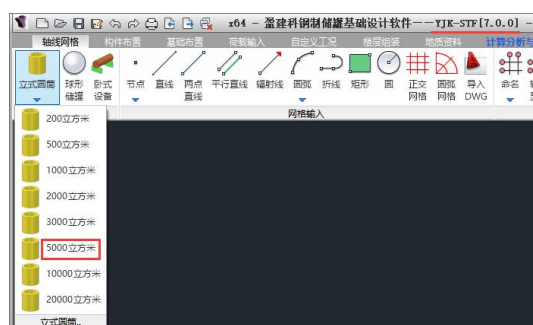
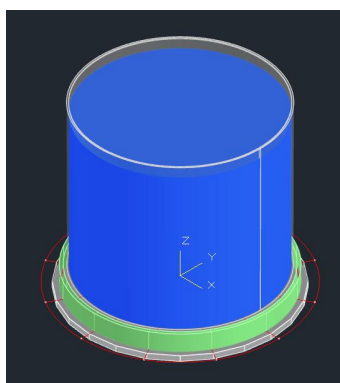


盈建科钢制立式储罐基础中的荷载核算

王晓可

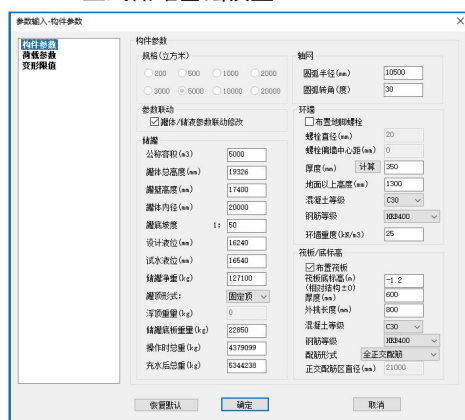
盈建科储罐地基基础设计软件（Y-STF）是一款石油化工业储罐地基基础设计的专用软件，它采用参数化建模方式，可高效简捷的进行钢制储罐设计。从 2023 年发布以来，储罐基础软件受到了工业设计工程师的关注并被广泛使用。近日有工程师对盈建科钢制立式储罐基础参数化建模中的几个荷载（重量），以及平衡校核中的荷载计算，产生了疑问。为此，本文做了详细的手工核算，解除了工程师的疑虑，让工程师们更加放心的使用软件！

