

# 变电所土建防火及安全技术设计存在的问题及解决办法

王苏明

(安徽省电力设计院, 合肥市, 230022)

[摘 要] 对变电所土建防火及安全技术设计改造中,对电力生产建筑屋面造型装饰材料要选择得当;防火油池应进行双池设计,两池中进油口和出水口不应同高或进口低于出口,这样才能形成虹吸排水贮油现象;对防火墙的设计,应该加高墙体高度,防火墙表面应加钢丝网粉刷层,以防爆炸发生时墙体填充物飞出。

[关键词] 变电所屋面设计 主变贮油坑 贮油池 防火墙

中图分类号: TM631 文献标识码: B 文章编号: 1000-7229 (2007) 05-0036-04

## Issues and Solvent of Fire-proof and Safety Design in Substation Civil Engineering

WANG Su-ming

(Anhui Electric Power Design Institute, Hefei 230022, China)

[Abstract] In retrofitting of substation fireproof and safety design, exterior decorating materials for production buildings should be properly selected. Dual fireproof oil reservoirs should be designed, and the oil inlet height should not be lower than that of the water outlet to siphon oil in and drain water off. The height of the fireproof wall should be increased and painted steel screen should be added on the exterior wall to prevent fillets in the wall from flying off in the case of an explosion.

[Keywords] exterior design of substation buildings; main transformer oil pit; oil reservoir; fireproof wall

### 1 变电所屋面设计及改造存在问题

目前变电所建筑设计越来越注重外观设计,建筑立面的设计效果和艺术感提高了,除在立面造型装修上采用新材料外,目前最大的变化就是由平屋面变为坡屋面的设计手法。有的变电所对平屋面也进行了改造,在平屋面上加盖坡屋面。加盖的材料使用了木屋架、木檩条、木挂瓦条、芦席、油毡、机制瓦。改造后建筑美感效果大增,但不安全隐患增加了。

国家及电力防火规范规定变电所建筑物防火最低耐火等级为二级,火灾危险性类别主控室,继电器室为戊类,配电室为丙或丁类,建筑物的屋面应采用非燃烧体。二级耐火等级建筑上人的屋面,其屋面板耐火极限不应低于 1 h,如达到 1 h 有困难时,可降低到 0.5 h。如采用耐火极限不低于 0.5 h 的承重结构有困难时,可采用无保护层的金属构件。防火规范规定屋面承重结构为燃烧体材料,它的耐火极限等级划分为三、四级,显然对于有二级耐火极限等级要求的电力建筑来说是不符合规定的,三、四级的燃烧体材料屋面也将引起厂房防火距离要求的增加。不

合理的改造将引起一系列的违规行为和事故隐患。

现在,电力行业土建建筑设计受到影响较多,在屋面设计上手法也较为繁多,外型线条各异,从结构上来看各不相同,但最大差别有 2 类:一类是在平屋面上加钢屋架,钢檩条,彩钢板;另一类是现浇钢筋混凝土斜屋面,钢筋混凝土屋架或钢筋混凝土大梁砌砖山墙,瓦屋面。在这 2 种划分当中第 1 类设计做法是不可取的,原因有以下几点:(1)使用彩钢板,钢屋架,加上去的屋面是个假屋面,虽然改善了建筑立面造型,但是增加了造价,原因是下面还罩着一个平屋面。(2)彩钢板材料使用年限最多 15 年,15 年以后修理维修费用增加。(3)若干年以后或十几年以后维修不及时,大风情况下容易吹飞了屋面的钢板及碎片。这些对变电所都是事故隐患。不可预见的长年维修费用,突发风灾事故都是一个长期负担。狂风刮起瓦片、采钢板,挂上高压线最终引起线路故障的事故时有发生。现在变电所多地处农村城郊、大风易发区,从安全角度出发,即使是钢筋混凝土现浇斜屋面,也不宜采用挂瓦条挂瓦,最好是用水泥砂浆贴瓦为好。

电力厂房对防水设计要求较高,因此,有电力设备的房间,屋面不可以采用彩钢屋面板,从经济角度来看,一般平屋面就可以了,现浇钢筋混凝土平屋面,每平方米造价 6 596.29 元。建议设计电力厂房屋面采用此方案,且改造时注意防火、防水、防腐取材,长久而耐用。

