

柔性石墨垫料应用的探讨

叶万水

(上海铁合金厂)

摘 要

本文简单介绍柔性石墨垫料的主要机械物理性能,着重介绍上海冶金系统一九八〇年以来应用这一材料改装水泵填料密封的几种方法及提高水泵密封效果、降低功率消耗、延长使用寿命等方面的情况。

柔性石墨是利用天然鳞状石墨为原料,经化学处理、高温瞬时处理,使石墨层间膨胀,得到柔软而又很轻的蠕虫状颗粒。在不加任何粘结剂的情况下压制成各种石墨垫料。这种垫料又称“膨胀石墨垫料”。把它压制成各种固体润滑材料与密封材料,可以有效地应用于各种工业设备上。目前不但在化工、石油、机械部门中得到广泛应用,冶金工业中也开始得到重视。过去只作密封元件来使用,现在已发展为密封与润滑等综合性材料。我厂自一九八〇年来先后在泵、阀门、油缸、变压器等设备的密封、润滑部位上应用,显示出性能可靠、使用寿命长等优点。

一、主要特性

柔性石墨除具有石墨的耐高温、耐腐蚀、耐辐照和摩擦系数低等性能外,还有下列特点:

1 良好的压缩性与弹性:

柔性石墨的压缩率大于19%。随初始密度的不同而有所区别。在外力作用下,其厚度方向上除了有部份塑性变形外,还具有一定的回弹性。这样使它能与相应的密封面接触良好,密封可靠,不会因温度、压力、震动等因素而引起泄漏。

2.各向异性:

热和电的传导有明显的各向异性,面方向大,厚度方向小,而膨胀方向,厚度方向却大得多。

3.纯度高:

含碳量大于99%,灰份含量小于0.26%。

4.气密性好:

具有良好的不渗透性、对气体、液体均适用。并且随密度的提高而降低。

目前全国生产柔性石墨垫料的工厂很多。我厂采用的是浙江慈溪密封材料厂的产品,它

的主要机械物理性能如表 1。

表 1 柔性石墨的主要技术性能

项 目	数 据	项 目	数 据
外 观	黑 色	滑动摩擦系数	0.149
堆积密度(蠕虫)(克/厘米 ³)	0.002~0.004	压缩率(%)	>19
纯度(固定含碳量)(%)	>99	线膨胀系数(1/°C)	(1.6~4.7) × 10 ⁻⁶
灰 份 (%)	0.2~0.5	肖氏硬度	21~23
抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	70~110	热损失量(强热减量)(%)	<1
抗压强度 (公斤/厘米 ²)	800~1100	耐温(惰性介质中) (°C)	-200~2000
回 弹 率 (%)	>28		

二、应 用

1. 离心泵轴封(以“SH”型为例)

离心泵的能量损失有下列三种形式:机械损失、容积损失和水力损失。这里仅讨论机械损失中的轴封和轴承摩擦损失。

轴封损失目前尚无完整的计算公式,只有经验公式:

$$\Delta N = (0.01 \sim 0.03) N$$

式中: N——轴功率(千瓦)

ΔN ——轴封与轴承摩擦损失功率(千瓦)

轴封和轴承损失约占消耗功率的 1%~3%。目前大多数低压泵轴封是采用填料密封结构。填料种类很多,采用最多的是石棉垫料,其结构如图 1 所示。

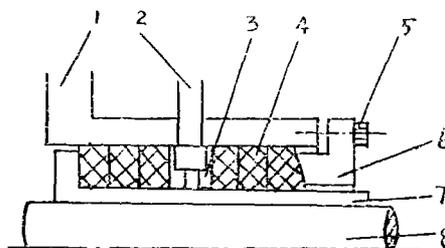


图 1 石棉填料密封结构

1—机壳; 2—水封管; 3—水封圈;
4—石棉石棉垫料; 5—压紧螺钉;
6—压盖; 7—轴套; 8—轴

它是依靠压紧螺钉通过压盖使填料变形,紧贴轴套与机壳实现密封。如果将填料压得太紧,虽能减少泄漏,但填料与轴套摩擦损耗增加,严重时造成发热、冒烟、使轴套烧毁。如果压得太松,则泄漏量增加,严重时污染环境,甚至使大量空气经填料处进入离心泵使泵无法工作。

柔性石墨垫料就是代替石棉垫料作为泵的密封垫料。我们所改装过的所有的泵都达到了滴水不漏,使用寿命提高几倍,有的泵已运转三年(实际工作时间已累计两年左右),目前还在正常运行。节电效果明显,表 2 是几台清水泵的测试数据。

