

变电站油坑阻燃层结构—终篇

2017-08-30 汇华英建材



伙伴们应该还记得，在中篇结尾的时候，我们提出了这样一个问题.....

在工业化制备阻燃颗粒技术极大提高、金属成形技术日趋成熟的今天，我们有没有可能采用标准化的设计、工厂化的加工、模块化的建设与“量体裁衣”向“成衣定制”转变的思路，研发一种新布置方案，能够更为均衡地起到鹅卵石与钢格栅或其他盖板组合在渗透与隔绝两方面的作用，同时避免在钢格栅选型、鹅卵石选用铺设等方面的问题，使得安全性、经济性、安装及维护便捷性得到实现，完全满足规范要求与设计初衷，完全符合变电站油坑阻燃层定义，达到渗透与隔火的平衡、现场安装简便、油坑维护清理方便，并具备较好的防风沙效果呢？

我们也给出了一个GIF的暗示.....

笑逐颜开的紫霞仙子手里拿着的，你一定认得，没错！就是月光宝盒！恭喜你.....暴露了年龄！



月光宝盒是仙家宝物，善能“回到过去、改变未来”，我们当然只是借用一下，但我们的全新变电站油坑阻燃层技术方案，其核心产品却真的具有和月光宝盒相似的特点：

- 1、“把握现在、改变未来”。我们善能把握、利用现在已取得重大技术突破的阻燃颗粒制造工艺、金属成形技术，并在自身对油坑功能有着深刻理解的基础之上，完全自主研发了全新技术方案，以我们的不懈努力与时俱进，去改变未来、去重新诠释“变电站油坑阻燃层结构”的定义。
- 2、“核心产品外观真的是一个盒子”。这.....没什么好解释的，就是个长长的盒子。但看了后面的图文参数，小伙伴们就能理解，正是这种外观形式，以及阻燃颗粒的填充，使得它具备各种优点，比如渗透、隔火、轻量化以便于装卸与检修维护，甚至防风沙方面的优点等等。