2 主变事故油坑、油池的设计

2.1 主变防火规范要求

变电所主要生产建筑物火灾危险性类别为戊类,最低耐火等级为二级。主变压器对主要生产建、构筑物及屋外配电装置最小防火安全距离要求不得小于 10 m。当建筑物外墙距屋外油浸变压器外廓 5 m 以内时,在主变压器外廓 3 m 以内的空间泛围内不得开设门窗和通风孔。距变压器外廓 5~10 m 时建筑外墙可设防火门和非燃性固定窗。根据规范:室外单台油量在 1 000 kg 以上的变压器及其他油浸式电器设备均应设贮油坑及排油设施;贮油坑容积应按容纳 100%设备油量确定或按 20%的设备油量确定。当按 20%设备油量设置贮油坑时,坑底应设有排油管,将事故排油排入事故贮油池内。排油管内径不应小于 100 mm,事故时应能迅速将油排出,管口应加装铁栅格滤网。贮油坑内应设集油池与排油管连结,集油坑表面应设有净距不大于 40 mm 的栅格,栅格上部铺设卵石、其厚度不小于 250 mm,卵石粒径应为 50~80 mm。当设置总事故油池时,其容量应按最大一台主变全部油量确定。当装设固定水喷雾灭火装置时,总事故油池的容积还应考虑水喷雾水量而留有一定裕度。

2.2 主变防火贮油坑的做法

变电所主变防火事故贮油坑设计工艺流程,按规范要求分 2 个部分考虑:一个是主变基础所在场地设置的事事故防火贮油坑;一个是离主变有一定防火距离的总事故贮油池。主变基础所在场地贮油坑容积是按规范要求单台设备总油量的 20%容量来计算的,接收由主变事故贮油坑流来的油的总事故贮油池是按单台设备总油量的 100%容量来计算的。另外还要考虑是否有水喷雾装置的水量容积和油池水力设计计算所需的长度要求。

主变事故防火贮油坑平面尺寸的规划设计一个是以 20%的总油量容积要求来定,一个是规范要求平面长宽尺寸宜较设备外廓尺寸每边大出 1 m 来定。一般 110 kV 设备的事事故油坑平面尺寸都在 7 m×9 m 左右。另外规范还要求主变基础顶面要高出卵石层 100 mm 以上。贮油坑内一般铺设厚度不小于 250

mm 的卵石层,卵石直径为 50~80 mm。这样就决定了贮油坑的最小设计深度。贮油坑最大设计深度应通过计算来确定。本人通过设计总结出一套贮油坑设计计算公式是:(1)初定油坑容积=单台设备最大油量×20%,(2)确定油坑理论高深度=油坑容积÷油坑平面面积[长×宽],(3)确定贮油坑实际设计深度=[油坑平面面积(长×宽)×油坑理论高深度]-中密卵石空隙比 ξ,中密卵石空隙比 ξ=0.48。这样再考虑其他综合因素,一个主变事故贮油坑就设计成功了。在主变事故贮油坑设计中关键的一点就是油坑深度的计算,他需要考虑卵石的空隙比,考虑卵石所要占据的空间容积和 20%总油量所需空间。还有一个关键就是卵石的铺设最小厚度要求,其实就是防火最低要求。卵石有阻止空气流通,隔绝氧气阻灭火焰的作用,这就是主变贮油坑内为什么要铺设卵石的原因。这个主变贮油坑主要功能就是防止主变漏油外溢,火灾事故时对燃油有阻灭作用,又起短时持流作用,平时方便检修维护,最终将 100%的油量安全流入总事故油池贮藏。

2.3 主变防火贮油坑、总事故油池设计改造注意事项

2.3.1 主变贮油坑、总事故油池设计及改造工艺要求要注意防火性、环保性和安全性。因此,工艺对总事故油池设计要求要有油水分离作用,也就是留下的是油,排出的是水,起到环保作用,所以油池要设计成双池,要有一定长度的流径,要有防排空措施。油池在构造上也要有防火、防爆作用,布置上要对周围建筑物满足防火安全距离要求,且对主变压器要有一定安全距离要求。

