



📞 全国服务热线: 400-021-0116
🌐 官网: <http://www.yjk.cn>
📍 地址: 北京市东城区北三环东路环球贸易中心C座18层
📮 邮编: 100013



盈建科微信公众号



盈建科视频号

盈建科钢筒仓结构设计软件

YJK-SILO

北京盈建科软件股份有限公司
Beijing YJK Building Software Co., Ltd

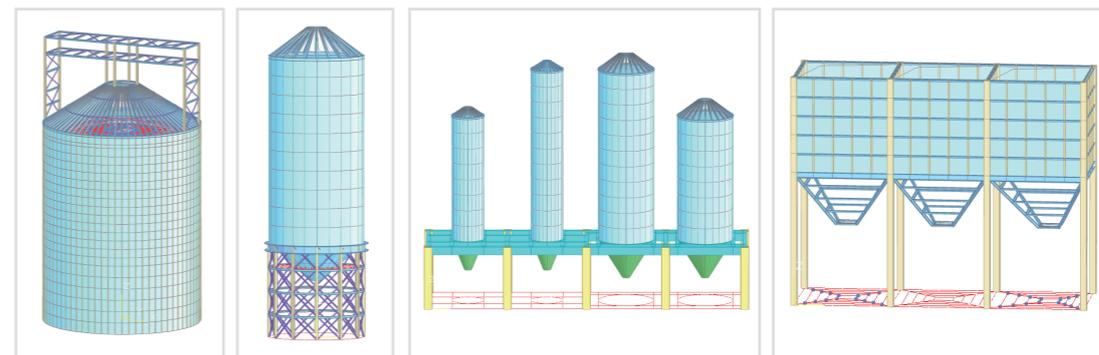
盈建科钢筒仓结构设计软件 (YJK-SILO) 是一款主要针对落地式、柱承式圆形筒仓, 矩形筒仓以及混合群仓特点而开发的一款分析设计软件。

一、软件概述

此产品主要模块包括建模、工况管理、计算分析、基础设计等功能。软件内置圆形料斗参数化建模功能, 可快速完成圆形料斗建模。软件内置了贮料荷载的参数化布置, 可快速地布置圆形筒仓、矩形筒仓的贮料荷载。软件具备圆形截面风荷载局部计算功能, 可考虑筒仓风荷载复杂的体型系数并快速完成圆形筒仓风载的布置。软件支持贮料地震压力参数化布置, 可快速按照《筒仓规范》完成贮料地震压力的布置。设计模块开发了圆形筒仓仓壁、料斗、料斗环梁、仓顶环梁的设计及验算工具, 可以快速出具计算书。

软件内置了符合工业结构设计荷载管理习惯的工况管理功能, 工况管理集中化; 同时内置荷载组合规则, 可一键生成符合筒仓工程的工况组合, 包括基本组合、标准组合、准永久组合。另外, 组合表也可以根据项目特点自由修改, 设计模块可以自动承接相关组合进行构件设计。

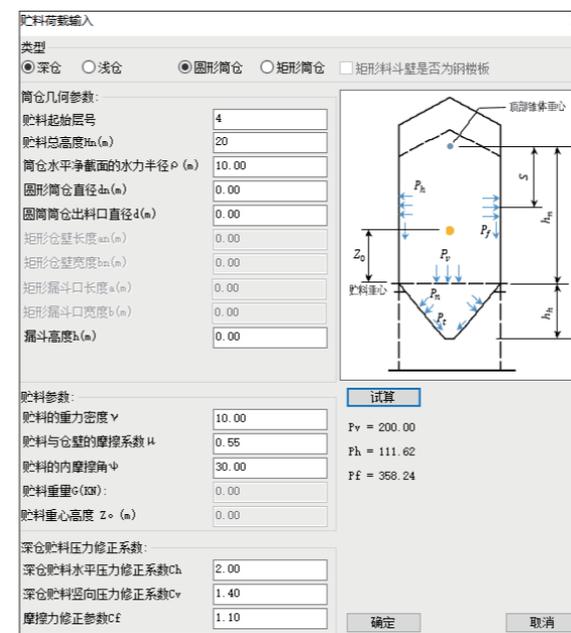
基础模块可承接上部结构分析数据, 完成基础部分设计及施工图绘制。



二、贮料荷载快速添加功能

YJK-SILO 按照《钢筒仓技术规范》贮料荷载要求, 开发了筒仓贮料压力荷载工具:

- ✔ **适应性强:** 贮料荷载工具可以适应圆形、矩形、深仓、浅仓不同类型仓体的荷载布置。
- ✔ **自动化程度高:** 一次完成仓壁水平压力、仓壁摩擦力、漏斗法向压力、漏斗摩擦力添加。
- ✔ **自动考虑矩形漏斗口偏心影响:** 荷载工具自动考虑漏斗口偏心情况不同壁板的压力差异。
- ✔ **计算贮料重量及重心高度:** 便于用户快速定义贮料重力荷载代表值 (附加节点质量法)。



深仓公式

$$P_{hk} = C_h \gamma \rho (1 - e^{-\mu ks / \rho}) / \mu$$

$$P_{vk} = C_v \gamma \rho (1 - e^{-\mu ks / \rho}) / \mu \kappa$$

$$P_{fk} = C_f \rho [\gamma s - \gamma \rho (1 - e^{-\mu ks / \rho}) / \mu \kappa]$$

$$P_{nk} = P_{vk} (\cos^2 \alpha + \kappa \sin^2 \alpha)$$

$$P_{tk} = P_{vk} (1 - \kappa) \cos \alpha \sin \alpha$$

浅仓公式

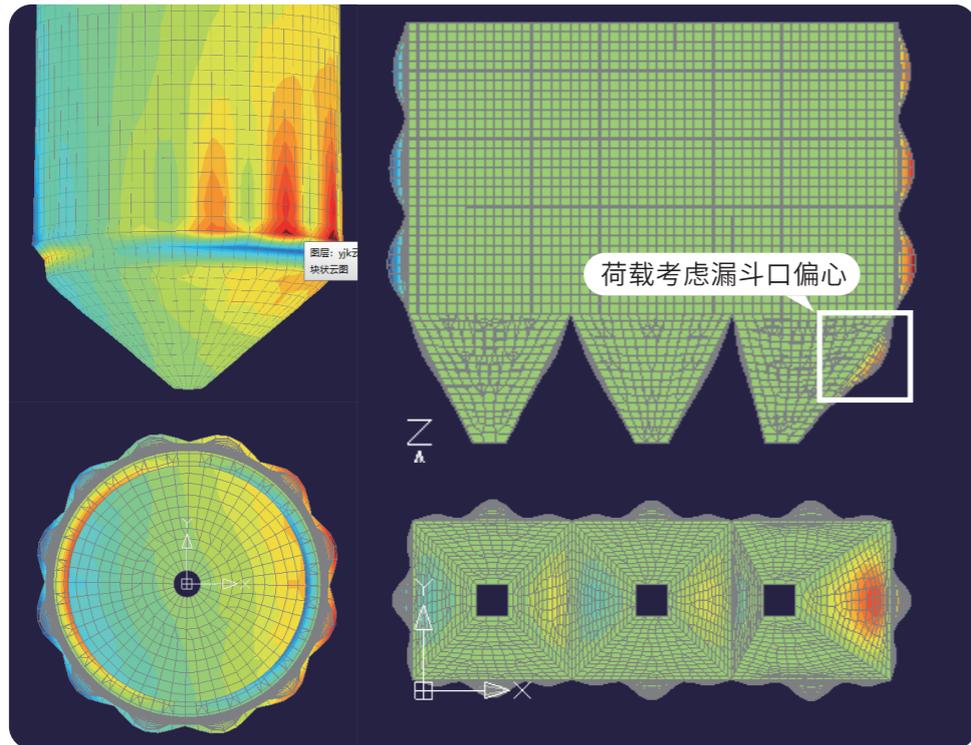
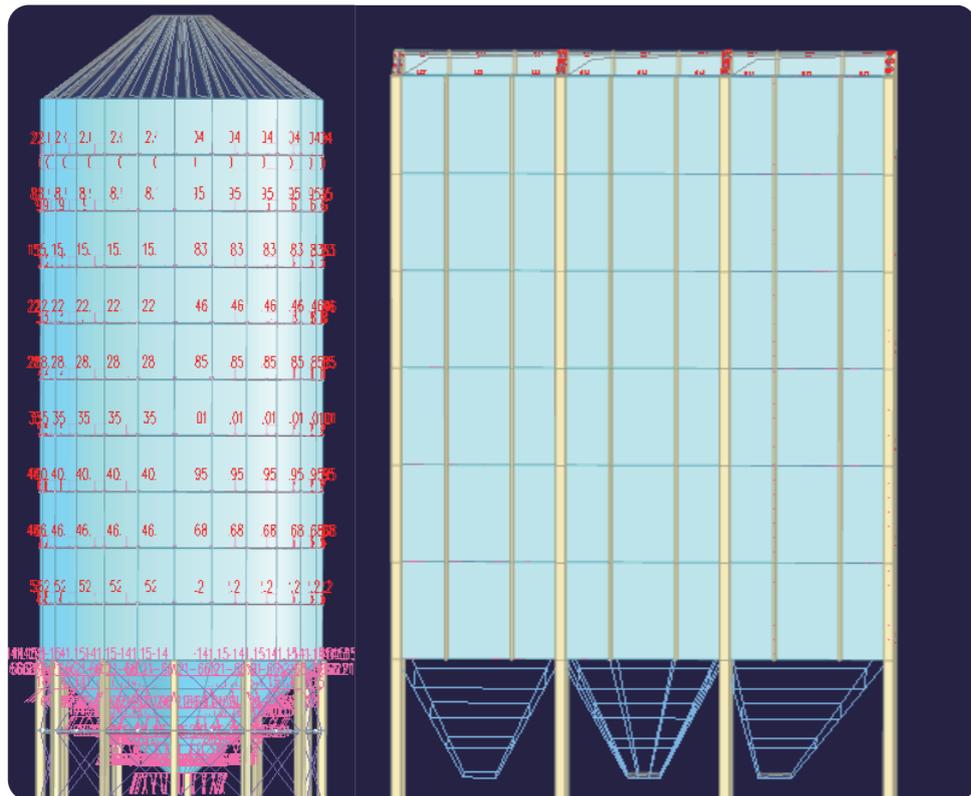
$$P_{hk} = \kappa \mu s$$

