QJ

中华人民共和国航空航天工业部航天工业标准

QJ 2489－93

电容式液氢、液氧密度传感器通用技术条件

1993－03－29 发布　　1993－10－01 实施

中华人民共和国航空航天工业部　发布

中华人民共和国航空航天工业部航天工业标准

QJ 2489－93

电容式液氢、液氧密度传感器通用技术条件

1 主题内容与适用范围

本标准规定了电容式液氢、液氧密度传感器（以下简称“传感器”）的一般设计要求、技术要求、校准与计算、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存和运输要求。

本标准适用于测量液氢和液氧的密度传感器的设计、生产和检验。测量其他介质密度的传感器也可参照使用。

2 引用标准

GJB 71 液氢

GJB 150.16 军用设备环境试验方法 振动试验

GJB 150.18 军用设备环境试验方法 冲击试验

3 符号

C —传感器在介质中的电容值，pF；

C_g —传感器在空气中的电容值，pF；

C_0 —传感器在介质沸点温度下真空中的电容值，pF；

C_L —传感器在介质沸点温度下液相介质中的电容值，pF；

ε_r —介质的相对介电常数；

ε_{r0} —真空的相对介电常数，$\varepsilon_{r0}=1$；

ε_{rL} —在沸点温度下，液相介质的相对介电常数；

A_{TC}—传感器在介质沸点温度下的结构系数，pF。

注：本章提到的沸点温度特指在一个标准大气压下的沸点温度。

4 一般设计要求

4.1 流通面积

传感器的介质流通面积，不少于其通径面积的80%。

4.2 零件形状

传感器零件的迎流向形状应呈流线型。

航空航天工业部1993－03－29 批准 1993－10－01 实施

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

4.3 电容值

C_0 和 C_L 的设计值均应在电容测试仪表的同一量程范围内，C_L 应大于仪表量程的80%。

与介质密度无关的附加电容应小于 C_0 的 1.5%。

4.4 电极

传感器的两个电极均应与“地”绝缘。

传感器电极的表面粗糙度 Ra 值不大于 1.6 μm。

4.5 电极引线

引线应采用耐低温的高频同轴电缆。

按三端测量法，从两个电极分别引线，并紧贴外壳，以最短距离引出。

引线与电极连结应牢固，引线的屏蔽层应与传感器外壳导通。

4.6 材料

传感器材料应耐低温并与被测介质相容。

电极与外壳使用低膨胀系数的金属材料，一般可采用 0Cr19Ni9。

绝缘零件材料应不吸湿、损耗系数小，一般可采用聚四氟乙烯。

5 技术要求

5.1 外观与装配质量要求

5.1.1 传感器外观不得有目测可见的机械损伤，其内部应清洁无多余物。

5.1.2 传感器零件装配应牢固，电极引线焊接可靠。

5.2 绝缘电阻

传感器外壳与电极和电极间的绝缘电阻均不小于 1MΩ。

允许通过引线测量绝缘电阻。

5.3 C_g 的要求

C_g 与传感器的设计电容相差不大于 10 pF。

5.4 损耗系数

在温度为 20±5 ℃、相对湿度小于 80% 的环境中，传感器的损耗系数应不大于 1×10^{-4}。

5.5 电容稳定性

5.5.1 在温度为 20±5 ℃、相对湿度小于 80% 的环境中，C_g 的变化不大于 0.7pF。

5.5.2 在校准的有效期内，C_0 的变化不大于 0.02pF，C_L 的变化不大于 0.05pF。

5.5.3 在不大于 4Pa 真空度下，传感器温度偏离介质沸点 5K 时，其电容值相对于 C_0 的变化不大于 0.01 pF。

5.5.4 C_0 和 A_{TC} 校准的有效期不能少于 1a。

5.6 耐振性

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

沿轴向和横向，施加频率为50Hz、加速度为25m/s²的正弦振动，各持续60min，传感器全部零件不应松动与损坏，引线不应脱焊。振动前后，C_g的变化不大于0.05pF。

