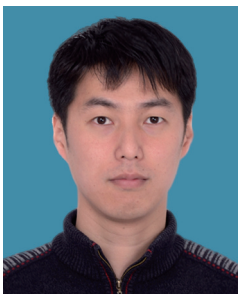
# 高压试验厅的屏蔽及接地做法

为保证高压试验的准确性以及工作人员人身安全，高压试验大厅要求具有良好的屏蔽性以及良好的接地系统。具体介绍高压试验大厅的屏蔽措施和接地措施。

程晔新／上海联创建筑设计有限公司



程晔新／工程师

关键词/Keywords
高压大厅·
屏蔽·
一点接地·
接地电阻·

## 工程概述

电力电子产业园高压试验大厅建筑占地面积4 857 $m^2$，总建筑面积5 877 $m^2$。其中超高压试验大厅为单层建筑，分为东西两个区，西区试验厅为27 m × 54 m、高21 m，东区试验厅为44 m × 54 m、高34 m，建筑面积3 987 $m^2$。东区试验厅北侧为电容器室、高压配电室及试验厅设备用房，南侧为二层控制室、调试室及办公用房。

## 试验厅的屏蔽设计

### 1. 屏蔽的范围及要求

本建筑内试验大厅、二层的控制室需设六面屏蔽体保护。屏蔽频率100 kHz～100 MHz；屏蔽效果要求55 dB以上。

### 2. 屏蔽的技术措施

高压试验厅的屏蔽，是保证试验良好运行的关键措施。通常，高压大厅的屏蔽都做成一个六面屏蔽体（法拉第笼），一方面为了防止外界电磁波入侵高压试验大厅，避免造成局部放电和无线电测量误差；也为了减小开路电压和闭路电流，以消灭反击和抑制共模干扰，从而防止设备损坏并提高冲击测量准确度。

本设计中，整个高压试验大厅采用钢结构建筑。屏蔽墙利用四面金属彩钢板作为屏蔽层，钢板框架间紧密焊接，并与钢柱等金属部件做紧密焊接。天花板也是利用其金属屋面，框架结构与屏蔽墙相同，与屋面钢梁、四周钢柱等做紧密焊接，并与四面金属彩钢板屏蔽墙焊接。地坪则由双层钢板网组成，钢板网和大厅内的四周的屏蔽彩钢板进行密焊。

这样，屏蔽墙、天花板及地坪中的双层钢板网组成了一个六面屏蔽体结构的法拉第笼。该屏蔽方式大部分利用了建筑物本身作为屏蔽体，省去了复杂的结构以及重复用料，节省了投资。

位于办公楼内二层的控制室为混凝土结构，由于办公楼为混凝土结构，故在控制室的六面墙体上敷设钢板，并且相互之间紧密焊接作为屏蔽体，形成法拉第笼。

### 3. 屏蔽设计中的特殊要求

所有屏蔽体内的钢柱，钢结构等均需良好焊接，并且与屏蔽体焊接在一起。控制室的屏蔽体与试验大厅的屏蔽体须可靠焊接起来，保证连为一体。

试验大厅及二层控制室内所有门窗均须采用屏蔽门及屏蔽窗，并与六面屏蔽体可靠连接，门窗由专业公司提供。试验大厅外窗装设电动金属窗帘，需将其与屏蔽体可靠连接。

试验大厅及二层控制室的照明灯具应采用节能型电感镇流器，密闭式高压压铸铝电器箱，并带金属屏蔽网罩，屏蔽罩由均匀排列的细铝合金长条（间距20 mm）制作而成，以防止照明灯具产生的电磁干扰信号影响试验的测量准确度。所有灯具均需符合国家电磁兼容检



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

测报告。

所有进入试验大厅管道均埋设于地坪之中，并与地坪内的双层钢板网多点可靠焊接，以防止各种管道将外界电磁干扰信号引入大厅。进入控制室内的管线也必须与屏蔽钢板网可靠焊接。

