

团 体 标 准

T/CGMA XXXX—XXXX

陆用液化天然气输送泵技术规范

Technical Specification for Land LNG transfer pump

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国通用机械工业协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

 3.1 陆用液化天然气输送泵 Land LNG Transport Pump 1

 3.2 泵池 Pump Pit 1

 3.3 泵池顶盖 Pump Pit Cover 1

 3.4 泵井顶板 Pump Well Top Plate 1

4 技术要求 1

 4.1 设计范围 2

 4.2 结构型式 2

 4.3 性能 2

 4.4 结构设计 2

 4.5 仪表 4

 4.6 贯穿接头 4

 4.7 接线箱 4

 4.8 设备互换性 4

 4.9 设计寿命 4

5 材料 4

 5.1 材料的选择 4

 5.2 材料的处理 4

 5.3 材料的成分和质量 5

 5.4 修补 5

6 试验 5

 6.1 材料的试验 5

 6.2 平衡试验 5

 6.3 水压试验 5

 6.4 出厂试验 5

7 装配和清洁 5

8 包装、运输和贮存 6

 8.1 包装 6

 8.2 运输 6

 8.3 贮存 6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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

本文件由中国通用机械工业协会泵业分会提出。

本文件由中国通用机械工业协会归口。

本文件起草单位：上海阿波罗机械股份有限公司、合肥新沪屏蔽泵有限公司、昆明嘉和科技股份有限公司、长沙水泵厂有限公司、嘉利特荏原泵业有限公司、兰州兰泵有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司液化天然气接收站管理分公司、中海油石化工程有限公司、中石油江苏液化天然气有限公司、中石油京唐液化天然气有限公司、中石化天津液化天然气有限责任公司

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

陆用液化天然气输送泵技术规范

1 范围

本文件界定了陆用液化天然气输送泵的术语和定义，规定了设计、材料和制造技术要求，描述了试验方法，规定了装配和清洁、包装、运输和贮存。

本文件适用于陆用液化天然气接收站的立式潜液离心式液化天然气输送泵。
其它型式的液化天然气输送泵可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 29529	泵的噪声测量与评价方法
GB/T 29531	泵的振动测量与评价方法
GB/T 3215	石油、石化和天然气工业用离心泵
GB/T 3216	回转动力泵 水力性能验收试验1级、2级和3级
GB/T 7021	离心泵名词术语
GB/T 9239.1	机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分:规范与平衡允差的检验
GB/T 9438	铝合金铸件
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第3部分:超声检测
ASTM A479/A479M	锅炉及其他压力容器用不锈钢和耐热钢棒材和型材标准规范
ASTM A564/A564M	时效硬化不锈钢及耐热钢棒材、锻件和锻坯标准规范
ASTM B247/B247M	铝和铝合金模锻件、手工锻件和轧制环标准规范
ASTM B26/B26M	铝和铝合金砂型铸件标准规范
ASTM E34	铝和铝合金的化学分析方法

3 术语和定义

GB/T 7021、GB/T 3215和GB/T 3216界定的以及下列术语、定义、量和符号适用于本文件。

3.1 陆用液化天然气输送泵 Land LNG Transport Pump

用于陆地上液化天然气接收站的液化天然气输送泵，主要有高压输送泵、罐内低压泵两种类型。

3.2 泵池 Pump Pit

用于安装液化天然气输送泵的金属容器。

3.3 泵池顶盖 Pump Pit Cover

用于安装液化天然气输送泵（高压输送泵），并盖住泵池的金属盖。

3.4 泵井顶板 Pump Well Top Plate

用于安装液化天然气输送泵（罐内低压泵），并盖住泵池的金属板。

4 技术要求

4.1 设计范围

设计范围应包括完整的液化天然气输送泵（以下简称“泵”）泵组。

高压输送泵泵组包括泵本体、低温电动机、泵池、泵池顶盖、振动传感器、贯穿接头、低温电缆。

罐内低压泵泵组包括泵本体、低温电动机、底阀、泵井顶板、振动传感器、贯穿接头、低温电缆、提升装置。

4.2 结构型式

泵的结构形式为立式潜液式离心泵。高压输送泵安装在泵池内，罐内低压泵安装在泵井内，由感应电动机驱动，电动机是泵组的一个组成部分。泵组为单壳体或双壳体结构，泵与电动机共轴，并浸没在介质中。

