

4H型尾水管与窄高型尾水管对水轮机性能影响的模拟对比分析

余福良

(四川水利职业技术学院, 四川 都江堰 611830)

摘要:以某水电站的具体参数为依据,把水轮机的4H型尾水管改型为窄高型尾水管,对两种不同几何尺寸的尾水管进行了全流场数值模拟,预测了尾水管及水轮机的性能,分析了尾水管几何尺寸及形状的改变对水轮机性能的影响。

关键词:混流式水轮机;尾水管;结构设计;三维建模;数值模拟

中图分类号:TK73;TV7;TV734;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)增1-0166-03

尾水管是水轮机能量回收的主要部件,是水电站核心过流部件之一。尾水管的几何尺寸对自身水力损失、压力脉动、回能系数以及水轮机效率等有很大的影响,同时对水轮发电机组整体能量特性和运行稳定性具有直接的影响。

以某水电站的具体参数为依据,将水轮机的4H型尾水管改型为窄高型尾水管,用全流场数值模拟的方法分析了尾水管几何尺寸及形状的改变对水轮机性能的影响。

1 某水电站的具体参数

- 设计水头: $H_d = 61$ m
- 加权平均水头: $H_{pj} = 62.27$ m
- 最小水头: $H_{\min} = 50.8$ m
- 最大水头: $H_{\max} = 65.5$ m
- 转轮直径: $D_1 = 2\ 420$ mm
- 导叶高度: $b_0 = 686$ mm
- 设计流量: $Q_p = 46.585$ m³/s
- 导叶分布圆直径: $D_0 = 2\ 710$ mm
- 转速: $n = 250$ r/min
- 飞逸转速: $n_f = 472$ r/min
- 固定导叶数: $Z_2 = 23$
- 转轮叶片数: $Z = 13$
- 活动导叶数: $Z_1 = 24$
- 转轮型号: HL220-LJ-242

2 对尾水管进行改型

将水轮机传统的标准4H型尾水管改型为窄高型尾水管,改型前后的尾水管几何尺寸见图1和图2。

3 全流场数值模拟分析过程

首先利用UG建模软件建立了水轮机全流道三维模型,并将建好的三维模型导入Gambit软件中。对各个过流部件依次进行网格划分和网格文件输出,采用Tgrid软件中的滑移网格技术进行网格连接,利用先进的商业计算软件Fluent,运用CFD的理论与方法,采用标准的 $k-\varepsilon$ 湍流模型,通过SIMPLE算法,计算了混流式水轮机在两种不同尾水管结构相同的工况下,包括蜗壳、固定导叶、活动导叶、转轮以及尾水管在内的全流场三维定常湍流数值模拟计算。对比分析了在相同的蜗壳、固定导叶、活动导叶以及水轮机转轮条件下不同尾水管结构形式的数值模拟结果,从定量和定性两个方面评价了采用标准4H型尾水管和窄高型尾水管时水轮机的性能。

3.1 标准4H型尾水管各水头下的计算结果

通过对包括蜗壳、固定导叶、活动导叶、转轮以及改型修改前尾水管在内不同水头下的全流场三维定常湍流数值进行了模拟计算,其结果见表1。

3.2 窄高型尾水管各水头下的计算结果

通过对包括蜗壳、固定导叶、活动导叶、转轮以及改型修改后尾水管在内不同水头下的全流场三维定常湍流数值进行了模拟计算,其结果见表2。

3.3 对两种尾水管计算结果进行对比分析

通过对表1、表2中各个计算工况点对应的计算结果进行分析可知:在相同的蜗壳、固定导叶、活动导叶以及水轮机转轮条件下,在相同的计算工况点下,尾水管修改前和尾水管修改后水轮机的性能存在明显的差别。对于采用窄高型尾水

