

# 垃圾焚烧发电厂防雷和接地做法的探讨

张莹

(中国恩菲工程技术有限公司,北京 100038)

**[摘要]** 交流电气装置过电压保护、建筑物防雷是一个比较宏大的课题,各种规范、手册都有相关非常多的理论阐述。如何把规范要求落实到实际应用中,不同设计者有不同的理解。笔者结合实际的工程实例,对所遇到的认为应当注意的部分和有待商榷之处进行阐述,文中的内容主要集中在防雷和接地的实际做法。

**[关键词]** 建筑物防雷;接地设计

**[中图分类号]** TF811 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)05-0094-05

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.05.020

## 0 前言

交流电气装置过电压保护、建筑物防雷和接地是一个比较宏大的课题,各种规范、手册都有相关非常多的理论阐述。在实际应用中,因为行业的不同,其涉及的建筑形式、设备范围都各有特点,加之不同设计者对于规范、手册在理解上的不同,因而在实际设计、施工过程中,对于过电压保护、建筑物防雷的实际应用差异还是很大的。笔者结合垃圾焚烧发电厂实际的工程实例,对在工程实践过程中所遇到的认为应当注意的部分和有待商榷之处进行阐述,文中的内容主要集中在防雷和接地的实际做法。

## 1 过电压的基本概念

在系统运行中作用于线路和设备绝缘上的电压,包括正常工频持续运行电压和来自系统外部的雷电过电压以及来自电力系统内部的操作过电压。后者是操作或故障时,系统参数发生变化,电磁能量产生振荡、积聚、转化或传递而引起的。内部过电压又分为持续时间较长的暂时过电压、持续时间较短的瞬态操作过电压和特快速瞬态过电压。

### (1) 电气装置的内部过电压防护

对于电气装置的内部过电压,可以根据过电压的不同成因、性质,采用加装金属氧化物避雷器(MOA)、高压并联电抗器或过电压保护装置、调整操作方式等多种方式加以限制。

### (2) 电气装置的雷电过电压防护

①对于直击雷的防护,主要是装设直击雷防护装置。

户内配电装置:因为有建筑物的防护,避免了直接雷的伤害,相应的就要对建筑物进行防雷分类及设置防护措施。

户外配电装置:如果户外配电装置已在相邻建筑物保护范围内,可不装设直击雷防护装置;否则就要装设。

### ②对于雷电侵入波过电压保护

有对架空线路加装地线、在相应位置加装 MOV 等措施。

## 2 垃圾焚烧发电厂防雷和接地做法的探讨

### 2.1 示例工程概况

一般城市典型的垃圾焚烧发电厂,其工艺系统包括:垃圾接收及储存系统、垃圾焚烧系统、余热锅炉系统、烟气净化系统、汽轮发电机组、汽水循环系统、灰渣处理及储存系统、飞灰处理系统、污水处理系统、循环水系统、化学水系统、给排水系统、消防系统、电力系统、供热系统、测量及控制系统、渗滤液收集处理系统等。主要的建、构筑物包含:综合主厂房(垃圾接收及储存厂房、焚烧厂房、烟气净化厂房、飞灰稳定化厂房、主控楼、余热发电厂房)、烟囱、综