$$P_{fk} = \mu \kappa \gamma s$$

$$P_{vk} = \gamma s$$

$$P_{nk} = P_{vk} (\cos^2 \alpha + \kappa \sin^2 \alpha)$$

$$P_{tk} = P_{vk} (1 - \kappa) \cos \alpha \sin \alpha$$



圆形筒仓贮料荷载变形

矩形筒仓贮料荷载变形

三、圆形筒仓风荷载添加功能

圆形筒仓属于柔性结构,对风荷载较敏感,按照整体计算方法布置风荷载安全性比较难以准确判断,参照欧标筒仓规范要求,圆形筒仓应按照局部风荷载进行计算。局部风荷载体型系数沿周向变化,用户手动布置难度较大,YJK-SILO开发了“圆截面风荷载局部计算法”模式,可以自动添加此类风荷载,用户只需要选对模式即可。

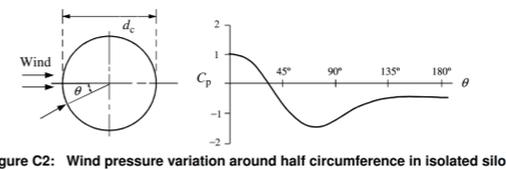
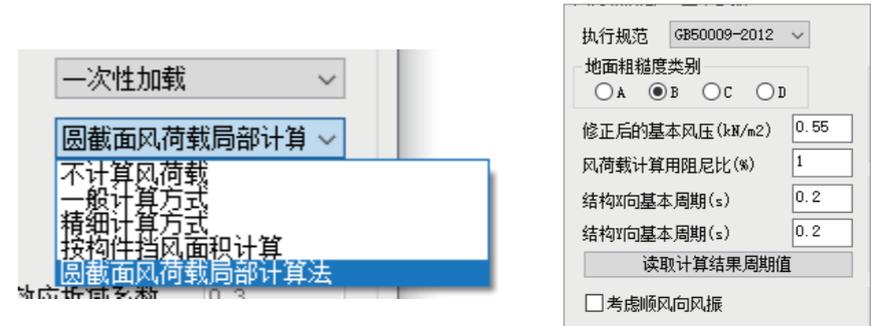
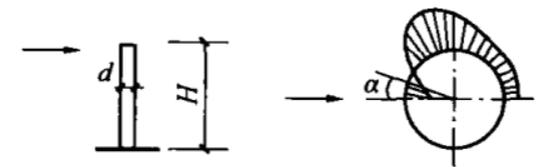
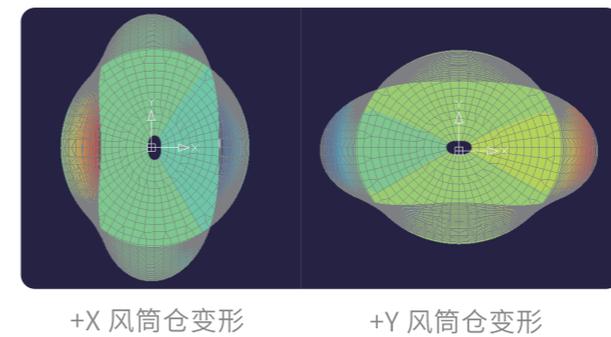


