



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114941602 A

(43) 申请公布日 2022.08.26

(21) 申请号 202210791618.9

(22) 申请日 2022.07.05

(71) 申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市碑林区金花南路5号

(72) 发明人 孙龙刚 郭鹏程 李颜雁 唐逸超
郑小波 范文睿

(74) 专利代理机构 北京盛询知识产权代理有限公司 11901

专利代理师 蔺巍

(51) Int. Cl.

F03B 3/18 (2006.01)

F03B 11/00 (2006.01)

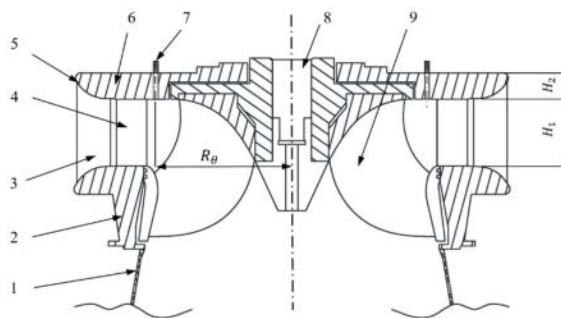
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机

(57) 摘要

本发明公开一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,包括水轮机本体,水轮机本体由尾水管、底环、固定导叶、活动导叶、蜗壳、顶盖、主轴和转轮叶片组成,固定导叶、活动导叶、转轮叶片和尾水管依次沿水流的方向设置,顶盖上开设有若干个补气孔,若干个补气孔沿主轴周向等间距布置,且若干个补气孔均设置于活动导叶与转轮叶片之间,补气孔的中轴线与尾水管的中轴线同方向设置。本发明通过在顶盖设置补气孔进行补气,降低了转轮内的回流范围,抑制了转轮内叶道空化涡的产生,从而改善水轮机内部流态,减小各过流部件的水力损失,显著提高水轮机的水力性能与运行稳定性。



1. 一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,包括水轮机本体,水轮机本体由尾水管(1)、底环(2)、固定导叶(3)、活动导叶(4)、蜗壳(5)、顶盖(6)、主轴(8)和转轮叶片(9)组成,固定导叶(3)、活动导叶(4)、转轮叶片(9)和尾水管(1)依次沿水流的方向设置,其特征在于,所述顶盖(6)上开设有若干个补气孔(7),若干个所述补气孔(7)沿所述主轴(8)周向等间距布置,且若干个所述补气孔(7)均设置于所述活动导叶(4)与所述转轮叶片(9)之间,所述补气孔(7)的中轴线与所述尾水管(1)的中轴线同方向设置;所述补气孔(7)内固定连接有补气管,所述补气管连通有外部供气装置,所述水轮机本体通过所述补气管进行补气。

2. 根据权利要求1所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述补气孔(7)分别与所述顶盖(6)的端面、所述活动导叶(4)的端面垂直布置。

3. 根据权利要求1所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述补气管的出气端伸出所述顶盖(6)的长度 H_{1s} 为所述活动导叶(4)高度 H_1 的 $1/20$,所述补气管伸出所述顶盖(6)的长度 H_{1s} 与所述顶盖(6)的厚度 H_2 之和的 $3/10$ 为所述补气管的内径 D_φ 。

4. 根据权利要求3所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述补气孔(7)的中轴线与所述主轴(8)的中轴线之间的距离 D_θ 为所述补气管内径 D_φ 的3倍~4倍。

5. 根据权利要求4所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述补气孔(7)的中轴线与所述主轴(8)的中轴线之间的最优距离为 $D_\theta=3.6 D_\varphi$ 。

6. 根据权利要求4所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,当所述活动导叶(4)的数量为奇数时,相邻两所述补气孔(7)所对应的圆心角为 30° 。

7. 根据权利要求4所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,当所述活动导叶(4)的数量为偶数时,所述补气孔(7)的数量为所述活动导叶(4)数量的 $1/2$ 。

8. 根据权利要求2所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述补气孔(7)为圆柱形结构,且所述补气孔(7)靠近所述活动导叶(4)的出口边缘设置。

9. 根据权利要求8所述的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,其特征在于,所述活动导叶(4)最大开度时的位置与所述补气孔(7)的位置之间设置有间隙。

一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及水力机械装置技术领域,特别是涉及一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机。

背景技术

[0002] 水轮机是水力发电的心脏,是整个水电机组中研发难度最大,制造难题最多的部件。水轮机是将水流具有的势能转换为旋转机械能,进而带动发电机旋转而产生电能。混流式水轮机由于结构紧凑,效率较高,能适应很高的水头范围,其装机容量超过水电总装机的60%,因此是目前应用最为广泛的机型。混流式水轮机中,水流沿转轮径向流入,轴向流出,水流在转轮叶片的约束作用下其速度和压力发生显著变化,从而对转轮叶片产生反作用力,驱动转轮旋转。

[0003] 近年来,我国逐步加快了能源结构转型的进程。特别是“双碳目标”的提出,风能、太阳能等清洁能源的装机比例在电网中的份额必然会进一步提高,其间歇性本质必然引起电网容量及频率的剧烈波动,对电网动态容量及稳定性造成严重不利影响。为应对大规模间歇性清洁能源对电网的不利影响,保障供电安全,必须通过水电来配合风、光发电,以促进间歇性能源大规模的并网和消纳,这强制要求水轮机频繁地偏离最优工况区偏离最优工况区运行在部分甚至极小负荷工况,以达到调节电网参数的目的。水轮机运行在部分负荷工况时,转轮进口水流入流角与叶片安放角之间形成较大的冲角,会在转轮相邻两叶片之间诱发一种特殊的涡流现象—叶道涡。叶道涡是混流式水轮机的固有水力属性,其诱发的强烈压力脉动且具有更加繁琐的频谱,使得水轮机产生振动、噪声等,严重制约着水轮机安全、稳定、高效运行。

