水厂大型立式斜流泵振动原因分析与检修处理

韩毅平
（国家能源集团准能集团公用事业公司　内蒙古　鄂尔多斯　010300）

摘要：对于在国家能源集团准能集团某水厂安装配置使用的大型立式斜流泵设备而言，其在日常运行使用过程中和检修维护过程中极易出现振动或噪声问题，一旦超出规定数值就需要确定其引致原因，并择取和运用适当方法维修解决。本文围绕大型立式斜流泵振动原因与检修处理，展开简要的阐释分析。

关键词：水厂；大型立式斜流泵；振动；原因分析；检修处理

0　引言

斜流泵是介于离心泵和轴流泵之间的理想化设备类型。立式斜流泵的主要特点是容易安装、占地相对较小，内部组成结构较为简单，叶轮组件处在水下空间，利用水把空气与叶轮隔离，不容易发生汽蚀问题，而运行时启动较为容易，以及扬程变化覆盖范围较为广泛等。就目前科技发展情况来看，斜流泵在农业排水灌溉、市政抽排水、污水处理，以及各种矿业、电厂等，均广泛地引入运用。

该水厂位于北方，安装配置了 5 台大型立式斜流泵交替运行抽取地表黄河水，供煤矿、电厂等用户使用，其实际运行使用过程中，四季温差大，水质变化大，立式斜流泵安装工作环境较为复杂。其中有四台立式斜流泵设备的型号为 700HBL3R，而另一台立式斜流泵设备的型号为 600DMV3300-50×3 低磨损立式长轴泵（斜流泵），属于整体可抽出式结构，主要由可抽部件、外筒部件和电机支座三大部分组成。外筒部件安装在水泵基础上，并和水泵出水管道连接在一起，水泵和电机上的荷载通过外筒部件传递到水泵基础上，而所有的立式斜流泵均与 TL1800 立式同步电机配套安装使用。

1　某型号立式斜流泵主要结构

某型号立式斜流泵设备的内部主要经由外壳体、内壳体、电机支撑座、吐出泵壳、吐出弯管、吸入喇叭管导叶体、泵轴、联轴器、导叶体、叶轮和档套等共同组成。定子部分主要由基础座环、外泵壳、内泵壳、吐出泵壳、吐出弯管、吸入喇叭管和导叶体等零部件组成，转子部分主要由四段轴、四个联轴器、三个叶轮和档套等组成。该设备为定制产品，其零部件都由专业生产厂家的专门生产平台制造，除轴承密封件外，其他零部件目前均不可与其他同类型产品互用。

2　机组出现的问题

1# ～ 4# 立式斜流泵水泵的安装配置时间为九十年代后期，且均在安装调试成功后投入正式使用，而在 2008 年左右开始，生产厂家也陆续对这些立式斜流泵进行技术改造，3# 斜流泵从 2015 年前后开始呈现出振动异常问题，且其振动问题发生幅度测算数值有着持续增大的变化趋势，其最大数值出现时，基于电动机顶部位置的南北方向振动幅度能够达到 0.30mm，其东西方向振动幅度能够达到 0.20mm；电机与立式斜流泵泵体相互接合点位的南北方向振动幅度能够达到 0.09mm，其东西方向振动幅度能够达到 0.07mm；水泵设备填料室组成点位的南北方向振动幅度能够达到 0.04mm，其东西方向振动幅度能够达到 0.03mm。

2# 立式斜流泵从 2016 年 4 月开始呈现出振动问题，且其振动问题发生幅度测算数值也有持续增大的变化趋势，其最大数值出现时，基于电动机设备顶部位置的南北方向振动幅度能够超过 0.30mm，其东西方向振动幅度能够超过 0.20mm；电机与水泵泵体相互接合点位的南北方向振动幅度能够超过 0.08mm，其东西方向振动幅度能够超过 0.07mm；水泵设备填料室组成点位的南北方向振动幅度能够超过 0.04mm，其东西方向振动幅度能够超过 0.03mm。

在 2016 年 6 ～ 9 月，黄河进入拉沙期，该水厂也进入分批次停机检修时间阶段，于是决定针对发生振动超标问题的立式斜流泵，开展规范化的检修处理，并且全面系统地归纳梳理振动问题的引致原因。

