

# 光热电站中储热介质的密封难点和解决方案

原创：Garlock 刘艳 Garlock 领先密封技术

储热，也是储能的一种技术，其原理是利用储热介质进行热量的存储和释放。目前国际上应用较多、技术较成熟的主要有熔融盐储热。全球的熔融盐储热发电项目多集中在西班牙、意大利、美国、南非、摩洛哥、智利等地，我国的熔融盐储热应用近几年也相继火热起来。根据发改能源〔2017〕1701号《关于促进储能产业与技术发展的指导意见》文件，预计到2020年，我国熔融盐储热的规划规模为1.8吉瓦。



## 储能介质的介质特性

传统的储热介质是水以及蒸汽。水在超过其沸点的情况下用作热载体，则要求设备和系统承受压力，如200℃的饱和蒸汽的压力约为16公斤，更高温度对照的饱和蒸汽其压力更高，而过热蒸汽其渗透性更加强。导热油（国标GB23971-2009的正式名称为有机热载体，俗称“导热油”）。在150~350℃的工业生产中，导热油由于其高沸点而成为了水蒸汽的替代品，可以大量减少设备投资。

熔盐通常是指硝酸钠（ $\text{NaNO}_3$ ）和硝酸钾（ $\text{KNO}_3$ ）的硝酸盐混合物。高温熔盐可达到560℃甚至更高的运行温度，具有良好的导热和流动特性，具有较高的比热容和密度，在工业界一直是作为高温传热介质和储存热量的介质。

目前大部分光热电站使用熔盐吸热储热系统——通过使用镜片将大面积的日光聚焦在一起并将光能通过熔盐介质储把不稳定的太阳能储存转换成热能来发电。目前的光热电站都是集吸热、储热及蒸汽发生于一体的系统，在阳光充足的时候熔盐获得热量温度升高，储存在高温熔盐罐中；当阳光不足的时候，高温熔盐罐中的熔盐提供能量，使电站持续稳定的发电，熔盐温度变低，流入低温熔盐罐中。



## 光热电站的工艺路线

光热发电的典型工艺路线一般由三个岛组成：

- 太阳岛（用来聚光收集热量）；
- 传储热岛（用于热量传输和储存）；
- 常规岛（也叫发电岛，用于发电）。

每一个岛又有很多种装备组成，以及这些装备所涉及到的原材料和配件。

### 太阳岛

#### 槽式

紧固件 金属软管 清洗车 镜场  
控制系统 旋转接头 液压跟踪系  
统 支架 集热管 槽式抛物面  
镜 集热器

#### 塔式

U型管 电梯 镜场控制系统 清  
洗设备 定日镜备用电源 吸热  
器 支架 跟踪系统 平面镜 定  
日镜

#### 菲涅尔

镜场控制系统 清洗设备 紧固  
件 跟踪系统 二次反射镜 支  
架 集热管 平面镜

#### 碟式斯特林

斯特林机 支架 跟踪系统 碟式  
镜 碟式集热器

Garlock密封技术1887

### 传储热岛

#### 主设备

电加热 导热油泵 保温材料 熔  
盐泵 电伴热 换热器 储罐

#### 辅设备

变送器 流量计 熔盐阀 导热油  
阀 化盐设备

#### 工质

熔盐 导热油  
Garlock密封技术1887

## 常规岛

### 辅机设备

阀门 汽轮机辅机 凝汽器真空  
泵 汽机旁路 水质检测装备及服  
务 纯水装置 配电柜 保温材  
料 汽机房行车 变压器 高低压  
加热器 除氧器

### 主机设备

冷却系统 DCS控制系统 蒸汽发  
生器 发电机 汽轮机

Garlock密封技术1887

## 工程咨询服务

### 项目前期

项目融资 地勘 场平施工 可  
研 电站仿真 示范项目申报服  
务 概念设计 前期开发代理 辐  
照测量

### 建设期

EPC总包 常规岛EPC 储热岛  
EPC 太阳岛EPC 截洪沟施工 第  
三方土建试验室技术服务 防风墙  
工程 工程监理 电站安装 业主  
工程师(OE) 详细设计

### 其它

中温系统集成 储热技术服务 光  
场技术服务 检测认证 保险 运  
维服务

Garlock密封技术1887

## 原材料/配件

### 原材料

镜面铝板 反射镜背漆 可伐合  
金 吸热涂层 液压油 波纹管  
玻璃外管 粘结剂 吸气剂 超白  
玻璃 陶瓷片

### 配品配件

辅机设备 磁尺 倾角仪 编码  
器 陶瓷片 管材 轴承 电缆  
板材 **密封和填料** 润滑脂 液位  
计 油缸 执行机构 传感器 控  
制柜 液压站 电机 跟踪控制  
器 电动推杆

### 其他

热镀锌 电梯 UPS备用电源 检  
测仪器 集热管生产检测设备 反  
射镜生产检测设备

Garlock密封技术1887

注：本段内容来自 CSPPLAZA 光热发电平台。

## 密封需求和解决方案

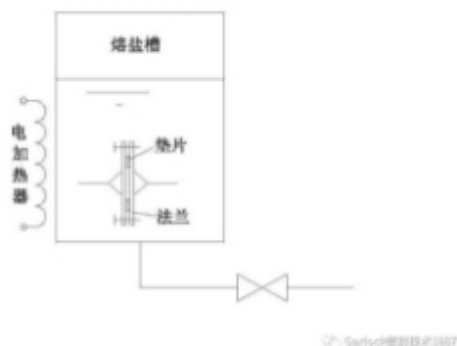
常温的流体设备或者管道法兰连接有多种密封解决方案可选择，但熔盐的温度和易渗透特性将限制这些密封材料的使用效果。石墨材料是传统高温密封应用的主导者，在低温时高纯度的石墨（碳含量 98%以上）有很好耐化学腐蚀性，但在高温氧化环境下（超过 450℃），石墨很容易产生质量损失，在熔融盐这类强氧化剂环境下，300℃以上石墨垫片材料内部就会被氧化出孔隙，法兰连接很难保持密封所需的扭矩，从而导致泄漏量下降进而密封失效。客户可在实验室模拟工况进行测试，也可以选择第三方的测试机构对密封制造商的材料进行热失重测试来了解密封材料的优劣。