据我们上海冶金系统所属 11 个单位 69 台泵统计(表 3),密封效果好的与比较好的占 94.2%,失败的占 5.8%。失败的泵主要是与扬程高,瞬间开、停泵及制造精度差等因素有关。

节电效果与改装方法、工况条件等因素有关。下面根据我们三年来的实践谈一些体会。

(一) 改装方法

第一种方法如图 2 所示,把水密封圈放到最里面,然后在 4~6 只柔性石墨垫圈两边垫上敲扁了的石棉垫料。这样可使柔性石墨不与金属本体直接接触,防止垫圈破裂后流

表2 几台清水泵的测试数据

水泵型号	12SH9A	10SH9A	8SH13
转速(转/分)	1450	1450	2960
流量(米 ³ /时)	720	468	288
扬程(米)	49	30.5	41.3
功率(千瓦)	155	55	55
介质	清水	清水	清水
温度(℃)	30	33	30
出口压力(公斤/厘米 ²)	3.4	2	8
节电量*(千瓦/天)	360**	29	30

* 与石棉垫料相比

** 此数字仍待重复测试

表3 密封效果统计

密封效果	好	良好	不稳定	失败
水泵台数	44	21	2	2
占总数%	94.2		2.9	2.9

入泵体内外,减少与轴套的摩擦面。同时柔性石墨有自润滑特性,不需要冷却水进行润滑,可把水封管进口堵塞。

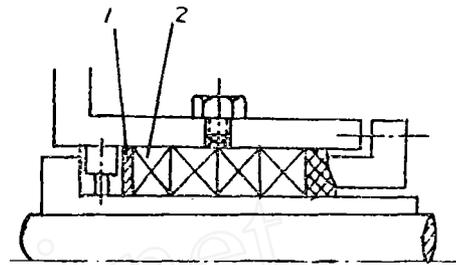


图2 柔性石墨垫圈密封简图

1—石棉垫料; 2—柔性石墨垫圈

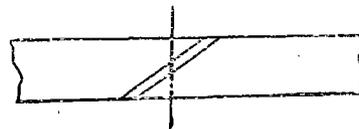


图3 柔性石墨垫圈

这种方法改装方便,只要将泵盖打开,把柔性石墨垫圈任一边上以45°角切开,安装时把相邻两只切口错开即可,如图3所示。此法一般适用于进口水位高于水泵中心,不需水封。

第二种方法如图4所示。把水封圈仍放在当中,在柔性石墨垫圈两边再垫上两片厚3~5毫米左右的聚四氟乙烯垫圈。车平压盖端面原有的一个120°的斜面。原来水封管不拆除,装上一只阀门。这种改装方法最理想,它有下列优点:

(1) 它避免了第一种方法的缺点,因为压盖压紧时,在柔性石墨垫圈两端的石棉垫料仍与轴套摩擦,时间一长把轴套磨成两条很深的沟槽。用聚四氟乙烯就能避免这种情况。压盖端面车平后,垫圈端面受力均匀,使垫圈内外变形均匀,防止泄漏。

(2) 当开泵或运行需要水封时把水封管上的一只阀门打开,水量可以调节。即使介质带有颗粒,它也不会因冲到轴封处磨损轴套。

柔性石墨垫圈只数一般根据压力大小而定,压力大,圈数多。一般轴封长度控制在0.7~1.5d之间(d为轴套外径),垫圈装得太多,反而增加改装费用,增加摩擦力。

(二) 影响节电与使用寿命的因素

(1) 压盖压紧力

一般来讲,泵的速度是一定的,温度随压力增加而升高。因此减少垫圈对轴套的压力是减少摩擦磨损、节电、延长使用寿命的主要因素。因柔性石墨有摩擦系数低、自润滑等特

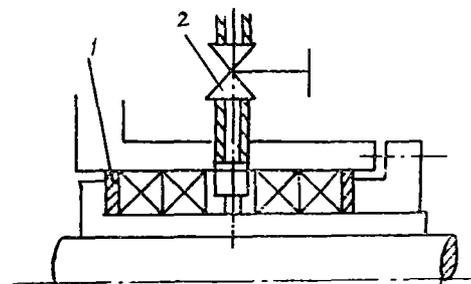


图4 石墨垫圈和聚四氟乙烯垫圈简图

1—聚四氟乙烯; 2—阀门

性,可以不用冷却水,压盖压得松,大大减轻了垫圈对轴套的压力。但据了解,很多单位仍沿用开车时先把水封管阀门打开,让其泄漏,然后压紧压盖螺钉,一直紧到不漏水为止,再把阀门关掉这种操作方式,导致改装后测不出节电效果,其原因主要是没把水封管切断,为了防止泄漏仍把压盖压得太紧。