2.3.2 主变贮油坑为了防火,油坑、油池、集油井与排油管的连接井井口不得直接暴露,也就是连接井盖不可用格栅构造形式。主变贮油坑内应定期检查和清理贮油坑卵石层,以不被淤泥、渣土及积土所堵塞。主变贮油坑内的集油坑顶面的格栅上一定要堆放卵石,不得抬高与外空间直接接触,以保证燃烧发生时卵石对空气流动的阻断,起到缺氧隔灭作用。现在有的变电所把主变贮油坑内集油池格栅抬高至卵石层表面的做法是不可行的,虽然明示了集油井位置但存在了安全引患。另外还要注意主变贮油坑的底面应留有一定坡度坡向集油坑,贮油坑的坑底用素混凝土浇制抹光,坑壁用砖、水泥砂浆砌筑,表面粉平抹光。

2.3.3 主变贮油坑里填充的卵石粒径要符合标准要求,不可过大或过小、粒径匀称圆滑才符合防火设计要求。贮油坑内一般铺设厚度不小于 250 mm 的卵

石层,卵石直径为 50~80 mm,且要按一定的比例配合效果才会理想。其中卵石直径为 80 mm 的占 60%,直径为 50 mm 的占 40%。卵石的粒径选择是经过颗粒级配计算确定下来的,这时的粒径空隙比较理想,卵石间曲折的孔隙会使得空气的流路线加长产生阻碍,外部空气进不到石子下部,石子表面燃烧的油会使石子表面缝隙产生真空、隔断了火灾向下燃烧的趋势。这时的毛细现象上升高度通过计算在 120 mm 以下,所以我们设计了一个 250 mm 铺设厚度的最小卵石层厚度要求。在这个厚度内有十几厘米以下高度燃油是上不去的,而且是一个缺氧区,防止了泄漏进入油池的油发生燃烧。所以对油池内的卵石粒径和铺设厚度是有特定要求的,这里只计算一种颗粒级配,当然还可以再计算出其他一种级配,但决不可随意购置卵石放入池内。对于卵石的最小粒径要求是要看金属蓖子网眼的设计大小来取舍的,那是另一个设计概念。现在有的地方在主变油池内放入的卵石直径很小,只有 35 mm 左右,由于石子小,颗粒表面吸附油的面积加大延长了泄油表面燃烧时间。由于颗粒小,卵石间间隙过于紧密,泄油在卵石间的毛细现象特别强,燃油可以及时供给石子表面发生的燃烧需要,达不到防火要求。而且由于石子小,卵石间间隙过于紧密,泄油流动受到阻碍得不到及时下泄,后果可想而知。反之卵石直径过大,石子间间隙空间过大,会产生卵石间空气流通,燃油可以直接在油池内卵石间发生燃烧,同样也起不到防火作用。

## 2.4 事故油池设计存在问题

**2.4.1 单池设计:**需要设置过滤体并定期更换,适用于宾馆、饭店。而对变电所这种设计的最大弊端是不能保证油水在事故时或大雨时,对外排出干净的水流。因油和水在流动的池中不断掺和,分离路径过短,在未彻底分离的情况下油会随水流出池外而污染环境。

**2.4.2 油池进液口和排液口同高或两口高差过小,**缺少一个正确的设计值或者进油管内缺少一定压力。此种设计缺陷是阻碍事故时的贮油速度或起不

到事故油池作用,因为进油受池内贮水阻挡或顶托。

**2.4.3 事故油池设计平时贮水,**事故中利用了虹吸原理,出油口的虹吸现象如果不遭到破坏那么整个油池的液体都会被排光,而目前设计都没有这一破坏设计体现,那么在事故情况下仍不能避免污染事件发生。

基于以上情况,有必要讨论如何才能正确设计事故油池。

## 2.5 如何正确设计好事故油池

**2.5.1 事故油池要做成双池设计,**在两池间隔墙下设置流通孔,这样排油进入油池后通过第一池进行一次分离,然后池中下部液体在上部油压力下通过隔墙下部孔洞流入第二池。这样通过一定的合理流径,经二次分离达到油水彻底分离消除污染,保证出口流出的是纯净水流,无需设置滤料。

