

电信工程技术手册

无线电通信

苏联K.M.柯西克夫 A.M.莫吉林等著

人民邮电出版社

К. М. Косиков Б. Ф. Митичев
А. М. Модель Г. А. Савицкий
Е. Г. Федорович А. П. Щетинин

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

VIII

Радиосвязь
СВЯЗЬИЗДАТ 1958

内 容 提 要

本书討論无綫电通信中的一些重要問題，包括各种电路組成、信号分析、終端及中間設備、电路质量指标及其測試和調整、局內設備、天綫及电波传播等。本书是苏联多年来在无綫电通信工作上的經驗汇集，对提高无綫电路的技术管理和通信质量，介紹了一系列的方法和实际知識。

电信工程技术手册

(第八卷 无綫电通信)

著 者：(苏联)К.М.柯西克夫 А.М.莫吉林等
譯 者：俞 天、麟 顧 世 华
校 者：王 裕 民
出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四 6 条 13 号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂
发行者：新 华 书 店

开本 850×1168 1/32

1963 年 4 月北京第一版

印張 14 24/32 頁數 236 插圖 2 1963 年 4 月北京第一次印刷

印刷字數 595,000 字

印數 1—4,200 册

号：15045•总1330—无349

定价：(10) 2.80 元

目 录

原序

第一篇 无綫电路及无綫电控制室

第一章 无綫电通信的組織原則, 无綫电通信的功用	1
§ 1.1. 基本定义	1
§ 1.2. 无綫电通信的功用及方式	2
§ 1.3. 无綫电通信的主要质量指标及业务指标	4
第二章 无綫电通信电路的組織和机构	7
§ 2.1. 无綫电报通信电路建立电路的原則	7
§ 2.2. 振盪的控制	12
§ 2.3. 无綫电电话通信电路	22
第三章 表示无綫电通信电路特征的主要参数	23
§ 3.1. 采用的电报电碼	23
§ 3.2. 发射方式的分类	28
§ 3.3. 通报速度	31
§ 3.4. 基本鍵控頻率	31
§ 3.5. 电报信号的畸变	33
§ 3.6. 电报机械的改正力和抗干扰性	36
§ 3.7. 无綫电报信号的頻譜	37
§ 3.8. 无綫电路中各部分的电特性对电报信号波形的影响	38
第四章 在无綫电通信上使用的终端和中間电报設備	40
§ 4.1. 单路不等时电碼的收发报自动快机及无綫电控制室用的輔助 設備	40
§ 4.2. 中間变换設備	50
§ 4.3. 音频鍵控器	52
§ 4.4. 音频放大整流器	69
§ 4.5. 无綫电通信电路的互換及无綫电控制室內設備的供电	89
§ 4.6. 传音綫路的复用机械	96

第五章 无线电通信电路中各支路的质量指标定额及设计无线电控制**室的主要定额113**

- § 5.1. 无线电通信工具的技术标准113
- § 5.2. 设计无线电控制室的主要定额114
- § 5.3. 无线电信号传输电路的质量指标及电报信号的允许畸变
定额118
- § 5.4. 各种工作方式发射频带的宽度130
- § 5.5. 发信机频率的允许偏离度的定额141
- § 5.6. 频率键控的国际标准146
- § 5.7. 发信机的寄生发射149
- § 5.8. 收信机的频率稳定度152

第六章 测量和监察无线电电路质量指标的方法和技术161

- § 6.1. 测量电报信号的失真161
- § 6.2. 电平测量。量测单位165
- § 6.3. 联接到无线电控制室的传音线路的参数的简单维护测量166
- § 6.4. 频率测量172
- § 6.5. 测量无线电台的发射频带176

第七章 测量及监测设备的主要技术数据177

- § 7.1. ИТС-2 型电报信号失真测试器177
- § 7.2. ОГ2-3С 型双线示波器178
- § 7.3. ДТО-2 型双管示波器180
- § 7.4. 电报信号摹拟器181
- § 7.5. 测量电平的仪器182
- § 7.6. КП-50 型电缆测试仪器185
- § 7.7. ЗГ-10 型音频振荡器186
- § 7.8. ЗГ-2А 型音频振荡器188
- § 7.9. УУ-11-43 型电平指示器190
- § 7.10. МЗУ 型可变衰耗器190
- § 7.11. ПИЧ-2 型频率测量设备192
- § 7.12. ЦТРК 型无线电频谱仪195
- § 7.13. ИРЧ-1 型测量频率间隔仪197
- § 7.14. КИС-2 型监测—测试立柜199

