

卧(斜)式水泵水导轴承存在的问题及其选型

杨洪群¹, 谢伟东², 张建华¹

(1. 江苏省水利工程科技咨询中心, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省水利设计研究院, 江苏 扬州 225009)

摘要:针对国内大中型泵站卧(斜)式水泵水导轴承运行中存在油润滑金属轴承因密封漏水导致轴承损坏, 非金属轴承因材料配方、承载力及抗冲击等性能不满足要求导致轴承损坏的现象, 对水导轴承的结构型式、材料性能的优缺点和适用条件进行了分析研究, 指出卧(斜)式水泵水导轴承的选用应根据水泵的直径、运行时间及水泵的布置形式等进行综合考虑。

关键词:卧式水泵; 斜式水泵; 水导轴承

中图分类号: S277.9⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2004)01-0057-03

目前, 在国内已建的大中型泵站的卧式水泵、斜式水泵, 以及低水头大流量小水电站的卧式机组中, 水导轴承可靠性不高、使用寿命短、维修工作量大是一个带有普遍性的问题。江苏省将要实施的圩区排涝泵站、城市防洪排涝泵站及南水北调东线工程部分泵站等均属低扬程、大流量泵站, 为提高水泵效率、降低土建工程造价, 在泵型选择中较多采用卧(斜)式水泵^[1-3]。针对卧(斜)式水泵水导轴承存在的问题, 进行水泵水导轴承选型的分析研究很有必要。

1 卧(斜)式水泵水导轴承现状

江苏省在 20 世纪 70 年代从高良涧水电站开始兴建了一批低水头大流量小水电站, 大多采用叶轮直径 1.6 m 的轴流式水轮发电机组, 结构型式有轴伸式和竖井贯流式, 其水导轴承均采用油脂润滑滚动轴承。1982 年建成的江苏秦淮新河抽水站和广东斗门排涝泵站, 是国内最早建成的卧式泵站。前者采用双向卧式轴流泵, 叶轮直径 1.65 m, 结构型式与轴伸式水轮机基本相同, 水导轴承采用水润滑橡胶瓦轴承; 后者采用轴伸式轴流泵, 叶轮直径 3.0 m, 水导轴承采用水润滑 P23 酚醛塑料瓦轴承。在此基础上逐步发展, 先后建成了一批斜轴式泵站, 国内部分已建和在建的卧式泵站、斜式泵站及卧式小水电站的资料见表 1。水导轴承采用的型式大体上有滚动轴承、水润滑非金属材料轴承和巴氏合金滑动轴承三类, 不同类型水导轴承的使用情况及存在的问题分述如下。

表 1 国内部分卧(斜)式水泵、水轮机
水导轴承型式统计

站 名	省市 (区)	建成 年份	结构型式	叶轮 直径/m	水导轴承型式	台 数
秦淮新河 泵站	江 苏	1982	平面轴伸式	1.65	水润滑橡胶瓦 轴承	5
斗 门 泵 站	广 东	1982	猫 背 式	3.0	水润滑 P23 轴承	1
红 圪 卜 泵 站	内 蒙 古	1991	45°斜轴式	2.5	脂润滑滑动轴承	6
黄盖湖泵站	湖 南	1991	15°斜轴式	3.0	水润滑 P23 轴承	4
苏家吉泵站	湖 南	1994	15°斜轴式	3.0	水润滑赛龙轴承	3
新夏港泵站	江 苏	1996	30°斜轴式	2.0	水润滑 P23 轴承	3
外高桥泵站	上 海	1996	平面轴伸式	1.6	脂润滑滑动轴承	3
淮 安 三 站	江 苏	1996	灯泡贯流式	3.1	油润滑滑动轴承	2
顺德三洪齐 泵站	广 东	1997	45°斜轴式	2.5	脂润滑滑动轴承	3
张家塘泵站	上 海	1999	30°斜轴式	2.5	脂润滑滑动轴承	2
盐 官 泵 站	浙 江	1999	15°斜轴式	3.8	水润滑 P23 轴承 水润滑 F102 轴承	4
太浦河泵站	上 海	在建	15°斜轴式	4.1	油润滑滑动轴承	6
高良涧水电站	江 苏	1971	轴伸贯流式	1.6	脂润滑滚动轴承	16
运西水电站	江 苏	1979	竖井贯流式	1.6	脂润滑滚动轴承	10
闸孔水电站	江 苏	1994	竖井贯流式	1.6	脂润滑滚动轴承	1
洋河滩水电站	江 苏	1996	竖井贯流式	1.6	脂润滑滚动轴承	3

