



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3532 - 2005
代替SH 3532 - 1995

石油化工换热设备施工及验收规范

Specification for construction and acceptance of heat-exchange equipment in
petro-chemical engineering

2006-01-17 发布

2006-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 施工准备	2
5.1 换热设备验收	2
5.2 换热设备保管	2
5.3 基础中间交接	2
6 换热设备安装	3
6.1 一般规定	3
6.2 管壳式换热器安装	5
6.3 空冷式换热器安装	5
6.4 板片式换热器安装	5
6.5 板翅式换热器安装	5
7 压力试验	5
7.1 一般规定	5
7.2 液压试验	6
7.3 气压试验	6
7.4 气密性试验	7
8 交工文件	7
附录 A (资料性附录) 典型换热器图例	8
附录 B (资料性附录) 管式换热器结构型式及表示方法	11
附录 C (规范性附录) 换热设备压力试验程序及要求	13
附录 D (资料性附录) 压力试验应力校核	14
附录 E (资料性附录) 换热器冷紧、热紧技术要求	15
用词说明	16
附：条文说明	17

前 言

本规范是根据原国家经贸委《关于下达 2002 年石化行业标准制修订项目计划的通知》(国经贸厅行业[2002]36 号),由中国石化集团第五建设公司对原《石油化工换热设备施工及验收规范》SH 3532 - 1995 进行修订而成。

本规范共分 8 章和 5 个附录。其中附录 A、附录 B、附录 D 和附录 E 为资料性附录,附录 C 为规范性附录。

本规范与《石油化工换热设备施工及验收规范》SH 3532 - 1995 (上一版本)相比,主要变化如下:

- 增加了换热器钢结构基础验收的规定;
- 增加了换热器安装后产品防护的规定;
- 增加了典型换热器图例、管式换热器结构型式及表示方法和换热器热紧、冷紧的技术要求。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由中国石化集团施工规范管理站管理,由中国石化集团第五建设公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石化集团施工规范管理站

通讯地址:天津市大港区世纪大道 180 号

邮政编码:300270

电 话:022 - 63862927/63862301

传 真:022 - 63862301/63863645

主编单位:中国石化集团第五建设公司

通讯地址:兰州市西固区康乐路 35 号

邮政编码:730060

主要起草人:耿西敏 刘新望

本规范于 1995 年首次发布,本次为第一次修订。

石油化工换热设备施工及验收规范

1 范围

本规范规定了换热设备安装的技术要求和质量标准。

本规范适用于石油化工新建、扩建和改建工程中公称压力小于或等于 35 MPa、非直接受火的管式和板式换热设备的施工及验收。检修工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

- GB 150 钢制压力容器
- GB 151 管壳式换热器
- GB/T 15386 空冷式换热器
- GB 16409 板式换热器
- SH3503—2001 石油化工工程建设交工技术文件规定
- SH3505 石油化工施工安全技术规程
- SH3507 石油化工钢结构工程施工及验收规范
- SH3510 石油化工设备混凝土基础工程施工及验收规范
- 质技监局锅发[1999]154号 压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

3.1

换热设备 heat-exchange equipment

通过不同温度流体间的热量交换而实现加热或冷却流体的设备，又称热交换器。

注：换热设备根据传热面形式和结构可分为管式换热器、板式换热器和特种换热器。

3.2

空冷式换热器 air cooler

空冷式换热器是以空气作为管外介质，与管内工艺介质发生热交换而实现管内介质冷却的设备，简称空冷器。

3.3

冷紧 cold-tighten

介质温度低于 - 20 的换热设备在工作温度或规定温度下，对设备连接螺栓进行紧固。

3.4

热紧 heat-tighten

介质温度高于 250 的换热设备在工作温度或规定温度条件下，对设备连接螺栓进行紧固。

4 总则

- 4.1 换热设备施工单位必须取得特种设备安全监察管理部门的许可,且应在开工前以书面形式将所安装换热设备类别、数量和时间告知当地特种设备安全监察管理部门。
- 4.2 换热设备的施工及验收应执行设计文件和本规范的规定。典型换热器图例参见附录A,管式换热器结构型式及表示方法参见附录B。
- 4.3 换热设备施工的安全技术和劳动保护,应执行 SH3505 的有关规定。
- 4.4 换热设备在吊装、运输过程中应进行产品防护,不得碰撞。不锈钢换热设备在搬运、吊装作业时,所使用的碳钢索具不得与不锈钢本体接触。

5 施工准备

5.1 换热设备验收

5.1.1 换热设备应具有符合压力容器安全技术监察规程要求的产品铭牌和注册铭牌及下列技术文件:

- a) 产品竣工图;
- b) 产品质量证明书;
- c) 锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书(未实施监检的产品除外)。

5.1.2 换热设备开箱检验,应按照装箱单和竣工图进行清点验收,有氮气或其他惰性气体密封要求的换热设备还应检查气封的密封情况,并应符合下列规定:

- a) 清点箱数、核对箱号及检查包装情况;
- b) 对照产品铭牌核对产品名称、产品编号、容器类别及监检标记;
- c) 检查接管的规格、方位及数量;
- d) 核对设备备件、附件的规格尺寸、型号及数量;
- e) 检查法兰密封面及表面损伤、变形及锈蚀情况。

5.1.3 换热设备开箱检验,应在建设单位、监理单位、施工单位等参加下进行,检验结果应签字认可。

5.2 换热设备保管

- 5.2.1 换热设备存放应支垫平稳,并应封闭所有管口。
- 5.2.2 不锈钢换热设备的壳体、管束及翅片等不得与碳钢直接接触。
- 5.2.3 采用氮封或其他惰性气体密封的换热设备,应保持气封的压力。
- 5.2.4 脱脂后的设备,应防止油脂等有机物的污染。
- 5.2.5 板式换热设备板片或零部件间的保护材料不得拆除。