第二篇 短波天线

第一章 表示发信及收信天线特性的电气参数	206
§ 1.1. 方向系数	206
§ 1.2. 效率	206
§ 1.3. 增益系数	206
§ 1.4. 行波系数	207
§ 1.5. 天线的有效长度	208
§ 1.6. 互易原理在发信及收信时的天线参数	208
§ 1.7. 特性阻抗	208
§ 1.8. 发射阻抗	209
§ 1.9. 输入阻抗收信及发信天线的等效电路	209
第二章 弱定向的发信及收信天线对称水平振子	210
§ 2.1. 概述	210
§ 2.2. 方向性	210
§ 2.3. 发射阻抗	211
§ 2.4. 方向系数及增益系数	212
§ 2.5. 爱金堡宽波段分路振子	214
§ 2.6. 纳金宁科偶极子	215
§ 2.7. 折合天线	219
§ 2.8. 使用波段	219
§ 2.9. 对称水平振子型式的选择	222
§ 2.10. 带反射器的振子	223
§ 2.11. 收信用对称水平振子	224
第三章 菱形天线	225
§ 3.1. 概述	225
§ 3.2. 方向性	227
§ 3.3. 发射阻抗及衰减常数	227
§ 3.4. 效率, 增益系数及方向系数	229
§ 3.5. 最大有效电压及电位	229
§ 3.6. 菱形天线的电气参数	230

§ 3.7. 菱形天綫的架設及饋電綫路	241
§ 3.8. 菱形天綫型式的選擇。使用波段	242
第四章 行波天綫	243
§ 4.1. 概述	243
§ 4.2. 方向性	244
§ 4.3. 集合綫的傳播常數及特性阻抗	245
§ 4.4. 天綫的效率, 增益系數及方向系數	245
§ 4.5. 電阻偶合行波天綫	246
§ 4.6. 電容偶合行波天綫	251
§ 4.7. 電感偶合行波天綫	259
§ 4.8. 行波天綫型式的選擇	260
第五章 收信、發信天綫的饋綫, 指數式饋綫變換器	261
§ 5.1. 一般關係式	261
§ 5.2. 發信天綫的饋綫	262
§ 5.3. 收信天綫的饋綫	267
§ 5.4. 指數式饋綫變換器	272
第六章 天綫的調整及測試	275
§ 6.1. 測試儀器	275
§ 6.2. 天綫的調整及測試	277
第七章 天綫設備	283
§ 7.1. 材料	283
§ 7.2. 天綫結構	299
§ 7.3. 饋綫的構造	314
§ 7.4. 木杆	321
§ 7.5. 天綫設備結構的計算依據	326
§ 7.6. 施工操作	327
§ 7.7. 立杆	333
§ 7.8. 安裝綫路	341
§ 7.9. 結構物的驗收	342
§ 7.10. 天綫設備的維護	343
§ 7.11. 技術安全規程	346
§ 7.12. 升降設備的維護規程	348

第三篇 无线电波的传播

第一章 概述	351
§ 1.1. 无线电波的传播与媒质的关系和实际采用的波段	351
§ 1.2. 无线电波传播的类型	353
第二章 地面无线电波的传播	354
§ 2.1. 地面无线电波传播的一般特性	354
§ 2.2. 地面波电磁场的强度	356
§ 2.3. 电波沿混合道路传播时场强的计算	362
§ 2.4. 地面波合用频率时电台间距离分隔的计算	363
第三章 电离层	364
§ 3.1. 电离层及其参数	364
§ 3.2. 电离层中的不规则现象	383
§ 3.3. 分散E层	385
第四章 无线电短波的传播	386
§ 4.1. 工作波长及其计算	386
§ 4.2. 工作波段及其计算	392
§ 4.3. 无线电通信技术设备应具有的波段	393
§ 4.4. 静区	394
§ 4.5. 短波的场强计算	395
§ 4.6. 转发	402
§ 4.7. 接收区和相互干扰区	403
§ 4.8. 经济地使用无线电频率的方法	404
§ 4.9. 必需的场强	405
§ 4.10. 发信机必需功率的计算	410
§ 4.11. 关于计算电离层中不正常现象的见解	411
§ 4.12. 计算举例	411
§ 4.13. 在人造卫星和地面上接收点之间电波的传播	423
§ 4.14. 电离层返回倾斜探测在无线电通信和无线电广播中的实际 运用	126
第五章 无线电中波的电离层传播	430