Figure C2: Wind pressure variation around half circumference in isolated silo



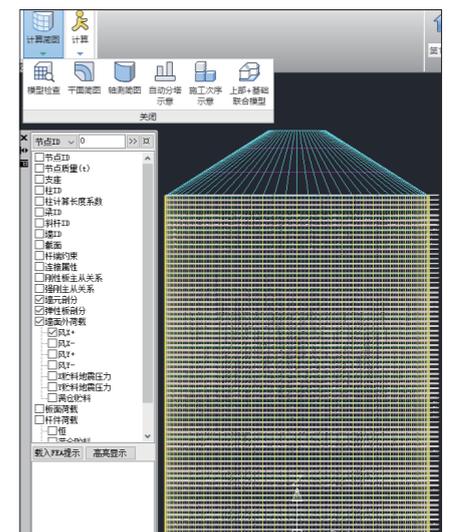
圆形截面局部风压体型系数

体型及体型系数 μ_s			
α	$H/d \geq 25$	$H/d = 7$	$H/d = 1$
0°	+1.0	+1.0	+1.0
15°	+0.8	+0.8	+0.8
30°	+0.1	+0.1	+0.1
45°	-0.9	-0.8	-0.7
60°	-1.9	-1.7	-1.2
75°	-2.5	-2.2	-1.5
90°	-2.6	-2.2	-1.7
105°	-1.9	-1.7	-1.2
120°	-0.9	-0.8	-0.7
135°	-0.7	-0.6	-0.5
150°	-0.6	-0.5	-0.4
165°	-0.6	-0.5	-0.4
180°	-0.6	-0.5	-0.4



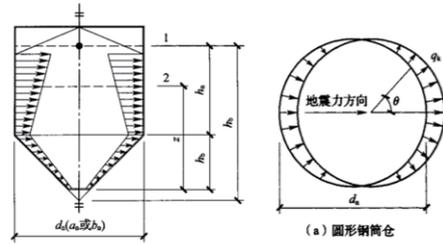
+X 风筒仓变形

+Y 风筒仓变形



四、圆形筒仓贮料地震压力添加功能

《钢筒仓技术规范》规定仓壁需验算贮料地震局部压力，YJK-SILO开发了圆形筒仓贮料地震局部压力自动添加功能，用户只需要添加“贮料地震压力”工况，在前处理地震信息部分填写贮料地震压力参数即可完成贮料地震压力的自动添加。欧标EC8-4中亦明确，贮料地震压力对大直径落地式筒仓影响显著。



$$\alpha(z) = \frac{2z}{h_b^2} \alpha_1$$

$$q_k = \alpha(z) \frac{d}{2} \gamma \cos\theta$$

$$q_k \leq \alpha(z) h_b \gamma \cos\theta$$

$$q_k \leq \alpha(z) (3z) \gamma \cos\theta$$

圆形筒仓

内置工况类型

类型

恒载 活载 风荷载 水平地震

竖向地震 贮料地震压力 温度荷载

确定 取消

贮料地震压力参数

结构X向平动周期(s)

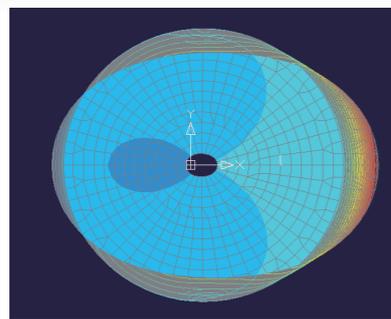
结构Y向平动周期(s)

贮料容重(kN/m³)

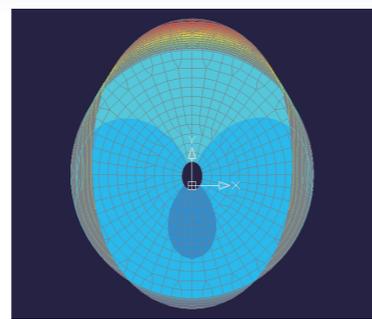
(1) A distinction is made between:

- silos directly supported on the ground or on the foundation, and
- elevated silos, supported on a skirt extending to the ground, or on a series of columns, braced or not.

The main effect of the seismic action on on-ground silos are the stresses induced in the shell wall due to the response of the contents of the silo (see (3) and 3.3(5) to (12) for the additional normal pressures on the shell walls). The main concern in the seismic design of elevated silos is the supporting structure and its ductility and energy dissipation capacity (see 3.4(4) and (5)).



