

北京图书馆藏

N · 21900

中文资料

# 超高压输变电技术

高压试验室与测试技术

编译资料之三

3

水利电力部科学技术司主编

## 出版说明

遵照毛主席关于“认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒”和“洋为中用”的教导，由武汉水利电力学院高压教研室和水电部武汉高压研究所编译了《高压试验室与测试技术》（编译资料之三），由武汉高压研究所负责出版，供有关方面参考。译文中恐存在不少问题，请同志们批评指正。

水电部武汉高压研究所  
武汉水利电力学院

1976年12月

# 毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

## 目 录

日本日新超高压试验所概况.....	王文端译 ( 1 )
日本熊取研究所超高压研究设备概要.....	林 征译 ( 24 )
通用高压分压器的发展.....	莫汝厚译 ( 51 )
产生高压冲击波的系统概念.....	夏开琴译 ( 60 )
高压冲击测量系统的方波响应.....	葛敏珠译 ( 66 )



A 795134

A 840153

# 日本日新超高压试验所概况

〔日本〕 冈村登志生 原田敏夫  
三泽一敬 铃木光显

## 内 容 提 要

1971年9月,日本日新公司在前桥工厂内建立了一个新的超高压试验所。为了对试品,例如500千伏线路的电容型电压互感器或其他超高压电气设备,进行精确的局部放电测量,在该试验所的建设中作了一些特别的考虑。在高压试验大厅内安装有1100千伏交流试验装置和3600千伏冲击电压发生器,大厅内尺寸为43米×34.5米×26.6米(高)。在大厅内还可进行操作冲击试验和淋雨试验。本文介绍该超高压试验所的详细情况。

## 1. 超高压输电发展趋势和本试验所的设备性能

由于用电量的增大,50年代末期开始对超高压输电的探讨工作便迅速发展起来。首先由国际电工委员会(IEC)于1961年6月决定500千伏和700千伏输电电压的方案,相继又于1962年暂时决定700/765千伏为标准电压。在1968年美国的IEEE论文中曾发表过1000千伏电力设备的试验电压。目前IEC正在对1000~1500千伏输电标准电压和试验电压进行探讨。再由实际电力系统来看,1960年苏联的500千伏线路开始运行,1962年以来美国的500千伏线路陆续建设。加拿大的735千伏线路于1964年开始建设,1967年苏联的750千伏线路开始试运行,1969年美国正建设765千伏线路。

在日本,1965年由电力中央研究所送电机能研究会作出结论,认为500千伏输电是有利的。1965年4月东京电力公司着手建设房总至新古河变电所间的500千伏双回路线路,最近即将投入运行。关西电力公司也正在进行500千伏线路的建设工作。作为更高一级的电压等级,1000千伏输电是有希望的。

随着输电电压的提高,由经济性方面考虑,就要求降低基准冲击水平(BIL),这样又要求有关技术的进步,其中避雷器性能的提高已属可能,同时便发生了操作冲击下的绝缘配合问题。因为长空气间隙的闪络特性具有明显的饱和倾向,所以对于超高压电力设备的操作冲击试验,便受到重视。虽然半个世纪以来一直在进行2倍额定电压、1分钟的工频耐压试验,但是近年来肯定了局部放电试验是检查绝缘性能的极为有效的方法,逐渐被各国广泛采用,特别对于超高压设备是不可缺少的试验项目。

鉴于上述情况,日新公司以500千伏电容型电压互感器(PD)的绝缘定型试验为主要目

标，于1969年开始筹划建设新的超高压试验所，由1970年夏季开始，在前桥工厂基地内进行施工，最后于1971年9月建成。本试验所除了能进行操作冲击试验之外，对于局部放电试验，特别注意到能够进行微小放电电流的精确测量。为此，对于建筑物和试验设备全面进行了必要的考虑。

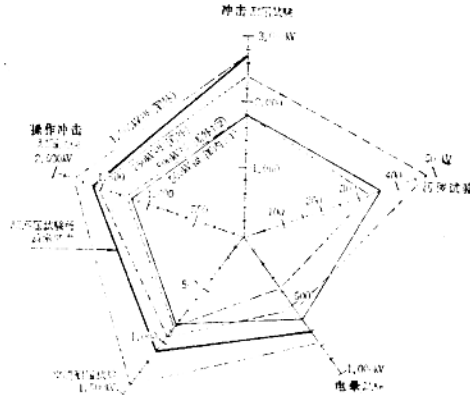


图1 各种电压等级的试验电压与本试验所的设备性能  
 注：① 500千伏级（国内）为东京电力公司用PD的试验电压。  
 ② 500千伏级（国外）为加拿大BCH用PD的试验电压。

图1表示本试验所的设备性能与各种电压等级试验电压的对比。对于500千伏和750千伏电力设备，除污秽试验以外，其他绝缘试验均可进行。考虑到将来1000千伏设备的试验，本试验所留有扩建余地。

