

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20201—2007

---

# 带压密封技术规范

Technical specification for online leak sealing

2007-05-29 发布

2007-11-01 实施

---

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

中华人民共和国化工行业标准

# 带压密封技术规范

**Technical specification for online leak sealing**

HG/T 20201—2007

主编单位：全国化工施工标准化管理中心站

北京巨业华能科技开发有限责任公司

批准部门：中华人民共和国国家发展和改革委员会

实施日期：2 0 0 7 年 1 1 月 1 日

中 国 计 划 出 版 社

2007 北 京

# 中华人民共和国国家发展和改革委员会

## 公 告

2007 年 第 32 号

国家发展改革委批准《光学仪器用短牙螺纹》等 208 项行业标准(标准编号、名称及起始实施日期见附件),其中机械行业标准 77 项、建材行业标准 40 项、纺织行业标准 31 项、轻工行业标准 54 项、化工行业标准 3 项、黑色冶金行业标准 3 项,现予公布。

以上机械行业标准由机械工业出版社出版、建材行业标准由建材工业出版社出版、纺织行业标准由中国标准出版社出版、轻工行业标准由轻工业出版社出版、化工行业标准由中国计划出版社出版、黑色冶金行业标准由冶金工业出版社出版。

附件:3 项化工行业标准编号、名称及起始实施日期

中华人民共和国国家发展和改革委员会

二〇〇七年五月二十九日

附件：

3 项化工行业标准编号、名称及实施日期

序号	标准编号	标 准 名 称	被代替标准编号	实施日期
203	HG/T 20201—2007	带压密封技术规范		2007-11-01
204	HG/T 20572—2007	化工企业给排水设计施工图 内容深度统一规定	HG/T 20572—1995	2007-11-01
205	HG/T 20697—2007	化工暖通空调设备采购规定		2007-11-01

## 前 言

本规范根据原国家经贸委(国经贸厅行业[2003]22号文)和中国石油和化学工业协会(中石化协质发[2003]58号文)的要求,由中国工程建设标准化协会化工分会组织全国化工施工标准化管理中心站编制。

在制订过程中,编制组进行了广泛的调查研究,认真总结了我国近20年来在带压密封工程领域的技术研究和应用中的经验及成果,同时参考了国内外带压密封技术应用方面的大量资料,广泛征求了国内化工、石油化工、石油天然气、电力、冶金等行业的工程施工、密封注剂和注剂工器具生产等单位对规范制订稿的意见,编制组对所征求的意见进行了归纳和处理,最后经审查定稿。

本规范共分8章22节和7个附录,主要内容包括总则、术语和符号、安全管理与防护、密封注剂、注剂工器具、泄漏部位现场勘测、夹具设计、现场施工操作等。

在规范执行过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,如发现本规范有需要修改和补充之处,请将意见或建议寄至:中国工程建设标准化协会化工分会(地址:北京市朝阳区安立路60号润枫德尚A座13层,邮编:100101,电话:64820649),以供今后修订时参考。

本规范由中国石油和化学工业协会提出并归口。

本规范技术内容由全国化工施工标准化管理中心站(地址:石家庄市槐中路253号,邮编:050021)负责解释。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

**主 编 单 位:**全国化工施工标准化管理中心站

北京巨业华能科技开发有限责任公司

**参 编 单 位:**江达扬升企业

吉林化工学院

平顶山飞行化工(集团)有限责任公司

甘肃金环堵漏技术开发公司

广东省茂名市恒孚防腐工程有限公司

**主要起草人:**胡忆洸 王扬昇 孙文华 赵 良 匡建钊

李自力 倪行秀 陈 考 慈宏光 芦 天

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 4 )
3	安全管理与防护 .....	( 6 )
3.1	一般规定 .....	( 6 )
3.2	生产单位的安全管理 .....	( 6 )
3.3	施工单位的安全管理 .....	( 7 )
3.4	施工人员的安全防护 .....	( 8 )
4	密封注剂 .....	( 10 )
4.1	一般规定 .....	( 10 )
4.2	密封注剂的质量 .....	( 10 )
4.3	密封注剂的选用原则 .....	( 10 )
4.4	密封注剂的使用方法 .....	( 11 )
5	注剂工器具 .....	( 12 )
6	泄漏部位现场勘测 .....	( 14 )
6.1	一般规定 .....	( 14 )
6.2	泄漏介质的勘测 .....	( 14 )
6.3	泄漏部位的测量 .....	( 15 )
7	夹具设计 .....	( 18 )
7.1	一般规定 .....	( 18 )
7.2	盒式夹具和连接螺栓的设计计算规定 .....	( 19 )
7.3	法兰夹具各部尺寸和连接螺栓的设计计算规定 .....	( 21 )
7.4	夹具的制造加工要求 .....	( 23 )
8	现场施工操作 .....	( 24 )
8.1	一般规定 .....	( 24 )
8.2	施工前的准备 .....	( 24 )
8.3	带压密封的施工 .....	( 24 )
8.4	带压密封的焊接施工 .....	( 28 )
8.5	带压密封的施工验收 .....	( 28 )
附录 A	带压密封施工验收记录 .....	( 29 )
附录 B	带压密封工程施工方案内容及格式 .....	( 30 )
附录 C	带压密封工程施工安全评价内容及格式 .....	( 32 )
附录 D	带压密封工程施工作业劳动防护用品选用原则 .....	( 33 )

附录 E 密封注剂的试验方法 ..... (36)

附录 F 泄漏点的勘测工具 ..... (38)

附录 G 带压密封施工工具一览表 ..... (39)

本规范用词说明 ..... (40)

附:条文说明 ..... (41)

# 1 总 则

- 1.0.1 为了确保对生产系统的泄漏部位安全地进行带压密封工程,并保证其质量,制定本规范。
- 1.0.2 非生产系统泄漏部位的带压密封工程,可参照本规范执行。
- 1.0.3 本规范适用于压力为 400Pa(绝压)~30MPa(表压)、温度为-180℃~800℃的生产系统泄漏事故的带压密封工程。
- 1.0.4 本规范不适用于下列情况的带压密封工程:
- 1 极度危害介质的泄漏。
  - 2 具有核辐射危害的泄漏。
  - 3 本规范 6.1.3 条规定的泄漏部位。
- 1.0.5 实施带压密封工程应由发生泄漏事故的生产单位决定。当重大危险化学品源发生泄漏事故时,生产单位必须依据泄漏缺陷情况和泄漏量的大小,分级启动相应的危险化学品事故应急预案。
- 1.0.6 决定实施带压密封工程的生产单位必须选定具有相应资质的施工单位,并负责审查和批准带压密封工程施工方案和安全评价报告,其内容和格式应符合本规范附录 B 和附录 C 的规定。
- 1.0.7 生产单位必须提供带压密封工程现场作业必备的安全保证条件,同时配合施工单位做好安全监护工作。
- 1.0.8 生产单位必须对带压密封工程现场作业人员进行安全技术交底,并履行交底签字手续。
- 1.0.9 生产单位必须依据本规范,负责监督、检查带压密封工程作业的全过程。
- 1.0.10 带压密封工程的作业人员必须经过专业技术培训,持证上岗。
- 1.0.11 带压密封工程施工单位必须持有生产单位签发的“带压密封工程安全检修任务书”进入泄漏现场,并按其要求进行泄漏部位勘测。
- 1.0.12 实施带压密封工程的施工单位必须依据泄漏介质的特性,确定带压密封工程作业的危险性等级。并按国家现行标准为作业人员佩戴相应的安全防护用品。严禁无安全防护用品的单位和作业人员进入现场和从事带压密封工程施工。
- 1.0.13 带压密封产品的制造单位必须提供其产品的质量证明文件和使用说明书,并应具有省级以上质量检测部门出具的产品质量检测报告。
- 1.0.14 带压密封工程施工作业用的密封注剂和注剂工器具,其技术指标不得低于本规范的规定。无质量证明文件和说明书的产品不得使用。
- 1.0.15 带压密封工程施工项目的技术负责人必须对现场作业人员进行技术和安全措施交底,并履行交底签字手续。
- 1.0.16 带压密封工程作业前,有关作业证件必须办理齐全,并进行必要的检测和分析;相应的防护和应急救援器材必须齐全、完好;现场各类监护人员必须全部到位,方可施工。
- 1.0.17 带压密封工程建立的密封结构在生产系统停运期间,在确保安全的条件下,必须拆除,恢复原状。
- 1.0.18 带压密封工程除应遵守本规范的规定外,尚应执行相关的国家现行标准的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 带压密封工程 online leak sealing engineering

以生产系统正在发生的流体泄漏介质的参数为研究对象,以泄漏缺陷部位的勘测数据为依据,安全地创建带压密封装置为目的的工程项目。

#### 2.1.2 密封 seal

隔离高能流体向低能区进行负面传质的有效措施。

#### 2.1.3 带压密封 online leak sealing

对泄漏状态下的流体进行有效密封的技术手段。

#### 2.1.4 注剂式带压密封 online leak sealing with injecting sealant

向特定的封闭空腔注射密封注剂,以安全创建密封结构为目的的一种技术手段。

#### 2.1.5 泄漏 leaking

高能流体经隔离物缺陷通道向低能区侵入的负面传质现象。

#### 2.1.6 流体 fluid

泛指液体、气体、气液混合体以及含有固体颗粒的气体或液体。

#### 2.1.7 隔离物 spacer

特指各种密封构件和物理隔离物;也泛指承压设备、器皿等可能发生泄漏的壁面和界面。

#### 2.1.8 缺陷通道 destroying channel

泛指承压设备、管道上的裂纹、冲刷、磨损孔洞、腐蚀孔洞、焊接缺陷或器皿上的穿透裂纹及孔洞等。

#### 2.1.9 负面传质 negative mass transfer

不希望发生的流体介质泄漏走向。

#### 2.1.10 泄漏介质 leaking medium

经隔离物缺陷通道淌失的流体。

#### 2.1.11 极度危害介质 exceeding hazard medium

《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》(HG 20660—2000)中表 3.0.3-1 所规定的介质。

#### 2.1.12 密封注剂 injecting sealants

供“注剂枪”注射使用的复合型密封材料的总称。

#### 2.1.13 固化 curing;cure

密封注剂通过化学反应(聚合、交联等)获得物化性能的过程。

#### 2.1.14 固化温度 initial curing temperature

、密封注剂能够充分完成固化过程所需的最低温度值。

**2.1.15 耐化学介质性能 chemical resistance**

密封注剂试样经化学试剂浸泡作用后,仍能保持其基本性能的能力。

**2.1.16 溶重度 weighting**

在试验条件下,密封注剂在规定时间内浸泡于化学介质后的质量变化的百分率。

**2.1.17 溶胀度 swelling**

在试验条件下,密封注剂在规定时间内浸泡于化学介质后的体积变化的百分率。

**2.1.18 热失重 heat dissipation;heat loss**

在试验条件下,密封注剂使用温度范围内质量损失变化的百分率。

**2.1.19 耐温性能 endure temperature function**

在使用温度范围内,密封注剂仍能保持其基本性能的能力。

**2.1.20 注射压力 injecting pressure**

表示密封注剂流变性难易程度的技术指标。用 MPa 表示。

**2.1.21 密封比压 sealing pressure**

切断泄漏通道时,施加在密封注剂单位面积上所需的最低压力值。用 MPa 表示。

**2.1.22 贮存期 storage life;shelf life**

在规定条件下,密封注剂仍能保持其质量指标的最长存放时间。

**2.1.23 注剂工具 injecting sealant tools**

向特定密封空腔注射密封注剂时所用的各类工具。

**2.1.24 注剂枪 injector**

在压力作用下,将圆柱状密封注剂挤压成粘流态而注射到封闭空腔内的器械。

**2.1.25 注剂阀 injecting cock**

实现注剂孔与注剂枪刚性连接,起到接通和关闭注剂通道的专用小型高压旋塞阀门。

**2.1.26 注剂接头 injecting joints**

起到转向、加长注剂孔道,而实现注剂孔与注剂阀及注剂枪刚性连接的管件。

**2.1.27 快换接头 hydraulic quick coupler**

无需专门装置,能快速接通和断开油路通道的装置。

**2.1.28 夹具 clamp**

安装在泄漏缺陷部位外部封闭空腔,提供强度和刚度保证的金属构件。

**2.1.29 法兰夹具 flange clamp**

利用法兰外边缘与法兰垫片之间的空隙构成封闭空腔的镶嵌式或槽式夹具。

**2.1.30 盒式夹具 box type clamp**

由壁面和端板组成的包容式夹具。

**2.1.31 封闭空腔 close down cavity**

可有效覆盖泄漏缺陷、包容密封注剂的特定空间。

**2.1.32 注剂孔 injecting threaded hole**

连接注剂阀、注剂接头并形成注剂通道的螺纹孔。

### 2.1.33 C形卡具 C-type clamp

用于填料函带压密封及法兰连接螺栓加固用的C字形工具。

### 2.1.34 防爆工具 non-sparking safety tool

在易燃易爆工作场所使用,能有效地防止由于工具与工作物相互摩擦、碰撞产生火花而引起燃烧、爆炸的专业器具。

## 2.2 符 号

$[\sigma]'$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力;

$\phi$ ——焊接接头系数;

$a$ ——夹具耳板宽度;

$B$ ——夹具宽度;

$b$ ——夹具耳板长度;

$C$ ——夹具封闭空腔宽度;

$C_K$ ——预紧和刚度系数。 $C_K=1.5$ ;

$D$ ——夹具计算直径。法兰夹具为法兰外径,盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度;

$D_i$ ——夹具内直径。法兰夹具为内径,盒式夹具为管道或筒体外径;

$D_1$ ——注剂枪油缸内径;

$D_2$ ——注剂枪剂料腔内径;

$d_1$ ——计算最小螺纹直径;

$K$ ——端板平盖系数;

$L$ ——耳板螺栓孔中心至夹具外壁与耳板连接(焊接)处距离;

$L_1$ ——耳板单螺栓孔中心至法兰夹具外圆周边(焊接部位)的距离;

$L_2$ ——耳板双螺栓孔中心至法兰夹具外侧面的距离;

$m_a$ ——试样受试前在空气中的质量;

$m_w$ ——试样受试前在水中的质量;

$m_{a1}$ ——试样受试后在空气中的质量;

$m_{w1}$ ——试样受试后在水中的质量;

$n$ ——连接螺栓数量;

$p$ ——夹具设计压力;

$p_b$ ——压力表指示压力;

$p_i$ ——注剂压力;

$p_L$ ——泄漏介质最高压力;

$p_p$ ——注射压力;

$\Delta Q$ ——溶重度;

$S$ ——夹具计算厚度;

$S_e$ ——夹具实际厚度;

$S_o$ ——舌环(凸缘)厚度；  
 $S_p$ ——夹具端板计算厚度；  
 $t$ ——夹具耳板厚度；  
 $\Delta V$ ——溶胀度。

### 3 安全管理与防护

#### 3.1 一般规定

- 3.1.1 生产单位和带压密封工程施工单位必须执行“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针。
- 3.1.2 生产单位和带压密封工程施工单位必须落实安全防护措施,保证带压密封工程安全顺利进行。

#### 3.2 生产单位的安全管理

- 3.2.1 生产单位必须选定具有相应资质的施工单位。
- 3.2.2 生产单位应在保证安全的条件下,协助施工单位对泄漏部位进行现场勘测,数据分析。共同确认现场进行带压密封工程作业的决定。
- 3.2.3 生产单位应负责填写并签发带压密封工程安全检修任务书,内容的填写应符合下列规定:
  - 1 生产单位、装置、设备、位号、泄漏部位等名称填写清晰。
  - 2 泄漏介质名称,泄漏介质压力、温度及缺陷情况填写准确。
  - 3 采取的安全防护措施应可靠。
  - 4 泄漏岗位操作工、值班长、安全员、机械师、工艺师、生产主任应确认所填内容并签字。
  - 5 上一级主管生产部门、安全防火部门、生产厂长应审批并签字。
- 3.2.4 生产单位应协助施工单位办理带压密封工程作业所涉及的各种特殊作业的票证。
- 3.2.5 生产单位应负责审批带压密封工程安全检修任务书、施工方案和安全评价报告。
- 3.2.6 带压密封工程作业前,生产单位必须对带压密封工程现场施工作业人员进行安全技术交底,内容包括:
  - 1 泄漏介质压力、温度及危险特性。
  - 2 泄漏设备的操作参数和工艺生产特点。
  - 3 泄漏周围存在的危险源情况。
  - 4 安全通道、安全注意事项、救护方法和必须穿戴的劳保护品等。
- 3.2.7 当泄漏介质为高度危害介质时,生产单位应负责填写带压密封工程施工安全评价报告,并提供作业现场必备的专用安全防护器材和消防器材。
- 3.2.8 生产单位应配合施工单位做好带压密封工程作业现场的通风、稀释和照明,配备的通风和照明工具应符合现场安全使用要求。
- 3.2.9 生产单位在带压密封工程作业前,必须对用电、动火、高空作业及所有票证进行终审、签字后,方可下达作业指令。
- 3.2.10 生产单位在带压密封工程施工时,岗位操作工、值班长、安全员、机械师、工艺师、生产主任

及上一级安全防火部门的有关人员均应到现场配合施工单位,做好安全和救援工作。

**3.2.11** 当进行高处带压密封作业时,生产单位应协助施工单位设计、架设安全可靠带防护围栏的操作平台和安全通道。

**3.2.12** 生产单位应依据本规范及本单位的安全操作规程,负责监督、检查带压密封工程施工作业的全过程,并及时制止违章操作。

**3.2.13** 当带压密封结构发生泄漏时,生产单位必须通知原施工单位进行处置,并按作业要求重新办理带压密封工程作业所需的一切手续。

**3.2.14** 带压密封工程作业所涉及的各种签证文件,均应保存到该密封结构彻底拆除后。

### **3.3 施工单位的安全管理**

**3.3.1** 从事带压密封工程的施工单位应具备下列条件:

- 1 必须取得省级以上相应的施工资质。
- 2 至少应有一名具有注册安全工程师执业资格的专职安全技术负责人。
- 3 必须具有至少一名以上取得中级以上专业技术职称的带压密封工程设计人员。
- 4 对带压密封工程所用工器具应执行定检制度,保证其处于完好状态。
- 5 应配备必要的泄漏检测设备。
- 6 带压密封工程作业人员必须经过专业技术培训,且不少于5人取得合格证,并熟知本规范。

**3.3.2** 施工单位必须根据生产单位签发的带压密封工程安全检修任务书的内容规定进入现场,并遵照本规范第6章的规定,对泄漏部位进行现场勘测。

**3.3.3** 施工单位应根据泄漏部位现场勘测的具体情况,制定带压密封工程施工和安全评价报告,报生产单位审批。

**3.3.4** 施工单位根据带压密封工程作业的需要,向生产单位申请、办理、领取各种特殊作业所需的票证。

**3.3.5** 带压密封工程动工前,一切票、证、书必须经过相关部门审批、签字、确认并分析合格,在接到生产单位下达的作业指令后,方可动工。

**3.3.6** 带压密封工程施工人员必须接受生产单位安排的现场安全技术交底,全面了解和掌握本规范第3.2.6条的内容。

**3.3.7** 带压密封工程施工项目技术负责人必须根据施工方案,在作业前对现场作业人员进行技术和安全措施交底,内容包括:

- 1 从施工的角度介绍泄漏设备参数和泄漏介质特性。
- 2 带压密封夹具设计情况和安装要求。
- 3 注剂工器具的安全操作要求。
- 4 讲解安全评价报告内容。
- 5 逐条讲解安全措施。

不经技术和安全交底的带压密封工程项目不得施工,施工人员有权拒绝施工。

**3.3.8** 施工单位所使用的带压密封工程施工器具,必须定期通过法定计量检定机构的计量检测,使用前应处于完好状态。

**3.3.9** 施工单位应根据泄漏介质的温度、压力、毒性、燃爆性、腐蚀性等因素,配备符合国家现行标准规定的安全防护用品。

**3.3.10** 当施工单位使用生产单位的现场器材时,必须征得生产单位有关人员的同意,并在生产单位有关人员监护下使用。

**3.3.11** 当施工单位采用惰性气体、压缩空气、蒸汽、水对泄漏部位或注剂枪进行稀释、降温、加热时,必须征得生产单位同意,并在生产单位有关人员指挥下,架设专用管线。

**3.3.12** 施工单位在带压密封工程施工过程中,发生意外情况时,应及时与生产单位有关部门联系,共同处置。

**3.3.13** 带压密封工程施工结束后,施工单位应负责对作业现场进行清理。

**3.3.14** 当带压密封结构发生泄漏时,施工单位必须重新办理带压密封工程作业所需的一切票证。

**3.3.15** 施工单位应妥善保存好带压密封工程作业过程中所办理的各种票证和签证文件。

### **3.4 施工人员的安全防护**

**3.4.1** 带压密封工程施工人员必须依据泄漏现场的实际情况,佩戴防火、防爆、防毒、防静电、防烫、防坠落、防碰伤、防噪音、防低温、防打击、动火、防酸、防碱、防尘等安全防护用品,安全防护用品的质量必须符合国家现行标准的规定。

**3.4.2** 带压密封工程作业人员头部的防护,应根据泄漏介质、压力、温度佩戴防护帽、安全帽或防护头罩,其质量必须符合《安全帽》(GB 2811)的规定。

**3.4.3** 带压密封工程作业人员眼、面部的防护,应根据泄漏介质化学性质、压力、温度佩戴防护眼镜和防护面罩。防护眼镜和防护面罩必须符合《炉窑护目镜和面罩》(LD66)的规定。

**3.4.4** 呼吸器官的防护应符合下列规定:

1 带压密封工程作业人员呼吸器官的防护,应根据泄漏现场粉尘的性质佩戴自吸过滤式防尘口罩、送风过滤式防尘呼吸器,其质量必须分别符合《自吸过滤式防尘口罩通用技术条件》(GB/T 2626)和《电动送风过滤式防尘呼吸器通用技术条件》(LD6)的规定。

2 当带压密封工程作业现场有毒物质超过《工业企业设计卫生标准》(GB 21)的规定限值时,应根据泄漏介质的毒性程度佩戴导管式防毒面具或直接式防毒面具,其技术性能必须符合《过滤式防毒面具通用技术条件》(GB 2890)的规定。

**3.4.5** 当带压密封工程作业现场的噪音超过《工业企业厂界噪音标准》(GB 12348)的规定时,作业人员应佩戴耳塞、耳罩或防噪音帽。

**3.4.6** 手部的防护应符合下列规定:

1 带压密封工程作业时遭受酸、碱类介质泄漏伤害,作业人员的手部应根据酸、碱的性质佩戴耐酸碱手套进行防护,其质量应符合《耐酸(碱)手套》(LD 34)的规定。

2 带压密封工程的作业人员,应根据油类泄漏介质的性质佩戴耐油手套,其质量应符合《防 X 线手套》(LD 34.4)的规定。

3 带压密封工程的作业人员,应根据泄漏介质的温度佩戴耐高温手套,其质量应符合国家有关标准的规定。

**3.4.7** 耐酸碱手套宜用于热水和有毒介质泄漏的带压密封工程作业。

#### 3.4.8 躯干的防护应符合下列规定：

1 带压密封工程的作业人员，应根据泄漏介质温度穿戴阻燃防护服，其质量应符合《阻燃防护服》(GB 8965)的规定。

2 处置易燃、易爆介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴防静电服，其质量应符合《防静电工作服》(GB 12014)的规定。

3 处置酸类介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴防酸服，其质量应符合《防酸工作服》(GB/T 12012)的规定。

4 处置油品类介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴抗油拒水服，其质量应符合国家相关标准的规定。

5 在粉尘环境条件下进行带压密封工程作业，施工人员应穿戴防尘服，其质量应符合《防尘服安全要求》(DB 42/054)的规定。

#### 3.4.9 足部的防护应符合下列规定：

1 当处置易燃、易爆介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴防静电鞋，其质量应符合《防静电鞋、导电鞋 技术要求》(GB 4385)的规定。

2 当处置酸、碱类介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴耐酸碱鞋，其质量应符合《耐酸碱皮鞋》(GB 12018)的规定。

3 根据泄漏介质的温度，带压密封工程作业人员应穿戴高温防护鞋，其质量应符合国家有关标准的规定。

4 当处置油品类介质泄漏时，带压密封工程作业人员应穿戴耐油防护鞋，其质量应符合《耐油防护鞋通用技术条件》(GB 16756) 的规定。

3.4.10 其他作业防护用品可按《劳动防护用品选用规则》(GB 11651)佩戴安全防护用品。

3.4.11 当作业人员处置易燃介质泄漏时，除应按本规范第 3.4.8 条、第 3.4.9 条的规定，穿戴安全防护用品外，所使用的防爆用呆扳手、防爆用鑿子、防爆用检查锤等作业器具必须符合国家相关标准的规定，严禁施工时产生静电或火花。

3.4.12 当带压密封工程施工坠落高度在基准面 2m 及 2m 以上进行时，除应遵守《高处作业分级》(GB/T 3608)的规定外，还应遵守本规范第 3.2.11 条的规定。

3.4.13 带压密封工程施工现场应设置明显的警示标志，无关人员不得进入施工地点。



## 4 密封注剂

### 4.1 一般规定

4.1.1 密封注剂必须具有产品质量证明书、出厂合格证和使用说明书。并应具有省级以上质量检测部门出具的 MA 质量检测报告。

4.1.2 密封注剂在使用前必须进行复验,复验的项目和指标应符合表 4.2.3 的规定。当有一项指标不合格时,应取双倍样品进行复验,复验后仍不合格者,该批密封注剂不得使用。复验项目的检验方法应符合本规范附录 E 的规定。