光热发电的储热介质挑战着传统密封产品的温度和化学极限。蒸汽、导热油和熔融盐在高温的状态都极易渗透，对密封材料来说其渗透性都是一个巨大的挑战。一直以来 Garlock 将极端高温工况应用作为开发目标，本世纪开发了 THERMA-PUR®高温密封材料，可以组成切割垫片、金属缠绕垫、金属齿形垫、金属波纹垫以及模压填料组件等多种形式，可适用于密封熔融盐工艺管道、换热器和阀门的需要。

### 熔融盐案例分享

2014 年 Garlock 和“敢为人先”的某集团就光热发电项目实验展开合作，Garlock 提供了高温 Therma-pur®垫片参与到这个实验室测试项目，以下是熔融盐测试报告部分内容分享，测试温度：420~580℃，螺栓法兰连接着垫片（4 种材料的密封件）直接放入充斥着高温熔盐的不锈钢槽中进行加热实验，实验时间为 15-30 天。



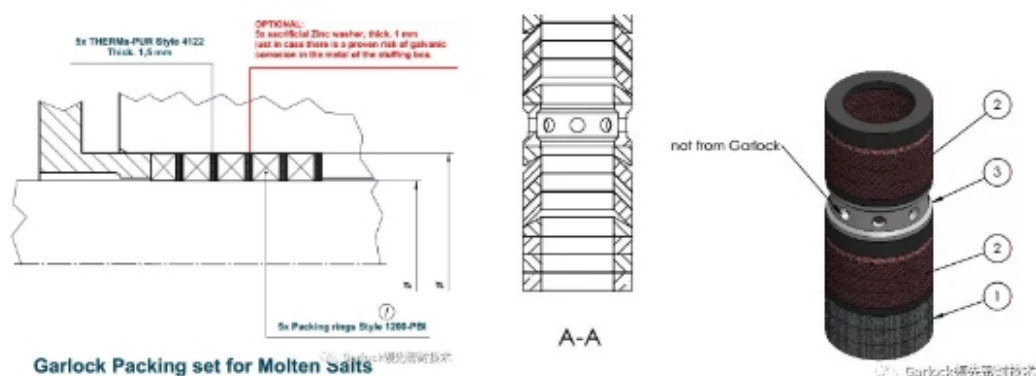
上图：测试装置模拟图



图：高温测试后 THERMA-PUR®,带云母石墨缠绕、增强石墨缠绕、石墨平垫图

从图中可以观察到 THERMa-PUR®材料平垫片的外观，虽然拆卸时不小心被分为两层，但也证明它与法兰密封面密封效果较好；内圈与外圈接触熔盐但无明显腐蚀迹象，证明它在熔盐中能保存较为完好，短时间不会被腐蚀。内圈云母式石墨缠绕式（带内环）垫片和增强石墨缠绕式垫片（带内环）中的石墨部分已腐蚀殆尽，证明增强石墨缠绕式（带内环）垫片不能被使用。内圈云母式石墨缠绕式垫片（带内环）的外圈被腐蚀（从外圈渗漏进入），内圈云母保存较好；但仔细观察，该云母环右下侧也有少量积盐现象，初步判断云母密封性能不是很好易被渗透。（若云母无法隔离熔盐，石墨依旧会产生腐蚀。）

此外，2014 年 Garlock 中国也和某节能技术公司也顺利展开了合作，Garlock 很荣幸成为首个国内熔盐塔式光热发电项目示范项目的管道垫片供应商，大量供应了 4122 的高温金属缠绕垫和切割垫片用于熔融盐的设备和管道中。近两年来国内多家知名的阀门制造商在熔融盐阀门的设计阶段就找到了我们，我们的应用工程师结合欧洲的成功经验推荐了两种熔融盐阀门阀杆的密封方案（400°C/570°C，请见下图），在安装测试阶段 Garlock 也尽心提供专业阀门填料的安装指导，让填料的性能发挥到极致。



光热发电的流体密封需求正在超越传统密封产品的极限 - 石墨材料在高温熔融盐介质下容易被氧化失重产生孔隙，增加泄漏通道进而引起安全或环保类隐患。Garlock 的新产品 THERMa-Pur®满足了熔盐极端的密封需求，使用温度范围能耐高达 1000°C，具有很好的抗化学品性能，并且有着很好的密封性能。可适用于设备垫片、管道法兰垫片和阀门阀杆密封等。



更多密封方案讨论,请联络 Garlock 获取产品资料,密封件使用时请按照 Garlock 推荐的安装步骤和装配应力来安装,确保将泄漏控制在预期范围内.

更多信息请关注 Garlock 微信公众号，或者登录官网：网：[www.garlock.com.cn](http://www.garlock.com.cn) . 文 .  
文章属 Garlock 公司版权.