同的数值。

当负荷阻抗不匹配时，功率损耗不单决定于线路的固有衰耗 βl ，而且也决定于由负荷所反射的功率损耗。在此情况下全部功率损耗由工作衰耗的数值来决定。

输入阻抗及工作衰耗是线路的工作参数。

线路波参数及工作参数的定义在表 1 中给出。

实际上，总应力求使线路的负荷阻抗等于其波阻抗。在这种情况下，功率损耗只决定于数值 βl ，而线路的输入阻抗将等于线路的波阻抗。当线路负荷与其波阻抗不同时，为了将负荷阻抗的数值折合成波阻抗的数值，采用变量器及自耦变量器型式的配匹设备。

均匀线路及非均匀线路的基本方程式及其特殊情况列于表 2 及表 3 中。

线路波参数的准确的及近似的公式列于表 4 ~ 6 中。

表 7 中列出复变数的双曲函数公式，表 8 为计算均匀线路工作参数的公式。

线路波参数及工作参数的定义

表 1

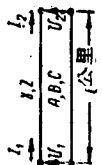
名称	物理意义	定义	单位
波 参 数			
传播常数 γ	电磁波沿线路传播时，表征衰耗现象及确定相移的复量	$\gamma = \frac{1}{2l} \ln \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2}$ 式中 U_1 、 I_1 及 U_2 、 I_2 —— 为负荷等于波阻抗时，线路的输入及输出端电压及电流的数值； l —— 线路长度(公里)	—
衰耗常数 β	电磁波沿长为 1 公里的线路传播时，表征电压及电流衰耗现象的数值	传播常数 γ 的实数分量	奈批/公里
相移常数 α	电磁波沿长为 1 公里的线路传播时，确定电压或电流向量间相移的数值	传播常数 γ 的虚数分量	弧度/公里

續表 1

名称	物理意义	定义	单位
綫路固有衰耗 βl	电磁波沿长为 l 公里的綫路傳播时, 表征电压及电流的衰耗现象的数值	$\beta l = \frac{1}{2} \ln \left \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \right $ 式中 U_1, I_1 及 U_2, I_2 的意义和以前相同, 且这时綫路負荷阻抗等於其波阻抗	奈批
波阻抗 Z	电磁波沿均匀綫路傳播时, 各点投射波或反射波所遭遇的阻抗	电压与电流投射波或反射波的比值, 或无限長綫路的輸入阻抗	绝对值为欧, 相角为度
工 作 参 数			
工作衰耗 b_p	在沿負荷阻抗不配合的綫路傳播时, 計算功率損耗的数值	$b_p = -\frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2}$ 式中 P_1 —振盪器連接於綫路始端, 且負荷阻抗配合时, 由振盪器输出的視在功率; P_2 —接收器經過綫路自同一振盪器取得的視在功率	奈批
輸入阻抗 Z_{ex}	当終端連接任意負荷时, 在綫路始端測得的阻抗	当終端連接任意負荷时, 在綫路始端电压与电流的比值	绝对值为欧, 相角为度

綫路基本方程式

表 2

綫路类型	綫路圖及电压和电流的符号	綫路方程式	方程式的系数数值	数值的意义
均匀綫路		$U_1 = AU_2 + BI_2$ $I_1 = CU_2 + AI_2$ $\Delta = A^2 - BC = 1$	$A = \text{ch } \gamma l$ $B = Z \text{ sh } \gamma l$ $C = \frac{1}{Z} \text{ sh } \gamma l$	$\gamma = \beta + j\alpha$ —傳播常数 β —衰耗常数 (奈批/公里) α —相移常数 (弧度/公里) Z —波阻抗 (歐的單位为欧)

