

1. 范围

为确保管板的设计厚度能承受蒸发器内的最高工作压力,本报告对管板进行了应力分析。为了保证管板的安全功能,需对管板在各种工况下承受静载荷进行计算。按 JB4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认)对管板进行应力分析与评定。

报告的主要内容包括:

管板在设计工况下(壳程)的应力计算与评定。

管板在设计工况下(管程)的应力计算与评定。

管板在正常工况下的应力计算与评定。

管板在试验工况下(壳程)的应力计算与评定。

管板在试验工况下(管程)的应力计算与评定。

2. 标准和规范

✦ TSG R0004-2009 固定式压力容器安全技术监察规程

✦ JB 4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认)

✦ FEA 分析软件采用 Solidworks(R) Premium SP4.0 Simulation

3. 管板的基本结构和材料参数

1) 管板的基本结构。

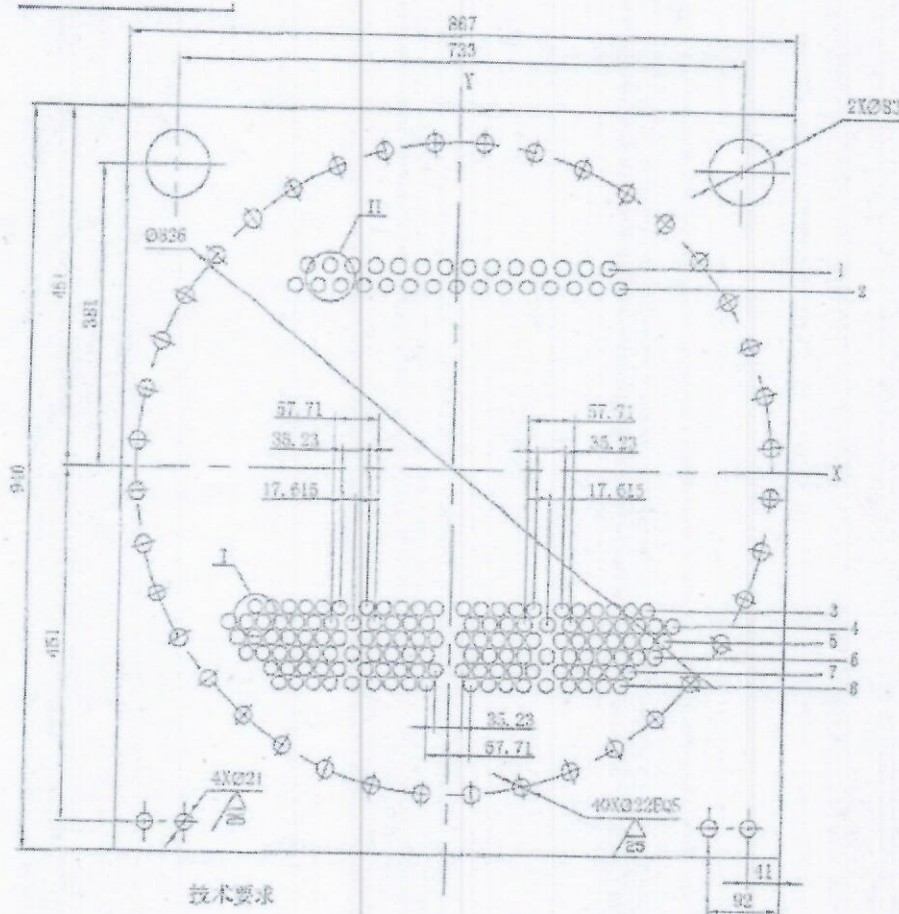


图 3.1 管板的基本结构

管孔定位表

序号	X mm	Y mm	所在行的孔数	两孔间水平距离
1	195.00	258.25	14	30.00
2	210.60	232.00	15	30.00
3	255.15	-175.21	22	22.48
4	288.87	-194.67	24	
5	277.62	-214.15	24	
6	266.40	-233.60	22	
7	232.65	-253.09	20	
8	221.44	-272.54	18	22.48

注：“X”的值表示最右侧换热管孔的中心到Y轴的距离，“Y”的值表示该行换热管孔的中心到X轴的距离。

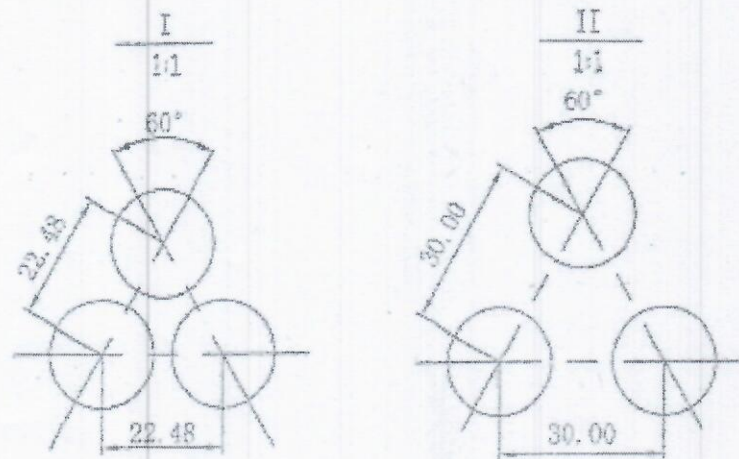
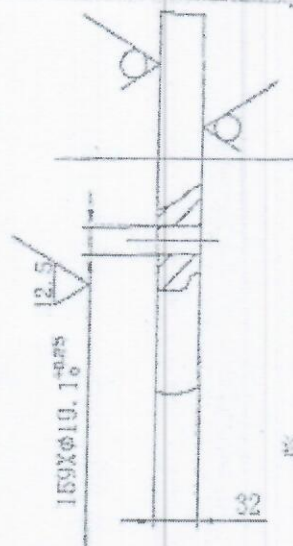


图 3.1 管板的基本结构 (侧视图)

2) 材料参数。

表 3.1 材料力学性能

材料	弹性模量 E (MPa)	泊松比 ν	密度 ρ (t/mm ³)	许用应力 S ^t (MPa)	屈服强度 S _y (MPa)
Q245R (GB713)	200000	0.28	7.850e-9	146	235
TP2 (NB/T 47012-2010)	110000	0.34	8.900e-9	28.75	45

4. 计算工况和载荷

E30-159 管板按下述工况进行计算分析。

1) 设计工况 (壳程)

壳程压力: 1.4MPa

管程压力: 0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

2) 设计工况 (管程)

壳程压力: 0MPa

管程压力: 1.0 MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

3) 正常工况

壳程压力: 1.3MPa

管程压力: 1.0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

4) 试验工况 (壳程)

壳程压力: $1.15 \times 1.4 = 1.61\text{MPa}$

管程压力: 0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

5) 试验工况 (管程)

壳程压力: 0MPa

管程压力: $1.25 \times 1.0 = 1.25\text{MPa}$

重力加速度: 9.8m/s^2

5. 应力评定准则

由于各种不同的应力对设备的失效有不同的影响, 在采用分析设计方法进行设计时, 应从产生应力的原因、作用的部位以及对失效影响几个方面对设备的应力进行合理分类, 再按不同的准则来评定, 保证管板在使用期间不发生各种形式的失效。

根据 JB 4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认) 中的规定对管板进行应力评定。管板应力限值见表 5.1。

表 5.1 管板应力强度限值

工况	薄膜应力 P_m	薄膜应力+弯曲应力 $P_t(P_m)+P_b$	一次应力+二次应力 $P_t(P_m)+P_b+Q$
设计工况(壳程)	S	1.5S	3S
设计工况(管程)	S	1.5S	3S
正常工况	S	1.5S	3S
试验工况(壳程)	1.15S	1.725S	3.45S
试验工况(管程)	1.25S	1.875S	3.75S

6. 计算方法

采用有限元分析软件 Solidworks(R) Premium SP4.0 Simulation 进行静力分析。

7. 应力计算结果

1) 模型描述

管板采用厚壁壳单元建模,筒体和换热管采用薄壁壳单元建模。对模型施加方向向上的加速度来模拟设备自重作用,加速度大小为 9.8m/s^2 。换热管都按最小壁厚建模。换热管与管板的连接方式为胀接,在模型中换热管与管板连接处作刚性连接处理。筒体与管板焊接处同样作为刚性连接处理。