5.3 基础中间交接

5.3.1 换热设备安装前,由监理单位组织基础施工单位和设备安装单位进行基础中间交接检验,并在中间交接证书上签字确认。

5.3.2 换热设备基础交出方应提供基础测量报告,并在实物上标识基础标高、中心线和设备位号。

5.3.3 混凝土基础外形尺寸、坐标位置及预埋件的允许偏差应符合表1的规定。外观不得有裂纹等超标缺陷,预埋地脚螺栓的螺纹应无损坏、无锈蚀,且有保护措施。

5.3.4 钢结构基础外形尺寸、坐标位置及安装螺栓孔的允许偏差应符合表2的规定。焊缝不得有裂纹等超标缺陷,支撑面应平整,不得有凹凸现象,安装螺栓孔不得气割扩孔。

表 1 混凝土基础的允许偏差

单位 :mm

项 目		允许偏差值
坐标位置 (纵横中心线)		20
基础顶面标高		0 - 20
外形尺寸		± 20
平面水平度	每米	5
	全长	10
预埋地脚螺栓	顶端标高	+10 0
	中心距	± 2
地脚螺栓预留孔	中心线	10
	深度	0 +20
	孔中心线垂直度	10

表 2 钢结构基础的允许偏差

单位 :mm

项 目		允许偏差值
坐标位置 (纵横中心线)		5
基础顶面标高		± 5
外形尺寸		± 3
平面水平度		2
安装螺栓孔	中心距	2
	孔中心线垂直度	4

5.3.5 混凝土基础滑动端预埋板上表面的标高、外形尺寸、平面水平度应符合表 2 的要求,且表面应光滑平整,不得有挂渣、飞溅及附着物。预埋地脚螺栓应符合表 1 的要求,基础抹面不得高出预埋板的上表面。

6 换热设备安装

6.1 一般规定

6.1.1 换热设备安装前,基础表面应清理干净,并清除预留地脚螺栓孔内的杂物及积水,且应对二次灌浆的基础表面应铲成麻面。

6.1.2 换热设备安装前,应清除设备上的油污、泥土等污物,且应在基础滑动端预埋板上表面涂抹润滑脂,并进行下列检查:

a) 按照设计文件核对设备的管口方位、中心线,必要时计算重心位置;

b) 核对设备地脚螺栓孔与基础预埋螺栓或地脚螺栓预留孔的位置及尺寸。

6.1.3 换热设备的垫铁应布置在靠近地脚螺栓和底座有加强筋部位的下方,且每个地脚螺栓旁边至少有一组垫铁,并应符合下列要求:

- a) 相邻两垫铁组间的距离不大于 500 mm；
- b) 放置垫铁处的混凝土基础表面应铲平，其尺寸宜比垫铁每边大 50 mm；
- c) 垫铁与基础接合面应均匀接触，接触面积应不小于 70%。
- 6.1.4 使用斜垫铁与平垫铁调平时，每一组垫铁应放置平稳，接触均匀，垫铁组应超过设备地脚螺栓的中心。设备调平后，每组垫铁均应压紧，并用手锤逐个锤击听音检查，灌浆前垫铁之间进行定位焊，且应符合下列要求：

- a) 斜垫铁应对使用，其搭接长度不小于全长的 3/4；
- b) 垫铁组高度宜为 30 mm ~ 70 mm，每组垫铁块数不宜超过四块；
- c) 垫铁端面露出设备底板外缘的长度宜为 10 mm ~ 30 mm。

6.1.5 预留孔地脚螺栓安装时，地脚螺栓上的油污和氧化皮等应清理干净，螺纹部分应涂油脂保护。地脚螺栓在预留孔中应垂直，任一部位离孔壁的距离均应大于 15 mm，底端不应碰孔底，螺栓应露出螺母，其露出长度不小于 2 个螺距。

拧紧地脚螺栓应在预留孔中的混凝土达到设计强度后进行。

6.1.6 换热设备安装，应按基础的安装基准线与设备上对应的基准点进行找正、找平，其允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 换热设备安装允许偏差

单位 mm

检查项目	允许偏差值		
	立 式	卧 式	
标 高	± 5	± 5	
铅垂度	$H/1000$	—	
水平度	—	轴向	$L/1000$
		径向	$2D_o/1000$
中心线位置	± 5	± 5	
注 1：H 为立式设备壳体两端测点距离。			
注 2：L 为卧式设备壳体两端测点距离。			
注 3：D _o 为测点处设备的外径。			

- 6.1.7 换热设备找正、找平的测定基准点应符合下列规定：
- a) 设备支座（支架）的底面标高应以基础的标高基准线为基准；
- b) 设备的中心线位置应以基础中心线为基准；
- c) 立式设备的垂直度应以设备外壁 0°、90° 或 180°、270° 方位线为基准；
- d) 卧式设备的水平度应以设备两侧的方位线为基准；
- e) 套管式换热器水平度应以换热器顶层换热管的上表面为基准，测定单排管的垂直度，应以一根支架柱的外侧面为基准。
- 6.1.8 换热设备找正、找平应采用垫铁或其他调整件进行，不得采用改变地脚螺栓紧固程度的方法。
- 6.1.9 卧式换热设备的安装坡度，当设计文件无要求时，水平度偏差宜低向设备的排泄方向。
- 6.1.10 换热设备滑动支座长圆孔两端与基础地脚螺栓的间距应符合滑动的要求，找正、找平后应及时紧固地脚螺栓。

换热设备的工艺配管完成后，应松动滑动端支座的螺母，使其与支座板面间留有 1 mm ~ 3 mm 的间隙，并紧固锁紧螺母。

6.1.11 换热设备安装后,应封闭顶部开孔,并对法兰密封面、膨胀节及空冷式换热管翅片进行保护,氮气或其他惰性气体密封的换热设备应定期检查气封压力。

奥氏体不锈钢换热器在安装后,还应采取防止污染的措施。

6.2 管壳式换热器安装

6.2.1 管壳式换热器抽芯检查宜采用抽芯机械。

6.2.2 吊装换热器管束时,不得用钢丝绳或其他锐利的索具直接捆绑管束。管束水平放置时,必须支承在管板或支持板上。

6.2.3 安装换热器连接管时,不得强力装配。

6.2.4 重叠式换热器应按产品标识进行组装。

6.3 空冷式换热器安装

6.3.1 侧梁上带有伸缩用的滑导螺栓,吊装前必须紧固,安装后应松开。

6.3.2 漏气间隙大于 10mm 时,应采取有效的密封措施。

6.3.3 风机叶片应按产品的装配标记进行组装,风筒内壁与叶片尖的间隙应按产品技术文件要求调整均匀。

6.3.4 电动机及传动机构的安装、调整、试车,应符合产品技术文件的规定。

6.3.5 空冷器构架的垂直度应不大于构架高度的 $H/1000$,对角线差应不大于 10 mm;顶平面水平度允许偏差为 $L/1000$,且不大于 5 mm,直线度应不大于 $L/1000$ 。