續表 2

綫路类型	綫路圖及电压和电流的符号	綫路方程式	方程式的系数数值	数值的意义
非均匀綫路		从左向右傳輸 $U_1 = A_1 U_2 + B_1 I_2$ $I_1 = C U_2 + A_2 I_2$ 从右向左傳輸 $U_2 = A_2 U_1 + B_1 I_1'$ $I_2' = C U_1 + A_1 I_1'$ $\Delta = A_1 A_2 - B C = 1$	$A_1 = A' A'' + B' C''$ $= \text{ch } \gamma_1 l_1 \text{ ch } \gamma_2 l_2$ $+ \frac{Z_1}{Z_2} \text{sh } \gamma_1 l_1 \text{ sh } \gamma_2 l_2$ $A_2 = A'' A' + B'' C'$ $= \text{ch } \gamma_1 l_1 \text{ ch } \gamma_2 l_2$ $+ \frac{Z_2}{Z_1} \text{sh } \gamma_1 l_1 \text{ sh } \gamma_2 l_2$ $B = A' B'' + A'' B'$ $= Z_1 \text{sh } \gamma_1 l_1 \text{ ch } \gamma_2 l_2$ $+ Z_2 \text{sh } \gamma_2 l_2 \text{ ch } \gamma_1 l_1$ $C = C' A'' + A' C''$ $= \frac{1}{Z_1} \text{sh } \gamma_1 l_1 \text{ ch } \gamma_2 l_2$ $+ \frac{1}{Z_2} \text{sh } \gamma_2 l_2 \text{ ch } \gamma_1 l_1$	

均匀綫路方程式的特殊情况

表 3

綫路工作条件	綫路圖及电压和电流的符号	綫路方程式
綫路和負荷阻抗匹配		$U_1 = U_2 e^{\gamma l}$ $I_1 = I_2 e^{\gamma l}$
綫路在开路状态		$U_1 = A U_2 = U_2 \text{ch } \gamma l$ $I_1 = C U_2 = \frac{U_2}{Z} \text{sh } \gamma l$
綫路在短路状态		$U_1 = B I_2 = Z I_2 \text{sh } \gamma l$ $I_1 = A I_2 = I_2 \text{ch } \gamma l$

計算沿均勻綫路的波長及傳播速度的公式

表 4

名 稱	計 算 公 式	數 值 的 意 義
波長	$\lambda = \frac{2\pi}{\alpha}$ 公里	α —相移常數
傳播速度	$v = \frac{\omega}{\alpha}$ 公里/秒	$\omega = 2\pi f$, 式中 f —頻率(赫)

均勻綫路波参数的准确公式

表 5

参数名称	計 算 公 式	数 值 的 意 义
波阻抗	$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$ $= \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} e^{-j\frac{\varepsilon - \delta}{2}}$	R —綫路有效电阻(欧/公里); L —綫路电感(亨/公里); C —綫路电容(法/公里); G —綫路絕緣电导(姆/公里); $\omega = 2\pi f$, 式中 f —頻率(赫); $j = \sqrt{-1}$
傳播常數	$\gamma = \beta + j\alpha = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$	
衰耗常數	$\beta = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \sin \frac{\varepsilon + \delta}{2}$	
相移常數	$\alpha = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2}$ 式中 $\varepsilon = \arctg \frac{R}{\omega L}$ 及 $\delta = \arctg \frac{G}{\omega C}$	

均勻綫路波参数的近似公式

表 6

近似条件	参数名称	計 算 公 式	适 用 范 圍
$R \ll \omega L$ 及 $G \ll \omega C$	波阻抗	$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-j\frac{\varepsilon - \delta}{2}}$ ε 及 δ 的数值參見表 5	适用于下列波参数的計算: (a)在全部音頻及高頻範圍內的有金金屬架空綫路; (b)在高頻範圍內的銅架空綫路及電纜綫路
	衰耗常數	$\beta = \frac{R}{2Z} + \frac{GZ}{2}$	
	相移常數	$\alpha = \omega \sqrt{LC}$	
$R \gg \omega L$ 及 $G \gg \omega C$	波阻抗	$Z = \sqrt{\frac{R}{\omega C}} e^{-j45^\circ}$	适用于音頻範圍內均勻電纜綫路波参数的計算
	衰耗常數	$\beta = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}}$	
	相移常數	$\alpha = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}}$	