+X 贮料地震压力筒仓变形



+Y 贮料地震压力筒仓变形

五、全新的工况管理功能

YJK-SILO结合工业项目结构设计工况管理习惯进行的全新的工况管理功能开发。

工况管理集中化:采用一张工况表完成项目所有工况的管理，包含工况的增加、删除、修改等。

荷载组合自动化:程序内置了荷载组合规则，可以实现一键生成典型的筒仓工况组合(考虑风荷载工况、水平地震、竖向地震、贮料地震压力、温度荷载等)。其中，多个贮料荷载互斥，可考虑满仓、半仓、空仓及群仓不同生产条件的组合。

荷载组合表修改便捷化:自动组合工况若不满足特定项目要求，用户可根据项目特点增加、删除、修改荷载组。

序号	名称	类型	非地震分项(不利)	非地震分项(有利)	非地震组合系数	准永久系数	频遇系数	重力荷载代表值系数	重力荷载代表值分项系数(不利)	重力荷载代表值分项系数(有利)	地震作用分项系数(主控)	地震作用分项系数(非主控)	活荷载折减系数(柱)	活荷载折减系数(梁)
4	-X风(-WX)	-X风荷载	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	+Y风(+WY)	+Y风荷载	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	-Y风(-WY)	-Y风荷载	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	X地震(E _X)	X向地震	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0	0
8	Y地震(E _Y)	Y向地震	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0	0
9	X贮料地震压...	X贮料地震压...	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0	0
10	Y贮料地震压...	Y贮料地震压...	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0	0
11	满仓贮料(ZP1)	贮料荷载	1.3	0	1	1	0	1.3	0	0	0	0	0	0
12	半仓贮料(ZP2)	贮料荷载	1.3	0	1	1	0	1.3	0	0	0	0	0	0

编号	恒载(DL)	活载(LL)	+X风(+WX)	-X风(-WX)	+Y风(+WY)	-Y风(-WY)	X地震(E _X)	Y地震(E _Y)	X贮料地震压力(ZE _X)	Y贮料地震压力(ZE _Y)	满仓贮料(ZP1)	半仓贮料(ZP2)	组合标记
83	1	0.65					1.4				1.3	0	0
84	1	0.65					-1.4				1.3	0	0
85	1	0.65						1.4			1.3	0	0
86	1	0.65						-1.4			1.3	0	0
87	1.3	1.5									1.3	0	0
88	1.3		1.5								1.3	0	0
89	1.3			1.5							1.3	0	0
90	1.3				1.5						1.3	0	0
91	1.3					1.5					1.3	0	0
92	1.3	1.5									1.3	0	0

内置工况类型

类型

恒载 活载 风荷载 水平地震

竖向地震 贮料地震压力 温度荷载

确定 取消

工况名称

名称

类型

恒载 活荷载 +X风 -X风

+Y风 -Y风 X地震 Y地震

竖向地震 贮料荷载 温度荷载

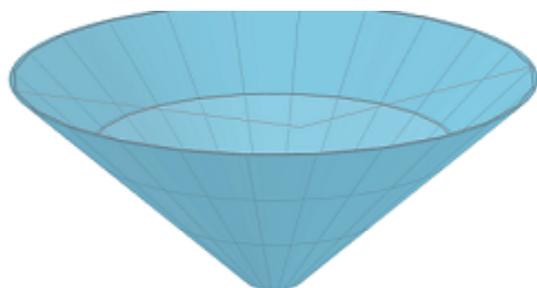
屋面活荷载 雪荷载

六、圆形筒仓构件设计功能

YJK-SILO根据《钢筒仓技术规范》要求开发了圆形筒仓仓体验算功能, 兼顾规范条款同时增加了单元等效应力绝对值最大值的判断, 可全面判断仓体损伤情况。



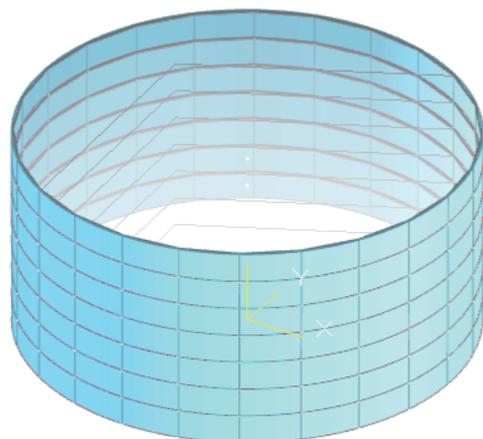
圆形料斗验算考虑环向应力、径向应力及等效应力, 且可分段验算。



圆形料斗强度验算

概念组合	组合号	$\sigma_{xx,max}$	$\sigma_{yy,max}$	σ_{zz1}	σ_{zz2}	$\sigma_{eff,max}$	f	Ratio
第1段 EL 3501~EL 4834								
满仓	303	61.97		53.73			215	0.29
	325		34.15		50.05		215	0.23
	327					104.16	215	0.48

