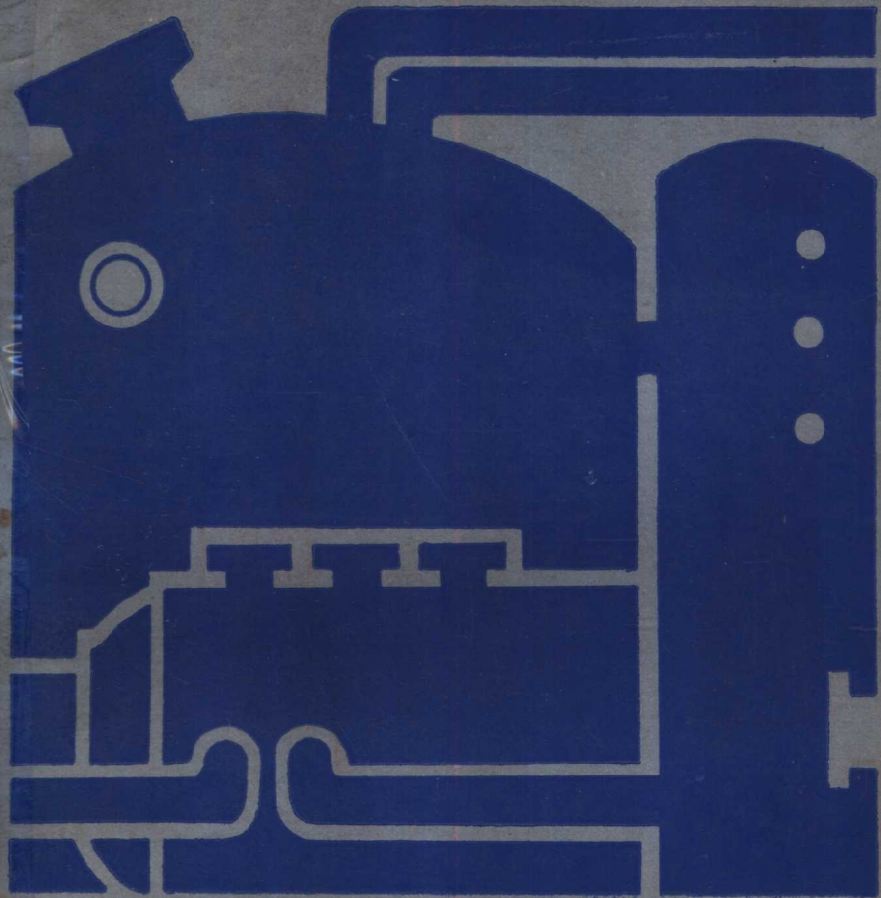




高 锡 五

压力容器的检验与修理

山西人民出版社

压力容器的检验与修理

高 锡 五

*

山西人民出版社出版 (太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 5 字数: 103 千字

1986年3月第1版 1986年3月山西第1次印刷

印数: 1—3,100 册

*

书号: 15088·188 定价: 1.00 元

目 录

概述.....	(1)
第一章 检验方法.....	(5)
第一节 宏观检查法.....	(7)
一、目视检查.....	(7)
二、锤击检查.....	(7)
三、灯光检查法.....	(8)
四、量具检查法.....	(10)
五、样板检查法.....	(18)
第二节 无损检查法.....	(24)
一、射线检验.....	(25)
二、超声波检验.....	(38)
三、磁粉探伤.....	(45)
四、渗透探伤.....	(49)
五、光谱分析.....	(51)
六、金相检查.....	(52)
七、硬度测定.....	(52)
八、化学成份分析.....	(53)
九、铁素体测定.....	(56)
第三节 破坏性检查.....	(57)
一、机械性能试验.....	(58)