经过上述精心设计与特殊处理，将影响屏蔽的因素尽可能避免或消除，从而达到提高屏蔽效果的目的，屏蔽示意图如图1所示。

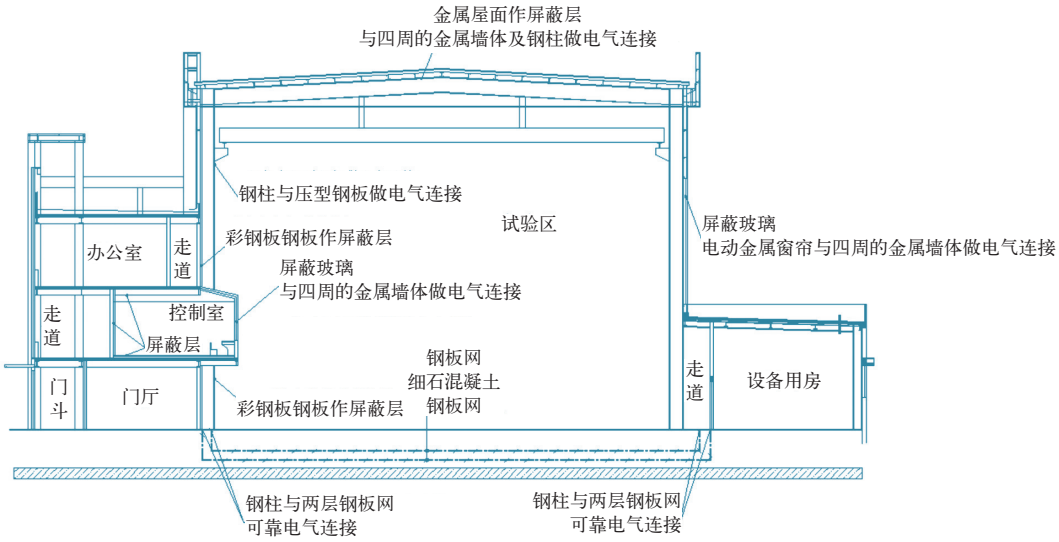



图1 屏蔽示意图

## 试验大厅的接地设计

### 1. 接地系统的组成

高压试验室的接地系统由三部分组成：①试验大厅六面屏蔽法拉第笼形成的接地回路（东、西试验大厅控制室六面屏蔽体）；②试验大厅地坪内的活动接地井与固定接地井；③试验大厅六面屏蔽体下面的水平接地带和垂直接地体组成的主接地系统。

由于高压冲击试验的要求，试验大厅六面屏蔽体必须一点接地。故六面屏蔽体与主接地系统之间敷设绝缘沥青层，试验时仅通过试验大厅地坪内的固定接地井穿过绝缘层，连通屏蔽体与主接地系统，达到一点接地的目的。接地示意图如图2所示。

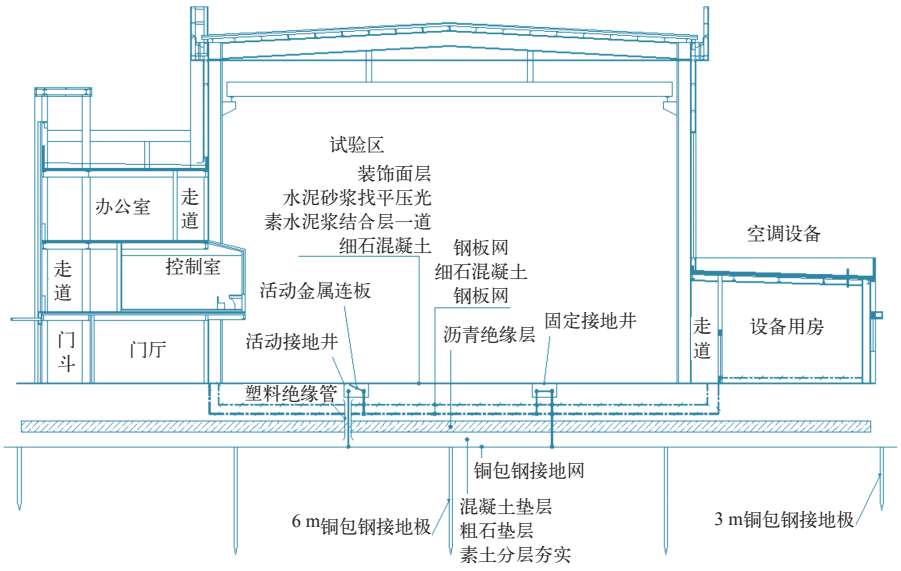



图2 接地示意图



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2. 接地井的设计

试验大厅共设有11个活动接地井与1个固定接地井，分布在整个试验大厅内，方便试验中的设备接地。在高压电容室内设有专用放电接地井。接地井为边长350 mm，深180 mm的矩形井筒，所有接地井与地坪下的双层钢板可靠连接，并采用50 mm×6 mm热镀扁钢将接地井连成一体。