4.1.3 密封注剂应储存在阴凉、避光、通风的库房内,库房内严禁存放挥发性溶剂。

4.1.4 密封注剂在运输和使用过程中,应轻拿轻放,不得挤压。堆放高度不得超过 1m。不得与挥发性溶剂混合运输。

### 4.2 密封注剂的质量

4.2.1 密封注剂分为热固化型和非热固化型两类。

4.2.2 密封注剂的直径宜为 18~25mm,长度宜为 60~100mm,且为棒状固体。

4.2.3 密封注剂的质量应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 密封注剂的质量指标

项 目		指 标
注射压力,MPa	25℃	≤30
	50℃	≤28
热失重,%		≤25
溶胀度,%		-5~10
溶重度,%		-5~10

### 4.3 密封注剂的选用原则

4.3.1 选用的密封注剂,其质量指标必须符合表 4.2.3 的规定。

4.3.2 当根据泄漏介质的化学性质选择密封注剂时,应符合下列规定:

- 1 泄漏介质应在密封注剂使用说明书规定的耐介质范围内。
- 2 混合物泄漏介质的每一组分,都应包含在密封注剂使用说明书规定的耐介质范围内。
- 3 未固化的密封注剂与泄漏介质不发生溶解和破坏。
- 4 非固化型密封注剂在泄漏介质温度条件作用下,不得发生溶解和破坏。

4.3.3 当根据泄漏介质系统的温度选择密封注剂时,应符合下列规定:

- 1 泄漏介质的温度,应在密封注剂使用说明书规定的适用温度范围内。

- 2 宜选用在泄漏介质系统温度下可完全固化的热固化型密封注剂品种。
- 3 低温泄漏介质应选择玻璃化转变温度低的密封注剂品种。
- 4.3.4 当根据夹具安装间隙选择密封注剂时,夹具的安装间隙应符合本规范第 7.4.4 条的规定。选用的密封注剂除应符合本规范第 4.3.1 条~第 4.3.3 条的规定外,尚应选择注射压力低的密封注剂。

#### 4.4 密封注剂的使用方法

- 4.4.1 密封注剂的规格应与注剂枪的注剂腔规格配套。
- 4.4.2 当环境温度或泄漏介质系统的温度低于密封注剂的注射温度要求时,应对密封注剂采取预热措施,或对注剂枪、注剂阀、夹具采取加热措施。
- 4.4.3 密封注剂的预热温度应低于其固化温度。
- 4.4.4 对密封注剂可按下列方法进行预热:
  - 1 选用密封注剂预热仪进行预热。
  - 2 可将密封注剂放在热水中进行预热。
  - 3 可将密封注剂放置在温度低于密封注剂的固化温度的设备壁面上预热。
  - 4 可用蒸汽直接对密封注剂进行预热。
- 4.4.5 注剂工器具可按下列方法加热:
  - 1 可放置在有一定温度的现场设备壁面上加热。
  - 2 现场有蒸汽或热风等连续热源的,可对夹具、注剂阀及注剂枪的注剂腔部分直接加热。
- 4.4.6 当泄漏介质温度高于 475℃时,应选择水、空气或饱和水蒸气等对注剂枪的注剂腔部位进行降温处置。

## 5 注剂工器具

**5.0.1** 带压密封工程施工作业的注剂工具包括注剂枪、液压泵、液压胶管、压力表、快换接头、注剂阀、注剂接头、C形卡具、紧带器、防爆工具等。

**5.0.2** 注剂工器具必须具有产品质量证明书、出厂合格证和使用说明书。并应具有省级以上质量检测部门出具的MA质量检测报告。

**5.0.3** 成套销售的注剂工具应进行系统强度试验和严密性试验。试验温度为常温,试验介质为液压油,强度试验压力为公称压力的1.25倍,保压30min;严密性试验压力为公称压力,保压30min。以无变形、无泄漏为合格。

**5.0.4** 应对成套销售的注剂工具进行外观检查。液压开关、注剂阀、连接螺母等的启闭、转动应灵活。

**5.0.5** 应选用手动液压泵作为动力源。也可在确保作业现场安全的情况下,选用气动、电动液压泵作为动力源,但必须满足本规范第5.0.4条的要求。

**5.0.6** 当选用气动、电动液压泵作为动力源时,必须遵照本规范第5.0.3条的规定,对注剂工具进行系统强度试验和严密性试验。

**5.0.7** 液压胶管每年应进行一次强度试验,试验压力为公称压力的1.25倍。当试验压力在低于90MPa时,液压胶管就发生了凸起、渗漏,则此胶管不得使用。

**5.0.8** 压力表应符合下列规定:

- 1 压力表的量程应为0~60MPa。
- 2 压力表应选择具有耐震性能的充油表。
- 3 压力表的表盘宜选择60表盘规格。
- 4 压力表应选择具有两向位置功能的压力表接头。

**5.0.9** 快换接头应符合下列规定:

- 1 快换接头应选用具有可锁紧功能的两侧切断式快换接头。
- 2 快换接头分离后,凸接头和凹接头应采用防尘措施。

**5.0.10** 注剂阀应符合下列规定:

- 1 注剂阀宜采用一端为M12另一端为M16的螺纹密封式旋塞阀。
- 2 注剂阀应进行强度和严密性试验,强度试验压力应为设计压力的1.25倍。进行强度和严密性试验时,应选用温度为50℃、注射压力宜为20MPa的密封注剂品种,试验压力应保压10min,以无泄漏为合格。

**5.0.11** 注剂接头应符合下列规定:

- 1 注剂接头的螺纹规格宜选用M12。
- 2 注剂接头应按设计压力进行强度试验。试验压力应为设计压力的1.25倍,保压30min。以

无变形和无破坏为合格。

**5.0.12** 注剂工具中的计量仪表除应符合本规范的要求外,还应按国家计量法规的规定,进行定期检测。

**5.0.13** 注剂工器具使用完毕后,应及时清理干净,在专用库房内存放,并进行维护保养。

## 6 泄漏部位现场勘测

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 泄漏部位的现场勘测指令应由生产单位下达,并应遵守本规范第 3.2.2 条和 3.3.2 条的规定。
- 6.1.2 现场勘测的安全条件,必须符合本规范第 3.2 节的规定。勘测人员必须按本规范第 3.4 节的规定穿戴防护用品,方可进行现场勘测。
- 6.1.3 经现场勘测,发现有下列安全隐患时,不得进行带压密封工程施工:
- 1 现场安全及防护措施不能满足带压密封工程施工规定的场所和部位。
  - 2 无法检测清楚带压密封部位材料的减薄情况的泄漏部位。
  - 3 无法有效止住带压密封部位材料的裂纹扩展的泄漏部位。
  - 4 带压密封部位材料的刚度和强度无法满足安装夹具要求的泄漏部位。
  - 5 带压密封部位螺栓强度不能满足密封比压要求,且无法加固的泄漏部位。
  - 6 环连接面法兰线密封垫片泄漏,无有效螺栓加固措施的,严禁用法兰夹具带压密封。
- 6.1.4 泄漏部位现场勘测前应将泄漏部位的保温层、附着物等污物清理干净。
- 6.1.5 泄漏部位现场勘测作业时,必须由两名以上的作业人员进行,并应有泄漏现场的车间或装置内的工作人员进行配合。
- 6.1.6 泄漏部位现场勘测数据应以文字形式记录。内容包括泄漏介质勘测记录、泄漏部位的测量记录和参加人员的签字。
- 6.1.7 泄漏部位现场勘测使用的工具,应符合本规范附录 F 的规定。

### 6.2 泄漏介质的勘测

- 6.2.1 泄漏介质勘测的项目应符合表 6.2.1 的规定。
- 6.2.2 泄漏介质性能、温度、压力应以现场实际运行的数据为准进行记录。当对勘测结果有怀疑时,应在现场重新进行测量或取样复检。

表 6.2.1 泄漏介质勘测记录

泄漏介质标识	名称		国标编号		CAS 号	
	危险性类别		化学类别		分子式	
	结构式		相对分子质量			
泄漏介质 化学参数	爆炸下限, %		爆炸上限, %		闪点, °C	
	引燃温度, °C		最小点火能, mJ		燃烧热, kJ/mol	
	溶解性		燃烧性		危险特性	

续表 6.2.1

泄漏介质 物理参数	熔点,℃		沸点,℃		饱和蒸气压, kPa	
	相对密度 (水=1)		相对密度 (空气=1)		临界温度,℃	
	最低工作温度,℃		最高工作温度,℃		作业环境温度,℃	
	最低工作压力,MPa		最高工作压力,MPa		临界压力,MPa	
勘测人员姓名: 年 月 日						

### 6.3 泄漏部位的测量

6.3.1 泄漏部位的勘测数据应准确可靠,其同一尺寸的外圆部位应在多个不同角度位置上测量。两点之间间隙和距离则应在整个圆周上尽量增加测量点,以找出其最小值。

6.3.2 泄漏点的位置应在勘测示意图或附加图上标明;泄漏点的大小可用长×宽或当量孔径表示。

6.3.3 法兰垫片泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.3)应按表 6.3.3 的格式进行填写。

表 6.3.3 法兰泄漏勘测记录表

	$D_1$	$D_2$	$e$	$C_1$	$C_2$	$C$	$h$	螺栓	泄漏缺陷简图
初测值						$C_{\min} =$	$h_{\min} =$	规格 $M$ 数量 $n =$	长×宽或当量孔径
复测值									
理论值									

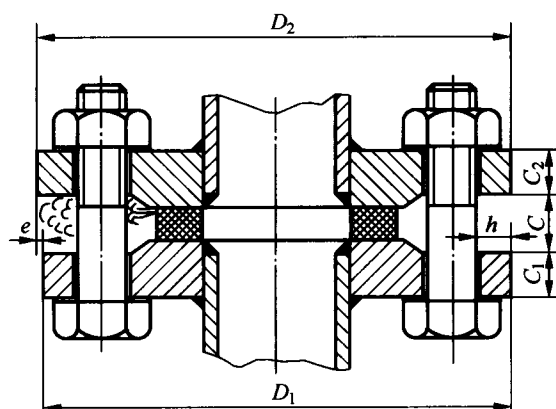


图 6.3.3 法兰泄漏点的测量示意图

6.3.4 直管、设备筒体泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.4)应按表 6.3.4 的格式进行填写。

表 6.3.4 直管泄漏勘测记录表

	$D_1$	$D_2$	$e$	理论壁厚	测量壁厚	泄漏缺陷及简图
初测值						长×宽或当量孔径
复测值						
理论值						

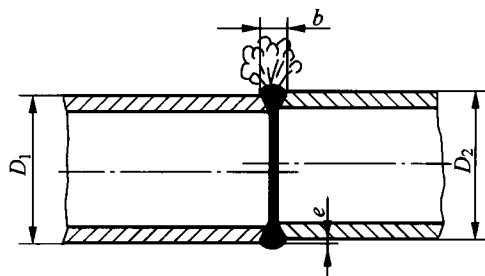


图 6.3.4 直管泄漏点的测量示意图

6.3.5 变径管泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.5)应按表 6.3.5 的格式进行填写。

表 6.3.5 变径管泄漏勘测记录表

	$D_1$	$D_2$	$e$	$L$	理论壁厚	测量壁厚	泄漏缺陷及简图
初测值							长×宽或当量孔径
复测值							
理论值							

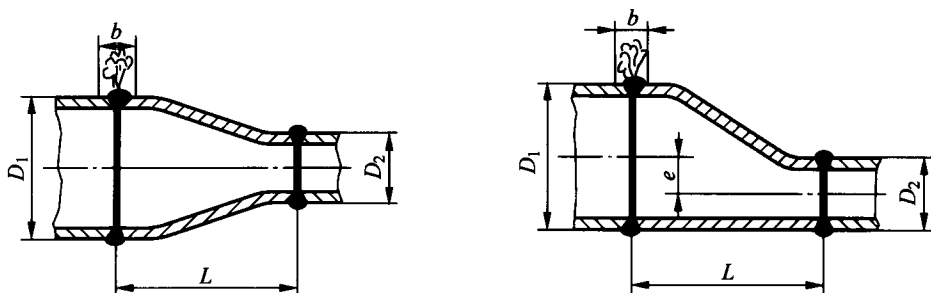


图 6.3.5 变径管泄漏的测量示意图

6.3.6 90°弯头泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.6)应按表 6.3.6 的格式进行填写。

表 6.3.6 90°弯管泄漏勘测记录表

	$D_1$	$D_2$	$F_1$	$F_2$	$R$	$R_1$	$R_2$	理论壁厚	测量壁厚	泄漏缺陷及简图
初测值										长×宽或当量孔径
复测值										
理论值										

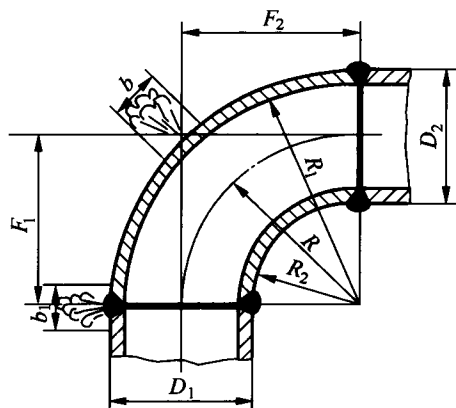


图 6.3.6 弯头泄漏点的测量示意图

6.3.7 三通泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.7)应按表 6.3.7 的格式进行填写。

表 6.3.7 三通泄漏勘测记录表

	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$M$	$C$	理论壁厚	测量壁厚	泄漏缺陷及简图
初测值								长×宽或当量孔径
复测值								

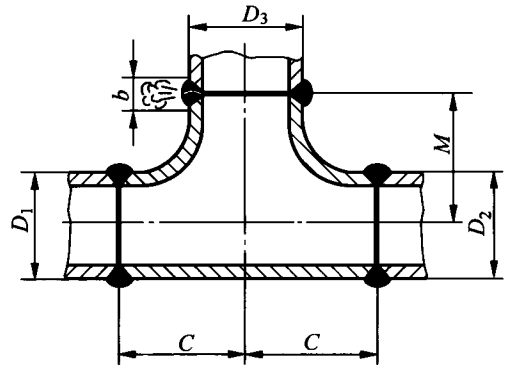


图 6.3.7 三通泄漏点的测量示意图

6.3.8 填料泄漏部位测量的项目和内容(见图 6.3.8)应按表 6.3.8 的格式进行填写。

表 6.3.8 填料泄漏勘测记录表

	$D$	$h$	填料理论壁厚	填料测量壁厚	泄漏缺陷及简图
初测值			阀门型号： 壁厚：	打孔处壁厚：	长×宽或当量孔径
复测值					
理论值					

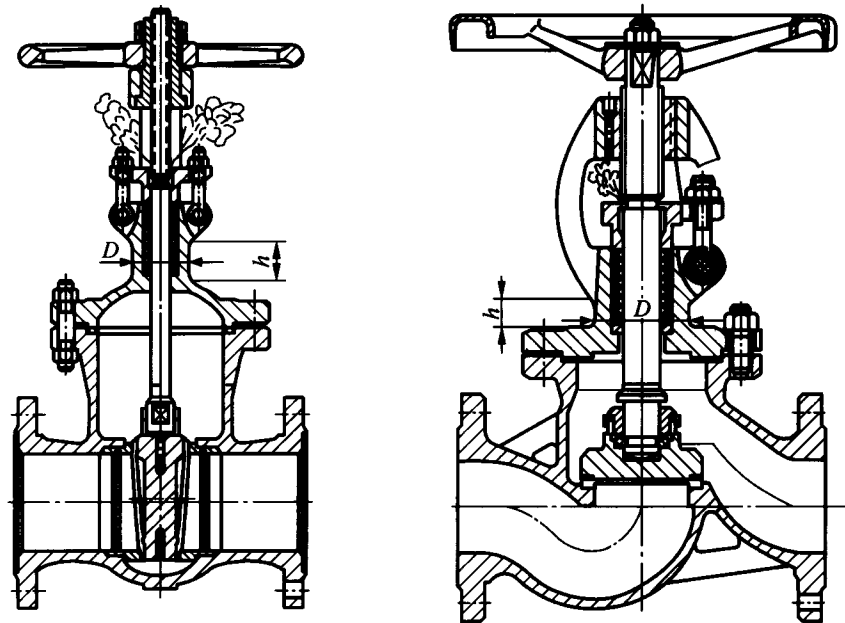


图 6.3.8 填料泄漏点的测量示意图

6.3.9 应测量距泄漏点部位 500mm 半径空间范围内的设备、管道、仪表、平台、支架、建筑物等的距离和相对位置,均应以简易视图注明并记录。



## 7 夹具设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 夹具按其结构形式分为盒式夹具和法兰夹具。盒式夹具包括直管夹具、变径管夹具、弯头夹具、三通和四通管夹具、填料夹具。

7.1.2 夹具结构设计应符合下列规定：

1 夹具必须有足够的强度和刚度，并且设计时严禁出现对泄漏缺陷形成拉应力的夹具结构形式。

2 夹具与泄漏部位的外表面应构成可注入密封注剂的封闭空腔，并应符合下列规定：

1) 盒式夹具封闭空腔的宽度必须覆盖泄漏缺陷终止点 20mm 以上，其高度应在 5~20mm。

夹具两侧端板必须安装在泄漏点两侧壁厚未见有明显缺陷的部位；

2) 法兰夹具宜设计为“凸”型，其最小宽度应保证满足密封间隙及注剂孔开设的要求；

3) 法兰的颈部，法兰与接管的角焊缝或对接焊缝的泄漏，应按盒式夹具设计。

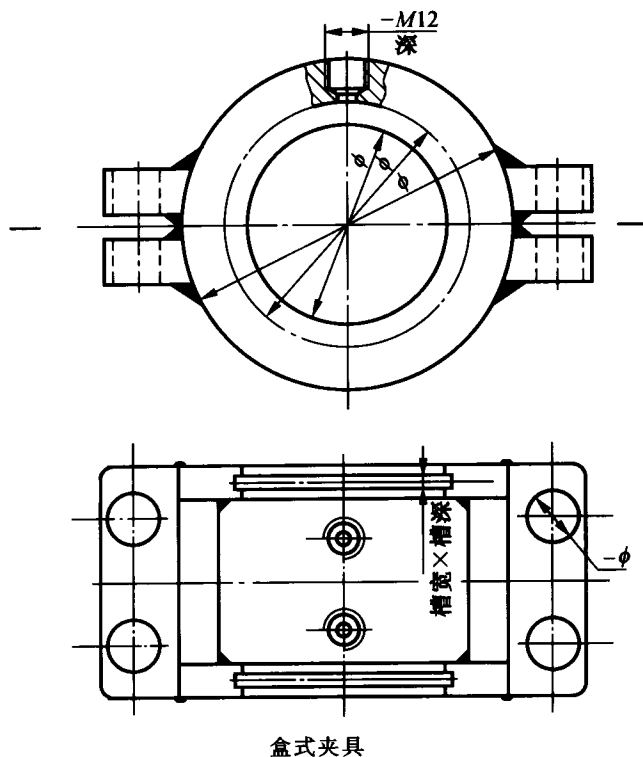
3 夹具上注剂孔数量应符合下列规定：

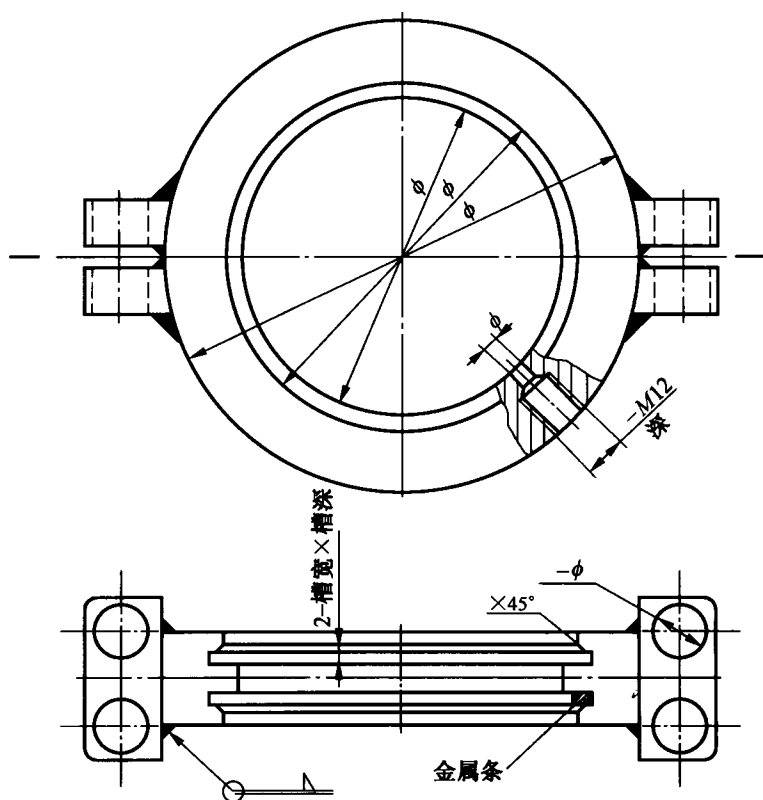
1) 夹具总注剂孔数宜大于或等于 2 个；

2) 法兰夹具设计的注剂孔数应等于法兰副连接螺栓个数；

3) 盒式夹具设计的注剂孔间距离应小于或等于 100mm。

4 夹具与泄漏部位的接触间隙应满足注入密封比压的要求，不能满足时应增设辅助密封结构（见图 7.1.2）。





法兰夹具

图 7.1.2 辅助密封结构

5 夹具的剖分设计合理。

7.1.3 夹具材料许用应力可按《钢制压力容器》(GB 150)的规定选取。

## 7.2 盒式夹具和连接螺栓的设计计算规定

7.2.1 盒式夹具(见图 7.2.1)的壁厚  $S$ ,应按式(7.2.1-1)和式(7.2.1-2)计算:

$$S = \frac{pD}{2[\sigma]'\phi - p} \quad (7.2.1-1)$$

$$p = p_L + 5 \quad (7.2.1-2)$$

式中  $S$ ——夹具计算厚度,在实际应用时,厚度不应小于 6mm;

$p$ ——夹具设计压力(MPa);

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2 倍注剂厚度(mm);

$\phi$ ——焊接接头系数;取  $\phi=0.7$ ;当夹具采用整体材料制作时, $\phi=1$ 。

$p_L$ ——泄漏介质最高压力(MPa);

$[\sigma]'$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

7.2.2 盒式夹具端(盖)板的厚度  $S_p$ ,应按式(7.2.2)计算:

$$S_p = D \sqrt{\frac{Kp}{[\sigma]'\phi}} \quad (7.2.2)$$

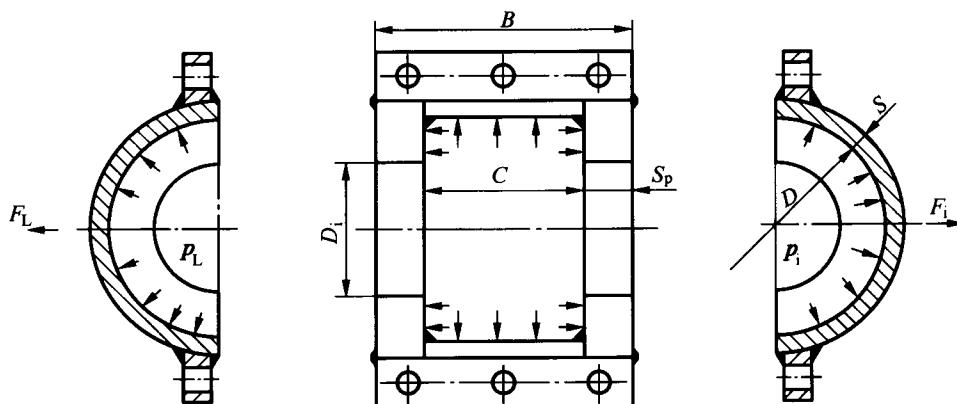


图 7.2.1 盒式夹具受力示意图

式中  $S_p$ ——夹具端板计算厚度(mm);

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度(mm);

$K$ ——端板平盖系数。当圆筒壳体与端板用焊接结构时,  $K=0.35$ ; 当夹具为整体结构(无焊接)时,  $K \geq 0.16 \sim 0.188$ ;

$p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa);

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa);

$\phi$ ——焊接接头系数;取  $\phi=0.7$ ; 当夹具采用整体材料制作时,  $\phi=1$ 。

7.2.3 夹具连接螺栓的直径  $d_1$ ,应按式(7.2.3)计算:

$$d_1 \geq 1.29 \sqrt{\frac{C_K C p D}{n [\sigma]^t}} \quad (7.2.3)$$

式中  $d_1$ ——计算最小螺纹直径,根据按  $d_1$  查取螺栓标准直径(mm);

$C_K$ ——预紧和刚度系数。  $C_K=1.5$ ;

$C$ ——夹具封闭空腔宽度(mm);

$p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa);

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度(mm);

$n$ ——连接螺栓数量;

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

7.2.4 夹具耳板连接(见图 7.2.4)的厚度  $t$ ,应按式(7.2.4)计算:

$$t = \sqrt{\frac{3CLpD}{b[\sigma]^t}} \quad (7.2.4)$$

式中  $t$ ——夹具耳板厚度(mm);

$C$ ——夹具封闭空腔宽度(mm);

$L$ ——耳板螺栓孔中心至夹具外壁与耳板连接(焊接)处距离(mm);

$p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa);

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度(mm);

$b$ ——夹具耳板长度(mm);