4.3 性能

4.3.1 水力性能

4.3.1.1 泵应具有连续稳定的扬程-流量曲线以确保泵在系统中运转时保持稳定，即从最小流量到最大流量曲线应是连续下降趋势，无驼峰及陡降。

4.3.1.2 泵的特性曲线应包括扬程、轴功率、效率、必需汽蚀余量等参数随流量的变化曲线，泵的优先工作区应位于所提供叶轮的最佳效率点流量的 70%~120%区间内。额定流量点应位于所提供叶轮最佳效率点流量的 80%~110%区间内。

4.3.1.3 泵的最佳效率点流量应位于正常工况点和额定工况点之间。

4.3.1.4 泵的可用汽蚀余量（NPSHA）与必需汽蚀余量（NPSHR）应采用相同的基准面，且不考虑对烃类液体的修正系数，在最小稳定流量到最大额定流量内。高压输送泵最小的可用汽蚀余量（NPSHA）应比必需汽蚀余量（NPSHR）至少有不小于 0.5m 余量，罐内低压泵最小的可用汽蚀余量（NPSHA）应比必需汽蚀余量（NPSHR）至少有不小于 1m 余量。

4.3.2 转速

4.3.2.1 泵转子湿态下的第一临界转速应至少比最大连续工作转速高 20%。

4.3.2.2 泵的固有频率和工作转速之间应保持 20%的间隔范围，在规定的工作转速范围内不应发生共振。

4.3.3 振动

4.3.3.1 在额定工况下，泵组的振动烈度应不大于 4.5mm/s，其他工况下符合 GB/T3215 的规定。

4.3.4 噪声

4.3.4.1 泵允许的最大声压等级应不超过 85dBA。

4.4 结构设计

4.4.1 承压零件

4.4.1.1 应有适当的壁厚使之在工作温度和额定压力的条件下，能承受住压力和限制变形。

4.4.1.2 应进行环境温度下的水压试验，不应出现泄漏和冒汗现象。

4.4.2 叶轮

4.4.2.1 叶轮应采用整体铸造或锻件加工的叶轮。

4.4.2.2 叶轮应该被可靠的固定，以防止按规定方向旋转时发生圆周方向和轴向移动。

4.4.2.3 叶轮应做静平衡试验。

4.4.3 诱导轮

4.4.3.1 应设置或采用与首级叶轮性能匹配的诱导轮。

4.4.3.2 诱导轮应能适合极低的汽蚀余量要求，能在首级叶轮入口产生足够的扬程。

4.4.3.3 诱导轮应该被可靠的固定，以防止按规定方向旋转时发生圆周方向和轴向移动。

4.4.3.4 诱导轮应做静平衡试验

4.4.4 密封环和运转间隙

4.4.4.1 密封环应可靠地装在吸入段、导流体等定子部件上，以避免在泵运行期间产生任何位移。如采用螺钉，应采取防松措施，避免螺钉掉落。

4.4.4.2 在确定静止部分和运动部分之间的运转间隙时，应考虑工况条件以及这些零件所用材料的性能（如硬度、抗擦伤性、热胀冷缩性）。间隙的大小应能防止在各类工况条件下动静零部件间的相互接触，避免卡涩。

4.4.5 轴

4.4.5.1 轴应采用整体锻件，不得采用焊补。

4.4.5.2 泵轴的最小轴径应满足最大扭转应力要求。

4.4.5.3 轴主要配合表面处最终表面粗糙度 R_a 不得大于 $1.6\ \mu\text{m}$ ，其余非配合表面粗糙度不得大于 $6.3\ \mu\text{m}$ 。