管板和筒体的材料属性定义为 Q245R, 换热管的材料属性定义为铜 TP2。

在分析中考虑换热管和筒体提供主要的挠曲阻力,对换热管和筒体距管板的远端处施加固定约束,管板的底面施加固定约束。具体模型如图 7.1 和 7.2。

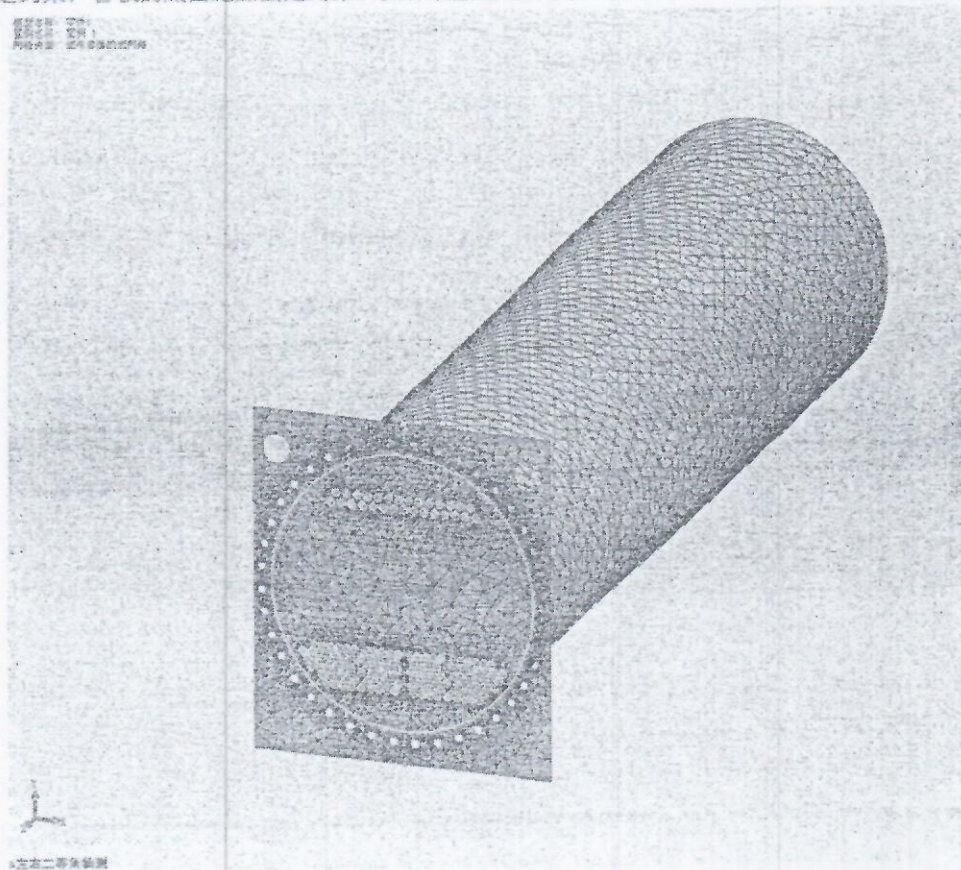


图 7.1 整体模型网格

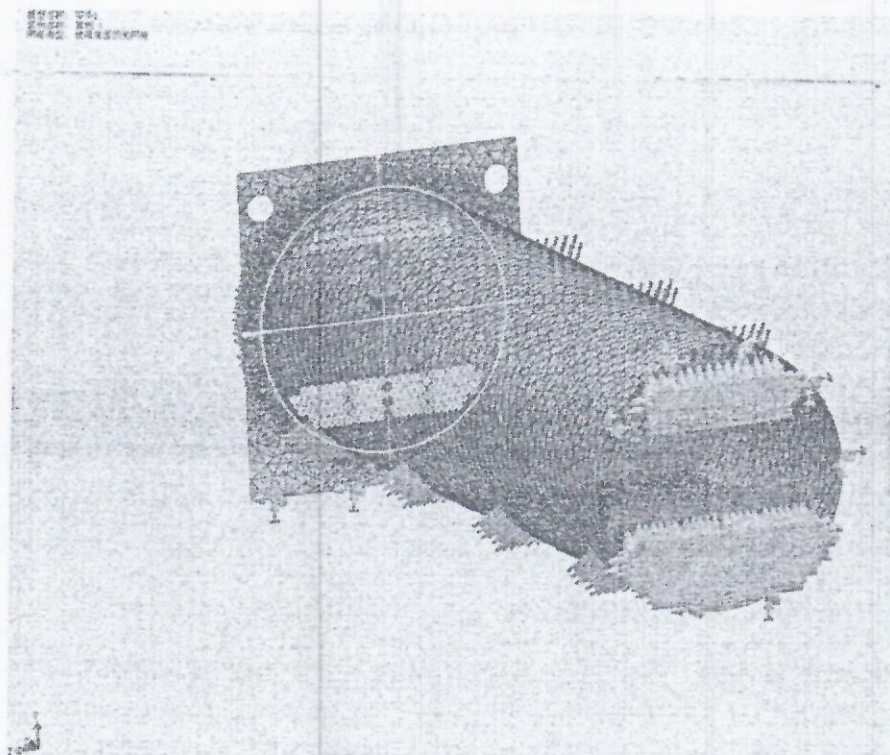


图 7.2 整体模型边界图

2) 设计工况（壳程）应力计算结果

图 7.3~7.5 给出了管板应力云图。

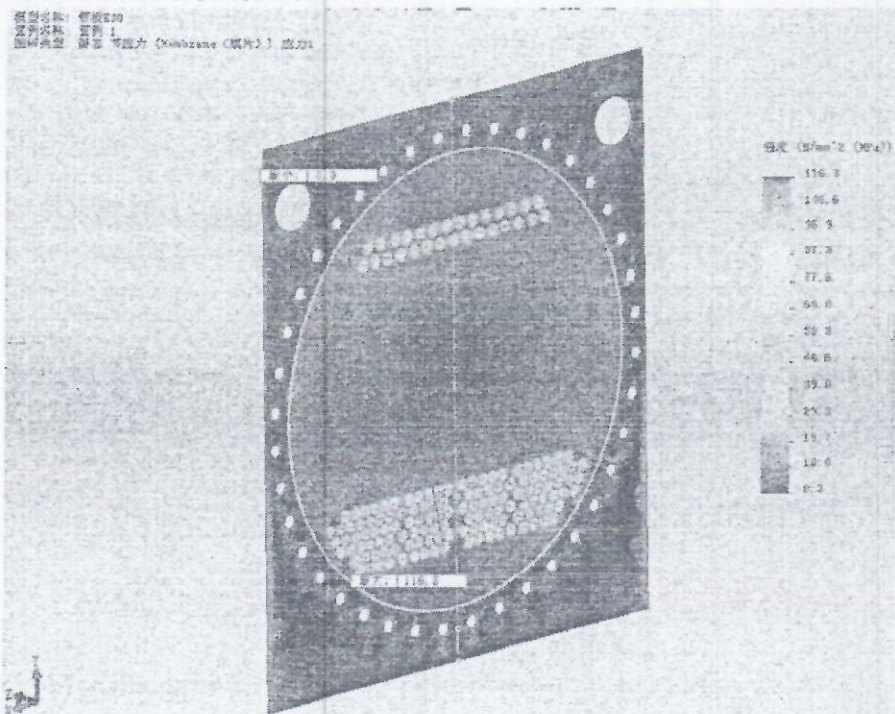


图 7.3 设计工况（壳程）下管板模型薄膜应力云图

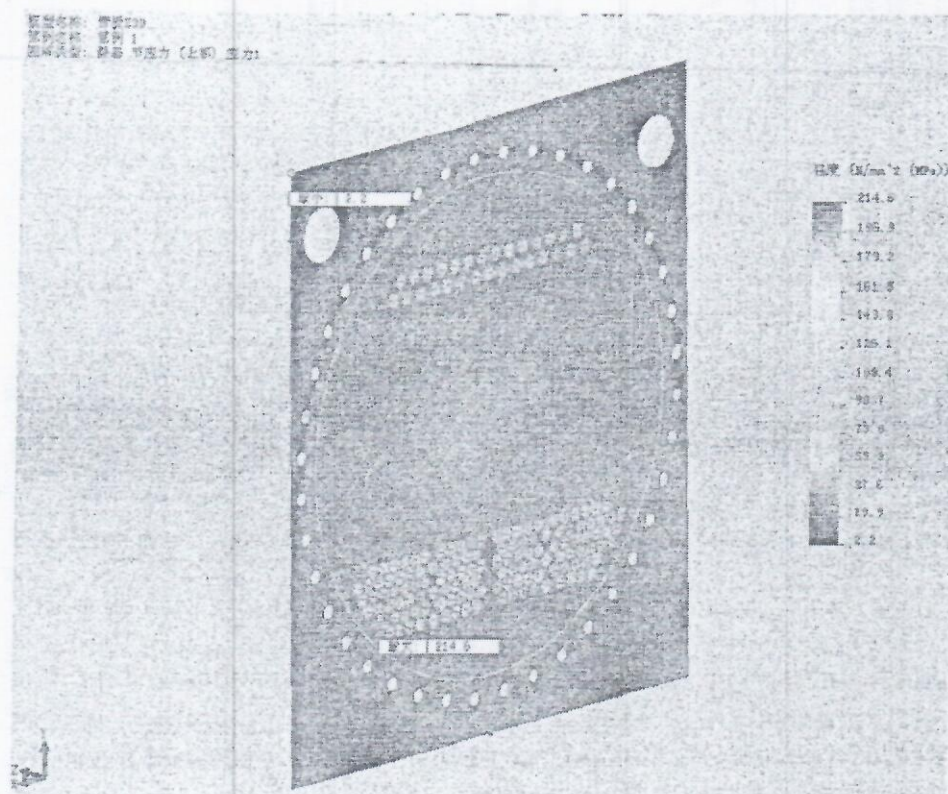


图 7.4 设计工况 (壳程) 下管板模型薄膜+弯曲应力云图