**[收稿日期]** 2021-05-03

**[作者简介]** 张莹(1978-),女,天津人,高级工程师,硕士,主要从事电气设计工作。

**[引用格式]** 张莹.垃圾焚烧发电厂防雷和接地做法的探讨[J].有色设备,2021,35(5):94-98.

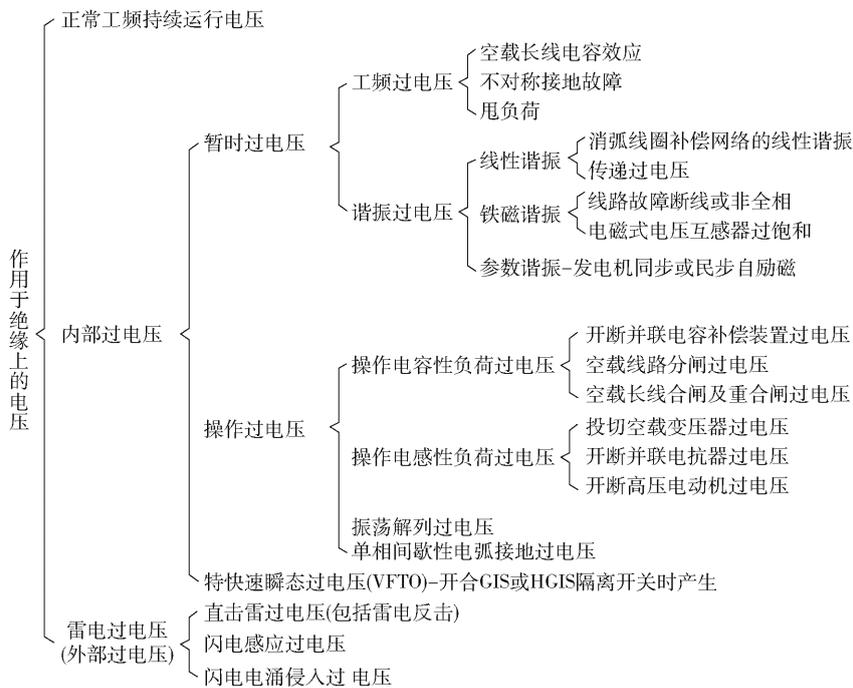


图1 作用于设备绝缘上的电压分类

合水泵房及冷却塔、油库油泵房、蓄水池、汽车衡、垃圾运输坡道、大门及门卫等。

## 2.2 垃圾焚烧发电厂防雷和接地设计

### 2.2.1 综合主厂房及一般辅助车间

垃圾焚烧发电厂的综合主厂房是包含了垃圾接收及储存厂房、焚烧厂房、烟气净化厂房、飞灰稳定化厂房、主控楼、余热发电厂房的联合性厂房。厂房的屋面型式分区域有采用钢筋混凝土结构、金属屋面板两种型式；不同区块屋面高度也不相同、呈高低错落状。须根据计算确定建筑物防雷级别，并进行相应的防雷设计。

#### (1) 接闪器

卸料厂房、焚烧厂房、烟气净化厂房、发电厂房局部等部分屋面为金属屋面，金属面板无绝缘被覆层，板间的连接是持久的电气贯通，金属面板下面无易燃物品，金属板厚度不小于0.7 mm，利用其做接闪器。

主控楼、发电厂房除氧层等部分屋面为混凝土屋面，在屋顶沿——LP——所示装设作防雷接闪器。接闪带支架间距为直线段1.0 m，转角段0.5 m，具体做法参考15D501 16、19页；接闪带采用 $\Phi 12$ 圆钢（热镀锌），高出女儿墙及屋面150 mm，具体做法参考图集15D501，第24页。屋面上所有正常工作不带电的金属物体均应与接闪带焊接相连、

接闪器、引下线、自然接地体等应做电气连接。

#### (2) 引下线：图中标注处须作引下线

该处为钢筋混凝土柱的：利用主筋（至少两根且不小于 $\Phi 16$ ）作引下线，自上而下的连接应是持久的电气贯通，其上端伸出150 mm与接闪带可靠连接，具体做法参考图集15D501，第24页；其下端与基础主钢筋焊接，标注的钢筋混凝土柱处整坪地面上+0.5 m处预埋接地端子板，用于测试接地电阻和连接人工接地装置。

该处为钢柱的：利用钢柱作为引下线，自上而下连接成为持久的电气贯通，其上端与钢屋架焊接，金属面板、钢屋架、钢柱应做电气贯通连接，其下端应与基础主钢筋焊接。

每个用电设备的基础留预埋接地端子板热镀锌扁钢—100×100×10 mm，用于连接人工接地装置、等电位接地装置。预埋接地端子板位于设备基础顶部或侧壁中心距地坪0.15 m，具体定位可以根据实际情况修正。