§ 5.1. 一般特性	430
§ 5.2. 中波电离层波的场强	431
§ 5.3. 中波的夜间接收区和相互干扰区	435
§ 5.4. 信号严重衰落的地区和抗衰落的措施	435
§ 5.5. 白天和夜晚用不同的波长工作	437
§ 5.6. 电台的同步工作	438
第六章 中短波的传播	439
第七章 长波的传播	440
第八章 米波的电离层传播	442
第九章 超短波远距离对流层传播	444
第十章 各种业务间无线电频谱的分配	445

第一篇 无綫电路及无綫电控制室

第一章 无綫电通信的組織

原則，无綫电通信的功用

§ 1.1 基本定义

无綫电通信——一种电气通信方式，它利用电磁波在自由空間的传播来传递預先转换成电信号的消息。

无綫电发信支路——从发信者送来的消息，从由变换設備变成电气信号起，一直到发信机的天綫用电磁波的形式传播出去所經的途径。

无綫电收信支路——收信天綫在天空中获得的电信号，由变换設備变成为收信者所需的消息所經的途径。

附註：在研究个别問題时，可以将收发信支路分为音频支路、高频支路（包括天綫-饋电設備）及无綫电波传播支路。

无綫电波道（无綫电通信波道）——由无綫电收信及发信支路的机械及設備所組成的单方向的无綫电通信綫路。

双向（双工）无綫电通信——在两地間，用作相对方向收、发消息的两条无綫电波道。

无綫电通信系統——保証同时在相对方向传递消息的設備組合。

射頻波道——无綫电发信机在发送消息（已变成电信号）时所发射的、为在无綫电收信支路中重現原来信号所必需的頻帶。

无綫电頻譜——传送（不用导綫、电纜或其他連接綫路）各种不同用途电气信号所用或拟用的电磁振蕩的頻譜部分。

§ 1.2 無線電通信的功用及方式

苏联所采用的很多种無線電通信方式可以分为两个基本类型:

苏联邮电部及加盟共和国邮电部間的全国性無線電通信 (表1.

1)。

表 1.1 根据距离和用途对無線電通信的分类

№	無線電通信的名称	用 途	大 概 距 离	主要通信方式
1.	国际無線電通信	苏联首都和加盟共和国首都 对外国的通信	1000公里及 1000公里以上	电报、电话、 传真电报
2.	苏联国内無線電通信			
	a) 干線無線電通信	苏联首都和各加盟共和国首都、各大边区首府, 省及工业区域中心間的通信; 加盟共和国、边区及各省中心間相互的無線電通信	1000公里及 1000公里以上	电报, 传真电报, 电话
	6) 省内無線電通信	省中心和省内各区中心間, 以及省内各区中心間相互的無線電通信	1000公里以下	电报, 电话
	B) 区内無線電通信	区中心和本区内企业、党及苏維埃組織間的相互的無線電通信	100公里以下	主要使用电话, 也可能使用电报

其他各部、各主管单位因业务和生产需要而使用的专业無線電通信。

此外, 無線電通信可以根据使用的無線電波段 (表 1.2), 根据工作的业务类别 (表 1.3) 及通信方式来分类 (表 1.4)。

表 1.2 根据所用無線電波的波段对無線電通信的分类

№	無線電通信的名称	所用波段(頻率范围)	無線電通信的用途
1.	长波	3000米(100千赫)以上	低鍵控速度的远距离电报通信 (超过8—10千公里)
2.	短波	100米—10米 (3兆赫—30兆赫)	距离在 200 公里以上的电报及电话通信

續表

№	无线电通信的名称	所用波段(频率范围)	无线电通信的用途
3.	超短波		
	a) 米波	10米—1米 (30兆赫—300兆赫)	距离在 200 公里以下的山区多路电话通信
	б) 分米波	1米—10厘米 (300兆赫—3000兆赫)	多路电报—电话系统, 通信距离在不用转播时达 50—70 公里, 用转播时达 2000—5000 公里。
	в) 厘米波	10厘米—1厘米 (3000兆赫—30000兆赫)	