圆形仓壁验算考虑考虑了每层环向应力、径向应力、等效应力、空仓仓壁竖向稳定性、有贮料仓壁竖向稳定性、风压周向稳定的验算。



仓壁竖向轴压稳定性验算 (只考虑恒、活、雪、贮料)

概念组合	组合号	P_{hk}	$\sigma_{yy,max}$	K_p	K_p'	σ_{cr1}	σ_{cr2}	Ratio
第1层 EL 7500~EL 9500								
满仓	277	69.94	-100.06		0.16		67.42	1.48
空仓	1		-5.82	0.09		35.69		0.16
第2层 EL 9500~EL 11500								
满仓	277	66.62	-40.11		0.16		66.66	0.60
空仓	1		-3.68	0.09		35.69		0.10

仓壁强度验算

概念组合	组合号	$\sigma_{xx,max}$	$\sigma_{yy,max}$	σ_{zz1}	σ_{zz2}	$\sigma_{eff,max}$	f	Ratio
第1层 EL 7500~EL 9500								
满仓	327	-139.71		121.56			215	0.57
	433		-123.73		118.23		215	0.55
	337					275.69	215	1.28
空仓	175	44.57		38.69			215	0.21
	197		-33.89		29.42		215	0.14
	63					70.47	215	0.33

仓壁风压稳定性验算

编号	工况	W_{top}	$t_{e,min}$	γ_{MI}	μ_s	C_b	l	α_n	$q_{n,Rd}$	Ratio
1	风荷载	3.95	8.00	1.10	1.00	0.60	20000.00	0.50	2.30	1.72

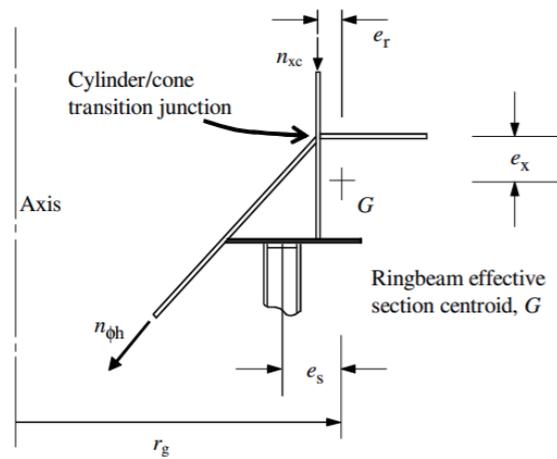
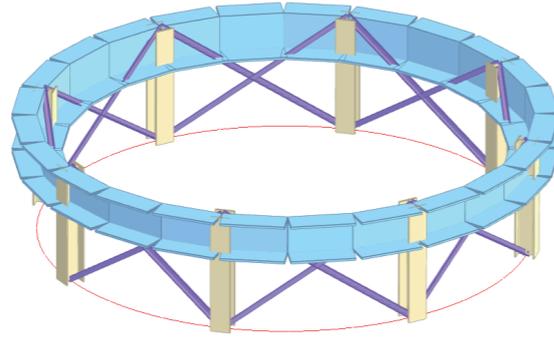
七、柱承式筒仓漏斗环梁验算工具箱

漏斗环梁是柱承式筒仓结构的关键构件, 其中最常用的“开口式漏斗环梁”截面异形, 受力尤其复杂, 除了承受弯剪, 还承受很大的周向压力及扭矩; 同时, 扭矩对开口式截面梁则会引起翘曲应力, 目前国标规范验算都未给出相应的构件验算公式, 安全性难以判断。考虑以上因素, YJK-SILO参考欧标筒仓规范开发了“漏斗环梁补充验算工具箱”, 确保筒仓关键构件的安全性。