4.4.6 轴承

4.4.6.1 应采用低温轴承钢制作的低温轴承，轴承游隙应满足低温的使用环境。

4.4.6.2 轴承应采用泵送介质自冷却和润滑方式，不得使用外部系统。

4.4.6.3 应设置放空口自动放空，保证泵不运行时，轴承不会出现“气锁”现象。

4.4.6.4 轴承寿命应保证连续稳定工况下运行不小于 16000 小时。

4.4.7 轴向力平衡机构

4.4.7.1 为使泵组运行平稳，应设置轴向力平衡机构。

4.4.7.2 轴向力平衡机构应能够实现泵组在任何工况下运行时的整体轴向力完全平衡，转子浮动。

4.4.8 转子部件

4.4.8.1 泵转子部件和电机转子部件应做动平衡试验。

4.4.9 驱动电动机

4.4.9.1 驱动电动机应为泵组的一个部件，其型式应为感应电动机。电动机定子和转子完全浸没在泵送介质中。

4.4.9.2 电动机和电线的电气绝缘材料需能适用于低温工况。

4.4.9.3 电机轴的设计应考虑泵送液体产生的热量。

4.4.9.4 电动机的设计必须与泵的运行条件和维护要求一致。电动机的特性曲线（特别是负载特性曲线）应完全满足泵的要求。

4.4.9.5 电动机应至少能在 80%额定电压下直接启动，启动时间不大于 15 秒。

4.4.9.6 当电动机运行在设计条件下时，电动机服务系数应至少为 1.1。

4.4.9.7 电动机应具有 F 级及以上的绝缘，温升按 B 级考核。

4.4.9.8 任何可能封闭在电机腔内的气体必须通过位于电机壳体最高点的排气口排出。

4.4.10 提升装置

4.4.10.1 对于罐内低压泵，应配置 2 条防扭型不锈钢提升线缆，第 2 条提升线缆作为备用，在主提升缆失效的情况下承担提升作用。安装备用线缆是为了防止在主电缆失效的情况下泵掉落。

4.5 仪表

4.5.1 泵组应配置相应的振动监测探头对泵组进行监测和保护。

4.5.2 泵组上采用的与泵组安全运行相关的仪表应符合泵组的低温工况和危险区域要求。

4.6 贯穿接头

4.6.1 应预留氮气吹扫法兰接口。

4.6.2 应能够防盐雾腐蚀，防护等级应不小于 IP65。

4.6.3 应采用防爆结构，防爆等级满足至少满足 Ex d IIB T4 Gb。

4.7 接线箱

4.7.1 应选用不锈钢材质制造。

4.7.2 应能够防盐雾腐蚀，防护等级应不小于 IP65。

4.8 设备互换性

4.8.1 设备零部件应具有互换性。

4.8.2 设备的各零件及附件应与同型号的同样零件互换，或与备件互换。

4.9 设计寿命

4.9.1 泵的设计寿命应不少于 20 年。

4.9.2 泵的连续运转时间应不少于 8000 小时。

5 材料

5.1 材料的选择

5.1.1 材料的选择应根据泵的使用条件（包括压力、温度、输送介质等）来选择。

5.1.2 泵的水力部件、承压部件宜采用铝合金材质，应按 ASTM B247/B247M 选用锻铝合金或按 ASTM B26/B26M 选用铸铝合金。

5.1.3 铸件原材料应在 77K（-196.15℃）的环境中进行力学性能试验。

5.1.4 铸件原材料应进行射线探伤检查。

5.1.5 泵轴的材料应按 ASTM A479/A479M 选用奥氏体不锈钢或按 ASTM A564/A564M 选用沉淀硬化不锈钢。

5.1.6 泵轴原材料应进行超声波检查。

5.1.7 在常温下，动静相配合的两个耐磨件的材料表面的布氏硬度值至少应相差 50HBW。

5.2 材料的处理

5.2.1 材料在加工过程中应经过低温稳定化处理，以满足低温环境的使用条件。

5.2.2 材料应进行无损检验。

5.3 材料的成分和质量

5.3.1 材料的化学成分、机械性能、热处理和焊接方法应符合有关相关标准。

5.4 修补

5.4.1 采用焊接或其他方法修补，应按类别参照其相关的材料标准。禁止用塞堵、锤击、涂漆或浸渍来修补承压泵体中的裂缝和缺陷。

6 试验

6.1 材料的试验

6.1.1 原材料应提供以下试验证书，化学成分（根据供应商的标准规范或每批熔料的试样为准）、力学性能（根据供应商的标准规范或每批熔料和每次热处理的试样为准）、无损检验（渗透、超声波、着色渗透、磁粉、射线照相、光谱鉴别等）。

6.1.2 铸件原材料的力学性能在 77k（-196.15℃）的环境中按 ASTM E34 描述的方法试验，试验数据应不得低于常温下的数值。

6.1.3 铸件原材料按 GB/T9438 描述的方法进行射线探伤，应为 II 类铸件。

6.1.4 铸铝零件和锻铝零件应进行液体渗透检查，应符合不允许裂纹，线性缺陷显示 $\leq 10\text{mm}$ ，圆形缺陷显示 $\leq 12\text{mm}$ ，离散型缺陷显示 $\leq 32\text{mm}$ ；