6.3.6 管束与百叶窗的侧、横梁的直线度允许偏差为 2 mm/m,全长为 5 mm,且不得下挠。百叶窗叶片开、闭灵活,在关闭位置叶片之间的间隙应不大于 3 mm。

6.4 板片式换热器安装

6.4.1 板片式换热器安装前,上、下导杆的滑动表面应清洗干净后涂润滑脂;压紧板上的滚动轴承应清洁、转动灵活,检查合格后,应加润滑脂(如在防爆环境中,应加防爆润滑脂);管片组装后,管片侧面板边端处应平齐。

6.4.2 换热器安装时,应交错对称均匀地拧紧夹紧螺柱,并随时检测夹紧尺寸。两压紧板间的平行度偏差应符合下列规定:

a) 夹紧尺寸小于 1000 mm 时,平行度偏差应小于或等于 2 mm;

b) 夹紧尺寸等于或大于 1000 mm 时,平行度偏差应小于 $3L/1000$,且小于 4 mm;

c) 当压紧全部板片时,管片侧面的斜对角线标志,应形成一条完整的直线。

6.4.3 压紧板接管法兰密封面与接管中心线的垂直度偏差不应大于法兰外径的 1% (法兰外径小于 100mm 时,按 100mm 计算),且不大于 3 mm。

6.5 板翅式换热器安装

6.5.1 换热器安装时,在换热器支座与钢架之间应设置隔离垫块,宜采用浸煮沥青的木质垫块或采用泡沫混凝土垫块。

6.5.2 有脱脂要求的换热器,在气密性试验后,必须进行脱脂处理。

6.5.3 换热器安装完毕,且各通道干燥后,应用 0.02 MPa 的干燥氮气密封。

7 压力试验

7.1 一般规定

7.1.1 在制造厂已做过压力试验、使用正式紧固件和垫片,且在运输过程中无损伤和变形或在制造厂压力试验后用气封保护,且气封完好的换热设备,经建设单位/监理单位确认,可不再进行压力试验复

验。

7.1.2 除本规范 7.1.1 条或合同有规定外，换热设备应进行现场压力试验。管壳式换热器的试压程序见附录 C。

7.1.3 压力试验应安装两个在检定有效期内的压力表。压力表的量程宜为试验压力的 2 倍，但不得低于 1.5 倍或高于 4 倍，精度不得低于 1.5 级。

7.1.4 压力表应安装在换热设备的最高处和最低处，试验压力值应以最高处的压力表读数为准。

7.1.5 试压前，应对换热设备进行外观检查，其表面应保持干燥。

7.1.6 必要时，换热设备压力试验应校核圆筒或椭圆形封头应力，圆筒应力和椭圆形封头应力的计算参见附录 D。当设计文件采用其他封头时，应按设计文件的规定校核封头应力。

7.1.7 对在压力试验中可能承受外压的受压元件，当设计文件有压差限制规定时，试压过程中两侧压差不得超过规定值。

7.1.8 液压试验后，应将液体排净，并用压缩空气吹扫。气压和气密性试验后，应及时泄压。有冷紧、热紧要求的设备应按附录 E 的规定执行。

7.2 液压试验

7.2.1 换热设备液压试验时，试验介质宜采用洁净水或其他液体。奥氏体不锈钢换热设备用水进行液压试验时，水中的氯离子含量不应大于 25 mg/L。

7.2.2 卧式内压换热设备的液压试验压力，应按公式 (1) 计算；立式换热设备卧置做液压试验时，试验压力应为立置时试验压力加液柱静压力。

外压和真空换热设备的真空侧的液压试验，应按非真空侧的试验压力进行内压液压试验，并按公式 (2) 计算。

$$P_T = 1.25P \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_T = 1.25P \dots\dots\dots (2)$$

上列式中：

P ——换热设备的设计压力，MPa；

P_T ——试验温度下的试验压力，MPa；

$[\sigma]$ ——试验温度下材料的许用应力，MPa；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力，MPa。

7.2.3 钢制换热设备液压试验时，碳素钢、16MnR、15MnNbR 和正火 15MnVR 制换热设备液体温度不得低于 5℃。对于其他低合金钢制换热设备，液压试验时的液体温度不得低于 15℃。其他材料制作的换热设备或板厚等因素造成材料无延性转变温度升高时，液压试验的液体温度应符合设计文件的要求。

液压试验时液体的温度应低于其沸点或闪点。

7.2.4 液压试压时，压力应缓慢上升，达到试验压力后，保压时间不宜少于 10 min。然后将压力降至设计压力，保持时间不少于 30 min，对所有焊缝和连接部位进行检查。无渗漏、无可见的异常变形为合格。试压中如有异常，应泄压后进行处理，再按上述规定重新进行试验。

7.3 气压试验

7.3.1 气压试验必须有经施工单位技术总负责人批准的安全技术措施，并在试压过程中进行安全监督。

7.3.2 换热设备进行气压试验时的试验介质，应采用干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体。

7.3.3 换热设备的气压试验压力应按公式(3)计算。

真空换热设备真空侧的气压试验,应按非真空侧的试验压力进行内压气压试验,并按公式(4)计算。

$$P_T = 1.15P \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \dots\dots\dots(3)$$

$$P_T = 1.15P \dots\dots\dots(4)$$

上列式中:

P_T ——试验温度下的试验压力,MPa;

P ——换热设备的设计压力,MPa;

$[\sigma]$ ——试验温度下材料的许用应力,MPa;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力,MPa。