在電的計算中有用的雙曲線函數的公式

表 7

名 稱	計 算 公 式	數 值 的 意 義
雙曲線正弦	$\operatorname{sh} \gamma l = \sqrt{\frac{1}{2} [\operatorname{ch} 2\beta l - \cos 2\alpha l]} e^{j\varphi_1},$ $\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{cth} \beta l \operatorname{tg} \alpha l$	$\gamma = \beta + j\alpha$ — 傳播常數;
雙曲線余弦	$\operatorname{ch} \gamma l = \sqrt{\frac{1}{2} [\operatorname{ch} 2\beta l + \cos 2\alpha l]} e^{j\varphi_2},$ $\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{th} \beta l \operatorname{tg} \alpha l$	l — 綫路長度 (公里)
雙曲線正切	$\operatorname{th} \gamma l = \sqrt{\frac{\operatorname{ch} 2\beta l - \cos 2\alpha l}{\operatorname{ch} 2\beta l + \cos 2\alpha l}} e^{j\varphi},$ $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{\sin 2\alpha l}{\operatorname{sh} 2\beta l},$ 或 $\operatorname{th} \gamma l = \operatorname{th}(\beta \pm j\alpha) l = \frac{\operatorname{sh} 2\beta l \pm j \sin 2\alpha l}{\operatorname{ch} 2\beta l + \cos 2\alpha l}$	

均勻綫路工作參數的計算公式

表 8

參數名稱	計 算 公 式	數 值 的 意 義
輸入阻抗	$Z_{Bx} = Z_{\infty} \frac{R_H + Z_0}{R_H + Z_{\infty}}$ $= Z \frac{R_H \operatorname{ch} \gamma l + Z \operatorname{sh} \gamma l}{Z \operatorname{ch} \gamma l + R_H \operatorname{sh} \gamma l}$ $= Z \operatorname{th}(\gamma l + \varepsilon)$	R_H — 綫路負荷阻抗; $Z_0 = Z \operatorname{th} \gamma l$ — 綫路短路時的輸入阻抗; $Z_{\infty} = Z \operatorname{cth} \gamma l$ — 綫路開路時的輸入阻抗; γ — 傳播常數; $\varepsilon = \operatorname{arcth} \frac{R_H}{Z} = \frac{1}{2} \ln \frac{Z + R_H}{Z - R_H};$ Z — 波阻抗; l — 綫路長度 (公里);
工作衰耗	$b_p = \beta l + \ln \left \frac{R_{H_1} + Z}{2 \sqrt{R_{H_1} Z}} \right $ $+ \ln \left \frac{R_{H_2} + Z}{2 \sqrt{R_{H_2} Z}} \right $ $+ \ln \left 1 - \frac{R_{H_1} - Z}{R_{H_1} + Z} \cdot \frac{R_{H_2} - Z}{R_{H_2} + Z} e^{-2\gamma l} \right $	β — 衰耗常數; γ — 傳播常數; Z — 波阻抗; R_{H_1} — 綫路送信端的負荷阻抗; R_{H_2} — 綫路受信端的負荷阻抗; l — 綫路長度 (公里)

均匀线路的参数

通信架空线路及电缆线路的一次及二次参数的数值列於表 9 ~ 20 中。

线路二次参数 β 及 α 取决于频率的关系, 使传输讯号时在线路中产生频率或振幅畸变及对应的相位畸变。在长的线路具有中继器时, 可用中继器的增益曲线与线路衰耗曲线形状相似的方法来消除频率畸变即用振幅均衡器来消除它。消除相位畸变的方法是将相位均衡器连接在线路中。

对通信架空线路提出的基本技术要求列於表 21 中。

**空气-纸绝缘电缆在 $t=20^{\circ}\text{C}$ 时, 二线回路
直流有效电阻及绝缘电阻**

表 9

参数名称	电 缆 心 线 直 径 (公厘)							附 註
	0.5	0.7	0.8	0.9	1.2	1.4	1.8	
有效电阻 (欧/公里)	184.0	92.5	69.8	54.6	30.8	22.6	13.7	直径 0.5 及 0.7 公厘电缆心线为双绞的
绝缘电阻 (兆欧·公里)	不低于 100		不低于 5000					直径 0.8 公厘及更大的电缆心线为四绞的

架空线路绝缘电阻 (兆欧/公里)