1.1 滚动轴承

在早期的卧式水轮机上普遍使用滚动轴承, 如江苏省的高良涧水电站、闸孔水电站、运西水电站、运东水电站等。这些水电站机组基本相同, 水导轴承均采用滚动轴承、油脂润滑、填料函密封。这种结构的水导轴承由于填料函密封效果差, 水进入轴承后, 使油脂乳化, 从而影响润滑效果, 并产生锈蚀, 因此这类轴承的使用寿命普遍较短, 且轴承更换很不方便, 维修工作量大。

1.2 水润滑非金属材料轴承

非金属材料轴承是指轴瓦采用非金属材料轴承,通常采用清水润滑。

1.2.1 橡胶瓦轴承

秦淮新河抽水站原采用橡胶瓦轴承,因磨损严重,1995年更换为聚氨酯轴瓦,磨损仍较严重,且承载力低,不能满足卧式水泵稳定运行的要求。

1.2.2 P23 酚醛塑料瓦轴承

广东斗门泵站、江苏新夏港泵站及浙江盐官泵站,均采用 P23 酚醛塑料瓦轴承,其中新夏港泵站至今运行时间较少但已有磨损(斗门泵站不超过 2000 h,新夏港泵站不超过 500 h)。

1998 年 8 月 20 日盐官泵站在试运行过程中发现机组有异常响声,停机检查发现轴颈镀层严重剥落,随后 4 台机组主轴返厂进行不锈钢堆焊处理。1999 年该站投入应急排涝运行,4 台机组连续运行 70~116 h,又先后发生水导轴承轴瓦严重磨损事故,更换成 F102 混杂纤维轴瓦材料后,运行比较稳定,但轴承寿命尚待考验。

以上几个站的轴承结构基本相同,轴瓦材料相同,盐官泵站出现的问题,不是简单的轴瓦材料质量问题,不同的机组,轴承的使用条件各不相同,部分泵站水泵轴承的主要技术参数见表 2。从表中可见,随着水泵直径的增加,水泵转速降低,轴颈线速度降低,而轴瓦比压则相应增加,对轴颈、轴瓦的技术要求亦相应提高,而 P23 酚醛塑料的实际承载力和抗冲击性能不满足要求。总结分析盐官泵站出现的问题,有助于我们在今后的卧(斜)式水泵设计中,合理选择轴颈的加工方法和轴瓦材料。

表 2 部分水泵水导轴承的主要技术参数

站名	轴颈直径 /mm	水泵转速 /(r·min ⁻¹)	轴颈线速度 /(m·s ⁻¹)	轴瓦比压 /MPa
秦淮新河泵站	240	250	3.14	0.329
新夏港泵站	240	187.5	2.35	0.625
斗门泵站	360	115	2.16	0.638
盐官泵站	380	90	1.69	0.983
太浦河泵站	410	73	1.56	1.050

1.2.3 F102 混杂纤维瓦轴承

盐官泵站 P23 酚醛塑料瓦轴承轴瓦磨损后,采用上海材料研究所推荐的 F102 混杂纤维轴瓦替换,F102 材料韧性好,抗冲击强度较高,至今运行情况尚可,但由于累计运行时间不长(仅几百小时),其使用寿命有待进一步验证。