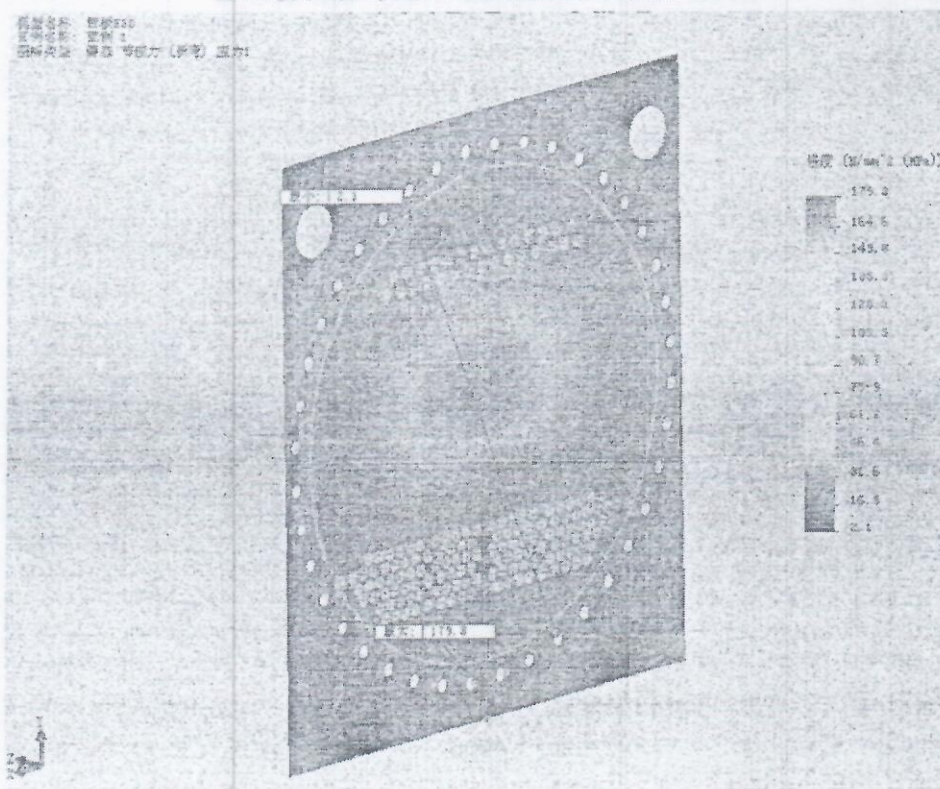


图 7.5 设计工况 (壳程) 下管板模型二次应力云图

3) 设计工况（管程）应力计算结果

图 7.6~7.8 给出了管板应力云图。

模型名称: 管板230
模型名称: 管板230
模型类型: 膜型 管压力 (Membrane (管片)) 应力1

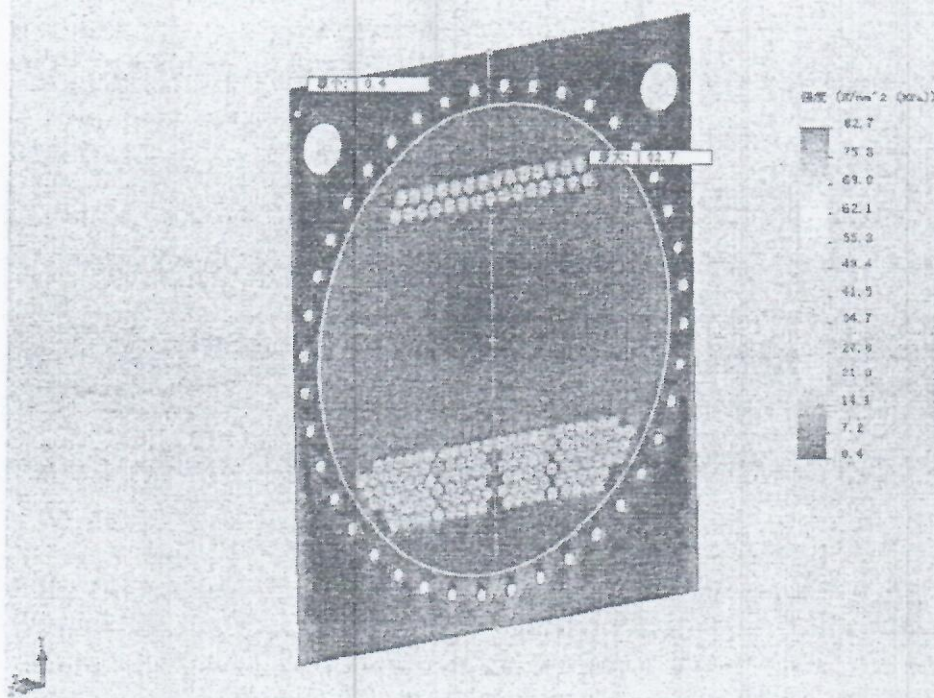


图 7.6 设计工况（管程）下管板模型薄膜应力云图

模型名称: 管板230
模型名称: 管板230
模型类型: 膜型 管压力 (上壳) 应力1

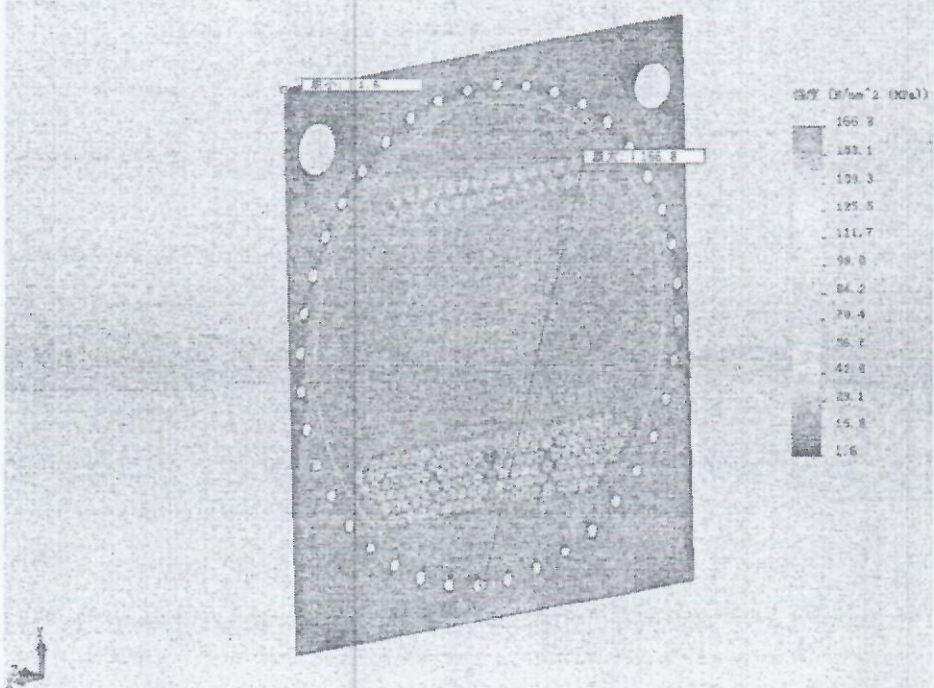


图 7.7 设计工况（管程）下管板模型薄膜+弯曲应力云图

模型名称: 管板236
 分析名称: 应力1
 结果类型: 静力 应力 (静力) 应力1

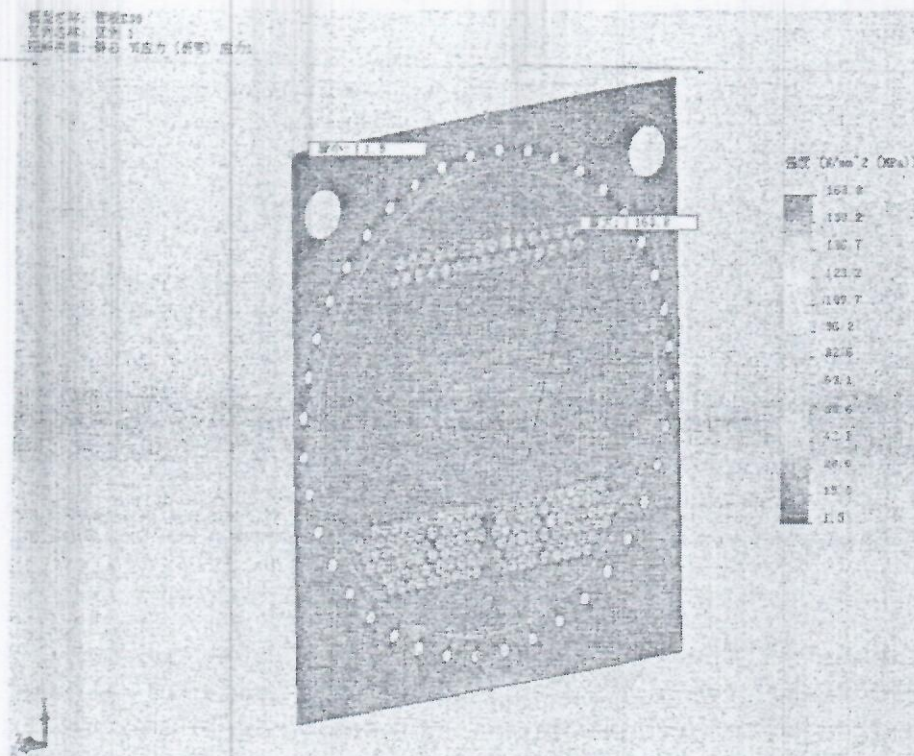