3　振动原因分析及解决方案

斜流泵常见故障——有异常振动和噪声，故障原因及处理方法如下。

故障产生的原因主要有：(1) 吸入侧或转动部位有异物进入；(2) 轴承烧坏或者粘连等损伤；(3) 叶轮与护板

62-88 安全与生产 22年7月中 第20期.indd 77　2022/9/14 13:30:19

磨损严重；(4）吸入水室水位异常低、吸入空气；(5）叶轮与泵体磨损严重，有汽蚀痕迹存在；(6）转子不同心；(7）转子不平衡、转轴弯曲、振动；(8）电机有故障；(9）联轴器螺栓损坏；(10）旋转部分有摩擦或者填料磨损严重；(11）偏离设计工况运行。

相对应的处理方法如下：(1）清理吸入管路、导叶体、叶轮室等部位；(2）更换轴承；(3）修复或更换叶轮与护板；(4）提高吸入水室水位、消除旋涡；(5）将汽蚀和磨损部位修复或者更换；(6）检查水平度、同心度，并做出调整；(7）重新校正平衡，校直泵轴；(8）更换或维修解决电机故障；(9）更换联轴器螺栓；(10）适当调整填料松紧程度或者更换填料、填料轴套；(11）校正工况。

4 检修项目及技术要求

4.1 检修项目——立式斜流泵解体

把整个内壳体从外壳体内分段分解逐次吊出，不拆外壳体；逐一分解各部零件，并进行清理或者清洗；检查泵内所有零件状况，测量其磨损腐蚀和冲刷程度，必要时更换部分零件；测量检查各轴套、挡套和轴承衬套等的磨损及配合间隙；检测各叶轮、导叶体等过流部件的磨损和冲刷程度；测量检查各陶瓷轴承、橡胶轴承的磨损情况，必要时更换；测量检查各密封环、调整垫等的磨损情况，必要时加工或切换；测量检查泵轴、传动轴的弯曲、跳动公差并进行校直；测量检查基础座环的水平度，并进行调整；泵的润滑水系统检修，包括润滑水系统管道、阀门和润滑水泵解体检修；检查填料轴套、更换新填料；各部件组装及吊装；其余辅助设备检修。

4.2 检修工艺及技术要求

立式斜流泵拆卸前的准备工作：

(1）为了防止拆卸后零件丢失，要提前准备好拆卸后小型零件存放的专用工具箱或者工具袋，大型零件拆卸前要打上相对位置标记，拆卸后要按装配顺序有序摆放。

(2）需要准备的工具及材料：精密器件防锈油、钢丝绳、绳扣、各种润滑剂、密封胶和水泵专用装配横梁一套、专用联轴器拆线工具一套、专用轴头螺母扳手一套、起吊螺钉吊环 M48（6 个)、M36（4 个)、吊环螺钉(M30、$m^2$4、$m^2$0、M16 各 4 个)、吊具夹板一套（自制)。

4.3 泵体拆卸

检修时，一般可不退出管路，把内泵壳从外壳体中整体或者分段抽出，然后分解各部零件，具体拆卸顺序如下：拆掉该水泵周围的润滑水管路系统及电机冷却水管路系统；拆掉电机联轴螺栓、拆掉电机座螺栓、拆开电动机电源接线；将电机吊至适当地点放稳；拆卸电机支架螺栓、吊走电机支架；拆开基础座环顶部水泵悬挂部螺栓，把整个内壳体从外壳体内分段逐次吊出，放到指定的检修场地；逐一拆卸各零部件，并进行清理或者清洗。卸完后的各零部件的精加工部位，要涂上事先准备好的防锈油，轴头螺纹部位应用布袋包好放妥；对拆卸后的所有零部件，按部件分别逐个进行测量检查，将符合要求能继续使用的零部件分类依次放好，将磨损过限或者损坏的零部件进行修复或更换。

4.4 检查测量

(1）检查测量电机底座是否发生变形问题，电机底座发生改变，导致电机主轴发生倾斜，电机联轴器与水泵之间连接为刚性连接，会导致泵下主轴发生倾斜，继而引发水泵出现振动过大和噪声过大。