收稿日期:2014-06-28

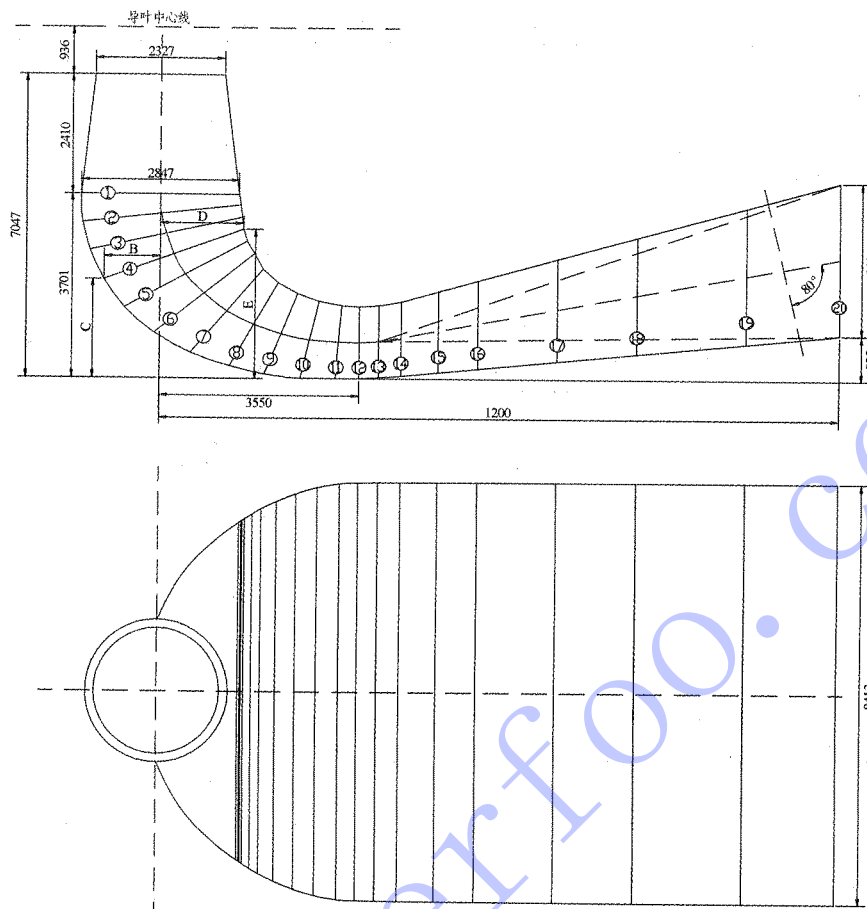


图1 改型前标准4H型尾水管尺寸示意图

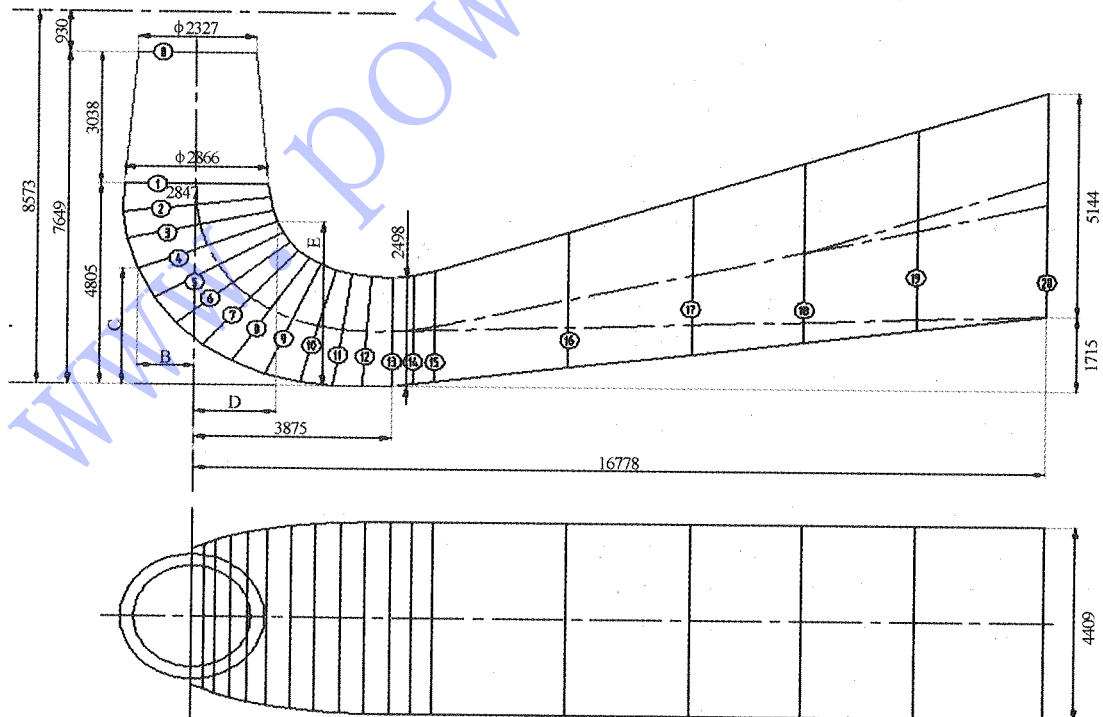


图2 改型后窄高型尾水管尺寸示意图

表1 尾水管修改前各水头下计算结果表

转轮直径 /m	流量 /m ³ ·s ⁻¹	水头 /m	导叶开度 /mm	转速 /r·min ⁻¹	扭矩/N·s Z方向	效率 /%	出力 /kW
2.42	23.292	50.8	86	250	372 021.1	83.9	9 738.71
2.42	46.585	50.8	175	250	820 816.59	92.56	21 488.31
2.42	48.914	50.8	187	250	841 547.34	90.38	22 031.2
2.42	24.553	61	81	250	500 456.29	89.17	13 101.53
2.42	46.585	61	154	250	1 010 333.5	94.88	26 449.63
2.42	54.522	61	188	250	1 096 837.1	88.01	28 714.59
2.42	23.367	65.5	73	250	501 017.82	87.35	13 115.24
2.42	42.326	65.5	130	250	1 004 012.4	96.64	26 283
2.42	47.871	65.5	151	250	1 107 500.6	94.25	28 991.06

表2 尾水管修改后各水头下计算结果表

转轮直径 /m	流量 /m ³ ·s ⁻¹	水头 /m	导叶开度 /mm	转速 /r·min ⁻¹	扭矩/N·s Z方向	效率 /%	出力 /kW
2.42	23.292	50.8	86	250	373 430.83	84.22	9 775.85
2.42	46.585	50.8	175	250	825 125.72	93.04	21 599.74
2.42	48.914	50.8	187	250	845 253.14	90.77	22 126.27
2.42	24.553	61	81	250	502 358.3	89.5	13 150.02
2.42	46.585	61	154	250	1 012 302.1	95.06	26 499.81
2.42	54.522	61	188	250	1 099 547.5	88.22	28 783.11
2.42	23.367	65.5	73	250	502 080.93	87.54	13 143.77