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

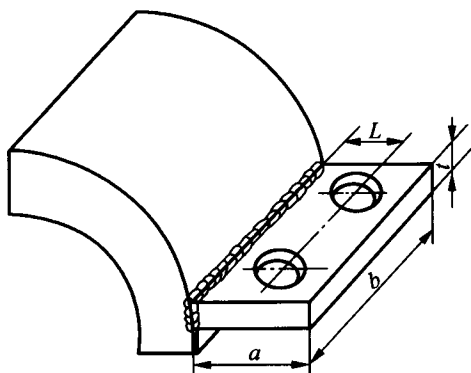


图 7.2.4 耳板连接计算示意图

### 7.3 法兰夹具各部尺寸和连接螺栓的设计计算规定

7.3.1 法兰夹具(见图 7.3.1)的壁厚  $S$ ,应按下式计算:

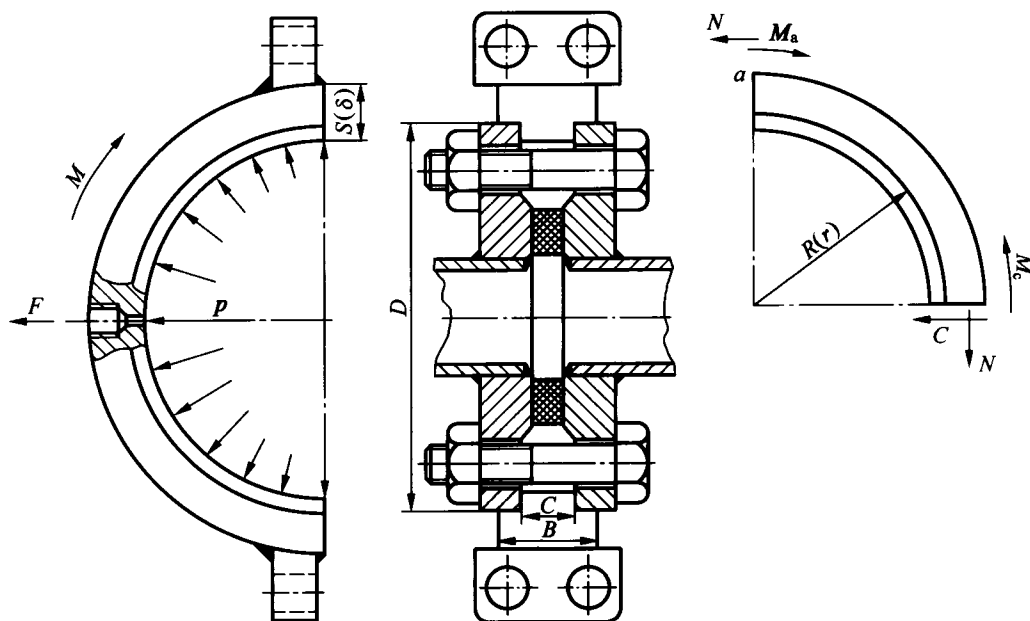


图 7.3.1 法兰夹具受力示意图

1 当法兰外直径  $D < 500\text{mm}$  时,且为二等分割分夹具时:

$$S = 0.977D \sqrt{\frac{Cp}{B[\sigma]_t}} \quad (7.3.1-1)$$

2 当法兰外直径  $D \geq 500\text{mm}$  时,且为四等分割分夹具时:

$$S = 0.612D \sqrt{\frac{Cp}{B[\sigma]_t}} \quad (7.3.1-2)$$

$$S_e = S + S_o \quad (7.3.1-3)$$

式中  $S$ ——夹具计算厚度(mm);  
 $S_e$ ——夹具实际厚度(mm);  
 $S_o$ ——舌环(凸缘)厚度(mm);

$D$ ——夹具计算直径。法兰夹具为泄漏法兰外径(mm)；

$C$ ——夹具封闭空腔宽度(mm)；

$p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa)；

$B$ ——夹具宽度(mm)；

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

7.3.2 夹具连接螺栓的直径  $d_1$ ,应按式(7.2.3)进行计算。

7.3.3 当法兰夹具为两个连接螺栓(见图 7.3.3)时,法兰夹具连接耳板的厚度  $t$ ,应按式(7.3.3)计算：

$$t = \sqrt{\frac{3CL_1 p D}{b[\sigma]^t}} \quad (7.3.3)$$

式中  $t$ ——夹具耳板厚度(mm)；

$C$ ——夹具封闭空腔宽度(mm)；

$L_1$ ——耳板单螺栓孔中心至法兰夹具外圆周边(焊接部位)的距离(mm)；

$p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa)；

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度(mm)；

$b$ ——夹具耳板长度(mm)；

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

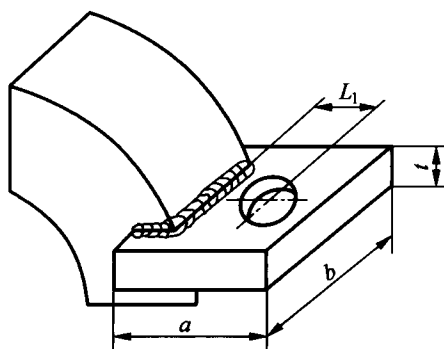


图 7.3.3 耳板连接示意图

7.3.4 当法兰夹具为四个连接螺栓(见图 7.3.4)时,法兰夹具连接耳板的厚度  $t$ ,应按式(7.3.4)计算：

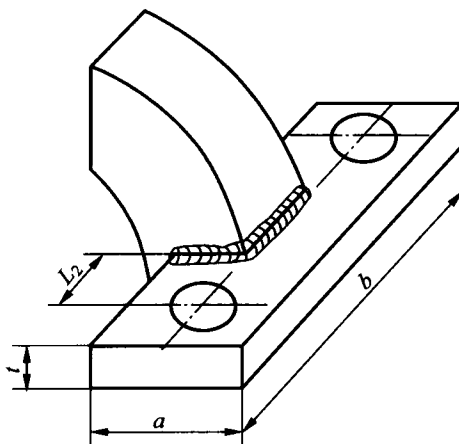


图 7.3.4 耳板连接示意图

$$t = \sqrt{\frac{3CL_2 pD}{a[\sigma]}}$$

(7.3.4)

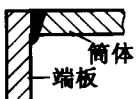

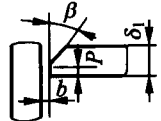



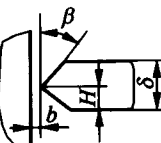
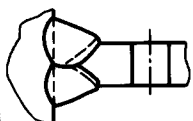
式中
 

- $t$ ——夹具耳板厚度(mm);
- $C$ ——夹具封闭空腔宽度(mm);
- $L_2$ ——耳板双螺栓孔中心至法兰夹具外侧面的距离(mm);
- $p$ ——夹具设计压力,按(7.2.1-2)式计算(MPa);
- $D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2倍注剂厚度(mm);
- $a$ ——夹具耳板宽度(mm);
- $[\sigma]$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力(MPa)。

### 7.4 夹具的制造加工要求

- 7.4.1 夹具应按设计图纸制造。
- 7.4.2 夹具可采用铸造、锻造、整体成型和焊接的方法成型,并应在机床上进行精细加工。
- 7.4.3 夹具的剖分面应在机床精细加工前完成。剖分面之间不应有接触间隙。
- 7.4.4 夹具加工精度应在 IT10~IT11 之间选取,表面粗糙度宜在 $\sqrt{1.6}$ 、 $\sqrt{3.2}$ 、 $\sqrt{6.3}$ 中选取。
- 7.4.5 夹具本体的焊接;耳板与夹具本体的焊接;盒式夹具筒体与端板的焊接,其坡口形式和焊接要求应符合表 7.4.5 的规定。

表 7.4.5 焊接坡口形式和要求

焊接部位	工件厚度	名称	符号	坡口形式	焊接形式	坡口尺寸
 筒体 端板	6~30mm	带钝边单边 V 型坡口				$\beta=35^{\circ}\sim50^{\circ}$ $b=0\sim3$ $P=1\sim3$
 耳板	>10mm	双单边 V 型坡口				$\beta=35^{\circ}\sim50^{\circ}$ $b=0\sim3$ $H=\delta/2$

## 8 现场施工操作

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 生产单位配备的安全防护和消防设施应备齐;安全监护人员应已全部到位。
- 8.1.2 检查已勘测过的泄漏部位应能继续满足安全施工的要求。

### 8.2 施工前的准备

- 8.2.1 带压密封工程作业人员必须履行本规范第 3.2.6 条、第 3.3.5 条和第 3.3.6 条的规定。
- 8.2.2 注剂工具的准备应符合下列规定:
  - 1 必须有一套完好的注剂工具。
  - 2 当泄漏部位需要注入大量的密封注剂时,可准备一套电动或气动液压连续加料注剂工具。
  - 3 应准备足够数量的注剂阀、换向接头、螺栓接头等。
- 8.2.3 根据确定的施工方案应作好相应的专项准备工作,并应符合下列规定:
  - 1 当采用夹具密封法时,应进行夹具设计并准备合适的高强度连接螺栓。
  - 2 当采用钢带捆扎法时,应准备钢带、钢带卡、紧带器、盘根、螺栓接头、C 形卡具等。
  - 3 当采用金属捆扎法时,应准备相当直径的黄铜丝、小风镐及配套用圆、扁凿钻孔工具等。
  - 4 当采用填料函密封法时,应准备 C 形卡具、气钻、充电钻、钻头、丝锥等。
- 8.2.4 在施工现场搭设的带护栏的安全操作平台和安全警戒标志,应符合本规范第 3.4 节的有关规定。

### 8.3 带压密封的施工

- 8.3.1 本规范所列的带压密封施工方法包括夹具密封法、钢带捆扎法、金属丝捆扎法和填料函密封法。
- 8.3.2 当采用夹具密封法时,应符合下列规定:
  - 1 夹具密封法(见图 8.3.2-1)适用于本规范第 1.0.3 条规定的范围。
  - 2 夹具安装前,应将完好的注剂阀安装在全部注剂孔上,并使注剂阀处于“打开”状态。
  - 3 将夹具安装在泄漏部位的过程中,应采用轻推嵌入,不应采用重力冲击、强力切入的方法进行密合。
  - 4 应调整夹具安装位置以取得最小的连接间隙。
  - 5 宜采用对称紧固的方法拧紧夹具的连接螺栓。
  - 6 通过注剂阀向夹具封闭空腔内注入密封注剂(见图 8.3.2-2)时,应符合下列规定:
    - 1) 当只有一个泄漏点,且泄漏缺陷尺寸较小时,应从泄漏点最远的注剂阀开始注入密封注剂。

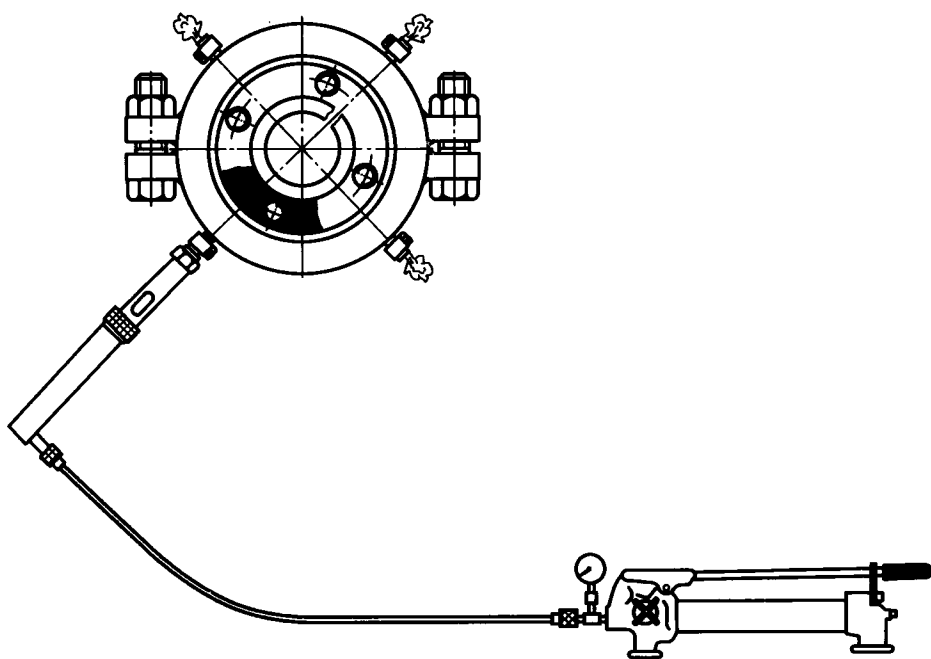


图 8.3.2-1 夹具密封法示意图

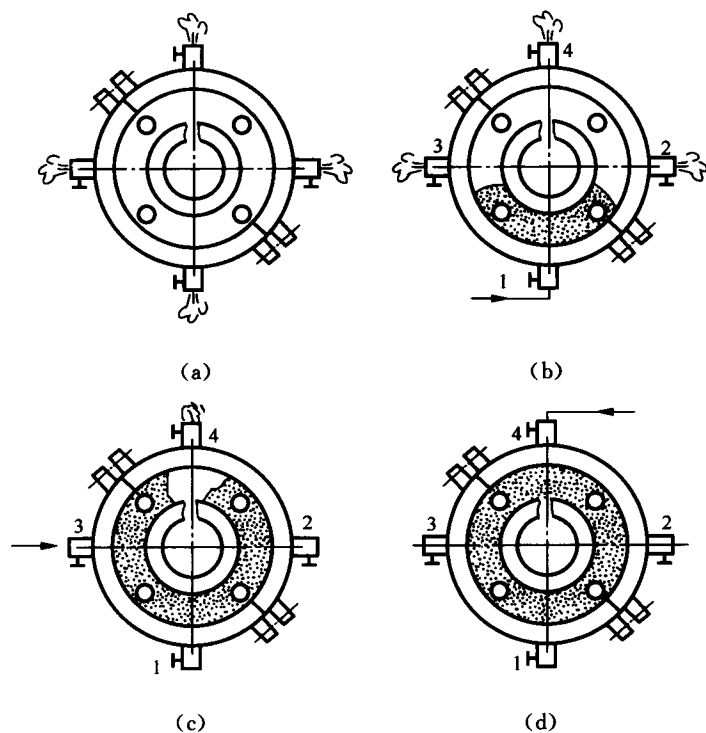


图 8.3.2-2 注入密封剂的顺序

- 2) 当泄漏缺陷尺寸较大或有多个泄漏点时,从泄漏点就近两侧开始注入密封剂。
- 3) 从第二注入点开始,应在泄漏点的两侧交叉注入密封剂,直到消除泄漏。
- 4) 注入密封剂操作应匀速平稳进行,各注剂孔的注剂压力应基本相等。不应在一个注剂孔长时间连续注入密封剂。严禁将密封剂注入到泄漏系统中去。



7 现场施工人员操作注剂枪时,应符合下列规定:

- 1) 必须站在注剂枪、注剂阀的侧面操作。
- 2) 当在注剂阀上装卸注剂枪时,必须关闭注剂阀。
- 3) 当退出注剂枪推料杆加入密封注剂时,必须关闭注剂阀。
- 4) 继续注入密封注剂时,应对注剂枪施加一定液压后,方可打开注剂阀。

8.3.3 当采用钢带捆扎法时,应符合下列规定:

- 1 钢带捆扎法(见图 8.3.3)适用于系统压力不大于 2MPa 的管道壁泄漏和法兰垫片泄漏。
- 2 消除法兰垫片泄漏的施工,应符合下列规定:
  - 1) 在泄漏点处和离泄漏点最远的连接螺栓处应至少装入两个螺栓接头。
  - 2) 应用盘根在法兰间隙之间缠绕密封。
  - 3) 用紧带器把钢带拉紧在法兰外圆周上。
  - 4) 当在螺栓接头注入密封注剂时,应按本规范第 8.3.2 条第 6 款 的规定进行,直至消除泄漏。
  - 5) 当装入和卸下螺栓接头时,必须用 C 形卡具,在螺栓附近卡紧后进行。

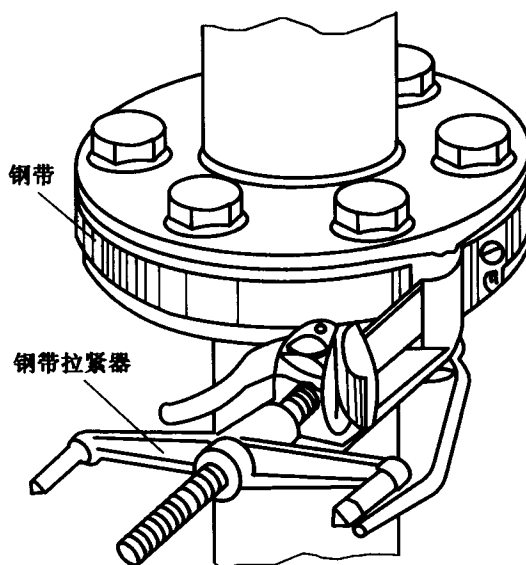


图 8.3.3 钢带捆扎法示意图

8.3.4 当进行现场钻孔操作时,应符合下列规定:

- 1 当选择钻孔的位置和钻孔的大小时,不应降低原结构强度和使用要求。
- 2 钻孔的位置,在钻通之前必须预先设置注剂阀。
- 3 当在法兰上钻孔时,孔的位置不得在法兰螺孔中心线之内,并不得钻伤法兰螺栓。
- 4 钻孔现场必须符合动火用电的要求。在易燃易爆介质装置上钻孔时,必须使用气钻,用饱和水蒸气或惰性气体吹扫泄漏介质于钻孔位置的另一侧,防止钻孔时钻头上产生火花、静电或高温。
- 5 钻孔施工操作人员必须佩戴防护眼镜或面罩,站在钻孔位置的侧面进行操作,旁边不得有其他人员。

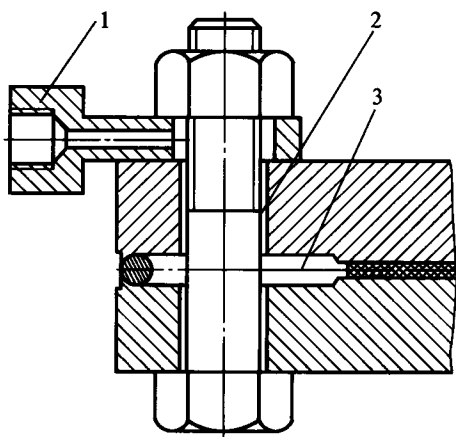
8.3.5 当采用金属丝捆扎法时,应符合下列规定:

1 金属丝捆扎法(见图 8.3.5)适用于消除法兰间隙小于 5mm,圆形或不规则圆形法兰垫片的泄漏。

2 应按本规范第 8.3.4 条的规定,在法兰外圆周边的适当位置钻孔攻丝拧入注剂阀后,通过注剂阀向法兰之间钻通孔。

3 将相当于法兰间隙尺寸大小的金属丝(一般采用黄铜丝),嵌入到法兰间隙之中,用装有圆凿的小风镐在金属丝两侧捻缝,应使金属丝密封。

4 当通过注剂阀注入密封注剂时,应按本规范第 8.3.2 条第 6 款的规定进行施工,直至完全消除泄漏。

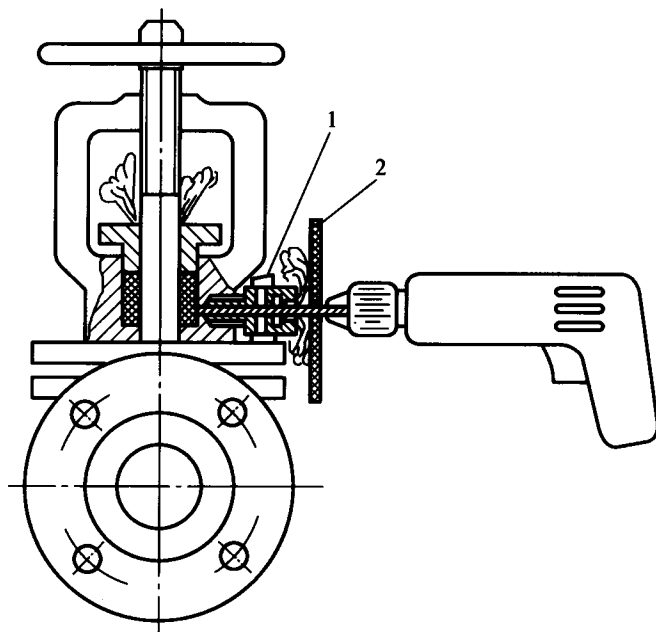


1—螺栓注剂接头;2—注剂通道;3—封闭空腔

图 8.3.5 金属丝捆扎法

8.3.6 当采用填料函的带压密封法时,应符合下列规定:

1 填料函的带压密封法(见图 8.3.6)适用于消除阀门、搅拌器、泵等填料函的泄漏。



1—注剂阀;2—挡板

图 8.3.6 填料函泄漏带压密封法

2 应按本规范第 8.3.4 条的规定,在填料函的中部外周边的适当位置钻孔、攻丝、拧入注剂阀后,通过注剂阀向填料函内部钻通孔。

3 当泄漏系统压力小于或等于 2MPa,填料函外周边直径较小时,可用一个卡兰在填料函中部外周边的适当位置夹紧,通过带注剂阀的一侧向填料函内部钻通孔。

4 通过注剂阀,向填料函注入适用于填料函的密封注剂,直到完全消除泄漏。

#### **8.4 带压密封的焊接施工**

8.4.1 在带压密封施工过程中,不宜在泄漏现场采用焊接方法消除泄漏。

8.4.2 特殊结构的高温高压泄漏部位,在带压密封施工过程中,当采用局部焊接辅助方法消除泄漏时,必须符合焊接安全施工的现场条件,取得生产单位有关部门的同意,制定切实可行的施工方案后,方可进行焊接作业。

8.4.3 施焊的部位应在无泄漏的情况下进行。在泄漏部位表面进行焊接时,应严格控制焊接电流强度和熔深,严禁出现焊接穿孔的现象。

#### **8.5 带压密封的施工验收**

8.5.1 带压密封施工结束后,连续 24h 无泄漏为合格,并按附录 A 填写带压密封施工验收记录。

8.5.2 消除泄漏后的检测,可采用目测、肥皂液、化学液体、微量检漏仪进行检测或生产单位(甲方)、施工单位(乙方)双方商定的检测方法进行检测。其允许泄漏量,可根据介质泄漏的安全限,由甲、乙双方共同商定。

8.5.3 带压密封消除泄漏后,保质期应为半年。在保质期内,如出现再泄漏,施工单位应保修。

附录 A 带压密封施工验收记录

表 A 带压密封施工验收记录

甲方(泄漏点所在单位): 乙方(带压密封单位):

车间		装置		设备(管道)	
泄漏部位、尺寸		泄漏点大小		泄漏介质	
介质温度,℃		介质压力,MPa		密封方法	
密封注剂牌号		施工日期		验收日期	
验收结果					
甲方代表签字 (单位盖章)			乙方代表签字 (单位盖章)		

## 附录 B 带压密封工程施工方案内容及格式

**B.0.1** 带压密封工程施工方案的封面宜采用以下格式。

项目名称：\_\_\_\_\_

工程编号：\_\_\_\_\_

图纸编号：\_\_\_\_\_

生产单位：

施工单位：

批 准：

批 准：

审 核：

复 审：

审 核：

编 制：

编制单位：( )

编制时间： 年 月 日

**B.0.3** 帶壓密封工程施工方案審批意見表宜符合表 B.0.3 的規定。

方案名称		编制单位	
职能部门审查意见	工程部：      复审人：年  月  日		
	安全部：      复审人：年  月  日		
	其他相关部门：      复审人：年  月  日		
批准意见	总(副总)工程师(技术经理)：年  月  日		

附录 C 带压密封工程施工安全评价内容及格式

表 C 带压密封工程施工安全评价

作业单位：

年 月 日

带压密封工 程项目内容	序号	危险因素	可能发生的危险后果	对 策
主要内容：				
附图：				

施工单位安全负责人：(签章)

生产单位泄漏装置安全员：(签章)

生产单位泄漏装置负责人：(签章)

## 附录 D 带压密封工程施工作业劳动防护用品选用原则

表 D 带压密封工程施工作业劳动防护用品选用一览表

作业类别名称	不可使用的护品	必须使用的护品	可考虑使用的护品
A01 易燃易爆场所作业 (如火工材料、易挥发、易燃液体及化学品,可燃性气体)	的确凉、尼龙等着火焦结的衣物,聚氯乙烯塑料鞋,底面钉铁件的鞋等	棉布防护服、防静电服、防静电鞋	
A02 可燃性粉尘场所作业 (如铝镁粉、煤粉、可燃性化学物质粉尘等)	的确凉、尼龙等着火焦结的衣物,底面钉铁件的鞋等	棉布防护服、防毒口罩	防静电服、防静电鞋
A03 高温作业(如锅炉装置、汽机装置、加热炉装置内的泄漏等)	的确凉、尼龙等着火焦结的衣物,聚氯乙烯塑料鞋	白帆布类隔热、耐高温鞋,防强光、紫外线、红外线护目镜或面罩、安全帽等	防寒帽、防滑鞋
A04 低温作业(如压缩乙烯、丙烯的泄漏)	底面钉铁件的鞋	防寒服、防寒手套、防寒鞋	防寒帽、防滑鞋
A05 低压带电作业(如低压设备或低压线路带电维修)		绝缘手套、绝缘鞋	安全帽、防异物伤害护目镜
A06 高压带电作业(如高压设备或高压线路带电维修)		绝缘手套、绝缘鞋、防异物伤害护目镜	防异物伤害护目镜、等电位防护服
A07 吸入性气相毒物作业 (如氯乙烯、氯气、一氧化碳、光气、硫化氢、汞等)		防毒口罩	有相应滤毒罐的防毒面罩、空气呼吸器
A08 吸入性溶胶毒物作业 (如铝、铬、铍、锰、镉等有毒金属及其化合物的烟雾和粉尘,高毒农药气溶胶,沥青烟雾,硅尘,石棉尘及其他有害物的动(植)物性粉尘)		防毒口罩、防尘口罩、护发帽	防化学液眼镜、有相应滤毒罐的防毒面罩、防毒防护服、防毒手套
A09 沾染性毒物作业(如有机磷农药,有机汞化合物,苯和苯的三硝基化合物,苯胺、酚、氯、联苯,放射性物质)		防化学液眼镜,防毒口罩、防毒服、防毒手套、防护帽	有相应滤毒罐的防毒面罩,空气呼吸器,护肤剂
A10 生物性毒物作业(如有毒性动/植物养殖,生物毒素培养制剂,带菌或含有生物毒素的制品加工处理,腐烂物品处理,防疫检验)		防毒口罩、防毒服、防毒手套、护发帽、防异物伤害护目镜	有相应滤毒罐的防毒面具、护肤剂
A11 腐蚀性作业(如溴、硫酸、硝酸、氢氟酸、液体强碱、重铬酸钾、高锰酸钾)		防化学液眼镜、防毒口罩、防酸(碱)服、耐酸(碱)手套、耐酸碱鞋、护发帽	空气呼吸器