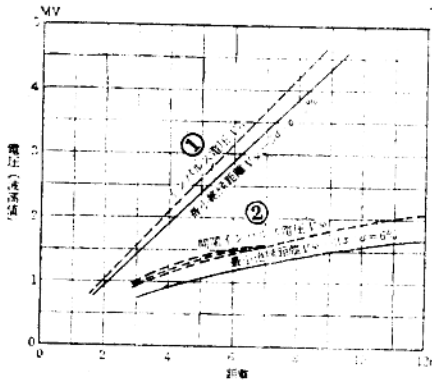
## 2. 超高压大厅的尺寸和结构

为了精确进行局部放电试验，必须对各种外来杂音进行屏蔽。试验所建成为户内式，不受天气影响。超高压试验大厅尺寸的决定，要考虑试验设备性能以及各种试验电压下的最小绝缘距离。同时还要考虑对可能的被试品留有充分的空间。图2表示各种电压下的绝缘距离。图3为超高压大厅的尺寸和设备布置情况。图4为大厅内的设备全貌。大厅建筑物墙壁以钢筋混凝土结构为主体，屋顶为钢结构。考虑到将来的扩建，北侧墙壁可以打开，用铁板封闭起来（图3（b）中的C）。表1列出了超高压大厅及其附属设施的情况。

大厅的照明是水银灯和碘钨灯兼用，地面上的计算照度约为170勒克斯。其照度分布的实测结果如图5所示。测量楼内各房间主要使用白炽灯。三层的测量室，为了取得充分的照度，兼用荧光灯。

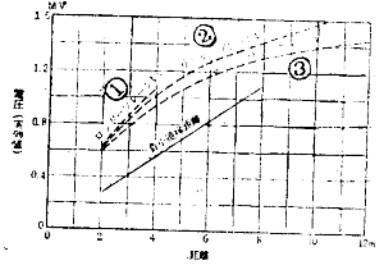
至于起重设备，除1台10吨行车外，还备有3台1吨单轨吊车（单轨葫芦）和2台1吨固定吊车。后两者为供接线和辅助工作之用。为了进行高空作业以及悬挂重物，还有1架扬程10米×300公斤的高空作业车（图6）。

大厅内的换气采用由屋顶将外部空气吹下来，再由大厅下部排气孔排出去的方法。大约每1.5小时可将大厅全部空气换气一次。吸气和排气孔都在大厅墙面上，特别在结构上使外部光线、甚至外部电波都不得侵入。大厅内温度分布良好，上下温差在2℃以内。



(a) 冲击和操作冲击下的绝缘距离

- ① 冲击电压  $V_{50}$
- ② 操作冲击电压  $V_{50}$



(b) 交流电压下的绝缘距离

- .....过去发表的50%闪络电压
- 最小绝缘距离
- ① 样一板 ② 环一板 ③ 棒一棒

图2 50%闪络电压和最小绝缘距离

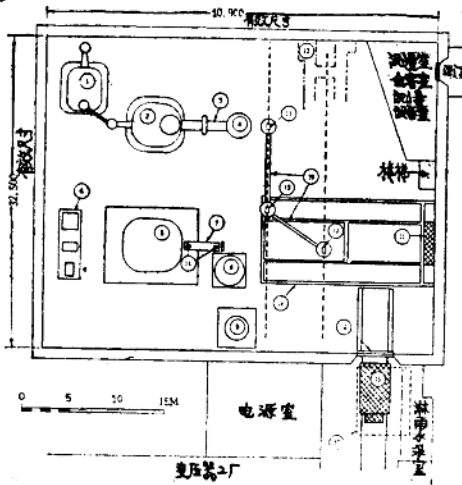


图3(a) 试验大厅内平面布置图

- 图中：
- ① 工频试验变压器（下段）
  - ② 工频试验变压器（上段）
  - ③ 保护电阻
  - ④ 分压器
  - ⑤ 冲击电压发生器
  - ⑥ 充电设备
  - ⑦ 串联电阻
  - ⑧ 测量波形用电阻分压器（附小车）
  - ⑨ 调整波形用电容器（附小车）
  - ⑩ 高压引线
  - ⑪ 淋雨设备
  - ⑫ 行车
  - ⑬ 单轨吊车（吊葫芦）
  - ⑭ 固定吊车（吊葫芦）
  - ⑮ 运试品用转盘
  - ⑯ 大卷门（搬入被试品用）
  - ⑰ 水槽（地下）
  - ⑱ 排水沟

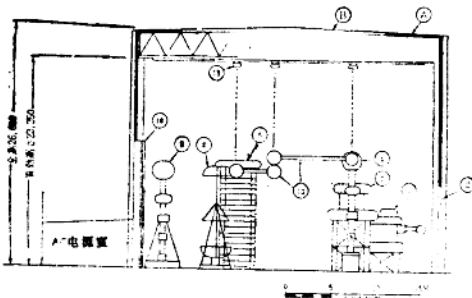


图3(b) 由东侧所视立面图

- 图中：A 钢筋混凝土墙壁  
B 屋顶铁板  
C 北侧铁板屏蔽（10米×10米）  
其他标号同图3(a)

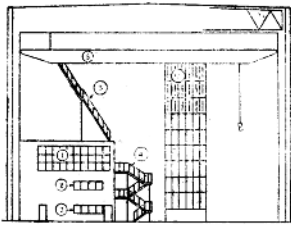


图 3(c) 山西侧所视立面图

图中:

- ① 测量室
- ② 会客室
- ③ 测量设备室
- ④ 大厅侧楼梯
- ⑤ 检查用楼梯
- ⑥ 行车
- ⑦ 淋雨设备

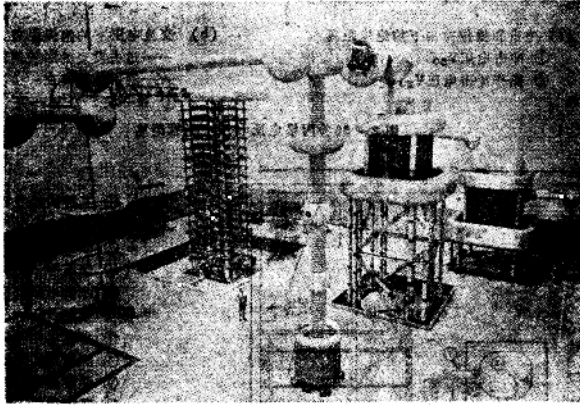
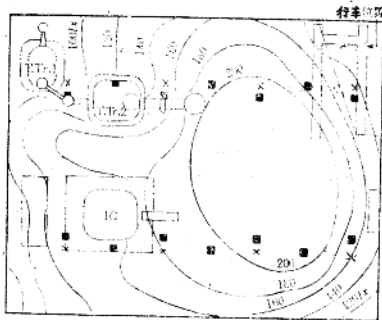


图 4 超高压大厅内设备全貌



■ 汞灯灯位    × 白炽灯位

图 5 大厅内照度分布

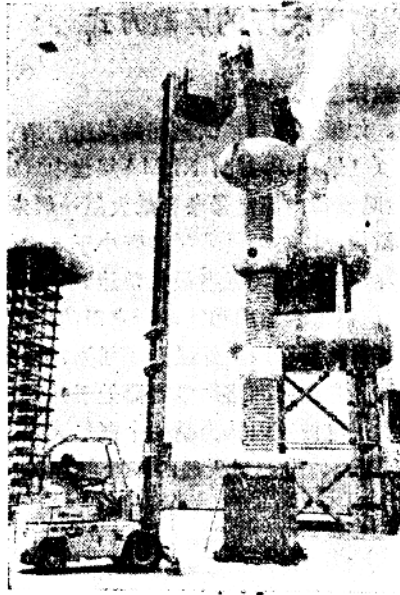


图6 高空作业车

表1 超高压大厅及其附属设备

设备名称 (台数)	规范 (参数)
超高压大厅	钢筋混凝土结构, 屋顶为钢架结构, 采用两层电磁屏蔽, 面积1330平米, 有效高度23.35米
测量楼	钢架结构3层, 在大厅内, 高9.4米 测量室 (第3层) 50.0平米 会客室 (第2层) 42.7平米 测量设备室 (第1层) 34.6平米 入口前厅及其他68.5平米
电源室	钢架建筑 108 平米
淋雨水泵室, 水槽	钢架建筑 120 平米
行车 (1台)	10吨, 地面操作, 长31.8米, 扬程22米
单轨吊车 (3台)	1吨, 扬程23米
固定吊车 (2台)	1吨, 扬程23米
大卷门 (1面)	电磁屏蔽式, 高14米, 宽4.5米
小卷门 (正门) (1面)	电磁屏蔽式, 高2.4米, 宽1.7米
大厅换气装置 (2套)	7.5千瓦, 换气能力46000立米/小时
转盘 (1台)	5.5千瓦, 载重30吨
水槽 (1个)	蓄水量40吨
大厅照明	1千瓦水银灯14个, 500瓦碘钨灯8个, 地面设计照度170勒克斯
高空作业车 (1台)	2.5吨, 扬程10米×300公斤



### 3. 超高压大厅的屏蔽方式

#### (1) 局部放电测量所需屏蔽效果

在测量电力设备的局部放电时，如果有外部或试验回路发生的杂音混入测量系统时，就不能辨别被试品所发生的局部放电（电晕）。为此，NEMA规程中规定必须使背景杂音小于被试品杂音规定值的1/2。电晕试验时设备内部电晕杂音最大值一般未作规定，大致为几微伏至几十微伏的范围。今设其为10微伏，则必须使背景杂音小于5微伏。根据NEMA规定的方法，在试验场地附近，所测得1兆赫下的电场强度最大曾达62分贝。本试验所附近有东京广播电台的950千赫的广播电波。依广播电台输出和距离所求得户外电场强度计算值约为70分贝。但实测值为70~75分贝。所以，最后取户外最大场强为75分贝。

另一方面，在试验回路内，被试品和返回回路用电容器处于并列状态。其上下方分别有加压线和接地线，形成矩形回路。对于电波可以认为是一个框形天线。今设此天线的面积为A（米<sup>2</sup>），电波的场强为E（微伏/米），电波对天线的入射角为θ，电波波长为λ（米）时，则天线的感应电压V可用下式表示：

$$V = \frac{2\pi AE}{\lambda} \cos \theta \quad (\text{微伏}) \quad (1)$$

今设试验回路的最大尺寸为10×10（米<sup>2</sup>），波长λ = 300米（1兆赫），cos θ = 1时，则当V = 5微伏时的E值为：

$$E = \frac{\lambda V}{2\pi A \cos \theta} \doteq 2.5 \text{微伏/米} \doteq 8 \text{分贝} \quad (2)$$