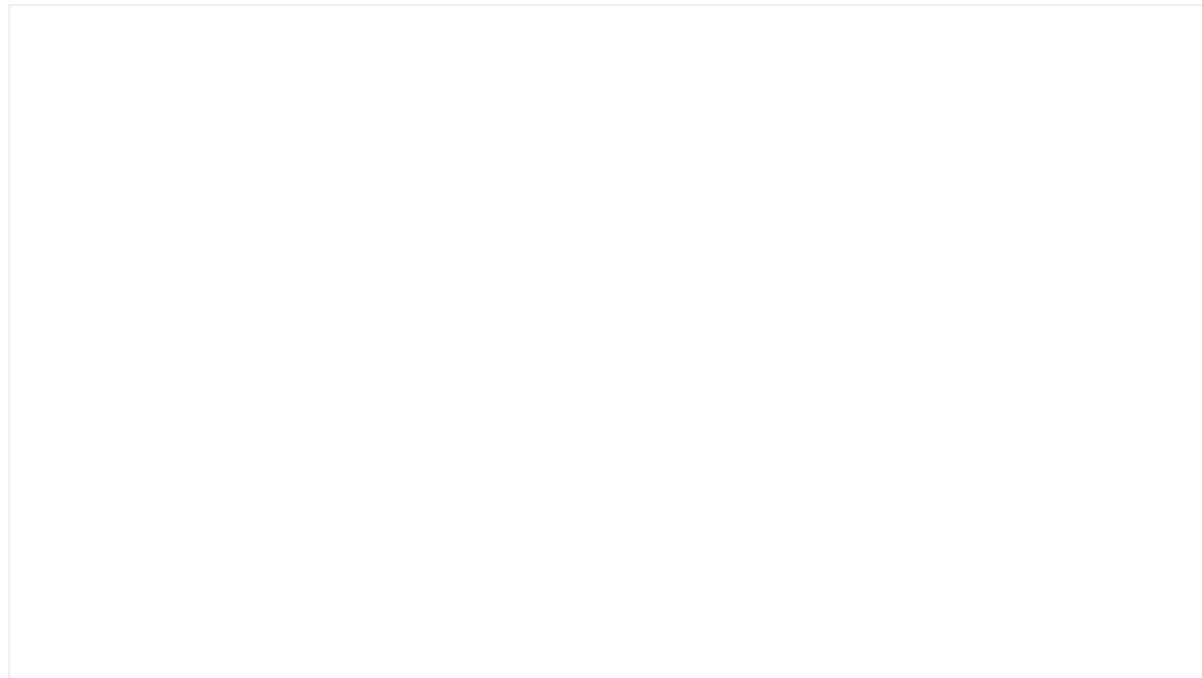
一、通过对比了解产品优点

核心产品“复合阻燃盖板”示意图



核心产品“复合阻燃盖板”铺设效果





在深入了解新方案的各种优点之前，我们不妨再简单回顾一下阻燃层结构的定义，以及旧方案的种种问题：

阻燃层结构的定义：为实现变电站电气设备及其油坑的特定功能，在油坑内采用一定的布置方式，使得可能大量倾泻并燃烧的变压器油，既能迅速排向坑底并进一步通过坑底排油口迅速排向总事故油池，又能减小隔绝火势，火势既不在油坑上部扩大蔓延，也不在坑底向总事故油池蔓延。与此同时，阻燃层结构不应牺牲油坑有效容积，应保证油坑储存油量的基本要求；材料与铺设方式的结合，应便于运检单位检修、维护清理油坑表面与坑底。起到上述作用的主要材料、支撑结构以及相应辅助结构的组合布置方式，我们称之为变电站油坑阻燃层结构。

根据定义，这里我们来对传统做法的问题做个总结：

1. 鹅卵石直接铺设于油坑：采购难，特别是符合粒径与级配要求的采购更是不可能完成的任务；维护难，造成排油口堵塞；
2. 钢格栅与其他盖板+鹅卵石：厚度与质量大，安装与维护的成本高；
3. 防风沙盖板：开孔率不超过3.2%！开孔率不超过3.2%！开孔率不超过3.2%！也许油坑君有些激动了，但如果可以的话，油坑君希望再重复几次。开孔率如此之低的防风沙盖板，无法保证快速渗油，特别是极限情况下的快速渗油，难道不是显而易见的吗？我们不能因为历史上没有出现使用防风沙盖板的油坑发生重大安全事故，而忽略这个显而易见的问题。油坑君认为：使用防风沙盖板的油坑，不出事则已，出事就一定是大事！为此，再回顾一下在中篇里我们提出的观点：

防风沙盖板较低的开孔率极易造成盖板表面渗透瓶颈，使得倾泻的燃油蔓向油坑边缘直至蔓延至坑外，火势得不到隔绝与遏制。该方案虽然加强了防风沙性能（实际上有开孔必然存在风沙

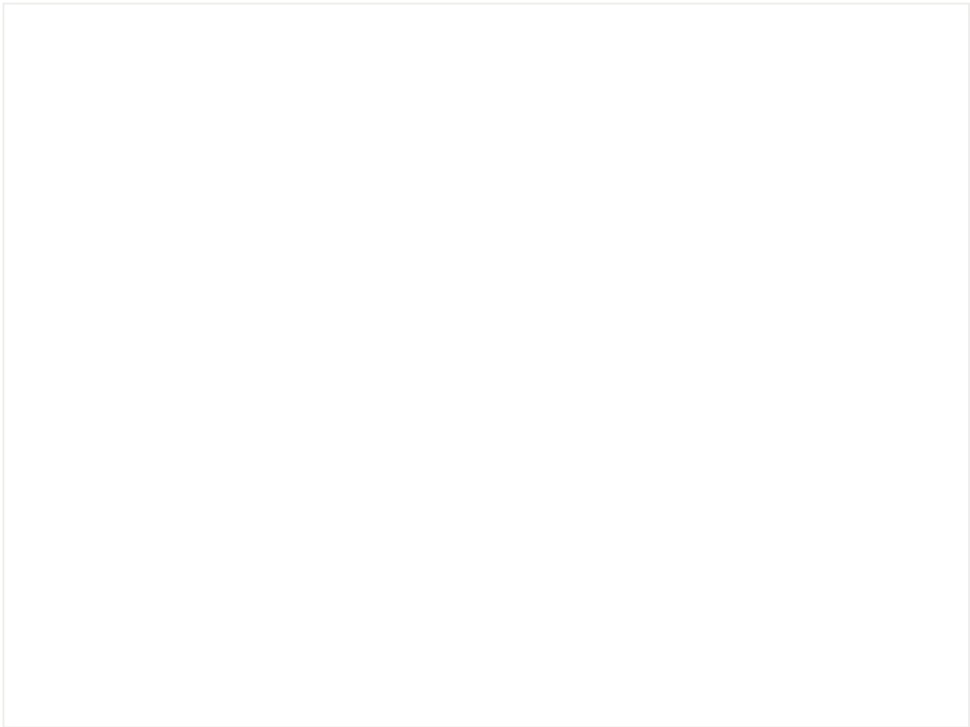
掉落坑底的可能），却极大地削弱了渗透性这一更为重要的性能指标。需要特别指出的是，避免风沙的沉积还可以、一定程度上也必须通过维护清理来实现，而渗透性是方案本身决定的，无法人为提高。另外，防风沙盖板的单块质量较大，也使得油坑的维护清理不易实现。