本文以 V7.0 版本 5000 立方米的钢制立式储罐为例，对储罐的荷载进行核算。各参数均按软件初始默认数值。

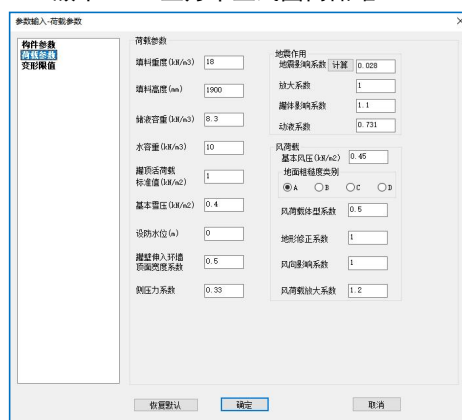


立式储罐基础模型

V7.0 版本 5000 立方米立式圆筒储罐



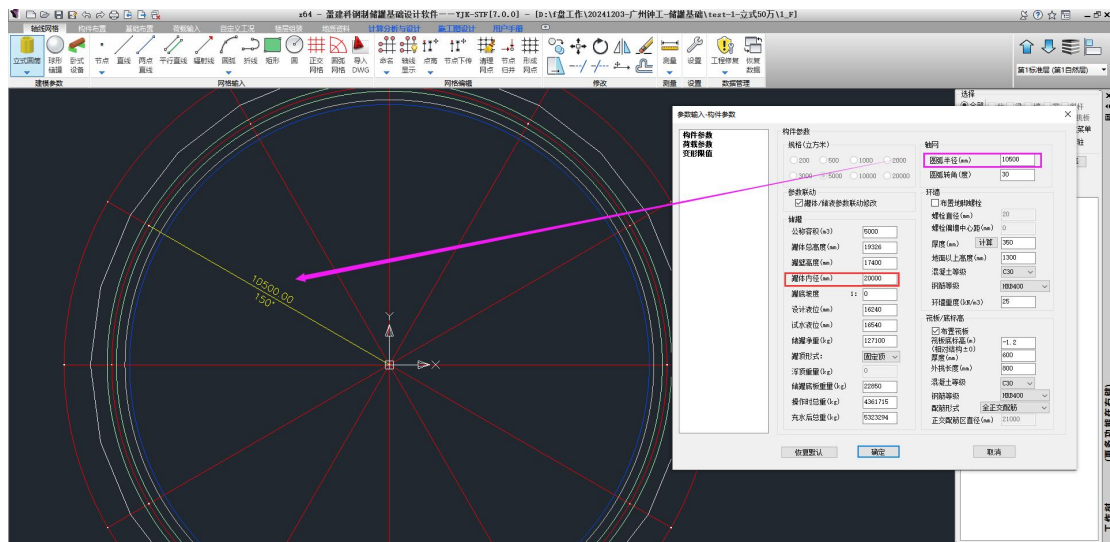
构件参数



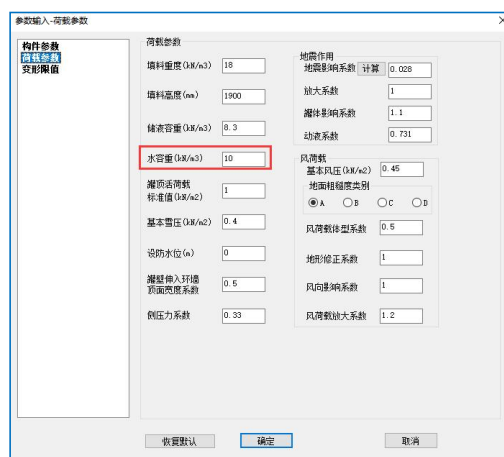
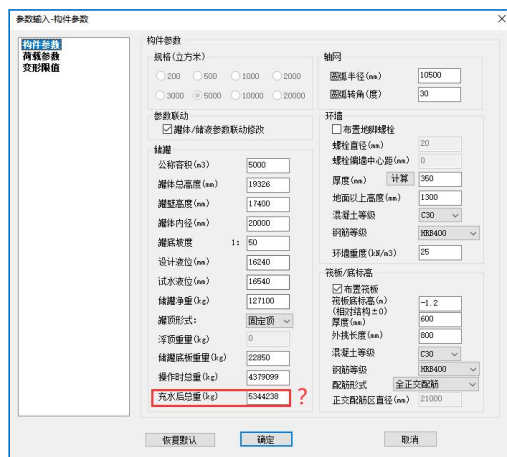
荷载参数

