

浅谈沼气池的结构特点

刘春明¹,姜广新²,刘春华³

(1. 河北燕大建筑设计有限公司,河北 唐山 063000;2. 唐山陶瓷设计研究有限公司,河北 唐山 063000;3. 唐山科技职业技术学院 基础部,河北 唐山 063000)

沼气有许多优点:有利于解决农村能源问题;促进农业生产发展;充分利用大量畜禽粪便加入沼气池发酵,既可生产沼气,又可沤制出大量优质有机肥料,扩大了有机肥料的来源;有利于解决“三料”(燃料、饲料和肥料)的矛盾,促进畜牧业的发展;有利于改善卫生条件,解决了农民的燃料问题,减少森林砍伐和牛羊对山场的破坏,有利于保护林草资源,促进植树造林的发展,减少水土流失,改善农业生态环境等。基于这些优点,近年来沼气应用在我国广大农村地区发展很快。

1 沼气池的原理和构造形式

图1为一个水压式沼气池的示意图。其构造简单,施工方便,造价较低,是我国农村普遍采用的一种人工制取沼气的厌氧发酵装置。发酵原料从进料管进入池体,顶部导气管封闭,发酵原料分解产气。随着沼气逐渐增加,上升气体越多,气压越大,迫使池内液面下降,因水压间与池体相通又开放于大气中,贮气箱容积相应扩大,水压间液面上升。当顶部导气管被打开,气体不断消耗,在大气压的作用下,池内液面随气体压强的减小而上升,气体容积相应减小水压间液面下降。即:池内气体增加—池内压力上升—池内液面下降—水压间液面上升,打开导气管—池内气体减少—池内压力下降—池内液面上升—水压间液面下降。这种利用部分料液来回串动,引起水压反复变化来贮存和排放沼气的池型称水压式沼气池。但是水压式沼气池也有其自身的缺点,由于气压反复变化,一般在4~16 kpa(即40~160 cm水柱)压力之间,对池体强度及对灯具、灶具的稳定燃烧都不利。

沼气池通常选用混凝土结构。经过实践检验和实验室测试研究,及从力学模型角度分析来看,拱形顶柱体水泥沼气池在结构上是比较合理的,在承受荷载上具有足够大的安全度(见图1)。

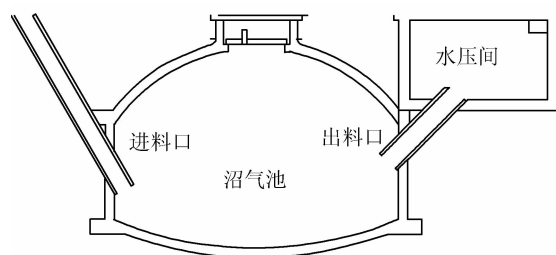


图1 水压式沼气池示意图

2 拱形顶沼气池的受力分析

2.1 力的来源

2.1.1 土中的应力 土体在自身重力作用下任一竖直切面均是对称面,切面上不存在切应力。因此,在深度 z 所处平面上,土体因自身重力产生的竖向应力(称竖向自重应力)等于单位面积上土柱体的重力 W ,自重应力随深度 z 线性增加,呈三角形分布,即埋置越深,应力越大。因此池体应在合理情况下尽量浅埋(见图2)。

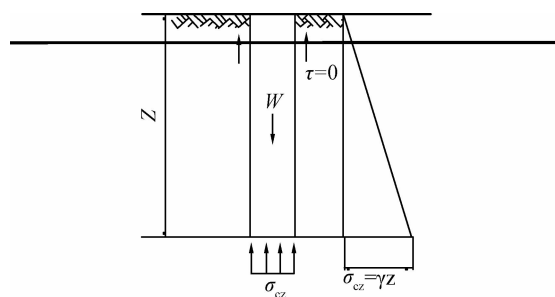


图2 土中应力简图

2.1.2 池内气压反复变化引起的压力 由于气体的产生和消耗,使池内气压反复变化,产生变化压力,池体受到反复作用变化的应力。这种应力均匀作用于池壁内侧。这两种力是长期作用的。还有就是检修时的检修荷载等等。

收稿日期:2009-09-25

第一作者简介:刘春明(1976-),女,河北省唐山市人,工程师,从事建筑工程和土木工程研究。E-mail: lcmjgx@tom.com。

2.2 从力学角度分析拱型顶的优势

杆轴为曲线,在竖向荷载作用下产生水平支座反力的结构称为拱(见图3)。直杆件的弯矩,跨中部较大两端较小,杆件的材料所受应力不是均匀的(见图4),如果中部的材料充分发挥作用,那么两端的材料就浪费了。而拱的优点是将竖向荷载转变成轴向的水平推力,减小跨中弯矩的作用,甚至弯矩为零,使拱以承受轴向压力为主。由此合理选择拱轴线形状,可使拱各截面的弯矩减到最小的限度,甚至达到没有弯矩和剪力。这样的拱轴最合理称为合理拱轴(见图5)。