因此，设户外最大场强为75分贝时，则大厅所需衰减率将为75 - 8 = 67 ≈ 70分贝。所以本试验大厅的屏蔽效果是以70分贝的衰减为目标的。

#### (2) 大厅的屏蔽方式

外部杂音在1兆赫左右几乎是以电磁波的形式存在的。本试验所附近没有很大的发射源，所以屏蔽对平面波考虑即可。由于屏蔽板对电磁波的衰减可表示如下：

$$S \text{ (总屏蔽效果, 分贝)} \doteq R \text{ (两面反射损失, 分贝)} + A \text{ (吸收损失, 分贝)}$$

$$R \doteq 4k / (k + 1)^2, \quad k = \eta / \eta_0 \quad (3)$$

式中，η：金属板固有阻抗 =  $\sqrt{\omega\mu/\sigma}$  < 45°

$$\eta_0: \text{自由空间的固有阻抗} \doteq \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 377 \text{欧}$$

$$\omega = 2\pi f, \quad f: \text{电磁波频率 (赫)}$$

$$\sigma: \text{屏蔽板导电率 (姆欧/米)}$$

$$\mu: \text{屏蔽板导磁率} = \mu_0 \mu_r$$

$$= 4\pi\mu_r \cdot 10^{-7} \text{ (亨/米)}$$

$$\text{吸收损失 } A = 8.686t\sqrt{\omega\mu\sigma/2} \quad (\text{分贝}) \quad (4)$$

式中，t：金属屏蔽板厚度（米）

各种金属屏蔽板的反射损失和吸收损失的计算结果如图7所示。从图中可以看出，对于反射损失，导电率大的银、铜等较为有利，对于吸收损失也是一样的。但是铁板由于导磁率

较大，吸收损失是很大的。图 8 主要表示，在进行内部电晕测量时所使用的 1 兆赫左右的反射损失与吸收损失综合屏蔽效果与金属板厚度间的关系。当铁板的厚度在 0.2 毫米以上时，可得到充分的屏蔽效果。图 9 表示利用电焊或锡焊将金属板接合起来时，屏蔽效果降低的情况。图中是考虑由于接合点处电流的集中，金属板的等值电阻增大。与图 8 比较，可以看出，即使将接合点的间隔取得再小，对屏蔽效果的降低所起的作用也是不大的。

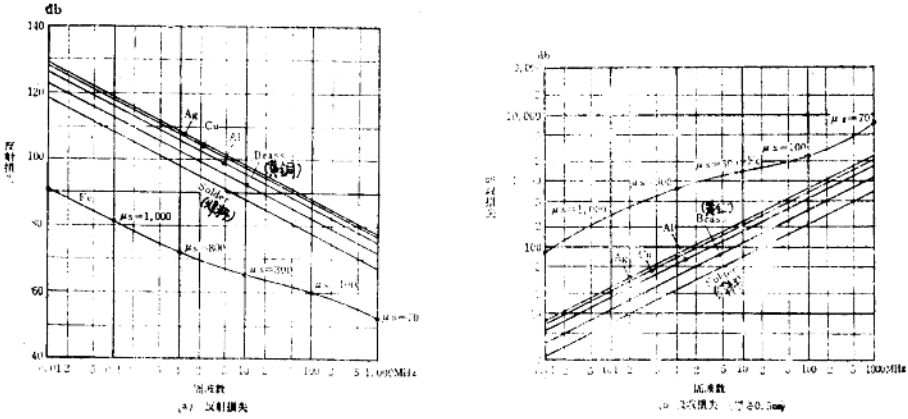


图 7 金属屏蔽板的反射损失和吸收损失

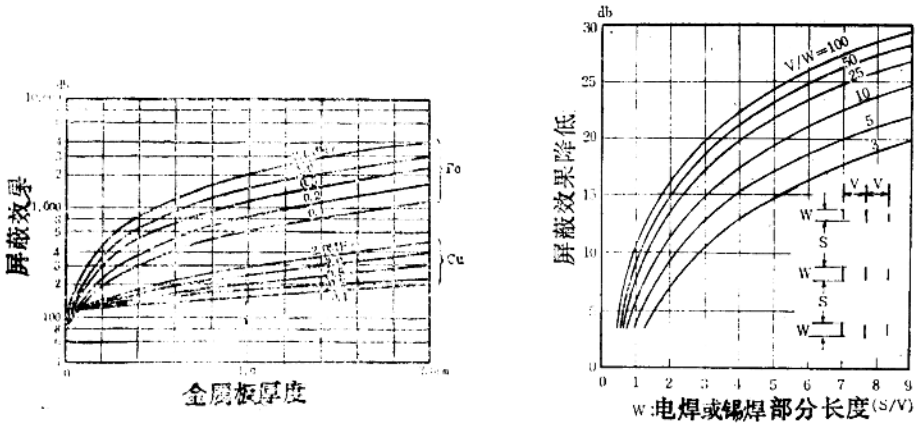


图 8 在 1 兆赫左右金属板屏蔽效果与厚度的关系

图 9 由于电焊或锡焊使屏蔽效果的降低

关于金属网的屏蔽效果，有人提出把网孔考虑为螺旋圈计算其衰减率的方法。

$$\text{衰减率 } S = 20 \log \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2) / (R^2 + \omega^2 L'^2)} \quad (\text{分贝}) \quad (5)$$