一、罐体内径是 20m，环墙半径 10.5m 是如何得到的，与工程经验不符？

回复：环墙半径读取的是【构件参数】中的【圆弧半径】，软件默认为 10.5m，如果认为软件默认的环境半径不合理，可以修改。

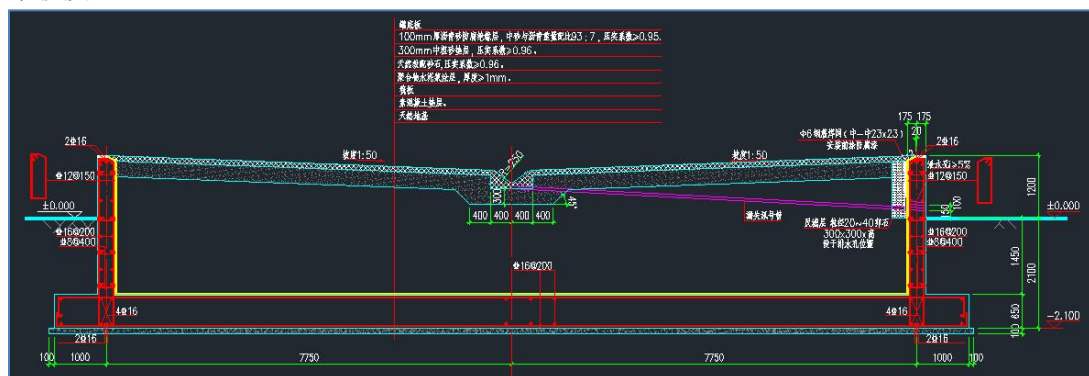


二、【构件参数】中“充水后总重”是如何计算的？充水后总重为水的重量与储罐净重之和： $1271+10 \times 3.14 \times 10^2 \times 16.54 = 53206.6 \text{ kN} = 5320660 \text{ kg}$ ，为何与参数建模中软件自动计算的 5344238kg 存在差异？



回复：充水后总重是储罐净重、充水总重，当罐底有坡度时包括坡度上圆锥范围内的水重。

立式储罐底板有一定的坡度（如下图），这是为了确保油品能够顺利排出，防止积聚和滞留。通常，储罐罐底的坡度为 1%~2% 的斜率，以确保油品能够顺利排出。软件能够考虑罐底坡度，用户可以根据实际情况输入罐体坡度，软件在荷载计算的时候也能真实的考虑这个坡度。



1. 罐底坡度为 0

参数输入-构件参数

构件参数

规格(立方米)

☐ 200 ☐ 600 ☐ 1000 ☐ 2000

☐ 3000 ☐ 6000 ☐ 10000 ☐ 20000

参数联动

☒ 罐体/储液参数联动修改

储罐

公称容积(m³) 5000

罐体总高度(mm) 19326

罐壁高度(mm) 17400

罐体内径(mm) 20000

罐底坡度 1: 0

设计液位(mm) 16240

试水液位(mm) 16540

罐净重(kg) 127100

罐底形式: 固定顶

浮顶重量(kg) 0

罐底重量(kg) 22850

操作时总重(kg) 4361715

充水后总重(kg) 5323294

轴网

圆罐半径(mm) 10500

圆罐转角(度) 30

环境

☐ 布置地脚螺栓

螺栓直径(mm) 20

螺栓间距中心距(mm) 0

厚度(mm) 计算 350

地面以上高度(mm) 1300

混凝土等级 C30

防腐等级 H03400

环境重度(kN/m³) 25

底板/底标高

☒ 布置底板

底板标高(a) (相对结构±0)

厚度(mm) -1.2

外挑长度(mm) 800

混凝土等级 C30

防腐等级 H03400

配筋形式 全正交配筋

正交配筋间距(mm) 21000

参数输入-荷载参数

荷载参数

材料重度(kN/m³) 18

材料高度(mm) 1900

储液容量(kN/m³) 8.3

水容重(kN/m³) 10

罐顶活荷载标准值(kN/m²) 1

基本雪压(kN/m²) 0.4

设防水位(m) 0

罐壁伸入环境侧面坡度系数 0.5

侧压力系数 0.33

地震作用

地震影响系数 计算 0.028

放大系数 1

罐体影响系数 1.1

动力系数 0.731

风荷载

基本风压(kN/m²) 0.45

地面粗糙度类别 A B C D

风荷载体型系数 0.5

地形修正系数 1

风向影响系数 1

风荷载放大系数 1.2

储罐净重 $127.1t=1271kN$

试水液位 16.540m

罐体内径 20m, 罐体内半径 10m

水容重 $10kN/m^3$

试水总重: $10 \times 16.54 \times 3.1415926 \times 10 \times 10 = 51961.9416kN$

充水后总重(储罐净重+试水总重): $1271+51961.9416=53232.9416kN=5323294.16kg$ 与软件计算 5323294 一致。

2. 罐底坡度为 1:50

参数输入-构件参数

构件参数

规格(立方米)