以下举证四种截至目前油坑君看到的防风沙盖板形式，计算其表面净空率（开孔率）。特别指出，其中最后一种“树脂材质”，原用为电缆沟盖板，经过简单开孔就用于油坑是极不负责任的做法。

树脂材料类型多样，性能指标良莠不齐，按照目前能够找到、但并不普及的最高耐受温度树脂材料聚苯醚，其耐受温度也仅在300℃左右；按照较为常见所谓高性能酚醛树脂，只有180℃；按照 GB/T 13659-2008、DL /T 519 – 2004、SH 2605.01 – 2003三种标准要求的树脂材料，≤120℃（钠型），或≤100℃（氢型），注意此处是“≤”，例如邻苯树脂耐受52℃、间苯树脂耐受90℃、乙烯树脂耐受100℃。

因此，一旦变压器发生故障，大量高温热油喷出，随着盖板的剧烈燃烧，将产生诸如苯乙烯、CO等有毒气体及大量黑烟，整体强度也会明显下降，极易发生垮塌，而变电站油坑的火灾事故中，其温度远高于不饱和聚酯树脂的熔限（例如上述天津实验中观测到的585℃数据），在高温作用下，导致树脂盖板发生固态到液态的相变变化，产生熔滴裹挟油滴持续燃烧，加大油坑火势。

某变电站变压器爆炸后火势与浓烟



树脂材料燃烧形成的火势与有毒浓烟



也就是说，未经严格检验基体材质的电缆沟盖板（做少量简单开孔）应用于油坑，面临倾泻燃油直接在其表面（长时间）燃烧，除其渗透性能明显不足之外，其结构安全性也令人不可置信。即使所谓高性能树脂材料，也存在同样的问题。

