



中华人民共和国国家标准

GB/T 29165.4—2015/ISO 14692-4:2002

石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第4部分：装配、安装与运行

Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics (GRP) piping—
Part 4: Fabrication, installation and operation

(ISO 14692-4:2002, IDT)

2015-05-15 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	1
5 装配和安装	2
5.1 管道的交货、检验和文件	2
5.2 装卸和存放	2
5.3 系统设计文件	2
5.4 对安装方的要求	2
5.5 安装方法	3
5.6 系统试验	9
5.7 检验	10
5.8 过程记录	10
5.9 安装后的修复	10
6 管串修补运行	12
6.1 操作人员文件	12
6.2 维护和修复	14
6.3 修复方法	15
6.4 变更与搭接	16
6.5 试验和再认证的要求	16
6.6 弃置	17
附录 A (规范性附录) 缺陷类型、验收准则和纠正措施	18
附录 B (规范性附录) 装卸与储存	24
附录 C (资料性附录) 连接方法选用指南	26
附录 D (规范性附录) 管道装配工、监理与检验员资格评定	34
附录 E (资料性附录) 无损探伤(NDE)方法指南	39
附录 F (规范性附录) 健康与安全	42
参考文献	43

前 言

GB/T 29165《石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管》分为以下4个部分：

- 第1部分：词汇、符号、应用及材料；
- 第2部分：评定与制造；
- 第3部分：系统设计；
- 第4部分：装配、安装与运行。

本部分为 GB/T 29165 的第4部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 14692-4:2002《石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第4部分：装配、安装与运行》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)归口。

本部分起草单位：中国石油集团石油管工程技术研究院、中国石油股份里木油田分公司、中国石油规划总院、哈尔滨斯达玻璃钢有限公司、中国石油长庆油田分公司。

本部分主要起草人：戚东涛、魏斌、李循迹、常泽亮、韩方勇、赵岩、方伟、徐婷、李琼玮。

同方知网(北京)技术有限公司

石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管

第4部分：装配、安装与运行

1 范围

GB/T 29165 的本部分规定了石油天然气工业中生产与公共设施中使用的玻璃纤维增强塑料管道系统的装配、安装和运行。本部分适用于管道的交货、检验、装卸、存放、安装、系统压力试验、维护、维修以及弃置。

本部分使用的压力术语在 GB/T 29165.1 中进行了解释，因此应与其配合使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 29165.1—2012 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第1部分：词汇、符号、应用及材料(ISO 14692-1:2002, IDT)

GB/T 29165.2—2012 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第2部分：评定与制造(ISO 14692-2:2002, IDT)

GB/T 29165.3—2015 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第3部分：系统设计(ISO 14692-3:2002, IDT)

ISO 9712 无损检测 人员资格鉴定与认证(Non-destructive testing—Qualification and certification of personnel)

API Spec 5B, 1996 套管、油管 and 管线管螺纹的加工、测量和检验规范(Specification for threading, gauging and thread inspection of casing, tubing and line pipe threads)

ASTM D257 绝缘材料的直流电阻或电导的标准测试方法(Standard test methods for DC resistance or conductance of insulating materials)

ASTM D1599 塑料管、管道和管件短时水压失效压力的测试方法(Standard test method for resistance to short-time hydraulic failure pressure of plastic pipe, tubing, and fittings)

3 术语和定义

GB/T 29165.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

装配 fabrication

采用独立组件和/或管串在现场构建管道系统(或管线)。

注：独立组件包括管子、三通、弯管等。

4 符号和缩略语

本部分采用的符号和缩略语见 GB/T 29165.1。

5 装配和安装

5.1 管道的交货、检验和文件

5.1.1 本部分假定管子和管件按照 GB/T 29165.2—2012 进行制造和检验。

5.1.2 安装方和运行方应获得组件和管串的规格尺寸。所有管道组件和预制管串的数量、评定压力、公称尺寸和相关特殊要求应满足采购合同要求。当装运的管道组件与采购合同要求不符时应向负责人和制造商报告以便采取纠正措施。

5.1.3 管道组件在存放和装运过程中可能发生损坏,因此应按表 A.1 对所有组件进行外观检验。应更换拒收的组件。如果对检验中发现的缺陷程度有异议,应由委托方批准的专业人员对所交付的货物进行第二次检验。

5.1.4 应对粘接连接套装进行检验以确认套装中包含所有必须的材料,且无泄漏或肉眼可见的损伤,有效储存期应不少于 6 个月。应对所有防火材料进行检验以确认原始包装无损伤。

5.2 装卸和存放

GRP 组件应按附录 B 和制造商的要求进行装卸和存放。

5.3 系统设计文件

委托方应向安装方提供下列(包括但不限于)信息:

- a) 运行和设计参数:
 - 1) 设计压力;
 - 2) 设计温度;
 - 3) 制造组件所用树脂的玻璃化转变温度(T_g);
 - 4) 制造组件所用粘接剂的玻璃化转变温度(T_g)(如果可能);
 - 5) 每种组件的评定压力和每个管道系统的最小评定压力;
 - 6) 每个管道系统中最大流速和平均流速;
 - 7) 适用的耐化学腐蚀限度;
 - 8) 适用的消除/控制水锤和气锤的规程;
 - 9) 火灾分类与不同防火等级管道的位置;
 - 10) 导电管道类型及其位置、接地要求和接地点位置;
 - 11) 临界条件。
- b) 重型设备的系统图纸和支承要求;
- c) 在适当的情况下,提供管道回路中最终接头的最佳连接位置;
- d) 安装过程中系统检验的临界条件和最低要求。

5.4 对安装方的要求

5.4.1 人员资格

所有的管子、管件和相关的部件都应由有资质的管道装配工安装,再由有资质的检验员确认。GRP 管道装配工和检验人员应按附录 D 中的最低要求进行资格评定。

5.4.2 健康与安全

安装方通常应采用管子、管件和化学试剂的制造商制定的安全预案。工作开始前,宜先阅读材料安全数据表,安装方应遵循附录 F 中的安全与健康指南。

5.5 安装方法

5.5.1 概述

安装方法应经委托方和制造商之间协商一致。安装开始前,现场应提供安装方法、步骤和质量计划的副本。

5.5.2 切割

5.5.2.1 公称直径 100 mm 以下的 GRP 管道可用钢锯切割,用导轨定位以保证切割端面的垂直度,公称直径 100 mm 以上 GRP 管道可用砂轮切割片切割。切割完成后应对切割端面的垂直度进行检验。公称直径 100 mm 以下的 GRP 管道的切割面的垂直度应控制在 1.5 mm 之内,公称直径 100 mm 以上 GRP 管道切割端面的垂直度应控制在 3.0 mm 以内。安装方应在切割端面上涂刷树脂。

5.5.2.2 对于采用胶粘剂连接的管道,管端应用管道刨加工。每个生产厂都有专业设备加工管道接口。管端应加工到厂家建议的角度,直径,长度和偏心距。

5.5.3 支承

5.5.3.1 GRP 管道系统可采用与金属管道系统相同的原则进行支承设计。但由于 GRP 管道的特殊性,标准尺寸的支承不必与管道的外径匹配,使用鞍座和弹性衬垫后可使用标准尺寸支承。

5.5.3.2 GRP 管道系统的支承宜遵循下列原则:

- a) 在各种场合下应保证支承有足够的宽度,不致引起管道损伤,支承面应衬以弹性或软质材料;
- b) 施加的夹持力不应导致管道压裂,局部挤压开裂是由配合不当引起的,环状挤压开裂是由紧固过度导致的;
- c) 宜根据制造商的指导要求进行支承的设计;
- d) 支承的位置宜位于管道的直管段而不是管件或接头处;
- e) 支承间应保持一定间隔以防止管道系统在设计寿命周期内发生下沉(随时间变化发生过度位移)和/或过度的震动;
- f) 阀门或其他附属重型设备应单独进行支承;
- g) 未经委托方同意不应用 GRP 管道去支承其他管道;
- h) 应关注带有防火设施 GRP 管道的支承条件。设置在防火层外表面的支承可导致载荷在层内不规则的传递,从而引起管道剪切/挤压破坏,破坏支承整体性;
- i) 应对 GRP 管道进行充分的支承,以保证设备或加载站处的软管连接不会因管道受拉导致材料过载。

5.5.3.3 锚座支承应能将所需的轴向载荷传递给支承结构,从而避免 GRP 管道材料过载。

5.5.3.4 锚座的夹瓦宜放置在粘接在管道外表面的两个双 180°鞍座之间。推荐采用制造商的标准鞍座和粘接规程进行鞍座的粘接。

5.5.4 安装

5.5.4.1 一般要求

管道组件的装卸要求与 5.2 要求完全相同。安装前应按 5.1 对全部管道组件进行损伤检验。

管道组件安装后应尽可能处于无应力状态,应遵循以下要求:

- a) 禁止采用强制弯曲的方法改变管道方向,或对螺栓施加过度扭矩将错位法兰拉紧在一起;
- b) 应遵循制造商推荐的螺栓紧固顺序、扭矩增量和最大上扣扭矩。

管道的预组装工作应依据全尺寸管道等比例进行。整个管串尺寸应基于下述因素确定:

- a) 现场运输和装卸设备的限制;
- b) 安装和竖立限制;
- c) 管件安装配合公差(切割至适用要求)限制。

如果在等比例图中进行了标注,装配应包括“切割至适用要求”的长度和预制构件现场连接的长度,以便现场可对两个固定点之间的管道准确定位。“切割至适用要求”尺寸应为图纸中管道的长度增加 150 mm。对于搭接的管串,“切割至适用要求”的长度在每个球面方向上至少为 250 mm。“切割至适用要求”的管段应端部平直。

安装方应考虑下列因素:

- a) 当使管接头(尤其是法兰连接接头)对正时,应避免对 GRP 管道强行施加拉力导致管道组件过载;
- b) 应对阀门和其他重型设备单独支承;
- c) 在装卸小直径厚壁 GRP 管道时,如用于防火要求的 GRP 管,应防止接头的损伤;

注:由于管道的高刚度导致载荷集中在管体和接头相连的薄壁区域。

- d) 由于在管道回路中最后的现场接头连接的难度最大,因此它的位置最好选择人员可以到达的位置;
- e) 粘接和包缠的接头在固化前不应移动管道,这会造成工期拖延。周围施工活动的计划应考虑这些连接产生干扰的风险;
- f) 如果安装完的 GRP 管道存在较高的机械损伤风险,应采取临时性防护措施;安装方应考虑采取正确的装配程序将损伤风险降至最低;
- g) 对 GRP 管道表面进行电加热时,应防止 GRP 材料过热,电加热带应呈螺旋线包绕在管体表面以使热量均匀分布;如果先在管道表面包一层铝箔,传热效果会更好;电加热带包绕过紧可因管道热膨胀而发生损坏;
- h) 便于隔离或维修时接近管道的适用接头的规定。