☐ 200 ☐ 600 ☐ 1000 ☐ 2000

☐ 3000 ☐ 6000 ☐ 10000 ☐ 20000

参数联动

☒ 罐体/储液参数联动修改

储罐

公称容积(m³) 5000

罐体总高度(mm) 19326

罐壁高度(mm) 17400

罐体内径(mm) 20000

罐底坡度 1: 50

设计液位(mm) 16240

试水液位(mm) 16540

罐净重(kg) 127100

罐底形式: 固定顶

浮顶重量(kg) 0

罐底重量(kg) 22850

操作时总重(kg) 4379099

充水后总重(kg) 5344238

轴网

圆罐半径(mm) 10500

圆罐转角(度) 30

环境

☐ 布置地脚螺栓

螺栓直径(mm) 20

螺栓间距中心距(mm) 0

厚度(mm) 计算 350

地面以上高度(mm) 1300

混凝土等级 C30

防腐等级 H03400

环境重度(kN/m³) 25

底板/底标高

☒ 布置底板

底板标高(a) (相对结构±0)

厚度(mm) -1.2

外挑长度(mm) 800

混凝土等级 C30

防腐等级 H03400

配筋形式 全正交配筋

正交配筋间距(mm) 21000

参数输入-荷载参数

荷载参数

材料重度(kN/m³) 18

材料高度(mm) 1900

储液容量(kN/m³) 8.3

水容重(kN/m³) 10

罐顶活荷载标准值(kN/m²) 1

基本雪压(kN/m²) 0.4

设防水位(m) 0

罐壁伸入环境侧面坡度系数 0.5

侧压力系数 0.33

地震作用

地震影响系数 计算 0.028

放大系数 1

罐体影响系数 1.1

动力系数 0.731

风荷载

基本风压(kN/m²) 0.45

地面粗糙度类别 A B C D

风荷载体型系数 0.5

地形修正系数 1

风向影响系数 1

风荷载放大系数 1.2

储罐净重 $127.1t=1271kN$

试水液位 16.540m

罐体内径 20m, 罐体内半径 10m

水容重 $10kN/m^3$

圆柱体试水重 $10 \times 16.54 \times 3.1415926 \times 10 \times 10 = 51961.9416kN$

罐底坡度 1:50, 罐底圆锥高度 $10/50=0.2m$

罐底圆锥内水重 $10 \times 3.1415926 \times 10 \times 10 \times 0.2/3 = 209.4395kN$

充水后总重= $1271+51961.9416+209.4395=53442.3811kN=5344238.11kg$, 软件计算 5344238kg 一致。

三、【构件参数】中“操作时总重”是如何计算的? 储罐净重与储液重量之和为 $1271+8.3 \times 3.14 \times 10^2 \times 16.24 = 43595.688kN = 4359568.8kg$ 与软件计算的 4379099kg 有差异?

参数输入-构件参数

构件参数

规格(立方米)

☐ 200
☐ 500
☐ 1000
☐ 2000
☒ 3000
☐ 5000
☐ 10000
☐ 20000

参数联动

☒ 罐体/储液参数联动修改

罐体

公称容积(m³)

5000

罐体总高度(mm)

19326

罐壁高度(mm)

17400

罐体内径(mm)

20000

罐底坡度

1: 50

设计液位(mm)

16240

试水液位(mm)

16540

储罐净重(kg)

127100

罐顶形式:

固定顶

浮顶重量(kg)

0

罐壁防腐重量(kg)

22950

操作时总重(kg)

4379099

充水后总重(kg)

5344238

罐顶

圆顶半径(mm)

10500

圆顶转角(度)

30

环境

☐ 布置地脚螺栓

螺栓直径(mm)

20

螺栓间距中心距(mm)

0

厚度(mm)

计算

350

地面以上高度(mm)

1300

混凝土等级

C30

钢筋等级

HRB400

环境重度(kN/m³)

