

鲁布革电站水电机组技术特点

哈尔滨大电机研究所 黄顺礼

摘 要

本文介绍中外合作生产的具有世界先进水平的鲁布革电站水电机组, 机组的水轮机系挪威 KB 公司技术, 发电机系德国西门子公司技术。现场试验结果各项参数符合设计要求, 水轮机效率高于设计值。

关键词: 水电机组 挪威 西德

一、概述

位于云南和贵州两省交界处南盘江支流黄泥河上的鲁布革电站, 水轮机系挪威 KB 公司(现改称 KE 公司)技术, 发电机系德国西门子公司技术, 机组系哈尔滨电机厂与国外公司合作生产。1991 年 2 季度能源部组织有关单位对哈尔滨电机厂制造的机组进行全面试验, 各项参数符合设计要求。效率高, 气蚀磨损轻, 具有高技术的特点。

二、水轮机

水轮机型式为立轴混流式, 最大水头 372.5m, 设计水头 327.7m, 最大出力 172MW, 额定出力 153MW, 流量 58.25m³/s, 额定转速 333r/min, 飞逸转速 525r/min, 转轮直径 3.5m, 最高效率保证值 94.6%。

1. 转轮

转轮系铸焊结构, 材料为 ZG0Cr16Ni5Mo 不锈钢(简称 16-5 不锈钢), 不仅具有与 13

-4 或 13-6 不锈钢类似的铸造和机加工性能, 且有较高的强度、韧性、断裂韧性、低温韧性、抗疲劳、耐腐蚀、耐气蚀、抗泥沙磨损, 尤其是具有较好的可焊性, 焊接时可以不预热, 厚度大时只需低温预热。

转轮结构如图 1 所示, 参数列于表 1, 转轮叶片由 15 个长叶片及 15 个短叶片组成, 短叶片长度约为长叶片的 2/3, 均布在后者之间。短叶片转轮的发明者是 KB 公司的工程师 Henrik Christie。理论分析和电站试验都证明该种转轮具有高效区宽, 振动小两大优点。由于在进口加了短叶片, 大大改善了叶片强度, 从而可采用更高的导叶高度, 具有很高的水力效率。由于叶片面积大, 气蚀性能和压力脉动也得到很大改善。由于叶片形状简单, 易

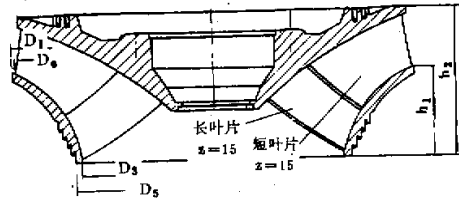


图 1 水轮机转轮

1992年2月13日收稿

于压制,给制造和工艺带来极大方便。转轮效率测试值与保证值接近约为 94.6%。

2. 转轮互换

主轴与转轮之间利用把合螺栓的预紧力产生的摩擦力来传递扭矩(如图 2),螺栓系 34CrViMo6 高强度材料,预紧采用火焰加热器。该种结构不仅可免除转轮与主轴同铰工艺,而且各台转轮及备用转轮均可互换。

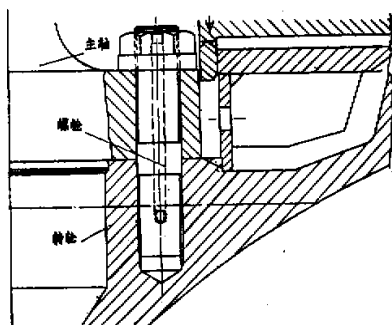


图 2 主轴与转轮间的把合螺栓

水轮机主轴上方具有中间轴。转轮既可从发电机定子中吊出,也可从尾水管下方拆出,还可从水轮机层拆出。

3. 转轮制作

转轮制作的关键技术有:

(1) 叶片的模压技术 先根据叶片本模图将叶片展开,用计算机算出展开叶片的每一点座标,放出 10mm 余量划线,用等离子切割机割出叶片毛坯,用数控铣加工出叶片断面形状。叶片采用同一压模两次压型成型,每次压型都把叶片加热到 1025℃。为减少回弹量,从打开炉门到压型的时间最长不超过 2 分钟。

(2) 转轮叶片的极坐标定位技术 用计算机算出每个叶片进、出水边线上某些点的极坐标,根据进水边上一点和出水边上两点的极坐标,借助于旋转中心架将叶片准确固定到上冠上(如图 3),然后套装下环。

