

GRLM

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/GRLM XX-2017

真空绝热传输管

Vacuum insulated transfer tube

(征求意见稿)

2017-XX-XX 发布

2017-XX-XX 实施

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 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.....	2
4 结构与命名.....	2
5 材料要求.....	4
6 技术要求.....	4
7 试验方法.....	5
8 检验规则.....	7
9 标志、包装、运输和贮存.....	8

前 言

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟归口。

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准起草单位：中国科学院电工研究所、湖北贵族真空科技股份有限公司、湖北守能真空科技有限公司、黄冈市信息与标准化所、武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室、中国广核核电集团太阳能开发有限公司、中国华电集团新能源技术开发有限公司、东莞康达新能源技术研究所、江苏太阳宝新能源有限公司。

本标准主要起草人员：白明军、王佩明、王涛、王艳、徐二树、常春、程海斌、董军、余铭、周生宣、周福云、陈宝容、刘平心。

本标准为首次发布。

真空绝热传输管

1 范围

本标准规定了真空绝热传输管的术语和定义、结构与命名、材料要求、技术要求、检测方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准仅适用于保温传输50℃~650℃介质的真空绝热传输管。

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，仅所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 191 包装储运图示标志
- GB/T 241 金属管液压试验方法
- GB/T 246 金属管压扁试验方法
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第一部份：接收质量取（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 8174 设备及管道绝热效果的测试与评价
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
- GB/T 8763 非蒸散型吸气材料及制品吸气性能测试方法
- GB/T 10046 银钎料
- GB/T 12522 不锈钢波形膨胀节
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

3 术语和定义

3.1 真空绝热传输管 Vacuum insulated transfer tube

一种管状器件，利用低热损失传输流体。利用至少两层不锈钢管道封结，不锈钢管道层间抽成真空，通过真空夹层实现保温。

3.2 反射绝热层 High vacuum thermal insulated layer

在真空绝热传输管的夹层空间内设置反射箔或膜以减少辐射传热，并抽至高真空（压力低于 1.0×10^{-2} Pa）构成的真空绝热层。

3.3 辐射屏蔽层 Radiation shielding layer

为减少辐射传热，在真空绝热传输管的夹层内设置低辐射率的管状制品。

3.4 封结真空度 Sealing vacuum degree

传输管抽真空结束封结后，在常温状态下夹层压力相对稳定时的夹层真空度，单位为 Pa。

3.5 绝热 Thermal insulation

为减少设备、管道及其附件向周围环境散热，在其外表面采取增设绝热层的措施。按热流方向分为保温、保冷。

3.6 真空夹层漏率 Leak rate of vacuum layer

单位时间内漏入真空夹层的气体量，单位Pa·m³/s。

3.7 散热损失 Heat loss

真空绝热传输管外表面单位表面积向周围环境散失（或吸收）的热量。

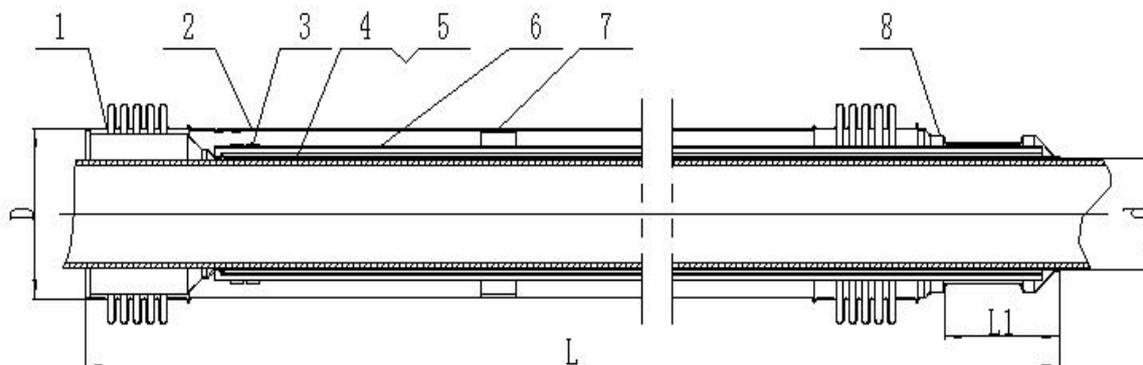
3.8 导热系数（λ） Heat conductivity coefficient

材料导热特性的一个物理指标。有傅里叶定律数学表达式给出，数值上等于热流密率除以负温度梯数，W/(m·K)。

4 结构与命名

4.1 产品结构

真空绝热传输管由不锈钢外管、不锈钢内管、支撑环、反射绝热层、辐射屏蔽层、波纹伸缩节、吸气材料等构成。反射绝热层及辐射屏蔽层置于外管和内管之间的真空夹层内，内、外管与连接件和波纹伸缩节焊接。其结构及组成部件见图 1