表 10

每公里 线路杆数	絕 緣 电 阻						每公里 线路杆数	絕 緣 电 阻							
	导 綫 对 地			导 綫 之 間				导 綫 对 地			导 綫 之 間				
	乾 天	燥 气	雨 天	霧 气	乾 天	燥 气		雨 天	霧 气	乾 天	燥 气	雨 天	霧 气		
16	30~150	1.5~2.0			60~300	3.0~4.0		25	20~100	1.0~1.2			40~200	2.0~2.4	
20	25~125	1.2~1.5			50~250	2.4~3.0		30	17~80	0.8~1.0			35~160	1.6~2.0	

導線直流電阻 (歐/公里)

表11

溫 度 °C	鋼線的直徑（公厘）						銅線的直徑（公厘）				雙金屬線 d=4公厘 銅包皮厚 Δ=0.4公厘	
	3		4		5		3		4			
	導 線 狀 態											
	優良	合格	優良	合格	優良	合格	優良	合格	優良	合格	優良	合格
+30	20.4	22.4	11.5	12.6	7.35	8.10	2.62	2.75	1.48	1.55	3.35	3.58
+20	19.5	21.5	11.0	12.1	7.04	7.74	2.52	2.65	1.42	1.49	3.32	3.45
+10	18.7	20.5	10.5	11.6	6.72	7.40	2.42	2.54	1.37	1.43	3.09	3.31
0	17.8	19.5	10.0	11.0	6.39	7.03	2.32	2.44	1.31	1.37	2.96	3.17
-10	16.9	18.6	9.5	10.5	6.08	6.70	2.22	2.33	1.25	1.31	2.82	3.02
-20	16.0	17.6	9.0	9.9	5.76	6.34	2.12	2.23	1.20	1.26	2.69	2.88
-30	15.1	16.6	8.5	9.4	5.44	6.00	2.03	2.13	1.14	1.20	2.56	2.74

導線直徑4公厘的鋼架空線路的參數

表12

頻 率 (赫)	衰耗常数 β (毫奈/公里)						相移常数 α (毫弧/公里)	波阻抗 $Z_e^{jq_z}$			
	$a=20$ 公分			$a=60$ 公分				$a=20$ 公分		$a=60$ 公分	
	夏季潮濕 $t=20^{\circ}\text{C}$			夏季潮濕 $t=20^{\circ}\text{C}$				Z		Z	
	掛霜 $\theta=5$ 公厘 $t=-10^{\circ}\text{C}$	掛冰 $\theta=5$ 公厘 $t=-2^{\circ}\text{C}$	掛水 $\theta=5$ 公厘 $t=-10^{\circ}\text{C}$	掛霜 $\theta=5$ 公厘 $t=-10^{\circ}\text{C}$	掛冰 $\theta=5$ 公厘 $t=-2^{\circ}\text{C}$	掛水 $\theta=5$ 公厘 $t=-10^{\circ}\text{C}$		(歐)	q°_z	(歐)	q°_z
5	3.86	3.36	4.47	3.33	2.72	3.64	110	550	$-1^{\circ}31'$	677	0
10	5.37	4.85	6.93	4.41	3.92	5.67	221	543	$-0^{\circ}58'$	674	0
20	7.68	7.78	13.50	6.71	6.31	10.51	441	545	$-0^{\circ}36'$	672	0
30	9.59	10.90	21.00	8.66	8.86	16.75	661	544	$-0^{\circ}27'$	670	0
40	11.30	14.40	30.35	10.40	11.70	23.80	881	543	$-0^{\circ}23'$	669	0
50	12.80	18.20	41.18	11.90	14.70	32.20	1000	543	0	668	0
60	14.40	22.00	52.22	13.50	17.70	40.95	1321	543	0	668	0
80	17.30	29.20	75.70	16.30	23.70	58.85	1760	543	0	667	0
100	20.00	36.00	99.20	19.00	28.70	77.40	2210	543	0	667	0
120	22.50	42.40	120.10	21.70	33.60	93.40	2590	542	0	667	0
140	24.90	46.90	137.00	24.30	37.80	107.70	3020	542	0	667	0
150	26.20	48.90	145.00	25.60	39.60	115.20	3240	542	0	667	0

