

# 高扬程大功率离心泵选型关键技术研究与实践

(甘肃省景泰川电力提灌水資源利用中心,甘肃省景泰市,730400) 王海滨

**摘要** 本文基于高扬程泵站的水泵机组水力性能分析,对含沙量高、颗粒硬度较大的泵站运行稳定性与其耐磨的程度开展详细研究,分析结果提出提升水泵抗磨损、稳定运行的关键技术应对措施,在保障水泵机组安全稳定运行的基础上,实现大型调水工程的有效实施。

**关键词** 高扬程大功率;离心泵;关键技术;选型

中图分类号:TH311 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)04-0059-02

大规模引水工程是解决全球水资源再分配、缓解水资源供需矛盾、保证国家经济增长的一项主要措施。目前全球已建成、正在建设和计划建设的大型跨流域调水项目超过200条,分别位于全球20多个国家,其中的美国、印度、加拿大、俄罗斯与巴基斯坦共同完成世界上80%以上的调水工作。中国先后修建了滦河入津、滦河入唐、“引汉济渭”(在建)等为了解决中国部分区域水资源短缺问题、改善生态环境、促进经济社会发展作出重大贡献,但目前对这些问题的认识还不够深入。

在中国现有的高扬程离心泵站中,最大的离心泵站是“牛栏江-滇池补给工程”,该泵站的单台水泵能力为2 250kW,设计水头为223.32m,单台泵设计流速 $7.67\text{m}^3/\text{s}$ ,具有较好的应用前景。“滇中引水”、“引汉济渭”“黄金峡”等都是长江勘察设计有限公司勘察、设计的大型、高扬程泵站,需要对其设计和明确长距离饮水工程方面的泵站各项指标。其制造困难远远超过中国目前正在建设和投入使用的水泵,即使是在国际上也是如此。

中国现有的高扬程和大功率的大型水泵厂还比较少见,也没有形成一套完整的、可借鉴的大型抽水泵站。因此本文所研究的内容希望能够给予一些类似工程开展一些技术借鉴。

## 1 水泵水力稳定性影响因素分析

### 1.1 水泵无叶区域动静干涉和避震探究

作者简介:王海滨(1979~),男,汉族,甘肃景泰人,大专,助理工程师,研究方向:机电设备维修。

通常,流动和静态流动元件间的干扰会引起水力波动,它的波动幅值可达水泵叶轮的全压增量,并对叶轮的负荷分配造成一定的影响,是造成机组振动噪声和机械疲劳失效的重要原因。而在高扬程、高效率、高效率的大功率涡壳型离心泵中,引起动、静干扰的异常现象<sup>[1]</sup>,其成因:①在叶轮的出口处,流动的液体具有不均匀的流速特性,而且伴随着流动叶尾迹的稳定飞行旋涡,在脱离叶轮时将撞击到涡旋上;②叶轮绕着螺旋桨绕着螺旋桨的螺旋桨旋转,并与螺旋桨产生某种频率上的周期干涉。

为了保证全单元的叶轮强度可以达到单元的工作需要,同时还可以在叶轮出口处及其它部位减小噪音,可以采取对策:①为避免水力激励引起的谐波,在没有叶轮的情况下必须要注意到水力激励与结构反应的相互影响,且为避免谐波激励引起的谐波,必须要保证系统的谐波激励与结构的谐波激励的幅度不低于10%,这样才能避免谐波激励引起谐波;②为了防止由卡门涡流引起的谐振,必须说明,通常情况下卡门涡流具有更高的振动频率和更低的激励能量,只有在其频率与周围液体的自振频率相同或相近时,才会引起液压系统的弹性谐振,从而引起单元的振动和噪声。

### 1.2 离心泵的旋转时速与驼峰裕度

图1所示,驼峰裕度的基本概念是距离最大扬程点较近的首个驼峰峰谷最低值与最大扬程之差所占比例,或将其界定为距离最大扬程点较近的首个驼峰峰谷最低值与相应的网站端扬之差所占比例。