二、化学成份分析	(61)
三、金相检查	(61)
第四节 其它检查方法	(61)
一、水压试验	(61)
二、气压试验	(65)
三、卤素检查	(66)
四、氨渗透试验	(67)
五、气密性试验	(68)
第二章 检验方案的制订	(70)
第一节 从设备的使用状况来考虑	(73)
一、从设备的用途及结构上来考虑	(73)
二、从工作介质和工作温度方面考虑	(74)
三、从容器的安装位置来考虑	(75)
四、容器使用状况的了解	(75)
第二节 相应的规程要求	(76)
一、应遵守的规程	(77)
二、应执行的标准(无损探伤标准)	(77)
三、执行和参照的规定、规则和技术条件	(77)
第三节 检测仪器及检测技术能力	(78)
第四节 安全注意事项	(79)
第三章 技术检验的类别及内容	(82)
第一节 容器的检验	(82)
一、检验程序	(82)
二、检验类别	(82)
三、检验内容	(83)
第二节 换热器的检验	(92)

一、检验程序	(92)
二、检验类别	(93)
三、检验内容	(93)
第三节 高压管道的检验	(95)
一、检验程序	(96)
二、检验类别	(96)
三、检验内容	(96)
第四章 常见缺陷及其处理方法	(101)
第一节 缺陷的来源	(102)
一、先天性缺陷	(102)
二、后天性缺陷	(104)
第二节 表面张口缺陷、冲刷、腐蚀、变形 及分层缺陷的处理	(105)
一、表面张口型缺陷	(105)
二、冲刷缺陷	(108)
三、腐蚀缺陷	(109)
四、变形缺陷	(112)
五、分层缺陷	(113)
第三节 裂纹缺陷的处理	(114)
第四节 焊接缺陷的处理	(117)
一、焊接缺陷的分类	(117)
二、焊接缺陷产生的原因, 危害性、防止 办法及处理措施	(118)
第五章 检验过程中的修理技术	(133)
第一节 一般要求	(133)
第二节 焊接修理	(135)

一、挖补修理.....	(135)
二、堆焊修理.....	(136)
三、对接焊接修理.....	(137)
四、焊接修理部位的复检.....	(139)
第三节 修理过程中的热处理.....	(140)
第六章 检验结果的整理	(144)
第一节 检验结果的整理.....	(144)
第二节 强度校核计算.....	(145)
一、旧薄壁容器的强度校核计算(1)	(145)
二、旧薄壁容器的强度校核计算(2)	(147)
附录一 检验常用工具、仪器一览表	(149)
附录二 HB、HV硬度值与炭素钢及一般合金结构 钢的抗拉强度间近似关系对照表.....	(150)
后记.....	(153)

概 述

压力容器是工业生产中的常用设备，在各个工业领域中被广泛地应用着，尤其是在石油、化学等具有多工序而连续性生产较强的工业生产部门中，使用得更为普遍。因为，这些部门的生产所涉及的各种化学反应过程，在许多场合下，需要在有压力的特定容器中进行或完成。如：用来完成介质的物理、化学反应的容器，用来完成介质的热量交换的容器，用来完成介质的流体压力平衡和气体净化分离的容器，还有用来盛装生产用的原料气体、液体、液化气体的贮运容器等。

随着科学技术的发展，有力地促进了新工艺、新技术在国民经济各部门中的进一步被采用。于是，压力容器不但在工业生产中广泛应用，而且在人民生活、医疗卫生等方面的应用也越来越普遍。近几十年来，在核发电、航天等方面，高压、超高压容器也不断出现。

压力容器是承受流体介质压力的密闭设备。此类设备很多，为了管好和用好这些设备，《压力容器安全监察规程》规定：承受一个或一个以上表压的工作压力，容积等于或大于25升，且工作压力与容积的乘积等于或大于200升·公斤力/厘米²；介质为气体、液化气体和最高工作温度高于标准沸点的液体，具备这三个条件的密闭设备，才称之为压力

容器，并给予严格的监督和管辖。这些条件的提出，主要是从安全技术的角度来考虑的，因为这个范围内的容器设备，相对地说，发生事故的比率较高，事故的危害性也较大。至于工作压力低于1个表压以下的其它压力容器设备，则按《钢制焊接压力容器技术条件》和其它相应的有关技术规范要求，进行管理和使用。