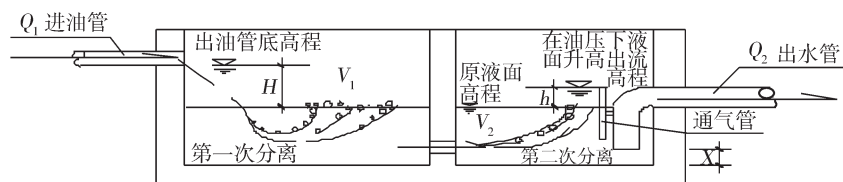
**2.5.2 油池正常情况下**里面总是充满因下雨或地下渗水而积贮的雨水。当两池中进油口和出水口同高时或进口低于出口时若进油管内缺少必要的坡降和压力,进油将受池水阻挡难以流入,这样事故情况下溢油得不到及时排泄不能起到安全保障。因此,设计时最好应在两口之间留有一定高差,第 1 油池预留的进油空间容量要能使进油在其自重情况下产生的压力使第 2 油池的水位上升一个高度值,这个高度值至少是原有液面至排水管出口顶面高程的距离  $h$ ,只有这样才能形成虹吸排水贮油现象(如图 1)。

通过图 1 可以看出,要想取得理想效果,最低要求是必须:  $Hr_1 \geq hr_2$ 。

式中  $r_1$ ——油的密度,  $7.4 \text{ kN/m}^3$ ;

$r_2$ ——水的密度,  $10.0 \text{ kN/m}^3$ 。

因为  $r_2 > r_1$ ,所以必须  $H > h$ 。 $h$  是油池出流的最小高度。按上式计算  $H \geq hr_2/r_1 = 1.35h$ ,这时才形成虹吸式自流排水。因此在设计贮油量时必须考虑到在原液面高程、出水管口底面以上保留一个可使事故时进油液面升高至少为  $H$  高度值的库容,以使  $V_2$  池液面升高  $h$  值形成虹吸排水贮油。若是设计时进油管高度低于出油管高度,淹没于贮水高度液面以下,也可以使用,但比较复杂,此处不做讨论。



注:  $Q_1$ ——进油流量;  $Q_2$ ——出水流量;  $V_1$ ——第 1 油池实际贮油容积;  $V_2$ ——第 2 油池实际贮油容积;  $H$ ——出油油面至水液面升高高度值;  $h$ ——原液面升高到排水管口顶面,必须升高高度值;  $X$ ——池水最低必须保持的液面。

图 1 贮油、排水、油水分离过程



**2.5.3** 自流式事故油池设计利用了虹吸原理排水贮油,省去了动力设备排水及自投入装置,油水的二次分离保证了排出水的纯净,但是这种排液贮油流动何时会中止排液流动呢?因为如果虹吸现象不遭到破坏它是不会停下的,可以想象它也会把油排出去。

为了破坏虹吸我们必须在油池贮进了设计要求的贮油量后,其液面必须从出水管顶面高程开始下降时,在这个下降液面下的一个小距离内设一个  $L$  长度的短管做为进气管,通至出液管口底面以下,这个高度就是我们设计的油池油面高程。通过这个进气管让空气进入出液管破坏虹吸,停止排液,防止排空油池,产生污染事故。在决定设置进气管高程位置时除了贮油容积要求外,以及设计合理,投资节约以外最小的控制要求是  $V_2$  池内的水液面不得低于排水管排水进口平面高程  $X$  以下,必须保留一个水封以防止油料挥发。

**2.5.4** 油池平时必须充满水,否则事故时会把油排出。

**2.5.5** 其他相关设计参数:(1)池内水液体流速:含汽油、柴油、煤油、润滑油等废水流速应为  $0.002\sim 0.01\text{ m/s}$ 。(2)液体停留时间:含汽油、柴油、煤油、润滑油等废水,一般为  $0.5\sim 1.0\text{ min}$ 。(3)进油管应没入液面下  $50\text{ mm}$ 。(4)排出管到池底深度不小于  $0.6\text{ m}$ 。