针对离心泵存在的流道扩散系数为正值和叶轮大曲率等问题,国内外学者对其进行相应研究,并提出解决方案。分析发现在50~80%的设计流量

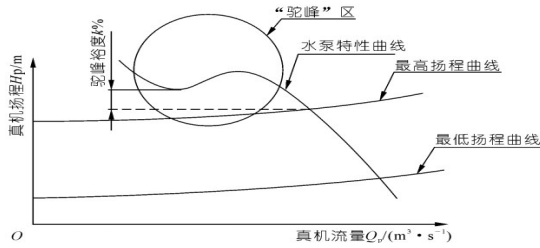


图1 水泵驼峰特征图示

工况下,泵的驼峰特征和旋转失速区都会出现。由于在小流量的情况下,由于泵的叶轮入口是正的,因此在叶轮的背部就会出现流动分离,由分离的流动产生的回流、脱流形成的失速团,有可能会阻塞一些流道,并且这种阻塞现象会随叶轮的转动而发生周期的改变,进而造成水泵的流量、扬程等外部特性的波动,最后水力-水力关系曲线上产生“驼峰”现象<sup>[2]</sup>。

试验结果表明,在靠近弯峰带时水力脉动的振幅显著增加,呈现出低频高振幅的特征。对于大容量的离心式水泵来说,强烈的涡旋失速会对水泵系统的安全平稳运行产生很大的影响。为保证驼峰区的最低扬程与泵的最高扬程之间存在一定的余量,使得泵在规定的工作扬程范围内不会出现驼峰区,通常需要进行模型实验才能确定驼峰区。

## 2 关键过流部件抗泥沙磨损的措施分析

### 2.1 合理选择水泵技术参数

#### 2.1.1 对泵的速度进行合理选取

图2所示为离心式抽油机的扬程与比速的统计学规律,提出在干净的工况下,可参照图2所示的统计学规律来计算抽油机的比速及速度。然而对于淤泥含量较高且具有淤泥磨损风险的水泵机组,则需要对图2中统计曲线所推荐的转速与降低一档转速1种方案下的机电设备和土建投资、机组大修周期及其运营费用进行比较,来分析判断是否有必要选择较低转速方案。

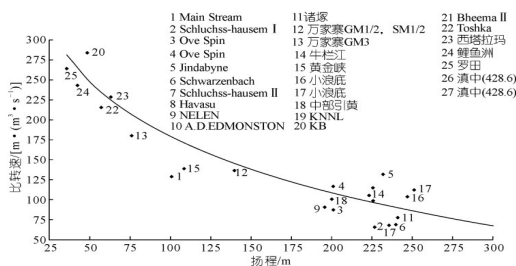


图2 国内外大型水泵机组扬程与比转速统计

### 2.1.2 对主要位置的水力学和流量进行优化和控制

本项目针对多含沙流来流工况,采用CFD方法对流道内部的流场及流场综合优化,研究流道内部流场及流场的均匀性及流场对流场的影响,实现对流场内部流场的整体优化。在此基础上提出合理的流量分配方案。根据中国在高含沙量泵站中采用的抗冲刷技术要求,在高含沙量泵站中泵叶轮出口的流动速度不宜大于35m/s。

### 2.2 选择最佳的叶轮制造方式

选择优良材料和较高加工技术水平,能极大地减少气穴的侵蚀,延长其自身的使用寿命。泵叶片的加工方式主要有“叶轮模压热弯成形+CNC”和“VOD或AOD精铸造+数控加工”两种方法和工艺。通过两种不同的加工方法,对两种不同的加工方法进行综合对比,结果表明:模压法生产的刀片具有较高的精度,且在高温下成形后其材料特性要好于铸刀片。同时涂层耐磨性和抗空蚀能力也有明显提高。对于大于5m的大水泥水叶轮,一般应采用浇铸、CNC等工艺,在高水头和直径小于4m的泥浆泵中,应该使用模压法进行加工。尤其是在混流式水轮机和水泵叶轮,由于叶轮流道较窄,出口高、直径大。在降低砂粒磨耗的前提下,对叶轮进行热模具加工,利用五轴CNC工艺加工,可以很好的确保叶轮轮廓的精度,这也是当前最流行的刀片处理方式。

## 3 结语

综上所述,本文结合目前高扬程大功率水泵运行影响因素的分析探讨其具体的应对措施,主要从水泵技术参数和叶轮制造方式两个方面加以分析,并结合不同的泵叶轮加工方式对泵站叶轮设计进行进一步分析和研究,希望能够对类似工程设计提供一定的技术参考和依据。

### 参考文献

[1]赵树红,杨建新.浅谈磷化工离心泵选型及注意事项[J].中国设备工程,2021(21):264-265.

[2]桂绍波,彭志远,陈笙.高扬程大功率离心泵选型关键技术研究与实践[J].人民长江,2022,53(02):111-117.