25

底板/底标高

☒ 布置底板

底板底标高(m)

(相对结构±0)

厚度(mm)

600

外挑长度(mm)

800

混凝土等级

C30

钢筋等级

HRB400

配筋形式

全正交配筋

正交配筋区直径(mm)

21000

参数输入-荷载参数

荷载参数

罐料重度(kN/m³)

18

罐料高度(mm)

1900

罐液容重(kN/m³)

8.3

水管重(kN/m³)

10

罐顶活荷载标准值(kN/m²)

1

基本雪压(kN/m²)

0.4

设防水位(m)

0

罐壁伸入环境顶面宽度系数

0.5

侧压力系数

0.33

地震作用

地震影响系数

计算

0.020

放大系数

1

罐体影响系数

1.1

动力系数

0.731

风荷载

基本风压(kN/m²)

0.45

地面粗糙度类别

☒ A
☐ B
☐ C
☐ D

风荷载体型系数

0.5

地形修正系数

1

风向影响系数

1

风荷载放大系数

1.2

回复：与“充水后总重”的计算方法一致，操作时总重为储罐净重与储液总重之和，当储罐底板有坡度时，需要考虑圆锥内储液的重量。

核算过程如下：

储罐净重 127.1t=1271kN

设计液位 16.240m

罐体内径 20m，罐体内半径 10m

储液容重 8.3kN/m³

圆柱体储液重 $8.3 \times 16.24 \times 3.1415926 \times 10 \times 10 = 42346.1550 \text{ kN}$

罐底坡度 1:50，罐底圆锥高度 $10/50 = 0.2 \text{ m}$

罐底圆锥内储液重 $8.3 \times 3.1415926 \times 10 \times 10 \times 0.2/3 = 173.8348 \text{ kN}$

储液总重=1271+42346.1550+173.8348=43790.9898kN=4379098.98kg，软件计算 4379099kg 一致。

四、平衡校核中恒载的上部荷载、板面荷载、自重是如何计算的？恒载的上部荷载为何与储罐净重不一致？

YJK-F平衡校核.out - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

1. 恒载

上部荷载

2139.3

附加荷载

0.0

板面荷载

12058.7

自重

5956.0

覆土重

0.0

合计

20154.0

梁下土反力

0.0

板下土反力

20154.0

桩反力

0.0

合计

20154.0

盈建科钢制储罐基础设计软件——YJK-STF [7.0.0] - [E:\专项资料...