活动端子井内设置2个接地点，可由活动金属板连接。其中1点采用一根$\phi$20圆钢与大厅内双层钢板网可靠连接，并采用50 mm×6 mm热镀扁钢与其他接地井连成一体；另一点采用一根$\phi$20圆钢穿过内径＞30 mm，壁厚＞15 mm的塑料保护管与接地网可靠连接，达到与双层钢板网绝缘的目的。

固定接地井内设置2个接地点，采用固定金属连扳可靠连接。2点均采用一根$\phi$20圆钢与接地网可靠连接，并与大厅地板内的双层钢板网可靠连接。

当进行试验时，活动接地井内的金属连扳置于“开”的位置，整个试验大厅六面屏蔽体仅通过固定接地井与主接地系统连接，形成一点接地，达到试验要求。在平时及雷雨天气时，将所有活动接地井的金属连扳置于“合”的位置，使整个试验大厅处于多点接地状态。

3. 主接地的设计

（1）主接地系统的接地电阻值计算

因考虑为局部放电提供最短最有利的放电途径，主接地系统考虑设置在东、西试验大厅六面屏蔽体下37 m×84 m范围内，主接地系统方案初步考虑有：水平接地环、水平接地极和短垂直接地体配合使用及水平接地极和深长垂直接地体配合使用这3种方案。首先从接地极的接地电阻计算公式分析着手。

垂直接地极的接地电阻计算公式为

$$R=\rho\ln(4L/d)/2\pi L \quad (1)$$

水平接地极的接地电阻计算公式为

$$R=\rho[\ln(L^2/hd)+A]/2\pi L \quad (2)$$

复合接地极的接地电阻估算公式为

$$R\approx 0.5\rho/\sqrt{S} \quad (3)$$

或

$$R\approx \rho/4r+\rho/L \quad (4)$$

式中，$\rho$为土壤电阻率，Ω·m；$d$为接地极等效直径，m；$h$为埋设深度，m；$L$为接地极长度，m；$A$为形状系数；$S$为接地网的水平投影面积，$m^2$；$r$为与$S$等值的圆的半径，m。

由于接地极钢材截面积的大小对接地电阻的计算结果影响很小可以忽略，那么如果土壤电阻率、接地极埋设深度已经确定的情况下，式（1）表明，要降低垂直接地极的接地电阻值，必须加长垂直接地极的长度；式（2）表明，要降低水平接地极的接地电阻值，必须加长水平接地极的长度或加大接地网的水平投影面积，由于水平接地极间的距离过近会造成电流屏蔽，因此若有条件应以加大接地网的水平投影面积作为优先考虑；式（3）和式（4）表明，要降低复合接地极的接地电阻值，必须加大接地网的水平投影面积以及加长垂直接地极的长度，其中应优先考虑加大接地网，在接地网面积受到限制时考虑采取加长垂直接地极的长度。结合本工程具体情况水平接地网的长宽确定为72 m×24 m（试验大厅建筑面积6 $m^2$范围内）。

当接地网仅以接地环网方式接地时，取$\rho$=40 Ω·m、$h$=1.2 m和$A$=1.69时，对不同的网宽和不同的接地极等效直径，根据式（2）对接地电阻值计算的结果如表1所示。

表1　水平接地环面积对接地电阻影响比较

| 接地网长×宽/m | 24×24 | 36×36 | 48×48 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 接地网面积$S$/$m^2$ | 576 | 1 296 | 2 304 | | |
| 接地极长度/m | 96 | 144 | 192 | | |
| 接地极等效直径$d$/m | 0.02 | 0..02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 接地电阻/Ω | 0.965 | 0.679 | 0.528 | 0.515 | 0.505 |