图 7.8 设计工况 (管程) 下管板模型二次应力云图

4) 正常工况应力计算结果

图 7.9~7.11 给出了管板应力云图。

模型名称: 管板236
 分析名称: 应力1
 结果类型: 静力 应力 (Membrane (膜片)) 应力1

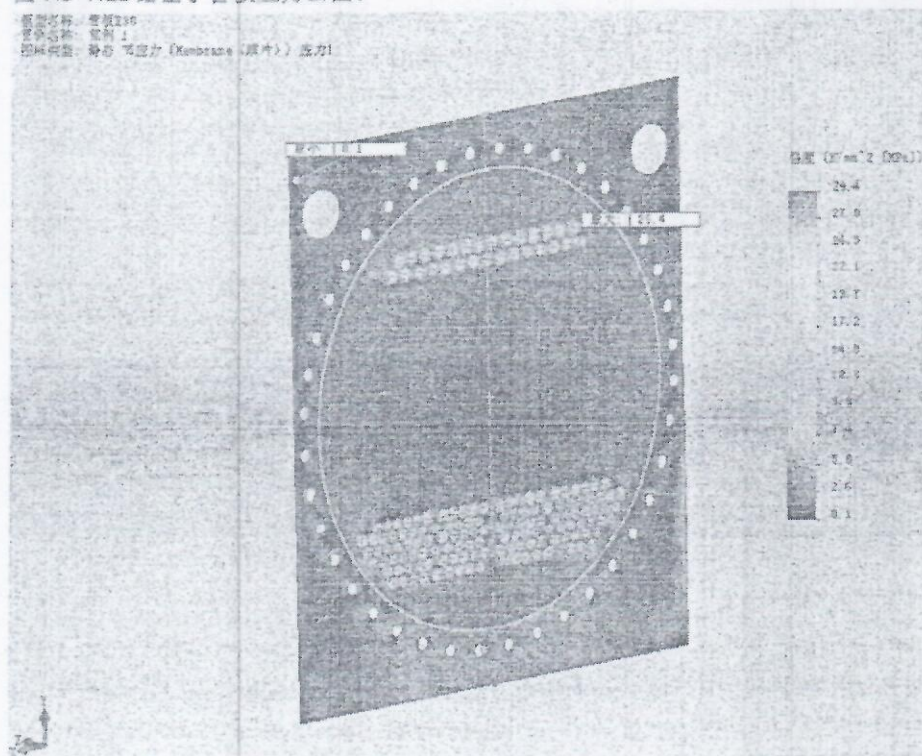


图 7.9 正常工况下管板模型薄膜应力云图

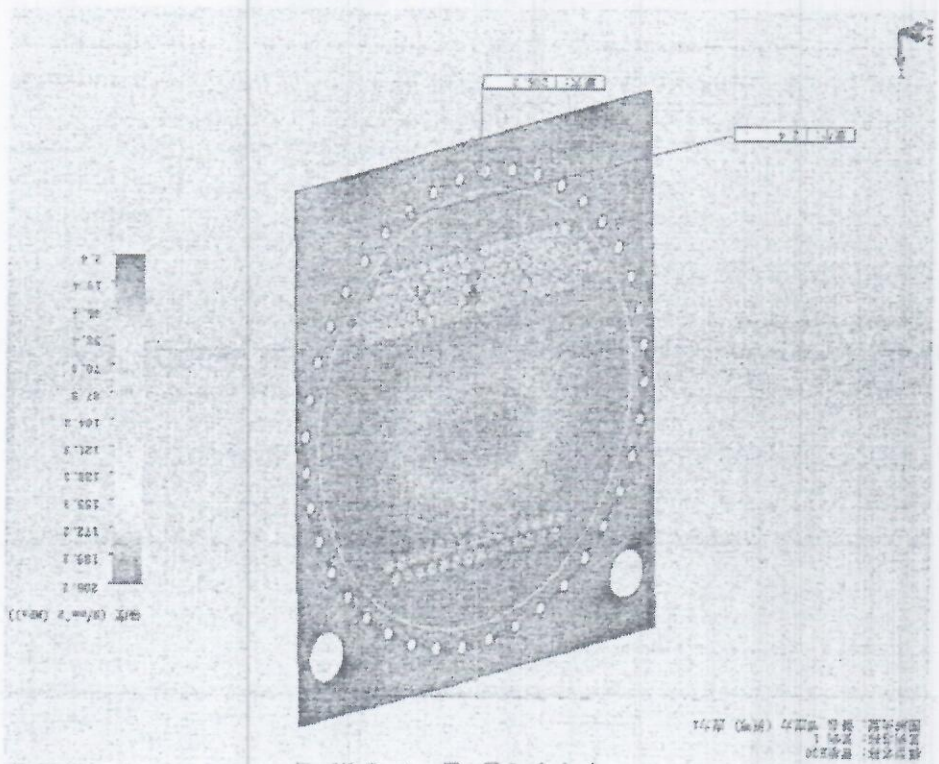
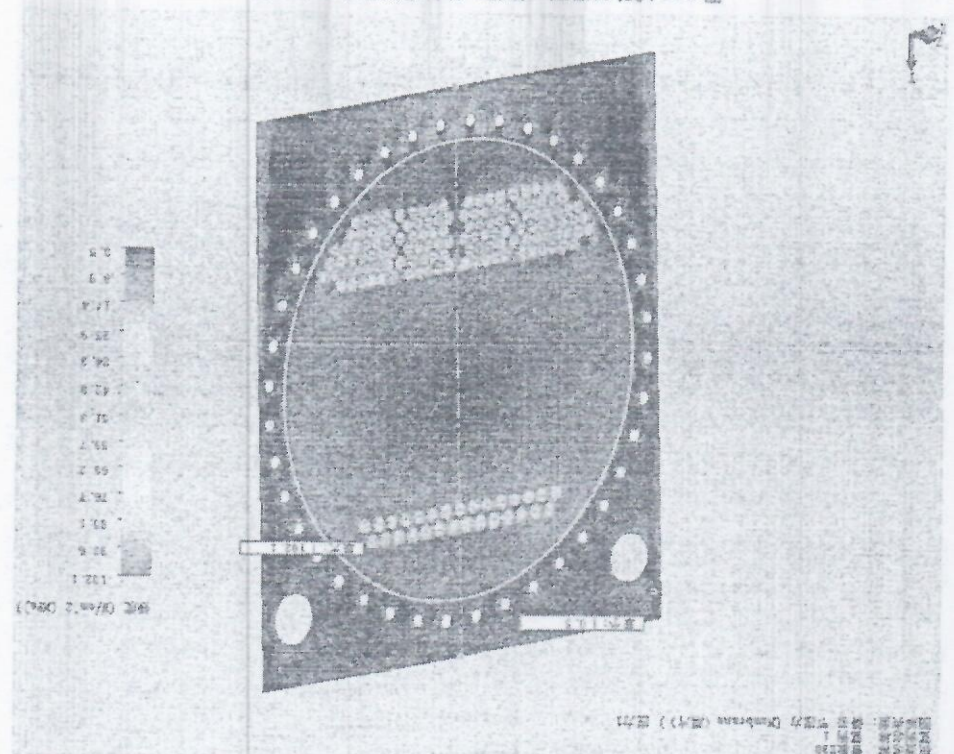


图7.14 试验工况下(壳程)管板模型二次应力云图

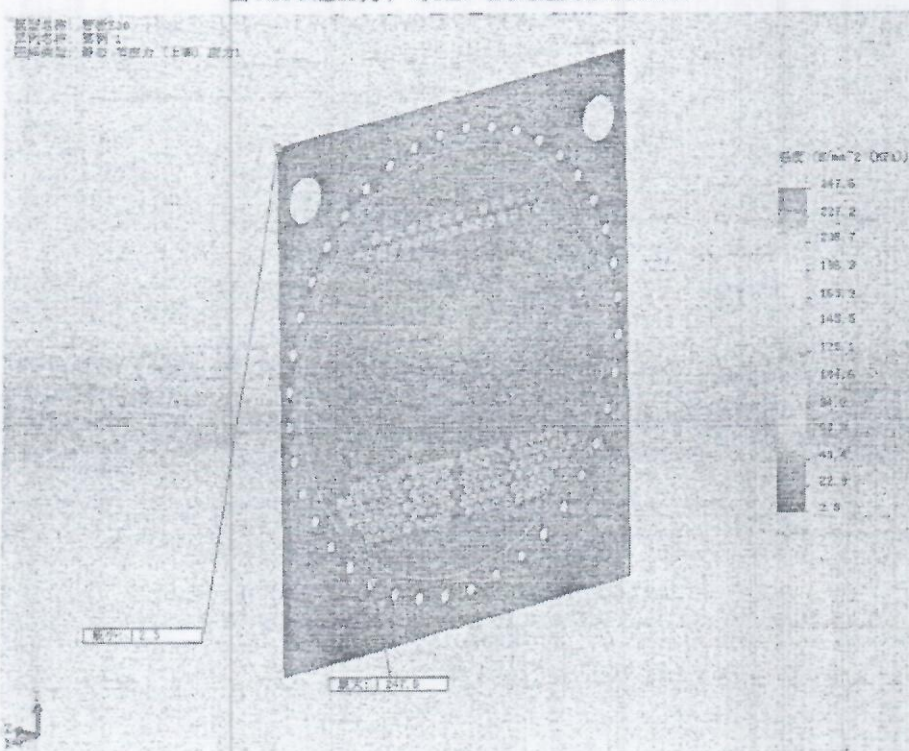
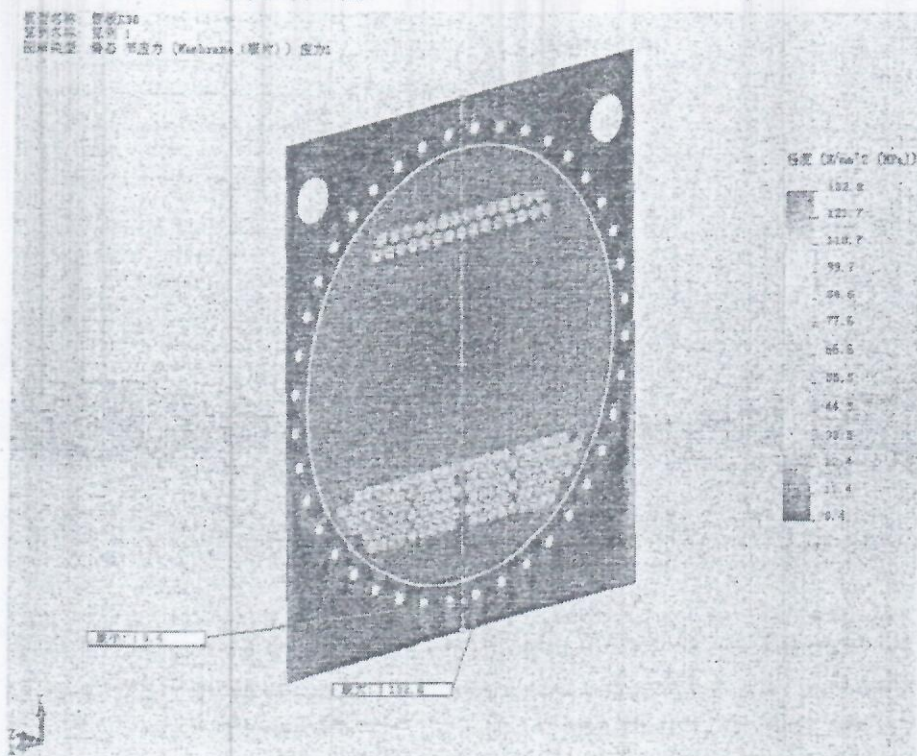
6) 试验工况(管程)应力计算结果