八、仓顶环梁稳定性补充验算



- ▶ 强度验算考虑了开口式环梁翘曲应力的影响。
- ▶ 漏斗环梁平面内、外受压稳定性验算。



柱承式环梁工具箱

环梁设计参数

环梁高度 r (mm)	800
仓壁内半径 r (mm)	7500
锥体顶端半径 β (°)	60
仓壁厚度 t_c (mm)	20
锥体厚度 t_h (mm)	16
裙座厚度 t_s (mm)	30
环板厚度 b1 (mm)	500
环板厚度 t_p1 (mm)	40
支座环板外伸宽度 b2 (mm)	500
支座环板外伸宽度 b3 (mm)	800
支座环板厚度 t_p2 (mm)	40

材料强度设计值 f (Mpa) 300

料斗摩擦系数 μ (kPa) 0.30

弹性模量 E_s (Mpa) 206000

离散支座个数 j (个) 12

荷载信息

仓壁平均压力 P_mch (kPa) 98.10

料斗平均压力 P_mhk (kPa) 188.00

环梁竖向内力设计值 N_vc,Ed (kN/m) 262.00

料斗径向内力设计值 N_h,Ed (kN/m) 2392.70

构件名称: CSRB1

荷载和应力计算

仓壁平均压力 P_{mch}	98.10	kPa
料斗平均压力 P_{mhk}	188.00	kPa
主料压力分项 γ_m	1.30	kPa
仓壁平均压力 P_{nc}	127.53	kPa
料斗平均压力 P_{nh}	244.40	kPa
仓壁竖向内力设计值 $N_{vc,Ed}$	262.00	kN/m
料斗径向内力设计值 $N_{h,Ed}$	2392.70	kN/m
$N_{h,Ed} = n_{\phi h} E_d n_{\phi h} \gamma_m P_{nh} - P_{nc} \gamma_m \sin \beta - P_{nc} \gamma_m \cos \beta - P_{mh} (\cos \beta - \mu \sin \beta) \gamma_m e_{hc}$	15116.00	kN
环梁竖向合力设计值 $N_{vc,Ed} = n_{vc} E_d n_{vc} \gamma_m P_{nc} \cos \beta$	1458.35	kN/m
环梁径向合力设计值 $N_{h,Ed} = n_{\phi h} E_d n_{\phi h} \gamma_m P_{nh}$	2072.14	kN/m
$M_{vc,Ed} = n_{vc} E_d n_{vc} \gamma_m P_{nc} \left[(r_{gb} - e_r) \cos \theta_0 + r_{gb} + e_r \right] + n_{vc} E_d n_{vc} \gamma_m P_{nc} (r_{gb} - e_r)$	6352.67	kN · m
$M_{mh,Ed} = n_{\phi h} E_d n_{\phi h} \gamma_m P_{nh} \left[(r_{gb} - e_r) \sin \theta_0 + r_{gb} + e_r \right] + n_{\phi h} E_d n_{\phi h} \gamma_m P_{nh} (r_{gb} - e_r)$	9180.04	kN · m
$M_{rc,Ed} = \frac{n_{vc} E_d n_{vc} \gamma_m P_{nc} (r_{gb} - e_r)}{h} \left[(r_{gb} - e_r) (1 - \theta_0 \cot \theta_0) - \frac{r_{gb} \theta_0^2}{3} \right]$	202.16	kN · m

环梁平面内屈服验算

$$\sigma_{ch,Ed} = \frac{N_{vc,Ed}}{A_{ch}} + \frac{M_{vc,Ed}}{W_{y1}} + \frac{M_{mh,Ed}}{W_{y2}} = 270.32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mh,Ed} = \sigma_{ch,Ed} = 270.32 \text{ MPa}$$

$$\text{Ratio1} = \frac{\sigma_{ch,Ed}}{f} = 0.90 \quad \text{EC3-4-1 8.4.2 (3)}$$

环梁平面内屈服验算

$$\sigma_{sp,Ed} = \frac{4 E_s I_y}{A_e t_p^2} = 518.87 \text{ MPa} \quad \text{EC3-4-1 8.3.3 (8.30)}$$

$$\text{Ratio2} = \frac{\sigma_{ch,Ed}}{\sigma_{sp,Ed}} = 0.52 \quad \text{EC3-4-1 8.4.2 (4)}$$