设备基础如果有配筋，预埋接地端子板需与基础内主钢筋电气焊通，具体做法请参考15D502 42页。预埋接地端子板间须由等电位线连接。

(3) 自然接地体：接地线——E——所示处，如果有“箍筋连接的钢筋或成网状的钢筋，其箍筋与钢筋、钢筋与钢筋应采用土建施工的绑扎法、螺丝、

对焊或搭焊连接。单根钢筋、圆钢或外引预埋连接板、线与构件内钢筋的连接应焊接或采用螺栓紧固的卡夹器连接。构件之间必须连接成电气通路。”那么利用基础钢筋网作为(做可靠电气连接)作为自然接地体,不需要另外做人工接地线,具体做法参考图集 15D503,第 44、45 页,14D504 24 页;如果没有如上所描述的基础钢筋,则人工放置等电位连接线,具体做法参考图集 15D503,第 44、45 页,14D504 22 页。

若柱为独立桩基,在地下埋设人工接地干线连接柱基础钢筋。

①接闪器、引下线、自然接地体、人工接地体等应做电气连接。

②人工接地装置/等电位联结线:埋深为室外地坪冻土层以下(不小于 $-0.8\text{ m}$ ),室内一层地坪下 $-0.3\text{ m}$ ;室内二层及以上接地线埋在抹面以下,具体做法参考 14D504 15~17 页。

③综合主厂房采用联合接地方式,即功能性接地、保护性接地、电磁兼容性接地、防静电接地共用接地系统,要求接地电阻不大于 $1\text{ }\Omega$ ,实测不够时增加如图所示人工接地装置;接地装置通过接地干线与综合管网接地干线相连。

④正常不带电的电气设备外壳、电缆铠装钢带、电信、仪表专业的进线和工艺设备金属外壳、金属管道、金属构件(栏杆、梯、平台、支架等)等均应做等电位连接,并可靠接地。图中未标示的,具体做法请参考 15D502 10~17 页。接地端子排做法参考图集 14D504,第 42 页;15D502,第 33 页。输送含有易燃、易爆气体或安装在易燃、易爆环境的风管系统必须设置可靠的防静电接地。图中未标示的,具体做法请参考 14D504 127~136 页。

利用金属电缆桥架做接地干线,桥架全程各伸缩连接板和多节连接板处应采用软导线或编织铜线 $16\text{ mm}$ ,跨接,具体要求及做法参考图集 04D701-3,第 87 页。金属电缆桥架及其支吊架不应少于 2 处与接地干线相连;每隔 $25\text{ m}$ 设重复接地;桥架在引入引出建筑物时,应与建筑物室内接地干线或室外接地装置相连接。

高低压配电柜、变压器、保护控制屏柜的保护性接地由柜体外壳与基础框架电气贯通,再采用 $-40\times 4$ 热镀锌扁钢与附近的电缆沟内或电缆主架上的通长热镀锌接地扁钢 $-40\times 6$ 电气连通。最终联入

总等电位接地箱 MEB。

变压器中性线接入与之相连的低压配电柜中性线母排,多段低压配电柜中性线通过母线桥连通,最终由一点采用铜芯接地电缆接入总等电位接地箱 MEB。

装设保护和控制装置的屏柜地面下设置的等电位接地网采用截面积不小于 $100\text{ mm}^2$ 的接地铜排连接成首末端可靠连接的环网,并应用截面积不小于 $50\text{ mm}^2$ 、不少于 4 根铜缆与接地网一点连接。

装设保护和控制装置的屏柜内下部应设有截面积不小于 $100\text{ mm}^2$ 的接地铜排,屏柜内装置的接地端子应用截面积不小于 $4\text{ mm}^2$ 的多股铜线和接地铜排相连,接地铜排应用截面积 $50\text{ mm}^2$ 的铜缆与地面下的等电位接地线相连。

配电室、电缆夹层设置接地干线( $-40\times 6$ 热镀锌扁钢,黄绿色标),中心距地 $0.3\text{ m}$ ,沿墙四周明敷设,参见《接地装置安装》14D504 P54;过门处暗敷,参见《接地装置安装》14D504 P54。主变压器室、 $10\text{ kV}$ 配电室、低压配电室接地干线上应设置不少于 2 个供临时接地用的接线柱或接地螺栓,参见《接地装置安装》14D504 P55。接地干线接入等电位接地箱 MEB/LEB。