对于难以在现场维修的管道应采取高级别的监督和检验措施(譬如,需要浇筑到混凝土中的压仓管道和压仓水箱内的管道)。

5.5.4.2 组件的现场装配

管串和现场组件(例如斜接弯头和旁通)的组焊工艺应按 GB/T 29165.2—2012 的 6.2.2.3 进行工艺评定。

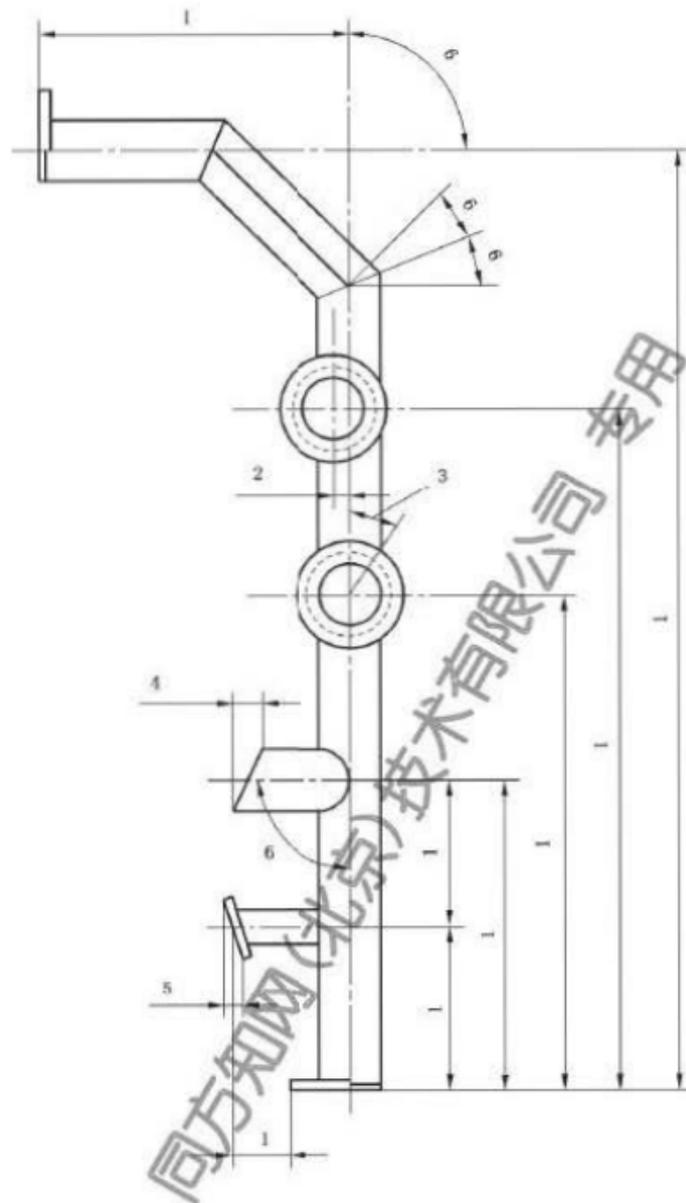
5.5.4.3 公差

除非在经过认可的图纸中另有标注,所有方向的全局公差应在 ± 6 mm 范围内。成品管的尺寸公差见表 1,尺寸编号见图 1。

法兰安装时允许的错位公差见表 2。实际应用中一些法兰的螺栓孔直径大于螺栓直径,通常孔径要大 3 mm。当按表 1 和表 2 评价法兰错位公差时应考虑该尺寸。

表 1 最大尺寸公差

管道内径 mm	相对公差 尺寸编号(见图 1)					
	1 mm	2 mm	3 (°)	4 mm	5 mm	6 (°)
25~200	± 5	± 3	± 0.5	± 3	± 1	± 0.5
250~300	± 5	± 3	± 0.3	± 3	± 1	± 0.5
350~400	± 5	± 3	± 0.3	± 3	± 2	± 0.5
450~600	± 10	± 5	± 0.3	± 3	± 2	± 0.5
700~900	± 10	± 5	± 0.2	± 4	± 3	± 0.5
1 000~1 200	± 10	± 5	± 0.15	± 6	± 3	± 0.5
最大间隙应限制在 6 mm。						



说明:

- 1—端面-端面尺寸、中心-端面尺寸、附件位置、中心-中心尺寸；
- 2—支管或接头的侧向平移；
- 3—法兰从指定位置转过的角度；
- 4—端面处理；
- 5—沿整个垫片表面测得的在指定位置的法兰对齐切口；
- 6—偏转角。

图 1 尺寸公差

表 2 法兰安装时允许的错位公差

单位为毫米

错位	公差	
	直径范围	
	50~300	350~1 200
法兰错位	±1.6	±3.2
管串间隔	±1	±1

5.5.4.4 电导率和静电耗散性能

如果对管道的导电性做出了规定,安装方应依据系统设计文件(见 5.3)要求在管道安装过程中验证管道的电导率和/或接地性能。

安装方应按下列要求进行一项或多项测试:

- 两个接地连接点之间组件的连续性;
- 管道内壁某点对地的最大电阻;
- 管道外表面、防火层或保温层表面某点对地的最大电阻;
- 管道上的金属构件对地的最大电阻;
- 依据管道系统的导电性推荐的接地点间的最大距离;
- 管道外表面、防火层或保温层表面最大表面电阻;
- 管道的电荷屏蔽特性;
- 管道外表面、防火层或保温层表面电荷衰减特性。

安装方应考虑制造商推荐的采用接地带接地的方法,以便在安装和运行过程中确保管道接地的可靠性。

如果有要求,在确保管道内外表面干燥后应采用合适的兆欧表测量接地点的电阻,兆欧表的最小量程应小于 $1 \times 10^6 \Omega$,电压值最好不大于 1 500 V。

可使用比标定电压(100 V)更高的电压将运行中的组件的表面树脂层击穿,以便减小管道的接地电阻。

用一个适当的电极将管道与导电材料相接触并且与欧姆表相连接。除非作为安装程序的一部分,例如采用接地带与管道相连,电极应能在不研磨管道表面材料情况下提供与管道表面之间必要的导电性,以便获得良好的电接触。

接触导电方法包括导电涂层、导电胶带、用夹子夹持的浸透盐水的海绵等。接地电阻值应低于 5.3 中系统设计文件规定的数值。完成测试后,管道上用于测试的导电材料若达不到 C2b 级导电要求,则应全部清除掉,如导电胶带。达到 C2b 级导电要求的导电材料也宜清除。

注:清除导电材料的目的在于防止这些材料在管道表面起绝缘层的导体作用。

如果系统的导电性是由埋设在组件结构层内的导电材料提供的,安装方应验证组件接地连接点间导电的连续性。

如果系统的导电性是由外部的导电涂层提供的,安装方应验证接地连接点之间涂层是连续的。电导率(Ω/m)和对地电阻(Ω)应低于 5.3 中系统设计文件规定的数值。

如有要求,在确认管道表面干燥后,应按 ASTM D257 测定表面电阻,测量值应小于 $1 \times 10^9 \Omega$ 。

如有要求,在确认管道表面干燥后,应按 GB/T 29165.2—2012 中 6.6.3.4 要求测定电荷衰减性能。

如有要求,在确认管道表面干燥后,应按 GB/T 29165.2—2012 中 6.6.3.3 要求测定电荷屏蔽性能。

注:由于电荷屏蔽性试验需要高压电,在某些情况下不能进行试验。

如有要求,安装方应在管道上涂覆适当的导电涂料以提供必要的导电性。管道表面准备涂覆导电涂料的区域内,未被涂料覆盖的最大面积不应大于 100 cm^2 。涂料的寿命应超过管道的设计寿命,而且在正常运行、装卸和安装期间不应发生损伤。安装方应提供导电涂层的耐久性证据。

导电涂层宜在水压试验结束后涂覆,以便于检查管道可能出现的泄漏。在管道组件表面涂覆导电涂层前,应保证表面干燥、无油脂或其他任何污染物。接地点之间的涂层应连续,不能有孤立的涂层斑块存在。

如果玻璃钢管道涂覆了导电涂层,管道和所连接的金属件(例如排水喷嘴和吊架)之间应粘接可靠的导体。支承不应支承在连续喷涂了导电涂层的管件处,因为涂层开裂后会造成绝缘。在这些情况下,方应在管道和支承间提供良好的导电通道。

5.5.4.5 接地

如果系统设计人员在文件中注明了静电的危害,管道中的流体应至少通过内表面一处暴露的接地点直接接地。

应根据系统设计人员提供的文件确定接地点的位置和/或最大间距。

5.5.5 管件的现场组装

当满足以下条件时,三通和弯头等管件可在现场进行组装。

- 现场装配过程中铺层规程按 GB/T 29165.2—2012 中 5.2.3.3 要求进行评定,包括采用的原材料、铺层技术、固化流程等。
- 管道系统的运行压力应低于表 3 所给设计压力值,高于表 3 中要求时应与委托方达成协议。

表 3 管径与压力关系

直径 mm	设计压力 MPa (bar)
25~600	0.8 (8)
600~1 200	0.4 (4)
>1 200	0.2 (2)

5.5.6 连接

5.5.6.1 接头选择

可采用多种类型的粘接接头或机械接头,这些特殊的接头分为以下几种类型:

- 粘接接头;
- 层合接头;
- 弹性密封接头(有/或没有锁键);
- 法兰接头;
- 其他机械接头;
- 金属/玻璃钢转换接头;
- 螺纹接头。

所有连接均应按制造商推荐的方法来完成。现场连接的选择应考虑以下因素:

- 便于管道装配工进行正确连接;
- 可允许可能产生的轻微错位。

如果采用粘接连接,安装方应确保在接头粘接过程中胶珠不能在管孔内形成明显突起,因为这种突起可形成阻滞作用,也会成为冲蚀和气蚀的起源。胶珠最大高度应不大于管道内径的5%或10 mm,二者取较小值。

附录C给出接头装配的指南。

5.5.6.2 粘合接头和层合接头的质量控制

如果委托方要求,安装过程应满足以下条件:

- a) 委托方和安装方应就试验频率协商一致;
- b) 采用的粘接剂或树脂应以制造商的推荐为准,其固化度应按 GB/T 29165.2—2012 中 6.8.2 的要求进行测定;
- c) 粘接剂或树脂应在温度不低于 23 ℃、相对湿度小于 75% 的条件下使用。

对于环氧基产品,固化后的树脂或粘结剂玻璃化转变温度 T_g 应不小于制造商规定最小值的 95%。

对于聚酯和乙烯酯基树脂产品,接头的苯乙烯单体残留量应在连接工作开始前通过样品接头进行测定,苯乙烯含量(质量分数)应小于或等于树脂含量的 2%。

应对所有层合接头进行巴氏硬度测定。建议每个试样上测量 10 个数据,去掉两个最大值和两个最小值,用余下的六个数据求取平均值,该值不应低于基准组件测定最小值的 90%。

如果采用其他方法测定管线的基准固化度,质量控制的验收准则应征得委托方的同意。

5.5.7 防火层的应用

现场制作防火层应局限于为了安装需要不可避免的情况(如接头)。为了便于检测可能发生的泄漏,应在水压试验后再做防火层。

为了满足火焰蔓延、烟雾或毒性控制相关要求应用的防火材料应与管材制备一体成型,这种材料的现场使用应局限于为了安装需要不可避免的情况(如接头)。

如果防火层仅用于满足耐火要求,则可现场进行涂覆,涂覆程序应经批准、管子和隔热体应经认可,应用的材料应接收现场检验和核查。

无论是在海上还是在陆上工厂内,所有管道组件的防火性能均应符合下列要求:

- a) 如果采用防火施工合同,承包方应具备质量管理体系和书面操作规程,操作规程应经委托方认可,包括环境控制、应用和检验项目。
- b) 下述方法可用于管道组件防火材料的涂敷或包覆:
 - 1) 常规的手工施工;
 - 2) 自动化工艺;
 - 3) 不同形状和长度截面片模模压法或对半模压法。
- c) 在进行管道组件防火施工前,防火材料施工人员应该:
 - 1) 在防火材料制造商的指导下接受过防火材料施工方法和实际操作培训;
 - 2) 在管道和管件样品上进行了防火施工并得到制造商和委托方的认可。

承包方应使用防火材料制造商推荐的施工设备。管道组件表面进行防火施工前,表面应无潮气、无油渍或其他任何污染物。

管道组件的防火施工结束后,应对防火层进行检验以判定接收或拒收。检验项目包括:

- 在液态或固化状态下对防火层厚度进行随机检验,厚度值应不小于最小厚度要求;
- 防火层的光洁度和表观质量应与已提交的并经材料制造商和委托方认可的样品一致;
- 如果防火层厚度、外观或光洁度不合格,委托方可要求局部修复或更换。

当防火材料应用于为了检验需要去除的位置,例如阀门和法兰处,应采用下述方法之一进行施工:

- 将防火材料做在箱体或其他容器的内表面或外表面以实现结构的整体性;

——在防火材料中集成网状材料增强的整体结构。

5.5.8 安装质量方案

承包方应具备高水准的检验能力以确保满足本部分要求,且拥有质量管理体系。

承包方应制定个人负责 GRP 管道施工全过程质量控制,他应拥有丰富的 GRP 管道的现场组装经验。

质量控制应基于下列条款:

- 粘剂和层合连接规程评定记录;
- 委托方对采用的所有类型接头的检验要求;
- 所采用的所有类型接头的检验登记;
- 按 5.5.4.3 公差带要求,检验完工管线与设计图纸的一致性。

为了安装期间的质量保证和质量控制,委托方有权检验正在施工管道以及承包方日常质量控制作法。

为了识别需要,每一连接都应作永久性标识。应保存有与粘接相关的包括关键数据的日志手册。关键数据包括:

- a) 日期;
- b) 温度和相对湿度;
- c) 连接的识别号;
- d) 适用的导电连续性和接地电阻;
- e) 固化温度和时间;
- f) 管道装配工和检验员的签字;
- g) 螺栓扭矩。

应由按 5.4.1 中规定认证合格的检验人员对管道、管件或法兰间的每个现场接头进行检验。每个接头都应填写日志单。检验单应在管道运行期间一直保存。

建议由委托方在安装开始后立即对现场连接的具有代表性的接头和管件进行水压试验,以便对施工水平进行验证,这一点对直径 200 mm 以上的管道尤其重要。

5.6 系统试验

5.6.1 冲洗

安装结束后应对 GRP 管道系统进行冲洗,冲洗介质应为海水或清水。所有需要进行压力试验的管线在试压前应进行冲洗。对于露天不需要做压力试验的管道系统应该进行冲洗保证管道畅通。

冲洗温度宜高于 7℃。当用 0℃ 以下的清水进行冲洗时,应采取措施预防水在管道内冻结,如采用循环水、添加防冻剂或低于 0℃ 时将系统排空。

5.6.2 压力试验

5.6.2.1 概述

所有封闭的玻璃钢管道系统在安装后应进行水压试验,宜采用安装后尽早分段试压的方式。

注:后期进行全系统压力试验时接头失效会影响工程工期,早期压力试验能避免这种情况的发生。

露天管道系统(如排水系统)应该进行静水压渗漏试验,如管道可承受系统压力,可进行完整的水压试验。

5.6.2.2 准备

水压试验前应进行正规的风险评估。试压前所有支承、导轨和锚座应安装到位。如有要求,应加装

临时支承和约束。除非另有说明,所有阀门都应在全开状态下进行试验,带检查阀的管道在其下游一侧应有压力试验源。试压前所有粘接接头和层合接头都应固化完全,螺纹连接和法兰/螺栓连接的接头都应以正确的扭矩安装完毕。

5.6.2.3 试验

应从系统的低端注水,采取措施从高点排除空气(如将法兰连接处松开)。系统内的压缩空气可产生不良后果,清除系统内的空气包可以防止系统压力试验时意外失效对管道和人员造成伤害。

试验压力应取 1.5 倍设计压力或 0.89 倍评定压力,二者取较低值,保压时间为 30 min 或更长。

注:0.89 是偶然载荷系数的 f_2 ,见 GB/T 29165.3—2015 中 7.6.2.2。

应避免 GRP 管道系统中压力突然升高。压力衰减试验时间不低于 1 h,渗漏试验应在 1.1 倍设计压力保压 24 h。

以下因素影响试验时间:

- 接头的膨胀和材料的蠕变的影响,尤其对长距离管道进行测试时;
- GRP 材料的吸水性,譬如酚醛材料;
- 温度的影响。在高温或低温环境下进行试验时,如果温度变化较大更应引起注意。

水压试验开始进行附加检查,通过目测对全管道系统进行检验。任何开裂和渗漏都属于缺陷,应终止试验进行修复,完成后重新进行试验。不应采用过大扭矩紧固法兰的办法来阻止渗漏,渗漏的法兰应更换垫片并重新进行试验。如果仍然渗漏则更换法兰。

如果管道无开裂和渗透现象,且无明显压力降(热膨胀和委托方认可的因素引起的压降不考虑在内),则认为系统通过了水压试验。

5.6.2.4 试验结束

除非经委托方同意,试验中开裂的法兰垫片应进行更换。

5.7 检验

应对管道和接头的内(尽可能物理接触)外表面进行目视检验。光源、镜子以及其他辅助手段可用于最大限度地提高目视检验的精确度。在表 A.1 中给出了可能出现的缺陷、验收准则和纠正措施。表 A.1 中给出了制造、安装过程中产生的缺陷以及纠正措施。附录 E 给出了采用 NDE/NDT(无损检测/无损探伤)方法探测缺陷的指南。均匀的粘接剂边缘表明粘接接头安装装备正确。

5.9.2 对装配和安装期间采用的修复方法作了详细描述。

5.8 过程记录

5.8.1 冲洗记录

冲洗完成后,委托方应在描述冲洗范围的记录上签字。由于一次冲洗试验可包括多个压力或检漏试验段,因此应对冲洗应单独编号,并在等比例图纸中标注。完成冲洗记录的副本应纳入相关的试验包内。

5.8.2 压力试验记录

试验成功后,委托方应在表明试验极限的压力试验记录上签字并纳入相关的试验包。

5.9 安装后的修复

5.9.1 概述

拒收的组件原则上应由制造商予以更换,管串安装后可采用修复代替更换。

表 4 装配、装卸和安装过程中可能产生缺陷的一般描述

可能缺陷	原因	后果	推荐的 NDT 方法	准则	纠正措施
尺寸错误	预组装不正确； 接头磨削不当	接头不能密封， 渗漏，受拉时 GRP 接头应力 过大	按文件规定的标 准尺寸进行测量	依照 GB/T 29165.2— 2012 的 6.8.5 进行	更换(大缺陷)； 在管道其他部位 进行补偿(即使 用现场接头或搭 接进行调整)
冲击、磨损	运输不当； 搬运不当	渗漏或管道失效	在管道内用光源 进行目视检验	依照表 A.1	更换(大缺陷)； 修理(小缺陷)
粘接或层合 接头不正确 固化	环境温度和湿度 不符合规范； 混合不当； 加热带重叠或控 制不当； 管道内空气冷却 影响； 粘接剂过期或 错误	接头薄弱或泄漏	依照 GB/T 29165.2— 2012 的 8.3.3	依照 GB/T 29165.2— 2012 的 8.3.3	重做接头(大缺 陷)； 后固化(小缺陷)
接头错位	固化期间管道被 移动； 弯曲； 尺寸错误	空气进入产生孔 隙，残余应力导 致性能下降	目视检验 超声波检验	按项目规范进行 对正	更换组件(大缺 陷)； 重新连接(小缺 陷)
粘接区内部 缺陷	无粘接剂或涂覆 不匀； 固化期间管道 移动	接头薄弱或泄漏	超声波或射线 照相	脱粘面积大于总 粘接面积的 30%， 脱粘面积的轴向 长度大于轴向总 粘接长度的 20%	重新连接
粘接接头 处理不当	接头表面磨削后 被污染	连接强度低或 开裂	目视检验	按粘接剂供方推 荐的方法	重新连接
粘接剂过量	涂抹的粘接剂 过多	阻碍管道内流体 流动，增加管道 腐蚀的风险	射线检测	无流动阻塞，内径 的 5% 或 10 mm， 二者取较小值	如果能够靠近， 仔细打磨清除； 如果不能靠近， 拒收或维修
螺纹损伤	螺纹坏齿； 端面损坏	接头不密封， 渗漏	目视检验	依据表 A.1	根据供方的指南 更换螺纹

5.9.2 修复方法

5.9.2.1 更换

带有明显损伤的管道部分应依据 GB/T 29165.2—2012 的 6.2.2 规定予以更换,更换工作应按 5.5 规定的方法和要求完成。对于从事更换工作的人员资格要求与 5.4.1 中对管道装配工的要求一致。带有明显裂纹的法兰应予以更换。

5.9.2.2 修补

可在现场对有轻微损伤的管道和管件进行修复。损伤的表面层应进行打磨、清洁,再按制造商推荐的方法涂刷树脂/固化剂混合物。允许用打磨和填充树脂的方法修复法兰表面的小裂纹。

5.9.2.3 修复方法的审批

应由制造商和委托方对修复方法进行审批。

6 管串修补运行

6.1 操作人员文件

6.1.1 文件内容

委托方应向操作人员提供下列信息(包括但不限于):

- 运行和设计参数,见 6.1.2;
- 系统图,见 6.1.3;
- 系统临界值和运行期间的检验要求,见 6.1.3;
- 适用的附加修复和水压试验规程,包括健康和安全隐患。

文件应以维修效果为重点,其保存期应超过 GRP 系统的设计寿命。

6.1.2 运行和设计参数

6.1.2.1 概述

参数包括:

- 设计压力;
- 设计温度;
- 组件制造使用的树脂体系的玻璃化转变温度 T_g ;
- 组件制造使用的粘接剂的玻璃化转变温度 T_g ;
- 每个组件的评定压力和管道系统的最小评定压力;
- 每一管道系统中平均和最大流速条件;
- 适用的耐化学介质腐蚀极限;
- 适用的消除或控制水锤和水蚀的规程;
- 耐火等级,见 6.1.3;
- 电导率和接地要求,见 6.1.3;
- 临界值。

在某些环境中,允许短时超过最大运行温度和压力。但不应超过以下限制:

——在树脂玻璃化转变温度 T_g 值以下、差值不足 30 ℃ 的条件下运行 1 h；

——接近评定压力 p_d 下运行 1 h。

如果超过了上述限度，委托方应对系统进行一次目视检验，并最少对系统严密监控 3 个月。

6.1.2.2 冲击损伤

与钢管相比，GRP 管道容易在较低能量水平下受损，这种损伤可能导致树脂开裂和分层，从而造成管壁的渗漏。研究表明如果冲击破坏发生在主体管道材料上，通常是非扩展性的并且几乎不会造成结构强度损失。对于输水系统（如消防水系统），冲击损伤的修复可延期，到例行的检修期间再进行修复。如果泄漏发生在接头处，则存在突然失效的巨大风险，原因在于接头处的载荷不是由纤维直接传递，其强度取决于树脂或粘接界面的整体性。

6.1.2.3 管道发生失效

操作人员应对停止使用的 GRP 管道的防火性能变化进行评估，采取预防措施以保证在发生火灾时能保持管道防火层的整体性，例如去除失效管道或添加防火层。

注：GRP 管道在火焰存在并继续维持其功能的部分原因在于管道内液体流动的冷却作用。如果管道是空的并已停止使用，流体的冷却作用则不复存在。这类管道可能不符合初始设计的耐火要求，在防火层被穿透处可能导致火焰、烟雾和毒气的扩散。

6.1.3 系统图纸

应取得全部相关的施工图纸和记录并妥善保存，建议图纸中应至少包括下列细节：

- 管道的公称直径和壁厚；
- 管道布置尺寸；
- 支承和约束的位置；
- 适用的火灾分类和防火管道的位置；
- 导电性能分级、导电管道的位置、接地点位置、接地连续性要求、检验方法和频率。

6.1.4 检验规划

委托方应向操作人员提供一个检验计划以明确系统的临界值和检验要求。GRP 管道系统应按检验规划定期进行检验，确保管道连续运行在正常状态。表 A.1 给出了有关可能出现的缺陷的详细信息。表 5 给出了 GRP 管道系统运行期间常见缺陷的无损检测推荐方法、验收指标，同时还包括了缺陷产生的可能原因以及纠正措施。

表 5 运行期间可能产生缺陷的一般性描述

运行缺陷	原因	后果	推荐的 NED 方法	指标	纠正措施
法兰开裂，渗漏	螺栓上扣扭矩过大或过小； GRP 法兰面拱起； GRP 法兰设计选择错误	接头不密封，渗漏，寿命减小	目视检验	不允许有渗漏	更换法兰（大缺陷），打磨用树脂填充微小裂纹

表 5 (续)

运行缺陷	原因	后果	推荐的 NED 方法	指标	纠正措施
系统失效, 如管道爆裂	设计条件、载荷、温度超标; 操作规程不当 (如, 由于阀门打开产生水锤)	系统失效	目视检验	不允许失效	更换
老化	长期材料降级	渗漏	超声波检测	比初始轴向模量减少 20% 以上	可接受, 但要求监测
冲击损伤	脚手架, 工具坠落引起的冲击	渗漏	目视检验, 超声波检测	依据表 A.1	更换 (大缺陷), 临时修复 (小缺陷)
接地电缆损坏	某些电缆对海洋气候腐蚀敏感	接地减弱或消失	目视检验, 欧姆表检测	不允许	更换
结垢 (仅限于盐水系统)	运行条件导致诸如硫酸钡沉积	流速降低	目视检验, 射线检测	内径减小 5% 或 10 mm 以上	用喷射水清理
冲蚀	流体中的固体颗粒	管壁减薄导致渗漏	超声波检测	比初始壁厚减小 20% 以下	可接受, 但应监测
				比初始壁厚减小 20% 以上	拒收
粉化	曝露在紫外线辐射下	外表面微小脱落	目视检验	深度不超过表面树脂层	可接受