新建工程输入

前处理及计算

设计结果

基础计算及结果输出

施工图设计

用户手册

荷载

反力

内力

设计

基础

梁板

剪力

弯矩

轴力

扭矩

偏心

约简

配筋

校核

电算

结果

信息

计算书

批量

打印

提取

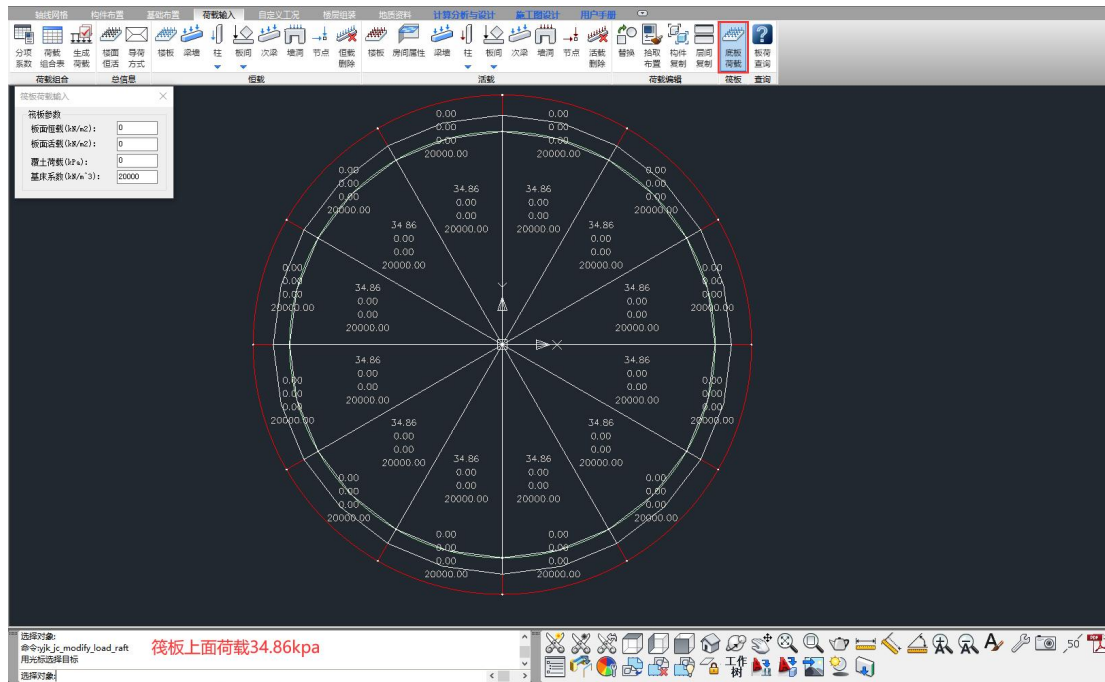
VTK

工程

目录

文本结果

☒ 计算参数
☐ 正截面校核
☐ 正截面配筋计算
☐ 构件内力
☐ 地基承载力验算
☐ 桩承载力验算
☐ 沉降计算结果
☐ 抗浮稳定性验算
☐ 超限提醒
☐ 组合工况上格检验
☐ 软弱下卧层验算



(2) 上部荷载

上部荷载指由环墙传递到筏板的荷载，包括除储罐底板外的储罐自重和环墙自重。

核算过程如下：

储罐净重 1271kN，储罐底板重量 228.5kN

储罐除底板外其余重量 $1271 - 228.5 = 1042.5\text{kN}$

(环墙上线荷载： $1042.5 / (3.14 \times 10.5 \times 2) = 15.8\text{kN/m}$ 与荷载输入中的恒载线荷载一致。

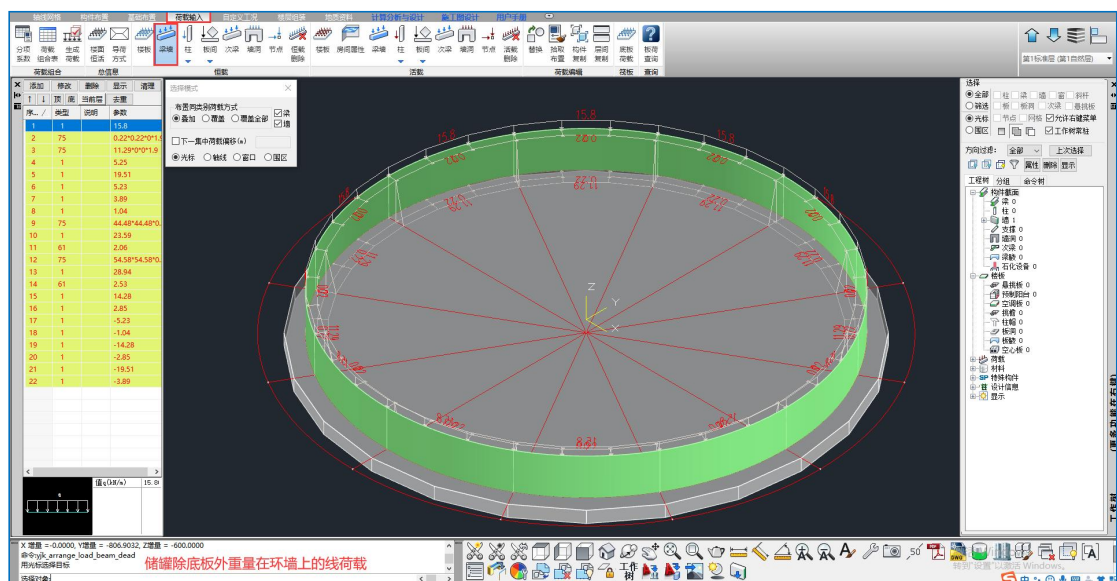
环墙上线荷载的总和： $15.8 \times 3.14 \times 10.5 \times 2 = 1042.5\text{kN}$)