5.7 耐冲击性

沿轴向和横向，施加峰值加速度为150m/s²、持续时间为11ms的半正弦脉冲冲击，每个方向施加3次（共12次），传感器全部零件不应松动与损坏，引线不应脱焊，C_g的变化不大于0.05pF。

6 校准与计算

校准系统如图1所示。

6.1 校准用仪表的技术要求

6.1.1 电容测量仪表

电容测量误差小于0.01%；损耗系数测量误差小于2%。

6.1.2 温度测量仪表

温度传感器采用铜－金铁3热电偶，B级精度，温度测量误差应小于0.4K。

6.1.3 真空度测量仪表

采用热偶真空计，测量范围为0.5～40Pa，误差小于10%。

6.2 校准用介质的质量要求

6.2.1 液氢

液氢质量要求应符合GJB 71的规定。

6.2.2 液氧

纯度不小于99.9%（体积）；碳氢化合物体积含量不大于1×10^{-5}；露点不高于－70℃。

6.2.3 氮气

纯度不小于99.99%（体积）；气态杂质体积总含量不大于1×10^{-5}；露点不高于－57.5℃。

6.3 校准前准备

6.3.1 将传感器浸泡于液氮中，冷透取出，恢复至室温，如此反复10次，然后在100℃以下烘烤干燥。

6.3.2 将铜－金铁3热电偶粘贴于传感器的骨架上，并将引线紧贴传感器外壳引出。粘贴前后，传感器电容值变化应不大于0.03pF。

6.3.3 传感器进入小室前后的电容值变化不大于0.03pF。

6.3.4 启动真空泵，检查小室的密封性。

6.4 校准方法

6.4.1 C_0的校准

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

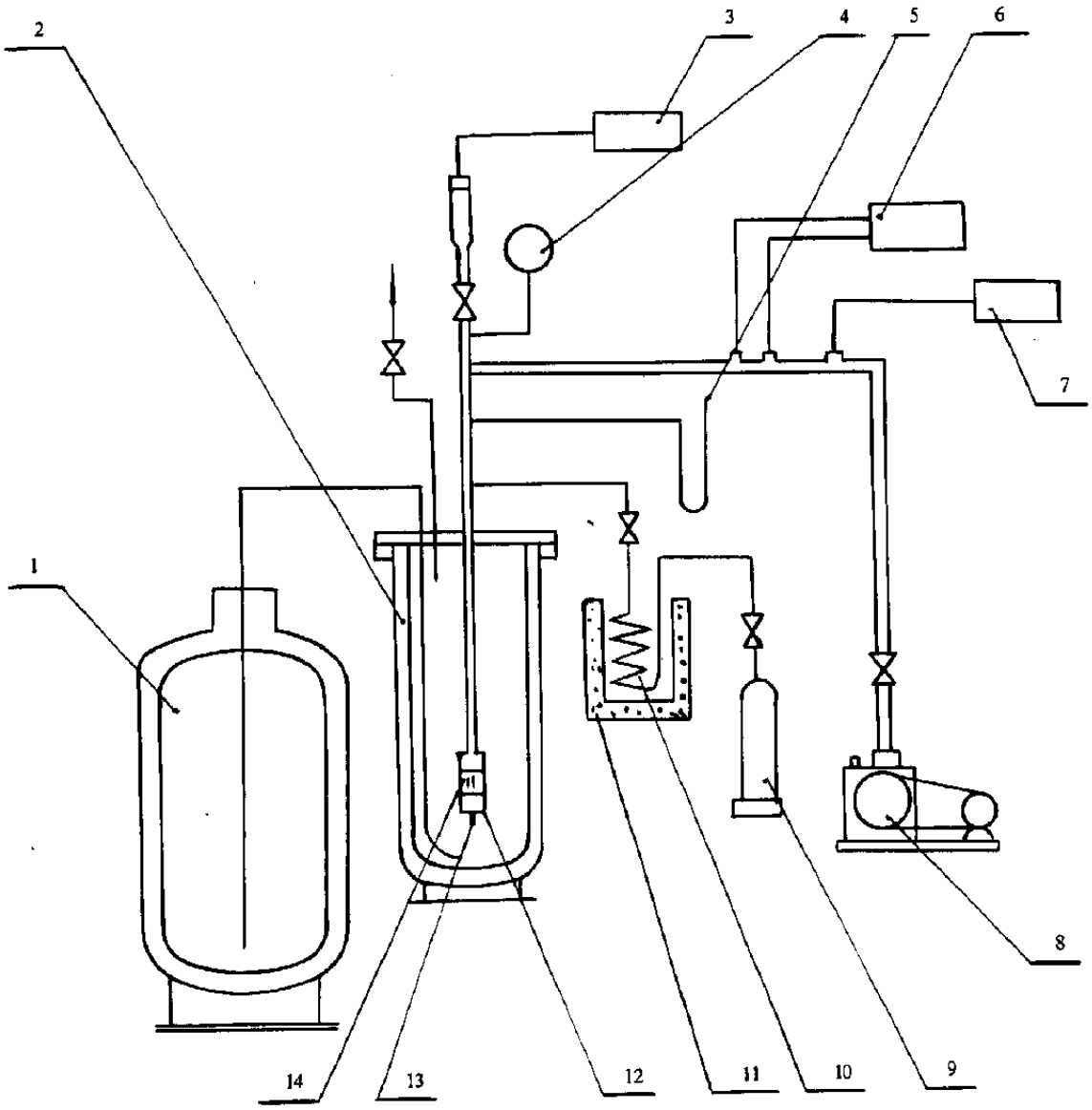

图 1　静态校准系统

1—液氢或液氧容器；　2—试验容器；　3—热偶真空计；　4—压力真空表
5—U形计；　6—电容测量仪；　7—温度计；　8—机械真空泵；　9—氦气瓶
10—氦气纯化器；　11—液氦容器；　12—小室；　13—堵头；　14—传感器

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