(2) 温度

使用柔性石墨垫圈后不用冷却水,刚开车时温度有些上升,几分钟后就会降下来。

柔性石墨垫圈与石棉垫料在相同条件下使用,将轴封处外壳温度作一比较(表4),可以看出,使用柔性石墨垫圈时轴封外壳的温度普遍比水温要低 $2\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$,而用石棉垫料时则普遍比水温高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。这是由于石棉垫料导热系数很低($0.09\sim 0.18$ 千卡/米·小时·度),靠冷却水带走,而柔性石墨的导热系数很大($100\sim 110$ 千卡/米·小时·度),它的摩擦热,是由垫料来散发。

(3) 轴套光洁度

我们曾对用了两年的七台泵进行了解剖,发现在柔性石墨两端装石棉垫料处,摩擦面磨损得相当厉害,而柔性石墨填料的摩擦面基本上没什么磨损,相反,在其表面还吸附了一层石墨,因此轴套光洁度一般控制在 $\nabla 6$ 左右即可。

(4) 润滑脂

当轴套使用寿命提高后,轴的两端滚动轴承也要相应提高其使用寿命。过去,我们用了 3° 钙基脂,寿命只有一年左右,现在改用了 3° 二硫化钼锂基脂,可与轴封使用寿命相适应。过去把整个轴承壳都加满脂,使轴承发热,增加能量消耗。现在,加脂量为轴承空隙的 $\frac{1}{2}$,仍能保持其正常运转。

(5) 同心度

水泵轴的同心度很重要,一般控制在 0.05 毫米左右,过大容易失效。这一点必须引起注意。

2. 阀门与油缸

我厂液压房的阀门经过三年多的应用,密封性能可靠(表5),开启轻松。改装方法基本上和泵类一样(图5)。把电炉电极压放油缸原用的V形,Y形橡胶密封圈改用柔性石墨垫圈。用了近二年,效果很好。有的用于气泵密封,效果也很好。

3. 锅炉水位器垫片(板式结构)

锅炉水位器垫片(工作压力 13 公斤/厘米 2 、温度 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$)以前一直是用橡胶石棉板剪制的,调换时因使用温度高,石棉板粘附在金属底座上,要用刀刮。现在用柔性石墨板(0.5 毫米、 1 毫米)预先根据形状制作好,只要放三片左右即可。调换时,不用刮。使用方便,我厂已用了三年,没有发现一处渗漏。

4. 变压器分接开关密封

变压器分接开关是变压器漏油比较严重的地方。原来是用石棉绳密封,油通过毛细管作用由阀杆处渗漏出来(油压在 0.5 公斤/厘米 2 左右),现用柔性石墨垫圈(图6),在两端

表4 不同垫料使用温度比较

型号	编号	垫料	室温 ($^{\circ}\text{C}$)	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	轴封外 ($^{\circ}\text{C}$)
12 SH-13A	1 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	27	36.5	32
12 SH-9A	6 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	27	35	31
12 SH-13A	5 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	27	35	31.5
12 SH-9A	10 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	27	36.5	32.5
8 SH-13A	16 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	29	30	28
10 SH-9A	19 $^{\circ}$ 泵	柔性石墨	26	30	28
8 SH-13A	12 $^{\circ}$ 泵	石棉	29	30	31
10 SH-9A	14 $^{\circ}$ 泵	石棉	26	30	31
8 SH-13A	17 $^{\circ}$ 泵	石棉	26	28	31

表 5 使用柔性石墨垫圈阀门的数据

阀门名称	通 径	密封介质	温度 (°C)	压力 (公斤 /厘米 ²)	已使用日期
截止阀	φ25~φ100	水、油、 蒸气	200	50~60	三年零一月
针形阀	φ 6	油	60	50~60	一年半
闸门阀	φ350	水	35	3	三年零十月
蝶 阀	φ75	油	65	0.7	三年