在接地要求不高或地质条件相当优越的情况下，接地环能够起到接地的作用（但是通常的情况下，这是不可行的）。取$d$=0.02 m、$h$=1.2 m、$L$=192 m和$A$=1.69时，根据式（5）对接地电阻计算结果为0.53 Ω。本工程中的高压试验大厅建成后其规模和面积是亚洲最大的，虽然以尽可能大的面积考虑水平接地，但计算结果显示仅以接地环接地时不能满足一般高压试验室对接地电阻值



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的要求。

复合接地极的接地电阻计算公式为

$$R_n=\rho\{(0.22-0.007L_1/L_2)(1+B)/\sqrt{S}+[\ln(S/hd-5B)]/2\pi L\} \quad (5)$$

$$B=1/(1+4.6h/\sqrt{S})$$

式中，$\rho$为土壤电阻率，Ω·m；$d$为钢材等效直径，m；$h$为埋设深度，m；$L$为接地体总长度，包括垂直接地体在内，m；$L_1$为接地网水平长度，m；$L_2$为接地网水平宽度，m；$S$为接地网面积，$m^2$。

（2）短垂直接地体配合的复合接地

当采用6 m×6 m网格、长2.5 m的50×50×5角钢垂直接地极5×13=65根，取$S$=1 728 $m^2$、$L_1$=72 m、$L_2$=24 m、$L$=834.5 m、$d$=0.02 m时，接地电阻$R_n$=0.395 Ω，能满足高压试验室对接地电阻值的要求。

（3）长垂直接地体配合的复合接地

当采用12 m×12 m网格、长6 m、直径20 mm的垂直接地极3×7=24根，取$S$=1 728 $m^2$、$L_1$=72 m、$L_2$=24 m、$L$=510 m、$d$=0.02 m时，接地电阻$R_n$=0.417 Ω，能满足高压试验室对接地电阻值的要求。

将上述垂直接地极极接地网的间距分别缩小和扩大一倍，根据式（5）对接地电阻值计算的结果如表2所示。

表2 垂直接地极长度和网格间距对接地电阻影响比较

| 接地网长×宽/m | 72×24 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 垂直接地极长度/m | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 6 | 6 | 6 |
| 网格间距/m | 3×3 | 6×6 | 12×12 | 6×6 | 12×12 | 24×24 |
| 接地电阻计算值/Ω | 0.375 | 0.395 | 0.427 | 0.388 | 0.417 | 0.462 |
| 垂直接地数量 | 261 | 65 | 21 | 65 | 21 | 8 |

（4）主接地系统的设计

根据对接地电阻的计算和比较，最终主接地系统采用12 m×12 m网格，16个网格，按工程实际情况在四周设小间距均压环。水平接地极外围设置一定量的3 m长、20 Ω的铜包钢垂直接地极，中央区域设置的网格节点处设置6 m长、20 Ω的铜包钢垂直接地极。水平接地体采用50 mm×5 mm的铜包钢带，与长短垂直接地体组合形成方锥形的三维空间。接地体采用铜包钢保证了耐腐蚀性以及更低的土壤接触电阻。

经计算，接地电阻为0.22 Ω，满足了高压试验的要求。

## 结束语

由于本次设计的特殊要求，在查阅了大量的参考文献以后，通过精心的设计以及比较，制定了一套相对完善的设计方案，在和甲方多次协商以后，经过对本设计的不断完善，顺利地完成了对高压试验大厅的接地设计。

### 参考文献

[1] DL 560—1995 电业安全工作规程（高压试验室部分）[S].

[2] 谈莹，周惠黎，程晔新．高压试验大厅的接地设计 [J]．低压电器，2007 (24)．

[3] 马建国，张仲大，丁一工，等．高压大厅的接地措施及效果分析 [J]．安全与电磁兼容，2002 (5)．

[4] 马建国，金涛，张仲大，等．微孔钢板在高压试验大厅屏蔽中的应用 [J]．电力建设，2001，22 (4)．

（收稿日期：2015－02－19）EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net