续表 D

作业类别名称	不可使用的护品	必须使用的护品	可考虑使用的护品
A12 易污作业(如炭黑、染色、油漆有关的卫生工作)		防尘口罩、护发帽、一般防护服、披肩、头罩、鞋罩、围裙、袖套	护肤剂
A13 恶味作业(如硫化氢、恶臭物质处理与加工场所)		一般防护服	空气呼吸器、护肤剂、护发帽
A14 密闭场所作业(如密闭的罐体、房仓、孔道或排水系统、窑炉、存放耗氧器具或生物体进行耗氧过程的密闭空间)		空气呼吸器	
A15 噪声作业(如有大型鼓风机、泄漏噪音大于 90dB 的场所)			耳塞、耳罩、防噪声帽
A16 强光作业(如弧光、电弧焊、炉窑)		焊接护目镜和面罩炉窑护目镜和面罩	
A17 激光作业(如激光加工金属、激光焊接、激光测量、激光通讯、激光医疗)		防激光护目镜	
A18 荧光屏作业(如电脑操作、电视机调试)			护目镜、防低能辐射服
A19 微波作业(如微波机调试、微波发射、微波加工与利用)			防微波服、防微波护目镜
A20 射线作业(如放射性矿物开采选矿、冶炼、加工,核废料或核事故处理,放射性物质使用,X 射线检测)		防射线护目镜	
A21 高处作业(如建筑安装、架线、高崖作业、船傍悬吊、涂装、货物堆垒)	底面钉铁件的鞋	安全帽、安全带	防滑鞋
A22 存在物体坠落、撞击的作业(如建筑安装、冶金、采矿、钻探、造船、起重、森林采伐)		安全帽、防砸安全鞋	
A23 有碎屑飞溅的作业(如破碎、锤击、铸件切削、砂轮打磨、高压流体清洗)	手套	防异物伤害护目镜、一般防护服	
A24 操纵转动机械(如机床传动机械及传动带)	手套	护发帽、防异物伤害护目镜、一般防护服	
A25 人工搬运(如人力抬、扛、搬移)	底面钉铁件的鞋	防滑手套	安全帽、防滑防护鞋、防砸安全鞋

续表 D

作业类别名称	不可使用的护品	必须使用的护品	可考虑使用的护品
A26 接触使用锋利器物的作业(如金属加工打毛清边、玻璃加工与装配)		一般防护服	防割手套、防砸安全鞋、防刺穿鞋
A27 地面存在尖利物物的作业(如森林作业、建筑工地)		防刺穿鞋	
A28 手持振动机械作业(如风钻、风铲、油锯)		减震手套	
A29 全身震动的作业		减震鞋	
A30 野外作业(如地质勘探、森林采伐、大地测量)		防水防护服(包括防水鞋)	防寒帽、防寒服、防寒手套、防寒鞋、防异物伤害护目镜、防滑防护鞋
A31 水上作业(如船台、水上平台作业、水上装卸运输、木材水运、水产养殖与捕捞)		防滑防护鞋、救生衣(圈)	安全带、水上作业服
A32 涉水作业(如矿业、隧道、水力采掘、地质钻探、下水工程、污水处理)		防水服、防水鞋	
A33 潜水作业(如水下采集救捞、水下养殖、水下勘查、水下建造焊接与切割)		潜水服	
A34 地下挖掘建筑作业(如井下采掘运输、地下开拓建筑安装)		安全帽	防尘口罩、耳塞、减震手套、防砸安全鞋、防水服、防水鞋
A35 车辆驾驶		一般防护服	防强光护目镜、防异物伤害护目镜、防冲击安全头盔
A36 铲、装、吊、推机械操纵(如铲机、推土机、装载机、天车、龙门吊、塔吊、单臂起重机)	一般防护服		防尘口罩
A37 一般作业(如自动化控制、精细装备与加工、缝纫工作台上手工胶合与包装)		一般防护服	
A38 其他作业			一般防护服

## 附录 E 密封注剂的试验方法

### E.0.1 试验条件。

#### 1 环境条件：

- 1) 环境温度:15~35℃;
- 2) 相对湿度:40%~90%;
- 3) 大气压力:86~106kPa;
- 4) 其他条件。

#### 2 检验器具误差：

检验器具允许误差限应小于或等于被检误差限的 1/3。

### E.0.2 外观检查。

外观采用目测检查,用通用量具测量直径及长度。直径允许偏差应为±1.0mm,长度误差应为±2.0mm。

### E.0.3 固化温度。

将试样密封注剂沿横断面切下 2mm 厚数片,每片分别置入试验容器中,然后将试验容器放入不同温度值的烘箱中,90min 后取出,观测其各自固化情况,以完全失去塑性或已具备密封注剂基本性能指标的最低温度值作为密封注剂的固化温度。固化温度单位为℃,温度允许偏差为±2℃。

### E.0.4 注射压力。

取同牌号试样密封注剂三只,规格宜为  $\phi 20 \times 68 \sim 80$ ,分别做常温(20℃)和预热温度(50℃)两种试验温度下密封注剂的注射性能试验。全部试验在设置了相应温度后的密封注剂注射性能试验台上进行测试。

将达到试验温度的密封注剂放入注剂枪剂料腔内,掀动手动油泵压杆,密封注剂被挤压,向试验台标准模型夹具封闭空腔内均匀注射,当夹具溢出口出现密封注剂时停止注射,观察压力表读数,当压力指针停留在某一数值不动时,记录该数值,注射压力应按式(E.0.4)计算:

$$p_p = \frac{\pi D_1 p_b}{4 D_2} \quad (\text{E.0.4})$$

式中  $p_p$ ——注射压力(MPa);

$D_1$ ——油缸内径(mm);

$p_b$ ——压力表指示压力(MPa);

$D_2$ ——剂料腔内径(mm)。

每种牌号密封注剂做三次,取三次算术平均值作为该密封注剂的注射压力。

### E.0.5 热失重。

取密封注剂试样质量为 5~20mg,将试样放在可以加热的天平中(可选 Dupont TGAV 5.1 热失重分析仪或美国 PE 公司的 TGA 7 热分析仪),温度范围:室温~900℃,气氛:氮气,升温速率:20℃/min。

以纵坐标为质量,横坐标为温度,分析测试密封注剂的质量变化与温度的关系,当曲线出现急剧拐点或曲线均匀降为原质量的 80% 时对应的温度值,即为密封注剂的最高使用温度极限值。

#### E.0.6 溶胀、溶重试验。

##### 1 溶胀试验:

- 1) 将试验密封注剂放入注剂枪剂料腔内,连接好固化模具,掀动手动油泵压杆,向固化模具的腹腔内注射密封注剂,至注满为止。拆下固化模具;
- 2) 按密封注剂的固化温度在烘箱或其他加热器内充分固化,然后取出,经冷却、开模,取出密封注剂试块;
- 3) 将固化后的密封注剂试块沿横断面切下 2mm 厚,称重(精确到 0.001g);
- 4) 用不被试验介质腐蚀的细金属丝或其他材料的细丝将试块捆住,浸悬于试验介质中,试样与容器壁和试样间不得互相接触,对易挥发介质和高温介质应采用密闭容器试验。用于试验的介质用量不得少于试样总质量的 15 倍,并只限用一次;
- 5) 试验温度按密封注剂牌号可取  $(-196^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}) \sim (860^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C})$  之间的相应温度值,试验时间分别取 24h、48h、72h、96h、144h……。取出试片放置 30s,高温试验的密封容器应在室温下停放 30~40min;
- 6) 用水(在酸、碱中试验时)或汽油(在油品中试验时)洗涤,洗涤时间不宜超过 30s,在易挥发介质中进行试验的试块可不经洗涤。然后用滤纸吸干,停放 30~40s,迅速称量试样在空气中和蒸馏水中的质量(精确到 0.001g);
- 7) 密封注剂的溶胀度  $\Delta V$  按式(E.0.6-1)计算:

$$\Delta V = \left( \frac{m_{a1} - m_{w1}}{m_a - m_w} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{E.0.6-1})$$

式中  $\Delta V$ ——溶胀度(%);

$m_a$ ——试样受试前在空气中的质量(g);

$m_w$ ——试样受试前在水中的质量(g);

$m_{a1}$ ——试样受试后在空气中的质量(g);

$m_{w1}$ ——试样受试后在水中的质量(g)。

每次试验试块不得少于 3 个,取其算术平均值,试验结果在正、负 8% 及以内者,其允许偏差应为  $\pm 0.8$ ,在正、负 8% 以外者,其允许偏差应为  $\pm 10\%$ 。

##### 2 溶重试验:

密封注剂的溶重度  $\Delta Q$  按式(E.0.6-2)计算:

$$\Delta Q = \frac{m_{a1} - m_a}{m_a} \times 100\% \quad (\text{E.0.6-2})$$

式中  $\Delta Q$ ——溶重度(%);

$m_a$ ——试样受试前在空气中的质量(g);

$m_{a1}$ ——试样受试后在空气中的质量(g)。

每次试验试块不得少于 3 个,取其算术平均值,试验结果在正、负 8% 及以内者,其允许偏差应为  $\pm 0.8$ ,在正、负 8% 以外者,其允许偏差应为  $\pm 10\%$ 。

## 附录 F 泄漏点的勘测工具

表 F 泄漏点的勘测工具

工具名称	单位	数量
点接触温度计(－195℃～900℃)	支	1
高温超声波测厚仪	台	1
普通超声波测厚仪	台	1
内外卡钳	套	1
大外卡钳～500	件	1
游标卡尺 0～150	把	1
钢尺 0～300	把	1
钢卷尺 2m,5m	个	各 1
半径规	套	1
长改锥	把	1
小榔头 0.5 磅	把	1
记录夹	个	1
计算器	个	1
记录本	个	1
记录纸(A4)	张	若干
记录笔	支	1
工具袋	个	1

## 附录 G 带压密封施工工具一览表

表 G 带压密封施工工具一览表

工具名称	单位	数量
手动自动复位液压注射工具	套	2
气动连续加料液压注射工具	套	1
电动连续加料液压注射工具	套	1
注剂阀	个	100
换向接头	个	20
螺栓接头	个	100
紧带器	件	2
C 形卡具	套	4
气钻	套	2
充电钻	套	1
加长钻头 $\phi 3.5 \sim 4 \times 150 \sim 250$	件	50
捻缝工具	套	2
普通扳手	套	2
防爆扳手	套	1
普通榔头	个	1
铜制榔头	个	1
铜棒	件	1
改锥	套	1
钢带卡和钢带	套	按实际需要
管道修复器和卡箍	件	按实际需要

## 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

**2** 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国化工行业标准

# 带压密封技术规范

HG/T 20201—2007

## 条 文 说 明



## 目 次

1	总 则 .....	(45)
2	术语和符号 .....	(55)
2.1	术语 .....	(55)
3	安全管理与防护 .....	(57)
3.1	一般规定 .....	(57)
3.2	生产单位的安全管理 .....	(57)
3.3	施工单位的安全管理 .....	(62)
3.4	施工人员的安全防护 .....	(63)
4	密封注剂 .....	(66)
4.1	一般规定 .....	(66)
4.2	密封注剂的质量 .....	(66)
4.3	密封注剂的选用原则 .....	(67)
4.4	密封注剂的使用方法 .....	(68)
5	注剂工器具 .....	(70)
6	泄漏部位现场勘测 .....	(73)
6.1	一般规定 .....	(73)
6.2	泄漏介质的勘测 .....	(74)
6.3	泄漏部位的测量 .....	(76)
7	夹具设计 .....	(77)
7.1	一般规定 .....	(77)
7.2	盒式夹具和连接螺栓的设计计算规定 .....	(77)
7.3	法兰夹具各部尺寸和连接螺栓的设计计算规定 .....	(79)
7.4	夹具的制造加工要求 .....	(81)
8	现场施工操作 .....	(82)
8.1	一般规定 .....	(82)
8.2	施工前的准备 .....	(82)
8.3	带压密封的施工 .....	(82)
8.4	带压密封的焊接施工 .....	(82)
8.5	带压密封的施工验收 .....	(83)
附录 B	带压密封工程施工方案内容及格式 .....	(84)

# 1 总 则

带压密封技术是专门研究原密封结构失效后,怎样在流体介质泄漏的情况下,迅速在泄漏缺陷部位重新创建密封结构的一门新技术。我国具有工业应用价值的带压密封方法诞生于 20 世纪 50 年代末期的钢铁行业,期间人们利用成熟的焊接技术对具有可焊接性金属承压设备上出现的泄漏缺陷进行带压补焊,逐步形成了“带压焊接密封技术”;进入 70 年代,伴随合成胶粘剂工业迅速发展,具有我国特色的“带压粘接密封技术”应运而生,目前已开发出了填塞粘接法、顶压粘接法、紧固粘接法、引流粘接法、磁力压固粘接法、T 型螺栓法等方法;80 年代初我国成功引进了“注剂式带压密封技术”,并在国家“六五计划”期间完成了对该技术的模仿到技术创新的研发之路,随后被列入了 1986~1990 国家重点 70 个新技术推广项目之一,当时的名称是——不停产强注堵漏技术。随后陆续有带压气垫法、冷冻法及捆绑法等在我国研发并应用成功。目前我国在带压密封领域已获得了数百项国家专利权、数项国家级重点新产品、公开发表学术论文 300 余篇、出版学术专著 20 余部。据报道带压密封技术在我国已经成功地消除各类泄漏事故达 50 多万起,避免了几十万起火灾、爆炸、中毒及环境污染等恶性事故的发生,挽回各种经济损失达 600 多亿元,经济和社会效益巨大。

在本规范的总则中引出了一个全新的概念——带压密封工程。为了准确地定义带压密封工程术语,首先应了解工程的定义及相关内容。

汉语中的“工程”有三层含意:①指土木建筑;②指功课的日程;③指各项劳作。

新版《辞海》将工程定义为:①将自然科学的原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科的总称。如土木建筑工程、化学工程等。②指具体的基本建设项目。如乙烯工程、三峡工程等。

《简明不列颠百科全书》将工程(engineering)定义为:应用科学知识使自然资源最佳地为人类服务的一种专门技术。

《现代工程师手册》将工程定义为:人们运用现代科学知识和技术手段,在社会、经济和时间等因素的范围内,为满足社会某种需要而创造新的物质产品的过程。工程的特点是:①有明确的社会目的。②工程设计方案的选择和实施,往往要受到社会、经济、技术、设施、法律、公众等多因素的约束与限制。③讲究经济效益。④必须在尽可能的范围内实现综合平衡。

综上,工程应具有两方面的含义。其一是广义的工程:认为人类的一切活动都属于工程范畴,包括社会生活的诸多领域。如:“211 工程”、“希望工程”等;其二是狭义的工程:泛指与生产、建造活动密切联系、运用自然科学理论和现代技术原理才能得以实现的活动,如:“化学工程”、“机械工程”等,狭义工程活动的核心是建造,其成果是直接的物质财富。本规范中带压密封工程施工作业的最终结果是创建一个新的密封装置或结构。因此,根据上述定义,带压密封工程属于狭义工程范畴。

目前在国内带压密封工程领域,与带压密封词意相同的词汇还有:“堵漏技术”、“带压堵漏技术”、“粘接堵漏技术”、“三顶焊技术”、“焊接堵漏技术”、“不停车带压、带温堵漏技术”、“不停车带压密封技术”、“不停车粘接技术”、“顶压焊技术”、“不停车强注堵漏技术”、“引流粘接堵漏技术”、“神胶

快速堵漏技术”、“车家宝堵漏技术”、“第六代堵漏技术”等。依据国家现行专业术语的标准要求及将来学科分类的需要,“带压密封”应是首选术语。

带压密封工程的基础是密封科学和带压密封技术。带压密封工程的术语指称是:以生产系统正在发生的流体泄漏介质的参数为研究对象,泄漏缺陷部位勘测数据为依据,应用基础科学原理及密封理论,结合工程实践活动和科学试验中所积累的理论和实践经验,安全地创建带压密封结构为目的的一门新兴的工程技术学科。

带压密封工程应用的基础科学有数学、物理学、化学,专业基础科学有流体力学、固体力学、传递科学、动力学、机械科学、材料科学等,采用的专业技术有密封技术、表面技术、粘接技术、焊接技术和润滑技术等。具体内容包括泄漏现场的勘测,泄漏缺陷检测,泄漏介质特性的研究,专用工器具、夹具的设计及制造,带压密封材料研究与生产,带压密封施工安全防护研究,现场操作技术研究,泄漏现场的自救、脱险与消防,泄漏物的处置;还包括带压密封的组织建立与管理,带压密封工程政策、法规、标准等的制定、贯彻和实施,带压密封工程的教育与培训等。

带压密封工程所指的流体,泛指液体、气体、气液混合体、含有固体颗粒的气体或液体等。

泄漏是指高能流体通过密封件间隙、毛细管,承压设备上的裂纹、腐蚀孔洞、冲刷孔洞、焊接缺陷,器皿上的穿透裂纹及孔洞等向低能区流失的负面传质现象。

泄漏部位参数主要包括泄漏设备位号、泄漏位置、壁厚、泄漏的几何尺寸、泄漏介质的物化参数等。

应用流体力学的原理研究泄漏流体的运动和平衡的规律;以工程力学和机械科学为理论基础,研发、设计和制造各种带压密封工器具;通过建立泄漏与带压密封试验操作平台,模拟实际带压密封作业环境,真实地描绘出牛顿型泄漏流体与非牛顿型密封材料之间力的平衡关系,在大量的试验数据的基础上,推导出工器具及专用夹具的计算公式。带压密封工程研究内容包括:

- 1) 科学研究方面。泄漏介质的物性研究、泄漏部位残余强度和刚度研究、带压密封机理研究、润滑理论研究、带压密封方法研究、带压密封材料研制和测试、带压密封专用工具强度计算和结构设计、带压密封夹具强度计算、带压密封安全科学研究、泄漏事故现场的应急洗消研究、泄漏事故的医学救援系统研究、气象信息扩散评价系统研究等。
- 2) 技术研究方面。泄漏现场和部位的勘测、带压密封施工方案编写、带压密封专用工具制造、带压密封夹具设计和制作、带压密封现场操作技术、带压密封安全技术研究、带压密封材料生产和选用、带压密封专用防护用品选用、泄漏事故消防技术与装备研究等。
- 3) 规章制度研究。1993年中国石油化工总公司颁布了我国第一部带压密封技术的集团企业规定——《带压堵漏技术暂行规定》,该规定由总则、注入密封注剂专用工具、密封注剂、专用夹具、安全操作、安全及防护、带压堵漏管理及附则共八章组成。根据《压力容器安全技术监察规程》第122条,“压力容器内部有压力时,不得进行任何修理。对于特殊的生产工艺过程,需要带温带压紧固螺栓时,或出现紧急泄漏需要进行带压堵漏时,使用单位必须按设计规定选定有效的操作要求和防护措施,作业人员应经专业培训并持证操作,并经使用单位技术负责人批准。在实际操作时,使用单位安全部门应派人进行现场监督。”本条款的内容,实际上给带压密封作业在国家技术法规内,提出了原则上的规定和认可。
- 4) 标准研究。《带压密封技术规范》是国内乃至国际首部国家行业标准。是为规范带压密封

技术领域秩序而制定的,应共同遵守,并经协商一致及公认机构批准的技术条款。

- 5) 带压密封工程安全防护及管理研究。
- 6) 带压密封工程施工方案的编写。
- 7) 带压密封工程预决算。
- 8) 带压密封工程合同编制与签订。
- 9) 带压密封工程教材的组织与编写。
- 10) 带压密封工程的教育与培训。

**1.0.1** 本规范所指的生产系统包括生产装置、流体储存及输送系统。泄漏部位是指流体介质正在流失的缺陷区域。制定本规范的目的是确保带压密封工程施工的安全和质量。因为带压密封工程施工是在流体介质泄漏状态下进行的,作业时必然会接触到高温、高压、低温、高冲击性的泄漏介质,还会接触到爆炸品、压缩气体、液化气体、易燃液体、氧化剂、有机过氧化物、有毒品、腐蚀品等泄漏介质,易引发火灾、爆炸、中毒、窒息、灼伤、腐蚀、环境污染等恶性事故。1994年东北某热电厂DN250中压渣油管线出现裂纹,导致燃料渣油泄漏,当带压密封人员进入现场准备作业时,泄漏渣油被引燃,随后引起爆炸,4名带压密封作业人员当场死亡。1996年东北某动力厂在处理DN350中压蒸汽总管的DN25导淋阀根部角焊缝泄漏时,由于夹具设计失误,夹具的定位力作用在了导淋管上,在注剂作业时,对角焊产生了很大的拉应力,最终导致DN25管角焊缝被拉断,巨大的泄漏量造成系统停产,并险些造成人身伤亡事故。吉林某化工厂DN300、PN3.0蒸汽管道在三通处发生泄漏,当拆保温准备带压密封作业测量时,突然发生管道爆裂,当场死亡一人。更恶性的事故是,2005年3月一辆化学危险品货运中心15吨罐装车,实际装载29.44吨的超载液氯槽罐车在京沪高速公路淮安段上行线行驶中,左前胎爆裂,撞上护栏后侧翻至高速公路另一侧,与迎面驶来的运输空液化气瓶的货车相撞,货车驾驶员死亡,液氯槽罐的进气口与出气口阀门均被撞坏,液氯大面积泄漏,事故造成29人死亡,财产损失达到2901万元。类似事故不胜枚举。因此,安全地进行带压密封工程是第一位的。

带压密封工程施工作业是在恶劣的环境下采用特殊的技术手段进行的,涉及到工夹具的设计、密封材料的选用、操作方法的选择和安全方案的落实,无论哪个环节失误都会造成带压密封工程作业失败,无法实现根除泄漏,或短时间内再次出现泄漏,影响带压密封工程的质量或失败。因此,在保证安全的条件下,带压密封工程的施工质量至关重要。

**1.0.2** 非生产系统泄漏部位是指生产系统以外发生的泄漏,包括移动式压力容器、民用采暖、燃气及自来水管道路设备等发生的泄漏事故。

**1.0.3** 本条是根据国内带压密封工程施工所具有的技术水平而制定。我国目前在带压密封工程施工中所成功处理的流体泄漏事故压力达32MPa,最高温度760℃,最低温度-187℃,国内所研发的密封注剂最高使用温度达900℃,考虑到带压密封工程中夹具材料的设计温度及设计压力,并参照GB 150、GB 50235及SH 3501,将带压密封工程的适用范围确定在:压力400Pa(绝压)~30MPa(表压),温度-180℃~800℃生产系统发生的泄漏事故。

**1.0.4** 本条是从安全作业和保护作业人员的安全、身体健康的角度制定的。

**1** 极度危害介质泄漏对作业人员的伤害严重,并易留下后遗症。而带压密封工程施工时,作业人员必须与泄漏介质直接接触,目前的防护手段还无法保证作业人员的安全,故极度危害介质的泄漏严禁采用带压密封工程进行作业。

根据《职业性接触毒物危害程度分级》(GB 5044),分为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害四级。毒性危害程度分级依据按表 1。

表 1 毒性危害程度分级依据

指标		分 级			
		I (极度危害)	II (高度危害)	III (中度危害)	IV (轻度危害)
急性 毒性	吸入 $LC_{50}$ , mg/m <sup>3</sup>	<200	200—	2000—	>20000
	经皮 $LD_{50}$ , mg/kg	<100	100—	500—	>2500
	经口 $LD_{50}$ , mg/kg	<25	25—	500—	>5000
急性中毒发病状况		生产中易发生中毒,后果严重	生产中可发生中毒,愈后良好	偶可发生中毒	迄今未见急性中毒,但有急性影响
慢性中毒患病状况		患病率高( $\geq 5\%$ )	患病率较高(<5%)或症状发生率高( $\geq 20\%$ )	偶有中毒病例发生或症状发生率较高( $\geq 10\%$ )	无慢性中毒而有慢性影响
慢性中毒后果		脱离接触后,继续进展或不能治愈	脱离接触后,可基本治愈	脱离接触后,可恢复,不致严重后果	脱离接触后,自行恢复,无不良后果
致癌性		人体致癌物	可疑人体致癌物	实验动物致癌物	无致癌性
最高容许浓度, mg/m <sup>3</sup>		<0.1	0.1—	1.0—	>10

在我国常用的有关毒物的描述词汇还有剧毒物品,对于带压密封工程作业人员,有关剧毒物品的内容也应当了解和掌握。根据《剧毒物品分级、分类与品名编号》GA 57,剧毒物品定义是:

指少数侵入机体,短时间内即能致人、畜死亡或严重中毒的物质。

剧毒物品动物试验中,经口服半数致死量  $LD_{50} \leq 50\text{mg/kg}$  的固体、液体,经皮肤接触半数致死量  $LC_{50} \leq 2\text{mg/L}$  的固体或液体,以及吸入的半数致死浓度符合下述标准液体或气体:  $V \geq LC_{50}$  和  $LC_{50} \leq 300\text{mL/m}^3$ 。

急性口服毒物的半数致死量  $LD_{50}$ :用成熟的雌雄性白鼠做试验,经口摄入,在 14d 内能引起实验动物半数死亡所使用的毒物剂量,结果以每千克体重的毫克数表示(mg/kg)。

急性皮肤接触毒物的半数致死量  $LD_{50}$ :在白兔裸露的皮肤上持续接触 24h,在 14d 内能引起实验动物半数死亡所使用的毒物剂量。结果以每千克体重的毫克数表示(mg/kg)。

急性吸入毒物的半数致死量  $LC_{50}$ :用成熟的雌雄性白鼠做试验,连续吸入 1h 后,在 14d 内最可能引起实验动物半数死亡所使用的毒物的蒸汽、烟雾或粉尘的浓度。就粉尘和烟雾而言,试验结果以每升空气中的毫克数表示(mg/L)。就蒸汽而言,试验结果以每立方米空气中的毫升数表示( $\text{mL/m}^3$ )。

V:指 20℃时,标准大气压下的饱和蒸汽浓度。以每立方米的毫升数为单位。

剧毒物品的分级,以急性毒性指标为主,适当考虑剧毒物品的理化性质和其他危险性质,进行综合分析、全面权衡,将剧毒物品分为 A、B 两级。剧毒物品急性毒性分级按表 2。

表 2 剧毒物品急性毒性分级标准

级别	口服剧毒物品半数致死量 LD <sub>50</sub> (mg/kg)	皮肤接触剧毒物半数致死量 LD <sub>50</sub> (mg/kg)	吸入剧毒物品粉尘、烟雾的半数致死浓度 LC <sub>50</sub> (mg/L)	吸入剧毒物品液体蒸汽或气体的半数致死浓度 LC <sub>50</sub> (mL/m <sup>3</sup> )
A	5	40	0.5	V=10LC 同时 LC≤1000
B	>5~50	>40~200	>0.5~2	V≥LC 同时 LC≤3000 (A 级除外)

A 级剧毒物品:具有非常剧烈的毒害危险,急性毒性符合 A 级标准的;或急性毒性符合 B 级标准,无明显颜色、气味、味道,易被用于投毒破坏的,及具有遇水燃烧、爆炸、催泪等其他危险性质,易引起治安灾害事故的。

B 级剧毒物品:具有严重的毒害危险,急性毒性符合 B 级标准,可能引起治安灾害事故的。

本规范主要以 GB 5044 为依据。常见毒性程度为极度危害的化学介质按表 3。该表数据取至《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》(HG 20660—2000)。

表 3 常见的毒性程度为极度危害的化学介质

序号	名 称	序号	名 称
1	乙拌磷(敌死通)	11	甲基对硫磷(甲基 1605)
2	乙撑亚胺(乙烯胺)	12	对硫磷(1605)
3	二甲基亚硝胺	13	光气(碳酰氯)
4	二硼烷(乙硼烷)	14	异氰酸甲酯
5	八甲基焦磷酸胺(八甲磷)	15	汞(水银)
6	三乙基氯化锡	16	苯并(α)芘
7	五硼烷(戊硼烷)	17	硫芥(芥子气)
8	内吸磷(1059)	18	氰化氢(氢氰酸)
9	四乙基铅	19	氯甲烷
10	甲拌磷(3911)	20	羰基镍

国外报道气管应用 DBcAMP(双丁酰环腺苷酸)可减轻光气中毒性肺水肿。

2 考虑到目前我国还没有适合核辐射危害环境下带压密封工程施工作业用的防护用品,也没有在核辐射危害环境下或核装置区域内带压密封成功的案例报道,因此在核辐射危害环境下严禁采用带压密封工程进行作业。

1.0.5 发生泄漏事故的生产单位应根据泄漏介质的特性、泄漏缺陷扩展趋势、对生产的危害程度、对环境污染轻重、物料的流失等情况决定是否选择带压密封工程进行消除。下列泄漏事故应立刻选择带压密封工程进行快速消除:极度危害介质泄漏(安全条件下)、高度危害介质泄漏、易燃易爆介质泄漏、腐蚀性介质泄漏、高压介质泄漏,冲刷减薄趋势明显的泄漏,噪音超过 90dB 的泄漏;极易造成

环境污染的泄漏等。

重大危险化学品源是指《重大危险源辨识》(GB 18218) 中规定的品种达到或超过临界量的生产场所或储存区。此类生产单位发生泄漏事故易引发重大燃爆、中毒及污染等事故。

为有效处置各类危险化学品事故,我国依据其可能造成的危害程度、波及范围、影响力大小、人员及财产损失等情况,由高到低划分为特别重大(Ⅰ级)、重大(Ⅱ级)、较大(Ⅲ级)、一般(Ⅳ级)四个级别。

特别重大突发公共事件(Ⅰ级) 红色等级:是指突然发生,事态非常复杂,对周围区域公共安全、政治稳定和社会经济秩序带来严重危害或威胁,已经或可能造成特别重大人员伤亡、特别重大财产损失或重大生态环境破坏,需要当地政府统一组织协调,调度各方面资源和力量进行应急处置的紧急事件。

重大突发公共事件(Ⅱ级) 橙色等级:指突然发生,事态复杂,对一定区域内的公共安全、政治稳定和社会经济秩序造成严重危害或威胁,已经或可能造成重大人员伤亡、重大财产损失或严重生态环境破坏,需要调度多个部门和相关单位力量和资源进行联合处置的紧急事件。

较大突发公共事件(Ⅲ级) 黄色等级:指突然发生,事态较为复杂,对一定区域内的公共安全、政治稳定和社会经济秩序造成一定危害或威胁。已经或可能造成较大人员伤亡、较大财产损失或生态环境破坏,需要调度辖区内多个部门或街道的力量和资源就能够处置的事件。

一般突发公共事件(Ⅳ级) 蓝色等级:指突然发生,事态比较简单,仅对较小范围内的公共安全、政治稳定和社会经济秩序造成严重危害或威胁,已经或可能造成人员伤亡和财产损失,只需要调度区内个别部门或街道的力量和资源就能够处置的事件。

**1.0.6 施工资质**是根据我国建设部发布的《施工企业资质等级标准》,将从事通用工业与民用建筑施工的企业分为建筑、设备安装、机械施工三类。建筑企业分一级企业、二级企业、三级企业、四级企业;设备安装企业分一级企业、二级企业、三级企业;机械施工企业分一级企业、二级企业、三级企业。施工资质实际上是对施工企业进行特定的工作类型和组织环境中绩效水平的认证。

由于带压密封工程施工是一项在危险条件下进行的应急抢险作业,涉及到泄漏介质的分析、安全防护、泄漏部位现场勘测、密封夹具的设计与制作、密封剂选用、现场操作技术、密封施工等多学科的知识丰富的现场操作经验,特别是危险化学品介质的泄漏、高温介质的泄漏、高压介质的泄漏,要求作业人员有较高的科学和技术知识,为保证施工质量和作业人员安全,本规范要求生产单位必须选定具有相应资质的单位进行带压密封工程施工。无相应资质的单位不得从事带压密封工程施工。

带压密封工程施工方案和安全评价报告由施工单位编写,生产单位提供相应的现场情况、泄漏介质工艺参数及与泄漏介质有关的应急救援预案等。

施工方案是指导施工具体行动的纲领。它是依据工程概况,结合人力、材料、机具等条件,合理安排总的施工顺序,选择最佳的施工方法及组织技术措施,并进行施工方案的技术经济比较,确定最佳方案。详见附录 B。

“安全评价”是一种采用表格形式分析作业中潜在的危险因素、预测可能发生的危险、采取可靠对策的图表。制定中主要从人、机、料、法、环等五大因素上分析作业中潜在的危险,制定可靠对策。带压密封工程任务确定后,首先由作业者(工人)本人来对带压密封工程作业项目进行危险因素分

析,在“安全评价”表中填写好作业内容(必要时画上简图),然后作业者根据自己的工作经验和掌握的知识来认真分析该项作业的危险因素和可能发生的危险,再根据有关规章制度制定出对策。“安全评价”表制定完成,并经本人签字后,交给安全负责人把关,进一步查找作业中危险因素源和应该采取的可靠对策,从而有效地控制事故发生。

推行使用“安全评价”制度同其他票、证、书制度结合起来,可以形成双重互补性。一是从作业者的角度去分析查找作业中危险因素、制定防范措施,这样危险因素查找准确,措施具体;二是作业者制定的“安全评价”与其他票、证、书制定的安全措施相互对应会更有利地分析危险因素,采取更可靠的措施避免事故发生。详见附录 C。

**1.0.7** 本条要求生产单位或装置的安全员、机械技术员、工艺技术员及泄漏事故岗位值班长,根据泄漏部位的情况及泄漏介质的危险性,提供带压密封工程施工所需要的特殊防护用品、通风设备、降温措施、惰性气体、蒸汽保护、消防用品、救护用品及必备的应急安全退出通道。而这些安全保证条件只有生产单位的上述人员最为清楚。因此,特制定本条。

**1.0.8** 生产单位对带压密封工程现场施工作业人员进行安全技术交底,主要是从生产工艺、设备及泄漏介质特性、危险点、难点及其安全防范措施方面进行交底,目的是消除工程施工过程中的安全隐患,消除危害,保证施工顺利进行。不经安全技术交底的工程项目不得施工,施工人员有权拒绝施工。

**1.0.9** 本条要求生产单位的机械技术员、工艺技术员及泄漏岗位的操作人员对带压密封工程施工的全过程进行监督和检查,并负责验收。因为机械技术员对泄漏设备的机械参数是最了解的,工艺技术员对泄漏介质的物化参数是最了解的,而泄漏岗位的操作人员对泄漏现场的情况是最了解的,由生产单位的上述人员对带压密封工程的全过程进行监督和检查,是保证作业安全的最佳选择。

**1.0.10** 本条是根据中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局颁布的《压力容器压力管道带压密封作业人员考核大纲》TSG R6003 制定的。

**1.0.11** “安全检修任务书”是我国工业企业普遍采用的一种安全施工管理制度,目前生产企业已经明确规定一切检修项目均应在检修前办理检修任务书,明确检修项目负责人,并履行审批手续。因此,需要进行带压密封工程作业的生产单位必须办理带压密封工程安全检修任务书,明确施工项目负责人,落实施工安全措施,向施工人员作情况交底,以确保带压密封工程施工过程的安全。

**1.0.12** 带压密封工程施工单位及作业人员必须依据泄漏介质的特性,确定带压密封工程作业的危险性等级;并按现行国家标准佩带相应安全防护用品。严禁无安全防护用品单位和作业人员进入现场和从事带压密封工程施工。

泄漏介质的特性包括:介质名称、沸点(℃)、熔点(℃)、闪点(℃)、相对密度、溶解性、临界压力、临界温度、引燃温度(℃)、最小点火能(mJ)、爆炸上限(%)、爆炸下限(%)、最大爆炸压力(MPa)、稳定性、聚合危害、危险特性、避免接触的条件、灭火方法等。

带压密封工程施工作业中的危险性因素概括起来可分为二类:化学性因素,如有毒气体、有毒液体、有毒性粉尘与气溶胶、腐蚀性气体、腐蚀性液体;物理性因素,如高温液体、高温气体、噪声、振动、静电、触电、电离辐射、非电离辐射、物体打击、坠落、恶劣气候作业环境(高温、低温、高湿)、粉尘与气溶胶。

带压密封工程作业的危险性分类方法:



**1 根据泄漏介质毒性分类：**

根据 GB 5044—1985《职业性接触毒物危害程度分级》，分为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害四级。详见 1.0.4 条说明。

**2 根据泄漏介质燃爆性分类：**

极度危险、高度危险、中度危险和低度危险四级。

**3 根据泄漏介质腐蚀性分类：**

高度强烈、中度强烈和低度强烈三级。

**4 根据泄漏介质温度分类：**

超高温( $\geq 500^{\circ}\text{C}$ )、高温( $299^{\circ}\text{C} \sim 499^{\circ}\text{C}$ )、中温( $100^{\circ}\text{C} \sim 299^{\circ}\text{C}$ )和低温( $\leq -5^{\circ}\text{C}$ )。

**5 根据泄漏介质压力分类：**

超高压( $\geq 20\text{MPa}$ )、高压( $6.4 \sim 20\text{MPa}$ )、中压( $2.0 \sim 6.4\text{MPa}$ )和低压( $\leq 2.0\text{MPa}$ )。

根据带压密封工程施工作业类别选用劳动防护用品的原则参见附录 D。

**1.0.13** 目前国内生产带压密封产品的厂家较多，执行的多为企业标准，一些厂家甚至没有标准，而带压密封工程又是一项在危险性较大的现场进行抢险作业的一项特殊工程施工，所使用的产品必须安全可靠且质量合格，以保证带压密封工程施工人员的安全和带压密封工程的施工质量。因此，本规范要求带压密封产品的制造单位必须提供其质量证明文件和使用说明书，并应具有省级以上质量检测部门出具的 MA 质量检测报告。

带压密封产品的用户在选择产品时，一定要注意看有没有加盖计量认证的章，这是对检测机构资质的一种判断，只有通过计量认证的检测机构出具的检测报告才具有法律效力，其特征是在质量检测报告首页上方有一个 MA 标志。

**1.0.14** 鉴于目前国内市场带压密封工程施工所用密封注剂及注剂专用工器具生产或配套的厂家较多，技术水平参差不齐，且无相应的行业、国家标准或法规的约束。因此要求密封注剂及注剂专用工器具的生产厂家应出具省级以上质量检测部门出具的 MA 质量检测报告，其技术指标不得低于本规范的规定，无质量证明文件和使用说明书的产品不得使用。

**1.0.15** 带压密封工程施工项目技术负责人必须对现场作业人员进行技术和安全措施交底，主要是从泄漏介质的危险性、泄漏缺陷部位的特征、安全防护用品、应急救援、夹具安装、施工作业方面进行交底，目的是消除工程施工过程中的安全隐患，消除危害，保证施工顺利进行。不经技术和安全措施交底的工程项目不得施工，施工人员有权拒绝施工。

**1.0.16** 带压密封工程作业所涉及的作业票证包括安全检修任务书、安全评价报告、施工方案、应急救援预案、动火证、动电证、动土证、登高作业证、特殊场所作业证等，带压密封工程施工单位应根据泄漏单位要求和本单位规章制度办理相应的票证，并审批和分析合格后方可施工。

**1.0.17** 带压密封工程施工是一项应急抢险技术作业，所建立的带压密封部位不应成为永久性密封结构。特别是经历停运期间，带压密封部位的温度和压力值会出现较大的变化，运行后该部位又会经历一次温度和压力的变化，而密封注剂主体材料主要是非金属材料，而金属材料与非金属材料之间的热膨胀系数相差较大，在经历温度变化过程中，两者的热膨胀量不同，极易形成泄漏通道，引发二次泄漏。而处理二次泄漏的难度远大于初次带压密封作业。因此要求具备安全修复条件的必须拆除，并对泄漏缺陷部位进行修理、恢复原状。

**1.0.18** 依据 GB/T 1.1—2000 规范性引用文件格式要求,下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

安全生产法

压力容器安全技术监察规程

特种设备安全技术监察规程

压力容器压力管道带压密封作业人员考核大纲 TSG R6003

钢制压力容器 GB 150

压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类 HG 20660

职业性接触毒物危害程度分级 GB 5044

生产性粉尘作业危害程度分级 GB 5817

工业企业厂界噪音标准 GB 12348

有毒作业分级 GB 12331

高处作业分级 GB/T 3608

高温作业分级 GB/T 4200

低温作业分级 GB/T 14440

安全帽 GB 2811

防冲击眼护具 GB 5890

防冲击眼护具试验方法 GB 5891

自吸过滤式防尘口罩通用技术条件 GB/T 2626

过滤式防毒面具通用技术条件 GB 2890

防护服 一般要求 GB/T 20097

阻燃防护服 GB 8965

防静电工作服 GB 12014

防酸工作服 GB/T 12012

劳动防护手套通用技术条件 GB/T 12624

防静电鞋、导电鞋 技术要求 GB 4385

耐酸碱皮鞋 GB 12018

耐油防护鞋通用技术条件 GB 16756

劳动防护用品选用规则 GB 11651

铜合金工具防爆性能试验方法 GB/T 10686

防爆用梅花扳手 GB 10691

防爆用八角锤 GB 10692

炉窑护目镜和面罩 LD 66—1994

电动送风过滤式防尘呼吸器通用技术条件 LD 6—1991

《耐酸(碱)手套》 LD 34—1992

• 防 X 线手套 LD 34.4

《防尘服安全要求》 DB 42/054—1992

石油工业动火作业安全规程 SY/T 5858

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.2 本术语用能量差和传质的观点解释了“密封”的内涵。

《汉语大词典》中“密封”定义是：严密地封闭。

徐灏主编《机械设计手册》将“密封”定义为：防止工作介质从工作机器和设备中泄漏或防止外界杂质侵入机器和设备内部的一种装置或措施称为密封。

本规范通过分析和研究，“密封”的术语指称是：隔离高能流体向低能区进行负面传质的有效措施。

隔离措施：包括堵塞或隔离泄漏通道；增加泄漏通道中的阻力；加设小型密封元件，形成平衡泄漏的压力；借外力将泄漏液抽走或注入比泄漏压力更高的密封介质；采用组合密封元件；设置物理壁垒等。

高能：高能是相对低能区而言的，是一个能量差的概念。能量差特指压力差、温度差、速度差、浓度差等。压力差和浓度差是质量传递的推动力，温度差是热量传递的推动力，速度差是动量传递的推动力。概括地说，能量差是泄漏的推动力。

流体：泛指液体、气体、气液混合体、含有固体颗粒的气体或液体等。

低能区：低能区是相对高能物质而言的。低能区包括低压区、低浓度区、低温度区和低速区等。

负面传质：指的是人们不希望发生的传质方向和途径。

#### 2.1.5 本规范用能量差、缺陷通道和传质的观点解释了“泄漏”的内涵。

《汉语大词典》中的“泄漏”有两层含意：1)泄露(机密,秘密)。《三国志·吴志周鲂传》：“此计，任之於天，若其济也，则有生全之福；邂逅泄漏，则受夷灭之祸。”元白朴《东墙记》第二折“不争你走透消息，泄漏风声。”《儿女英雄传》第十六回“只因十三妹的这椿事大须慎密，不好泄漏他的机关。”茅盾《秋收二》：“然而他还藏着两句要紧话，不肯泄漏。”2)渗透。唐柳宗元《又祭崔简旅棣归上都文》：“楚之南，其土不可以入室。或汾而颓，或确而岑，阴流泄漏，穢没渝溢。”宋王说《唐语林·补遗二》：碗乃取一盘底至平者，以二椀重重安盘中，灌水其中，曾无泄漏。

赵光耀编著的《设备泄漏的防治》对“泄漏”的定义是：指设备超过技术条件规定的泄漏量所造成的不正常现象。

本规范通过分析和研究，确定“泄漏”的术语指称是：高能流体经隔离物缺陷通道向低能区侵入的负面传质现象。

#### 2.1.12 本规范提出了“密封注剂”这一术语。需要澄清的是“密封注剂”与“密封剂”的区别。

《密封剂测试》专著中“密封剂”的定义是：能够使某些物件的接缝、间隙或孔洞堵严，防止外部的流体或介质浸入内部，起着隔离、封严各种保护作用的各种浆糊状、液状、粘稠状、膏状、膜状或带状材料的总称。

·《化工辞典》中“密封剂”的定义是：一种随密封面形状而变形，不易流淌，有一定粘结性的密封材料。

ISO 6927 国际标准所定义的“密封剂”的定义是：“密封剂是以不定形状现场嵌填、粘结界面并受接缝位移变形的密封材料。密封剂是一种高填充混合物，涂抹填充后可依靠化学反应或溶剂挥发固化，形成弹性、弹塑性或塑性密封体；也可不固化。”

美国人 Hugo Buchter 所著的《INDUSTRIAL SEALING TECHNOLOGY》(工业密封技术)一书第 68 页，对“密封剂”的定义是：密封剂实际上是一种粘合剂，用来封闭液体和气体，以排除尘埃、污物、水分、化学品以及类似的物料。

而“密封注剂”的术语指称是：供“注剂枪”注射使用的复合型密封材料的总称。

密封注剂一般做成棒状固体，必须放在注剂枪内，通过挤压力才能流动，填充特定密封空腔、封堵泄漏缺陷、形成止住泄漏的密封比压，实现带压密封。密封注剂分为热固化型和非热固化型两大类。

## 3 安全管理与防护

### 3.1 一般规定

**3.1.1、3.1.2** 贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针,就是当生产、施工与安全发生矛盾时,应当把安全放在首位。这个原则是周恩来总理提出来的,它明确了安全与生产的辩证关系,是生产、施工单位安全管理的指导思想,其基本含意就是生产、施工必须服从安全,没有安全,正常的生产、施工就没有保障;离开了生产讲安全,安全就没有存在的意义。“预防为主”就是要把预防泄漏可能引发的事故放在首要地位。实践证明,尽管泄漏引发的事故的原因有时很复杂,但是一般还是可以预测和防范的,因此,做好预防工作是带压密封工程施工作业工作的重点。

带压密封工程施工作业是在泄漏状态下进行的一项应急抢险手段,涉及到不同温度、压力、物化性能复杂的各种流体泄漏介质,泄漏所发生的部位更是千变万化,施工作业现场常处于高温、低温、噪音、静电、腐蚀性、燃爆性、毒性、窒息性、粉尘性等恶劣环境,极易发生事故。据统计国内在带压密封工程施工作业中,因忽视安全而引发的静电爆炸伤亡、管道爆炸伤亡、阀门爆炸伤亡、中毒、耳聋等事故教训惨痛,为了保证带压密封工程安全施工,本规范对生产单位和施工单位均做出了具体规定。

### 3.2 生产单位的安全管理

**3.2.1** 由于带压密封工程施工是一项在危险条件下进行的应急抢险作业,涉及到泄漏介质的分析、安全防护、泄漏部位现场勘测、密封夹具的设计与制作、密封注剂选用、现场操作技术、密封施工等多学科的知识丰富的现场操作经验,特别是危险化学品介质的泄漏、高温介质的泄漏、高压介质的泄漏,要求作业人员有较高的科学和技术知识。为保证施工质量和作业人员安全,本规范要求生产单位必须选定具有相应资质的单位进行带压密封工程施工作业。无相应资质的单位不得从事带压密封工程施工。

**3.2.2** 能否安全进行带压密封工程施工作业不仅取决于生产单位的安全监护,更重要还取决于施工单位的技术水平和经验,因此对于一个泄漏事故能否进行带压密封工程施工作业,需要双方在泄漏现场商定,共同作出决定。

**3.2.4** 特殊作业票证是生产单位为保证安全生产和检修而制定的管理制度,当带压密封工程作业需要特殊作业时,生产单位应提供带压密封工程作业所涉及的各种特殊作业的票证,并协助施工单位办理。

**3.2.5** 生产单位各职能部门负责审批带压密封工程安全检修任务书、施工方案和作业安全评价报告。

安全检修任务书、施工方案和作业安全评价报告是带压密封工程作业施工安全的重要安全保证制度,生产单位的生产负责人、设备检修负责人、安全系统负责人及泄漏装置生产、设备、安全值班长应当认真审查和批准上述票证,履行签字和交接手续。

3.2.7 在石化行业从事带压密封工程施工作业中,消除危险化学品的泄漏事故占有一定的比例。

危险化学品是指具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性等特性,会对人(包括生物)、设备、环境造成伤害和侵害的一类化学品。危险化学品在不同的场合,叫法或者说称呼是不一样的,如在生产、经营、使用场所统称化工产品,一般不单称危险化学品。在运输过程中,包括铁路运输、公路运输、水上运输、航空运输都称为危险货物。在储存环节,一般又称为危险物品或危险品,当然作为危险货物、危险物品,除危险化学品外,还包括一些其他货物或物品。在国家的法律法规中称呼也不一样,如在《中华人民共和国安全生产法》中称“危险物品”,在《危险化学品安全管理条例》中称“危险化学品”。本规范选定危险化学品作为首选术语。

按我国目前已发布的法规、标准,有三项国家标准:《危险货物分类和品名编号》GB 6944—2005、《危险货物名称表》GB 12268—2005、《常用危险化学品分类及标志》GB 13690—1992,将危险化学品分为八大类,每一类又分为若干项:

第一类:爆炸品。爆炸品指在外界作用下(如受热、摩擦、撞击等)能发生剧烈的化学反应,瞬间产生大量的气体和热量,使周围的压力急剧上升,发生爆炸,对周围环境、设备、人员造成破坏和伤害的物品。爆炸品在国家标准中分5项,其中有3项包含危险化学品,另外2项专指弹药等。

第1项:具有整体爆炸危险的物质和物品,如高氯酸。

第3项:具有燃烧危险和较小爆炸危险的物质和物品,如二亚硝基苯。

第4项:无重大危险的爆炸物质和物品,如四唑并-1-乙酸。

第二类:压缩气体和液化气体。指压缩的、液化的或加压溶解的气体。这类物品当受热、撞击或强烈震动时,容器内压力急剧增大,致使容器破裂,物质泄漏、爆炸等。分为3项。

第1项:易燃气体,如氨气、一氧化碳、甲烷等。

第2项:不燃气体(包括助燃气体),如氮气、氧气等。

第3项:有毒气体,如氯(液化的)、氨(液化的)等。

第三类:易燃液体,本类物质在常温下易挥发,其蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物。分为3项。