6.2 维护和修复

6.2.1 维护

6.2.1.1 概述

GRP 管道通常是免维护的, 但运行期间应注意以下几点。

6.2.1.2 水垢和阻塞物的清除

应谨慎采用常规方法去除管道内的水垢和阻塞物 (譬如高压水枪、机械和化学清理方法), 遵循制造商推荐的方法。

6.2.1.3 电导率和静电耗散性能

应定期对接地的 GRP 管道系统进行检查, 确保所有接地导体有效, 电路连续性畅通, 接地电阻不大于操作人员文件中的给定值, 见 6.1.2。依据 5.5.4.4 对接地电阻进行测试。

如果管道外表面涂敷了导电涂料,应对涂层状态进行检验。涂层区表面无涂料面积应不超过 100 cm²。如果将涂层从管体表面剥离,应依据 5.5.4.4 对管道表面涂层重新涂覆,除非满足以下条件:

- 如果依据 GB/T 29165.2—2012 中 6.6.3.1 进行了试验,并得到权威管理部门的同意,管道达到了 C2b 级别;
- 如果依据 GB/T 29165.2—2012 中 6.6.3.5 和 6.6.3.4 分别进行试验,并得到权威管理部门的同意,管道达到了 C5 或 C6 导电级别(即表面电阻和电荷衰减性能)。

注:长期暴露于海洋环境可导致 GRP 管道组件的自身导电性大幅提高。

对接地连接点和涂层整体性进行检验的频率和方法应与操作人员文件中推荐的内容,见 6.1.2。

6.2.1.4 表面和机械损伤

GRP 管道对下述类型的损伤敏感:

- a) 因缺少对紫外线的防护,管道表面层粉化,可能造成纤维松动;
- b) 焊接的火花飞溅和摩擦导致的管道表面层脱落;
- c) 冲击损伤;
- d) 因法兰螺栓扭矩过大或法兰设计不当引起的法兰开裂;
- e) 瞬间过压,如水锤。

这些损伤应依据 6.1.4 和 6.2.2 进行评估。

6.2.2 损伤与修复评估

附录 A 给出关于缺陷和建议纠正措施的指南。

6.2.3 管道装配工和检验员资质认定

以下领域应用的管道、管件和相关组件应由认证的 GRP 管道装配工进行维修或更换,然后由认证的 GRP 管道检验员进行审核。

- a) 临界条件;
- b) 包含有毒流体;
- c) 运行压力大于表 3 给出的设计压力的应用。

审核按照等同于 5.4.1 要求完成。

其他应用领域中装配工和检验员评定水平由委托方酌情考虑。

6.2.4 健康与安全

应执行 5.4.2 给出的关于健康和安全的要求。

6.3 修复方法

6.3.1 概述

修复方法应依照 6.2.2 进行。修复规程应由承包方依据 GRP 管道制造商推荐的方法制定并评定合格,在实施前经委托方批准。修复后应能恢复至规定性能。委托方和制造商应就试验方法(如果适用)达成协议。应报告和记录修复面积和数量。不能对内表面进行修复。

除了所需种类的备用管子和管件外,还应提供应急修理套装,并将其储存在附近的库房。适用的维修套装应由制造商提供,建议用于维修粘接接头和层合接头的套装中包括:

- a) 说明书;

- b) 卷尺、卡尺、管道记号笔；
- c) 温度和相对湿度测量仪；
- d) 轻质带钳和管夹；
- e) 调好角度的磨削工具，配有切割和粗磨削片；
- f) 柔性支承片和磨片；
- g) 管道磨削机；
- h) 粘接剂；
- i) 树脂、固化剂、玻璃纤维增强材料、毡和织布；
- j) 电加热套；
- k) 清洗剂、清洁布；
- l) 防尘面具。

6.3.2 更换

带有明显损伤的管段应进行更换，更换工作应按 5.5 规定的方法和要求完成。对更换管道的装配工的资格要求应与 5.4.1 中对初始安装管道时一致。

如果可能，应在安装前对所有预制的管串进行压力试验。

6.3.3 修补

对管道和管件的修补可依据制造商推荐的程序在现场进行。

6.3.4 临时修复

经委托方、材料制造商和维修套装制造商同意后可以进行临时维修。可采用的维修技术包括但不限于粘接鞍座、手糊包缠、锥面包缠或打卡子。

委托方应根据应用环境的临界值和维修的可靠性对上述技术的适用性进行评估。

6.3.5 修复与维护的质量程序

修复与维护对质量程序的要求与 5.5.8 相同。为了便于识别，每处修复均应做永久性标识，并保存包含维修相关的关键数据的日志。承包方应保存所有维护记录，记录宜包括下列内容：

- a) 修复或维护日期；
- b) 温度和相对湿度；
- c) 修复或维护点位置；
- d) 维护工作内容；
- e) 管道装配工签字。

6.4 变更与搭接

变更与搭接应看作新的安装，依据第 5 章中推荐的方法和要求来完成。

6.5 试验和再认证的要求

如果对系统中的管道进行了维修、更换或变更，应对包含这些部位的管段进行压力试验，重新确认是否合格。试验压力应为系统最大设计压力的 1.5 倍、或评定压力的 0.89 倍，两者取较低值。

试压前应进行正规的风险评估。试压前所有的支承、导轨和锚座都应安装到位，如果需要应增加临时支承和约束。试压前所有粘接接头和层合接头应固化完全。

6.6 弃置

6.6.1 拆除

开始拆除前,承包方应注意健康和安全的有关要求。所有管道系统应泄压力并排空,必要时进行冲洗和吹扫处理。

拆除是安装的逆过程,在管道系统的连接处进行拆除。对于非机械连接接头,可用切割的方法拆除。任何情况下均不应使用燃烧设备。

应注意避免损伤毗邻的正常运行的管道,必要时采取保护措施。

6.6.2 处理

将已拆除的组件进行包装,运送到适当地点进行处理。

应采取环境友好的方式处理拆除组件,不应在露天环境中焚烧。

同方知网(北京)技术有限公司 专用

附录 A
(规范性附录)

缺陷类型、验收准则和纠正措施

表 A.1 列出了可见缺陷的类型、验收指标和纠正措施。

验收准则基于在海水中的使用经验,对于其他更为恶劣的应用工况可规定更保守的准则。

维修定义为:

- a) 永久更换;
- b) 在进行永久更换前,临时采用层合接头;
- c) 在进行永久更换前,临时采用管夹或鞍座。

修补包括按制造商推荐的方法采用磨削、清理和涂刷树脂/固化剂等进行的现场维修。

NORSOK M-662 附录 A 给出了缺陷样品的图片。

管体缺陷的纠正措施中“拒收”的定义为更换;母螺纹接头“拒收”的定义为更换;公螺纹接头“拒收”的定义为更换或去除后重做螺纹。

所有螺纹、量规和螺纹检验的规范应依据 API Spec 5B。对于非 API 标准螺纹,接头尺寸和公差应依据制造商的规范进行评定,其他应按 API Spec 5B 进行。

表 A.1 缺陷的类型、验收准则和推荐的纠正措施

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施			
			制造	运输	安装	运行
气泡	在层合结构的外表层下或内表面富树脂层内形成的气泡	不允许	拒收	拒收	拒收/维修	如无渗漏可接受
灼烧/退色	表征为扭曲变形或表面层退色的热降解	扭曲变形和/或灼烧深度大于表面树脂层厚度	拒收(大缺陷)	无	拒收/维修	拒收/维修
		轻微退色,仅限表面树脂层厚度	修复(修补)	无	修补	修补
粉化和纤维松散	长期储存过程中由于紫外线辐射、酸雨引起的表面层轻微损坏	深度局限于表面树脂层,表面积不限,无表面纤维松散	修复(修补)	接受	接受	接受
		深度局限于表面树脂层,表面积不限,表面纤维松散	拒收	拒收	修补	修补
化学冲蚀	表面贫胶	不允许	拒收	拒收	拒收	拒收/维修
化学溢出	表面树脂的轻微损坏	受到瞬时作用	清理,接受	清理,接受	清理,接受	清理,接受

表 A.1 (续)

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施	纠正措施	纠正措施	纠正措施
			制造	运输	安装	运行
碎片	表面或边缘的小片断裂。如果增强纤维出现断裂,损伤可视为裂纹	在任意区域内存在暴露的未发生损伤纤维;或无纤维暴露但有一块大于 1 cm ² 的缺胶面积	修补	修补	修补	修补
		无纤维外露,缺胶面积小于 1 cm ²	接受	接受	接受	接受
裂纹	可在背面看到的贯通管壁的分层,连续开裂的区域呈白色	最大深度小于或等于树脂层厚度	修补	修补	修补	接受
		最大深度大于树脂层厚度	拒收	拒收	拒收/维修	维修
龟裂	表面层或表面层下的微小裂纹;看不到白色区域的裂纹	最大微裂纹长度小于 25 mm	接受	无	接受	接受
		最大微裂纹长度大于 25 mm	修补	无	修补	修补
纤维断裂	因为刮擦或制造过程引起的表面纤维断裂	每根管子最多 3 处,每处面积小于 25 mm × 25 mm;最大深度未使壁厚低于最小值	接受	接受	接受	接受
变形	尺寸的长期变化,即蠕变	存在不能接受的渗漏	无	无	无	接受,但应监测
分层 (内部)	缠绕层中因树脂和纤维之间的粘接不当产生的“闪光区”;缠绕层间分离	不允许	拒收	拒收	拒收	接受,但应监测
尺寸改变	在系统上受载荷,弯曲的影响产生的尺寸变化	不允许	无	无	无	无泄漏可接受,但要监测

表 A.1 (续)

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施	纠正措施	纠正措施	纠正措施
			制造	运输	安装	运行
干斑	不完整的表面膜层区域,在该处纤维没有被树脂浸润造成干纤维暴露	不允许	拒收	无	拒收/维修	维修
法兰裂纹	有或没有纤维断裂的发光区域	不允许	拒收	拒收	拒收/维修	运行过程中检测到裂纹时:将开裂处打磨至最大深度小于法兰台阶的 30% 然后修补,裂纹深度大于 30%,或在制造、预制或安装期间发现裂纹时:不允许,拒收/维修
断裂	贯穿层间的断裂,多数纤维断裂,界面分离区可见颜色变浅	不允许	拒收	拒收	维修	维修
冲击破坏	有或没有纤维断裂的发光区域	不允许存在直径大于 10 mm 的环状或椭圆状“发光区”。 在设计压力或正常运行压力下无渗漏	拒收	拒收	维修	如果用于海水或饮用水,接受/修补,但应监测
		直径小于 10 mm 的环状区域, 在设计压力或正常运行压力下无渗漏	维修	维修	维修	接受/修补,如用于海水和饮用水以外的环境则应维修
		在设计压力或正常运行压力下渗漏	无	无	维修	维修

表 A.1 (续)

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施	纠正措施	纠正措施	纠正措施
			制造	运输	安装	运行
未充分粘接(如“撇嘴”)	接触面无粘接剂	未粘接面积大于总粘接面积的 30%，未粘接的轴向长度大于总粘接长度的 80%	拒收	无	拒收	维修
结构层中树脂或粘接剂固化不完全	环境温度和相对湿度影响粘接、固化程序不当	依据 GB/T 29165.2—2012 中 8.3.3	无	无	重做接头(维修)后固化接头(修补)	无
夹杂	杂质融入结构层	不允许	拒收	无	拒收	无
铺层不当	层合接头铺层错误,有错层	不允许	拒收	无	拒收	无
管串尺寸错误	尺寸错误,组件错位	系统的其他位置能够对错位进行补偿	无	无	接受	无
		错位导致接头受拉时应力过大	无	无	拒收	无
缺少粘接剂	连接面存在未被粘接的区域	未粘接面积大于总粘接面积的 30%，未粘接的轴向长度大于总粘接长度的 80%	拒收	无	无	拒收
缺少纤维	树脂/纤维比过高	不允许	拒收	无	拒收	无
材料降解	由于老化、化学冲蚀、吸湿造成的树脂脱落,变脆,变软/溶胀	不允许有渗漏	无	无	无	无渗漏则可接受,但应监测
接头错位	接头固化时被移动,带入空气导致空隙、接头磨削错误,粘接面积不足规格尺寸不当	不允许	无	无	拒收或维修	无
针孔	结构层内表面上的小坑,宽度与深度相近或小于深度	直径大于 0.8 mm 和/或深度大于衬层厚度或 10% 壁厚,和/或纤维损伤	拒收	拒收	拒收	拒收
		直径小于 0.8 mm、深度小于衬层厚度或 10% 壁厚,无纤维损伤	接受	接受	接受	接受