表 1.3 根据工作类别对无线电通信的分类

№	无线电通信的类别	特 点	工 作 速 度
1.	无线电报通信		
	1) 人工电报	发送信号大部分是用手键来完成的, 接收时靠听觉抄收	每分钟到25—30字
	2) 自动快速电报	用自动电键(发报机)发送信号, 收信用记录接收信号的收音机械(波紋机)	每分钟到250—300字
	3) 印字电报		
	a) 单路的	利用印字电报机械, 主要是起止式电报机来发送和接收消息	每分钟到80字
	б) 多路的	利用多路印字电报机械来发送和接收消息	根据所用机械的技术数据决定, 每分钟到200—360字
2.	无线电话通信		
	a) 单路的	实现长途电话局两个用户间的电话交谈 利用短波无线电通信	
	б) 多路的	通过一个无线电波道实现大量的电话交谈(由12到240个以上)。 利用分米波及厘米波的无线电通信	
3.	无线电传真电报通信	实现不动的图象的传送(图, 传真相片, 文件)	

表 1-4 根据通信方式对无线电通信的分类

№	无线电通信的名称	特 点	使 用 范 围
1.	单向(单工)无线电通信	在每一个瞬间发送,是单方向进行的,例如,通信一方的发信机和对方的收信机工作;在其后的第二个瞬间,原用发信机工作的一方改换为收信机工作,而对方改换为发信机工作。这样,通信双方的发信机及收信机是交替工作着的。	一部分区内通信
2.	双向(双工)无线电通信	同时在相对两个方向进行发送和接收消息。在进行通信期间,通信双方的发信机及收信机都在工作	一部分区内、省内及干线无线电通信电路
3.	复合的单工或双工通信	在通信网中有一个中心发信机和收信机及许多收发信机组,这些收发信机组根据中心站送来的呼叫信号,依次接入,和中心站进行双工通信。 在这种情况下,可能是按照工作程序表来通信,也可能是由通信人员用收信机不断收听中心发信机的工作情况以进行通信(所谓值班收信)。	业务量较少而又处在同一个方位角的方向上的机关通信和干线通信。
4.	通报通信(同文通信)	用一个发信机对大量的收信点发送而对方不发送。	发送塔斯社的通讯,气象水文单位的气象通报,报时信号。
5.	电气转接*	不经过机械变换地转发某站所收到的电报信号	在主要收信点上有有线及无线的分支电路的干线无线电通信。
6.	转播	经过本地的无线电发信机转发该站所收到的信号到下面站,即到带转播的无线电通信电路的终端站。反向通信电路也同样地经过转播站。	由于无线电波传播条件而不能保证昼夜可靠通信的远距离干线无线电通信。 无线电中继通信。

§ 1.3 无线电通信的主要质量指标及业务指标

无线电通信的工作能力就是在某个无线电通信电路上,单位时间内所能传递的信息的数量。它与无线电通信系统的通频带、信号的功率和干扰的功率有关。

无线电通信的可靠性决定于传递信号的失真程度。可靠性的极

* 译者註,电气转接——我国常称为不落地转播。

限值是 100%，各种不同的無線電通信方式的可靠性的实际值在 95 至 99.9% 的范围内变动。該值决定于無線電信号的传播条件、無線電通信的系統、設備的技术状况和机械的調整质量。

無線電通信的工作時間是無線電通信的通暢時間和組織通信時間的总和。

無線電通信的通暢工作即在信号的发送及接收支路中沒有任何阻斷的無線電通信过程。

無線電通信的通暢時間包括：

a) 实际发送及接收消息（电报及通話）的時間；

b) 在业务联系上（查詢、复核、公务电报、发送及接收通話挂号），在交换业务量的交談上，在电报传递失真而需重新拍发上等所消耗的時間；

б) 在沒有电报和电话挂号时，或者因为其他原因而使無線電技术設備空運轉的時間。

組織通信時間包括呼叫通信对方开通电路及調整無線电路設備所消耗的時間。

組織通信及調整各种通信的時間定額，在無線電通信和無線電广播設備技术管理規程中有規定。

無線電通信的阻斷時間即发送和接收消息的正常工作中断的時間（如电报信号出現失真和通話时有杂音和干扰）。引起無線電通信的破坏和中断的原因可能是：無線电路中的某一部分的正常工作受到破坏；有其他無線电台的干扰；無線电波的传播条件恶化；供电电源設備切断等等。

無線電通信电路的开通工作按工作時間表进行。該表規定某电报机在这条無線电路上工作的時間。

無線电报电路的通暢率即無線電通信的通暢時間和計劃時間表上所預定的工作時間的比值。如無線電通信的通暢時間小于計劃時間表上所預定的時間，則表示通信尚有中断，或者是所用終端机械的工作能力尚小于原来計劃預定的工作能力。例如，在 10 小时的通