7.3.4 换热设备气压试验时,气体温度应符合下列要求:

a) 碳素钢和低合金钢制换热设备,气体温度不得低于 15 ;

b) 其他材料制造的换热设备,气体温度应符合设计文件的规定。

7.3.5 气压试验时,压力应缓慢上升,至试验压力的 10%,且不超过 0.05 MPa,保压 5 min 后,对所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检查,如有泄漏,应泄压后重新升压。初检合格后,再继续缓慢升压至试验压力的 50%,其后按试验压力 10%的级差逐级升至试验压力,保压 10min 后,将压力降至设计压力,保持时间不少于 30min,对所有焊缝和连接部位进行检查。无漏气,无可见的异常变形为合格。若有泄漏,泄压后进行处理,再按上述规定重新进行试验。

7.4 气密性试验

7.4.1 换热设备液压试验合格后,方可进行气密性试验,其试验压力应为设计压力。试验时,压力应缓慢上升,达到试验压力后保持足够长的时间,对所有焊缝和连接部位进行泄漏检查,无泄漏为合格。若发生泄漏应泄压后处理,处理后应重新进行气密性试验。

7.4.2 经气压试验合格的换热设备,当设计文件无要求时,不再进行气密性试验。

8 交工文件

8.1 施工单位按工程合同规定的范围全部完工后,应及时向建设/监理单位办理交工验收手续,提供交工技术文件。

8.2 施工单位应及时完成交工技术文件的整理工作,交工技术文件包括:

a) 隐蔽工程记录;

b) 基础复测记录;

c) 光谱检测记录;

d) 设备开箱检验记录;

e) 立式(卧式)设备安装记录;

f) 换热设备强度和严密性试验记录;

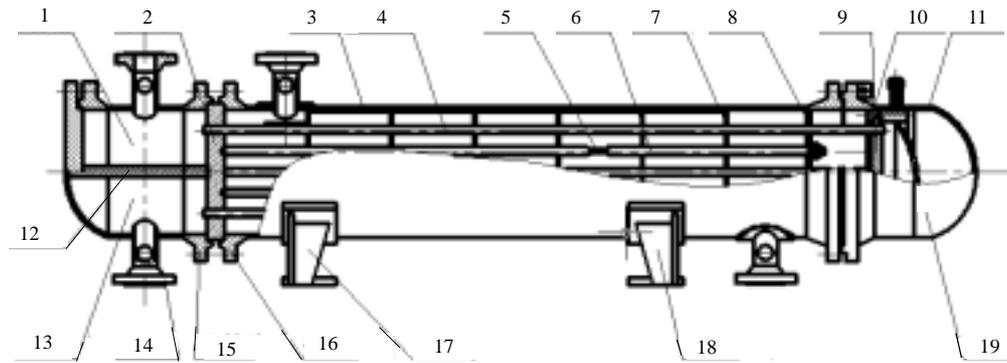
g) 设备吹洗(脱脂)记录;

h) 空冷器构件安装记录。

8.3 除合同另有规定外,交工技术文件编汇应符合 SH3503 - 2001 的要求。

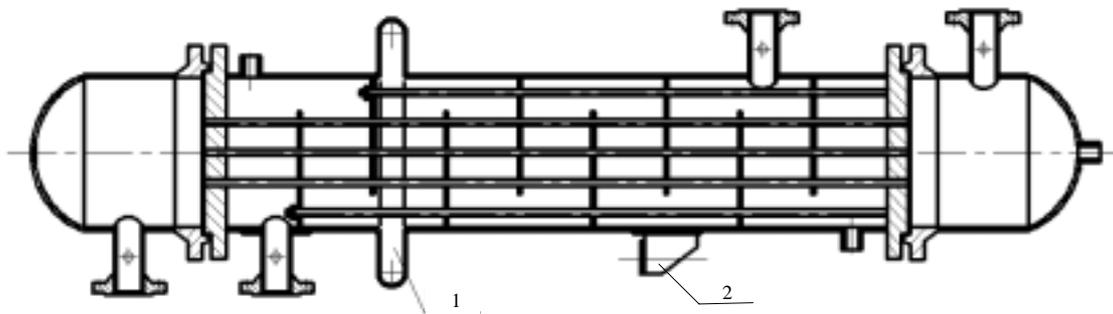
附录 A
(资料性附录)
典型换热器图例

典型换热器图例见图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5、图 A.6、图 A.7 和图 A.8 示意。



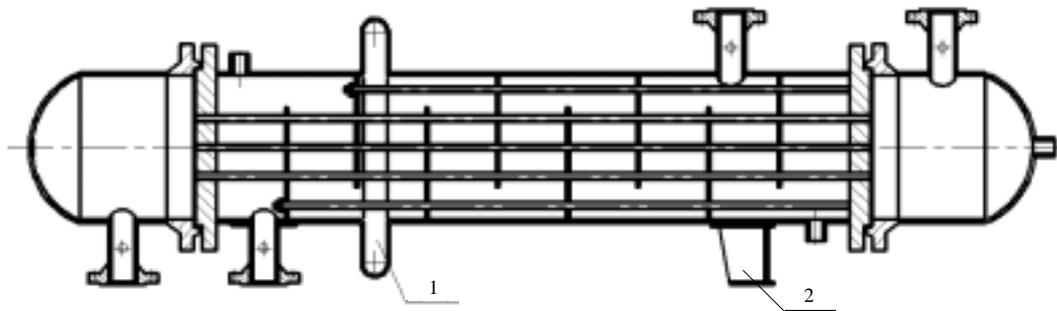
1—平盖管箱；2—固定管板；3—壳体；4—换热管；5—拉杆；6—定距管；7—折流板；8—支持板；
9—浮动管板；10—钩圈；11—浮头盖；12—分隔板；13—封头管箱；14—接管法兰；15—管箱法兰；
16—壳体法兰；17—固定鞍座；18—活动鞍座；19—外头盖