表 A.1 (续)

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施	纠正措施	纠正措施	纠正措施
			制造	运输	安装	运行
阻碍物 (粘接剂过量)	管道/管件内壁因粘接剂、树脂或异物过多引起的障碍	内径 5% 的或高度 10 mm 的流动阻碍物, 二者取较小值	仔细打磨去除	仔细打磨去除	如能靠近则仔细打磨去除, 如果不能靠近则拒收或维修	如能靠近则仔细打磨去除, 如果不能靠近则拒收或维修
粘接接头打磨后壁厚不均匀	—	允许偏心: $0,002 \times ID > 0,3 \text{ mm}$	维修	无	维修	无
磨损刮伤	装卸、贮存和/或运输不当导致的表面浅划痕。如果纤维断裂则看作裂纹	在任意区域内存在未损伤纤维暴露, 或纤维未暴露但缺胶面积大于或等于 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$	修补	修补	修补	修补
		无纤维暴露且缺胶面积小于 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$	修补	修补	修补	接受
渗水	液体穿透管壁或接头	不允许	拒收	N/A	拒收	维修
焊接火花溅伤	因附近焊接导致表面层微小损伤	与“磨损刮伤”要求相同	修补	修补	修补	接受
断裂、切割、磨削、台阶或其他缺陷	螺纹的连续性被破坏	在有效螺纹的最小有效长度 L_e 内不允许	拒收	拒收	拒收	N/A
气泡	螺纹牙尖处的小气泡	每牙螺纹上最大长度 3 mm 的气泡允许有 1 个, 最大长度 1.5 mm 的气泡允许有 10 个	接受	接受	接受	无
缺口	超过螺纹高度 10% 的区域被去除	有效螺纹长度 L_e 区域外, 允许每牙有一个最大长度为 10 mm 的缺陷	接受	接受	接受	无
		L_e 区域内不允许	拒收	拒收	拒收	

表 A.1 (续)

GRP 材料/粘接剂连接						
缺陷类型	说明	合格指标	纠正措施	纠正措施	纠正措施	纠正措施
			制造	运输	安装	运行
开裂	沿管道轴向	不允许	拒收	拒收	拒收	无
	沿管道径向	不允许有从螺纹根部延伸到第一缠绕层的开裂	拒收	拒收	拒收	
平螺纹	螺纹顶部断裂或被磨掉	L_c 区域外每牙螺纹允许有一个长度小于 10 mm 的平螺纹,但不超过 10% 齿高	接受	—	接受	N/A
		L_c 区域内不允许	拒收	—	拒收	
抛光	抛光端面	不允许端面边缘锐利、纤维暴露、突起和冲击损伤	拒收	拒收	拒收	N/A
垂直度	垂直于轴线的角度	端面偏离不应超过 1.5 mm	拒收	拒收	拒收	N/A

注: L_c 表示从管道端面到最后一扣完整螺纹的长度。

附录 B
(规范性附录)
装卸与储存

B.1 装卸**B.1.1 总则**

GRP 管道组件易于受到冲击、锐利边角刮擦引起的机械损伤,因此应特别注意对组件的防护,保证人员受过相关规程培训。在管道的装卸和存放期间管段应戴好末端保护器(加螺纹护丝)。

B.1.2 吊装和运输

应按委托方和制造商之间达成的协议完成管道的吊装、装车和卸车。在任何环境下不应抛掷管子、管件和管串,不应用铁链、钢丝绳或钢夹吊装管子、管件或管串。

小口径管道可人工搬抬;3 m 以内的短管可以用吊车和一根或多根 100 mm 宽的帆布吊索或合适的塑料吊索吊装;长度 6 m 以内的管段可用一个 3 m 的加长杆和两根 100 mm 宽的塑料吊带吊装。吊装点应保持管道平衡。管道应装箱或成捆置于平板上运输。B.2 给出了包装/运输附加要求。

管件应手工搬运装在平板上或板条箱筐中,中间垫好隔离材料避免运输中的损伤,吊装时应用吊带捆扎。

吊装管串时应采用两根或两根以上的 100 mm 宽的塑料吊带,吊点应保持管串的平衡,帆布或塑料吊带不应位于管道和管件的接头下方。

运输期间应当将所有的组件固定好,防止因过度晃动引起的损伤。当组件通过海运装箱运输时,应采取更可靠固定措施。

B.1.3 临时支承

为了尽量减少管串的弯曲应变,吊装前应在预制管串上增设临时固定支承。

B.2 储存**B.2.1 概述**

安装前管道组件可能需要储存。为避免发生损伤,应采取特殊的预防措施,并仔细分析储存位置的平面状态(即平整度、是否存在尖锐物体)、大风、温度、紫外线辐射等。

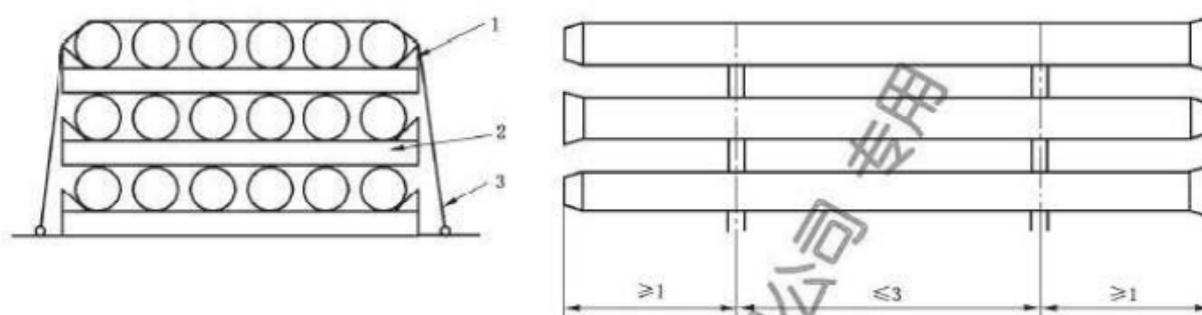
B.2.2 管道

管道可按图 B.1 所示的节省储存空间的方式堆放,并应符合下述要求:

- a) 如果能提供侧面支承,管道可以堆放至 1.5 m 高;宜采用隔离条(约 50 mm×100 mm)作为管子的支承和管道层间隔离,管堆中的木条或塑料条要上下对齐;隔离条的厚度要保证管道相互不发生接触;支承间的最大距离为 3 m,支承距管端的最小距离为 1 m;带承口的管子要两端交错摆放,避免由于接触造成损伤;隔离条的摆放应位于承口管端附近;
- b) 建议对所有管子和管件端部内外都要进行防护,采用装箱或捆装运输,以保证在现场的储存期达两年以上;

- c) 如果采用了隔离物且其尺寸和强度足以保证管道不相互接触,小口径管子可以储存在大直径管子内;
- d) 管端保护器宜保护端面的内外表面,储存期间管端应带好保护器;木条的厚度应足以保证管子间不相互接触;
- e) 为防止大风对管道的损坏,应将 GRP 管堆捆扎牢靠,可以用尼龙带或带衬垫的钢带固定管堆。固定管堆时应采取措施防止造成损伤。

单位为米



说明:

- 1——侧边支承;
- 2——隔离支承;
- 3——捆扎带。

图 B.1 管子堆放示意图

B.2.3 管件

如果包装没有破损且长期储存,管件应装在筐或箱内运输,储存期间管件和法兰应戴好保护器。

B.2.4 管串

管串宜由制造商包装以避免运输中造成损伤。如果可能,管串现场储存时应加装临时保护装置,管件和法兰储存期间应戴有端部保护器。管串不应堆放。

B.2.5 粘接剂/树脂系统

粘接剂和树脂系统应储存在原始包装内,该包装应满足管道制造商的建议和储存场所的安全规程。所有单独发送的防火材料应用工厂密封的容器或条箱进行发运,储存条件应符合材料安全数据表相关要求。应特别注意满足推荐储存温度要求,远离火源。如无特殊要求,材料应储存于原包装内且储存温度低于 30 °C。

B.2.6 辅助材料

辅助材料(弹性 O 型圈、法兰垫片、锁键、增强材料和润滑脂)应依据制造商推荐的方法储存。应特别注意直接日晒(紫外线辐射)、化学品接触、微生物生长和极端温度环境对材料的影响。

附录 C
(资料性附录)
连接方法选用指南

C.1 概述

对于绝大多数的工况都要求采用防脱型接头,如粘接接头、弹性密封锁键接头、层合接头、螺纹或法兰接头。

但对于有稳定支承和锚固的管道系统,可采用非防脱连接系统,如无锁键带机械 O 型圈的承插连接。

设计人员在选择连接方法时应考虑下列因素:

- a) 可靠性;
- b) 弯曲载荷下的性能;
- c) 安装环境(易于检验);
- d) 易于装配。

C.2 粘接接头

C.2.1 概述

粘接连接包括锥形的承口和锥形或圆柱的插口,它们通过粘接剂/固化剂混合物粘接在一起,见图 C.1。承插结构也可以采用锥螺纹。

当采用圆柱型插口时,接头需加工台肩。采用锥形接头结构时,承口和插口接头有两个匹配的锥面,无需加工台肩。前者的优点是连接的最终位置预先确定。后者强度更高,但如果装配不当容易产生错位,导致连接强度减弱。

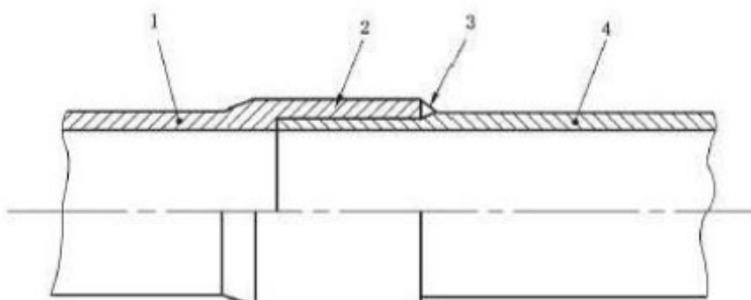
尽管过程简单,粘接连接也需要较高工艺水平,其工艺要求与焊工类似。随着管径的增加,特别是直径 450 mm 以上的管道,粘接接头表面处理和制备愈加困难。

当连接粘接接头时,应注意粘接剂可能产生胶珠,它们可能会深入到管孔内部。实践经验表明,涂敷粘接剂时如果不控制微珠的尺寸,其高度会达到几毫米。

C.2.2 表面处理

进行表面清理应戴好管子端帽和表面保护器。

在环境温度和湿度下进行表面处理和粘接时要遵循制造商的建议。在恶劣气候条件下,应对环境进行适当的控制。



说明:

- 1—带承口的管子;
- 2—粘接剂;
- 3—挤出粘接剂形成的倒角;
- 4—端部带插口的管子。

图 C.1 粘接接头

进行锥面/锥面接头表面处理时,建议:

- a) 打磨前在锥面边缘的圆周缠一圈胶带,这可以有效地减小对管道外表面的局部损伤,在锥面末端形成干净的切面;
- b) 用适当工具磨削管道后应用砂纸手工打磨以去掉大部分松散的纤维,锥面处理完毕后用溶剂(丙酮)清理去除所有松散纤维和其他碎屑。

承口的内表面通常是预先机加工的,在准备粘接管道前同样要进行手工打磨和溶剂清理。如果提前进行了粘接表面处理,在用细砂纸清理前应对粘接表面进行目视检查,判断是否有紫外线降解。紫外线降解可以通过打磨后表面颜色的变化来辨认。存在紫外线降解的表面应重新处理,插口应重新打磨,手工打磨掉所有变色的表面,但不能打磨出平面区。