环墙厚度 350mm，环墙重度 25kN/m^3 ，环墙地面以上高度 1.3m，筏板底标高 -1.2m，筏板厚 0.6m，筏板外挑 0.8m，故环墙高度 $1.3 + 1.2 - 0.6 = 1.9\text{m}$

环墙重： $25 \times 3.1415926 \times 2 \times 10.5 \times 0.35 \times 1.9 = 1096.808516\text{kN}$

上部荷载（环墙传递的储罐重（不包括底板）+环墙重）：

$1042.5 + 1096.808516 = 2139.3085\text{kN}$ 与平衡校核中的 2139.3kN 一致。



(3) 自重

此处自重指基础自重，即筏板重。筏板厚 0.6m，筏板外挑 0.8m。

故筏板重为 $25 \times 3.1415926 \times (10.5 + 0.8) \times (10.5 + 0.8) \times 0.6 = 6017.2494 \text{ kN}$ ，平衡校核中 5956kN，误差 $(6017.2494 - 5956) / 6017.2494 = 61.2494 / 6017.2494 = 1.017\%$ 。

误差是如何产生的呢？软件是按多边形来模拟圆形的，故多边形的面积即为圆的面积，手算是按圆形面积来计算的，故存在一定的误差。我们从下面两个方法分别计算筏板的面积，再来核算筏板自重。

1) 按多边形计算筏板面积

因为轴网中输入圆弧转角是 30 度，按正二十四多变形，即 24 个三角形，三角形的顶角角度是 15 度，两个底角是 82.5 度。

三角形的高 $11.3 \times \sin 82.5$

三角形的底 $2 \times 11.3 \times \cos 82.5$

二十四边形面积 $24 \times (11.3 \times \sin 82.5) \times (2 \times 11.3 \times \cos 82.5) / 2 = 396.5832 \text{ m}^2$

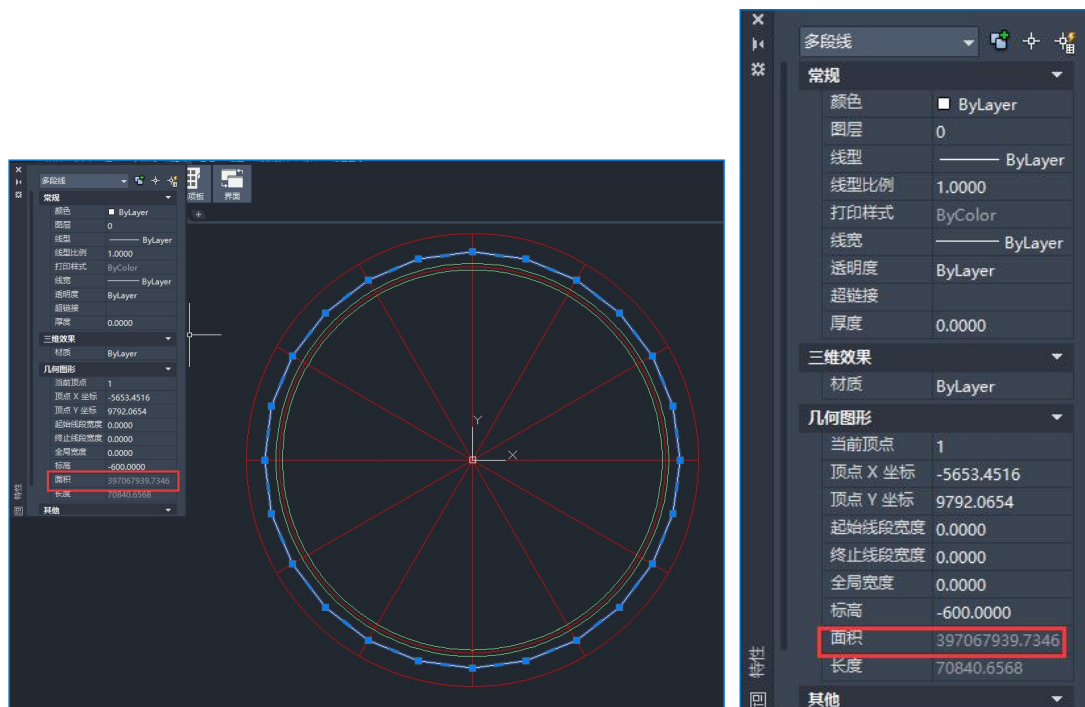
筏板重： $25 \times 396.5832 \times 0.6 = 5948.748 \text{ kN}$ ，平衡校核中 5956kN，误差 $(5956 - 5948.748) / 5956 = 7.252 / 5956 = 0.12\%$ 。