图 A.1 浮头式换热器



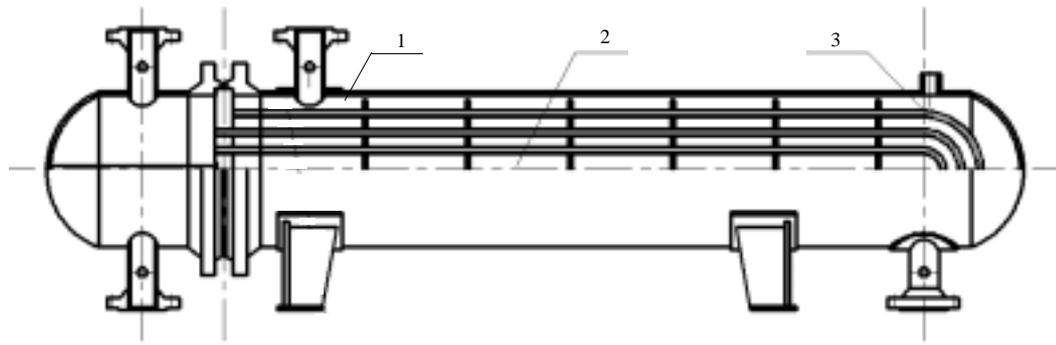
1 - 膨胀节；2 - 耳式支座

图 A.2 立式固定管板式换热器



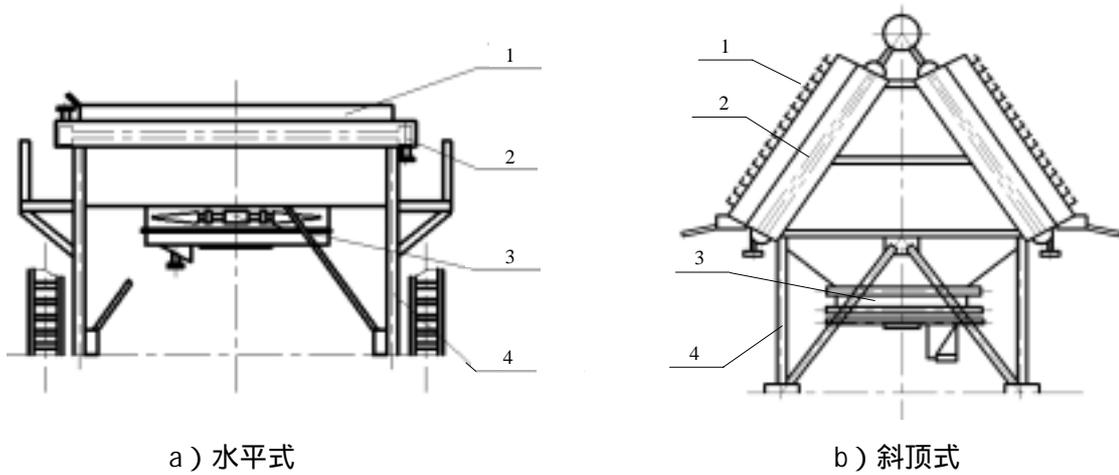
1 - 膨胀节；2 - 支座

图 A.3 卧式固定管板式换热器



1—内导流筒；2—中间挡板；3—U 型换热管

图 A.4 U 型管式换热器

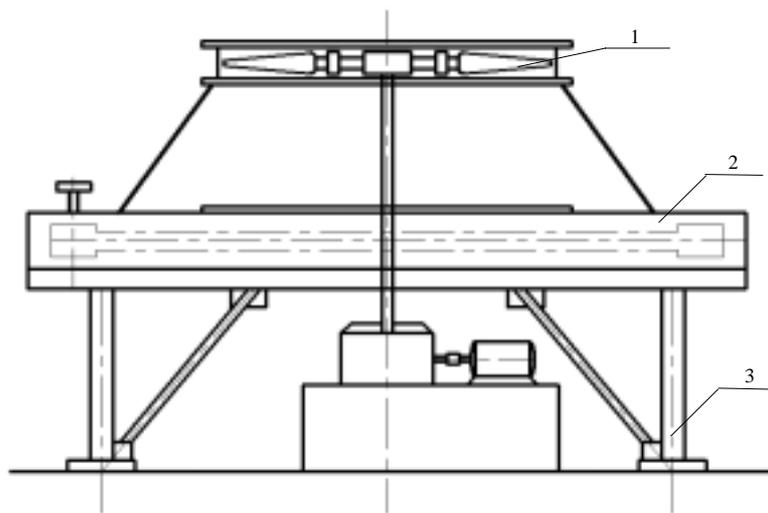


a) 水平式

b) 斜顶式

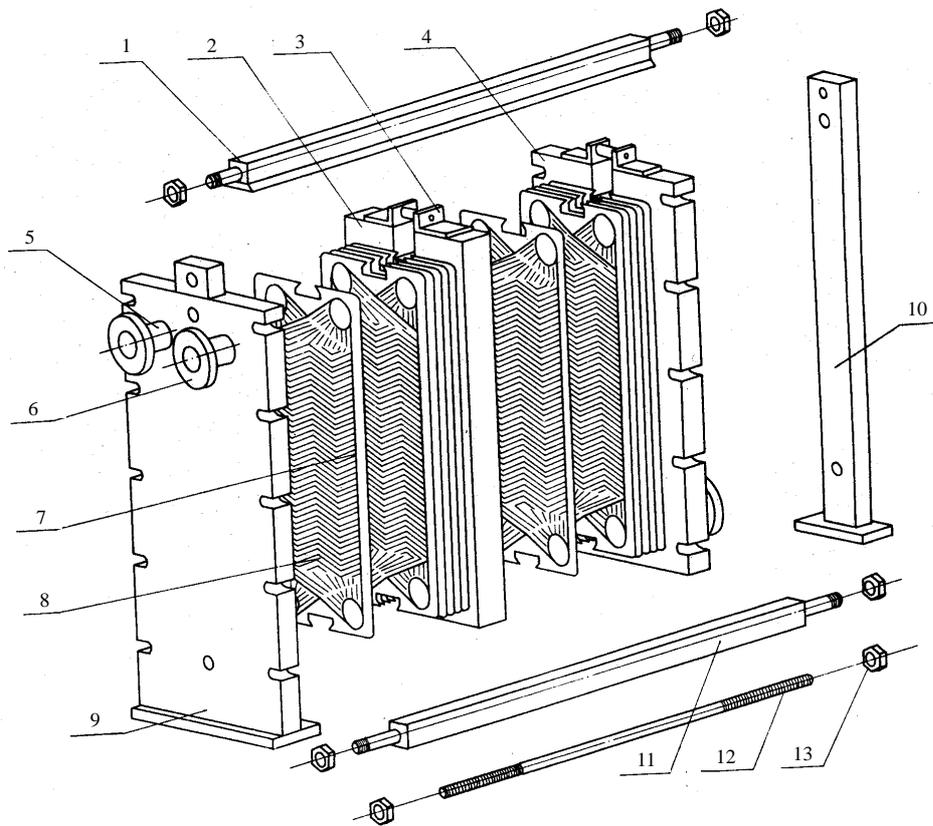
1—百叶窗；2—管束；3—风机；4—构架

图 A.5 鼓风式空冷器



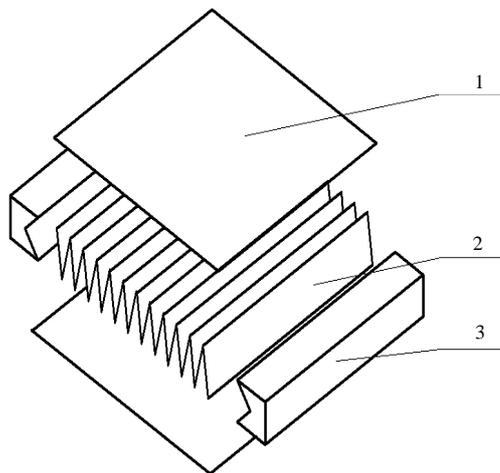
1 - 风机；2 - 管束；3 - 构架

图 A.6 引风式空冷器



1—上导杆；2—中间隔板；3—滚动机构；4—活动压紧板；5—接管；6—法兰；7—垫片；8—板片
9—固定压紧板；10—支柱；11—下导杆；12—夹紧螺柱；13—螺母

图 A.7 板片式换热器



1—平板；2—翅片板；3—侧条

图 A.8 板翅式换热器

附录 B
(资料性附录)
管式换热器结构型式及表示方法

B.1 管式换热器前端管箱、壳体 and 后端结构型式及代码见图 B.1。

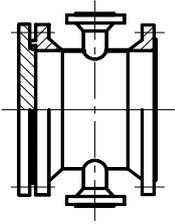
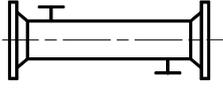
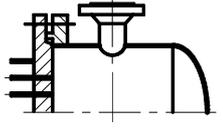
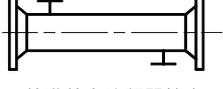
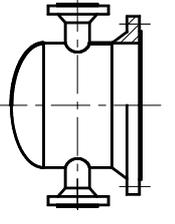
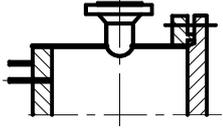
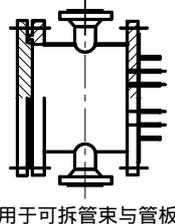
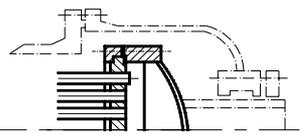
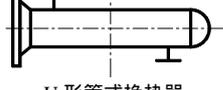
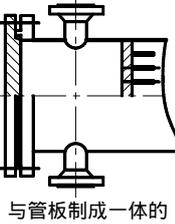
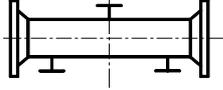