式中，R：考虑集肤效应的屏蔽的电阻；

L 和 L'：螺旋圈的自感和漏感；

$$\omega = 2 \pi f$$

此外，当电场与导线平行时，将金属网看作金属栅帘，可依次式计算衰减率。

$$K = \frac{A'}{A} = \frac{j(2a/\lambda)\ln(a/\pi d)}{1+j(2a/\lambda)\ln(a/\pi d)} \approx j \frac{2a}{\lambda} \ln \frac{a}{\pi d} \quad (6)$$

式中,  $A, A'$ : 入射波和透过波的振幅

$\lambda$ : 波长 (厘米)

$a$ : 栅帘的线间间隔 (厘米)

$d$ : 线的直径 (厘米)

表 2 为利用上述两式计算的结果。可以看出, 由于频率不同, 两式计算结果得到相反的趋势。所以对于金属网的屏蔽理论尚无定论。与图 8 的金属板屏蔽效果比较起来, 效果要差些。一般认为: (1) 与电磁波的波长比较起来, 网孔要尽量小些才好; (2) 网的金属线越粗越好, 导电率越大越好。另外据说四角形网孔不如六角形网孔效果好。

表 2 金属网的屏蔽效果计算例

计 算 公 式	网 的 尺 寸		屏 蔽 效 果 (分贝)			
	网 孔 (毫米)	直 径 (毫米)	1 千 赫	10 千 赫	100 千 赫	1 兆 赫
(5)	25	1	30	43	53	63
(6)	25	1	129	109	89	69
(6)	100	6	119	99	79	59

本超高压大厅考虑到以上情况, 同时照顾到材料的经济性以及施工的方便, 采用厚 0.35 毫米镀锌波形铁板作为屏蔽的主体。在其外侧间隔充分的距离, 设置 100 毫米网孔, 6 毫米直径的焊接铁网, 作为一次屏蔽。图 10 为本大厅的墙壁和地面部分屏蔽结构的大致情况。外侧的一次屏蔽设于墙壁混凝土中钢筋的内侧, 且与钢筋绝缘埋设。屋顶部分距墙壁宽 6 米的范围内将大厅整体包围起来。至于屋顶的中央部分, 考虑到电波的入射角很大, 不易由此部分侵入, 所以不用一次屏蔽。地面部分为了防止由大地侵入的电波, 也采用双重屏蔽。外侧的一次屏蔽采用 150 毫米的网孔, 直径 6 毫米的焊接网, 兼用作地面钢筋。二次屏蔽采用与墙壁相同规格的屏蔽, 埋设于接近地面处。墙壁和屋顶部分的二次屏蔽所用铁板的尺寸为宽 0.9 米 × 长 5 米。其连接部分要求相互重叠 100 毫米以上, 顺着纵向以 100 毫米间隔与其成直角方向采用锡焊连接。墙壁和屋顶的二次屏蔽如图所示, 仅在与地面相连接的部分, 与一次屏蔽作成良好的电气连接并且接地。而其他部分则是绝缘的两层结构。另外, 若有这两种屏蔽结构不完善的地方, 则可能使电波侵入而降低屏蔽效果。因此对于电焊部分、锡焊部分必须进行严密检查, 对不完善部分进行修补。此外还在一次屏蔽和二次屏蔽之间, 每隔 5 米设有接地线, 使建筑物的金属部分良好接地。这样可使结构物整体的对地电位降低。

### (3) 运输口、门和换气孔

超高压大厅必须设有被试品的运输口、门和换气孔, 这些部分如果屏蔽不良, 也会使屏蔽效果降低。运输口在南面有高 14 米、宽 4.5 米的大卷门。此卷门的金属条部分由编织导线构成电气连接, 通过卷动轴接地。卷门轨道和金属框焊接在一起, 与二次屏蔽充分重合连接。侧面和下部导轨的插入深度取为 100 毫米以上, 这样可以防止电波侵入, 同时使卷门放下时, 金属条的下部完全与导轨压接起来。至于正门处的小卷门也是同样的结构。这些卷门部分在屏蔽上是单层结构, 但是大卷门外侧为钢筋铝板结构的互感器工厂, 正门卷门的内侧为