第1项:低闪点液体,即闪点低于 $-18^{\circ}\text{C}$ 的液体,如乙醛、丙酮等。

第2项:中闪点液体,即闪点在 $-18^{\circ}\text{C}\sim<23^{\circ}\text{C}$ 的液体,如苯、甲醇等。

第3项:高闪点液体,即闪点在 $23^{\circ}\text{C}$ 以上的液体,如环辛烷、氯苯、苯甲醚等。

第四类:易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品,这类物品易于引起火灾,按它的燃烧特性分为3项。

第1项:易燃固体,指燃点低,对热、撞击、摩擦敏感,易被外部火源点燃,迅速燃烧,能散发有毒烟雾或有毒气体的固体。如红磷、硫磺等。

第2项:自燃物品,指自燃点低,在空气中易于发生氧化反应放出热量而自行燃烧的物品。如黄磷、三氯化钛等。

第3项:遇湿易燃物品,指遇水或受潮时,发生剧烈反应,放出大量易燃气体和热量的物品,有的不需明火就能燃烧或爆炸。如金属钠、氢化钾等。

第五类:氧化剂和有机过氧化物。这类物品具有强氧化性,易引起燃烧、爆炸,按其组成分为2项。

第1项:氧化剂,指具有强氧化性,易分解放出氧和热量的物质,对热、震动和摩擦比较敏感。如氯酸钾、高锰酸钾等。

第2项:有机过氧化物,指分子结构中含有过氧键的有机物,其本身是易燃易爆、极易分解,对热、震动和摩擦极为敏感。如过氧化苯甲酰、过氧化甲乙酮等。

第六类:毒害品。指进入人(动物)肌体后,累积达到一定的量能与体液和组织发生生物化学作用或生物物理作用,扰乱或破坏肌体的正常生理功能,引起暂时或持久性的病理改变,甚至危及生命的物品。如各种氰化物、砷化物、化学农药等等。

第七类:放射性物品。它属于危险化学品,但不属于《危险化学品安全管理条例》的管理范围,国家还另外有专门的“条例”来管理。

第八类:腐蚀品。指能灼伤人体组织并对金属等物品造成损伤的固体或液体。这类物质按化学性质分为3项。

第1项:酸性腐蚀品,如硫酸、硝酸、盐酸等。

第2项:碱性腐蚀品,如氢氧化钠、硫化钙等。

第3项:其他腐蚀品,如二氯乙醛、苯酚钠等。

当危险化学品流体介质发生泄漏事故时,生产单位应根据危险化学品事故的危害范围、危害程度与危险化学品事故源的位置以及气象条件等数据,划分事故中心区域、事故波及区域和事故可能影响区域。

一、事故中心区域。中心区即距事故现场0~500m的区域。此区域危险化学品浓度指标高,有危险化学品扩散,并伴有爆炸、火灾发生,建筑物设施及设备损坏,人员急性中毒。

事故中心区的救援人员需要全身防护,并佩戴隔绝式面具。救援工作包括切断事故源、抢救伤员、保护和转移其他危险化学品、清除渗漏液态毒物、进行局部的空间洗消及封闭现场等。非抢险人员撤离到中心区域以外后应清点人数,并进行登记。事故中心区域边界应有明显警戒标志。

只有受过正规训练和有特殊装备的专业救援组人员才能在此区域进行救援工作。所有进入此区域的人员必须在市应急救援指挥部的控制下工作,并及时报告现场情况。易燃易爆区域需注意使用防爆通信工具。

二、事故波及区域。事故波及区即距事故现场500~1000m的区域。此区域空气中危险化学品浓度较高,作用时间较长,有可能发生人员的伤害或物品的损坏。

该区域的救援工作主要是指导防护、监测污染情况,控制交通,组织排除滞留危险化学品气体。视事故实际情况组织人员疏散转移。事故波及区域人员撤离到该区域以外后应清点人数并进行登记。事故波及区域边界应有明显警戒标志。

只有受过训练的专业救援组人员和净化人员才能在该区域进行救援工作。

三、受影响区域。受影响区域是指事故波及区外可能受影响的区域,该区域可能有从中心区和波及区扩散的小剂量危险化学品危害。

该区域救援工作重点放在及时指导群众进行防护,对群众进行有关知识的宣传,稳定群众的思想情绪,做好基本应急准备。

以上危险区域的划分只是定性的,没有涉及到一种具体的危险化学品泄漏介质。目前我国尚无如何根据危险化学品不同化学物质的理化特性和毒性,结合气象条件,迅速确定疏散距离的详细资



料。本规范特推荐美国、加拿大和墨西哥联合编制的 ERG2000 中的数据。这些数据是运用以下各方面综合分析而成,具有很强的科学性:①最新的释放速率和扩散模型;②美国运输部有害物质事故报告系统(HMIS)数据库的统计数据;③美国、加拿大、墨西哥三国 120 多个地方 5 年的每小时气象学观察资料;④各种化学物质毒理学接触数据等。

疏散距离分为两种:紧急隔离带是以紧急隔离距离为半径的圆,非事故处理人员不得入内;下风向疏散距离是指必须采取保护措施的范围,即该范围内的居民处于有害接触的危险之中,可以采取撤离、密闭住所窗户等有效措施,并保持通讯畅通以听从指挥。由于夜间气象条件对毒气云的混和作用要比白天来得小,毒气云不易散开,因而下风向疏散距离相对比白天的远。夜间和白天的区分以太阳升起和降落为准。同时还应结合事故现场的实际情况如泄漏量、泄漏压力、泄漏形成的释放池面积、周围建筑或树木情况以及当时风速等进行修正:如泄漏物质发生火灾时,中毒危害与火灾/爆炸危害相比就处于次要地位;如有数辆槽罐车、储罐、或大钢瓶泄漏,应增加大量泄漏的疏散距离;如泄漏形成的毒气云从山谷或高楼之间穿过,因大气的混和作用减小,疏散距离应增加。白天气温逆转或在有雪覆盖的地区,或者在日落时发生泄漏,如伴有稳定的风,也需要增加疏散距离。因为在这类气象条件下污染物的大气混和与扩散比较缓慢(即毒气云不易被空气稀释),会顺下风向飘得较远。另外,对液态化学品泄漏,如果物料温度或室外气温超过 30℃,疏散距离也应增加。

风向决定泄漏气云扩散的主要方向。风速影响泄漏气云的扩散速度和被空气稀释的速度,风速越大,大气湍流越强,空气的稀释作用就越强,风的输送作用也越强。一般情况下当风速为每秒 1~5m 时,有利于泄漏气云的扩散,危险区域较大;若风速再大,则泄漏气体在地面的浓度降低。

大气稳定度是评价空气层垂直对流程度的指标。大气越稳定,泄漏气云越不易向高空消散,而贴近地表扩散;大气越不稳定,空气垂直对流运动越强,泄漏气云消散得越快。

气温或太阳辐射强弱主要是通过影响大气垂直对流运动而对泄漏气体的扩散发生影响。大气湿度大不利于泄漏气云的扩散。

地面的地形、地物会改变泄漏气云扩散速度,又会改变扩散方向。地面低洼处泄漏气云团易于滞留。建筑物、树木等会加强地表大气的湍流程度,从而增加空气的稀释作用,而开阔平坦的地形、湖泊等则正相反。在低矮的建筑物群、居民密集处或绿化地带泄漏气云不易扩散;高层建筑物则有阻挡作用,气云会从风速较大的两侧迅速通过。

当泄漏源位置较高时,泄漏气体扩散至地面的垂直距离较大,在相同的泄漏源强度和气象条件下,扩散至地面同等距离处的气体浓度会降低。若气体向上喷射泄漏,泄漏气体具有向上的初始动量,其效果如同增高泄漏源的位置。

泄漏气体密度相对于空气密度的大或小,分别表现出在扩散中以重力作用或以浮力作用为主。重力作用导致其下降,地面浓度增加,下降趋势会因空气的不断稀释作用而减弱。浮力作用在泄漏气体扩散初期导致其上升,地面浓度降低,被空气不断稀释后其上升的趋势减弱。对于泄漏的高温气体,其浮力作用大小受温度的影响,当其被冷却至大气温度后,浮力作用便会丧失。

了解了各种因素对气体扩散的影响,有利于建立气体泄漏扩散模型,并进一步预测泄漏气体扩散的危险区范围,以制定相应的应急措施。

疏散泄漏事故危害区域的非生产人员或群众,应通知当地政府,同时启动地方政府的应急救援预案。

由于危险化学品涉及面相当广泛,施工单位不可能针对每一种危险化学品泄漏介质都配备相应的安全防护器材和消防器材,而生产单位由于安全生产和检修的需要,必须配备与生产工艺介质相对应的安全防护器材和消防器材。因此,在处理危险化学品泄漏事故时,生产单位必须提供专用的安全防护器材和消防器材,以保证带压密封工程施工作业的安全。

**3.2.8** 为保证易燃、易爆、有毒物质在带压密封工程施工现场环境中其浓度不超过危险浓度,必须采取有效的通风排气措施。

在防火防爆环境中对通风排气的要求应按两方面考虑,即当仅是易燃易爆泄漏介质时,其作业现场的浓度一般应低于爆炸下限的 1/4;对于具有毒性的易燃易爆泄漏介质,在作业场所,还应考虑该毒物在作业现场内的最高容许浓度。通风方式一般宜采取自然通风,但自然通风不能满足要求时应采取机械通风。

对有火灾爆炸危险的作业现场,通风气体不能循环使用;排风/送风设备应有独立分开的风机室,送风系统应送入较纯净的空气;排除、输送温度超过 80℃ 的空气或其他气体以及有燃烧爆炸危险的气体、粉尘的通风设备,应用非燃烧材料制成;空气中含有易燃易爆危险物质的场所使用的通风机和调节设备应防爆。

对局部通风,应注意气体或蒸气的密度,密度比空气大的气体要防止其在低洼处积聚,密度比空气小的气体要防止其在高处死角上积聚。有时即使是少量气体也会使作业现场局部空间达到爆炸极限。

惰性气体保护的作用是缩小或消除带压密封工程施工现场易燃可燃物质的爆炸范围,从而防止燃烧爆炸。一般是采用大量惰性气体进行稀释,常用的惰性保护气体有氮、二氧化碳和水蒸气等。

**3.2.9** 根据我国生产企业建立的票证管理制度,带压密封工程施工单位所办理的所有票证终审、签字由生产单位负责,达到安全作业要求后,由生产单位具体负责人下达带压密封工程作业指令,这是生产单位从工艺和设备角度保证带压密封工程安全施工的重要环节,必须严格执行。

**3.2.10** 生产单位的岗位操作工、值班长、安全员、机械师、工艺师、生产主任及上一级安全防火部门有关人员,对泄漏介质及设备情况了解最全面,对意外事件处理最有经验和把握,因此要求上述人员必须在带压密封作业现场进行安全监护,保证作业的安全。

**3.2.11** 高处作业是指坠落高度基准面(通过最低坠落着落点的水平面)2m 以上(含 2m)有可能发生坠落的作业。高处作业的级别和种类,以及特殊高处作业类别,按 GB/T 3608 执行。高处作业前,必须办理“高处作业许可证”,采取可靠的安全措施,指定专人负责,专人监护,并严格履行审批手续;高处作业人员必须经体检合格,凡不适于高处作业的人员不得从事高处作业;高处作业用脚手架、吊篮、吊架、手拉葫芦等,必须按有关规定架设;高处作业人员必须系好安全带、戴好安全帽,随身携带的工具、零件、材料等必须装入工具袋;严禁作业人员依、靠、坐在栏杆及脚手架护栏上休息;遇六级以上的风力或其他恶劣气候时,应停止高处作业。架设安全通道是针对带压密封工程作业施工的危险性提出的特殊要求,由于该项工程是在泄漏事故状态下进行的,一旦发生燃烧或爆炸事故时,要求作业人员能够迅速撤离事故现场。因此要求生产单位应协助施工单位设计、架设安全可靠带防护围栏的操作平台和安全通道。

**3.2.12** 本条所指的违章操作是指违反生产单位泄漏事故岗位安全操作规程的行为。由于带压密封工程施工作业多由非生产单位的人员来完成,他们不可能完全了解泄漏岗位的安全操作规程,而

带压密封工程作业又是在不停产状态下消除泄漏事故的一项特殊抢险作业,为了完成作业,施工人员的某些行为可能违反岗位安全操作规程,甚至引发其他事故。因此要求生产单位应依据本规范及本单位安全操作规程,负责监督、检查带压密封工程施工作业的全过程,及时制止违章操作。

**3.2.13 带压密封结构发生泄漏**是指带压密封工程施工作业结束后一段时间内出现的再次泄漏,俗称二次泄漏。处理难度可能会更大一些。常用的手段是钻孔后引出泄漏介质,重新补注密封注剂,或分析查找原因,制定新的方案,拆除夹具后重新作业。由于原施工单位对泄漏情况比较了解,生产单位应通知其进行处置,并按作业要求重新办理带压密封工程作业所需的一切票、证、书。当原施工单位无法安全有效处置时,生产单位可以请其他带压密封工程施工单位进行处置,但必须按带压密封工程作业要求办理作业所需的一切票、证、书。

### 3.3 施工单位的安全管理

**3.3.1 执业资格**是专业技术人员从事某一特定专业技术工作应具备的学识、技术、能力和职业道德的必备标准。我国的执业资格制度是 1993 年提出的,至今我国已建立了包括注册安全工程师在内的 30 多个执业资格制度。注册安全工程师执业资格制度于 2002 年 9 月在我国开展以来,已顺利推行了 3 年多的时间。全国现有 11000 多人通过认定或考试获得《中华人民共和国注册安全工程师执业资格证书》。报名参加 2005 年全国注册安全工程师执业资格考试的有 86000 多人。执业资格制度是市场经济国家对专业技术人员管理的通行做法。目前我国《注册安全工程师执业管理办法》要求首先在中央企业以及矿山、建筑施工、危险化学品、烟花爆竹和民爆器材等高危行业的生产经营单位的安全生产管理机构强制性配备注册安全工程师,或要求上述生产经营单位安全生产管理机构负责人及专职安全生产管理人员必须具备注册安全工程师执业资格。而带压密封工程施工单位的作业范围包括危险化学品、高压和高温介质,属于高危行业,因此要求带压密封工程施工单位应设一名具有注册安全工程师执业资格的专职安全技术负责人。

带压密封工程的一个重要工作内容是夹具的强度、刚度和密封性设计,要求具有很好的材料力学的理论基础及一定的现场工作经验,因此要求带压密封工程施工单位必须配备一名以上具有中级以上专业技术职称(机械类本科以上学历)的带压密封工程设计人员。

泄漏检测设备是对泄漏缺陷进行检测的专用设备,带压密封工程施工单位在进行施工前必须对泄漏缺陷进行检测,重点掌握泄漏缺陷部位的剩余壁厚、裂纹的扩展情况,确定是否具备进行带压密封工程施工作业的安全条件。

**3.3.2 安全检修任务书**是我国生产企业建立的一种严格票证管理制度,对安全生产起到了重要作用。带压密封是在泄漏状态下进行施工的一项应急抢险作业,因此要求施工单位必须持带压密封工程安全检修任务书进入现场,并按任务书的内容要求进行现场勘测。

**3.3.3 对泄漏部位进行现场观测**,是作出能否采取带压密封方法消除泄漏的第一步。在泄漏现场,施工单位首先要确定泄漏缺陷情况,泄漏介质的性质、温度和压力是否满足本规范第 1.0.3 条和 1.0.4 条的规定,然后依据自身的技术力量和施工经验,与生产单位共同商定采取带压密封方法消除泄漏的决定。

**3.3.4** 目前我国生产企业已经建立了较为严格的票证管理制度,并取得了很好的效果。与带压密封工程相关的特殊作业票证主要有:动火许可证、罐内安全作业证、动土许可证、高处作业许可证、设

备检修许可证、断路联络票、吊装安全作业票、电气安全操作票、停送电联络票、电气安全工作票等。根据作业需要,这些票证应由生产单位提供给施工单位,并协助其办理。

**3.3.5** 带压密封工程施工单位必须严格遵守生产单位的票证管理制度,施工前办理完毕各种票、证、书,并审批、确认、分析合格、签字后,方可动工。

**3.3.6** 带压密封工程施工项目技术负责人对现场作业人员进行技术和安全措施交底,可与生产单位对现场作业人员进行的安全技术交底同步进行,也可依据施工的特殊单独进行。

**3.3.7** 带压密封工程施工人员接受生产单位安排的现场安全技术交底是了解泄漏介质压力、温度及危险特性;泄漏设备的操作参数、工艺生产特点;泄漏周围存在的危险源点情况;安全通道、安全注意事项、救护方法、必穿的劳保护品等的惟一途径,对带压密封工程安全施工至关重要。

**3.3.8** 计量检定机构是指从事评定计量器具的计量性能,确定其是否合格的技术机构。带压密封工程中使用的压力、温度及泄漏检测设备等属于计量检测对象。我国《计量法》第二十条规定:“县级以上人民政府计量行政部门可以根据需要设置计量检定机构,或者授权其他单位的计量检定机构,执行强制检定和其他检定、测试任务。”鉴于带压密封工程的特殊性,本规范要求带压密封工程施工器具必须定期通过法定计量检定机构的计量检测,保证带压密封工程的施工安全。

**3.3.9** 带压密封是在泄漏状态下进行施工的一项应急抢险作业,作业人员将与泄漏缺陷及介质直接接触,因此要求其佩戴防护用品必须符合国家现行标准规定,以保证其人身安全。

**3.3.10** 在带压密封工程施工中,由于某些特殊原因,施工单位作业人员可能需要动用生产单位配备的现场特殊器材,如安全防护器材、消防器材、防爆器材等,而对于外来施工人员,对上述特殊器材的性能、完好情况和具体使用要求存在不了解的问题。因此要动用上述器材必须征得生产单位有关人员的同意,并在生产单位有关人员监护下使用,以保证带压密封工程的顺利进行。

**3.3.11** 在处置有毒、有害、易燃易爆、高温、低温等泄漏介质时,施工单位需要采取稀释、降温、加热等措施,当生产现场配有惰性气体、压缩空气、蒸汽、水等工艺管线时,施工单位必须征得生产单位同意,办理相应的手续后,并在生产单位有关人员指挥下安全使用。严禁施工单位擅自使用气水源。

**3.3.12** 由于带压密封工程是在事故状态下进行的抢险施工,意外情况时有发生。如泄漏量增大,泄漏缺陷扩展,着火,中毒,伤亡等,而施工单位对生产现场的情况了解有限,应由生产与施工单位共同处置。

### **3.4 施工人员的安全防护**

**3.4.1** 带压密封工程施工中存在的各种危险和有害因素,会伤害施工人员的身体,损害健康,甚至危及生命。因此应采用技术措施和个体防护措施保障带压密封工程施工者的安全和健康。

劳动防护用品是带压密封工程施工作业人员为防御物理和化学等有害因素伤害人体而穿戴和配备的各种物品的总称。当作业环境达不到国家标准和有关规定时,佩戴劳动防护用品就成为既能完成施工任务又能保证劳动者的安全和健康的唯一手段。

**3.4.2** 头部防护用品是为防御头部不受外来物体打击和其他因素危害而配备的个人防护装备。根据防护功能要求,目前主要有一般防护帽、防尘帽、防水帽、防寒帽、安全帽、防静电帽、防高温帽、防电磁辐射帽、防昆虫帽等9类产品。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.3** 眼、面部防护用品是为防御烟雾、尘粒、金属火花和飞屑、热、电磁辐射、激光、化学飞溅等伤

害眼睛或面部的个人防护装备。目前主要有防尘、防水、防冲击、防高温、防电磁辐射、防射线、防化学飞溅、防风沙、防强光 9 类。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.4 呼吸器官防护用品**是为防御有害气体、蒸气、粉尘、烟、雾经呼吸道吸入,或直接向使用者供氧或清净空气,保证尘、毒污染或缺氧环境中作业人员正常呼吸的个人防护装备。呼吸器官防护用品按防护功能主要分为防尘口罩和防毒口罩(面具),按型式又可分为过滤式和隔离式两类。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.5 听觉器官防护用品**是为防御过量的声能侵入外耳道,使人耳避免噪声的过度刺激,减少听力损失,预防由噪声对人身引起的不良影响的个人防护装备。听觉器官防护用品主要有耳塞、耳罩和防噪声头盔三大类。听觉器官是带压密封工程施工作业的重点防护部位,当泄漏现场噪声强度大于 90dB 时,应根据生产现场情况选用听觉器官防护用品,预防职业性耳聋的发生。

**3.4.6 手部防护用品**是为保护手和手臂的功能,供作业者劳动时戴用的个人防护用品。手部防护用品按照防护功能分为 12 类,即一般防护手套、防水手套、防寒手套、防毒手套、防静电手套、防高温手套、防 X 射线手套、防酸碱手套、防油手套、防振手套、防切割手套、绝缘手套。每类手套按照材料又能分为许多种。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.8 躯干防护用品**是为保护人体的躯干部位不受外来危害或有效降低伤害而配备的个人防护装备。根据防护功能,防护服分为一般防护服、防水服、防寒服、防砸背心、防毒服、阻燃服、防静电服、防高温服、防电磁辐射服、耐酸碱服、防油服、水上救生衣、防昆虫服、防风沙服等 14 类产品,每一类产品又可根据具体防护要求或材料分为不同品种。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.9 足部防护用品**是防止施工过程中有害物质和能量损伤劳动者足部的个人防护用品。通常称为劳动防护鞋。足部防护用品按照防护功能分为防尘鞋、防水鞋、防寒鞋、防足趾鞋、防静电鞋、防高温鞋、防酸碱鞋、防油鞋、防烫脚鞋、防滑鞋、防刺穿鞋、电绝缘鞋、防震鞋等 13 类,每类鞋根据材质不同又能分为许多种。带压密封工程施工作业时,应根据生产现场情况选用。

**3.4.11 防爆工具**能够有效地防止工具与工作物之间相互摩擦或撞击时产生火花。

由钢铁材料制成的工具和设备在其激烈动作或失手跌落时发生的摩擦、撞击火花是隐蔽的引爆火源,所以这些工具不能在爆炸危险场所使用。在爆炸危险场所使用的工具(设备)必须由不发生摩擦、撞击火花,甚至不能产生炽热高温表面的特种材料制成,这样的工具称为防爆工具。钢铁材料具有较高的强度和硬度,适合于制造工具,而且材料的强度和硬度随着含碳量的增加而提高。然而对钢铁材料摩擦火花产生机理的研究结果表明,恰恰是钢材中所含的碳是产生摩擦火花的根源。

为了消灭工具的摩擦、撞击火花,选择铜材是方向。研究表明铜材不含碳,不会出现氧—铁—碳反应,所以不出现火花。其二是铜材的强度和硬度都比低,而导热性比钢材高,发生摩擦或撞击时,局部摩擦点会发生塑性变形而摩擦能量集中在个别接触点上,加上材料的高导热性,摩擦产生的热量迅速分散到基体而减少摩擦撞击点出现炽热高温的危险。然而,纯铜的强度和硬度太低,不能直接用做工具,需要添加适当的元素,如铍、铝、钛、镍、镁等熔炼成铜合金提高其强度和硬度。但当强度和硬度提高后,形成炽热高温的危险性会增强。为消除这一隐患,要求所配制的铜合金在室温下具有高的强度和硬度的同时,一旦受到摩擦、撞击,温度上升到一定程度,铜合金的金相组织就发生相变而转化为低强度并出现塑性变形甚至磨损剥离。这时局部摩擦面上的金属摩擦抗力下降,摩

擦、撞击的最高温度就被限制在合金相变温度之下,成为不能点燃爆炸性混合物的防爆合金。

因此,在易燃、易爆场所,特别是在处置易燃、易爆介质泄漏时,带压密封工程施工单位必须选用防爆工具,并符合国家相关标准的规定。

**3.4.13** 国家《安全生产法》第二十八条规定,生产经营单位应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上,设置明显的安全警示标志。而带压密封工程是一项具有危险性的抢险作业,泄漏现场的爆炸物、毒性物质、腐蚀性物质等可能超过现行国家有关标准,泄漏产生的噪声、夹带的冲击物都会对周围的人员产生危害。因此要求生产单位和施工单位应在作业现场设置危险标志,夜间要设信号灯,必要时指定专人负责,限制无关人员进入施工地点。各种防护设施和安全标志,未经施工负责人批准,不得移动或拆除。

## 4 密封注剂

密封注剂是带压密封工程施工所使用的一种专用密封材料。密封注剂一经注射到夹具与泄漏部位外表面所形成的密封空腔内,便与泄漏介质直接接触,是将要建立的新的密封结构的第一道防线。密封注剂的各项性能直接涉及到带压密封工程适用范围,它的优劣也直接影响到新的密封结构的使用寿命。可以说在合理设计制作夹具的前提下,正确选用密封注剂是带压密封工程成败的关键所在。

从目前国内密封注剂的生产和使用情况来看,大约有 30 多个品种,可大致分为两类:一类是热固化密封注剂,其基础材料是高分子合成橡胶以及固化剂,耐水、耐酸、耐碱、耐化学介质、耐高温的各种辅助助剂等。这类密封注剂的显著特点之一是,只有达到一定的温度以上,才能完成密封注剂由塑性体转变为弹性体的固化过程,常温下则为棒状固体;另一类是非热固化密封注剂,它的基础材料根据密封注剂的性能要求,可以是高分子合成树脂、油品、石墨、塑料以及其他无机材料等制成,固化机理多为反应型及高温碳化型或单纯填充型,可以适用于常温、低温及超高温场合的带压密封作业要求,其产品也多制成棒状固体或双组分的腻子状材料。