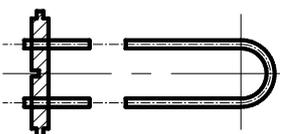
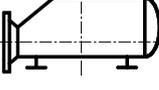
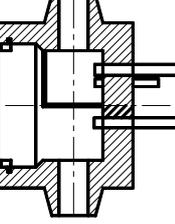
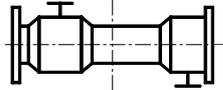
前端管箱型式		壳体型式		后端结构型式	
代码	图 例	代码	图 例	代码	图 例
A	 <p>平盖管箱</p>	E	 <p>单程管壳</p>	L	 <p>与 A 相似的固定管板结构</p>
		Q	 <p>单进单出冷凝器管壳</p>		
B	 <p>封头管箱</p>	F	 <p>具有纵向隔板的双程壳体</p>	N	 <p>与 C 相似的固定管板结构</p>
		G	 <p>分流</p>		
C	 <p>用于可拆管束与管板制成一体的管箱</p>	H	 <p>双分流</p>	S	 <p>钩圈式浮头</p>
		I	 <p>U 形管式换热器</p>		
N	 <p>与管板制成一体的固定管板管箱</p>	J	 <p>无隔板分流 (或冷凝器壳体)</p>	U	 <p>U 形管束</p>
		K	 <p>釜式重沸器</p>		
D	 <p>特殊高压管箱</p>	O	 <p>外导流</p>		

图 B.1 管壳式换热器结构型号及代码

B.2 换热器型号由七个单元组成，其表示方法见示例，各单元注释见表 B.1。

示例：

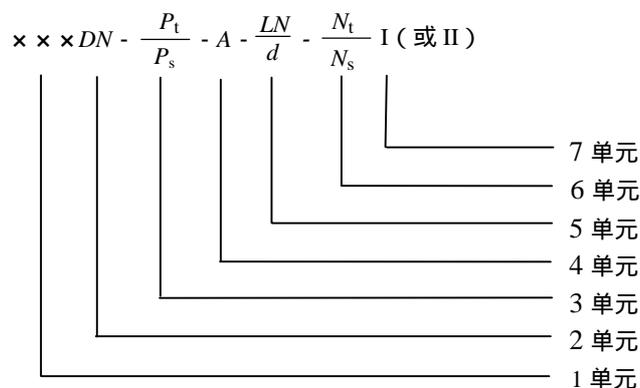


表 B.1 换热器型号表示方法各单元注释

项 目	注 释
1 单元	由三个英文字母组成，第一个字母代表前端管箱型式（见图 B.1），第二个字母代表壳体型式（见图 B.1），第三个字母代表后端结构型式（见图 B.1）
2 单元	公称直径，mm。对于釜式重沸器用分数表示，分子为管箱内直径，分母为圆筒内直径
3 单元	管 / 壳程设计压力，MPa，压力相等时只写 P_t
4 单元	公称换热面积， m^2
5 单元	LN —换热管长度，m； d —换热管外径，mm；当采用 Al、Cu、Ti 换热管时，应在 LN/d 后面加材料符号，如 $LN/d \text{ Cu}$
6 单元	管/壳程数，单壳程时只写 N_t
7 单元	采用碳素钢、低合金钢冷拔钢管做换热管时，其管束分 、 两级； 级管束—采用较高级、高级冷拔钢管， 级管束—采用普通级冷拔钢管