测量室建筑,对于外来电波,实际上还是两层屏蔽。

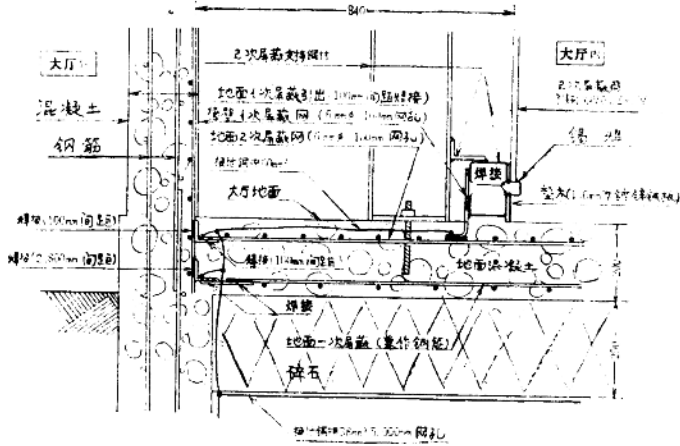


图10 超高压大厅墙壁和地面的屏蔽结构

通往大厅出入口的门都是铁门,与二次屏蔽相联系。特别由大卷门转向互感器工厂的门使用磷青铜弹簧,当门处于关闭状态时,可使其与焊接到二次屏蔽上的金属框充分压接在一起。

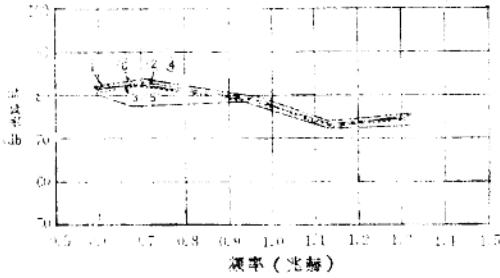
大厅有8处换气孔,其中4处对于二次屏蔽是开口的。墙壁混凝土的开口部分要留有一次屏蔽网,在其外侧盖以铁板,以防止屏蔽效果的降低和光线的透入。在二次屏蔽的开口部分作成通廊结构,以便使电磁波不能直接侵入。在建成后曾进行过电场强度的测量,证明这些出入口和换气孔都是几乎没有影响的。

#### (4) 电源及其他

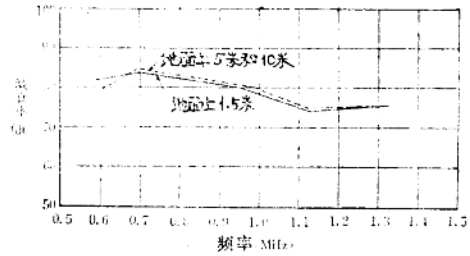
向超高压大厅引入的电源来自在电源室内的屏蔽变压器,而在进入大厅的入口处,设有高频线路滤波器,以防止由电源带来杂音的侵入。在地面下的配线使用设于一次与二次屏蔽之间的铁管。由大厅外部向屏蔽贯穿过来的钢材或铁管,都在贯穿前面一段绝缘,在大厅侧可靠地接地。铁管的连接处均用连接线连起来。转盘轨道和卷门轨道的交叉部分要断开,与工厂侧绝缘,在大厅侧要和一次与二次屏蔽共同接地。

#### (5) 超高压大厅的屏蔽效果

根据上述屏蔽结构,本大厅所取得的屏蔽效果为:1兆赫左右的频率下为75分贝以上。图11的(a)、(b)两图表示在大厅内主要部位测得的不同频率外来电波的衰减量。图12表示图11中的测量部位。在图11中,对于大于1兆赫的频率,衰减率在75分贝以下。这是由于外来电波较弱,在大厅内测量仪器的灵敏度不够的缘故。大厅内场强大部在1微伏以下,取得了充分的屏蔽效果。试验变压器的原边电源有一些泄漏,所以沿变压器的轮廓部分略有电场较强的范围。针对这个问题,可以考虑在电源入口处再加以适当的滤波器,大致是可以防止的。在广阔的屏蔽室内,即使有一小部分有电波的泄漏,并不能降低整体的屏蔽效果。可以明显看出,电场较强部分是局限于该部位附近的。即使对于其他频率分量,几乎没有影响到进行电晕试验被试品的电场。如果充分防止高压电源带来的杂音,便可得到更高的灵敏度,便于进行内部电晕检查,已经得到证实。



(a) 不同频率下的场强衰减值(地面上1.5米)



(b) 在部位①处不同高度衰减值与地面上高度的关系

图11 对于外来电波的衰减特性

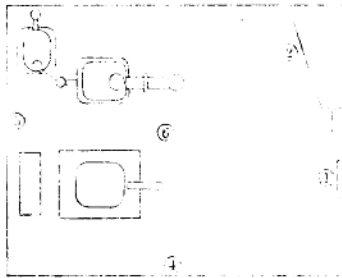


图12 相对于图10的大厅内场强测量部位

#### 4. 建筑物和设备的接地

在本试验所中认为普通的铜板埋设等方法不能得到足够低的接地电阻, 所以决定利用深达十几米的几百根混凝土基础桩柱的方法, 取得了良好的结果。图13为主要部位的接地电阻测量结果。桩柱的钢筋是连接在一起的, 桩柱之间再用铜板联系起来。由铜板起在全部地面下敷设 5 米间隔的主接地网。另外在主要设备之间还有铜棒构成的归路用接地网, 敷设于一次屏蔽与二次屏蔽之间, 并在主要地点与主接地网连接。由主接地网向上引出接地线, 对门、楼梯、淋雨设备、设备的油箱、机座等均予以接地, 以便防止电晕试验时电位飘浮的导体可能发生杂音。在测量室内的接地端子也是直接与主接地网连接的。图14表示超高压大厅接地装置概况。

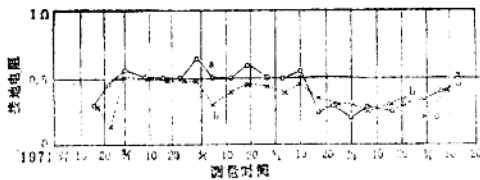


图13 超高压大厅接地电阻测量结果

(利用横河公司产电池式接地电阻测量器)