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 鉴于目前还没有密封注剂的国家现行标准,密封注剂的生产企业必须制订本企业标准,并应具有省级以上质量检测部门出具的 MA 质量检测报告。向用户提供产品质量证明文件和使用说明书,其技术指标不得低于表 4.2.3 的质量指标。

**4.1.2** 密封注剂是带压密封工程施工作业中直接与泄漏介质接触的密封材料,其质量是带压密封成功的决定性因素。因此,密封注剂在使用前必须进行复验,并符合表 4.2.3 的规定技术指标。

**4.1.3** 密封注剂的主体材料多为高分子粘流体,各种化学溶剂对未固化的密封注剂具有极强的溶解作用,甚至其挥发的气体也可形成破坏密封注剂因素,使密封注剂变粘,甚至丧失其基本性能。因此,要求库房内严禁存放挥发性溶剂。

### 4.2 密封注剂的质量

**4.2.1** 热固化型密封注剂是指只有达到一定的温度值以上才能完成固化过程的一类密封注剂,即完成密封注剂由线性结构向网状结构转化的过程。低于一定的温度,此类密封注剂不会完成固化过程;非热固化型密封注剂的固化机理有化学反应型、高温碳化型,还包括纯填充型类密封注剂。

**4.2.3** 密封注剂注射压力、热失重、溶胀度和溶重度的具体指标都是在实验室条件测得的,密封注剂在实际使用中,则要经历高温、高压及各种混合型泄漏介质侵蚀,其破坏形式将会是综合性的,极难定量测试。因此表 4.2.3 给出的技术指标是对密封注剂产品的最低要求。

1 注射压力 $\leq 30\text{MPa}/25^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq 28\text{MPa}/50^{\circ}\text{C}$ ,分别表示常温下和预热温度下密封注剂的注射压

力。超过这两个数值时,说明密封注剂的流动性极差,不能有效填充各种复杂的缺陷泄漏,注射过程及固化过程中不易形成连续的密封结构,易形成注剂界面或缺陷,易发生二次泄漏。

2 密封注剂的热失重超过 25%时,说明密封注剂材料中的小分子及低挥发性材料流失严重,密封注剂的致密性和强度遭到破坏,不能形成有效的再密封结构。

3 溶胀度小于-5%,说明密封注剂有被溶解的倾向,这是新的密封结构形成所不允许的;溶胀度大于 10%,说明泄漏介质的小分子大量进入到密封注剂的分子中,降低了密封注剂的各项性能指标,无法实现有效的再密封。溶重度的说明同溶胀度,溶重度和溶胀度可以在同一实验条件下一次完成。

掌握密封注剂在泄漏环境温度下的固化条件,对于带压密封工程作业来说至关重要,尤其是处理高温、高压而且泄漏流量较大的泄漏部位,掌握密封注剂在该条件下的固化时间,则决定着带压密封工程施工作业的成败(在夹具结构设计合理的情况下)。

### 4.3 密封注剂的选用原则

4.3.1 鉴于带压密封技术在我国应用只有二十几年,有关密封注剂的研究主要集中在技术开发和工程应用上,其基础科学研究和试验还相当薄弱,更缺乏定量化的科学试验数据做支撑。目前还没有制定密封注剂的国家标准,表 4.2.3 规定的注射压力、热失重、溶胀度及溶重度的质量指标是对密封注剂质量的最低要求,偏于定性和保守。低于这一指标,密封注剂已基本丧失使用价值。

4.3.2 本规范所界定的泄漏介质的化学性质是指其对所选密封注剂(未固化)的综合破坏作用。

1 任何品种的密封注剂都有一定的耐介质范围。密封注剂生产厂家在其密封注剂产品使用说明书中必须给出耐介质范围,带压密封工程施工单位必须按照密封注剂生产厂家提供的产品说明书的要求,选择密封注剂的品种。超出密封注剂使用说明书的耐介质范围进行带压密封工程作业,会导致作业失败的后果。在规定的耐介质范围内,密封注剂的耐介质性能是可以满足带压密封工程施工要求的,主要体现在溶胀度和溶重度两项技术指标不超过本规范表 4.2.3 的规定。

2 混合物泄漏介质的每一组分都应包含在密封注剂使用说明书规定的耐介质范围内,是选择密封注剂的最低要求。在选择密封注剂时,人们往往注重混合物中的主要成分,而忽略了混合物中的次要成分,而此时的次要成分恰恰成了决定性因素,造成密封注剂被溶解和破坏,无法实现带压密封目的。另外,试验证明,混合物中的各单一成分试验结果可以满足本规范表 4.2.3 的规定。但实际上,当将混合物中的两种特定介质按一定比例混合起来,就可能对某种密封注剂产生溶解效果,被称为协同效应或综合效果。但目前这方面的研究在国内还是一个空白。

3 溶解是密封注剂大分子向泄漏介质中均匀分散的过程。未固化的密封注剂的分子结构一般是线性的,易被泄漏介质溶解或破坏,无法形成有效密封,或密封效果极差,易发生二次泄漏。泄漏介质对密封注剂的破坏作用主要表现在接触时两者作用力的大小,当密封注剂与泄漏介质在化学结构上或在凝聚力上相似时,泄漏介质对密封注剂的破坏作用表现得就越明显。极性泄漏介质对极性类密封注剂的破坏作用十分明显,非极性泄漏介质对非极性类密封注剂的破坏作用十分明显,符合相似相溶的规律。因此,带压密封工程作业时,应选择与泄漏介质不发生溶解和破坏的密封注剂品种。

4 非固化型密封注剂是一种纯填充型密封注剂品种,不与泄漏介质发生溶解和破坏是选择密



封注剂品种的基本要求。

**4.3.3 泄漏介质系统的温度**是指该生产系统可能产生的最高温度。这个温度一定要低于密封注剂的最高使用温度。这样才能保证带压密封工程作业的成功和使用寿命。

1 密封注剂的适用温度范围是经过实验验证的,若超过密封注剂的适用温度,密封注剂会发生热分解,产生低聚物和低分子物质,随后出现烟雾等,无法实现带压密封的目的。

2 密封注剂的耐介质性能是指密封注剂固化后的技术指标,没有固化或没有充分固化的密封注剂的耐介质性能是较差的。这是由于固化后的密封注剂已经完成交联,受到交联点的束缚,在泄漏介质中只发生溶胀,不能发生溶解,而深度交联密封注剂则呈不溶不熔的性质。因此宜选用在泄漏介质系统温度下可完全固化的热固化型密封注剂品种。

3 未固化的密封注剂是一种粘流态材料,当环境温度低于其玻璃化温度时,密封注剂将转变为脆性材料,失去流动性,无法进行带压密封工程施工作业。解释这一现象可以用自由体积理论,该理论认为密封注剂体积是由两部分组成的:一部分是大分子本身的占有体积,另一部分是分子间的空隙,后者即为自由体积。在温度比较高时,自由体积较大,能够发生链段的短程扩散运动,不断地进行构象重排,具有流动性;而温度降低,自由体积减小,降至玻璃化温度以下时,自由体积减小到一临界值以下,此时链段的短程扩散运动已不能发生,高聚物表现为固体的性质,完全失去流动性,这时就发生了玻璃化转变。带压密封工程作业时应当选择玻璃化温度低于泄漏介质温度的密封注剂品种,密封注剂的玻璃化温度应当在使用说明书中给出。

**4.3.4 从国内目前的密封注剂品种来看**,由于在配方设计中主体材料选择的不同,其流动性也存在着较大的差异。反映密封注剂流动性的技术指标是注射压力,见表 4.2.3。当夹具的安装间隙符合本规范第 7.4.4 条的规定时,应当选择注射压力低的密封注剂品种,这样有利于密封比压的形成和降低施工人员的劳动强度。应当指出的是,当夹具的安装间隙较大,又无法弥补时,应当选择注射压力高一些的密封注剂品种。这类密封注剂品种在配方设计中,往往加入一定量的金属填充物或其他填充材料,以弥补夹具设计和安装中密封性的不足。

#### 4.4 密封注剂的使用方法

**4.4.1 鉴于目前国内外密封注剂产品还没有统一的标准**,各生产厂家的密封注剂产品规格多与自家的注剂枪的规格相配套,规格较多。常见的有  $\phi 28 \times 100$ 、 $\phi 22 \times 100$ 、 $\phi 20 \times 80$ 、 $\phi 20 \times 68$ 、 $\phi 18 \times 78$  等,带压密封工程施工单位在选用密封注剂时,一定要注意所选密封注剂与所使用注剂枪在规格上的统一。

**4.4.2 密封注剂的预热温度**一般在密封注剂生产厂家的使用说明书中给出,也可参照本规范表 4.2.3 的密封注剂的质量指标。当环境温度或泄漏介质系统的温度低于密封注剂的注射温度要求时,对密封注剂采取预热措施,或对注剂枪、注剂阀、夹具采取加热措施的目的都是为了提高密封注剂的流动性,进而提高注剂效率和降低施工人员的劳动强度。

**4.4.3 无论采用何种方法进行预热**,其温度都不得大于密封注剂的固化温度,预热时间不得大于密封注剂标定的固化时间,严禁出现密封注剂早期固化现象。

**4.4.4 密封注剂的预热**可根据生产现场的具体情况来选择。

1 密封注剂预热仪是专门为带压密封工程而设计的一种专用预热设备,这种设备设计有温度

设定和时间控制系统。

2 热水的温度一般不会超过 90℃,不会引发密封注剂的固化过程。一般的做法是用电热水壶首先将水加热,然后再将密封注剂放入,并进行温度控制。

3 在低于密封注剂的固化温度的设备壁面上进行预热是不会引发密封注剂固化过程的。但生产现场的情况比较复杂,不一定有合适的预热地点,或者温度高于密封注剂的固化温度,这时可以采取隔热措施或设专人看护预热密封注剂,严防预热过度,引起固化,造成不应有的损失。

4 用蒸汽预热要有专人看护,一次预热的密封注剂不要太多,应采用分批预热的方式,达到预热温度时,立即停止预热,严防预热过度,引起固化,造成不应有的损失。

4.4.5 对注剂工器具进行加热的目的是将热量最终传递给密封注剂,提高密封注剂的流动性。被加热的注剂工器具主要指的是注剂枪的注剂腔部分。

1 在对常温、低温泄漏介质进行带压密封工程施工作业,或者是在严寒的冬季施工时,对注剂工器具进行加热,对提高密封注剂的流动性和作业效率有极大的帮助。可选择现场高温的设备面对注剂工器具进行加热。

2 选择现场的蒸汽或热风对夹具、注剂阀及注剂枪的注剂腔部分直接加热,对提高密封注剂的流动性相当明显,但在实施时一定要征得生产单位的同意,操作时要有生产单位的监护人员在场。

4.4.6 目前我国注剂枪、注剂阀及注剂接头的设计中,其材料多选用 40Cr 或 45 号钢,在现行国家标准中,这两种钢的最高许用应力值所对应的温度值为 475℃。因此当泄漏介质温度高于 475℃时,注剂枪、注剂阀及注剂接头的金属机械性能将会明显降低。因此,当泄漏介质温度高于 475℃时,应对注剂枪的注剂腔部位采用水、空气或饱和水蒸气进行降温。

## 5 注剂工器具

**5.0.1** 带压密封技术要求在泄漏部位建立起密闭空腔,而将密封注剂注射到新的密闭空腔去的注剂工器具是带压密封技术的重要组成部分,包括注剂枪、液压泵、液压胶管、压力表、快换接头、注剂阀、注剂接头、C形卡具、紧带器、防爆工具等。

**5.0.2** 鉴于目前还没有注剂工器具的国家现行标准,注剂工器具的生产企业必须制订本企业标准,并应具有省级以上质量检测部门出具的 MA 质量检测报告。向用户提供产品质量证明文件和使用说明书。

**5.0.3** 由于带压密封工程所使用的注剂工具的工作压力在 10~70MPa 之间,有一定的危险性。因此要求成套的注剂工具在出厂前和带压密封工程施工单位使用前应进行系统强度试验和严密性试验。试验温度为常温,试验介质为液压油,强度试验压力为公称压力的 1.25 倍,保压 30min;严密性试验压力为公称压力,保压 30min。以无变形、无泄漏为合格。

**5.0.5** 手动液压油泵是将手动的机械能转换为液体的压力能的一种小型液压泵,是带压密封工程的动力之源。这种手动液压油泵的主要特点是,动力为手动、超高压、超小型、携带方便、操作简便,应用范围广泛。压力在 70MPa 工作时,手动油泵的性能可以充分发挥出来,是最合理的使用范围,各处均不需调整。在实际工作压力低于 70MPa 时,各处也不需调整。使用手动油泵应注意的安全事项如下:

- 1 不准超过 70MPa 压力工作,不得随意调整高低压阀。
- 2 操作时应均匀地掀动手柄,不得使油路有冲动现象,以保证各阀门持久地工作。
- 3 减压(或卸载)时,应当缓缓扭动手轮,不得使减压过速,以免损坏油泵的密封元件和设在泵出口的压力表。
- 4 油量不够时,不得在有压力的情况下注油,以免使回油时储油箱内有压力存在。
- 5 各连接处应拧紧,无误后方可工作。

**5.0.7** 液压胶管每年应进行一次强度试验,防止胶管老化发生意外。试验压力为公称压力的 1.25 倍。当试验压力低于 90MPa,而液压胶管发生了凸起、渗漏,则此胶管不得使用。

**5.0.8** 一般的手动液压工具是不安装压力表的,工作行程的完成主要看工件完成的情况。而带压密封工程机具总成必须配置压力表。压力表的作用有三个:

- 1 判断注剂枪内密封注剂的注射情况。

多数密封注剂在常温下是具有一定形状的固体。在高压下则变成流动性极好的塑性体。在不连接任何其他接头的情况下,密封注剂所需的流动压力应在 10~20MPa 之间,而这个压力就是手动油泵的出口上安装的压力表的指示压力。如果超过了这个指示压力,密封注剂还没有被挤出,则说明在常温下应用此种密封注剂进行带压密封工程作业是较困难的,应当采取必要的预热或加热的措施。当操作时,手动油泵的出口压力表出现只上升而下降很慢时,则说明密封注剂的流动性欠佳,只

要对密封注剂预热或对注剂枪直接加热一段时间,注射密封注剂的压力就会迅速下降。因此,通过压力表的指示,就可以知道注剂枪内的注射情况以及是否需要采取预热或加热措施。

## 2 判断密封注剂的流动情况。

当不断掀动手压油泵手柄,油泵出口指示压力在 30MPa 以下波动而不上升时,说明密封注剂的流动情况良好,随着密封注剂注射过程的进行,泄漏会明显变小,最后消失。如果不断掀动手动油泵手柄出现压力上升较快、下降较慢或只上升不下降,则说明密封注剂的流动渠道阻力太大或已经完全堵塞。这种情况除了温度的因素之外,最大的可能是出现在注剂阀上,安装注剂枪时,这个接头应处于关闭位置,切断泄漏介质的干扰,工作时这个注剂阀应处于全开的位置,若处于半开或关闭的位置,则注射阻力增大或不能注射。因此,通过压力表的指示压力就可以判断这个注剂阀的开闭情况,同时也可以通过压力表的指示压力判明密封注剂在夹具与泄漏部位部分外表面所形成的密封空腔内的流动情况及填充情况。当在某一注剂孔内连续注射几只密封注剂后,手动油泵出口压力表的指示压力不断上升,说明这一注剂孔附近的密封空腔已充满,应停止在这一注剂孔继续注射,关闭注剂阀,拆下注剂枪,连接到其他注剂孔处,继续注剂,直到泄漏停止。

## 3 判断工作行程的终止。

当注剂枪内的全部密封注剂被挤出后,手动油泵出口压力表的指示压力会出现只升不降的趋势,说明工作行程已结束。对于自动复位式注剂枪来说,只要打开手动油泵的卸载阀,枪的活塞就会在复位弹簧的作用下,恢复到非工作位置,重新装好密封注剂就可继续注射。对于油压复位式来说,则需要变换两组快装接头,然后掀动手动油泵,使注剂枪的活塞复位到非工作状态,复位行程的结束,也是通过压力表的指示压力来判明的。压力表量程应大于或等于手动油泵的最高工作压力。

**5.0.9 快换接头**是一种快速连接及切断流体通道的装置。快换接头的主要特点是连接迅速、操作简便、传输压力高、而且不需要任何工具。快换接头由两部分组成,一部分是凸起的,另一部分是凹的。凸的部分称为插头,凹的部分称为插座。由于使用场合及连接对象的不同,快换接头在结构上存在着很大的差别,特别是快换接头的阀门配置对连接的功能有很大的影响。因此,根据阀门配置的不同,快换接头有直通式、单侧切断式和双侧切断式三种类型。带压密封工程宜选择具有可锁紧功能的两侧切断式快换接头。

**5.0.10 注剂阀**是将注剂枪连接到夹具上的特殊阀门接头。它的作用有三个:

### 1 排放泄漏介质。

安装夹具之前,各个注剂孔都应当安装好注剂阀,并且把注剂阀的阀蕊设置在全开的位置。然后再把夹具安装到泄漏部位上,这时泄漏介质就会沿着注剂阀的注剂通道排放掉,使夹具与泄漏部位所形成的密封空腔不致产生过大的压力,这对安装夹具是大有好处的;另外在注射密封注剂时,注剂阀同样可以起到排放掉密封空腔内的气体的作用。

### 2 切断泄漏介质。

夹具安装好以后,在泄漏点相反方向一侧关闭某一注剂阀,则泄漏介质被切断。这时作业人员可以在没有泄漏介质影响的情况下,把注剂枪连接在夹具上,连接好以后再打开注塞阀,就可以进行注剂程序作业了。在处理阀门填料盒泄漏及采用“铜丝捻缝围堵法”和“钢带围堵法”处理法兰泄漏时,也是通过注剂阀来进行钻孔作业的,孔钻打穿后引出泄漏介质,再关闭注剂阀,切断泄漏介质,连接注剂枪,进行注射密封注剂作业。

### 3 切断注剂通道。

在处理压力较高、流量较大的泄漏介质时,在装填密封注剂过程中,应关闭注剂阀,切断注剂通道,这样可以避免密封注剂被高压泄漏介质反向挤回到注剂枪的剂料腔内。在一个注剂孔注射满密封注剂后,也必须首先关闭注剂阀,然后再拆下注剂枪,每一个注剂孔都应当这样做。泄漏停止后,全部注剂阀都应处在关闭位置,以防密封注剂在固化过程中产生的体积膨胀力将靠近注剂孔边缘的未充分固化的密封注剂挤出夹具之外,待密封注剂充分固化后,就可以拆下注剂阀,拧上相应规格的丝堵。

**5.0.11** 注剂接头是将夹具与注剂枪连接成一个完整注剂通道的金属构件。其作用是在注剂通道上完成接通、关闭、转向、换位等功能。包括螺栓注剂接头、法兰边缘注剂接头、转向接头、加度接头及C形卡具等。泄漏部位是千变万化的,为了处理这些泄漏点,不仅要设计制作出各种形式的专用夹具,而且还要有各种相应形式的专用注剂接头,这样才能满足带压密封工程作业的特殊要求。例如某泄漏点距离墙壁、管线、阀门、机器或其他物体太近,无法直接安装注剂枪,这时就要求作业人员必须改变注剂枪的连接角度,躲开障碍物,在这种情况下,可以采用角度接头,使高压注剂枪与注剂孔形成 $90^{\circ}$ 或 $150^{\circ}$ 形式,完成带压密封作业。

## 6 泄漏部位现场勘测

### 6.1 一般规定

6.1.1 泄漏现场的勘测和数据采摘,生产单位要派出安全和技术人员大力协助,向施工单位提供现场日常执行操作数据和安全注意事项,共同参与数据的采摘,才能保证安全、准确、顺利地完成任务。

6.1.2 为保证现场勘测时设备和人身的安全,现场勘测人员应符合本规范第3章的规定,方能进行操作。

6.1.3 不适宜用带压密封方法消除泄漏的部位是经过现场严格勘测得到的具体数据,进行计算分析研究后确定的。裂纹的检查方法主要是直观检查和无损探伤。无损探伤方法主要有液体渗透检查、X光射线探伤和磁力探伤等。设备和管道壁厚和范围的检查,则通过外部尺寸的测量对比、超声波测厚仪测量厚度等方法。

1 带压密封工程施工人员在现场施工时,将直接面对高温、高压和腐蚀泄漏介质可能造成的直接伤害,易燃易爆泄漏介质可能造成设备和人员的伤害,有毒泄漏介质可能对人员健康和生命的伤害等等。如果没有一套根据不同泄漏介质的防护和安全操作措施,则很难保障施工人员在现场操作时的人身和设备安全。还有一些特别危险的泄漏部位,即使采取了安全防护措施,仍不能保证施工安全,例如在某些非常狭窄的泄漏现场,人们很难正常进入和离开泄漏点,当带压密封过程中,出现紧急事态,施工人员无法迅速脱离泄漏点的,也不能进行带压密封作业。

2 带压密封技术的特点是在密封部位施以足够的密封比压才能消除泄漏。如果密封部位减薄情况无法检测清楚,可能造成密封部位无法承受这个密封比压,而产生使密封部位被压瘪或使管道断裂的危险。

3 设备管道上裂纹的产生是由不同的原因造成的,用带压密封的方法可以消除因裂纹造成的泄漏。但带压密封并不能消除产生裂纹的原因,所以在消除泄漏后,裂纹还会继续扩展,并且被密封部位包容在内而不易被人们及时发现,当裂纹扩展到无法满足设备管道强度要求时,便会出现突然断裂的事故。所以只有确定有效止裂措施后,才能进行带压密封。

4 夹具设计的大小与泄漏部位尺寸大小和温度、压力的高低有关。在一般情况下,带压密封部位材料的强度和刚度都能满足装上夹具的要求。但在管道直径较小或在管道减薄较大,而设计的夹具厚度和体积较大的情况下,管道可能承受不了装夹具后引起的弯矩和变形,则此时不能装夹具,更不能进行注入密封剂操作,否则会加速变形和断裂,当然如果对夹具采取某些支撑其重量的措施,则可改善此种情况。

5 在注剂作业时,密封比压的升高对泄漏部位的连接螺栓会产生一定的拉应力,当连接螺栓的强度不足时,易发生拉断的现象。因此带压密封部位螺栓强度不能满足密封比压要求,且无法加固的泄漏部位不能进行带压密封作业。

6 线密封法兰垫片最大的优点是用较小的螺栓紧固力就能达到法兰所需要的最大的密封比

压。相对于平面垫片法兰所需的螺栓紧固力要小得多。因此,虽然线密封法兰垫片用于高温高压的密封,但其设计的连接螺栓直径不是很大,数量也不是很多的。如果用法兰夹具对线密封法兰进行带压密封,则等于在此法兰之间注入了一个较宽的平面垫片,完全破坏了原来的线密封结构。如要满足法兰的密封比压,则连接螺栓的拉力(紧固力)需增大数倍或十几倍。原设计螺栓的剩余应力显然是不能满足这种要求的。结果可能导致法兰连接螺栓的失效和断裂。

**6.1.6 泄漏部位现场勘测数据**是带压密封工程最重要的基础资料。依靠这些数据才能制定出符合实际的带压密封施工方案,包括密封注剂的选用,夹具的设计,安全防护和安全措施等,没有勘测数据是不能完成的。有关部门和人员在审批带压密封施工方案时,也需要勘测数据为依据。因此整个带压密封过程都不能没有这些数据资料。

## 6.2 泄漏介质的勘测

**6.2.1 消除泄漏介质**是带压密封施工的最终目标,因此泄漏介质的勘测便围绕其对带压密封工程的影响而展开。

1 单质/混合物。当泄漏介质为混合物时,每种组分性能对带压密封工程的影响是不一样的,有时较少的组分其影响是决定性的,例如某一混合液泄漏,主要组分对密封注剂的溶胀较小,而微量组分的溶胀很大,如果没有检验出来,而按多组分选用密封注剂,则对带压密封影响很大。因此在勘测时应该把混合物的所有组分都要找出来。

2 工作温度。包括最低工作温度和最高工作温度,对带压密封工程有重要影响。当在某个比较稳定的工作温度下完成带压密封时,温度的下降可能导致密封结构再泄漏;而温度的升高使可能按原来较低温度下选用的密封注剂不适用。这种情况在制定施工方案时是应该考虑的。

3 工作压力。包括最低工作压力和最高工作压力,对带压密封工程也有重要的影响。当在某个比较稳定工作压力下完成带压密封时,压力的下降常伴随着温度下降而造成再泄漏;而压力的升高,导致原来的密封比压可能不能满足压力升高的要求,也可能造成再泄漏。这是在制定带压密封操作规程时都应该考虑的问题。

4 泄漏介质的危险特性包括毒性、腐蚀性和易燃易爆性,是引起带压密封施工者不安全的主要因素,也是安全防护和措施的重要依据。“表 6.2.1 泄漏介质勘测记录”中的危险特性应参照条文说明“表 9 介质的腐蚀、烧灼强烈程度分级”填写。

- 1) 介质毒性危害程度分级规定见本规范条文说明表 1;
- 2) 介质易燃易爆等级按《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的规定;
- 3) 可燃气体的火灾危险性分类见表 4;
- 4) 可燃气体的火灾危险性分类举例见表 5;
- 5) 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类见表 6;
- 6) 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例见表 7;
- 7) 甲、乙、丙类固体的火灾危险性分类举例见表 8;
- 8) 介质的腐蚀、烧灼强烈程度分级见表 9。

表 4 可燃气体的火灾危险性分类

类 别	可燃气体与空气混合物的爆炸下限
甲	$<10\%$ (体积)
乙	$\geq 10\%$ (体积)