校准步骤如下：

a．将小室置换成纯氮气氛，并保证在冷却过程中，氮气的压强不低于0.05MPa；

b．加注介质（液氢或液氧）；

c．待温度达到介质的沸点温度15min后，抽去氮气，小室压强不高于4Pa；

d．1h内测量6次传感器电容值，取平均值为C_0；

e．泄出介质，等待温度自然上升；

f．温度每升高2K，记录一次电容值，到传感器温度比沸点温度高40K时为止；

g．按上述步骤重复一次，两次所测C_0的差值应不大于0.02pF，否则，检查原因，并复试。

6.4.2 C_L的校准

校准步骤如下：

a．全系统恢复至室温，去掉小室底部堵头，使与试验容器相通。测量传感器损耗系数，其值应符合5.4条要求。

b．小室与试验容器置换成纯氮气氛；

c．加注介质（液氢或液氧）；

d．系统冷透、稳定，U形计应无压差，此时，每15min测量一次传感器电容值，共测6次，取平均值，即为C_L。

6.4.3 计算A_{TC}

$$A_{TC}=\frac{C_L-C_0}{\varepsilon_{rL}-1} \quad \cdots\cdots(1)$$

6.4.4 确定适用温度范围

按6.4.1中f步骤所记录的温度—电容值，找出与C_0的偏差小于0.01pF的温度范围，即为适用温度范围（取两次的平均值）。

6.4.5 校准误差计算

按附录A（补充件）A2.3条计算。

7 试验方法

7.1 外观及装配质量检查

用目测检查传感器外观和装配质量，应符合5.1条要求。

7.2 绝缘电阻检查

用三用表测量传感器外壳与电极和电极间的绝缘电阻，应符合5.2条要求。

7.3 C_g检查

用6.1.1条规定的仪表，测量C_g，应符合5.3条要求。

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

7.4 损耗系数检查

将传感器置于20±5 ℃ 和相对湿度小于80%的环境中，用6.1.1条规定的仪表测量其损耗系数，应符合5.4条要求，若不合格，允许置于100 ℃ 以下烘烤，并冷却到室温再测量。