附录 C
(规范性附录)
换热设备压力试验程序及要求

- C.1 固定管板换热器压力试验程序及检查部位：
- a) 壳程试压，检查壳体，同时检查换热管及其与管板连接接头；
 - b) 管程试压，检查管箱与管箱法兰密封。
- C.2 U型管式换热器、釜式重沸器（U型管束）及填料函式换热器压力试验程序及检查部位：
- a) 用试验压环进行壳程试验，检查壳体，同时检查换热管及其与管板连接接头；
 - b) 管程试压，检查管箱及管箱法兰密封。
- C.3 浮头式换热器压力试验程序及检查部位：
- a) 用试验压环和浮头专用试压工具（假头盖）进行管束试压，检查换热管及其与管板连接接头；
 - b) 管程试压，检查管箱、管箱法兰密封、小浮头密封；
 - c) 壳程试压，检查外头盖及外头盖法兰密封。
- C.4 釜式重沸器（浮头式管束）压力试验程序及检查部位：
- a) 用试验压环和浮头专用试压工具（假头盖）及管束试压专用壳体进行管束试压，检查换热管及其与管板连接接头及管束；
 - b) 管程试压，检查管箱及其与管板的密封，检查小浮头及其与管板的密封；
 - c) 壳程试压，检查壳体、壳体和管箱法兰及其与管板密封；
- C.5 按压差设计的换热器，应按设计文件规定的试验程序进行。
- C.6 当管程试验压力高于壳程试验压力时，接头试压应执行设计文件规定或按供需双方商定的方法进行。
- C.7 重叠换热器检查管束及其与管板连接接头试验允许单台进行。管程及壳程试压应在重叠组装后进行。

附录 D
(资料性附录)
压力试验应力校核

D.1 圆筒应力和椭圆形封头的应力按公式(式D.1) 公式(式D.2) 计算。

$$\sigma_T = \frac{P_T (D_i + e)}{2 e} \dots\dots\dots (\text{式 D.1})$$

$$\sigma_T = \frac{P_T (D_i + 0.5 e)}{2 e} \dots\dots\dots (\text{式 D.2})$$

上列式中:

- σ_T ——试验压力下, 圆筒或椭圆形封头的应力, MPa;
- P_T ——圆筒或椭圆形封头的试验压力, MPa;
- D_i ——圆筒或椭圆形封头的内直径, mm;
- e ——圆筒或椭圆形封头的有效厚度, mm。

D.2 液压试验时, 试验压力下圆筒或椭圆形封头的应力 σ_T 应符合公式(式 D.3) 的规定。
气压试验时, 试验压力下圆筒或椭圆形封头的应力 σ_T 应符合公式(式 D.4) 的规定。

$$\sigma_T \leq 0.9 s \dots\dots\dots (\text{式 D.3})$$

$$\sigma_T \leq 0.8 s \dots\dots\dots (\text{式 D.4})$$

上列式中:

- s ——圆筒或椭圆形封头材料在试验温度下的屈服点或 0.2% 屈服强度, MPa;
- 圆筒或椭圆形封头的焊接接头系数, 执行设计文件规定。

附录 E
(资料性附录)
换热器冷紧、热紧技术要求

E.1 冷紧

E.1.1 冷紧时，螺栓的紧固至少应分三遍进行，每遍的起点应相互错开 120° ，紧固顺序可按图 D.1 的规定执行。

E.1.2 冷紧力矩宜为 $100 \text{ kg} \cdot \text{m} \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{m}$ (小值用于直径较小的螺栓)。

E.1.3 冷紧时，不得用大锤等工具击打扳手紧固。宜用扳手加套筒延长力臂或用电动、气动、液压工具紧固。

E.2 热紧

E.2.1 热紧值当用螺栓伸长值进行测定时，应在螺栓施工时紧固后记下螺母和螺杆的相对尺寸，以便热紧时再测；如用螺母转动弧长测定时，则应在法兰上标出各螺母热紧后的旋转位置。

E.2.2 热紧螺栓应按本附录 E.1.1 条规定的顺序进行。

E.2.3 热紧螺栓时碳钢螺栓的相应伸长量为其自由长度的 $1/1000$ ；合金钢螺栓的相应伸长量为其自由长度的 $1.5/1000$ ，最后所测伸长量其允许偏差为规定值的 $\pm 10\%$ 。

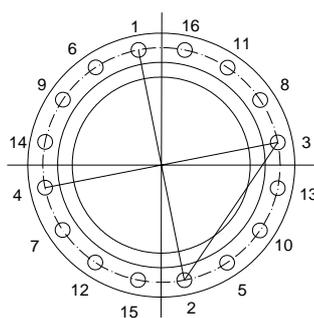


图 D.1 换热设备热紧、冷紧顺序

用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

- (一) 表示很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）；
- (二) 表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：
 - 正面词采用“应”（shall）；
 - 反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。
- (三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：
 - 正面词采用“宜”（should）；
 - 反面词采用“不宜”（should not）。
- (四) 表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：
 - 正面词采用“可”（may）；
 - 反面词采用“不必”（need not）。

中华人民共和国石油化工有限公司行业标准

石油化工换热设备施工及验收规范

SH/T 3532—2005

条 文 说 明

2005 北 京

目 次

4 总则.....	19
5 施工准备.....	19
5.3 基础中间交接.....	19
6 换热设备安装.....	19
6.1 一般规定.....	19
6.2 管式换热器安装.....	19
6.3 空冷式换热器安装.....	19
6.4 板片式换热器安装.....	20
6.5 板翅式换热器安装.....	20
7 压力试验.....	20
7.1 一般规定.....	20
7.2 液压试验.....	20
7.3 气压试验.....	20
7.4 气密性试验.....	20

4 总则

本规范编制的目的是为了_{提高石油化生装置中换热设备的施工质量，统一安装和试验的技术要求及验收标准。}

石油化生行业的换热设备是《压力容器安全技术监察规程》的换热器，施工必须执行《特种设备安全监察条例》，施工单位必须取得特种设备安全监察部门的许可。施工过程中应执行设计文件和本规范的规定，安全技术和劳动保护执行《石油化生施工安全技术规程》SH3505的要求。