防风沙盖板（混凝土加角钢包边）





开孔率计算：

$$(3.14 \times 25 \times 25 \times 12) / (750 \times 1000) \times 100\%$$

$$= 23550 / 750000 \times 100\%$$



开孔率计算：

$$(3.14 \times 17.5 \times 17.5 \times 8) / (500 \times 1200) \times 100\%$$

$$= 7693 / 600000 \times 100\%$$



防风沙盖板（花纹板材质）





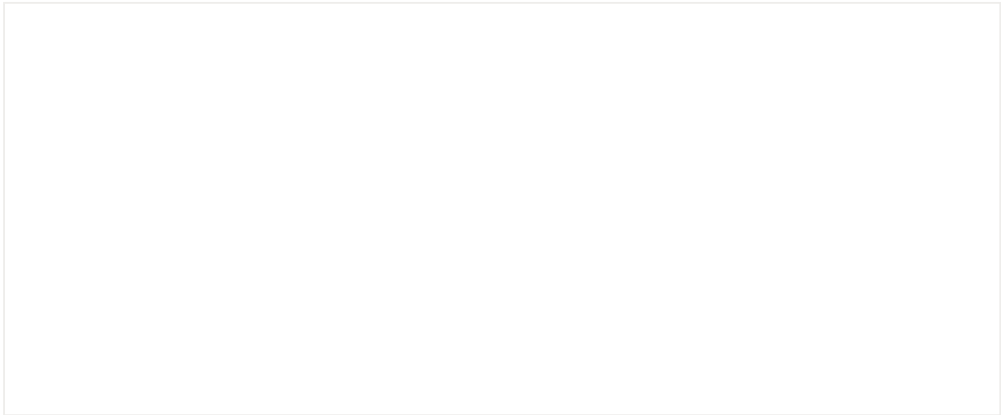
开孔率计算：
$$\frac{(25 \times 55 \times 6)}{(500 \times 1500)} \times 100\%$$
$$= 8250 / 750000 \times 100\%$$



=

防风沙盖板（树脂材质）





开孔率计算：

$$(3.14 \times 12.5 \times 12.5 \times 8) / (500 \times 1500) \times 100\%$$

$$= 3925 / 750000 \times 100\%$$



=

好了，油坑君并不想怼天怼地，基于“提出问题，解决问题”的理念进行研究探讨而已。回到我们的“月光宝盒”，它是否符合了定义要求的全部功能诉求呢？是否完全避免了那些问题呢？

渗油隔火性能

产品表面经过科学严谨的设计，做多种开孔与开槽处理，不仅使得表面净空达到47%， “箱体”与内置颗粒层间也具有一定空隙，结合了导流与快速渗透的功能，箱体中颗粒截面空隙率能较为精准地达到20%，立体空隙率能较为精准地达到40%。产品通过在相关消防权威机构进行的模拟实验证明了，复合阻燃盖板具有非常均衡、优异的渗透与隔火性能。

鹅卵石渗油试验





复合盖板渗油试验
(点击图片，细节与标注更清晰)





鹅卵石隔火试验





复合盖板隔火试验

(点击图片，细节与标注更清晰)



试验结果数据对比



指标项目	复合阻燃盖板	对比组：格栅（G323）与鹅卵石
轻量化结构指标：整体质量	68Kg，为对比组数据 8.9%	727Kg（单层）、≥767Kg（双层）
轻量化结构指标：整体厚度	75mm，为对比组数据 18.8%	280mm（单层）、≥400mm（双层）
载荷性能	跨度1200mm时核定载荷18KPa	跨度1200mm时核定载荷7KPa
渗油性能	10L变压器油40秒内倾倒于约1.44平方米阻燃盖板之上，无满溢与侧漏。	10L变压器油40秒内倾倒于约1.44平方米鹅卵石之上，无满溢与侧漏。
阻燃性能（以下观测6项）	初始条件：将50升45#变压器油放入油箱内，加热至120℃，以10-13L/min的流速将油泄放到阻燃层表面，通过引燃的棉球（直径10cm、含汽油100ml）将流到阻燃层表面的变压器油点燃（棉球引燃后，立刻泄放变压器油）。变压器油点燃后，移除棉球。试验过程中观察阻燃层表面的火势、阻燃层表面的温度、阻燃层下方的油池是否有燃烧现象。变压器油开始泄放时，作为试验起始时间。	
油的泄放时长(s)	265	407
油开始泄放后阻燃层表面的着火时间(s)	30	179
油流完后火的熄灭时间(s)	47 (具有明显对比优势的项目，下详)	124

		(具有明显对比优势的项目，下详)
阻燃层表面下5mm最高温度 (℃)	251	585
阻燃层表面火势大小	小	小
阻燃层下方油池有无燃烧现象	无	无
密封性能	油池内点燃后，关闭油池小门后的现象：火势立刻熄灭。	油池内点燃后，关闭油池小门后的现象：火势立刻熄灭。