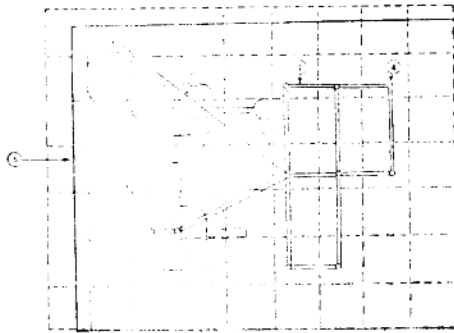


图14 大厅接地装置情况  
图中：① 归路地线（铜棒）  
② 归路地线（铜线）  
③ 埋设地线  
④ 归路地线与埋设地线的连接  
⑤ 连系铜线（在大厅外壁正下方）

## 5. 交流高压发生装置

图15为全套试验设备的电路图，表3为主要设备的规范。实际用50赫，亦可用于60赫。

主回路的开关设备分2级，一般操作利用电磁开闭器。当被试品闪络时，利用油开关断开其大电流。为安全计，在高压侧进行接线操作时，也应将油开关断开。万一试验中发生极大的短路电流时，在保护继电器动作之前，还采用了高速开断的熔断器，以防事故扩大。

为了提高调压器升降的精确度，采用惯性电动机。屏蔽变压器用于降压以及限制电源侧杂音。补偿电抗器的操作可以由操作台进行远方操作。当自动升压时，掌握电源电流的进迟相位，细调电抗器可以自动投入或切除。

本套设备未采用发电机作为电源，特别是较低电压范围内可能发生波形畸变。因此在线间采用3次和5次谐波用L—C滤波器。滤波器的效果是当电源测阻抗越大时，其效果也越大。当输出电压较低时，调压器的阻抗很大，或者电源电压波形有相当畸变时，试验变压器的输出电压几乎都能保持精确的正弦波形。

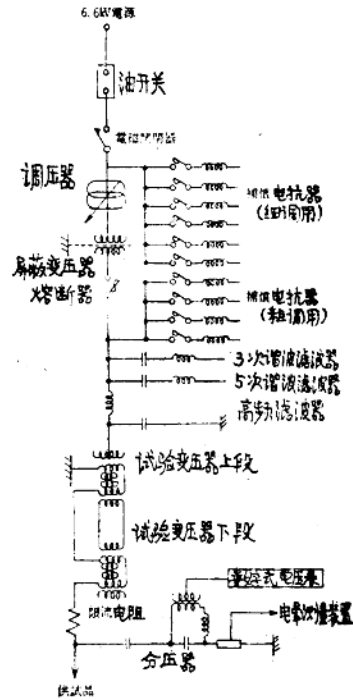


图15 1100千伏交流试验变压器电路图



图16 交流高压发生装置

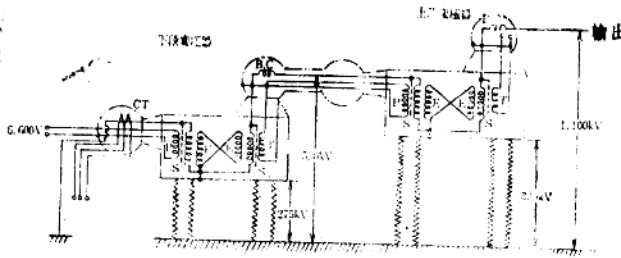


图17 试验变压器内部接线图

图中: P: 一次绕组                      S: 二次绕组  
 T: 三次绕组                      E: 均压绕组  
 B, C: 限制杂音用阻寒线圈  
 CT: 测量二次电流用电流互感器

表3

交流高压发生装置

设 备	规 范
油开关	3相, 7.2千伏, 600安, 遮断容量150兆伏安
电磁开闭器	3相, 6.6千伏, 400安, 遮断容量50兆伏安
调压器	单相, 50/60赫, 6.6/0-13.2千伏, 1000千伏安
屏蔽变压器	单相, 50/60赫, 13.2/6.6千伏, 1000千伏安
补偿电抗器1	单相, 50/60赫, 6.6千伏, 120千伏安, (50赫)×6台, 自动补偿
补偿电抗器2	单相, 50/60赫, 6.6-3.3千伏, 330+330+660+1320千伏安(50赫), 可串并联
3次谐波滤波器	单相, 50/60赫, 6.6千伏, 100千伏安
5次谐波滤波器	单相, 50/60赫, 6.6千伏, 100千伏安
高频滤波器	6.6千伏, 260微亨+0.5微法
试验变压器(上下段相同)	单相, 50/60赫, 6.6/550/6.6千伏, 2200/1100/1100千伏安连续, 3300/1650/1650千伏安30分钟
限流电阻	5千欧, 2安连续, 3安30分钟
分压器	1100-550千伏/110伏, 15伏安0.1级, 电容1000微微法

试验变压器为2段串级连接，输出电压为1100千伏，被试品是考虑电容型电压互感器等电容量较大的设备，所以试验变压器的容量还是比较大的。图16为限流电阻和测量电压用分压器的外观。图17为变压器的内部接线。变压器本体及其附属设备均设计为在800千伏电压下无电晕结构。图18为依 NEMA 法测量的试验回路背景杂音的情况。