- 1——波纹伸缩节
- 2——外管
- 3——吸气材料
- 4——内管
- 5——反射绝热层
- 6——辐射屏蔽层
- 7——支撑环

8——连接件

D——真空绝热传输管外管外径

d——真空传输管内管内径

L1——配合长度

L——真空绝热传输管长度

图1 真空绝热传输管结构及组成部件

4.2 结构尺寸

真空绝热传输管结构尺寸可参照按表1选取。

表1 真空绝热传输管结构尺寸 单位为毫米

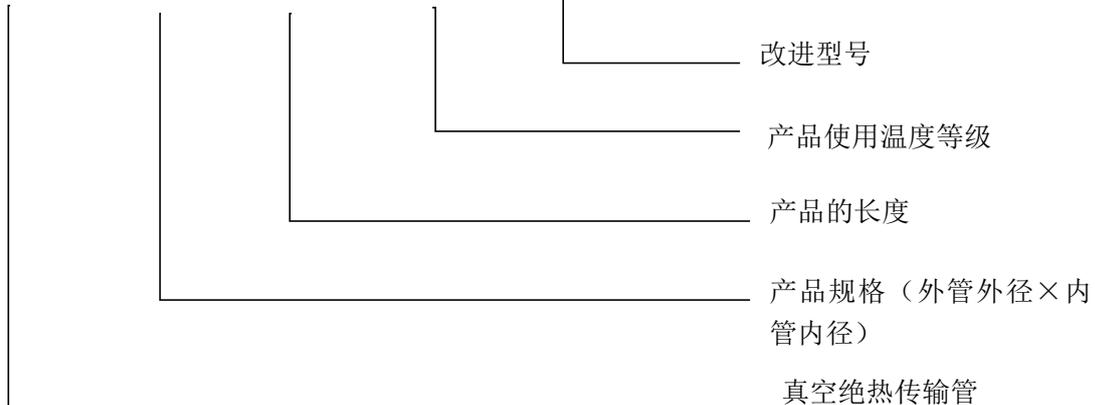
真空绝热传输管外管外径 D	40<D<1000
真空绝热传输管内管内径 d	25<d<800
真空绝热传输管长度 L	3000 以内

4.3 产品命名

4.3.1 命名内容

真空绝热传输管产品命名由四部份组成

第一部分—第二部分—第三部分—第四部分—第五部分



4.3.2 命名标记

第一部分用汉语拼音字母CSG表示真空绝热传输管。

第二部分用阿拉伯数字表示产品的外径和内径，以毫米（mm）为单位。

第三部分用阿拉伯数字表示产品的长度，以毫米（mm）为单位。

第四部分用大写英文字母表示温度等级。（A：500℃~650℃、B：400℃~500℃、C：300℃~400℃、D：200℃~300℃、E：100℃~200℃）

第五部分罗马字母表示改进型号。（I：为第一次改进、II：为第二次改进，以下以此类推）

4.3.3 命名示例

CSG120×80-2000B I :表示外管直径为120mm、内管内径为80mm、长度为2000mm、使用温度范围在400℃~500℃、第一次改进的真空绝热传输管。

5 材料要求

- 5.1 真空绝热传输管的内、外管及连接件不锈钢材料，应选用不低于 GB/T3280 中规定的 06Cr19Ni10 不锈钢材料要求。
- 5.2 外管采用焊管，性能要求符合 GB/T12771。每批次管件至少抽样三根，分别按 GB/T241、GB/T246 进行液压试验和压扁试验。
- 5.3 内管采用焊管时按 6.1 要求进行检测；采用无缝钢管时性能要求符合 GB/T14976。
- 5.4 真空绝热传输管真空封结用真空钎料符合 GB/T10046 要求。
- 5.5 真空绝热传输管选用的吸气材料符合 GB/T8763 测试要求。
- 5.6 真空绝热传输管选用的波纹伸缩节符合 GB/T12522 要求。

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 产品图样及技术文件应按规定程序设计、审核、审批及使用。
- 6.1.2 产品的设计、制造除符合本标准外，还应符合GB/T4272和GB/T8175的规定。
- 6.1.3 产品上用于操作或监测的管路接头、阀门、仪表等装置应布局合理，相对集中、便于操作、检查和维护，必在时可设置保护罩或操作间。