(2）检查测量外筒体的铅垂度是否在安装时候要求的数值范围内，基础部分发生非均匀性沉降，或水泵出口位置法兰与外连接管未能发挥缓冲，也会因硬性连接和焊接应力导致外筒体发生倾斜。

(3）检查测量轴套与轴之间的间隙是否在规定数值范围内并确定主轴是否发生弯曲变形，检查测量各轴承、轴套磨损情况，轴承、轴套磨损程度超出一定数值范围，会导致转子摆动幅度大，而引发导叶片与叶轮室发生摩擦碰撞，最终导致水泵在运行过程中发生剧烈振动和噪声变大。

(4)检查测量转子、导叶片和叶轮室是否有摩擦痕迹，判断叶轮组件是否发生磨损或者汽蚀腐蚀情况是否存在。

5 对拆开斜流泵进行故障分析排查

依据检查过程中实际获取的相关结果，立式斜流泵内部的主轴并未发生变形或弯曲，外筒体下端止口经检测确认其偏离中心垂线达到了 2.50mm，由此可以判断，外筒体朝水泵的出口方向发生了倾斜现象。

立式斜流泵的安装使用说明书中规定倾斜的允许幅度必须被严格控制在 0.50mm 范围之内，而在外筒体的垂直程度严重超差情况下，水泵转子在非垂直状态之下持续运行使用，继而引致下端水导轴承的磨损显著加快，同时引致轴套发生较为严重的偏磨问题。

在磨损量间隙超过一定的数值限制范围之后，叶轮通常将会与叶轮室之间发生干涉摩擦现象，继而引致立式斜流泵设备的振动幅度显著加大，同时还会引致噪声强度显著超标，严重影响立式斜流泵的使用。

之前，安装队伍在完成立式斜流泵基础外筒体的安装调整到位之后，就会接续将立式斜流泵的其他零部件全部开始安装，在与出口管道位置的法兰之间完成硬性连接，立式斜流泵的出口设置位置由于距离水池墙壁位置之间的尺寸不足，也无法安装用于保护立式斜流泵的伸缩管，因焊接应力与螺栓压紧力将外筒体朝出口管方向发生变形位移。

与立式斜流泵直接连接的出口穿墙管焊接固定，且实际选择的法兰垫为刚性法兰垫，通过松开螺栓添加厚

62-88 安全与生产 22年7月中 第20期.indd 78 2022/9/14 13:30:19

度为 1.00mm 的薄垫操作难度较大，技术人员基于出口穿墙管距离水泵出口法兰 100.00mm 位置对管道切开操作，外筒体结构自由回弹，对外筒体的铅锤度校正处理后，法兰的安装完成。结合管道切口位置的宽度，选择用铁丝填充处理，管道切口的垂直方向，用 8 段圆钢材料定位焊接固定处理。避免因焊接结束后，应力收缩而引致管道发生位移，管道切口位置实施分段对称焊接处理。

6　立式斜流泵装配

6.1　装备工作部第Ⅲ级

把所有零部件剔净毛刺，擦净污物，将导叶体 3（立式耐磨轴承组件）用木方木楔水平支稳，将泵轴小装档套，键 A8×18 用 M5 沉头螺丝固定在键槽内，将装好的泵轴水平吊起，对准导叶体和立式耐磨轴承孔穿入到位，将泵轴在导叶体两端的伸出部分分别用轴承支架和升降支架支起。调整两端支架的高度，使泵轴在立式耐磨轴承孔的中心，或接近中心处，防止泵轴横别陶瓷轴承的摩擦面，将 O 形密封环 ϕ200×5.3（35）2 个，装到导叶体的密封槽内。将护管从泵轴的大端穿入，改变轴承支架位置，将护管接头套入导叶体的配合部位，推靠后支架支在护管上。将 O 形密封圈 ϕ600×7 用黄油粘在导叶体的密封槽内。改变支撑位置，将扩散管穿入护管的外面与导叶体的止口配合，对正润滑水管孔，推靠，穿入螺栓套上垫圈，拧入螺母对称均匀紧固，用木板或者木楔将扩散管垫平稳。将 O 形密封圈用黄油粘在扩散管止口槽内，再将轴承体组件、橡胶轴承涂滑石粉，引正护管止口，穿入螺栓，套入垫圈，拧入螺母，对称均匀紧固。调整泵轴，将键装入键槽，装中间联轴器，用键固定，拧上轴头螺母并紧固，调整并装入叶轮、叶轮档套并锁紧。