7.5 电容稳定性检查

7.5.1 在湿度小于80%条件下，用6.1.1条规定的仪表，分别测量在15 ℃ 和25 ℃ 时的 C_g，其差值应符合5.5.1条规定。

7.5.2 传感器校准后，贮存一年，再对其 C_0 和 C_L 进行测量，方法与6.4.1条和6.4.2条相同，其变化应符合5.5.2条规定。

7.5.3 用6.4.1条规定的方法，测量传感器温度偏离介质沸点5K时的电容值，应符合5.5.3条要求。

7.6 耐振性试验

按GJB 150.16中第3章和第4章的规定进行试验。试验后，其性能应符合5.6条的规定。

7.7 耐冲击性试验

按GJB 150.18中试验五的规定进行试验。试验后，其性能应符合5.7条的规定。

8 检验规则

检验分为出厂检验和型式检验。

8.1 出厂检验

8.1.1 产品采用全数检验，检验项目如表1所示。

表 1

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观与装配质量检查	5.1	7.1	✓	✓
2	绝缘电阻检查	5.2	7.2	✓	✓
3	C_g 检查	5.3	7.3	✓	✓
4	损耗系数检查	5.4	7.4	✓	✓
5	电容稳定性检查	5.5	7.5	✓	✓
6	耐振性检查	5.6	7.6	—	✓
7	耐冲击性检查	5.7	7.7	—	✓

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

8.1.2 检验时，如某一个传感器的某一项技术指标不符合要求，应查明原因，排除故障后，重新进行校准和检验，如仍不合格，允许再次排除故障，重新进行校准和检验，如还不合格，则判定该件产品不合格。

8.2 型式检验

8.2.1 有下列情况之一时，均应按表1所列顺序和项目进行检验：

a. 新传感器的试制、定型、鉴定；

b. 产品结构、材料、工艺有较大变化；

c. 停产两年以上恢复生产或转厂生产时。

8.2.2 批量 $N \leqslant 20$ 时，抽样数为2；$20 < N < 50$ 时，抽样数为3。

8.2.3 型式检验时，如发现一只传感器之任一项性能不符合要求时，应停止试验，查明原因，如属传感器本身质量问题，则另抽取原抽样数双倍数量的传感器进行试验，若仍发现任一只传感器的任一项性能不符合要求，则该批产品拒收。

9 标志、包装、贮存和运输

9.1 标志

每只传感器上应牢固清晰地标明产品型号和序号。

9.2 包装

传感器采用厚而透明的塑料薄膜封装。

袋内应装有合格证、产品证明书和防潮剂。

9.3 贮存

传感器应贮存在－10～＋40℃、相对湿度不大于80%、周围空气中无酸碱性及其他有害杂质的库房中。

9.4 运输

运输时，传感器应装在木匣内，四周用软泡沫垫衬。木匣外面应有“小心轻放”和“防潮湿”的标志。

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

附 录 A
密度计算公式与误差计算
(补充件)

A 1 密度计算公式

测得传感器电容 C，按下式计算 ε_r：

$$\varepsilon_r = \frac{C - C_0}{A_{TC}} + 1 \quad \cdots\cdots (A1)$$

按附录 B（补充件）和附录C（补充件），由 ε_r 查取密度。

A 2 密度误差计算

克劳修斯－莫索谛方程式如下：

$$\rho = \frac{1}{P} \cdot \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} \quad \cdots\cdots (A2)$$

式中：ρ— 密度，kg/m^3；

P— 比极化率，m^3/kg。

将公式 A1 代入公式A2：

$$\rho = \frac{1}{P} \cdot \frac{C - C_0}{C - C_0 + 3A_{TC}} \quad \cdots\cdots (A3)$$

对公式 A3 微分，整理后成下式：

$$\left| \frac{d\rho}{\rho} \right| = \left| \frac{dP}{P} \right| + \left| \frac{d(C - C_0)}{C - C_0} \right| + \left| \frac{dA_{TC}}{A_{TC}} \right| \quad \cdots\cdots (A4)$$