2.42	42.326	65.5	130	250	1 007 606.85	96.99	26 378.16
2.42	47.871	65.5	151	250	1 109 615.5	94.43	29 046.43

管设计的机组,在采用数值模拟分析时,其水轮机的效率和出力明显高于采用标准的4H型尾水管。

对计算结果进行后处理,可以得到各个过流部件的压力分布、速度分布、流体运动轨迹等。

4 结 语

通过数值模拟结果分析,得到了采用窄高型尾水管设计的机组在相同的计算工况点下其水轮机的效率和出力明显高于采用标准4H型尾水管的结论,其水轮机转轮的压力、速度分布较采用标准的4H型尾水管设计的机组更为合理。采用窄高型尾水管设计的机组,在相同的计算工况点下,尾水管中的流态平顺,水流漩涡小,水力损失小,

(上接第142页)

吊装工作量,避免每个单节肘管在高空处调整、就位。南欧江五级水电站尾水肘管有7个单节,把4#、5#、6#组装成一个单元,把2#、3#组装成一个单元,组装采用卧式(管口立在地样上)并调整各个尺寸达到合格。

上一步骤完成后,把7#肘管采取卧式放在大组平台,调整各个尺寸至合格,然后把组装成整体的4#、5#、6#肘管吊装在平台上与7#肘管进行组装,调整各个尺寸至合格,再把组装成整体的2#、3#肘管吊装在平台上进行组装,调整各个尺寸合格;最后把1#肘管吊装在平台上进行组装,调整整个肘管的尺寸,直至合格。

尾水管的回能效果明显较优。

参考文献:

- [1] 齐学义,马惠萍,杨国来,等.基于Pro/E的水轮机尾水管肘管部分的三维造型[J].农业机械学报.2009,40(9):103-106.
- [2] 林愉,章登成,盛敏.弯肘型尾水管的改形对回能系数与阻力损失的影响[J].水电能源科学.2011,29(6):149-150,194.
- [3] 齐学义,王飞,常一乐,等.HL310水轮机尾水管的优化设计[J].兰州理工大学学报.2011,37(2):48-51.

作者简介:

余福良(1975-),男,四川宜宾人,工程师,学士,从事水利水电工程设备制造、设计及安装工作。(责任编辑:李燕辉)

3 结 语

(1)南欧江5级水电站3套尾水肘管的制造,其各控制点尺寸精度、位置精度符合设计要求,肘管整体流线型控制完美,节点尺寸高度吻合。

(2)在肘管异形管制造中,平行素线和对角素线的控制对整体效果至关重要。

(3)该尾水肘管制造方案可应用于同类型肘管制造中。

作者简介:

徐维烈(1968-),女,四川都江堰人,助理工程师,从事水电工程机电施工技术与管理。(责任编辑:李燕辉)