图7.15~7.17 给出了管板应力云图。

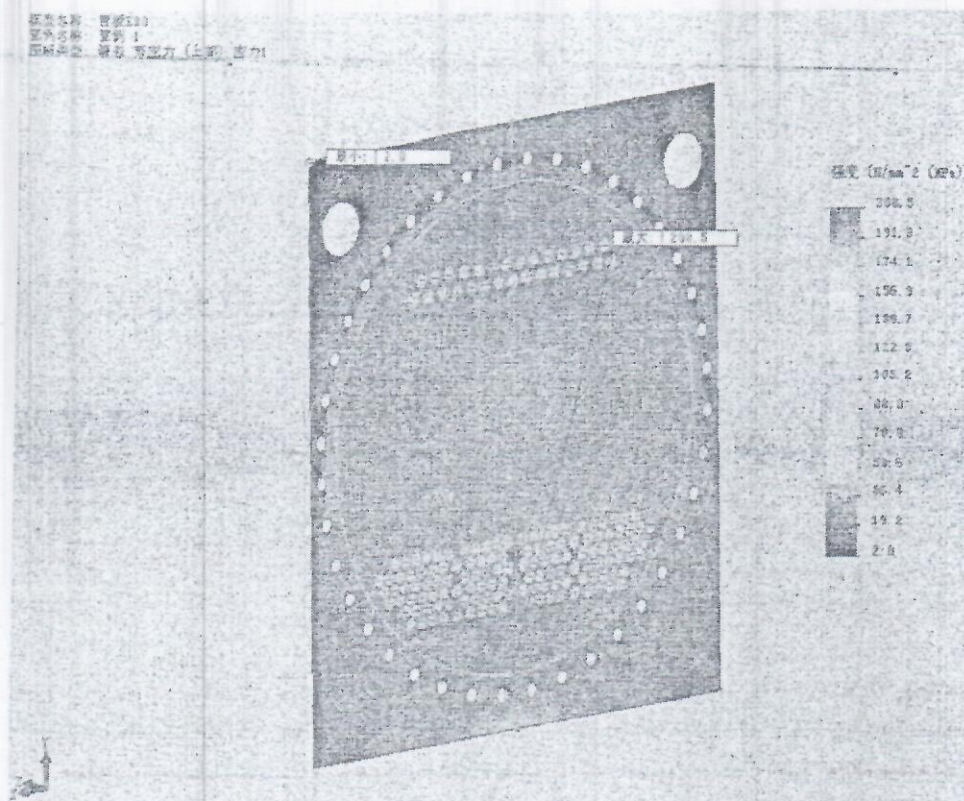


5) 试验工况（壳程）应力计算结果

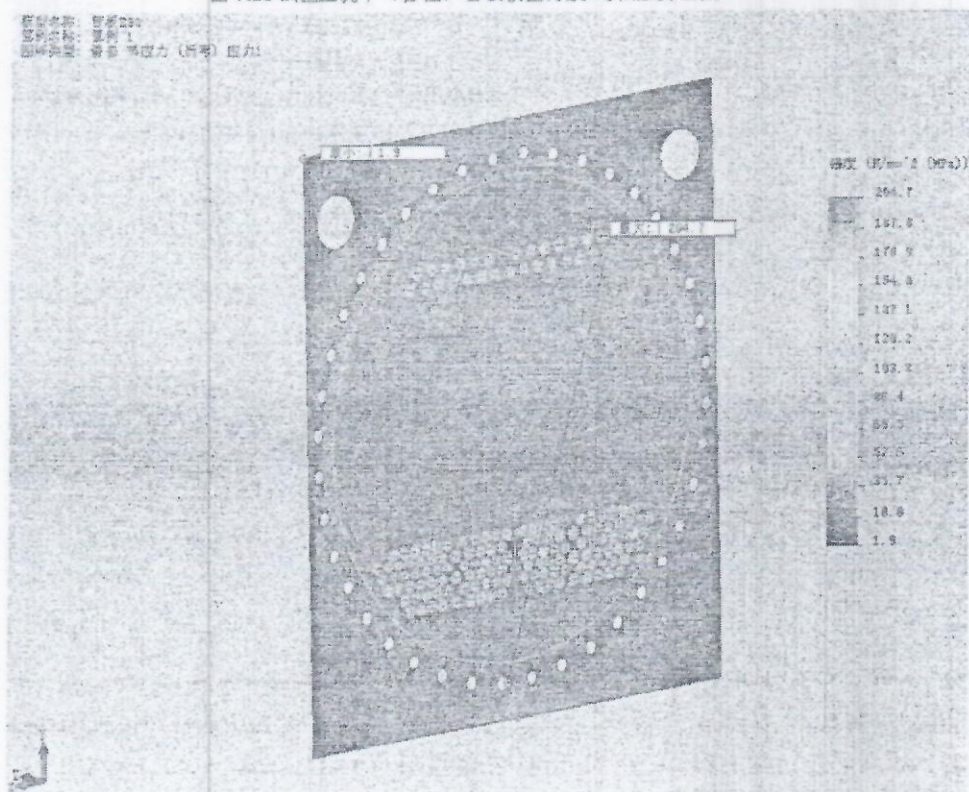
图 7.12~7.14 给出了管板应力云图。



模型名称: 管板310
 显示名称: 管板 1
 图例类型: 颜色 弯应力 (主应, 应力)



模型名称: 管板310
 显示名称: 管板 1
 图例类型: 颜色 二次应力 (所示) 应力



8. 应力结果评定

1) 设计工况（壳程）应力结果评定

设计工况（壳程）载荷组合为设计压力+自重。

$$(P_m)_{\max}=116.3\text{MPa}<S=146\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b)_{\max}=214.6\text{MPa}<1.5S=219\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b+Q)_{\max}=214.6+179.3\text{MPa}=393.9\text{MPa}<3S=438\text{MPa}$$

2) 设计工况（管程）应力结果评定

设计工况（管程）载荷组合为设计压力+自重。

$$(P_m)_{\max}=82.7\text{MPa}<S=146\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b)_{\max}=166.8\text{MPa}<1.5S=219\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b+Q)_{\max}=166.8+163.8\text{MPa}=330.6\text{MPa}<3S=438\text{MPa}$$

3) 正常工况应力结果评定

正常工况载荷组合为设计压力+自重。

$$(P_m)_{\max}=29.4\text{MPa}<S=146\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b)_{\max}=76.2\text{MPa}<1.5S=219\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b+Q)_{\max}=76.2+77.4\text{MPa}=153.6\text{MPa}<3S=438\text{MPa}$$

4) 试验工况（壳程）应力结果评定

试验工况（壳程）载荷组合为设计压力+自重。

$$(P_m)_{\max}=132.8\text{MPa}<1.15S=167.9\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b)_{\max}=247.6\text{MPa}<1.725S=251.85\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b+Q)_{\max}=247.6+206.2\text{MPa}=453.8\text{MPa}<3.45S=503.7\text{MPa}$$

5) 试验工况（管程）应力结果评定

试验工况（管程）载荷组合为设计压力+自重。

$$(P_m)_{\max}=102.1\text{MPa}<1.25S=182.5\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b)_{\max}=208.5\text{MPa}<1.875S=273.75\text{MPa}$$

$$(P_L+P_b+Q)_{\max}=208.5+204.7\text{MPa}=413.2\text{MPa}<3.75S=547.5\text{MPa}$$

9. 结论

应力评定的结果表明：E30-159 管板承受各种工况载荷时的应力均能满足分析设计标准 JB 4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》（2005 年确认）的要求。

McQuay

E30-333 管板 应力分析报告

麦克维尔空调制冷（武汉）有限公司

周折

2013/8/12

目录

1. 范围	2
2. 标准和规范	2
3. 管板的基本结构和材料参数	2
4. 计算工况和载荷	4
5. 应力评定准则	4
6. 计算方法	5
7. 应力计算结果	5
8. 应力结果评定	14
9. 结论	14

1. 范围

为确保管板的设计厚度能承受蒸发器内的最高工作压力,本报告对管板进行了应力分析。为了保证管板的安全功能,需对管板在各种工况下承受静载荷进行计算。按 JB4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认)对管板进行应力分析与评定。

报告的主要内容包括:

管板在设计工况下(壳程)的应力计算与评定。

管板在设计工况下(管程)的应力计算与评定。

管板在正常工况下的应力计算与评定。

管板在试验工况下(壳程)的应力计算与评定。

管板在试验工况下(管程)的应力计算与评定。

2. 标准和规范

- TSG R0004-2009 固定式压力容器安全技术监察规程
 JB 4732-1995 《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认)
 FEA 分析软件采用 Solidworks(R) Premium SP4.0 Simulation

3. 管板的基本结构和材料参数

1) 管板的基本结构

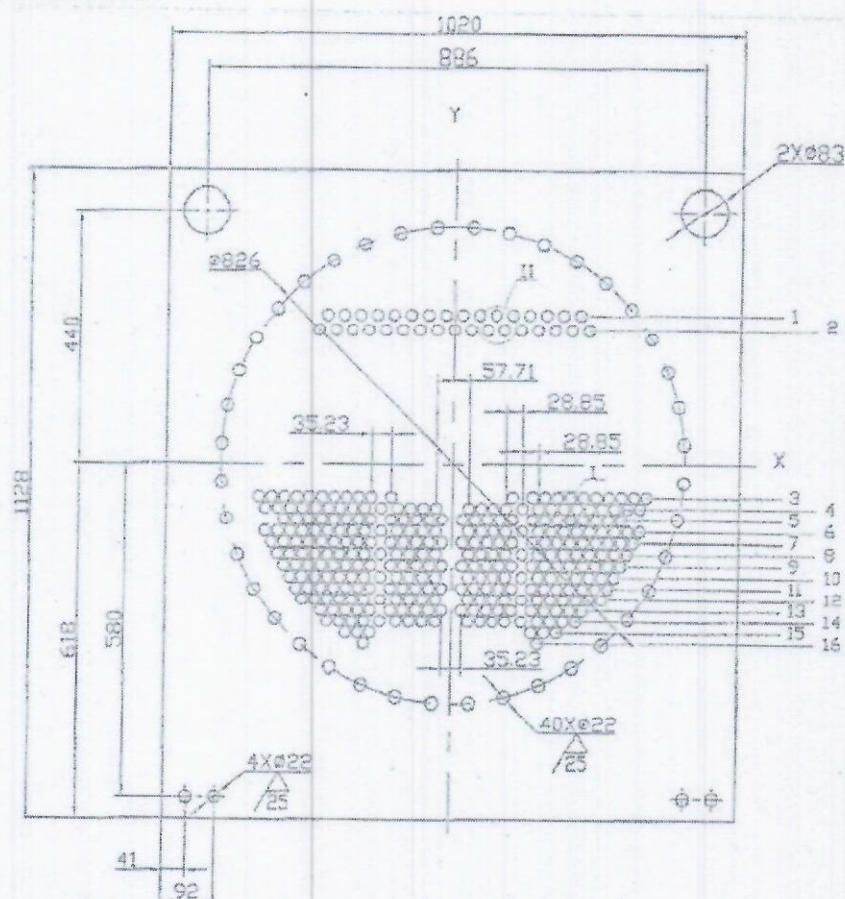


图 3.1 管板的基本结构

管孔定位表

序号	X mm	Y mm	孔数	两孔间 水平距离
1	225.00	258.25	16	22.48
2	240.00	232.00	17	
3	345.06	-58.40	22	
4	333.83	-77.88	28	
5	300.10	-97.33	26	
6	333.83	-116.82	28	
7	322.58	-136.27	28	
8	311.35	-155.73	26	
9	300.10	-175.21	26	
10	288.87	-194.67	24	
11	277.62	-214.15	24	
12	266.40	-233.60	22	
13	232.66	-253.09	20	
14	221.44	-272.54	18	
15	187.71	-292.00	6	
16	154.00	-311.48	2	22.48