表 5 可燃气体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称
甲	乙炔,环氧乙烷,氢气,合成气,硫化氢,乙烯,氰化氢,丙烯,丁烯,丁二烯,顺丁烯,反丁烯,甲烷,乙烷,丙烷,丁烷,丙二烯,环丙烷,甲胺,环丁烷,甲醛,甲醚,氯甲烷,氯乙烯,异丁烷
乙	一氧化碳,氨,溴甲烷

表 6 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

类别	名 称	特 征
甲	A	液化烃
	B	15℃时的蒸汽压力 $>0.1\text{MPa}$ 的烃类液体及其他类似的液体
乙	A	甲 A 类以外,闪点 $<28^\circ\text{C}$
	B	$28^\circ\text{C}\leq\text{闪点}\leq 45^\circ\text{C}$
	C	$45^\circ\text{C}<\text{闪点}<60^\circ\text{C}$
丙	A	$60^\circ\text{C}\leq\text{闪点}\leq 120^\circ\text{C}$
	B	闪点 $>120^\circ\text{C}$

表 7 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例

类别	名 称
甲	A 液化甲烷,液化天然气,液化氯甲烷,液化顺式-2 丁烯,液化乙烯,液化乙烷,液化反式-2 丁烯,液化环丙烷,液化丙烯,液化丙烷,液化环丁烷,液化新戊烷,液化丁烯,液化丁烷,液化氯乙烷,液化环氧乙烷,液化丁二烯,液化异丁烷,液化石油气
	B 异戊二烯,异戊烷,汽油,戊烷,二硫化碳,异己烷,己烷,石油醚,异庚烷,环己烷,辛烷,异辛烷,苯,庚烷,石脑油,原油,甲苯,乙苯,邻二甲苯,间、对二甲苯,异丁醇,乙醚,乙醛,环氧丙烷,甲酸甲酯,乙胺,二乙胺,丙酮,丁醛,二氯甲烷,三乙胺,醋酸乙烯,甲乙酮,丙烯腈,醋酸乙酯,醋酸异丙酯,二氯乙烷,甲醇,异丙醇,乙醇,醋酸丙酯,丙醇,醋酸异丁酯,甲酸丁酯,吡啶,二氯乙烷,醋酸丁酯,醋酸异戊酯,甲酸戊酯
乙	A 丙苯,环氯丙烷,苯乙烯,喷气燃料,煤油,丁醇,氯苯,乙二胺,戊醇,环己酮,冰醋酸,异戊醇
	B -35 号轻柴油,环戊烷,硅酸乙酯,氯乙醇,丁醇,氯丙醇
丙	A 轻柴油,重柴油,苯胺,锭子油,酚,甲酚,糠醛,20 号重油,苯甲醛,环己醇,甲基丙烯酸,甲酸,环己醇,乙二醇丁醚,甲醛,糠醇,辛醇,乙醇胺,丙二醇,乙二醇
	B 蜡油,100 号重油,渣油,变压器油,润滑油,二乙二醇醚,三乙二醇醚,邻苯二甲酸二丁酯,甘油



表 8 甲、乙、丙类固体的火灾危险性分类举例

类别	名 称
甲	黄磷,硝化棉,硝化纤维胶片,喷漆棉,火胶棉,赛璐珞棉,锂,钠,钾,钙,铯,铷,铊,氢化锂,氢化钾,氢化钠,磷化钙,碳化钙,四氢化锂铝,钠汞齐,碳化铝,过氧化钾,过氧化钠,过氧化钡,过氧化锶,过氧化钙,高氯酸钾,高氯酸钠,高氯酸钡,高氯酸铵,高氯酸镁,高锰酸钾,高锰酸钠,硝酸钾,硝酸钠、硝酸铵,硝酸钡,氯酸钾,氯酸钠,氯酸铵,次亚氯酸钙,过氧化二乙酰,过氧化二苯甲酰,过氧化二异丙苯,过氧化氢苯甲酰,(邻、间、对)二硝基苯,2-二硝基苯酚,二硝基甲苯,二硝基萘,三硫化四磷,五硫化二磷,赤磷,氨基化钠
乙	硝酸镁,硝酸钙,亚硝酸钾,过硫酸钾,过硫酸钠,过硫酸铵,过硼酸钠,重铬酸钾,重铬酸钠,高锰酸钾,高氯酸银,高碘酸钾,溴酸钠,碘酸钠,亚氯酸钠,五氧化二碘,三氧化铬,五氧化二磷,萘,蒽,菲,樟脑,硫磺,铁粉,铝粉,锰粉,钛粉,咔唑,三聚甲醛,松香,均四甲苯,聚合甲醛偶氮二异丁腈,赛璐珞片,联苯胺,噻吩,苯磺酸钠,环氧树脂,酚醛树脂,聚丙烯腈,季戊四醇,尼龙,己二酸,炭黑,聚氨酯,聚苯乙烯,聚乙烯,聚丙烯,聚氯乙烯
丙	石蜡,沥青,苯二甲酸,聚酯,有机玻璃,橡胶及其制品,玻璃钢,聚乙烯醇,ABS 塑料,SAN 塑料,乙烯树脂,聚碳酸酯,聚丙烯酰胺,己内酰胺,尼龙 6,尼龙 66,丙纶纤维,萘磺, (邻、间、对)苯二酚

表 9 介质的腐蚀、烧灼强烈程度分级

等 级	常 见 介 质
高度强烈	强酸、强碱、酚、醛、氯、卤素氢化物、液氨、高温过热蒸汽
中度强烈	弱酸、弱碱、焦油、渣油、液氮、液氧(冻伤)、氨气、氨水、漂白剂、醇类苯类、中低温饱和水蒸气、热水、中温空气
低度强烈	原油、沥青、液化气、联苯、洗涤剂

### 6.3 泄漏部位的测量

6.3.1 法兰泄漏部位的测量为法兰夹具结构设计提供准确的数据。法兰的外径测量至少应测量四个点。法兰的间隙和法兰外圆周边至螺栓面的距离是为夹具的舌环设计提供数据,应该以连接螺栓处全程测量,以找出它们的最小值。在测量螺栓直径和数量时,还要仔细检查螺栓的完好程度,以便在以后带压密封装入夹具前,换下有缺陷的螺栓。

6.3.4~6.3.7 在直管、变径管、弯管、三通管等泄漏部位测量,为相应的盒式夹具结构设计提供准确的数据,同时要测量泄漏部位壁厚的减薄情况数据,为带压密封工程施工提供安全保证。

6.3.8 填料泄漏部位测量主要是为选择带压密封方法。目前有两种方法,直接钻孔法及设计辅助夹具法。

6.3.9 本条主要是把泄漏部位周围影响夹具安装,施工人员操作,安全进出的环境勘测清楚,为制订施工方案和安全措施提供准确数据。

## 7 夹具设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 盒式夹具和法兰夹具,由于结构不同,其强度计算方法也不同。盒式夹具有一个相对较宽的圆形壳体,两端有分别与壳体连成一体的端盖板,可看成是一受内压的容器。法兰夹具是一个相对较窄的圆环,被看作受载荷作用的支承梁。

7.1.2 为保证通过夹具顺利完成带压密封任务,其结构设计作如下规定是必要的。

1 强度和刚度是设计夹具的基本要求。强度是保证夹具不被破坏,而刚度则是保证夹具不出现变形和位移。对泄漏缺陷形成拉应力的夹具结构形式会使泄漏缺陷扩大,甚至断裂,严禁使用。

2 要消除设备管道上的泄漏,泄漏点应有一定厚度和宽度并具有足够密封比压的密封注剂所覆盖,盒式夹具的封闭空腔要能满足上述要求。压力温度较低时,空腔的高度可选小些;高温高压,要选大些。

3 盒式夹具是靠两侧端盖板与泄漏部位连接成为封闭空腔的。端盖板与连接部位的连接面不能有泄漏孔洞,也不能有明显的壁厚减薄,否则带压密封就很难成功,或者出现管壁变形或断裂的事故。

4 法兰夹具与泄漏部位的密封连接有两种结构:一种是线密封的斜凸型( $\triangle$ ),当泄漏两法兰外径相等且不同轴度很微时,有理想的密封效果。另一种是面密封的凸型结构,当密封间隙不理想时,可以采用调整、修理和用辅助密封设计的办法来处理,可塑性较大,根据我国目前法兰标准较多,安装不太规范等原因,采取这种结构是比较可行的选择。

5 注剂孔的功能是排放泄漏介质和注入密封注剂。为使粘流态密封注剂在各处的挤压力分布比较均匀,应设计足够数量的注剂孔。本条规定的开孔数量是最低限度的。

6 夹具与泄漏部位的接触间隙应该愈小愈好,但由于受到泄漏部位表面粗糙,夹具加工精度等因素影响,存在接触间隙是不可避免的。在有些泄漏的工况,这种间隙能够满足带压密封的要求。有些需要调整修理后也可以满足要求,但有些不允许有间隙的夹具则应该设计辅助的密封结构。

7 夹具最少应分成两部分才能安装到泄漏部位上。根据泄漏部位结构、尺寸大小、现场环境,为减轻每块夹具重量,便于安装,也可分成三部分、四部分等。

7.1.3 本条规定夹具材料的许用应力,可以按《钢制压力容器》(GB 150)许用应力数据表选取。

### 7.2 盒式夹具和连接螺栓的设计计算规定

#### 7.2.1 盒式夹具壁厚计算公式。

盒式夹具装在泄漏部位上,视为一受内压容器,其受压情况,随着带压密封过程而变化。注入密封注剂前,受泄漏介质压力作用;在注入密封注剂过程中,既受泄漏介质压力作用,也受密封注剂挤压力作用;当完全消除泄漏后,则主要受密封注剂挤压力作用。根据本规范对夹具结构设计的规定

和对注入密封注剂的操作要求,以及密封注剂固化前传递和分散挤压力的性能,使得密封注剂作用在夹具上的挤压力,基本上可以达到均布。

因此可以通过薄壁内压力容器通用计算公式加入经验数据变成适用于计算夹具壁厚的计算公式。具体数据的选取说明如下:

$S$ ——夹具计算厚度,其实际厚度不应小于 6mm,是为了保证焊接的质量。

$p$ ——夹具设计压力,应选取作用在夹具上的最大挤压力  $p_i$ 。其选取数值说明如下:

当带压密封过程中,消除泄漏时,密封注剂的挤压力应与泄漏系统介质压力相平衡,即  $p_i = p_L$ 。但如果此时停止注入密封注剂,则上述平衡是不能保持的,很快会出现再泄漏。这是因为:第一、密封注剂在固化过程中,体积缩小,使挤压力下降。第二、密封注剂在介质温度的作用下,热失重增加,挤压力下降。第三、密封注剂在传递挤压力过程中是要消耗的。距离愈大,消耗愈大。第四、还有一些其他因素影响挤压力,例如:密封注剂溶胀溶重,操作中不确定因素等。为了防止泄漏部位再泄漏,需在其泄漏点(设备管道外壁处)保持挤压力与泄漏系统介质压力较长期的平衡,就必须提高作用在夹具上的挤压力,即  $p_i > p_L$ 。

泄漏部位由于介质、温度、压力的不同,带压密封注剂压力是不同的。温度和压力较低时,  $p_i = p_L + 2 \sim 3 \text{ MPa}$ , 即能满足要求。而高温高压的泄漏,则必须使  $p_i = p_L + 5 \text{ MPa}$ , 才能保证带压密封结构的稳定可靠。

作用在夹具上的挤压力是用注剂工具与装在泄漏部位上的夹具连成一体,进行注剂操作时,间接测量出来的。如上所述,当消除泄漏瞬间,  $p_i = p_L$ , 此时液压泵前压力表数值  $p_b = p_i + p_{\text{管}}$  成立。

$p_{\text{管}}$ ——从压力表出口至连接在夹具上注剂阀出口之间所消耗的压力。

此时  $p_{\text{管}} = p_b - p_L$ 。反过来通过  $p_b$  表便不难找出  $p_i$  了。

$D$ ——夹具计算直径。盒式夹具为管道或筒体外径+2 倍注剂厚度;

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力。按前述第 7.1.3 条规定选取;

$\phi$ ——焊接接头系数。因为夹具不是通过焊接连成一体,而是通过焊接在壳体的耳板(T 型焊)用螺栓连成一整体的,  $\phi$  实际上是一个连接效率系数,既有焊接质量性能的影响,又有耳板、螺栓作用的因素,综合考虑取  $\phi = 0.7$  比较合理。当夹具为整体材料制作时,取  $\phi = 1$ 。

### 7.2.2 盒式夹具端(盖)板厚度计算公式。

端(盖)板厚度计算可按 GB 150—1998 圆形平盖厚度计算公式加入带压密封经验数据而得,具体说明如下:

$S_p$ ——夹具端板计算厚度;

$D$ ——同第 7.2.1 条说明;

$K$ ——端(盖)板平盖系数。

当壳体与端板为焊接结构时,  $K = 0.35$  (见 GB 150—1998 表 7-7 序号 7,8);当夹具为整体结构时,  $K \geq 0.16$  (见 GB 150—1998 表 7-7 序号 1),  $K$  在 0.16~0.188 间选取。

$p$ ——见第 7.2.1 条说明;

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力。按第 7.1.3 条规定选取。

### 7.2.3 夹具连接螺栓直径计算公式。

夹具在  $p_i$  和  $p_L$  作用下产生的载荷是由连接螺栓承受的轴向静载荷  $F = C_K C p D$ , 为保证夹具

在载荷作用下的紧密性,轴向载荷应为:

$$F_z = (K_o + K_c)F = C_K C p D$$

按机械设计手册,  $K_o$ —预紧系数,  $K_c$ —刚性系数, 取  $K_o = 1.2$ ,  $K_c = 0.3$  则  $C_K = 1.5$

$$\text{每个螺栓的拉应力 } \sigma = \frac{1.3 F_z}{A} = \frac{1.3 C_K C p D}{n \frac{\pi}{4} d_1^2} \leq [\sigma]^t$$

$$\text{整理得 } d_1 \geq 1.29 \sqrt{\frac{C_K C p D}{n [\sigma]^t}}$$

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力,按 7.1.3 规定选取。

#### 7.2.4 夹具耳板连接设计。

$$1 \text{ 耳板受弯矩作用 } M = \frac{F}{2} \cdot L$$

$$\text{弯曲应力 } \sigma = \frac{M}{Z} = \frac{FL/2}{bt^2/6} \leq [\sigma]^t \quad (Z \text{ 为抗弯截面模数})$$

$[\sigma]^t$ ——泄漏介质温度下夹具材料的许用应力,按第 7.1.3 条规定选取。

$$\text{整理得 } t = \sqrt{\frac{3CLpD}{b[\sigma]^t}}$$

2 耳板与夹具主体为 T 型焊接结构 (见本规范表 7.4.5)。

### 7.3 法兰夹具各部尺寸和连接螺栓的设计计算规定

#### 7.3.1 法兰夹具的壁厚计算。

法兰夹具是宽度相对较窄的圆环,可视为内侧受  $p_L$  和  $p_I$  作用的支承梁。

1 当法兰外直径  $D < 500\text{mm}$ , 夹具分成二等分时,把夹具当“弯曲梁”(curved bars)来进行计算。

按照 Arthur · Morley 的弯曲梁理论,当一个金属圆环受到一对拉力或推力作用时,其最大弯矩

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} R}{\pi} \quad (F_{\max} \text{ 为最大拉力或推力, } R \text{ 为圆环半径})$$

法兰夹具的最大载荷  $F_{\max} = C p D$

用法兰夹具的最大弯矩来设计夹具的厚度。为便于计算,作了两方面的简化:

- 1) 环不作为计算厚度的组成部分。
- 2) 法兰的外直径代替法兰夹具截面的计算“中径”。

根据材料力学计算公式,夹具最大弯曲应力为

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{F_{\max} \cdot R / \pi}{\frac{BS^2}{6}} \leq [\sigma]^t \quad (Z \text{ 为抗弯截面模数})$$

$$\text{整理得 } S = 0.977 D \sqrt{\frac{C p}{B [\sigma]^t}}$$

因为法兰的外直径比计算“中径”为小,因而计算厚度  $S$  比实际要小。但其实际厚度应为计算厚度加舌环厚度 ( $S_e = S + S_o$ ) 从而把实际误差减少,可以满足工程上需要。要获得精确的计算值,用材

料力学计算方法,把舌环与计算截面放在一起计算组合图形的截面模数,用此数值进行强度校核,判断设计厚度的可行性。

2 当法兰外直径  $D \geq 500\text{mm}$  时,夹具宜分成四等分。原因有两个:

1) 减轻每片夹具的重量,便于现场搬运和安装。

2) 圆(法兰)直径愈大,曲率越小。圆弧分割愈多,弧与弧长度相差愈小,把分割成四片的夹具作简支梁计算,在工程上比作为弯曲梁计算更符合应力实际,并使梁的厚度减薄。

按照材料力学计算公式,简支梁在均布载荷作用下,其最大弯矩为:

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot W}{8} \quad W \text{ 为两支点的距离。 } W = \frac{\sqrt{2}}{2} D$$

$$F_{\max} = p \frac{\sqrt{2}}{2} DB$$

为便于计算,如前述“1”一样,作了简化,但简化计算方法误差不大。

$$\text{同样,最大弯曲应力 } \sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{F_{\max} \cdot W/8}{Z} \leq [\sigma]^t$$

$$\text{抗弯截面模数 } Z = \frac{BS^2}{6}$$

$$\text{把数据代入整理得: } S = 0.612 D \sqrt{\frac{Cp}{B[\sigma]^t}}$$

同样,要获得比较准确的计算数值,应该把舌环放在一起计算组合图形的抗弯截面模数,再来校核法兰夹具的强度。

### 7.3.2 法兰夹具连接螺栓设计计算。

1 当夹具两等分时,螺栓受轴向载荷,其计算方法与式 7.2.3 计算方法相同。

$$d_1 \geq 1.29 \sqrt{\frac{C_K C_p D}{n[\sigma]^t}}$$

2 当夹具四等分时,每侧耳板螺栓同时受到等值的轴向载荷。

$$F_o = \frac{F_{\max}}{\sqrt{2}}$$

二侧全部螺栓( $n$ 个)总受力  $2F$ 。

$$F = 2F_o = \frac{2F_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} pWC = \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot p \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} DC = CpD$$

余下的计算方法见式 7.2.3 得:

$$d_1 \geq 1.29 \sqrt{\frac{C_K C_p D}{n[\sigma]^t}}$$

### 7.3.3 法兰夹具为两个连接螺栓时,耳板厚度的计算方法。

1 二等分法兰夹具,每侧耳板受力  $\frac{F_{\max}}{2}$ ,其弯曲应力为:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{\frac{F_{\max}}{2} \cdot L_1}{\frac{bt^2}{6}} = \frac{3CL_1 pD}{bt^2} \leq [\sigma]^t$$

简化整理得耳板厚度：

$$t = \sqrt{\frac{3CL_1 pD}{b[\sigma]^t}}$$

2 四等分法兰夹具，每侧耳板受力  $\frac{F_{\max}}{\sqrt{2}}$ ，其弯曲应力为：

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{\frac{F_{\max}}{\sqrt{2}} \cdot L_1}{\frac{bt^2}{6}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}} Cp \frac{\sqrt{2}}{2} D}{\frac{bt^2}{6}} = \frac{3CL_1 pD}{bt^2} \leq [\sigma]^t$$

简化整理得耳板厚度：

$$t = \sqrt{\frac{3CL_1 pD}{b[\sigma]^t}}$$

7.3.4 法兰夹具为四个连接螺栓，耳板厚度的计算方法。

1 二等分法兰夹具，每个螺栓（耳板）受力  $\frac{F_{\max}}{4}$ ，其弯曲应力为：

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{\frac{1}{4} F_{\max} \cdot L_2}{\frac{a}{2} \times \frac{t^2}{6}} \leq [\sigma]^t$$

简化整理得耳板厚度：

$$t = \sqrt{\frac{3CL_2 pD}{a[\sigma]^t}}$$

2 四等分法兰夹具，每个螺栓（耳板）受力  $\frac{F_{\max}}{2\sqrt{2}}$ ，同理计算得：

$$t = \sqrt{\frac{3CL_2 pD}{a[\sigma]^t}}$$

## 7.4 夹具的制造加工要求

7.4.1 夹具在进行设计计算后，应绘制正式加工图纸，按图制造。

7.4.2 当夹具用量较大时，可以用铸造的方法成型，节省材料和加工时间。

小型夹具可以整体成型。大型盒式夹具大多采用焊接成型。

除了连接表面需精细加工外，其他部分可以不加工。

7.4.3 为了保证夹具与泄漏部位的紧密配合，夹具在精细加工前应先剖分，其剖分面应平整，以保密封。

7.4.4 夹具的加工精度和粗糙度可用普通机床加工便能达到。由于泄漏部位的外表面基本不是精细加工面，如果最终连接间隙不能满足要求，则应在结构设计中增加辅助密封结构。

7.4.5 表 7.4.5 焊接坡口形式和要求摘自 GB 985—1988。

## 8 现场施工操作

### 8.1 一般规定

8.1.1 本条所指是按照本规范第 3.2 节规定的生产单位负责搭设安全操作平台、现场照明通风,消防器材、交通工具等已准备齐全,负责监督的机械设备,工艺技术人员,安全技术人员已经到位。

8.1.2 本条所指是在施工前要对泄漏部位进行检查,观察勘测后的变化情况,如果没有变化和变化不大,或虽有变化,但仍可按原定的施工方案安全施工,则可按原来的步骤进行施工作业。否则要重新进行现场的勘测和评估,从而修订施工方案。

### 8.2 施工前的准备

8.2.4 在高空作业时,应搭设带护栏的安全操作平台,避免高空坠落。同时要搭设安全逃生通道,以便发生意外时,施工人员安全撤离。因此,在带压密封操作时不宜佩带安全带。

### 8.3 带压密封的施工

8.3.1 本章所列的四种密封方法,是最基本的带压密封方法。

8.3.2 夹具密封法适用范围最广,凡是能用夹具的泄漏部位,各种介质、温度、压力都适用,与其他密封方法相比,安全可靠更高。其工作流程为:夹具设计、现场安装、注剂操作、完成。在安装夹具时,必须预先把注剂阀装好,把夹具轻推嵌入泄漏部位,防止法兰螺栓受力增大或管道出现变形,调整到最小间隙后,用对称法紧固连接螺栓。

注入密封注剂时,应注意各点压力大致相等,防止局部压力过高,以免将密封注剂注入到泄漏系统中去。

8.3.3 钢带捆扎法是用钢带围起来,取代夹具的一种密封方法,它不用事先设计制作夹具,操作简单。但它只适用于泄漏压力 $\leq 2\text{MPa}$  的场合,且稳定和可靠性差,多用于应急之用。由于注剂靠法兰螺栓孔,再拆卸螺母装卸接头时,必须预先用 C—夹具夹紧后,方可进行。

8.3.4 现场钻孔是带压密封的主要操作方法之一。在金属丝捆扎法和填料函带压密封中都会用到。要求:(1)钻孔部位不应导致零部件强度下降和影响正常使用;(2)应安装注剂阀后,再与介质钻通;(3)钻孔操作者的安全操作及在易燃易爆介质环境施工的安全要求,应按相关规定进行。

8.3.5 金属丝捆扎法适用于法兰间隙较小,而特别在非圆法兰中,最具其优越性,但必须配备专用捻缝工具,把金属丝铆牢固和密封。

### 8.4 带压密封的焊接施工

8.4.1 由于现场用焊接方法消除泄漏的危险性和不可靠性,故不宜采用。

8.4.2 局部辅助焊接方法,包括夹具自身的焊接,如间隙、强度等的焊接。

**8.4.3** 对于在泄漏部位表面的焊接,必须进行安全评价,在熔焊时强度降低的情况下,仍能保持内部介质不外泄,方能进行,否则不应施焊。

## **8.5 带压密封的施工验收**

**8.5.1** 带压密封结束后,新的密封结构取代泄漏部位在系统介质温度、压力作用下运行。封闭空腔内的密封注剂将出现以下变化:

- 1) 注剂压力由高向低缓慢移动,直至平衡;
- 2) 密封注剂在介质作用下出现溶胀(溶重);
- 3) 密封注剂在温度作用下出现热失重和逐步固化。

这些变化一般在 24h 之内已经结束,这时的密封结构已处于稳定状态,符合工程验收标准。



## 附录 B 带压密封工程施工方案内容及格式

**B.0.2** 规定了带压密封工程施工方案的内容为 11 个部分。

**1** 编制说明应根据生产单位的泄漏情况编写。

**2** 编制依据包括：

- 1) 带压密封工程安全检修任务书；
- 2) 国家法规；
- 3) 国家现行标准；
- 4) 生产单位要求。

**3** 工程概况包括：

- 1) 工程情况简介；
- 2) 总体安排；
- 3) 现场情况。

**4** 现场勘测包括：

- 1) 泄漏单位、装置和部位；
- 2) 泄漏介质数据；
- 3) 泄漏部位勘测尺寸。

**5** 夹具设计包括：

- 1) 夹具强度计算方法；
- 2) 夹具设计图纸。

**6** 施工准备包括：

- 1) 技术准备；
- 2) 组织准备；
- 3) 材料准备；
- 4) 机具准备；
- 5) 施工现场准备。

**7** 施工组织措施包括：

- 1) 质量要求和保证质量措施；
- 2) 质量检验计划；
- 3) 安全措施；
- 4) 消防措施；
- 5) 特殊技术组织措施。

**8** 施工(工艺)方法包括：

- 1) 施工步骤或程序；
- 2) 施工方法或工艺。
- 9 资源需求计划包括：**
  - 1) 工机具使用计划；
  - 2) 密封材料及消耗材料计划；
  - 3) 劳动力计划。
- 10 施工进度计划包括：**
  - 1) 网络计划；
  - 2) 横道图；
  - 3) 进度表。
- 11 安全评价。**