报中，用6路博多机来代替計劃中所預定的9路博多机时，那么在同样的10小时通报中，就使暢通時間降低了30路-小时。

无綫电通信的通暢時間的利用，决定于維護无綫电通信工作人員的劳动組織；在通报时，决定于所采用的电报机械的工作能力。

无綫电波道的設備的工作能力用传递的技术速度来表示。該速度决定于构成发送及接收无綫电信号的支路的各种設備的电气的和机械的特性。传递的技术速度是在該无綫电通信中各个支路的各部分設備的质量指标完全符合于規定的技术要求的条件下，所能发送及接收电报信号的最高速度。

在传递电报消息时，一部分的无綫电通信工作時間須用来发送业务信号，交换业务量，以及查明和消除在工作过程中个别支路出現的不正常情况。由于无綫电路是这样利用的，所以并不是全部時間都用来发报，工作時間的一部分将要被消耗掉。所以每小时的平均发送字数（有效速度或业务速度）将小于技术速度。

有效速度 $V_{\text{полезн}}$ 和技术速度 $V_{\text{технич}}$ 之比称为設備利用率。它表示业务組織的水平；因为从它可以看出无綫电通信电路在业务使用上所消耗的時間占多少

$$K_{\text{экспл}} = \frac{V_{\text{полезн}}}{V_{\text{технич}}}$$

在用无綫电通信作電話业务时，通暢率是用长途電話局使用无綫电路的時間（即将电路交付长途電話局使用的時間）和总的无綫电通信工作時間的比值来計算的。

第二章 无綫电通信电路的 組織和机构

§ 2.1 无綫电报通信电路建立电路的原则

现代化的无綫电干綫通信技术设备的维护管理組織系統，要求把收、发信设备集中在一个单独的企业内进行管理，就是集中在无綫电收信及发信中心内。

无綫电通信的終端电报设备安装在和无綫电中心有传音綫路的电报局内。在大的电报局中，这些传音綫路和終端设备的轉換设备及中間变换的綫路设备等都集中在專門的机綫室内。

机綫室的设备，一方面，要符合于电报局各技术单位的总要求；另一方面，要考虑到维护无綫电电路时的特殊要求。

无綫电发信支路（图 2.1）

发报机械。在无綫电电路上，可以用任何型式的现代化电报机械来工作。在具体的无綫电通信中选用何种电报机械，是根据所设计的无綫电报通信电路的負荷量的大小，由电报机械的必需技术速度来决定的。