6.2　装配工作部第Ⅱ、Ⅰ级

将第Ⅱ、Ⅰ级所属零部件剔净毛刺，擦净污物；将档套装入并用螺丝将键固定在键槽内，将导叶体 2 止口处贴好 O 形密封圈，对正连接板，紧固；装好叶轮下部各部位套类零件，拧紧叶轮螺母，计算好叶轮调整垫磨削量，将泵轴推靠到位，调整各数值至合适，将轴套、档套、垫和叶轮等装好，并将叶轮以下的轴上套类零件装好，拧紧。与装第Ⅲ级同样方法，装好前护板和连接板，检测轴向串量等数值，并调整合适。重复以上步骤，将泵的第Ⅰ级装好。

6.3　组装外壳体

外壳体包括基础座环、外泵壳和凸出泵壳。检查基础座环表面水平度，并将外泵壳装入。

6.4　吊装传动部

传动部包括中间接管 1 个、传动轴 2 根、护管 2 个和收缩管 1 个。按要求将传动部及联轴器等装入并连接。

6.5　吊装中间接管、轴承体、联轴器、收缩管等

将中间接管、轴承体、联轴器、收缩管和所属零部件按要求的顺序进行装配。

6.6　吊装凸出部、悬挂部、电机支撑部和电机等

按要求将凸出部、悬挂部、电机支撑部和电机等上述零部件装配并调整各数值到合适，并盘车检查是否灵活。

6.7　启动水泵试运行

最后一个环节是启动水泵并试运行。

7　结语

综合梳理现有研究成果可知，选择运用适当方法分析确定引致水厂大型立式斜流泵发生振动问题的基本原因，有助于从根本上解决问题。水厂大型立式斜流泵在安装配置环节的总体质量水平，能够直接地影响制约水厂大型立式斜流泵的运行使用过程安全性状态，以及总体的使用寿命持续时间。针对水厂大型立式斜流泵振动问题的表现和引致原因，选择并且运用适当方法开展检修处置，能获取到优质且良好的综合效果。

参考文献：

[1] 邹俊杰，潘强，张德胜．混流泵瞬态启动性能及空化流场可视化试验研究 [J]. 排灌机械工程学报，2022,40(03):250-257.
[2] 张美凤，闫培福，纳红卫，等．斜流水泵三元流高效节能转子的优化设计分析 [J]. 节能，2022,41(02):33-35.
[3] 赵文斌，李伟，王行元，等．混流泵启动过程瞬态特性的数值计算 [J]. 排灌机械工程学报，2022,40(01):1-7.
[4] 李伟，季磊磊，施卫东，等．失速工况下混流泵轮缘泄漏流的流动特性 [J]. 工程热物理学报，2021,42(11):2858-2868.
[5] 曹磊，李彦军，吴天澄．基于正交试验的低比转数混流泵叶轮和导叶匹配优化 [J]. 中国农村水利水电，2021(06):137-142+147.
[6] 常书平，姚丁元，李昆鹏，等．轮毂轮缘对混流泵叶轮三元反问题设计的影响 [J]. 排灌机械工程学报，2021,39(05):445-450.
[7] 季磊磊．失速工况下混流泵轮缘泄漏流流动特性及失稳抑制 [D]. 镇江：江苏大学，2021.
[8] 李浩．混流泵站事故停机过渡过程的研究 [D]. 郑州：华北水利水电大学，2021.

作者简介：韩毅平（1987.02-），男，汉族，内蒙古乌兰察布人，本科，工程师，研究方向：水泵、电机、机械。

62-88 安全与生产 22年7月中 第20期.indd 79　2022/9/14 13:30:19