2) cad 中查看筏板实际面积

将筏板导入到 cad 中查看软件中筏板实际面积，Cad 中查看筏板的面积为 397.067939 m^2 ，则筏板重： $25 \times 397.067939 \times 0.6 = 5956.019 \text{ m}^2$ 与平衡校核中 5956kN 一致。

由此可见，对于筏板重，手算是按圆形面积计算，而软件是按多边形计算有误差，故手算与软件计算的结果有误差。





五、是否能手工输入充水后总重、操作时总重？

回复：【参数输入-构件参数】中有参数联动【罐体/储液参数联动修改】。勾选此参数时，操作时总重、充水后总重、动液系数、风荷载体型系数等 4 个参数会与相关罐体参数进行联动。当把鼠标悬停到【罐体/储液参数联动修改】，软件会给出此参数的解释。

所以，如果工程师不想按软件自动计算的充水后总重、操作时总重，想自己输入，可以取消勾选【罐体/储液参数联动修改】，这时就可以按自己需要输入操作时总重和充水后总重。

参数输入-构件参数

取消勾选

参数联动

☐ 罐体/储液参数联动修改

勾选时，操作时总重、充水后总重、动液系数、风荷载体型系数等4个参数会与相关罐体参数进行联动

规格(立方米)

☐ 200 ☐ 500 ☐ 1000 ☐ 2000 ☐ 3000 ☒ 5000 ☐ 10000

轴网

圆弧半径(mm) 10500

圆弧转角(度) 30

储罐

公称容积(m³) 5000

罐体总高度(mm) 19326

罐壁高度(mm) 17400

罐体内径(mm) 20000

罐底坡度 1: 50

设计液位(mm) 16240

试水液位(mm) 16540

储罐净重(kg) 127100

操作时总重(kg) 4379190

充水后总重(kg) 5500000

螺栓直径(mm) 20

螺栓偏墙中心距(mm) 0

厚度(mm) 计算 350

地面以上高度(mm) 1300

混凝土等级 C30

钢筋等级 HRB400

环墙重度(kN/m³) 25

筏板/底标高

☒ 布置筏板

筏板底标高(m) -1.2

(相对结构±0)

厚度(mm) 600

外挑长度(mm) 800

混凝土等级 C30

钢筋等级 HRB400

配筋形式 全正交配筋

正交配筋区直径(mm) 21000

手工输入

恢复默认 确定 取消

以上就是钢制立式储罐基础中的荷载核算，相信通过这篇文章，设计师们对软件的荷载计算有了更进一步的了解，对立式储罐基础荷载的构成更加清晰明确，对软件荷载计算的准确性更加的放心！工程师们可以放心使用盈建科储罐基础软件，提高设计效率！