压力容器属于静止设备的范畴。因为它虽然分为固定式容器和移动式容器两大类，但工业生产系统中常见的却多为固定式装置，也就是说它是固定地安装在一定的位置上，用管道与相关设备相联通的。就因为它多为固定装置，所以它不同于一般的转动设备。后者在运转过程中出现故障的机会较多，稍有“卡壳”就会发出异声，或是停下不转，能引起操作者的注意，也比较容易发现故障的苗头和判断“异常”的部位，及时予以排除。压力容器则不然，它的内部虽然盛满了流体介质，有的还在高温、高压下进行着各种物理过程和激烈的化学反应，但从设备外部却看不出本体表面有何异变，也听不到内部介质的反响，只觉得它与相邻的设备和建筑物总是处于相对的静止状态，所以人们又称它为“静止设备”。事实上，即使在正常的工艺条件下进行的操作过程中，设备内部介质的压力、温度、流速等都或多或少地在变化着。换句话说，它们在运行中，实际上时刻都受到交变载荷的作用。这种作用力对不同结构的容器，在不同形状的部件上又表现得各不相同。如在容器的圆筒形部位，由于圆筒本身就是一个平滑的曲面，所以应力分布是比较均匀的；而封头和几何形状比较特殊一些的构件和部位，由于存在有突然的转弯或折边，则会引起各种不同类型的附加应力，有的

甚至会引起严重的应力集中。这些作用力的存在，都会使用来制造容器的材料（主要指器壁及其它承压部件本身的材质）经受严峻的考验。

再者，由于工业生产过程的需要，压力容器内部又多为易燃、易爆、有剧毒或有腐蚀性的介质。特别是一些高、中压的高温或深冷容器，其配置位置又往往处于生产系统的心脏部位，此类设备如果存在某种“超标”缺陷时，则潜在的危险性就更大。因为，这类容器一旦在运行过程中损坏（指破裂或爆炸），将会酿成不堪设想的严重后果。此时不仅会发生由于容器本体的炸裂所造成的一般性破坏，还会由于容器内部介质（有些介质本身就是一种爆炸的能源）向外扩散而引起化学爆炸，有时甚至是一系列的连锁反应，于是火灾和恶性中毒等大面积灾难性事故将会接踵而来。

事实表明，压力容器既是工业生产中的常用设备，又是一种比较容易发生恶性事故的特殊设备。所以，世界各国都无一例外地将它列为“特种设备”的范畴，严格地给予专门的单独管理。在我国，劳动人事部和地方各级劳动部门均设有专业的压力容器安全监察管理机构，并颁发有“压力容器安全监察规程”等专业法规。原一机部、石化部颁发有“钢制石油化工压力容器设计规定”等设计和制造方面的专业技术条件和标准。化工部颁发有“化工企业压力容器安全管理规程”、“化工高压工艺管道维护检修规程”等；不仅这样，为保障人民生命和财产的安全，国务院还专门发布了“锅炉压力容器安全监察暂行条例”。这一系列的法规、条例、专业技术条件和标准的实施，对保证压力容器在有压力的条件下能够安全使用，起到了积极的促进作用。生产实践表明：

严格的管理不仅能杜绝或减少设备事故的发生，起到保障广大职工和人民生命财产安全的作用，而且能为工业生产提供完好的设备，有利于生产。

压力容器安全监察管理工作，是一项技术性很强的工作，要做好这项工作并不容易，需从各个环节努力。不仅要把好容器的设计、选材、制造、安装的质量检验关，更为重要的是在容器投入运行后，应根据生产工艺要求和容器的技术性能认真地操作，加强设备技术管理，做好日常的设备维护保养和定期及非定期的技术检验工作，并对每次检验中发现的问题给予正确的解决，对带病运行的容器设备施以合理的安全监护措施。

