

文章编号:1007-7596(2007)05-0064-01

混流式水轮机转轮汽蚀的预防

李照,高磊

(黑龙江省水利水电勘测设计研究院,哈尔滨 150080)

摘要:阐述了中水头混流式水轮机转轮进水边的汽蚀问题。根据附面层吸附原理,对已投入运行的机器提出了几种解决办法,并与其它方法进行了比较。

关键词:混流式;转轮;汽蚀;附面层

中图分类号:TK730.323

文献标识码:A

水轮机产生汽蚀的原因比较复杂。一般认为:水轮机转轮内压力分布不均匀,如转轮相对下游水位要装得过高,高速水流流经低压区时,容易达到汽化压力而产生汽泡。当水流流到高压区时,由于压力增大,汽泡凝结,水流质点以高速度向汽泡中心的撞击,以填充凝结所产生的空隙,从而产生极大的水力冲击和电化作用,使叶片受到剥蚀产生麻点及蜂窝性孔隙,甚至被穿透而形成孔洞。

一般情况下,混流式水轮机转轮进水边汽蚀通常发生于大中型水头水轮机中,统计表明,世界上水力资源的分布是,最大的水力资源基本上为中水头范围。有人认为,只要对靠近下环的转轮叶片进行改型,就可以部分或全部解决问题,而另一些人则提倡用分流器避免转轮进水边脱流。本文仅从附面层吸附原理提出两种预防方法。

1 典型的进水边汽蚀腐蚀

混流式水轮机转轮进水边汽蚀只发生在靠近下环处,有时只是下环本身受影响。汽蚀最初是以细沟形式出现在转轮叶片进水边,然后向出水边延伸,沟的宽度则沿水流方向逐渐增加,甚至在某些情况下在沟内还发现几股汽蚀痕迹。隔一段距离后汽蚀便消失了。另一些情况下,汽蚀在下游流线远处再次出现,呈椭圆斑点。随着机器继续运行在下环表面也会出现同样的斑痕。这种形式的汽蚀几乎与托马系数无关。

2 问题的起因

在进水边汽蚀区出现几股汽蚀痕迹可以认为是形成了涡线,而涡线总是伴随脱流产生的。在有关的水轮机文献中,往往将这些涡线称为通道涡列。形成涡线的理论是以在压力区(例如转轮叶片进水边)事实上产生汽蚀为依据的,而汽蚀不可能在压力区产生,除非伴随中心涡核有很高的流速时,才能产生汽蚀。当涡核速度极高时,则与托马系数无关。无疑,这种形式的汽蚀也很少受水轮机正常调节范围的影响。

进水边汽蚀仅限于中水头混流式水轮机转轮,这些转轮的几何特性之一是叶片的进水边与下迷宫环靠得很近,因此应考虑下迷宫环的影响。

3 下迷宫环的模拟

迷宫环的功能是当机器运转时,一部分水必须经过它,否则它就会过热。该水道与主流平行,可用分流的环行沟模拟。通过下迷宫环的总水量由靠近它的附面层供给。一旦附面层的水被吸入下迷宫环,主流的水就立即补充上来。

同时,最接近下迷宫环的水由于转轮旋转使剪切力保持不变,这可由稳定的分流涡层来模拟。涡层与分布汇点在一

起就形成了汇点——涡层,这将产生相对入口速度的圆周分量,足以引起脱流。

因此下迷宫环间隙与转轮直径成正比,汇点强度也与其成正比。而切向速度和涡旋强度也同样与转轮直径成正比。这就解释了大尺寸转轮比小尺寸转轮进水边更容易汽蚀的原因。

4 转轮汇点对脱流的影响

如果我们将相对入口速度合成 W_1 , 对靠近边界层顶端和叶片进水边前面的水质点,由于速度受汇点——涡层的影响,所以 W_1 就变为正面的 W_{1P} 和背面的 W_{1S} 。因汇点——涡层引起的 W_{1P} 和 W_{1S} 不正确的入口角足以造成脱流。在转流侵入水中时,转轮侧面形成水穴,将进一步促进汇点——涡层沿主流的影响,这是特别真实的。另一方面,当转轮升到支持环上方时,下迷宫汇点——涡层的影响可以减小。显然,意外的脱流造成的叶片背面进水边汽蚀是较严重的。但是,特殊情况下,叶片脱流也可出现在正面,见图1。

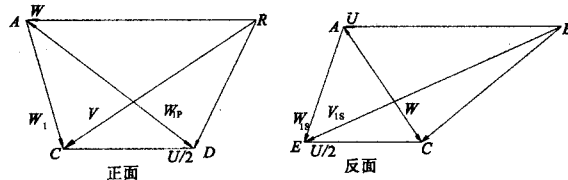


图1

4 提出的补救措施

上述分析表明,混流式转轮进水边汽蚀现象是附面层现象。这里,混流式转轮下环几何形状适于采取附面层吸附的措施。如果在汽蚀区下,在每个转轮叶片背面与下环相交处钻一个小孔,则附面层可有效地被吸住。事实上,经过下迷宫环作用的水压也将作用于这些孔。由于水压作用而产生的吸力将把吸附层吸入刚好位于下迷宫环下面的空间。这将使水流附着在叶片上,以消除通道涡列。这样,转轮进水边将恢复成无汽蚀水流。

另一方面,附面层可被嵌入叶片背面的叶片与下环连接处的不锈钢管上的孔吸住。这种方法用于普通钢转轮很理想,使用不锈钢可以避免因孔生锈而发生阻塞。

上述两种补救措施的成本是依次增加的。关于上述措施的效果,附面层吸附原理已经应用于飞机上。这样看来,附面层吸附方法应是解决混流式转轮进水边汽蚀最切实可行的方法。

[收稿日期]2007-01-31

[作者简介]李照(1974-),女,黑龙江哈尔滨人,工程师;高磊(1982-),男,黑龙江哈尔滨人,助理工程师。