表 1 转轮参数

名称	代号	尺寸 (m)	备注
转轮名义直径	D_1	3.46	
转轮高	h_2	1.27	
上冠外径	D_7	3.378	上冠最大厚度 S_2 120mm
下环高	h_1	0.749	下环最大厚度 S_1 130mm
下环底部外径	D_6	2.394	下环外圆加工余量 5mm
转轮出口直径	D_3	2.28	
上冠热套止漏环			配合 H_7 、公差 $^{+0}$
下环热套止漏环			配合 H_7 、公差 $^{+0}$
主轴法兰螺孔分布圆直径		1.32	22 个 $\Phi 101$ 联轴螺孔均布
转轮上冠材料			ZG0Cr16Ni5Mo (铸件)
下环材料			ZG0Cr16Ni5Mo (铸件)
叶片材料			ZG0Cr16Ni5Mo (钢板)
转轮结构			铸焊结构、叶片热弯成型

三、发电机

发电机为立轴悬式，额定功率 150MW，视在功率 172MVA， $\cos\varphi 0.875$ ，额定电压 15.75kV，最大负荷 198MVA，效率 98.58%，定子温升 74K，转子温升 63K。

结构剖面如图 4 所示，是西门子公司狄纳莫工厂的常规结构，定子铁芯长 2046mm，外径 6250mm。

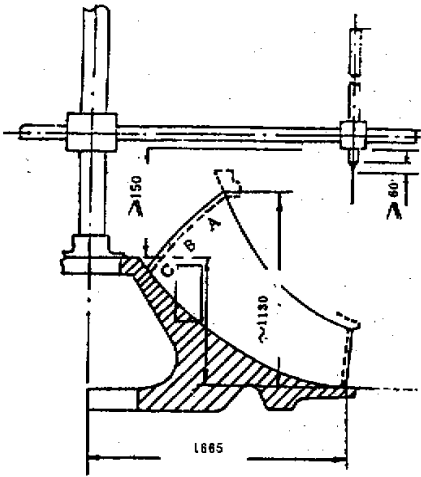


图 3 用旋转中心架安装叶片

为减少焊接变形，对称部位应同时焊接，每个叶片在受压侧和负压侧、上冠侧和下环侧交替焊接，采用单层道焊接，所有焊缝，先焊至坡口一半，再焊至坡口，最后焊出 R25 的凹形焊缝。

4. 其它

机组使用的冷却水（不包括轴承冷却水）取自水轮机顶盖内通过转轮上密封环来的漏水。转轮上冠上面装置了径向叶片，起水泵作用，将水打进顶盖内腔，然后向机组供给冷却水，这是 KB 公司间接降低水轮机容积损失的有效方法。

顶盖、底环与导叶端面相接的抗磨表面用 Cr17Ni4 宽带堆焊，表面硬度可达 350~400HB，具有很好的抗磨损、耐气蚀性能。顶盖环板厚度达 240mm，而且密布立筋。

采用偏心导叶，使负压面平顺光滑，导叶材质为 0Cr13Ni14，型线加工后抛光，瓦面有聚四氟乙烯涂层，具有自润滑作用。

水轮机所用的 $\Phi 2200\text{mm}$ 球阀采用不锈钢环弹性密封，在水压作用下刚度小的密封环变形，与密封座贴合，从而达到滴水不漏的密封效果。

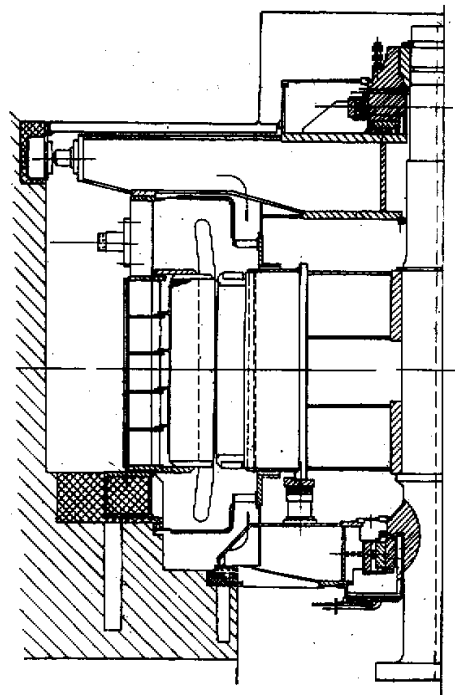


图 4 发电机结构

1. 通风冷却

发电机为径向通风系统，转子两端各有 38 个螺旋风叶，磁轭无径向通风沟。在机座外壁装有 6 个空气冷却器。

大幅度地降低了通风损耗是狄纳莫厂电

机效率高的原因之一，其办法是在高电磁负荷情况下，降低电机总风量，提高高温升（34~36K），另外还采取了如下措施：在保证定子铁芯总进风面积不变的情况下，降低了定子通风沟高；定子齿压板背部的出风口，在定

子叠装完后用钢片堵死；定子上、下端环孔做成可调结构，让有限的风量首先确保定子有效段的散热。

电机的风量及通风损耗列于表3。

表3 发电机风量和通风损耗

额定容量 (MW)	额定转速 (r/min)	风量 (m ³ /s)		风量/10MW		通风损耗 (kW)		通风损耗/总损耗 (%)	
		设计	实测	设计	实测	设计	实测	设计	实测
150	333.3	58		3.867		520	321.2		14.9