3 主变防火墙设计

3.1 防火墙结构体系

按规范要求确定防火墙的高度宽度尺寸,然后把防火墙划分成若干块,在每块设立一根立柱,用来保证此块墙体站立受力的稳定性,横向用构造压梁连结。防火墙墙体被梁、柱分割成几块,形成网格状,而砖则成为分块中砌体或填充体,然而它和填充体又有所不同,不同之处就是一定要先砌砖,后浇横向构造压梁,整个墙体与主建筑分开设立沉降分缝。某工程防火墙墙体的结构设计,该墙高出地面  $5.55\text{ m}$ ,地面下至基础底面深  $2.08\text{ m}$ ,柱断面,压梁断面均为  $250\text{ mm}\times 250\text{ mm}$ ,条型素混凝土基础。

3.2 防火墙结构体系受力分析

防火墙设计为一砖厚( $240\text{ mm}$ ),这样的厚度从上至下都一样,既能满足防火要求又美观。防火墙墙体一般比较高,是一面独立墙体,用  $240\text{ mm}$  厚墙既符合砖模数又显得整体轻巧。每块墙体自身受力的稳定主要是靠  $240\text{ mm}\times 240\text{ mm}$  的钢筋混凝土立柱来保证的,立柱所受的力主要是每块墙体所受的风力而传到柱子上的力。为了保证吹到墙体上的风力能传到柱子上,我们在砖墙体和柱子间设立了拉结

筋,每  $500\text{ mm}$  高度从柱子上水平伸出 2 根  $\phi 6\text{ mm}$  拉结筋,用拉结筋还可以把相邻的两根柱子连起来,所以一定要求先砌砖后浇压梁,这样对墙体整体抗震性有好处。在 7 度区柱子受力还应包括地震力参与计算,所以墙体稳定由柱子和混凝土基础来保证。为了保持墙体整体性还需要把防火墙所有柱基础连起来设计成钢筋混凝土或素混凝土条型基础。柱子的配筋要通过结构弯曲受力计算,所受风压力要考虑独立墙壁体型系数  $\mu=+1.3$ ,而压梁可以按构造配筋,一般参照圈梁配筋设置。基础大小、埋深可按地质标准承载力及墙体抗倾稳定要求设置埋深和断面尺寸。设计主变防火墙既要注意安全也要注意美观。

3.3 对墙体材质的使用设想

通过上面分析我们可以看出钢筋混凝土柱是墙体受力骨架,墙砌体是一种防火填充材料。防火墙如果设置在软弱地基上,可以选一种轻型防火材料来代替砖砌体,以满足地基承载力要求。例如:泡沫混凝土,空心砖,防火石棉体,五防板,轻质墙体,陶粒砌块等一些耐火轻型新材料来填充墙体。

3.4 对防火墙体设计高度及墙体表面的设想

主变防火墙高度按规范要求平主变上油箱顶面高度,本文认为设置高度低了一点。因为事故燃烧时主变顶部油箱可能发生爆炸或油喷事故,与油箱等高的墙体不可能阻挡飞溅的爆炸物和喷溅物,存在一定安全隐患和设计缺现。所以应该加高墙体高度,加高的尺度应该是从油箱的底部向外  $45^\circ$  角发散射线与防火墙中轴相交点以上  $50\text{ cm}$ 。另外防火墙体表面应加钢丝网粉刷层,以防爆炸发生时墙体填充物飞出。

(责任编辑:刘同举)



美国开发出遏制变电站溢油新技术

美国电力公司开发出一种中空格栅结构的玻璃纤维复合防渗油设施,这种  $6.6\text{ cm}\times 61\text{ cm}$  的玻璃纤维中空格栅隔板拼装灵活,可装在电气设备周围,形成防渗油地槛,且便于安装。

在现场试验中,开始时未加内衬,注水 3 个星期后未有泄漏现象。后在底部加入地槽复合衬,也未发现渗漏。最后在隔板中加入排水管,再进行试验,效果也很好。该设施还成功地通过了防火试验,在着火情况下仅有些变形,但未发生漏油现象。