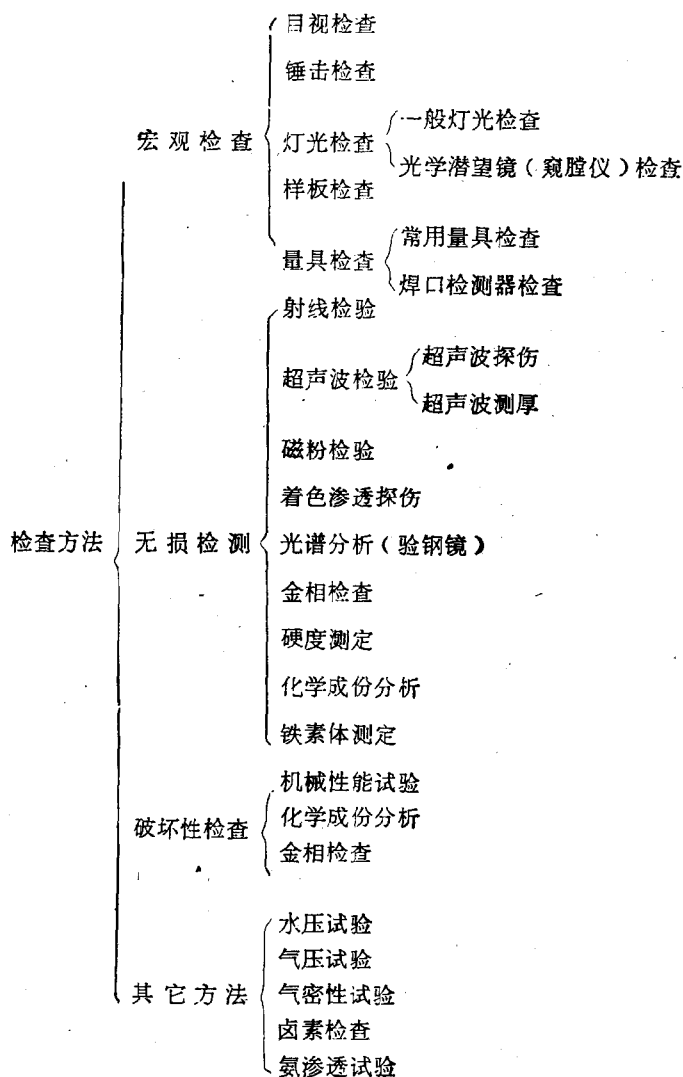
本书将系统地阐述对压力容器进行技术检验的检验方法和技术，并讨论有关修理的技术问题。主要内容有：压力容器设备上常见的缺陷；检验缺陷时通常应采用的检查方法和科学手段；检验容器的方案；检验程序的排列；检验的类别、内容及重点应检查的部位；检验过程中发现的常见缺陷采用何种处理方法较好；修理时又应该注意哪些要点等。

采取正确的检验与修理技术，能及时发现容器在使用过程中产生的新缺陷，也可查证容器上原有旧缺陷经使用后有无进一步的扩展和变化，由此找出其扩展或变化的规律，从而考证该容器继续使用的安全可靠。以期做到在早期发现缺陷，在缺陷尚未危及容器的安全运行之前，在其萌芽阶段就予以消除或针对性地采取相应的安全措施。

第一章 检验方法

压力容器的检验是安全监察工作中重要的一个环节，是一项技术性工作。只有选用合理的检验方法，正确地运用多种检验手段，才能准确无误地发现各种不同性质、不同类别的缺陷，顺利地完检验工作。

对压力容器进行技术检验的方法，概括为：宏观检查、无损检测、破坏性检查和其它方法等四类。在通常情况下，应以宏观检查和无损检测法为主，辅以其它方法。宏观检查法，虽然是凭借视觉、听觉、触觉进行检查，但它却是全部检验工作的基础。它简便易行，不仅可以直接查出设备上现存的明显缺陷，使我们对容器的实际状况有一概括的了解，而且对进一步应采用何种检验方法或手段进行详细检查，也可以提供重要的线索和依据。因此，宏观检查和无损检测，二者不可偏废。