C.2.3 粘接剂混合

不应使用过期的粘接剂,任何泄漏和损坏的套装粘接剂应按材料安全数据表要求妥善处理。粘接剂混合前,各组分的温度应在制造商推荐的温度范围内。

粘接剂套装不可分开使用,固化剂容器内试剂应全部倒入粘结剂基体树脂中,将全部固化剂和树脂混合直至混合物的颜色均匀一致。混合后粘接剂储存期取决于粘接剂的种类和混合温度。如果混合容器中的粘接剂开始发热或粘度变得很大,表明已经开始固化,应废弃不用。如果罐中的粘接剂呈现块状或凝胶,也应废弃不用。

C.2.4 装配

应对粘接表面进行彻底清理和打磨。粘接前,清理好的表面不应用手触摸或被油脂和湿气污染。如果表面潮湿或被污染,应重新清理、打磨至无尘。

管道连接要尽可能对正,不应有任何肉眼能分辨的错位。如果制造商推荐,应在插口的端部作一标记,以便在连接后检查是否插入和密封无误。对于每个口径的管道,制造商应该规定从插口小端到参考标识的距离,该距离应在插口插入深度的基础上增加 25 mm。

在进行粘接前,粘接表面温度应在 23 °C 至 40 °C 之间。如果需要预热,建议用加热带单独对承插处

加热。将加热带插入管道内加热可避免因外部包缠引起插口表面污染。空气湿度较高时,粘接表面会凝结水分,导致粘接强度下降。

将粘接剂在粘接表面上涂敷得薄且均匀,避免在管内形成影响介质流动胶珠。承口内表面粘接剂涂敷较薄,插口外表面涂敷较厚,这有助于减少管道内接头前端溢出的树脂量。所有机加工或打磨的表面都应用粘接剂覆盖,承口内粘接剂涂敷深度应在插口插入深度的基础上增加 25 mm。插口的切割端面应用粘接剂覆盖。

直径在 150 mm 以下的管道可以人工装配。将插口尽可能深地插入承口,插口插入承口时不应造成管子和管件损伤,并保证连接接头插口的设计长度完全插入接箍。对于带锥度的接箍,插口充分插入时不会产生错位。采用测量参考标识的方法验证平直插口的正确连接,标识到承口的距离应为 25 mm。

直径不小于 200 mm 的管道连接应使用棘轮扳手或液压张紧器,操作时应注意防止损伤接头。插口应一直插到管道承口台肩,此位置参考标识刚好位于恰当位置。

粘接接头装配至完全到位应一次完成,以避免将空气带入粘接剂。如果接头反复插入造成空气进入,应将旧的粘接剂刮掉重新连接。接头外端面挤出的粘接剂应修整光滑,且其倒角为 45°。

C.2.5 固化

环氧粘接的接头可采用加热固化,宜使用全包缠的电加热带,且经管道制造商提供或确认。加热固化应在粘结后立刻进行,固化时间和温度取决于所用粘接剂的类型。对于大口径或厚壁管道接头,采用固化炉比由于采用单独的电加热带固化。固化温度应准确监控,如固化不足将使粘接强度降低。管口应封闭以防止冷空气在管串内循环。

对于厚壁管道,应对制造商推荐的固化时间进行验证,以确保内部粘接剂完全固化(由于 GRP 材料导热系数小,有时只给出固化时间不给出温度)。

当环境温度低于 5℃ 时,电加热带的长度除能将接头或管件的固化区全部包缠外,还应最少重叠 50 mm。电加热带应围绕固化接头包缠,使自动控温器不与管壁接触。加热带(加热毯)的轴向长度应比固化接头长 50 mm~100 mm,以便将固化区的管道充分加热。加热带应进行隔热处理,典型的保温材料是背面贴箔的玻璃钢材料。保温材料与加热带两侧至少要重叠 100 mm,并固定在管道端部的边缘上。管道端部应使用非密封装置进行松散封堵,以防止冷风吹入管道。

法兰固化可将加热带插入管端内部。插入前将管子内部挤出的粘接剂刮掉,用一节与管道内径相同的管子做成加热带圆筒。

管子、管件和法兰之间的粘接连接在彻底固化前不能触动,必要时加辅助固定装置防止意外移动。

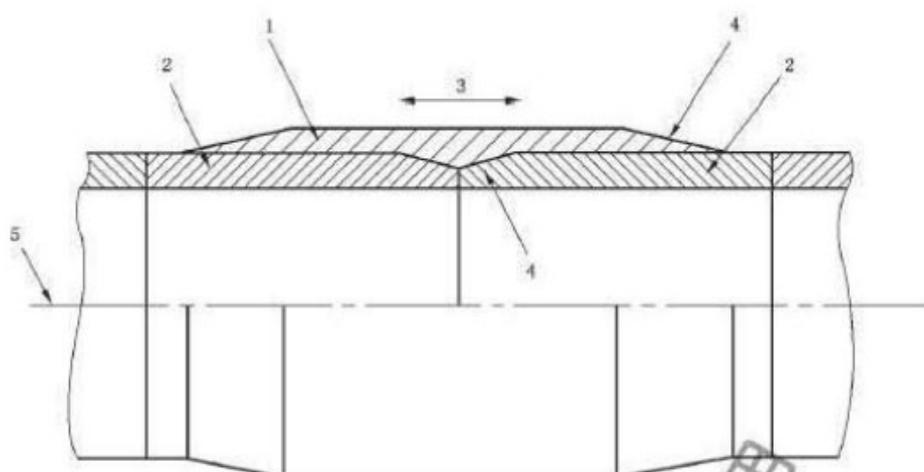
C.3 层合接头

C.3.1 说明

层合接头(见图 C.2)是将处理好的平头管子和管件对齐,再用增强纤维和树脂/固化剂逐层压制而成。有两种类型的层合连接:一种是将管子外表面轻微打磨成圆柱形,另一种是充分打磨成锥面。

层合接头较粘接接头的优点是在外面进行接头处理是从管道。

因其允许存在少量的错位,现场连接的接头应优先考虑采用层合方式。



说明:

- 1——层合结构;
- 2——管材结构层;
- 3——层合宽度;
- 4——不超过 1/6 的锥度;
- 5——管道中心线。

图 C.2 层合接头

C.3.2 表面处理

开始层合连接前,应准备好完成此工序所需要的全部设备。

应使用夹具或其他夹持装置将管道的连接面牢固地固定在一起,且不应有偏心现象。如果端面间的间隙无法避免,应用合适的腻子填充。接头完全固化前不应去除约束。有些制造商使用气球或橡胶衬来制作光滑的内表面,气球放气后取出。

当连接两根管子时,管端应加工成最小 1/6 的锥度(见图 C.2)。

按制造商的技术规范要求,将管端 50 mm 范围内管道外表面富树脂层打磨掉,露出增强纤维。管道的端面也应该打磨。粘接面清理干净,在粘接之前不应用手触摸,不应被油脂或湿气污染。如果表面潮湿或被污染要重新清理、打磨达到无灰尘。

C.3.3 树脂混合

应使用与制造管道同一型号的树脂或兼容树脂。树脂与固化剂混合应严格遵循制造商对称重、计量、混合与温度的要求。树脂应充分搅拌直到颜色均匀一致,混合量不可超过存储期内的用量。

混合后粘接剂的贮存期取决于粘接剂的种类和混合温度。如果混合罐中的粘接剂开始发热或粘度变大,表明已经开始固化,应废弃不用。如果罐中的粘接剂出现明显的块状或凝胶,也应废弃不用。

C.3.4 装配

将管道的端面对正后固定在正确的位置,可用电加热毯加热管道端部,确保涂胶前粘接表面的温度大于 15 °C 小于 40 °C。用统一的树脂或粘接剂涂敷倒角、打磨面和切割面。

按制造商的推荐方法用浸好混合树脂的短切毡或粗纱织布进行铺层。增强层应采用张力铺放,以赶出裹入的空气,促进树脂浸润,并保证正确的纤维/树脂比例。铺层应每层都浸透树脂,直到达到规定的厚度,最后在表面涂一层富树脂层。

C.3.5 固化

推荐采用加热固化环氧层合接头,为此要使用带保温层的全包缚式电热带,电加热带应由管道制造商提供或审核。其他加热的方法应经委托方同意。接头粘接后应立即进行加热固化,固化时间和温度取决于树脂的型号。

注:在某些情况下过度的热固化会降低聚酯和乙烯基树脂性能。

电加热带的长度要能完全包裹接头或管件的固化区域,并至少重叠 50 mm。加热带应包缠在接头处避免控温器触管壁。在未固化大接头表面和加热带之间放上塑料/金属防护膜防止将加热带粘在接头表面。如果环境温度低于 5 ℃,应将加热带保温。典型的隔热材料是背贴箔片式玻璃钢,它在加热带两侧至少要重叠 100 mm,并固定在管道端部的边缘上。管道端部应使用非密封装置进行松散封堵,以防止冷风吹入管道。

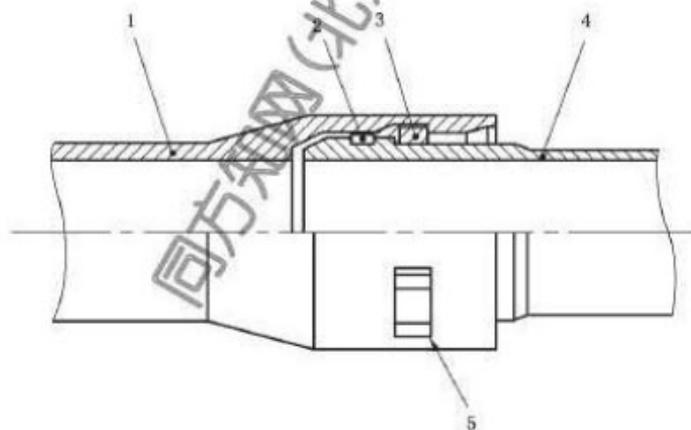
层合接头在完全固化前不应被移动或触动。

C.4 机械 O 型圈弹性密封承插接头(带锁键)

这类接头的装配最为简单,设计时允许在接头内有一定的轴向运动和一定角度偏离,例如,可允许船内壳体弯曲。与粘接接头相比,这类接头体积较大,但优点是能够在恶劣施工环境下快速连接,譬如混凝土重力基座管道。

带 O 型弹性密封圈或唇型密封圈的接头由承口和插口组成,见图 C.3。承口为集成(单承口)或分体形式(双承口),其中双承口用于连接两根带插口的管子。接头可采用两个或两个以上 O 型圈。可采用两种形式的带弹性密封圈和 O 型圈的承插接头:

- 抗拉型,采用锁键带约束;
- 非抗拉型,允许较大的轴向位移。



说明:

- 1——带承口的管子;
- 2——弹性密封圈;
- 3——锁键;
- 4——带插口的管子;
- 5——锁键插入口。

图 C.3 典型的弹性密封承插接头(带锁键)

以下是该类接头安装时的最低要求：

- a) 安装前检查承口和插口是否有损伤。损坏的部件应搁置并由负责人评估；
- b) 包括密封槽的连接表面应清理干净；
- c) 检查密封圈和沟槽的尺寸正确与否，特别是密封圈的直径和横截面；
- d) 检查非对称密封（例如唇型密封）是否正确地安装在沟槽内；
- e) 插入前清理表面，在插口端和密封圈上涂上清洁的润滑脂；
- f) 应采用正确的工装将插口插入承口，避免卡住或破坏密封。对于大口径管道尤为注意；
- g) 检查插入深度的标识，以保证正确的插入深度；
- h) 管段应尽可能对正以使密封圈保持在沟槽内；
- i) 应采用塞规使密封圈安装到位；
- j) 对于抗拉型带锁键接头，应将清洁并涂好润滑脂的锁键完全插入锁键槽，锁键的截面和长度应正确无误。

C.5 法兰接头

法兰式接头便于与钢管连接，安装和拆除也比较容易。GRP法兰应与平面钢法兰连接。当与凸面钢法兰连接时可能要使用支承环（取决于垫片的类型），以防止螺栓上扣时产生过度的弯曲应力。通常使用以下两种类型的法兰：