2. 定子铁芯紧固

采用工地整圆螺旋叠片法，增加了定子铁芯的整体性和导磁均匀性。

定子铁芯紧固结构具有下述特点：

(1) 穿心拉紧螺杆 除在铁芯外圆有拉紧螺杆外，在轭部还有贯穿铁芯的拉紧螺杆。穿心螺杆数量与铁芯背部把紧螺杆数量相同并沿周向与之交错布置（图5）

(2) 齿压片形状 齿压片端部略有弯曲（图6），其目的是利于保证定子铁芯齿部整个铁芯的紧度，齿压片弯折长度L与弯折值h的关系如表4所示。

表4 齿压片的弯折值

L	<100	<150
h	1.5	1.5

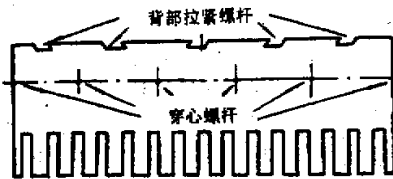


图5 拉紧螺栓的布置

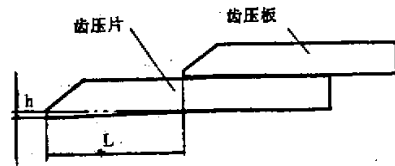


图6 齿压片形状

(3) 齿压板装配 定子铁芯靠背部拉紧螺杆和轭部穿心螺杆把紧，齿压板与机座环板间无顶丝而是加装垫片和销子（如图7）。

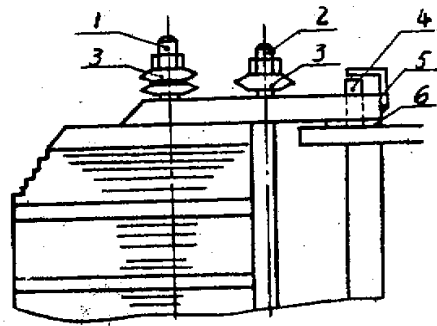


图7 铁芯把紧结构

1. 穿心螺杆
2. 背部拉紧螺杆
3. 蝶形弹簧
4. 固定销
5. 压铁
6. 垫片

垫片是加在压板与机座环板之间用销子固定。为防止铁芯在运行中松动,在把紧用螺母下加装有蝶形弹簧。定子铁芯与机座的联结在径向留有间隙,在运行过程中定子铁芯受热可以径向膨胀。

3. 转子装配

磁极的阻尼环安置在磁极压板与磁极铁芯之间,阻尼条不再穿过磁极压板,磁极压板采用模锻,极靴外圆斜面不留加工余量。这种结构在很大程度上减少了定子铁芯端部与转子磁极之间的漏磁,并减少了磁极压板的加工量。阻尼条与阻尼环的焊接采用中频焊。

转子磁轭冲片采用薄型高强度钢板,厚度为2.2mm,磁轭采用螺旋叠片方式,正向

叠到一定高度再反向叠片。

4. 其他

机架无合缝板,支臂不用合缝板和螺栓把合而用直接焊接结构,从而从根本上防止了机架合缝板间隙过大的问题。

推力轴承系外循环冷却,推力头上的通油孔起油泵作用,推力头与轴之间有一轮毂,为了防止电机运行中产生轴电流,在推力头与轮毂之间有绝缘层,绝缘之间放有钢丝网以便测量绝缘电阻。

(该文摘编自哈尔滨大电机研究所“鲁布革电站水电机组专集”等资料)

参考文献

- 1 哈尔滨电机厂、哈尔滨大电机研究所. 哈尔滨电机厂“七五”技术进步综述. 1991
- 2 哈尔滨电机厂、哈尔滨大电机研究所. 哈

- 尔滨电机厂水电设备的新发展. 1991
- 3 哈尔滨电机厂科技进步四十年. 大电机杂志社, 1991

SF-500型收发信机通过部级鉴定

SF-500型收发信机经许昌继电器厂研制成功。目前通过了机电部与能源部联合鉴定。

该收发信机是确保500kV电力系统继电保护信号及时、准确发送与接收的传输设备,要求高、难度大。许昌继电器厂吸取国外先进技术,集国内外同类产品之长,采用先进的集成电路设计制造而成。

该机采用了锁相环频率合成器,调整频率方便,频率稳定性好;功率放大器采用了桥式线性功率放大器,使整机有较大的功率输出,输出阻抗稳定,功率放大有较宽的线性工作区,能可靠工作于强信号输出状态;整机采用模块式设计技术、系列化程度高。具有工作频率数字显示功能、自动检测数字显示和录波记录功能。有可振铃呼叫对方的试验电话专用插件,便于双侧对调时进行通话联络。还有可靠监视高频通道等功能。经机电部、能源部专家鉴定,其主要经济技术指标居国内领先地位。