第一节 宏观检查法

一、目视检查

直接用肉眼观察，用放大镜及反光镜进行观察与分析的方法，称为宏观检查法。

在常规情况下，是用肉眼和反光镜直接观察容器壁内外表面是否有腐蚀、冲刷、磨损、划痕、硬伤、明显的鼓泡、变形、裂纹，焊缝表面的成型状况（高低、宽窄、不直、错边），以及表面是否有气孔、咬边、弧坑、裂纹，单面焊内侧的烧穿、焊瘤、未焊透等缺陷。

当用目视检查发现有可疑的部位时，应借助口径大于50mm，放大倍率为5—10倍的放大镜作进一步观察。如仍有怀疑时，可用砂布将该部位打磨干净，并以浓度为10%的硝酸溶液腐蚀剂施以浸蚀，揩净后再用放大镜仔细观察，以便进一步判明怀疑部位是否已产生裂纹或其它性质的缺陷。

反光镜多用来观察固定容器的底部及视线不能直接观察到的部位。其镜面微带凹形，式样见图1—1所示。

目视检查，主要是以容器实体的实际状况，对照图纸、规范和标准等各方面的要求来进行的，或以图样标明的特殊规定，作为检验人员的技术依据。



图1—1 检验用反光镜

二、锤击检查

这是一种经验检查法。主要是借助检验手锤在锤击器壁某部位时，根据被击物发出的音响和手锤回弹的程度（凭手的感觉）来判断该处金属材料是否存在有缺陷的一种检查

方法。当在某一部位锤击时，发出的声音清脆而单一，手锤的弹跳情况也良好，这就表明被敲击的部位材质良好，没有重大缺陷；反之，若发出闷声、浊声，则有可能是被检查的部位或其附近有重皮、分层、折叠或裂缝等缺陷。如对有严重晶间腐蚀（一种不发生外表变形的损坏）的部位敲击时，则声音十分闷浊（像敲瓦片似的声音），而且手锤的弹跳性能也差。

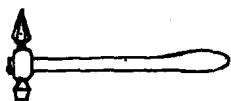


图 1—2 检验手锤

检验用手锤，一般重约 0.5kg，上为六棱尖锥体，下为圆锤平底，用坚实的木料作柄。见图 1—2。

三、灯光检查法

（一）一般灯光检查法

对于有人孔的容器，通常是由人孔进入器内，用手电或 36V 以下电压的安全防爆灯作光源，对器壁使用状况进行直观检查。在潮湿情况下应使用 12V 的安全防爆灯。

（二）自制检查灯检查法

对无人孔的小型容器的内部进行检查，多采用此法。检查是借助探入容器内的小灯泡发出的散射光将被检处照亮，然后沿着容器的长度方向，一片片、一截截地移动光源来进行的。可发现受检处的表面缺陷，如腐蚀斑点、深坑、冲刷、沟槽、鼓泡、变形等。

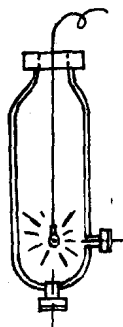


图 1—3 灯光检查示意

这种检查法，多适用于立式容器的内检，见图 1—3 所示。如欲对卧式容器进行检查时，可将吊灯绑

在长直杆上，探入器内进行。

为取得高聚光效果，在采用此法时，宜将其它孔堵严。

· 灯光检查法，过去常采用手电筒作光源，因其系直射光，往往会因一些部位无法探照，发生漏检的毛病，再者观察也不方便。为扩大视野，方便观察，目前大多改用12V小灯泡探入器内。电源常将交流电变压为12V。在远离电源的场合使用时，一般采用1*电池作电源，将8节电池串联在一起。具体串联法如图1—4所示。