5 施工准备

5.3 基础中间交接

本条主要规定了设备基础中间交接的质量控制标准。编写时参照SH3510的表3.3.15—1的数据及SH3507的有关数据。关于滑动端预埋板的技术要求是根据设备安装后的使用性能的要求规定的。

6 换热设备安装

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.6 本条对设备基础表面处理、设备外表面检查、垫铁布置、地脚螺栓安装等规定了通用的施工标准和要求。

“按照设计文件核对设备的管口方位、中心线和计算重心位置等”这是安装设备前必须做好的工作。设备上如果没有明显的中心线、重心点标记，施工人员必须根据设备制造时打的样冲标记或计算来确定该设备的中心线和重心点。

6.1.7 本条c)项根据设备找正的常规做法，规定测定立式设备的垂直度应在设备外壁两条方位线上测量，该两条方位线都在通过设备中心轴线的两个纵向截面上，且两纵向截面相互垂直。这样就有0°和90°，90°和180°、180°和270°、270°和0°四组方位线可以作为基准进行测量。通常我们只用其中的一组方位线进行测量即可。

套管式换热器由间距相同的单排套管、双排套管、多排套管组成。本条e)项规定，测定纵向水平度均以顶层换热管的上表面为准进行。对于双排套管、多排套管组成的换热器，测定横向水平度也应以顶层换热管的上表面为准进行。对于单排套管的换热器，垂直度在安装和检查时都应以同一根支架柱的外侧面来测量。

6.1.10 本条对换热设备滑动支座安装，规定了通用的技术要求。滑动支座安装必须符合设计文件的要求，满足热膨胀的需要，即卧式换热设备热膨胀时，设备滑动支座底板上的长圆孔应满足热膨胀量的要求。如果因制造、安装、设备混凝土基础的误差造成地脚螺栓与相应的长圆孔两端的间距不合适，这时，只有修理滑动支座底板上的长圆孔来满足热膨胀的需要。扩孔修理宜采用机械方法进行。

6.2 管壳式换热器安装

6.2.1 本条是对抽芯机械作出推荐，可以采用其他方法抽芯。

6.2.2 本条规定管束吊装时，为了保护管束，不得用钢丝绳和其他锐利的吊具直接捆绑管束。宜采用尼龙网袋、尼龙绳或有保护措施的吊具进行吊装。

6.3 空冷式换热器安装

6.3.1 空冷式换热器的滑导螺栓，如果换热器是成排安装，前一台安装后若未松开滑导螺栓，紧接着安装后一台，前面的滑导螺栓就无法再松开，妨碍热胀冷缩。

6.3.2 大于 10mm 的漏气间隙，会降低换热器的换热效果，所以要求处理，可用石棉绳堵塞。

6.3.3 本条规定，空冷式换热器的风机叶片的安装角度，制造厂已根据设计文件要求，进行过调试，并有安装标记，所以安装时必须按标记进行。

另外，风筒内壁与叶片尖的间隙也直接影响到热交换效果，所以首先要将风筒找圆，再找风机中心和风筒中心的同心度，最后找风筒内壁与叶片尖的间隙，并调整均匀。

6.4 板片式换热器安装

本条规定了组装板片式换热器前，应做的检查准备工作以及组装时的操作程序和组装后的质量标准。如果是整体到货的换热器，也应按本规范的质量要求进行检验。

6.5 板翅式换热器安装

6.5.1 采用垫块，主要是隔热要求，减少冷量损失。

6.5.3 本条要求充入 0.02MPa 的干燥氮气密封，是为了保护换热器内部清洁，并防止湿空气进入，避免微量水蒸汽深冷时结冰，破坏设备。

7 压力试验

7.1 一般规定

7.1.8 换热设备压力试验后，对试验介质(带压的液体或气体)都必须及时处理。将液体按操作程序放净，并用压缩空气吹净。这样避免气温升高而压力增高或突然骤冷而结冰，同时也避免设备内部生锈腐蚀。带压的试验气体，储能较大，受热膨胀后，压力很快增高，破坏的危害更大，所以应及时按操作程序，将气体压力泄净。

7.2 液压试验

7.2.2 本条参照《压力容器安全技术监察规程》第 94 条和 GB 150 第 3.8.1.1 条及 GB 151 第 3.17.1.1 条编写。

[]、[]¹应从 GB 150 的表 4 - 1，表 4 - 3，表 4 - 5，表 4 - 7 和 GB 150 第 1 号修改单中进行选取，当圆筒、封头、换热管、法兰及紧固件等所用材料不同时，取[]/[]¹中的较小值。

许用应力[]、[]¹应是试压时，试压部分受压元件的许用应力。如管束试压时，应是换热管或管板的许用应力，而不是壳体或封头的许用应力。

压力容器在局部超载情况下，对应力的均匀分布和使用寿命等都有不利影响，因此规范规定 []/[]¹要选取最小值。

7.2.4 本条参照《压力容器安全技术监察规程》第 98 条 3 款和 GB 150 的 10.9.4.4 b 编写。

保压时间分别从 30min、足够长的时间缩短为 10min、30min，是因制造厂已作过试验，现场校核时间长对设备不利。

7.3 气压试验

7.3.1 本条参照《压力容器安全技术监察规程》第 100 条 4 款和 GB 150 的第 10.9.5.1 条编写。

采用气压试验时，由于气体具有可压缩性，压缩系数比液体大得多。当被压缩的气体突然要恢复到大气压力，瞬间会释放出巨大的能量，具有很大的破坏力，因此气压试验必须引起高度的重视。提出“经施工单位技术总负责人批准的安全技术措施，并在试压过程中进行安全监督”的要求。

本条规定的“经施工单位技术总负责人批准的安全技术措施”是指安全技术措施在施工单位已经获得批准；“并在试压过程中进行安全监督”是指试压过程应受安全监督部门的监督。

7.4 气密性试验

本条参照《容规》第 102 条和 GB 150 的第 10.9.6 条及 GB 150 第 1 号修改单的内容进行编写。这里的“处理”解释同条文说明 7.3.6 条。