1.3 巴氏合金滑动轴承

1.3.1 脂润滑巴氏合金滑动轴承

上海市张家塘泵站选用 30°斜轴泵(叶轮直径 2.5 m),采用脂润滑巴氏合金滑动轴承,运行情况尚

可。但安装维护说明书要求:“正常运行,启动前加注润滑油脂 30 mL,在压油过程中盘车 3~4 圈;启动后继续压油 30 mL,运行稳定后每隔 4 h 注油 30 mL;停机时,加注润滑油脂 30 mL,停机在一周以上,应间隔 10 d 作一次历时 15 min 的保养运转;长期停机,将泵内水排尽,每周盘车一次(3~4 圈)。盘车时,加注润滑油脂 30 mL,每月加注油脂一次,数量为 300 mL,以排除陈油为宜,防止油脂老化。”这种轴承维护、管理要求高,不便于实现自动控制,特别是长期停机需将泵内水排尽,不便于管理。

1.3.2 稀油润滑巴氏合金滑动轴承

目前,国内的大型灯泡贯流式水轮机均采用稀油润滑巴氏合金滑动轴承,如国内最大的灯泡贯流式泵站——淮安三站,亦采用稀油润滑滑动轴承。这种轴承的特点是承载力大、可靠性高、使用寿命长,但用于卧(斜)式水泵时,轴承在水中密封要求较高。在盐官泵站之前生产的卧(斜)式水泵叶轮直径均不大于 3.0 m,一般在 2.0 m 左右,对水导轴承的技术要求不高,为了简化结构,所以较少采用这种轴承。

上海太浦河泵站选用叶轮直径 4.1 m 的斜 15°轴流泵,有关方面在该站机组的设计和制造过程中,充分吸取了盐官泵站的经验和教训,对水导轴承的选用进行了广泛的调研,经过多方案综合比较,采用了西班牙塞德瓦船用尾轴轴承的材料——大比压抗冲击巴氏合金滑动轴承。该轴承的优点是:承载力大(最大允许比压为 1.5 MPa);能承受径向脉动载荷(抗冲击性强);润滑系统简单(重力油润滑);可靠性高、使用寿命长,一般都在 20 000 h 以上。结构特点是:轴瓦外壳设计成球形,具有自调心功能,轴瓦在轴承座内可以沿轴线灵活转动(轴向转动范围为 1°30'),以消除由于轴身对中不好和运行时产生的不平衡力而造成的轴瓦受力超载;采用重力油润滑、双层密封结构,防止泵运行时轴承内进水和润滑油外泄。该站在安装过程中发现水导轴承密封效果不好,6 台机组均有不同程度渗油,后在原有密封层外加装一道国产骨架密封,基本解决了渗油问题。

1.4 凡事可材料油(水)润滑轴承

凡事可材料是利用法国技术、南非生产的一种高级工程热塑性高分子合成材料,它具有出色的抗磨损性、高刚性、低水胀性、尺寸稳定性。在许多恶劣条件下,凡事可材料的使用寿命超越酚醛树脂、青铜、巴氏合金、不锈钢、铁犁木、尼龙、橡胶、聚四氟乙烯和许多其它非金属材料。该轴承材料能在油润滑、海水润滑、油脂润滑及自润滑的工况下运行,而不需要维护保养。凡事可轴承主要用于船用尾轴轴承、矿山机械轴承、泵类轴承。但大中型泵站的水导轴承到

目前还未采用过凡事可材料轴承。

2 卧(斜)式水泵水导轴承的选型

a. 经对相关泵站水导轴承的调研、分析,水润滑非金属材料轴承具有结构简单、造价低、运行维护方便的优点,但存在着承载力低、累计运行时间短等问题,适用于叶轮直径在 3.0 m 以下、年运行时间相对较少的水泵;滚动轴承对密封要求高,轴承更换不便,适用于中小型水泵;对叶轮直径在 3.0 m 以上的大型水泵及年运行时间长的中型水泵建议采用稀油润滑巴氏合金滑动轴承。

b. 对于水润滑非金属材料轴承,应考虑对轴承结构设计进行改进,把轴瓦与轴承座设计成球面,使其具有自调心功能,可大大提高轴瓦的有效承压面积,降低比压,将有助于提高轴瓦的使用寿命。