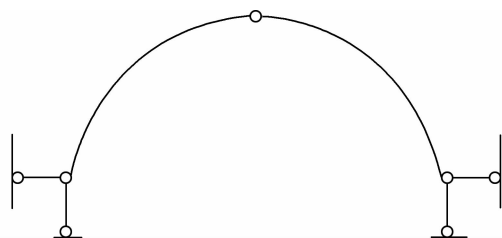


图3 拱的计算简图

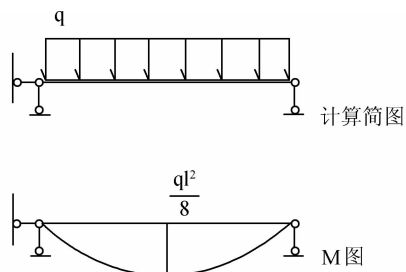


图4 均布荷载作用下直杆轴的弯矩图

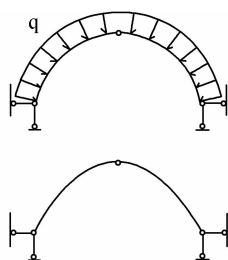


图5 均布荷载作用下合理拱轴的弯矩为零

2.3 采用合理拱轴后材料节省情况

根据一个直径3.5 m的沼气池(池顶覆土0.4 m)实例来分析。

2.3.1 在直杆情况下,荷载统计 荷载标准值:横载 $0.4 \times 18 \times 1 = 7.2 \text{ KN/M}$;活载 $2 \times 1 = 2 \text{ KN/M}$;荷载设计值: $1.2 \times 7.2 + 1.4 \times 2 = 11.44 \text{ KN/M}$;计算简图和受力简图见图6。

取顶板150厚,查表配筋 $A_s = 525 \text{ mm}^2$ 需配 $\phi 10@120$ 钢筋。

2.3.2 在曲杆情况下,荷载统计 荷载标准值:横载 $0.4 \times 18 \times 1 = 7.2 \text{ KN/M}$;活载 $2 \times 1 = 2 \text{ KN/M}$;荷载设计值: $1.2 \times 7.2 + 1.4 \times 2 = 11.44 \text{ KN/M}$;计算简图和受力图见图7。

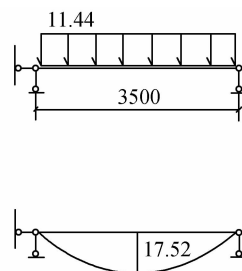


图6 直杆计算简图和弯矩

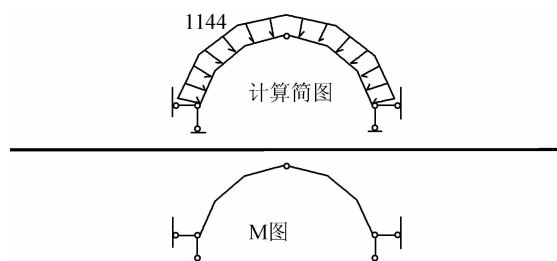


图7 曲杆计算简图和受力图

制作竖向力 $V = 20 \text{ KN}$,水平力 $H = 22 \text{ KN}$;杆轴上的弯矩为零,控制应力为轴向压力。混凝土在压力作用下是不用配筋的仅需构造配筋,配 $\phi 8@200$ 钢筋。

通过以上分析,可以看出在拱杆作用下混凝土结构的受力是比较合理的,拱形的顶板也是合理利用材料的一种结构体系。当然它也存在着诸多问题,如拱形的混凝土不好支模,不易控制等。不过现在有专用沼气池拱顶定型模板,不仅给施工带来了极大的方便,因不需现场支模相应也大大缩短了总的施工工期。

3 结论

在农村大力提倡节能,建设环保型生态家园的形势下,推广沼气池建设尤是重中之重。对于没有专业知识的农民来说,独自建一个经济、合理、耐用的沼气池并不是件容易的事。这就需要各部门积极配合,在大力宣传和组织培训使用沼气的同时,还要从设计的角度在总结沼气池的结构特点之余,组织专业人员编写各种尺寸定型的沼气池图集,以供参考。这也是一项利国利民的举措。