注：“X”的值表示最右侧换热管孔的中心到Y轴的距离，
“Y”的值表示该行换热管孔的中心到X轴的距离。

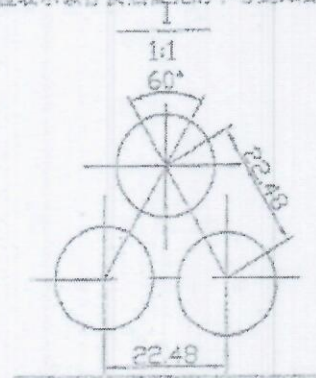
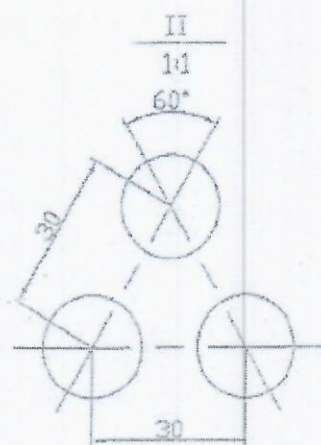
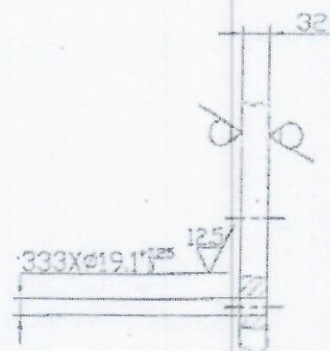


图 3.1 管板的基本结构 (侧视图)

2) 材料参数。

表 3.1 材料力学性能

材料	弹性模量 E (MPa)	泊松比 ν	密度 ρ (t/mm³)	许用应力 S' (MPa)	屈服强度 S _y (MPa)
Q245R (GB713)	200000	0.28	7.850e-9	146	235
TP2 (NB/T 47012-2010)	110000	0.34	8.900e-9	28.75	45

4. 计算工况和载荷

E30-333 管板按下述工况进行计算分析。

1) 设计工况 (壳程)

壳程压力: 1.4MPa

管程压力: 0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

2) 设计工况 (管程)

壳程压力: 0MPa

管程压力: 1.0 MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

3) 正常工况

壳程压力: 1.3MPa

管程压力: 1.0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

4) 试验工况 (壳程)

壳程压力: $1.15 \times 1.4 = 1.61\text{MPa}$

管程压力: 0MPa

重力加速度: 9.8m/s^2

5) 试验工况 (管程)

壳程压力: 0MPa

管程压力: $1.25 \times 1.0 = 1.25\text{MPa}$

重力加速度: 9.8m/s^2

5. 应力评定准则

由于各种不同的应力对设备的失效有不同的影响, 在采用分析设计方法进行设计时, 应从产生应力的原因、作用的部位以及对失效影响几个方面对设备的应力进行合理分类, 再按不同的准则来评定, 保证管板在使用期间不发生各种形式的失效。

根据 JB 4732-1995《钢制压力容器——分析设计标准》(2005 年确认) 中的规定对管板进行应力评定。管板应力限值见表 5.1。

表 5.1 管板应力强度限值

工况	薄膜应力 P_m	薄膜应力+弯曲应力 $P_L(P_m)+P_b$	一次应力+二次应力 $P_L(P_m)+P_b+Q$
设计工况(壳程)	S	1.5S	3S
设计工况(管程)	S	1.5S	3S
正常工况	S	1.5S	3S
试验工况(壳程)	1.15S	1.725S	3.45S
试验工况(管程)	1.25S	1.875S	3.75S

6. 计算方法

采用有限元分析软件 Solidworks(R) Premium SP4.0 Simulation 进行静力分析。

7. 应力计算结果

1) 模型描述

管板采用厚壁壳单元建模,筒体和换热管采用薄壁壳单元建模。对模型施加方向向上的加速度来模拟设备自重作用,加速度大小为 9.8m/s^2 。换热管都按最小壁厚建模。换热管与管板的连接方式为胀接,在模型中换热管与管板连接处作刚性连接处理。筒体与管板焊接处同样作为刚性连接处理。

管板和筒体的材料属性定义为 Q245R, 换热管的材料属性定义为铜 TP2。

在分析中考虑换热管和筒体提供主要的挠曲阻力,对换热管和筒体距管板的远端处施加固定约束,管板的底面施加固定约束。具体模型如图 7.1 和 7.2。

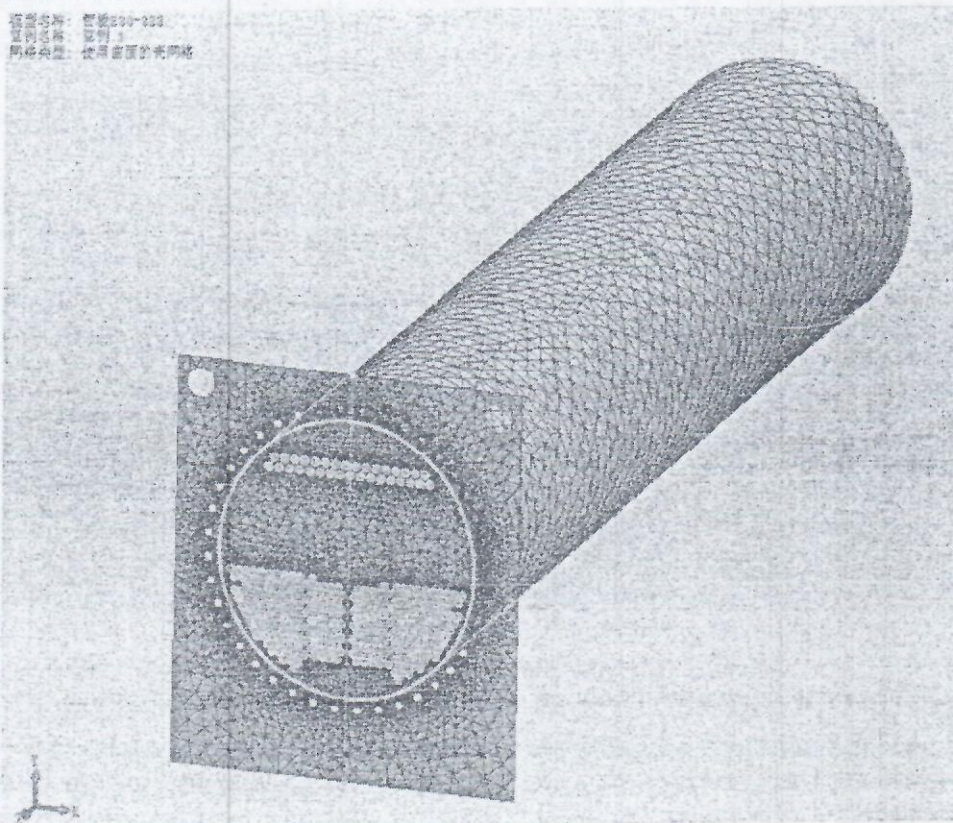


图 7.1 整体模型网格

模型名称: 管板200-200
 设计工况: 壳程 1
 结果类型: 等效 应力 (主应力) 应力

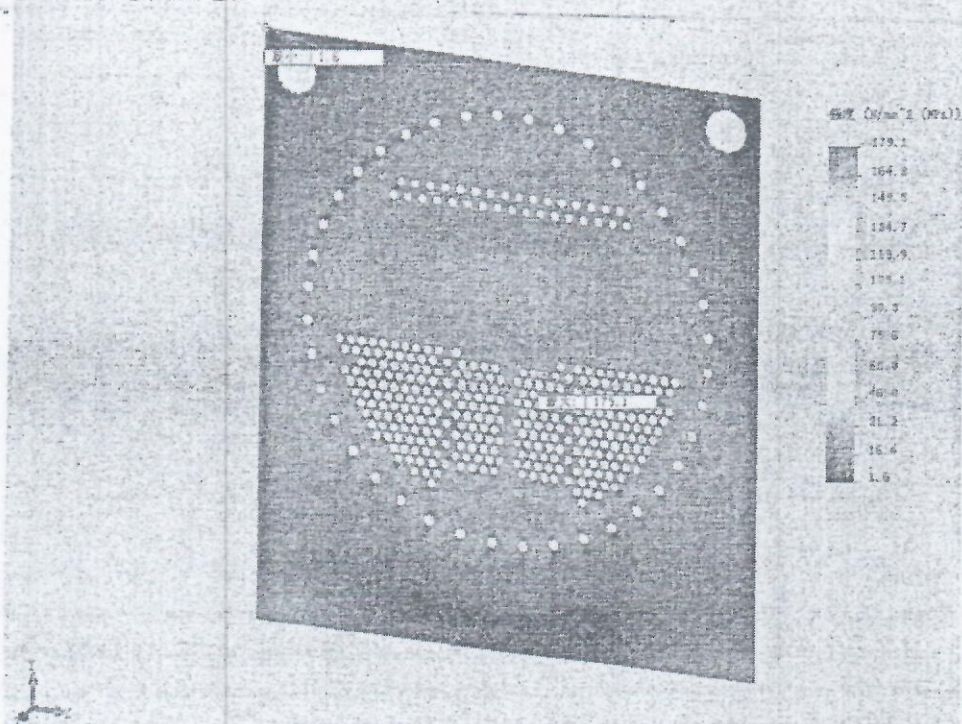


图 7.4 设计工况 (壳程) 下管板模型薄膜+弯曲应力云图

模型名称: 管板200-200
 设计工况: 壳程 1
 结果类型: 等效 应力 (主应力) 应力

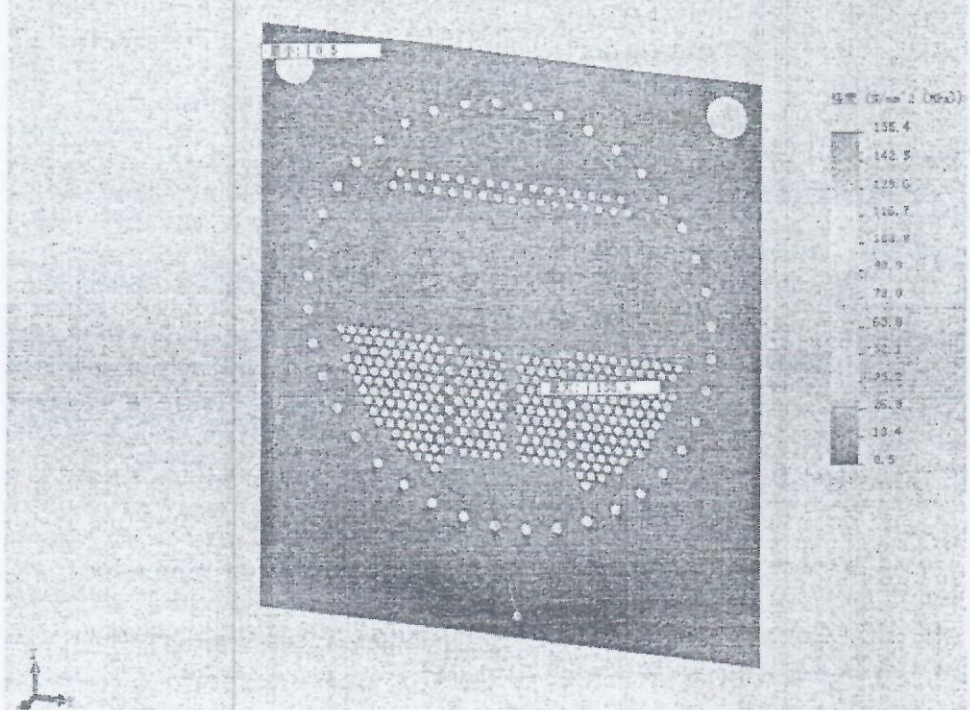
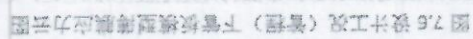