c. 稀油润滑巴氏合金轴承承载力大、技术可靠、使用寿命长、润滑系统简单,可在年运行时间相对较长的大、中型卧(斜)式水泵中推广使用。

d. 卧(斜)式水泵水导轴承的受力情况与立式水泵不同,因此立式水泵所用的水导轴承材料如橡胶、聚氨酯等材料不能直接用于卧(斜)式水泵。

e. 如果用油润滑轴承则必须特别注意它两端的密封层,这两个密封层还不能作为易损零件来考虑,因为卧(斜)式水泵水下轴承要更换密封层是很困难的,因此使用寿命最好能参照立式水泵,导轴承更换的周期为 10000 h 以上。

f. 油润滑轴承最好不用机械密封,因为机械密封是不可分半的,更换时要把水泵叶轮全部拆卸,检修工作量将加大,因此水泵必须要有可以粘连的多道骨架密封和便于拆卸的结构。

g. 用油润滑轴承必须有漏水警示,因为水下轴承一旦进水,水会破坏油膜,水中的泥沙既磨损轴承又磨损轴颈,增加了检修工作量。

h. 如果用水润滑导轴承,应当认为水是不能起润滑作用的,因为在水泵这种转速和这么大的压力下,轴承不可能形成水膜,水在这种情况下只能起冷却作用,因此水导轴承的轴瓦及相对的轴颈,必须非常耐磨。

i. 水润滑轴承不能另用专供的清水来冷却,因为用清水冷却又带来一个密封问题,且清水很难回收再利用,因此水导轴承还要能承受一定的泥沙磨损。

综上所述,卧(斜)式水泵水导轴承的选用应根据水泵的运行时间、叶轮的直径、轴颈线速度、轴瓦比压、结构型式等进行综合分析比选,合理选择是关键。

参考文献:

- [1] 谢伟东. 30°斜轴泵站水力机械设计体会[J]. 江苏水利, 1978, 11(7): 36 ~ 39.
- [2] 汤方平, 刘超, 成立, 等. 低扬程水泵选型新方法[J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(4): 41 ~ 43.
- [3] 厉明祥. 南水北调大型泵结构设计研究[J]. 排灌机械, 2003, 98(3): 1 ~ 5.

(收稿日期: 2003-05-09 编辑: 熊水斌)

(上接第 56 页)

c. 多处因漏水发生的大面积塌坑,均已封堵处理。封堵前,冷却水塔两侧的检查井随管内充水变化而涨落,水位高时距井口 1.4 m,处理后水位下降到井口以下 3.2 m 且不再升高,说明该区管道漏水已被封堵,与外界无水力联系。

d. 处理前试验场地地下水埋深 0.6 m,处理后水位下降 0.8 m。

上述情况说明,排水管已全部被围封。对高压喷凝结体取样试验,围封体抗压强度达到 10 MPa 以上,满足强度要求。

3.2 提高了地基强度

施工过程中发现排水管道垫层下存在虚脱现象,如冷却水塔侧管道,基础下已形成空洞,危及管道安全,灌浆时掺加砂石料将其堵塞。本次施工围封体底部厚度为 1 m,管道地基洞穴皆能得到充填,提高了地基强度,使管道放置在坚实的地基上,保证了管道的地基稳定性。

(收稿日期: 2003-03-14 编辑: 傅伟群)

第四届国际坝工会议将在南京召开

第四届国际坝工会议将于 2004 年 10 月 18 ~ 20 日在南京举行。会议由河海大学主办,由新加坡 CI-Premier 公司具体协办。会议议题将涉及:坝工设计进展;大坝现代设计、分析的理论和方法;运行的可靠性和安全度评估;大坝和坝基岩体的稳定性;大坝的规划、分析、设计、施工和管理;大坝基础和渗流;大坝安全监控的理论、方法和专家系统;大坝的动力特性和抗震设计;老坝隐患的检测、加固修复和健康诊断;建坝的生态环境影响等。研究对象除大坝外,还包括水利水电枢纽中的厂房、输水系统、通航建筑物、地下洞室、高边坡等。详细情况请浏览网站: <http://www.dam04.com/index.htm>。

(编辑部供稿)