- 固定式法兰，粘接或层合在管道的端部；
- 松环式法兰，肩圈为玻璃纤维增强塑料，通过粘接或者层合方式连接到管道的末端，末端带有玻璃纤维增强塑料或者金属法兰底。

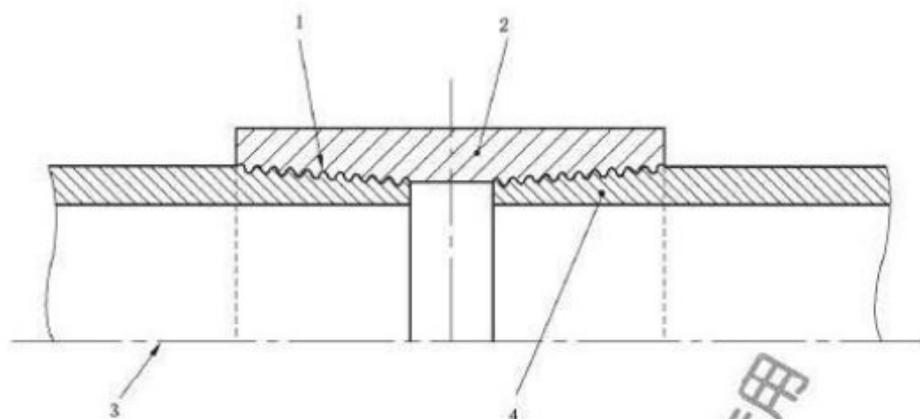
应遵循制造商关于法兰的安装指导说明书，以保证良好的安装质量。以下是有关安装的最低要求：

- a) 安装前应准备好粘接式法兰；
- b) 按制造商的建议选择螺栓的润滑脂；
- c) 用扭矩扳手严格控制安装扭矩；不应采用过大扭矩的方式纠正法兰的错位或其他尺寸偏差；
- d) 螺栓的紧固顺序、扭矩增量和最大扭矩应遵照制造商的建议；
- e) 连接螺栓的两侧都要加装垫圈，法兰端面应完整无损、清洁平整；
- f) 按使用工况选择正确的垫片；
- g) 粘接法兰的端面应与管道轴线成直角，公差应满足 5.5.4.3 要求；
- h) 法兰对正时不应拉拽管道。

C.6 螺纹接头

中压或高压 GRP 管道系统可采用三种类型的螺纹接头：

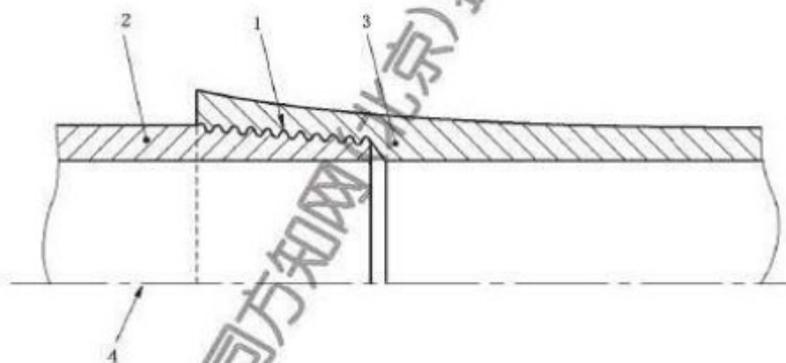
- a) 公扣-公扣接头，采用带有标准 API 螺纹的接箍（如圆螺纹 EUE 10RD、EUE 8RD），见图 C.4；
- b) 公扣-母扣“集成”接头，采用标准 API 螺纹，密封采用 PTFE 密封带或特殊密封脂，见图 C.5；
- c) 公扣-母扣“集成”接头，采用粗牙螺纹和 O 型圈密封，见图 C.6。



说明:

- 1—标准 API 螺纹;
- 2—内螺纹接箍;
- 3—管道中心线;
- 4—管子结构层。

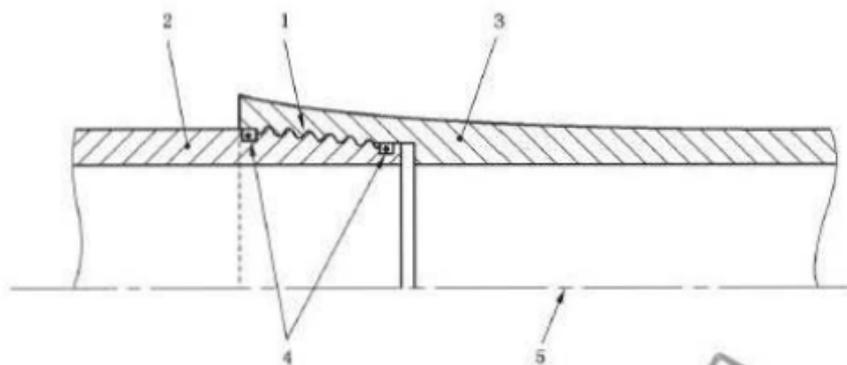
图 C.4 标准 API 接头



说明:

- 1—标准 API 螺纹;
- 2—管体-带外螺纹;
- 3—管体-带内螺纹;
- 4—管道中心线。

图 C.5 API 螺纹整体接头



说明:

- 1—粗牙螺纹;
- 2—管体-带外螺纹;
- 3—管体-带内螺纹;
- 4—O型密封圈;
- 5—管道中心线。

图 C.6 粗牙螺纹加 O 型密封圈的整体接头

为减小摩擦提高密封性能,可采用石墨或陶瓷微粒等螺纹填料,也可使用聚四氟乙烯基润滑脂,以减小上扣扭矩。

符合 API 标准的螺纹连接应满足文献[3]的要求。制造商设计的螺纹连接应符合制造商的制造质量和表面光洁度等规范。

C.7 其他机械式连接

可采用多种专用的机械或接箍连接。可参考制造商提供的使用指南。

附录 D

(规范性附录)

管道装配工、监理与检验员资格评定

D.1 前言

复合材料管道的安装和连接与钢管有很大不同,但两类管道的安装质量都取决于良好的安装工艺。人员的培训和认证是复合材料管道应用过程中保证质量和经济性的重要环节。本附录根据参考文献[1]、[2]和[4],规定了复合材料管道预制和安装过程中使用的管道装配工、监理和检验员进行培训和认证的最低要求,本资格评定过程仅限于玻璃纤维增强环氧树脂、乙烯基树脂、聚酯和酚醛树脂的管道。

D.2 培训和资格认证机构

认证机构应与培训机构相互独立。培训应由有能力的机构完成,认证项目应由委托方和施工所在国管理机构认可的法人执行。认证机构应设立等级考试。

D.3 认证

应分别向满足 D.4、D.5 和 D.6 要求的管道装配工、监理和检验员颁发熟练程度证书。证书至少要包括下列信息:

- a) 资格认证日期、印章、签字和有效期;
- b) 证书的有效范围。应对每个独立的供方对下列内容做出规定:
 - 1) 材料:如玻璃纤维、环氧、乙烯基、聚酯和酚醛树脂;
 - 2) 接头的类型和设计:粘接接头(锥型/锥型、锥型/圆柱型)、层合接头、机械接头;
 - 3) 直径范围和评定压力(仅对粘接和层合接头)。
- c) 供方完成特定课程的日期。

D.4 复合材料管道预制和安装过程中的管道装配工和连接工

D.4.1 总则

管道装配工的认证过程包括 3 部分内容:

- 基础培训课程的出席情况;
- 至少一门供方特定培训课程的出席情况;
- 认证组织达标考试的完成情况。

上述三个部分的培训可单独进行,但必须在两年内完成才能获得资格证。建议三个部分培训应在短期内连续完成。

D.4.2 基本技能、年龄和经验要求

学员应能流利地应用授课中采用语言,年龄不低于 18 岁且满足下列对最低经验要求中的一项:

- a) 拥有工业管道装配工或塑料技工的商业资格证;
- b) 至少有 1 年的管道装配工或玻璃纤维增强热固性塑料的培训经历。

其他文件形式的教育、培训和经验证明可以作为同等能力。

学员应该具备良好的健康状态,视力应符合下列要求之一:

——ISO 9712 或等同,每 12 个月进行一次视力测试;

——至少单眼裸视或矫正视力正常,在标准阅读测试中应能在 30 cm 以外阅读 N4 罗马字母。

D.4.3 培训

D.4.3.1 基础课程

基础课程应对复合材料管道安装中的最重要的因素给予理论和实践介绍。管道装配工的培训课程至少应包括以下内容:

- a) 术语、管子类型、制造与装配、应用领域;
- b) 材料性能和工程要求;
- c) 健康、环境与安全;
- d) 连接方法与规程,包括典型缺陷和失效形式;
- e) 导电连续性的测量规程;
- f) 运输、装卸和储存;
- g) 安装;
- h) 维修;
- i) 质量保证和控制,包括检验方法;
- j) 管道连接实践培训(粘接剂粘接、层合、弹性密封承插、螺纹和法兰连接)。该项培训可作为供方特定课程的一部分。

培训过程中,每个学员应在管串中制备直径 150 mm 的管接头,且按 D.4.3.3 要求进行压力试验和目视检验。每一试验管段的长度应符合 GB/T 29165.2—2012 中 6.2.1.2 要求。

培训结束后向学员颁发资格证书。

D.4.3.2 供方特定课程

D.4.3.2.1 概述

供方特定课程给出了针对特定连接方法、管径和壁厚的产品和规程进行的培训和试验要求,可由供方和承包方安排或协助进行。管样应能代表质量评定证书规定的压力和直径范围管道。

D.4.3.2.2 粘接与层合接头

按 D.4.3.3 规定对学员用特殊连接方法和/或特殊尺寸制备的接头必须进行压力试验。所有的压力试验应由学员依据特定制造商的连接方法、材料等相关的书面规程进行,且经承包方或供方批准。

表 D.1 给出的管道直径范围内接头通过压力试验后,管道装配工通过认证。每根试样的长度应满足 GB/T 29165.2—2012 中 6.2.1 要求。

表 D.1 用于评定装配工、维修工的管道直径范围

压力试验管道的公称直径 mm	管道直径范围 mm
150	25~300
300	150~600
>600	600~名义直径

对于直径大于 600 mm 管道,应成功完成特定(口径)压力试验的认证。管道装配工成功完成直径从 600 mm 到压力试验管道范围内接头压力试验后才能获得认证资格。此外,以试验管道评定压力的 0.67 倍压力成功完成管道接头的压力试验后的管道装配工可获得认证资格。

压力试验结束后将管道沿轴向剖开,按表 A.1 进行目视检验,观察接头有无泄漏或分层,测量尺寸并与接头的装配规程要求相比较。

试验期间要对试样的装配进行检验,必要时应对导电连续性进行评价。粘接接头的外边缘的粘接剂应形成统一的倒角,管孔内部无过量粘接剂胶珠。

D.4.3.2.3 机械式接头

应对学员制备的接头按 D.4.3.3 进行压力试验。所有的压力试验应由学员依据特定制造商的连接方法、材料等相关的书面规程进行,且经承包方或供方批准。

管道装配工成功完成直径从 25 mm 到试件直径范围内接头压力试验后才能获得认证资格。每种试样的长度应满足 GB/T 29165.2—2012 中 6.2.1 要求。依据表 A.1 对接头进行目视检验,接头不应有泄漏或分层存在。

D.4.3.3 压力试验程序

以水为介质(依据 ASTM D1599)对试验管段进行压力试验,最小试验压力为 1.75 倍管道评定压力(p_q),保压时间不低于 1 h,无泄漏和接头分离。试样应采用自由端密封,保证管道同时承受轴向和环向应力。

注 1:如果使用法兰盲板,应采用高等级的密封垫片保证压力试验中的密封。

注 2:限定试验压力低于管道公称压力(p_q)的 2 倍,防止沿管壁的渗漏失效的发生。回归曲线较平的管子易于发生这种渗漏。

在每个升压阶段要对试验管道进行检验,观察是否存在裂纹、渗漏或其他介质渗出的迹象,这些现象均为失效原因。

D.4.4 考试与取证

完成下述内容的管道装配工学员可获得资格证:

- a) 参加基础培训课程;
- b) 通过覆盖基础培训课程的科目考试;
- c) 参加了至少一个供方特定培训课程,其中压力试验结果应由经过认证的机构见证。

D.4.5 有效期与换证

D.4.5.1 有效期

自通过基础培训课程考试之日起,管道装配工资格证书的有效期为两年。在获得证书的最初六个月内,建议至少进行 4 周复合材料管道的连接。

D.4.5.2 换证

管道装配工资格证书到期换证时,应提供过去两年从事管道连接的证明,包括连接管道的类型和数量,并说明过去 6 个月依据拟更换证书规定项目安装复合材料管道的经历。

D.5 管道预制和安装的监理

D.5.1 资格与经历

学员应能流利地使用课程采用的语言。

参加监理培训的人员至少应有两年以上复合材料管道的安装经验,并已取得复合材料管道的安装资格证书。学员经历应包括所有常规管道安装技术,如粘接接头、层合接头和其他不同类型的机械式接头。