6.2 设计要求

6.2.1 结构计算

根据保温传输介质的种类及温度，选用制造材料和绝热结构，并进行强度和传热计算，计算结果应满足GB/T8174和本标准的要求。

6.2.2 结构设计

- 6.2.2.1 真空绝热传输管的连接形式可分为：插接、对接、法兰连接三种形式。设计时可以根据工况条件选择连接方式设计。采用插接形式时，保温传输介质温度在300℃以上时配合长度应不小于70mm。
- 6.2.2.2 结构设计中应尽量减少应力集中。
- 6.2.2.3 真空绝热传输管连接件根据管路连接形式，设计应尽可能简单、牢固。

6.2.3 焊接结构

- 6.2.3.1 根据真空绝热传输管承受的介质温度和载荷条件，焊接结构的设计应避免产生过大的应力集中和明显的变形。
- 6.2.3.2 处于真空部位的焊接结构应尽可能的避免“真空盲区”。

注：“真空盲区”指在真空腔内存在一端处于封闭的不利于抽真空和检漏死空间。

6.3 性能要求

6.3.1 真空性能要求

6.3.1.1内管与外管管封接漏率(Q) 应小于 $1.0 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$ 。

6.3.1.2封结后真空夹层压力应小于 $5.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 。

6.3.1.3真空绝热传输管在质保期内不应出现真空失效现象。

6.3.2 抗冻温度要求

真空绝热传输管在-30℃环境中无冻损现象。

6.3.3 真空绝热传输管的散热损失应满足表 2 的规定值。

表 2 真空绝热传输管运行工况允许最大散热损失

流体介质输送管道表面 温度 K (°C)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	
允许最大散损失 (W/m ²)	—	5	10	20	35	40	
K (°C)	623 (350)	693 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)	923 (650)
(W/m ²)	60	80	120	160	200	230	280

6.3.4 抗冲击要求

真空传输管表面应能承受直径30mm的钢球从不低于0.5m高度垂直自由落下的冲击。

6.3.5 绝热寿命要求

真空绝热传输管按 7.2.5 测试后, 其散热损失应不高于6.3.3的规定值。

6.3.6 外观与尺寸

6.3.6.1外表面标志符合本标准要求。

6.3.6.2外表面应无碰伤、裂纹、毛刺、凹凸不平。

6.3.6.3真空传输管平直度局部不超过0.1%、全长不超过0.06%。

6.3.6.4真空传输管外内径公差带不大于其公称尺寸的5%。

6.3.6.5长度公差带不大于其公称尺寸的0.8%。

7 试验方法

7.1 材料试验

真空绝热传输管选用主体材料按本标准 5.1、5.2、5.3、5.6 进行检测。

7.2 性能试验

7.2.1 表面散热损失试验

真空绝热传输管的保温评价方法按GB/T8174-2008《设备及管道绝热效果的测试与评价》中一级测试等级对管道进行表面散热损失测试评价。

7.2.3 抗冻温度试验

将真空绝热传输管以倾角 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、 $-30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中放置 1h，而后将其取出放置温度 $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的水中，（水面应高出试验件 200mm 以上），30min 后取出再以倾角 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、置入 $-30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，如此反复 10 次，检测外观、散热损失。

7.2.4 抗机械冲击试验

真空绝热传输管表面应能承受直径 30mm 的钢球从不低于 0.5m 高度的冲击。将真空传输管水平固定在带有软垫的两个 V 型试验架上，两支点间距为 500mm，实心钢球在两支架中部上方 0.5m 高处对准真空传输管的中心自由落下，垂直撞击在真空绝热传输管上，真空绝热传输管不应出现因凹陷变形而产生“热桥”现象。

7.2.5 绝热寿命试验

真空绝热传输管的绝热寿命试验采用加速老化测试方法，模拟恶劣使用环境，连续加热并使外管和波纹伸缩节往复移动 5 至 10mm 至少 10000 次后，真空绝热传输管的散热损失符合 6.3.3 的要求。试验装置结构及组成见附图 2。