上表表明：（1）阻燃层整体质量指标上，复合阻燃盖板仅为对比组（旧产品技术方案）的8.9%，厚度指标为对比组的18.8%，复合阻燃盖板在结构轻量化方面极为显著地优于旧技术方案；（2）在载荷性能指标上，复合阻燃盖板明显优技术方案；（3）在渗油性能指标上，复合阻燃盖板与旧技术方案处于相当水平；（4）在阻燃性能指标上，两种技术方案处于相当水平。其中，阻燃性能指标在设置更大变压器油流速的情况下，复合阻燃盖板仍有两项指标具有明显优势。其中鹅卵石在短暂燃烧后（排油仍在进行之中）即达到585℃，说明一直以来认为鹅卵石有降温作用的观点有待商榷，短暂燃烧之后鹅卵石实际上已反而具有加热燃油的作用，遑论更长时间的燃烧。而试验数据中“油流完后火的熄灭时间”也验证了这一点，复合阻燃盖板明显缩减了油的燃烧时间。

关于以上对比试验，需要特别指出的是，我们委托天津消防研究所购买的鹅卵石是经过挑选、相对均匀粒径的，这与工程实际中的大批量选用有较大区别。

快捷高效的装卸与维护检修性能

常规情况下，该产品理论重量为68kg/m²，厚度75mm，采用一体化设计，将旧有技术方案中的分层结构优化集成为一种复合箱体结构，替代旧有技术方案中上层承载检修的钢格栅、中层阻燃层材料（鹅卵石）、下层承载（承载对象为鹅卵石）钢格栅的全部功能，实现仅具有原结构十分之一质量、五分之一厚度的极轻量化产品结构。

同时该产品是模块化安装，相比鹅卵石不能轻易甚至事实上不可整层扒开的情况，产品可以轻松地从任意位置打开进行维护清理。因为箱体表面与内部复杂结构以及颗粒层对风沙的阻挡，虽然相比防风沙盖板的极低开孔率似乎一定很容易掉落风沙，但蒙西1000KV运检单位蒙东电力检修公司的回访，却告诉我们油坑表面和底部并无风沙堆积的事实（该项目在经历了整整一个风

沙季节且并未做特别清理的情况之下），详见下面的视频。但油坑君还是要强调，我们的产品再好，定期检修清理还是一定要做的。

蒙西1000KV变电站油坑回访



防风沙性能，油坑君就不单独列出以安利自己了（咳咳咳，小伙伴其实已经看到照片与视频了），因为油坑君始终认为：防风沙性能的目的主要是防止油坑底部排油不畅（表面的清理不管任何方案都是简单易行的），甚至出现油坑底部和排油口板结、堵塞的情况发生。那么，如果已经出现油坑表面渗透瓶颈从而使得火势已经蔓延至坑外的情况发生，坑底的排油已经是第二步考虑的问题了。换句话说，油坑阻燃层结构，首先应保证在其表面的渗油性能，在此基础上，特别是风沙严重地区，我们应重视油坑阻燃层结构整体的易于维护性，通过定期与临时的人工作业来保证风沙的堆积不至于影响排油，特别是坑底的排油。因此，新技术方案的易于维护性，可以视为在防风沙性能上的优势也同样明显，但并非一劳永逸，仍然需要人工作业的配合。

二、产品符合“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”的理念

国家电网公司为加快特高压和各级电网建设，提高电网智能化水平，全面提高电网建设能力，推行“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”电网建设新模式，以提高建设效率。我们的产品与整体技术方案完全

符合这一理念。

标准化设计

万峰湖220KV变电站设计图



万峰湖220KV变电站铺设实图



标准化带来的 “美”



工厂化加工

折弯机





冲压机



孔、槽一次成型





待热加工的半成品



成品



模块化建设

复合阻燃盖板（含内置颗粒）单件重量较轻，盖板设有钢印，对应排板图编号，工人对应铺设即可，按投入人工量计算，如2名工人一天就可安装500件，约200m²。

工人快捷安装





三、总结——并非终篇的终篇

鹅卵石这一天然材料与格栅或防风沙盖板的组合布置方式，已不能满足变电站建设在建设周期、安全性、检修维护便捷性等方面的要求。

- 而以“复合阻燃盖板”为核心产品的新技术方案则完美地解决了这一系列问题：
- 1、以陶化泡沫玻璃颗粒替代鹅卵石，解决了鹅卵石因自身粒径与级配难以控制、施工铺设极不规范而造成的，无法均衡实现渗透与隔火双重性能指标的问题；
 - 2、以箱体内部结构容纳、保持颗粒层紧密堆积状态，以箱体表面多种孔型、槽型实现高表面净空率与加速渗透、导流的功能，进一步保证了渗透与隔火双重性能指标的实现；