离散支座平面外稳定性验算

$$k_1 = 0.385 + 0.452 \frac{r}{l} = 0.515 \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.3 (8.34)}$$

$$k_2 = 1.154 + \frac{0.566}{r} = 1.201 \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.3 (8.35)}$$

$$n_1 = 0.43 + 0.1 \left(\frac{r}{200} \right)^2 = 0.466 \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.3 (8.36)}$$

$$n_2 = 0.5 \left(\frac{t_c}{f_p} \right)^2 + 0.5 \left(\frac{t_h}{f_p} \right)^2 + 0.5 \left(\frac{t_s}{f_p} \right)^2 = 0.314 \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.3 (8.37)}$$

$$k = \frac{n_1 k_1 + n_2 k_2}{n_1 + n_2} = 0.792 \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.3 (8.33)}$$

$$\sigma_{op,Rd} = k E_s \left(\frac{t_p}{\beta} \right) = 1043.567 \text{ MPa} \quad \text{EC3-4-1 8.3.4.4 (8.38)}$$

$$\text{Ratio3} = \frac{\sigma_{ch,Ed}}{\sigma_{op,Rd}} = 0.26 \quad \text{EC3-4-1 8.4.2 (6)}$$

5.2.4 正载锥壳仓顶的上、下环梁应按下列规定计算：

- 1 上环梁应按压、弯、扭构件进行强度和稳定计算。在径向水平推力作用下，上环梁的稳定计算可按本规范第 5.4.4 条第 1 款规定执行。
- 2 下环梁应按拉、弯、扭构件进行强度计算。
- 3 下环梁计算可不与其相连的仓壁共同工作。

5.4.4 环梁按承载能力极限状态设计时，应进行下列计算：

- 1 在水平荷载 $N_m \cos \alpha$ 作用下，环梁的稳定性按下式计算：

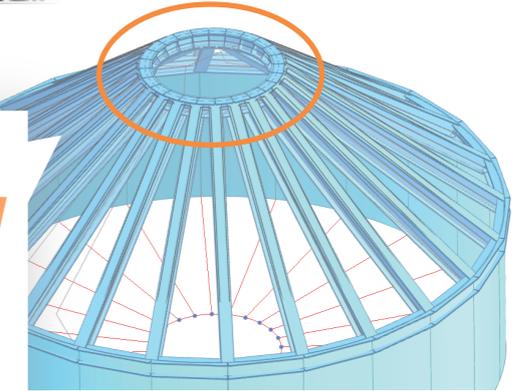
$$N_m \cos \alpha \leq N_{cr} = 0.6 E I_y / r^3 \quad (5.4.4)$$

式中： N_m ——漏斗壁传来的径向拉力(N)；

I_y ——环梁截面的惯性矩(mm⁴)；

r ——环梁的半径(mm)；

N_{cr} ——单位长度环梁的临界径向压力值(N)。



2.1 计算参数

编号	参数项	值	单位	编号	参数项	值	单位
1	环梁半径 r	500	mm	4	环梁截面型号	HW100X100	-
2	环梁截面惯性矩 I_y	1340000	mm ⁴	5	仓顶角度 α	34	度
3	环梁周长 U	3142	mm	6	弹性模量 E_s	205000	Mpa

2.2 环梁周向压力统计

组合号	组合	N	M	Q	备注
1	1.30(恒载)+1.50(屋面活)	7.44	24	47.31	$\frac{Q}{U} = \frac{N + M \cdot \cos \alpha}{U}$
2	1.30(恒载)+1.50(屋面活)	7.44	24	47.31	
3	1.30(恒载)+1.50(活)	1.03	24	6.54	
4	1.30(恒载)+1.05(活)+1.50(屋面活)	7.43	24	47.24	
5	1.30(恒载)+1.50(活)+1.05(屋面活)	5.51	24	35.01	
6	1.30(恒载)+1.05(活)+1.50(屋面活)	7.43	24	47.24	
7	1.30(恒载)+1.50(活)+1.05(屋面活)	5.51	24	35.01	

2.3 环梁周向压力稳定性验算

组合号	组合	Q	N_{cr}	$\text{Ratio} = \frac{Q}{N_{cr}}$	备注
1	1.30(恒载)+1.50(屋面活)	47.31	1318	0.04	$N_{cr} = \frac{0.6 E_s I_y}{r^3}$
2	1.30(恒载)+1.50(屋面活)	47.31	1318	0.04	
3	1.30(恒载)+1.50(活)	6.54	1318	0.00	
4	1.30(恒载)+1.05(活)+1.50(屋面活)	47.24	1318	0.04	
5	1.30(恒载)+1.50(活)+1.05(屋面活)	35.01	1318	0.03	
6	1.30(恒载)+1.05(活)+1.50(屋面活)	47.24	1318	0.04	
7	1.30(恒载)+1.50(活)+1.05(屋面活)	35.01	1318	0.03	

Q(kN/m)：环梁等效周向压力

N_{cr} (kN/m)：环梁临界径向压力值