注：这些阀到目前为止还在使用。

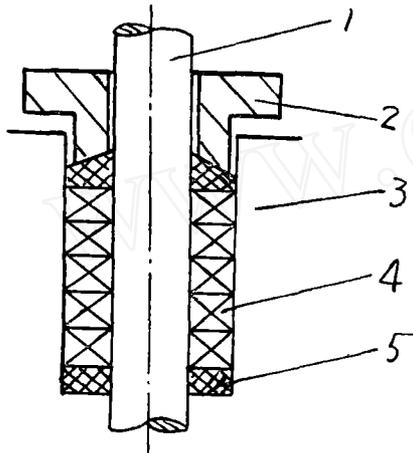


图 5 阀门改装简图

1—阀杆； 2—压盖； 3—阀体；
4—柔性石墨垫圈； 5—石棉垫料

承，效果很好。

上钢一厂、三厂连铸机上使用的结晶器，原来在铜板与钢壳之间的密封材料均使用硅橡胶，铜钢复合面（有水冷却）温度有 400℃ 左右。硅橡胶远远达不到使用要求，经常漏水，造成事故。由于结晶器使用量多，全年消耗铜板达 40 吨左右，而漏水造成紫铜消耗增加 2~3 倍，并经常发生事故。现改用柔性石墨垫料，浇铸产量从原来的 600 多吨提高到 1200 多吨，使用寿命提高一倍以上。

柔性石墨除了上面提到的几个方面应用外，还用于耐腐蚀的各类酸碱泵和阀门上。由密封材料发展到密封与润滑的综合性材料，使用线速度达 30 米/秒，其使用范围也越来越广。

三、几个问题的探讨

1. 经济性

目前这一材料还没有得到广泛的推广，主要原因是价格比较贵。但从减少检修次数、减少材料消耗、节约能源与提高设备寿命等综合效益考虑仍是合算的（一般维持费用为购置费的 5 倍）。如果用在有腐蚀、有毒、贵重以及含有颗粒介质的泵上，一般比原来也能延长使用寿命。

垫用钢纸（2 毫米）。并把压盖车短车平，效果很好。我厂已用了二年半，没有发现漏油现象。

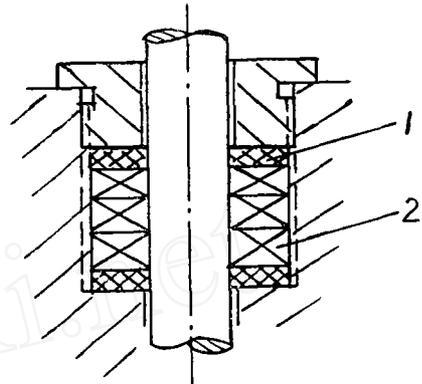


图 6 变压器分接开关改用柔性石墨垫圈简图

1—钢纸； 2—柔性石墨垫圈

5. 其它方面应用

上海冶金局所属新沪钢铁厂，把柔性石墨垫圈用于小型圆钢盘圆机上。工作温度在 500℃ 以上，圆盘机系多爪式结构，其中受料托钩是承受高温圆钢的，托钩支承只能采用滑动轴承，但因结构限制无法冷却与润滑。过去采用 204 碳精块，因其脆性很大，寿命短。现经改装，采用柔性石墨垫圈做轴

2. 适应性

柔性石墨不像“O”形橡胶圈有弹性，只用一只圈就能起到密封作用，且承压能力强。它必须要三只以上，需要有比较大的安装部位，这就限制了其适用性。因此，今后应从柔性石墨复合材料上多下功夫，使其结构简单，适用性更强。

3. 可靠性

设备在运转或在工作状态下，密封还是比较可靠的。当设备停用时（有内压）会渗漏，还需紧压盖，加大预紧力。

气密性从板材厚度方向来讲是好的。但垫圈一般都是盘绕压制而成，而不是整体压制的，气体有时会从垫圈端面处渗漏。我们曾对低水位的泵进行开车抽真空试验。其开车时间比有水封泵的开车时间长，后来我们在柔性石墨垫料的端面与内径上涂一层7903耐油密封润滑脂（由四川一坪化工厂生产），其效果很好。开泵时间明显缩短，并且使原来垫圈与轴套干摩擦面上有一层润滑膜，降低了摩擦系数。通过一年来的试用，再也没有发生漏气现象。

四、结 束 语

柔性石墨垫料在冶金、机械等行业中，已得到广泛应用。随着柔性石墨新产品的涌现，必将在工业上应用得更加广泛。我们冶金系统应用了三年多，取得了一些经验和效果，但有些问题有待进一步研究解决。

A Study on the Appilcation of Soft Graphite Packing

Ye Wanshui

(Shanghai plant of Iron Alloy)

Abstract

The main physico—mechanical properties of soft graphite packing are briefly introduced.“This material has been applied to refit packing seal of water pump by Shanghai metallurgical system since 1980. Some methods to improve seal effect, to decrease power expense, and to prolong service life are emphasized.