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

A2.1 $\left|\frac{dP}{P}\right|$ 是比极化率误差，即附录B（补充件）和附录C（补充件）提供的原始数据误差，其值为0.1%。

A2.2 $\left|\frac{d(C-C_0)}{C-C_0}\right|$ 是电容测量误差。

$$\left|\frac{d(C-C_0)}{C-C_0}\right| = \left|\frac{dC}{C-C_0}\right| + \left|\frac{dC_0}{C-C_0}\right| \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{(A5)}$$

式中：dC—是测量传感器电容用的仪表误差；

dC_0—是传感器校准时，测量 C_0 用的仪表误差。

A2.3 $\left|\frac{dA_{TC}}{A_{TC}}\right|$ 是传感器校准误差。

将公式A1变化并微分可得下式：

$$\left|\frac{dA_{TC}}{A_{TC}}\right| = \left|\frac{dC_L}{C_L-C_0}\right| + \left|\frac{dC_0}{C_L-C_0}\right| + \left|\frac{d\varepsilon_{rL}}{\varepsilon_{rL}-1}\right| \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\text{(A6)}$$

dC_L 和 dC_0 均为校准时，C_L 和 C_0 的测量仪表误差。

$d\varepsilon_{rL}$ 为测量 C_L 时的介质介电常数与 ε_{rL} 的偏差，它是因当时当地大气压偏离标准大气压而介质沸点也偏离标准沸点所造成。可按校准当时的大气压，在附录B（补充件）或附录C（补充件）中查到。

设当时当地大气压偏离标准大气压0.003MPa，查附录B（补充件）或附录C（补充件），用插入法计算，可得：

氢的 ε_r 偏离 ε_{rL} 为0.00042；

氧的 ε_r 偏离 ε_{rL} 为0.000707。

代入公式A6右边第三项得：

$$\frac{d\varepsilon_{rL}}{\varepsilon_{rL}-1} = \frac{0.00042}{0.22978} = 0.00183 \approx 0.2\%,(\text{氢});$$

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

$$\frac{d\varepsilon_{rL}}{\varepsilon_{rL}-1}=\frac{0.000707}{0.48699}=0.00145\approx 0.15\%,(氧)。$$

附 录 B
液态仲氢的密度与相对介电常数
（补充件）

表 B1 仲氢的饱和液体密度与相对介电常数

压 力 MPa	温 度 K	密 度 kg/m³	相对介电常数
0.08	19.496	71.6402	1.23276
0.10	20.224	70.8360	1.22996
0.101325	20.268	70.7859	1.22978
0.15	21.672	69.1286	1.22403
0.20	22.805	67.6762	1.21900
0.25	23.751	66.3708	1.21449
0.30	24.571	65.1597	1.21032
0.35	25.299	64.0123	1.20637
0.40	25.957	62.9088	1.20259
0.50	27.116	60.7811	1.19531

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

表 B2　液态仲氢的密度与相对介电常数

压　力 MPa	温　　度　　K					
	20		21		22	
	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数
0.15	71.1714	1.22699	69.9823	1.22403	———	———
0.20	71.2386	1.23136	70.0571	1.22725	68.7873	1.22284
0.25	71.3054	1.23159	70.1314	1.22751	68.8698	1.22313
0.30	71.3718	1.23182	70.2051	1.22776	68.9515	1.22341
0.35	71.4378	1.23205	70.2782	1.22802	69.0324	1.22369
0.40	71.5035	1.23228	70.3507	1.22827	69.1127	1.22397
0.50	71.6412	1.23276	70.4941	1.22877	69.2711	1.22452
0.60	71.7697	1.23321	70.6402	1.22928	69.4268	1.22506
0.70	71.8967	1.23365	70.7792	1.22976	69.5856	1.22561
0.80	72.0222	1.23409	70.9163	1.23024	69.7362	1.22613
0.90	72.1452	1.23452	71.0514	1.23071	69.8844	1.22665
1.00	72.2689	1.23495	71.1846	1.23117	70.0303	1.22716
2.00	73.4224	1.23897	72.4296	1.23551	71.3823	1.23186
3.00	74.4611	1.24261	73.5386	1.23938	72.5731	1.23601
4.00	75.4072	1.24592	74.5439	1.24290	73.6412	1.23974
5.00	76.2751	1.24897	75.4646	1.24612	74.6146	1.24314
6.00	77.0922	1.25184	76.3144	1.24911	75.5170	1.24631
7.00	77.8601	1.25455	77.1150	1.25193	76.3500	1.24923
8.00	78.5812	1.25709	77.8729	1.25459	77.1386	1.25201
10.00	79.9218	1.26182	79.2654	1.25951	78.5887	1.25711