图 7.5 设计工况 (壳程) 下管板模型二次应力云图

图 7.6~7.8 给出了管板应力云图。



模型名称: 管板200-239
 分析结果: 应力
 结果类型: 等效 有效应力 (主应力) 应力1

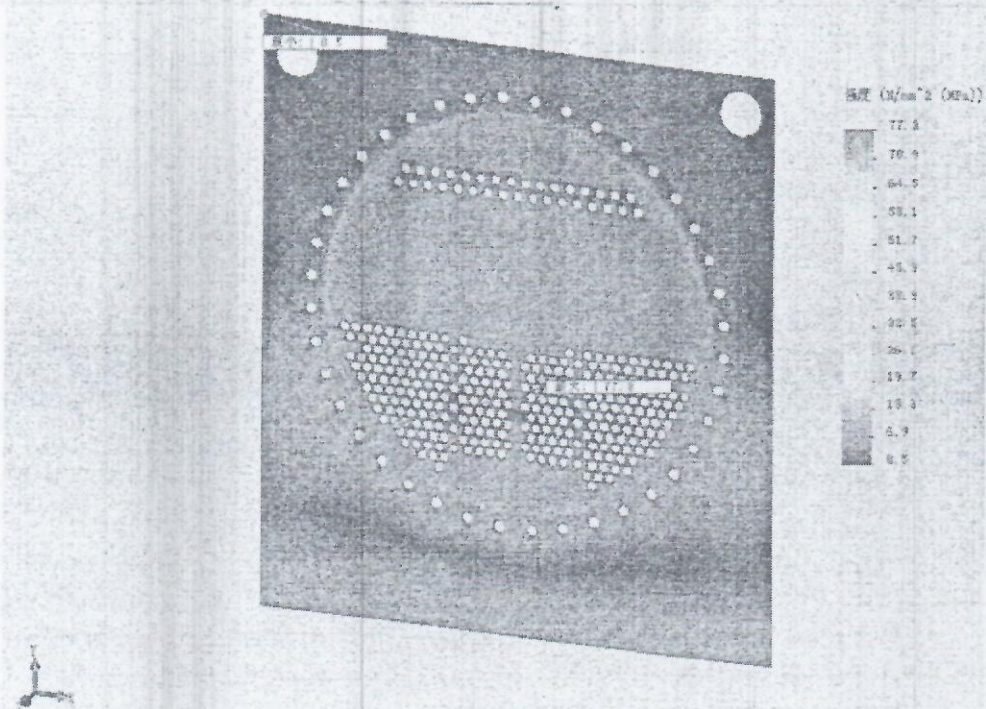


图 7.10 正常工况下管板模型等效+弯曲应力云图

模型名称: 管板200-239
 分析结果: 应力
 结果类型: 等效 有效应力 (主应力) 应力1

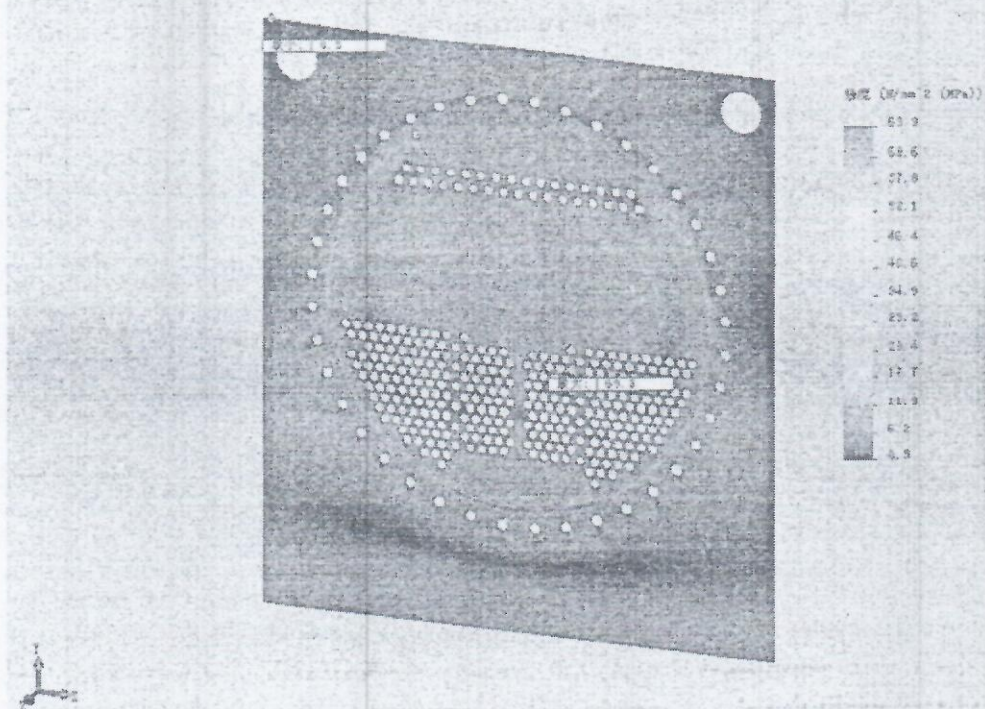


图 7.11 正常工况下管板模型二次应力云图

模型名称: 管板100-010
 比例名称: 比例 1
 图例类型: 等效 应力 (等效) 应力

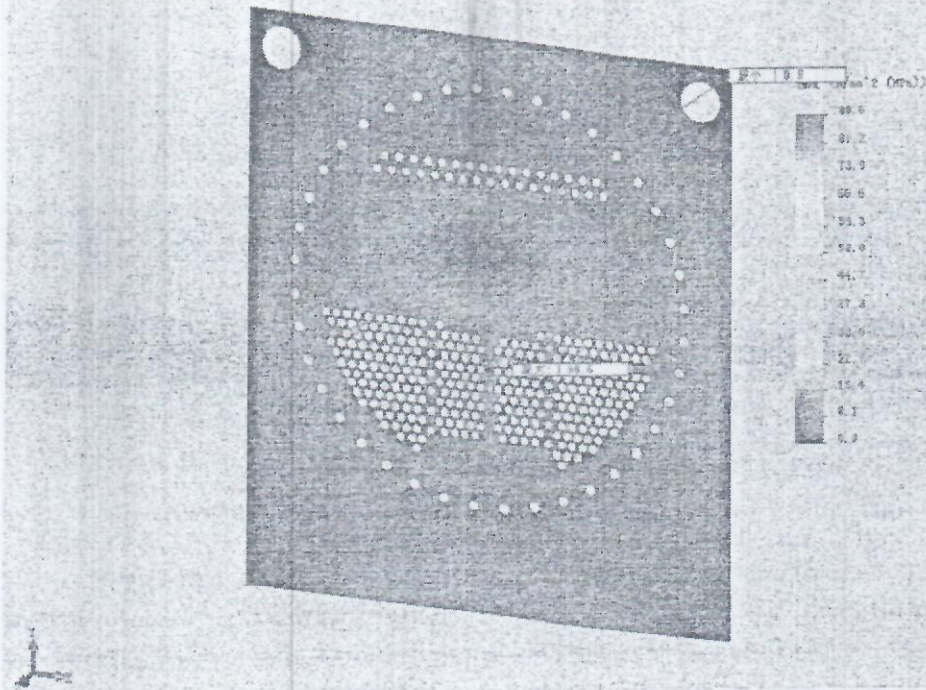


图 7.8 设计工况 (管程) 下管板模型二次应力云图

4) 正常工况应力计算结果

图 7.9~7.11 给出了管板应力云图。

模型名称: 管板100-010
 比例名称: 比例 1
 图例类型: 等效 应力 (Equivalent (RMS)) 应力

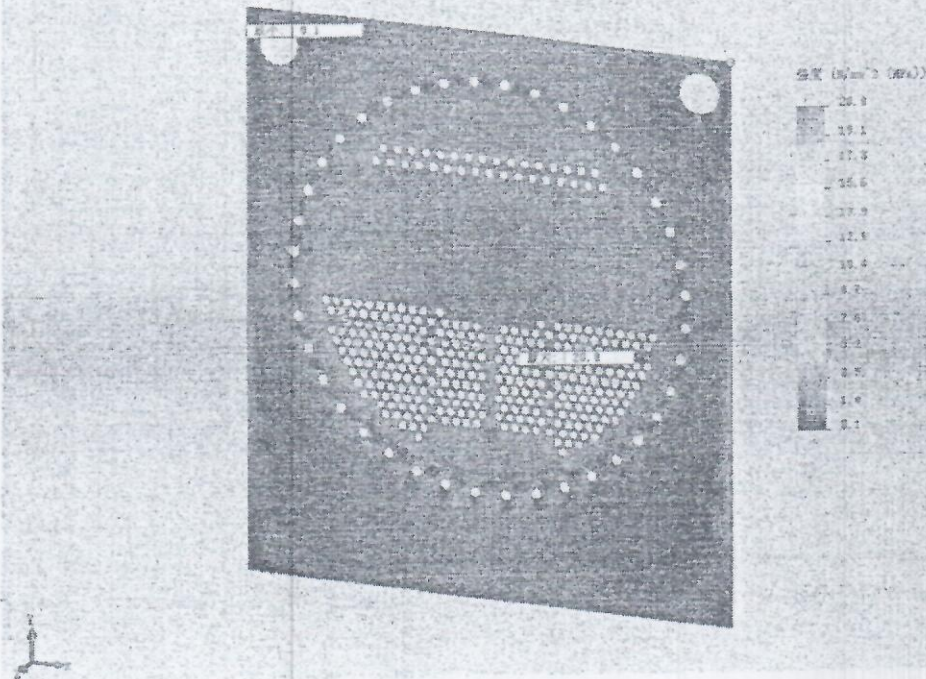


图 7.9 正常工况下管板模型薄膜应力云图

模型名称: 管板200-200
 模型名称: 管板1
 图例类型: 静力: 弯曲应力 (上部) 应力:

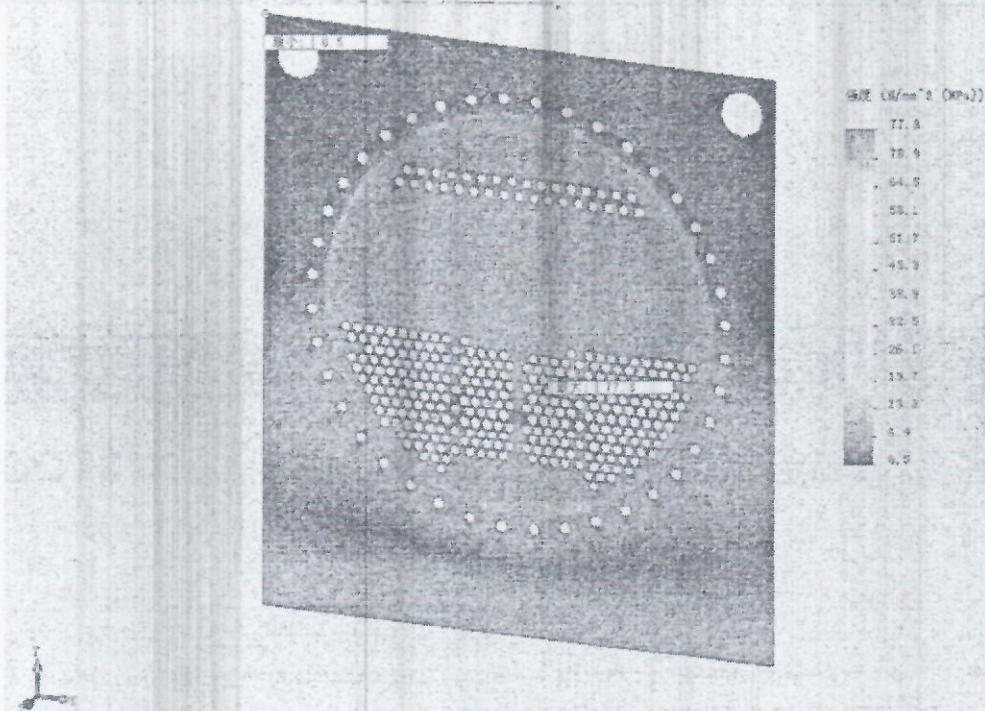


图 7.10 正常工况下管板模型薄膜+弯曲应力云图

模型名称: 管板200-200
 模型名称: 管板1
 图例类型: 静力: 弯曲应力 (下部) 应力:

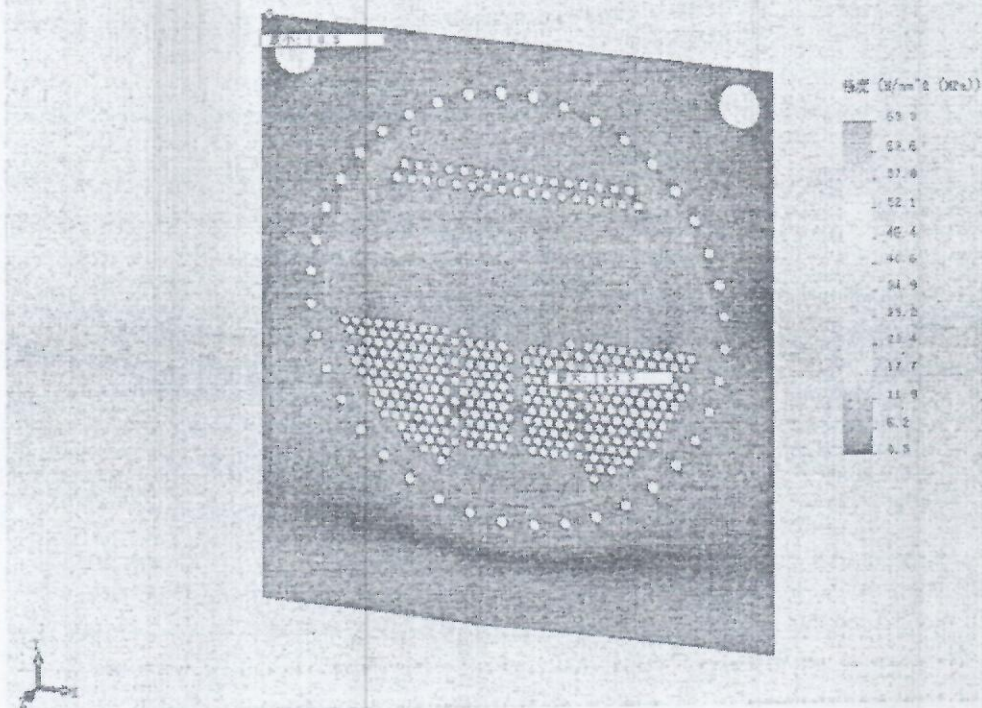
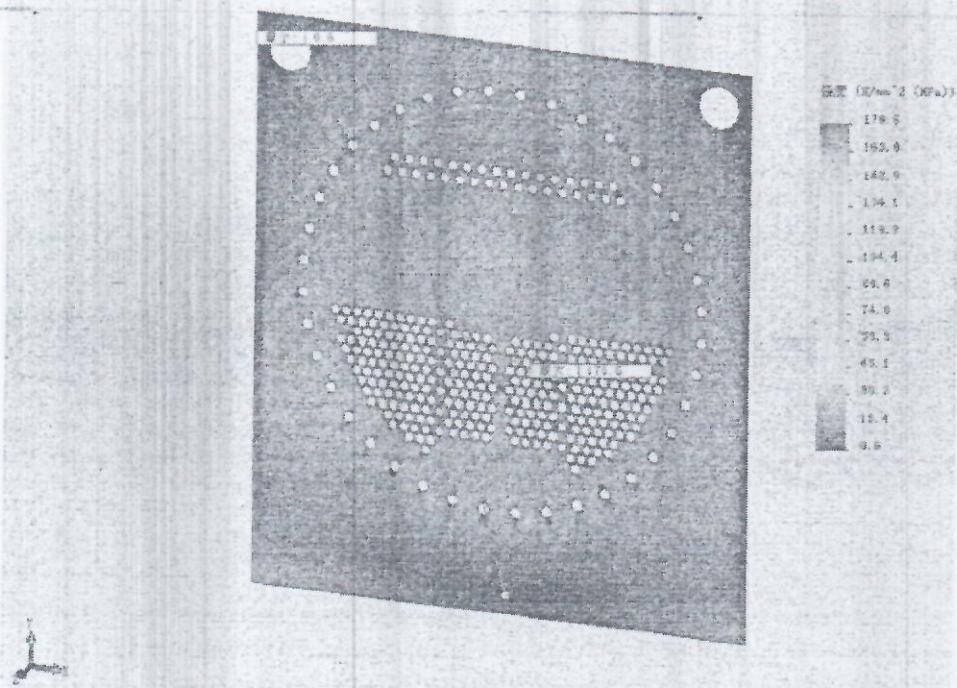


图 7.11 正常工况下管板模型二次应力云图

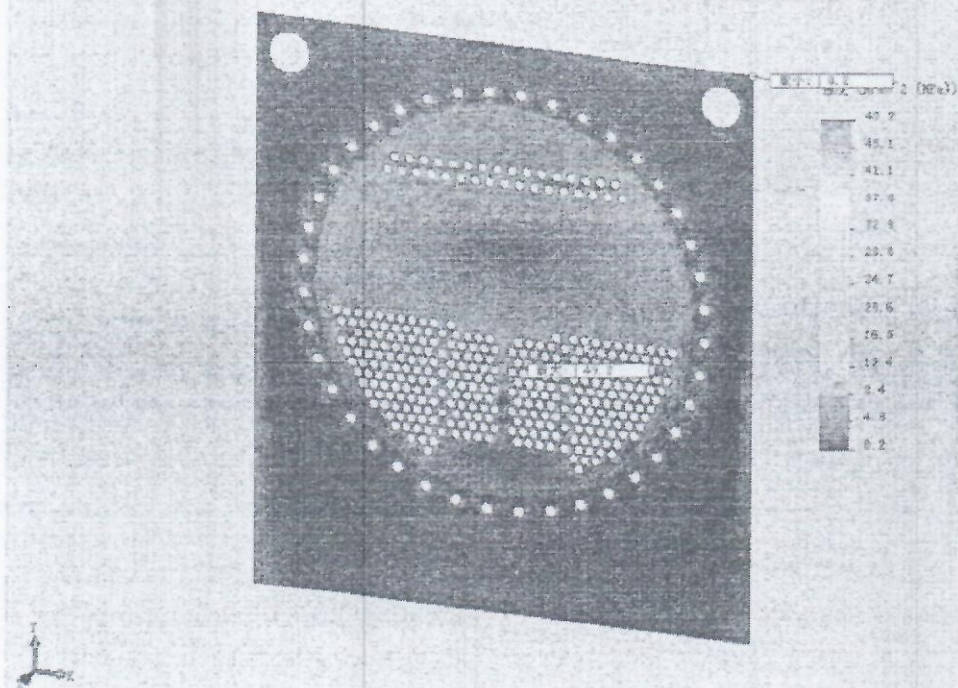
模型名称: 管板130-333
 分析类型: 应力
 图例类型: 颜色: 应力 (所有) 应力1



6) 试验工况 (管程) 应力计算结果

图 7.15~7.17 给出了管板应力云图。

模型名称: 管板130-333
 分析类型: 应力
 图例类型: 颜色: 应力 (管程) 应力1



5) 试验工况（壳程）应力计算结果

图 7.12~7.14 给出了管板应力云图。