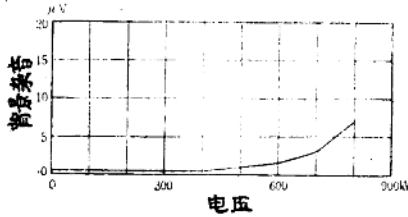


图18 依 NEMA 法交流  
试验回路的背景  
杂音测量

对试验变压器的电晕屏蔽罩曲率半径进行精密加工，在交流1000千伏下表面电位梯度保持在20千伏/厘米以下。限流电阻的表面小突出部分较多，不可能全部用导体进行屏蔽。利用电场描绘法求得良好的屏蔽形状，以便使电阻表面附近的电位梯度达到最小的程度。图19为其电位分布示例。试验变压器的二次绕组考虑到改善绕组中串联电容分布，作成防过电压结构，以防被试品闪络时过电压过多集中于输出端附近。图20表示在限流电阻的负荷侧加以标准冲击波时，各部分的电压波形以及最大分担电压。说明波头的陡峻上升部分大部分由限流电阻的电感分量所分担，而变压器的电压几乎全由各绕组的串联电容所分担。

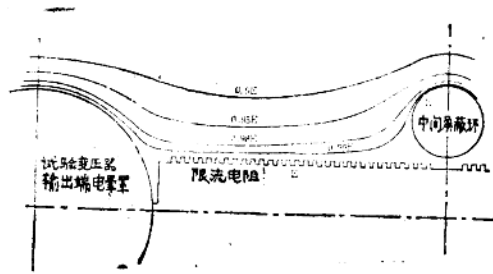


图19 限流电阻的表面电位分布

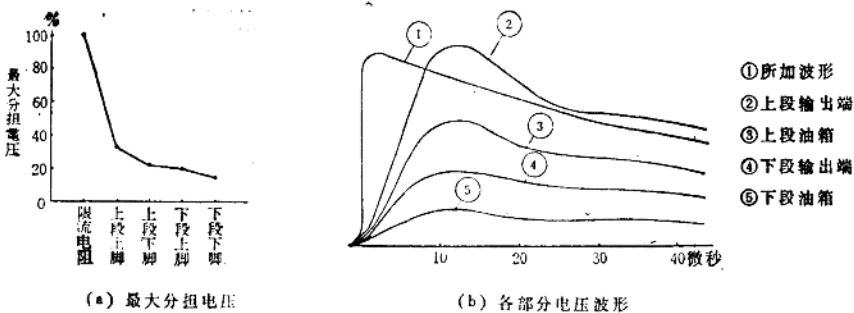


图20 由负荷侧加冲击波时的最大分担电压和电压波形



交流输出电压的测量，利用一次电压为1100/550千伏，二次电压为110伏的分压器(电容型电压互感器)进行，其误差特性如图21所示。

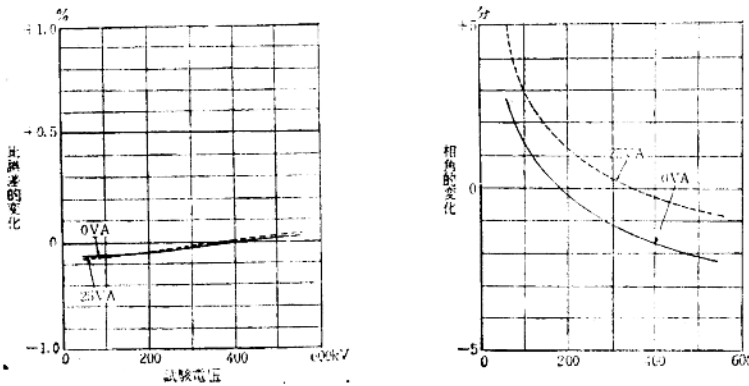


图21 电压测量用分压器的误差特性

交流输出电压的调节，除手动调压之外，还采用自动升降的方式。当自动升降时，可选定所需电压和升压后的加压时间，在投入主回路电源后，即依所定速度升压到预定值，保持所定时间后，电压降到零，电源即断开。在此期间内，由于细调补偿电抗器的作用，可自动调整电源电压的功率因数。由分压器所测出的试验变压器输出电压，与选定器所给出的电压进行比较和放大，经过伺服机构，可开动调压器的电动机，对于电源电压的变动，也可以自动进行补偿。图22为自动运行时，输出电压与时间过程的关系示例。

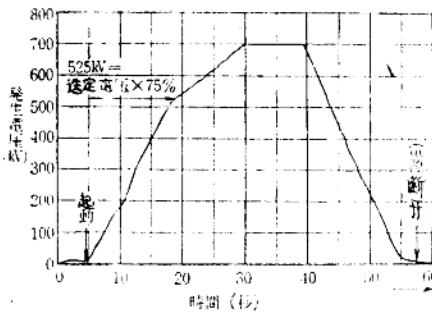


图22 自动运行时试验变压器输出电压与时间过程的关系，输出电压选定700千伏，加压时间选定10秒

## 6. 冲击电压发生装置

本装置可发生雷电冲击和各种波形的操作冲击，图23为其本体的外观，图24为主要回