①主接地干线过门或经常有人出入的走道处,应铺设沥青路面/绝缘水泥或在地下装设两条与接地网相连的均压带,具体做法请参考 14D504 40 页。现场有操作需要的设备处,应正铺设沥青路面/绝缘水泥/鹅卵石。

引下线 $3\text{ m}$ 范围内地表的电阻率不小于 $50\text{ k}\Omega\text{m}$ ,或敷设 $5\text{ cm}$ 厚沥青层或 $15\text{ cm}$ 厚砾石层。

②电气专业应与建筑、结构、水道、暖通、电信、自控等相关专业密切配合,做好防雷及接地工作。仪表、电信设备的接地设计还需见相关专业图纸。

③参考图集:《建筑物防雷设施安装》15D501、《等电位联结安装》15D502、《利用建筑物金属体做防雷及接地装置安装》15D503、《接地装置安装》14D504。

一般辅助车间的防雷接地设计可参考综合主厂房的通用性原则。

## 2.2.2 烟囱

目前垃圾焚烧发电厂的烟囱造型一般为若干管组合钢制烟囱,外包钢筋混凝土套筒。在钢筋混凝土套筒内设置钢制走梯及多层平台,便于巡视和维护,

烟囱上部高度 19~25 m 处设置烟气在线连续监测装置;0.0 米层设置烟气在线监测室。相对于传统的砖砌烟囱和裸露的钢管烟囱,更近似于高耸建筑物。

根据国标 GB 5057—2010《建筑物防雷设计规范》的规定,“在平均雷暴日大于 15 d/a 的地区,高度在 15 m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物;在平均雷暴日小于或等于 15 d/a 的地区,高度在 20 m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。”应划为第三类防雷建筑物。

在为烟囱设置防雷设施时,除了参考综合主厂房通用性原则外,还需考虑以下特殊方面:

①在烟囱钢筋混凝土套筒顶部平台的女儿墙上设置环形接闪带,并对称布置 4 根高出烟囱口不低于 0.5 m 的接闪杆,要求接闪杆与环形接闪带焊接成一体。

②烟囱的钢制本体作为接闪器和引下线,须与接地装置电气连接。

③垃圾焚烧发电厂的烟囱一般高度都超过 60 m,须对其上部占建筑物总高度 20% 并超过 60 m 的部位设置防侧击雷的装置,具体可参考女儿墙上设置的环形接闪带。

④烟囱的防雷接地为独立系统;其余功能性接地、保护性接地、电磁兼容性接地、防静电接地共用接地系统,等电位接地箱通过接地干线与烟囱照明配电箱接地排相连,并通过进线电缆中的 PE 线与综合主厂房中的接地装置相连。

### 2.2.3 防爆区域

防爆区域的建构筑物及室外装置在进行防雷和接地设计时,除了参考综合主厂房通用性原则外,还需考虑以下特殊方面:

①在确定建筑物防雷分类时,除了计算建筑物年预计雷击次数外,还要考虑爆炸危险场所分区,最终确认防雷类别。例如垃圾焚烧发电厂内经常会设置的油库油泵房,虽然年预计雷击次数不大于 0.25 次/a,但属于具有 2 区爆炸危险环境的建筑物,因此确定其防雷类别为二类。

②所有金属储罐、管道、法兰须进行防静电连接,安装参见图集 14D504,第 130 页。

③在操作间门外、储罐和操作平台的扶梯入口处应设置消除人体静电装置。

### 2.2.4 其他需注意的问题

规范《低压电气装置 第 5~54 部分 接地配置和保

护导体》(GB/T 16895.3—2017)的 542.2.5 提到“应考虑在接地配置中采用不同材料时的电解腐蚀。”