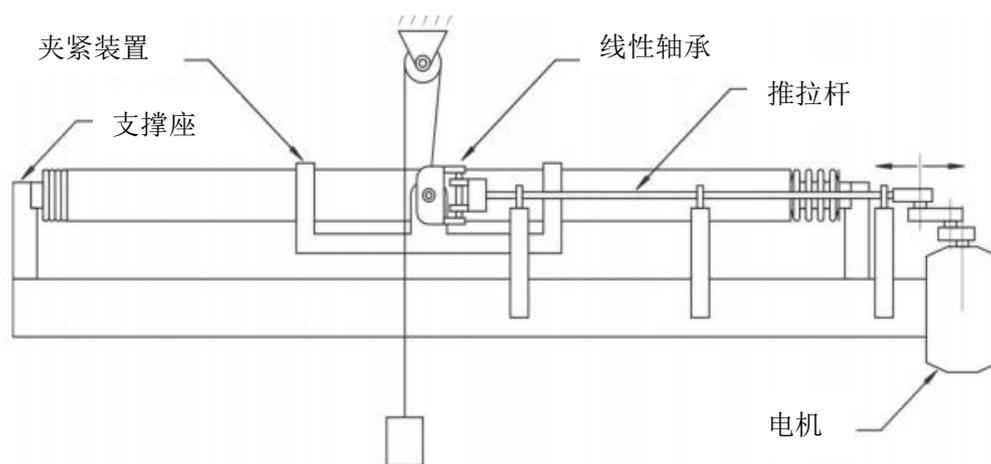


图2 真空绝热传输管绝热寿命试验装置

测试步骤：

- 检查测试装置电路、传动是否正常，确认后将真空绝热传输管两端支撑、中间用夹紧装置夹紧。
- 将夹紧装置处配重不少于 20kg 以增加真空绝热传输管纵向载荷。
- 根据真空绝热传输管的设计工况温度，调整管内电加热装置，将温度设置至设计最高使用温度后启动加热器。（管口两端用隔热材料封堵减少热量损失）
- 真空绝热传输管内加热器加热至设置温度后，启动电机进行测试。
- 真空绝热传输管在加热状态下往复至少 10000 次后，取下产品再按 7.2.1 要求进行散热损失测试，测试结果应符合 6.3.3 规定要求。

8 检验规则

8.1 出厂检验

出厂检验按 GB/T 2828.1 的规定，采用正常检验一次抽样方案，按每百单位产品不合格品数计算。出厂检验项目、检验水平(IL)、不合格分类及接收质量限(AQL)符合表 3 规定

表 3 出厂检验项目及判别

序号	检验项目	不合格分类	对应条款	检验水平 (IL)	接收质量限 (AQL)
1	表面散热损失	A	6.3.3	S-2	0
2	抗冲击		6.3.4		
3	尺寸	B	6.3.6	S-2	6
4	外观	C	6.3.6	S-2	10
5	标志		9.1		

8.2 型式检验

型式检验按 GB/T 2829 规定，采用判别水平 II 的二次抽样方案，按每百单位产品不合格品数计算。在正常情况下，每年应至少进行一次型式试验。

产品有下列情况之一时，应随时进行型式试验：

- a) 新产品试制定型时；
- b) 改变产品结构、材料、工艺而影响产品性能时；
- c) 停产超过半年，恢复生产时；
- d) 国家质量监督机构或国家法定检验机构提出进行型式检验要求时。

型式检验的项目、不合格分类、判别水平(DL)、样本大小、不合格质量水平(RQL)应符合表 4 规定。

表 4 型式检验项目及判别

序号	项 目	不合格分类	对应条款	判别水平 (DL)	样本大小 (n)	不合格质量水平 (RQL)
1	材料要求	A	5	II	n=3	50
2	尺寸	B	6.3.6	II	n ₁ =n ₂ =3	65
3	表面散热损失		7.2.1			
5	抗冻温度		7.2.3			
6	抗冲击性		7.2.4			
9	绝热寿命		7.2.5			

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 产品标志

在产品的明显位置上应标有清晰的永久性标志，标志内容为：产品型号、出厂编号、制造厂名或商标。

9.2 包装

产品包装应干燥、完整、清洁，附有使用说明书、合格证。

包装方法应采用箱装，包装箱的标志图样应符合 GB/T191 的规定。

包装箱上还应包括以下内容：

- a) 制造厂名；
- b) 产品名称；
- c) 商标；
- d) 产品型号；
- e) 产品数量；
- f) 允许垂直堆码层数；
- g) 外形尺寸（长 X 宽 X 高）
- h) 整箱的重量；
- i) 制造日期或生产批号。

产品合格证应有如下内容：

- a) 商标；
- b) 合格证（字样）及检验员（签名或代号）；
- c) 制造日期；
- d) 制造厂名。

使用说明书应包括如下内容：

- a) 产品内管、外管的不锈钢类型及牌号；
- b) 使用说明；
- c) 注意事项；
- d) 产品执行标准号和名称；
- e) 企业名称、厂址、联系电话和邮政编码。

9.3 运输

运输时应轻装轻卸，不得遭受强烈颠簸，严禁抛掷、翻滚和踩踏。

运输途中应谨防受潮、挤压及雨淋。

严禁与腐蚀性物品同时装运。

9.4 贮存

产品应存放在通风、无腐蚀性物品和气体、相对湿度应小于 85%的库房中。

产品存放离墙距离保持在 200mm 以上，离地面距离保持在 100mm 以上。