6.1.5 泵轴原材料按 NB/T 47013.3 描述的方法进行超声波检测，应按 II 级验收。

6.2 平衡试验

6.2.1 叶轮和诱导轮按 GB/T 9239.1 描述的方法进行静平衡试验，精度应不低于 G6.3 级。

6.2.2 泵转子按 GB/T 9239.1 描述的方法进行动平衡试验，精度应不低于 G2.5 级。

6.3 水压试验

6.3.1 泵的承压件按 GB/T 3215 的规定进行试验压力为最大许用工作压力 1.5 倍的水压试验。试验应使用冷清水进行，至少保持 30min，无可见的泄露。

6.4 出厂试验

6.4.1 出厂试验介质为液化天然气。

6.4.2 出厂时至少应做以下试验项目，运转试验、性能试验、汽蚀试验、泵停试验、噪声试验、振动试验。

6.4.3 性能试验、汽蚀试验按 GB/T 3216 进行，应合格。

6.4.4 泵的振动测量按照 GB/T 29531 执行，其中测定位置按本文件 6.4.5 节执行，振动限值符合 4.3.3 节。

6.4.5 振动传感器的安装位置应在上轴承/中轴承处的轴承体或泵池顶盖处，两个振动传感器布置互为 90°。

6.4.6 泵的噪声测量按照 GB/T 29529 执行，其中测定位置按本文件的 6.4.7 节执行，泵允许的最大声压等级符合 4.3.4 节。

6.4.7 噪声试验应在距离泵池顶盖水平方向 1m 处（4 个位置，间隔 90° 分布）进行。

7 装配和清洁

7.1.1 装配环境应确保清洁干净，无铁屑、灰尘、杂物。

- 7.1.2 装配前，所有零件应进行清杂处理，去除金属切屑、飞边、毛刺、以及残存的铸造型砂等杂质。
- 7.1.3 金属件用航空洗涤汽油清洗，非金属件用工业酒精清洗，并用清洁的压缩空气吹干。
- 7.1.4 轻度过盈配合的零件，禁止直接使用金属锤硬性装配；为避免损坏零件，可以使用橡胶锤或使用柔性缓冲隔件进行装配。
- 7.1.5 装配结束后，盘车应轻快无擦滞，偏重现象。
- 7.1.6 装配完成后，应用胶带封堵泵进口、出液口，确保设备无灰尘杂物进入。
- 7.1.7 除非另有规定，性能试验结束后，泵应进行解体检查，转动件和静止件之间不应存在擦磨痕迹；零部件应进行清洗，去除表面附着物。
- 7.1.8 清洗后的零件应使用无油空气、氮气或其他认可的方法进行干燥，完全干燥后的零件方可进行复装。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

- 8.1.1 泵完成最终出厂检验合格后应进行包装、装箱，同时提供详细的包装清单。
- 8.1.2 应根据不同的运输方式和防护措施选择不同的包装方法。
- 8.1.3 泵的包装应采用密封包装并抽真空。
- 8.1.4 泵的包装保证防雨、防潮、防锈、防振、防蛀、防机械变形、防磨损和冲击等，应满足运输和厂址所在地的环境条件。
- 8.1.5 包装箱采用的材料应满足设备运输的相关结构要求。
- 8.1.6 泵的转子应加以轴向固定，应避免运输过程中由于振动和碰撞引起轴承等部件的损坏。
- 8.1.7 散件货（如备件）用防潮纸包裹。

8.2 运输

- 8.2.1 泵的运输应严格按包装箱上的贮运标志作业。
- 8.2.2 不应与易燃、易爆、易腐蚀的物品一起装运。
- 8.2.3 运输过程中要注意防雨、防潮、防日晒、防尘和防撞击，泵组不应倒置和翻滚，不应摔跌、敲击和碰撞。

8.3 贮存

- 8.3.1 包装箱应存放在不会受到日晒、雨淋或积水浸蚀的地方，包装箱要垫平放稳，不与地平面直接接触。
- 8.3.2 泵及其附件不应露天存放，并应采取防潮、防锈蚀等措施，保证一年内不发生锈蚀和损坏。