同一种金属暗敷设在不同场所,电极电位是不相同的。暗敷设常用金属接地体电极电位如表 1 所示。

表 1 在土层内或混凝土内常用金属电极电位表

金属名称	电解液	对铜/硫酸铜的电位/V
铅	土层湿度	-0.5 ~ -0.7
铁(钢)	土层湿度	-0.5 ~ -0.8
铁(生锈的)	土层湿度	-0.4 ~ -0.6
铸铁(生锈的)	土层湿度	-0.2 ~ -0.4
锌(包括镀锌铁)	土层湿度	-0.7 ~ -1.0
铜	土层湿度	±0.0 ~ -0.2
混凝土内铁	水泥湿度	-0.1 ~ -0.3

(摘自《DIN 57100/VDE0100 等电位联结和基础接地》附录 1 中的表 6)

从上表可以看出混凝土内的钢筋电极电位为 -0.1 ~ -0.3 V,而在土壤中敷设的镀锌铁电极电位为 -0.7 ~ -1.0 V,如果将两处的接地体连接起来,形成原电池,其电位差为 -0.4 ~ -0.9 V 之间。土壤中敷设的镀锌铁接地体的镀锌层被腐蚀掉,变成生锈铁,其电极电位为 -0.4 ~ -0.6 V,两部分接地体间电位差为 -0.1 ~ -0.5 V 之间。继续不断腐蚀土壤中的接地体,腐蚀程度取决与两部分接地体面积的比例,利用混凝土内的钢筋面积越大,土壤中敷设的接地体被腐蚀越快。

为了减小电化学腐蚀,在土壤中敷设的接地体采用混凝土包围,使接地体完全敷设在相同的场所内,使两部分接地体具有同一电极电位,不产生电化学腐蚀。

注意到埋入混凝土内的普通钢材(裸露或热浸镀锌)与埋入土壤内铜材的电化学电位相近,在敷设于土壤中的接地体连接到混凝土基础内起基础接地体作用的钢筋或钢材的情况下,土壤中的接地体还可以采用铜质或镀铜或不锈钢导体,用以减轻电化学腐蚀带来的不利因素。

笔者在工程设计中看到的普遍做法是采用热镀锌扁钢作为水平人工水平接地极,热镀锌角钢或是热镀锌圆钢作为人工垂直接地极,设计选型和实际施工时会增大热镀锌扁钢的截面(相对于计算结果需要的截面)。此种方法并不能避免电化学腐蚀,只是通过增大截面的方法延长了实际中的使用寿

命。考虑到热镀锌钢材质与铜或铜包钢材质单位价格差,尤其是考虑到工程整体用量后的整体价格差,目前此种方法比较普遍的为业主所接受。

笔者认为在土壤电阻率不太低,或者说土壤土质对钢材料腐蚀性不太严重的地区采用上述方法是一种经济实用的方案,但是在土壤土质对钢材料腐蚀性严重的地区还是要考虑采用减少电化学腐蚀的方案。

下面介绍一个笔者的实际工作案例。河南某地项目,根据地勘报告,土壤电阻率在50上下浮动,报告说明“根据本工程初步设计阶段土的腐蚀性分析成果,场地土对混凝土结构具微腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。根据本工程综合主厂房区域土壤电阻率测试成果,结合本工程初步设计阶段土壤化学分析成果,判定场地土对钢结构具有强腐蚀性”。

笔者在实际接地设计中采用如下方式:

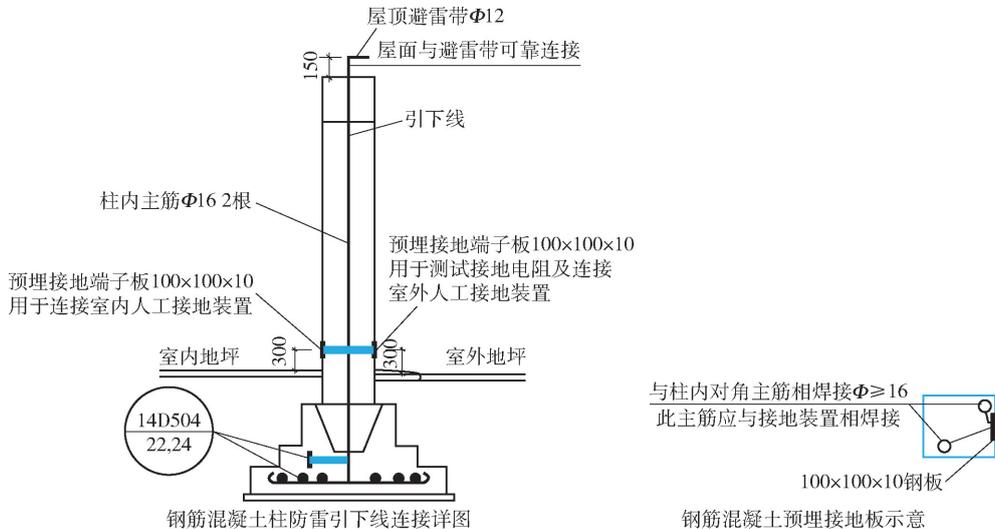


图2 引下线及接地板做法示意图

### 3 结论

如何把规范中的原则性要求落实到实际工程应用中,不同设计者有不同的理解,不同行业也有不同的设计习惯。笔者结合垃圾焚烧发电厂的工程实例,介绍了防雷和接地的实际设计做法,对所遇到的认为应当注意的部分和有待商榷之处进行阐述。具体工程中除了考虑到技术问题,还需结合各省地的特殊要求,并考虑经济投入,从经济技术多方面综合比较选取合适方案。

(1)室外土壤中的水平接地干线选用电镀铜覆钢 $\Phi 12$ ;垂直接地极接地极电镀锌覆钢 $\Phi 14$ ,单根长度2.5 m,接地极与接地干线之间采用放热焊接。

(2)室内埋入混凝土基础内接地极或埋于楼层抹面下的接地极因为有混凝土的保护,仍采用普通扁钢或是热镀锌扁钢。

(3)利用柱子基础钢筋网(做可靠电气连接)作为自然接地体时,与钢筋混凝土柱内钢筋相连的、用于连接人工接地装置的预埋接地端子板,预留在钢筋混凝土柱处整坪地面上,与埋于土壤中的人工水平接地线在地面上(空气中)而非地面下(土壤中)通过放热焊接的方式相连。强调“预埋接地端子板预留在钢筋混凝土柱处整坪地面上”而非地面下,是因为预埋接地端子板通常是采用普通钢材质,预埋接地端子板预留在地面上,避免了暴露在土壤中的预埋接地端子板与埋入混凝土基础内的接地极钢材的出现的电化学腐蚀危险。

### [参考文献]

- [1] GB/T 50064—2014,交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范[S].
- [2] GB/T 50065—2011,交流电气装置的接地设计规范[S].
- [3] GB 50057—2010,建筑物防雷设计规范[S].
- [4] GB 50058—2014,爆炸危险环境电力装置设计规范[S].
- [5] 中国航空规划设计总院等.工业与民用供电设计手册(第四版)[M].北京:中国电力出版社,2016.

(下转第103页)

## Design and Realization of the Computer Distributed Control System Based on Heat Treatment Furnaces

CAO Zhen

**Abstract:** Considering the characteristics of high-precision temperature control and high requirement on temperature field uniformity of heat treatment furnace for non-ferrous metal physical and chemical analysis, a computer distributed control system is developed to realize signal acquisition and control of multiple heat treatment furnaces. The system features simple operation, easy data storage, efficient fault alarm, and low production cost, etc. It facilitates real-time process monitoring on production equipment, which meets the real demands in production.

**Key words:** Heating furnace; computer distributed control system; heating principle; system design ▲

---

(上接第 98 页)

## Discussion on Lightning Protection and Grounding Practices in Waste Incineration Power Plant

ZHANG Ying

**Abstract:** Overvoltage protection of AC electrical devices and lightning protection of buildings are a relatively grand subject on which extensive theoretical explanations are elaborated in various standards and manuals. Different designers have different understandings on how to implement the specification requirements into practical applications. Combining with actual engineering practices, we elaborate on the parts that should be paid attention to and the points to be discussed. This article mainly focuses on the actual practices of lightning protection and grounding.

**Key words:** lightning protection of buildings; grounding design ▲