拥有记录在案的背景、培训经历和业绩可按同等能力给予考虑。

学员应具备良好的健康条件,视力应符合 D.4.2 要求。

D.5.2 培训

对监理的培训课程最少应包括以下内容:

- a) 监理的责任和义务;
- b) 健康和安全;
- c) 安装检验清单:
 - 1) 运输与储存;
 - 2) 典型接头的表面处理、装配和打磨;
 - 3) 安装细节,如工艺、管道支承、损伤预防等;
 - 4) 水压试验和渗漏试验;
 - 5) 维修规程。
- d) 管道和接头的检验;
- e) 管道的装卸和安装。

D.5.3 考试与取证

成功完成下列项目可获得监理资格:

- a) 参加课程培训;
- b) 通过课程规定的科目考试。

D.5.4 有效期与换证

D.5.4.1 有效期

自考试通过之日起,监理资格证书的有效期为 5 年。

D.5.4.2 换证

监理资格证书到期换证时,应提供 5 年有效期内至少从事 25 周复合材料管道安装监理的证明,且 25 周中的最少有 10 周是在有效期的最后两年内进行的。

D.6 复合材料管道预制和安装的检验员

D.6.1 资格与经历

学员应能流利地使用课程采用的语言,年龄不低于 25 岁且符合下列条件之一:

——拥有 GRP 监理资格,1 年工作经历;

——GRP 管道装配工资格,至少有 3 年工作经历。

拥有记录在案的背景、培训经历和业绩可按同等能力给予考虑。

既没有 GRP 安装资格证书又没有 GRP 监理资格证书的参试人员应满足 D.4 要求。

学员应健康状态良好,视力符合 D.4.2 的要求。

D.6.2 培训

检验教程中应对复合材料管道系统的检验要素进行理论和实践的介绍。授课时间至少为 3 d,内容包括但不限于下列内容:

- a) 重述管道装配工教程内容的重点内容;
- b) 到货检验;
- c) 典型接头装配前、装配中和装配后的检验;
- d) 支承的检验;
- e) 修复的检验;
- f) 水压试验;
- g) 破坏性和非破坏性试验方法;
- h) 总体检验、检验员的义务和责任;
- i) 书面规程、文件和报告。

学员应完成 5 项不同的检验,包括典型接头和管件(管子对管件以及管子对管子)的导电连续性检验。

D.6.3 考试与取证

向成功完成下述项目的学员颁发证书:

- a) 参加培训课程;
- b) 参加课程规定的科目考试。

D.6.4 有效期、换证和取消资质

D.6.4.1 有效期

自通过最初考试之日起,检验员资格证书的有效期为 5 年。

D.6.4.2 换证

检验员资格证书换证时,应提供 5 年有效期内至少从事过 25 周复合材料管道装配检验工作的证明,其中 25 周中的最少有 10 周是在有效期的最后两年内进行的。

附录 E

(资料性附录)

无损探伤(NDE)方法指南

E.1 概述

本附件提供了 GRP 管道检验过程中 NDE 方法的指南。当使用透明树脂时,目测是最重要的手段,它能快速地检验大面积的管道。但对于某些重要缺陷,如粘接不良,则需采用复杂的 NDE 方法和高水平的操作技能。这些方法详细的操作规程见文献[5]。

E.2 目测缺陷

目测可发现的主要缺陷包括:

- a) 变形与尺寸偏差;
- b) 表面开裂和微裂纹;
- c) 近表面的分层、夹杂物和气泡;
- d) 冲击损伤;
- e) 起泡;
- f) 内表面粘接剂过量(内部检验);
- g) 腐蚀和冲蚀(内部检验)。

E.3 压力试验

水压试验被认为是检验管道系统整体性的最佳手段,它比其他 NDE 技术评估系统装配和安装质量更为可靠。压力试验有两个明显的缺点:

- 系统停工的耗费很高;
- 压力试验通常在项目周期最后进行,任何纠正工作将导致工期延误。

压力试验过程中发现的主要缺陷包括:

- a) 粘接接头缺少粘结剂或表面处理与装配不合适;
- b) 粘接接头内的粘接剂固化不完全;
- c) GRP 材料中的制造缺陷;
- d) 接头泄漏。

1.5 倍设计压力下的水压试验能够发现渗漏和严重冲击损伤(如运输不当)造成的明显缺陷、系统设计和制造不当(强度不足)或粘接质量过低等缺陷。但是粘接接头的设计安全余量很宽,即便粘接接头有 80% 的未粘接区,依然能通过水压试验。因此水压试验虽然是保证 GRP 管道系统满足结构和功能要求的一种检验方法,但并不能完全保证管道的性能。

对于临界系统,可采用其他 NDE 方法(如采用超声波法随机验证接头粘接质量)与压力试验结合检验是否存在严重影响服役寿命的过度脱粘或空洞。

E.4 超声试验

脉冲-回波(PE)法(采用一个传感器,兼有发射和接收功能)是最常用的针对 GRP 的超声波试验方法。此外还有透射传输法(采用两个传感器)和阻抗平面法(简称 IPM,包括一个传感器和相位监视器)。

超声波法能探测到主要缺陷包括:

- a) 粘接接头内缺少粘接剂的面积;
- b) 分层,孔隙;
- c) 壁厚偏差(20%)。

采用超声波法可以探测到分辨率为 10 mm、深度为 100 mm 的缺少粘接剂的区域和孔隙,但该方法对于不良粘接区域探测可靠性差,即缺少或没有粘接剂但粘接面相互接触的区域。对分层缺陷的分辨率与空隙近似;可探测的壁厚偏差量接近 20%。

探头选择应综合考虑分辨率(采用较高频段可提高分辨率,即频率大于 2.25 MHz)、穿透深度(低频段分辨率高,即小于 2.25 MHz)、信号衰减特性与管道直径(较大的直径要求较高的能量输入,但会牺牲缺陷的体积定义和与弧形表面的可靠耦合性)。因为粘接不足会导致背景信号的消失,建议采用背面回声技术进行粘接接头的检验。表面光洁度质量影响耦合和超声波检测结果,使用水和凝胶等耦合剂或表面抛光可以改善探测结果。由于存在与耦合作用、表面光洁度和材料结构等相关的不确定因素,建议使用扫描装置(或多点检验)。

当 GRP 管道壁厚范围在 8 mm~25 mm 之间时,采用较低的频率(通常为 0.25 Hz~2.25 Hz)最适用于进行 PE 超声波试验。与钢相比,GRP 的反射脉冲波形更为复杂,反射脉冲之间的时间间隔更短,因此信号分析不能可靠地分离多重回波。存在两种增加两个反射信号间隔时间的方法:

- a) 从对面管壁采用单回路发射穿过被水浸泡的 GRP 管道;
- b) 使用适当的平衡体(如甲基丙烯酸甲酯)。

E.5 射线测试

射线测试对表面粗糙度不灵敏,但对缺陷的方向比较灵敏。在陆上做该项测试相对容易一些,但由于进行该项测试时需要隔离区域,因此在海上安装时较为复杂。

射线测试可探测到的主要缺陷包括:

- a) 壁厚偏差(最大 20%),粘接面之间的配合偏差;
- b) 孔隙、分层和缺胶(最大偏差 5%);
- c) 轴向错位;
- d) 接头处管道内壁上过量的粘接剂;
- e) 管道内壁结垢;
- f) 粘接承口内管道的插入偏差。

此方法对于粘接不良面积(即粘接面相互接触但几乎没有粘接剂)的检测结果不可靠。

可将射线测试(RT)参数(即管电压和暴露时间)调节到适用于低密度的聚合物和复合材料,典型的中低介质管电压在 10 keV~50 keV 之间。根据射线测试结果,可确定壁厚和铺层厚度(即修复厚度)。在某些情况下,也可确定缠绕角、孔隙和缺胶区(特别是被水充填的孔隙和缺胶区)。但是,如果粘接剂中没有加入重金属元素作为对比增强物,要确定其缺胶区域是非常困难的。可加入质量比 5%的氯化锌、硫酸钡、氧化铅和钨作为对比增强物。

E.6 声发射测试

宜从声发射设备供方获取对 GRP 材料进行声发射检验的标准规程。

通过声发射测试可探测的主要缺陷包括：

a) 结构完整性不足(由设计、制造和材料降解等缺陷原因造成的缺陷)；

示例 1:层合接头的铺层错误。

示例 2:多轴应力区域内的层合结构低于设计要求。

b) 层间裂纹扩展；

c) 基体材料中裂纹扩展；

d) 纤维断裂和拔出；

e) 固化不完全导致过度应变；

f) 泄漏。

声发射测试要求管道承载至最大设计载荷。只能检测正在生成和扩展的缺陷。

E.7 差示扫描量热(DSC)和巴氏硬度试验

通过 DSC 和巴氏硬度试验检测到主要缺陷有：

a) 粘接接头内使用混合或固化不当的粘接剂(DSC)；

b) 层合接头或结构层中混合或固化不当的铺层(巴氏硬度)。

DSC 是一项定量、精确而且相对快速的半破坏性检测技术,该技术是以测量相变和化学反应过程中热量的变化为基础,例如热固性树脂固化过程的热量变化。小试样可从接头粘接接缝的外侧切取,采用 DSC 分析测定其玻璃化转变温度 T_g 。

巴氏硬度是一种间接测定结构层和层合接头中乙烯基树脂和聚酯树脂固化度的方法。

E.8 热成像测试

热成像可探测的主要缺陷有：

a) 结垢；

b) 壁厚的主要偏差；

c) 接头内缺胶面积。

热成像测试是一种发展中的 NDE 技术,如果能够建立可靠的校准标准且承包商和委托方之间达成协议,可将其用于 GRP 测试。

附录 F
(规范性附录)
健康与安全

F.1 化学有害物质的健康与安全要求

在树脂、胶泥、粘接剂或其他化学品装卸和储存过程中禁止吸烟、进餐和饮水。

树脂、固化剂、促进剂接触到皮肤会引起过敏症，有时会在衣物上产生深色斑点，因此接触这类物质时应采取特殊预防措施。在装卸未固化的上述液态物质时，操作者应始终严格遵守与此相关的个人卫生条例。

用于粘接乙烯基酯和聚酯管道的过氧化物固化剂对尤其对眼睛有毒害作用，即使少量也可导致永久性损伤，因此装卸过氧化物固化剂时要带防护眼镜。建议装卸其他固化剂时也应注意眼睛保护。

可采用带橡胶手套和涂防护油的方法保护皮肤，任何意外的皮肤接触都要用肥皂和清水彻底清洗。在通风不良的狭小区域，如果操作者暴露在有害气体中，建议使用氧气或新鲜空气面罩。

F.2 粉尘危害

在机加 GRP 管道过程中，建议操作者穿戴防护服和防尘面具，以防止粉尘吸入和皮肤过敏。建议在通风良好或露天的车间内加工 GRP 以将与粉尘接触降至最低限度。在车间内宜使用便携式吸尘设备，吸尘点应尽可能靠近加工工件。

参 考 文 献

- [1] CSWIP-GRP-1-96, January 1996, Installation of composite pipes; Approval of pipe fitters/joiners and supervisors, TWI Certification Ltd, Abington, Cambridge, UK
- [2] CSWIP-GRP-2-96, January 1996, Installation of composite pipes; Approval of inspectors, TWI Certification Ltd, Abington, Cambridge, UK
- [3] API Spec 15HR, Specification for high pressure fiberglass line pipe
- [4] NTS GRP Governing Board (Norway), GRP approval
- [5] OLF Guideline 55, Guideline for NDT of GRP Pipe Systems and Tanks, 1997

同方知网(北京)技术有限公司 专用

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管
第 4 部分:装配、安装与运行
GB/T 29165.4—2015/ISO 14692-4:2002

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.gb168.cn

服务热线:400-168-0010

010-68522006

2015 年 6 月第一版

书号:155066·1-51563

版权专有 侵权必究



GB/T 29165.4-2015