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

续表 B2

压　力 MPa	温　　度　　K					
	23		24		25	
	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数
0.15	——	——	——	——	——	——
0.20	——	——	——	——	——	——
0.25	67.4908	1.21836	——	——	——	——
0.30	67.5828	1.21868	66.0882	1.21352	——	——
0.35	67.6752	1.21899	66.1935	1.21383	64.5558	1.20824
0.40	67.7655	1.21931	66.2074	1.21424	64.6759	1.20865
0.50	67.9460	1.21993	66.5013	1.21494	64.9112	1.20946
0.60	68.1216	1.22054	66.7023	1.21563	65.1405	1.21025
0.70	68.2935	1.22113	66.8966	1.21630	65.3638	1.21102
0.80	68.4619	1.22172	67.0865	1.21696	65.5817	1.21177
0.90	68.6311	1.22230	67.2723	1.21760	65.7941	1.21250
1.00	68.7931	1.22286	67.4541	1.21823	66.0015	1.21322
2.00	70.2758	1.22301	69.0976	1.22392	67.8400	1.21956
3.00	71.5604	1.23243	70.4955	1.22877	69.3718	1.22487
4.00	72.7031	1.23646	71.7214	1.23304	70.6965	1.22947
5.00	73.7364	1.24007	72.8222	1.23688	71.8715	1.23356
6.00	74.6827	1.24338	73.8252	1.24038	72.9346	1.23727
7.00	75.5655	1.24648	74.7481	1.24361	73.9086	1.24067
8.00	76.3826	1.24935	75.6049	1.24662	74.8090	1.24383
10.00	77.8936	1.25465	77.1767	1.25214	76.4428	1.24956

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

续表 B2

压 力 MPa	温 度 K					
	26		27		28	
	密 度 kg/m³	相对介电常 数	密 度 kg/m³	相对介电常 数	密 度 kg/m³	相对介电常 数
0.15	——	——	——	——	——	——
0.20	——	——	——	——	——	——
0.25	——	——	——	——	——	——
0.30	——	——	——	——	——	——
0.35	——	——	——	——	——	——
0.40	——	——	——	——	——	——
0.50	63.1156	1.20330	61.0558	1.19625	——	——
0.60	63.3921	1.20424	61.3956	1.19741	59.0308	1.18935
0.70	63.6599	1.20516	61.7337	1.19857	59.4604	1.19081
0.80	63.9171	1.20605	62.0450	1.19963	59.8722	1.19221
0.90	64.1659	1.20690	62.3439	1.20065	60.2507	1.19350
1.00	64.4069	1.20773	62.6325	1.20164	60.6157	1.19475
2.00	66.4945	1.21492	65.0436	1.20992	63.4743	1.20453
3.00	68.1839	1.22075	66.9234	1.21640	65.5849	1.21178
4.00	69.6206	1.22373	68.4918	1.22182	67.3048	1.21771
5.00	70.8805	1.23011	69.8496	1.22653	68.7720	1.22279
6.00	72.0101	1.23404	71.0541	1.23072	70.0607	1.22726
7.00	73.0392	1.23764	72.1426	1.23451	71.2161	1.23128
8.00	73.9871	1.24095	73.1404	1.23799	72.2675	1.23494
10.00	75.6908	1.24692	74.9239	1.24423	73.3292	1.24147

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

本附录全部数据摘录于 NASA－SP－3089 仲氢的热物理性能.