上述第1与第2点，保证了该方案相较现有多做法，更能在油坑表面即均衡地实现渗透与隔火性能，特别是针对防风沙盖板，新方案显而易见地在阻止燃油蔓延至坑外、防止火势扩大方面，具有更高的极限承受能力和安全冗余。

- 3、复合阻燃盖板因轻量化使得采用的支撑结构也能实现轻量化，不仅节省了辅助性成本、加快了建设周期，更为重要的是：采用新方案就一定不会再出现油坑不便于（甚至不可能）清理维护的

情况发生，快捷轻松而高效的日常运检总是受人欢迎；采用新方案也一定不会再出现因支墩数量多、支撑型号大而造成油坑有效容积远远低于规范要求的情况。

4、复合阻燃盖板匹配坑底满铺较大粒径（仍低于鹅卵石选用粒径）颗粒方案，或油坑排油口处单独铺设颗粒填充框方案，均能在保证坑底排油的同时，阻止可能存在的零星火势向总事故油池蔓延。

整套技术方案以《变电站电气设备油坑复合阻燃盖板》为名称，通过了由北京电规总院变电土建专家、西南电力设计院总工程师、消防专家、著名高校电气与材料科学专业教授等组成的鉴定委员会鉴定，结论为“满足了大型电气设备油坑渗油隔火的要求，达到国内领先水平，填补国内空白”。

科技成果鉴定证书



整套技术方案，已在包括蒙西1000KV变电站在内的多个项目中得到应用，取得业主、设计单位、施工单位和运检单位的好评。产品由中国电建四川电力设计咨询有限责任公司，联合我司申报2017年度中国电力建设科学技术进步奖，荣获二等奖。

获奖证书



综上，新技术方案完全符合了我们关于变电站油坑阻燃层结构的定义，发现并解决了某些一直被忽视、却事关安全的重要问题，还原了油坑本应有的功能和.....美！



允许油坑君卖（嘢）个小萌（瑟），但我们清楚地知道，为变电项目工程实际建设服务的路还任重道远，我们仍需努力的地方还很多，比如我们的产品表面造型较为复杂、颗粒批量成型工艺还需完善，这些都使得我们的制造成本居高不下；还有客户向我们提出进一步整合产品在接地方面的功能，以方便现场施工.....

因此，上面的嘢瑟与卖萌也仅仅基于我们现在发现问题解决问题的能力，仍然存在和不断出现的问题，以及业内热心人士的意见建议都激励我们继续努力，在一个细分的领域内深耕不缀，

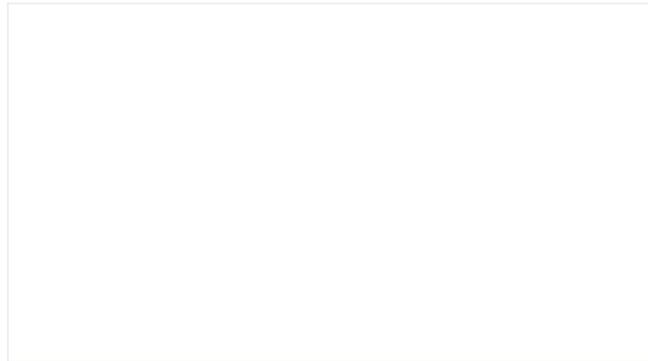
为祖国电力事业献上自己的一份小小的力量，并衷心地期望祖国在每一个大的行业、每一个细分领域都更好、更强！

因此，这一篇虽然是本系列的终章，但绝不是与时俱进的变电站油坑阻燃层结构的终章，让我们继续.....

做对的事！

把事情做对！

与（惺惺相惜、情不自禁的）您一起把对的事情做对！



如果小伙伴们想了解更多，请登陆我们的网站或直接联系我们哦~

（部分图片出自网络，如有侵权，请联系我们）