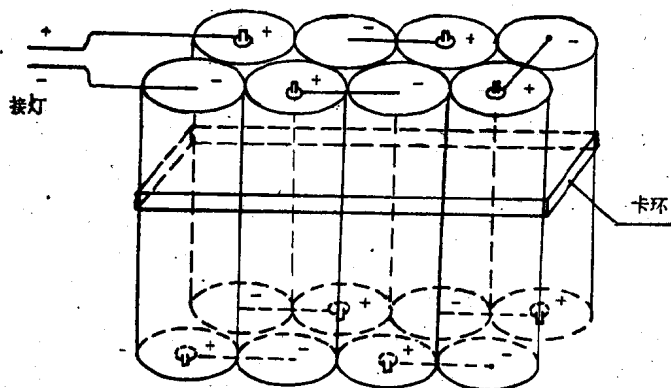


图1—4 用1*电池8节串联法

1*电池8节串联法的优点是：

1. 电源来源容易取得；
2. 携带方便，使用起来简便；
3. 电灯泡发出的散射光易接近被检查面，便于观察；
4. 串联后的电压仅为12伏，符合安全要求。

(三) 光学潜望镜检查法

光学潜望镜又名窥膛仪，适用于直径较小的小型容器的

内壁检查或对管道内壁有严重腐蚀状况的检查。

窥膛仪的构造原理：

依受检物长度要求，将几节活动套管接在一起，套接后的长度可达9m左右，光学主管前端装有光源和反射镜，另一端装有可调焦距的放大镜（目镜）。使用时，将前端探入器内或管内，即可从窥视孔观察被检部位情况。此法的缺点是只能直探，不能弯照。

四、量具检查法

（一）常用量具检查法

它是借助于量检具，对器壁内、外表面上存在的缺陷及容器的内直径及外径、周长等尺寸进行直接测量。常用量具有：平直尺、钢卷尺、深度游标卡尺、内径千分卡、外径千分卡、塞尺（或称塞规），以及千分表等。

平直尺和钢卷尺，不仅能用来测量容器本体各部位的长度尺寸、接管尺寸、外圆周长、筒体内径、椭圆度、法兰高度及倾角、裙座螺栓孔间距尺寸等，还可用来测量容器上已存在缺陷的位置、大小和面积。此外，还可与拉线检查法配合，构成拉线——直尺法，见图1—5所示。此法用于测量管子的弯曲度和卧式大型容器的挠度。



图1—5 拉线直尺
检查法

深度游标卡尺，可用来检查测量磨损沟槽、冲刷低洼部位和腐蚀深坑的深度，还可用来检查筒体环焊缝的腰凹缺陷。如图1—6和图1—7所示。

如遇凹形沟槽缺陷较狭窄而深度游标卡尖伸不进去时，可采用石蜡印模法测出深度。

塞尺，主要是用来测量~~亮带~~容器的相邻两圈绕带的间隙。

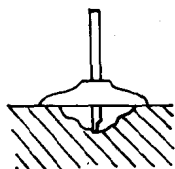


图 1—6 测量平面上
缺陷深度

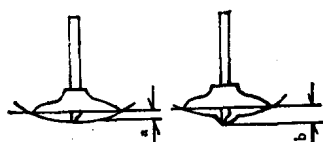


图 1—7 测量弧形面上的
缺陷深度 (深度 = $b - a$)

千分表则使用于高压容器进行水压试验时测量残余变形的场合。使用时，按容器长度每隔 4—5 M 选取一个有代表性的截面，分别按方位（ $\uparrow$ ，或 $\downarrow$ ，或 $\rightarrow$ ）装置千分表。装设方法是在容器的外周套上一个圈架，圈架的内径应略大于容器的外径，使其不与容器接触，不受容器变形的影响，但它与容器周圈的间距应予固定，使它们在整个测量过程中不至于产生相对的移动。将千分表装在圈架上，千分表的触尖轻轻顶住容器的外壁，并使触杆的延线通过容器的圆心，使其在测量时能够准确反映容器的径向变形值，这样就使每一个方位的直径方向上都对称地装着两块千分表。测量时，在容器已经装满水但还没有压力时（试验用水自重产生的静压力不计），将千分表的指针调整为 0（或某一个读数），通过水压试验过程中升压时器壁膨胀和降压时器壁回弹的实况，记录千分表上的读数。如果容器在水压试验时产生径向残余变形，在容器内压卸去后，千分表的指针将回不到 0 位（或试验前的读数值），这个差数（应该是两个对称的千分表的读数差值之和），即为容器在试验前后的直径差。这样