註。 a —兩導線間的距離; θ —冰霜厚度。

導線直徑 3 公厘的銅架空線路的參數

表13

頻 率 (千赫)	衰耗常數 β (毫奈/公里)						相移常數 α (毫弧/公里)	波阻抗 $Z_e^{j\varphi_z}$			
	$a=20$ 公分			$a=60$ 公分				$a=20$ 公分		$a=60$ 公分	
	夏季潮濕 $t=20^{\circ}\text{C}$	霜 $\theta=5^{\circ}\text{C}$ 掛	冰 $\theta=10^{\circ}\text{C}$ 掛	夏季潮濕 $t=20^{\circ}\text{C}$	霜 $\theta=5^{\circ}\text{C}$ 掛	冰 $\theta=10^{\circ}\text{C}$ 掛		Z	φ_z	Z	φ_z
	(歐)	(歐)	(歐)	(歐)	(歐)	(歐)		(歐)	(歐)	(歐)	(歐)
5	5.31	4.72	6.05	4.55	3.82	4.94	110	585	0	716	0
10	6.79	6.24	8.83	5.91	5.09	7.20	221	584	0	714	0
20	9.59	9.66	16.15	8.49	7.86	12.95	441	582	0	712	0
30	11.90	13.30	25.70	10.80	10.80	20.35	661	579	0	709	0
40	14.00	17.30	36.50	12.60	14.00	28.70	881	578	0	709	0
50	15.90	21.40	49.60	14.40	17.30	38.70	1000	578	0	709	0
60	17.80	25.60	62.40	16.20	20.60	48.50	1321	576	0	708	0
80	21.30	33.50	90.80	19.30	27.10	69.80	1760	576	0	706	0
100	24.60	40.90	116.80	22.25	32.50	91.20	2210	576	0	704	0
120	27.30	46.80	141.40	25.52	37.50	109.80	2590	576	0	704	0
140	30.10	52.20	162.70	28.48	41.80	126.40	3020	576	0	704	0
150	31.30	54.20	171.90	29.77	43.50	135.00	3240	575	0	703	0

註。 a —兩導線間的距離；

θ —冰霜厚度。

夏季潮濕， $t=20^\circ\text{C}$ ，二線制通信線路在頻率800赫的二次參數

表14

線路 種類	導線 材料	直徑 (公厘)	導線距離 (公分)	衰耗常數 β (毫奈/公里)	相移常數 α (弧/公里)	波阻抗 Z 的模數 (歐)	波阻抗 的相角 φ_z	附 註
架 空 線 路	硬 銅 線	4	20	2.77	17.8	563	$-7^\circ35'$	銅包皮厚度 $\Delta=0.4$ 公厘
		4	60	2.33	17.6	690	$-6^\circ01'$	
		3	20	4.40	18.1	618	$-12^\circ20'$	
		3	60	3.70	17.9	740	$-10^\circ13'$	
	雙金 屬線	4	20	6.11	18.5	610	$-17^\circ02'$	
		4	60	5.14	18.3	733	$-14^\circ13'$	
	鋼 絞 線	5	20	14.7	38.6	1225	$-20^\circ07'$	
		5	60	13.0	35.2	1390	$-19^\circ10'$	
		4	20	16.8	41.7	1400	$-21^\circ09'$	
		4	60	14.9	38.0	1570	$-20^\circ18'$	
		3	20	19.8	45.0	1650	$-22^\circ25'$	
		3	60	17.9	41.7	1840	$-22^\circ23'$	
電 纜 線 路	銅 心 線	0.5	—	110.0	121.0	1090	$-44^\circ28'$	雙絞空氣— 紙絕緣電纜 扭繩—紙絕 緣不屏蔽四 絞電纜 扭繩—紙絕 緣銅網屏蔽 四絞電纜
		0.7	—	80.0	88.2	760	$-43^\circ56'$	
		0.8	—	73.5	77.4	646	$-43^\circ32'$	
		0.9	—	65.7	70.0	588	$-43^\circ10'$	
		1.2	—	48.8	54.7	624	$-41^\circ46'$	
		1.4	—	41.5	48.5	356	$-40^\circ34'$	
		1.8	—	32.0	39.8	276	$-38^\circ50'$	
		1.2	—	50.5	56.5	420	$-41^\circ36'$	
		1.4	—	44.2	51.5	356	$-40^\circ22'$	
		1.8	—	33.5	41.9	276	$-31^\circ59'$	