現在采用的終端电报机械有：

按時間分配信号的多路电报机械，

起止式电报机械，

使用莫尔斯电碼的不同步电报机械。

无綫电电路上所使用的各种电报机械的主要特性列于表2.1.。

中間变换机械。由电报机械送出的电信号可直接或經過相应变换后送到与无綫电发信机相連接的传音綫路上去。实用上，可能有表2.2中所示的五种方式。

发信机鍵控器的輸入设备根据在传音綫路或复用电路中所采用

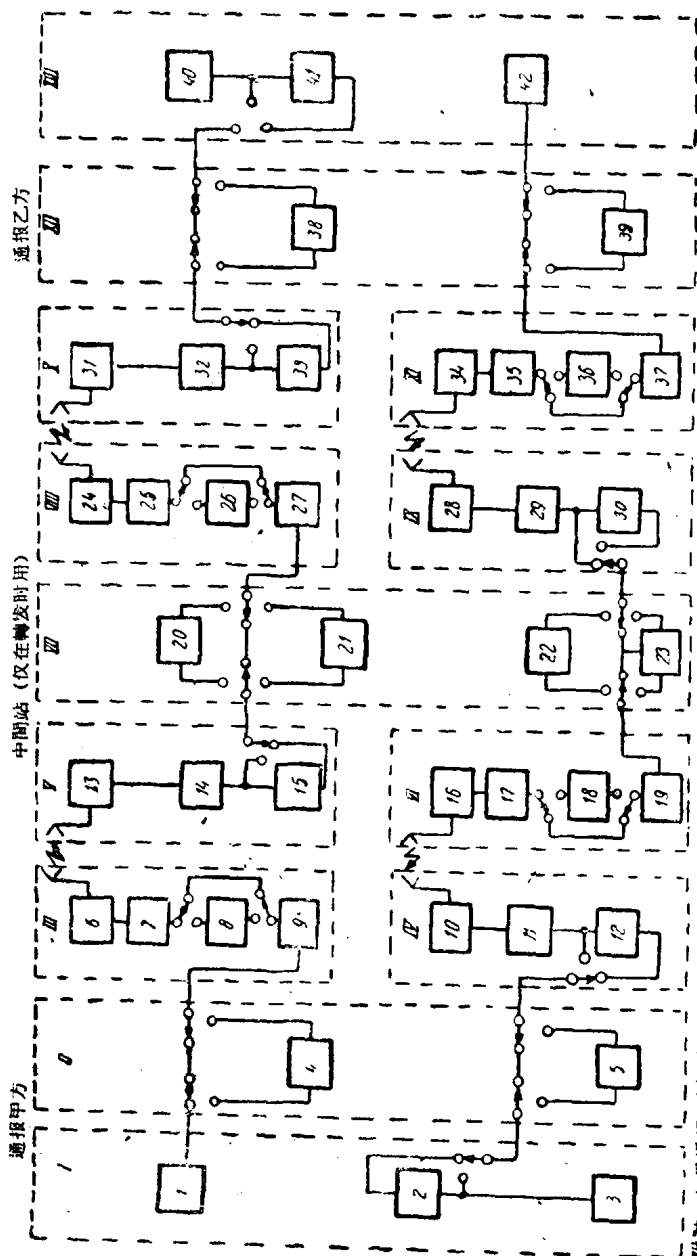


图 2-1 短波无线电台通信的电路力块图

I、Ⅱ—报房，Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ—无线电台控制室，Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ—无线电台通信中心，Ⅺ、Ⅻ—终端电报机(收发)，1, 42—终端电报机(收发)，2, 8, 18, 26, 36, 41—带电机PC-13, 3, 40—终端电报机(收发)，4, 39—音频振荡器，5, 9, 19, 27, 37, 38—音频放大器，6, 16, 24, 34—发信机，7, 17, 25, 35—激励器，10, 13, 28, 31—收音机，11, 14, 29, 32—频率控制信机，12, 15, 30, 33—Cрупа 再生器设备，20, 23—PI-2, 21, 22—音频放大器。

附註，如果通报时不用转发，那末所有中间站部分都要从图中略去

表 2-1 无线电路上所使用的各种电报机械的主要特性

顺序号	名称	速度 (波特)	单位键 控长度 (毫秒)	电报机械输出 端的信号电平 及键控特征	在机械输出端 最大允许的偏 向固定时偏 (%)	在机械输出端 的最大允许交 变时偏 (%)	机械收信部分 输出端的电平 及键控特征 (%)	机械收信部分 输入端的最大 允许交变时偏 (%)	无线电控制室 音频键控器载 频的数值及稳 定度应不低于
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	两路博多机	40	25	±40伏直流 (±10%)	5	±3	±40伏直流 (±10%)	±25	900赫(±1%)
2.	四路博多机	74	13.5	±40伏直流 (±10%)	5	±3	±40伏直流 (±10%)	±25	1260赫(±1%)
3.	六路博多机	110	9.1	+2.0奈培音频 (±0.2奈培)	5	±5	1.5奈培音频 (±0.15奈培)	±23	1620赫(±1%)
4.	九路博多机	160	6.25	+2.0奈培音频 (±0.2奈培)	5	±5	1.5奈培音频 (±0.15奈培)	±23	1980赫(±1%)
5.	TPT	140	7.0	+2.0奈培音频 (±0.2奈培)	5	±5	1.5奈培音频 (±0.15奈培)	±23	1980赫(±1%)
6.	电传机	47	21.3	±40伏直流 (±10%)	8	±3	±40伏直流 (±10%)	±13	900赫(±1%)
7.	CT-35, OTA	44.3	22.6	±40伏直流 (±10%)	8	±3	±40伏直流 (±10%)	—	900赫(±1%)
上述参数的 测量方法	对6,7两种机械用频率观测法来测定电动机的转速。	—	—	在电报机械按键及扣键时,测量由电报机械输出端送到线路上去的电压。	比较不同信号的原型和信号长度。	在电报机械送出点字及试验电文时,测定脉冲长度不一致的情况。	在对方电报机械按键及扣键时,测定无线电信号长度的电压。	在电报机械送出点字及试验电文时,测定脉冲信号长度不一致的情况。	—
用来测量的 仪器	测量音叉	—	—	在1,2,6,7四种机械时用直流电压表;在3,4,5三种机械时用天平指示器。	在起止式中用ИТС-2型电报信号失真测试器。	用ИТС-2先在起止式中,然后在同步式中测定信号边沿的不一致情况。	表中1,2,6,7项用直流电压表;3,4,5项用电平指示器。	用ИТС-2先在起止式中(然后接设备),然后在同步式中测定信号边沿的不一致情况。	—