附 录 C
液氧的密度与相对介电常数
（补充件）

表 C1 氧的饱和液体密度与相对介电常数

压 力 MPa	温 度 K	密 度 kg/m³	相对介电常数
0.081060	88.012	1151.33	1.49197
0.091193	89.186	1145.98	1.48938
0.101325	90.180	1141.06	1.48699
0.202650	97.371	1104.51	1.46935
0.303975	102.178	1079.07	1.45715
0.405300	105.903	1058.69	1.44741
0.506625	108.992	1041.25	1.43912
1.01325	119.860	974.94	1.40790
2.02650	133.031	878.18	1.36313
3.03975	142.011	791.296	1.32376

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

表C2　液氧的密度与相对介电常数

压　力 MPa	温　度　K					
	90		92		94	
	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数	密　度 kg/m³	相对介电常　数
0.202650	1142.18	1.48753	1132.13	1.48268	1121.98	1.47776
0.303975	1142.40	1.48764	1132.38	1.48279	1122.24	1.47788
0.405300	1142.62	1.48775	1132.61	1.48291	1122.46	1.47800
0.506625	1142.85	1.48786	1132.86	1.48302	1122.72	1.47812
1.01325	1143.97	1.48841	1134.02	1.48359	1123.97	1.47872
1.51987	1145.09	1.48894	1135.20	1.48415	1125.18	1.47931
2.02650	1146.18	1.48948	1136.35	1.48475	1126.40	1.47989
2.53312	1147.26	1.49001	1137.50	1.48527	1127.58	1.48048
3.03975	1143.35	1.49054	1138.62	1.48582	1128.77	1.48105
3.54637	1149.44	1.49106	1139.74	1.48636	1129.95	1.48162
4.05300	1150.53	1.49158	1140.86	1.48691	1131.14	1.48219
4.55962	1151.58	1.49210	1141.98	1.48744	1132.29	1.48275
5.06625	1152.64	1.49261	1143.07	1.48798	1133.44	1.48331
6.07950	1154.72	1.49363	1145.28	1.48903	1135.71	1.48441
7.09275	1156.77	1.49463	1147.42	1.49008	1137.95	1.48549
8.10600	1158.82	1.49561	1149.54	1.49110	1140.16	1.48656

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

续表 C2

压 力 MPa	温 度 K					
	96		98		100	
	密 度 kg/m³	相对介电常 数	密 度 kg/m³	相对介电常 数	密 度 kg/m³	相对介电常 数
0.202650	1111.68	1.47279	——	——	——	——
0.303975	1111.94	1.47292	1101.47	1.46789	1090.84	1.46279
0.405300	1112.19	1.47305	1101.76	1.46802	1091.17	1.46293
0.506625	1112.45	1.47317	1102.05	1.46815	1091.46	1.46307
1.01325	1113.76	1.47380	1103.39	1.46881	1092.90	1.46376
1.51987	1115.04	1.47441	1104.74	1.46946	1094.30	1.46444
2.02650	1116.32	1.47503	1106.08	1.47010	1095.71	1.46512
2.53312	1117.57	1.47564	1107.42	1.47074	1097.12	1.46579
3.03975	1118.82	1.47624	1108.74	1.47137	1098.50	1.46645
3.54637	1120.06	1.47683	1110.02	1.47200	1099.84	1.46710
4.05300	1121.28	1.47743	1111.30	1.47262	1101.22	1.46775
4.55962	1122.50	1.47801	1112.58	1.47323	1102.53	1.46840
5.06625	1123.71	1.47859	1113.86	1.47384	1103.87	1.46903
6.07950	1126.08	1.47974	1116.32	1.47504	1106.46	1.47029
7.09275	1128.41	1.48088	1118.78	1.47622	1109.02	1.47152
8.10600	1130.75	1.48199	1121.18	1.47736	1111.55	1.47273

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499

本附录全部数据摘录于 NASA－SP－3071 氧的热物理性能。

附加说明：

本标准由航空航天工业部七〇八所提出。

本标准由航空航天工业部一〇一所负责起草。

本标准主要起草人：钟静漪。

华夏检验检测网（www.huaxiajianyan.com）——免费下载规范（仅供学习参考）——QQ群：868029499