[0004] 因此,亟需提出控制和抑制水轮机部分负荷工况叶道涡强度、降低水轮机压力脉动的有效措施,以拓宽水轮机稳定运行范围、提高水轮机运行寿命。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,以解决上述现有技术存在的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:本发明提供一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,包括水轮机本体,水轮机本体由尾水管、底环、固定导叶、活动导叶、蜗壳、顶盖、主轴和转轮叶片组成,固定导叶、活动导叶、转轮叶片和尾水管依次沿水流的方向设置,所述顶盖上开设有若干个补气孔,若干个所述补气孔沿所述主轴周向等间距布置,且若干个所述补气孔均设置于所述活动导叶与所述转轮叶片之间,所述补气孔的中轴线与所述尾水管的中轴线同方向设置;所述补气孔内固定连接有补气管,所述补气管连通有外部供气装置,所述水轮机本体通过所述补气管进行补气。

[0007] 优选的,所述补气孔分别与所述顶盖的端面、所述活动导叶的端面垂直布置。

[0008] 优选的,所述补气管的出气端伸出所述顶盖的长度 H_{1s} 为所述活动导叶高度 H_1 的1/

20,所述补气管伸出所述顶盖的长度 H_{1s} 与所述顶盖的厚度 H_2 之和的3/10为所述补气管的内径 D_φ 。

[0009] 优选的,所述补气孔的中轴线与所述主轴的中轴线之间的距离 D_0 为所述补气管内径 D_φ 的3倍~4倍。

[0010] 优选的,所述补气孔的中轴线与所述主轴的中轴线之间的最优距离为 $D_\theta=3.6 D_\varphi$ 。

[0011] 优选的,当所述活动导叶的数量为奇数时,相邻两所述补气孔所对应的圆心角为 30° 。

[0012] 优选的,当所述活动导叶的数量为偶数时,所述补气孔的数量为所述活动导叶数量的1/2。

[0013] 优选的,所述补气孔为圆柱形结构,且所述补气孔靠近所述活动导叶的出口边缘设置。

[0014] 优选的,所述活动导叶最大开度时的位置与所述补气孔的位置之间设置有间隙。

[0015] 本发明公开了以下技术效果:本发明提供的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,当水轮机运行在部分负荷工况时,水流从活动导叶流入叶轮,此时从顶盖补气孔中通入压缩空气,可以有效地提高转轮内的压力,降低转轮内的回流范围,抑制了转轮内叶道涡的产生,从而改善水轮机内部流态,降低叶轮内的漩涡强度和能量耗散,进而削弱叶轮和尾水管内的压力脉动,从而提高水轮机的水力效率并有效扩展水轮机的稳定运行范围,提高水轮机的运行寿命。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1是原始水轮机转轮叶片三维流线图;

[0018] 图2是本发明补气孔在混流式水轮机总装配中的示意图;

[0019] 图3是本发明补气孔与活动导叶的位置关系图;

[0020] 图4是图2中本发明混流式水轮机的局部主视图;

[0021] 图5是采用本发明顶盖补气结构的混流式水轮机转轮叶片三维流线图;

[0022] 图6是本发明混流式水轮机与原始水轮机的比能损失对比图;

[0023] 其中,尾水管-1,底环-2,固定导叶-3,活动导叶-4,蜗壳-5,顶盖-6,补气孔-7,主轴-8,转轮叶片-9。

具体实施方式

[0024] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他

实施例,都属于本发明保护的范围。

[0025] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0026] 本发明提供一种能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,包括水轮机本体,水轮机本体由尾水管1、底环2、固定导叶3、活动导叶4、蜗壳5、顶盖6、主轴8和转轮叶片9组成,固定导叶3、活动导叶4、转轮叶片9和尾水管1依次沿水流的方向设置,顶盖6上开设有若干个补气孔7,若干个补气孔7沿主轴8周向等间距布置,且若干个补气孔7均设置于活动导叶4与转轮叶片9之间,且补气孔7的中轴线与尾水管1的中轴线同方向设置;补气孔7内固定连接有补气管,补气管连通有外部供气装置,水轮机本体通过补气管进行补气。

[0027] 补气孔7垂直于顶盖6和活动导叶4布置,补气孔7为圆柱形结构,补气孔7靠近活动导叶4的出口边缘设置,且活动导叶4最大开度时的位置与补气孔7的位置之间设置有间隙,确保补气管不会影响活动导叶4的转动和转轮叶片9的旋转。

[0028] 补气管的出气端伸出顶盖6的长度 H_{1s} 为活动导叶4高度 H_1 的 $1/20$,补气管伸出顶盖6的长度 H_{1s} 与顶盖6的厚度 H_2 之和的 $3/10$ 为补气管的内径 D_ϕ ;补气孔7的中轴线与主轴8的中轴线之间的距离 D_0 为补气管内径 D_ϕ 的3.6倍。

[0029] 当活动导叶4的数量为奇数时,相邻两补气孔7所对应的圆心角为 30° 。

[0030] 当活动导叶4的数量为偶数时,补气孔7的数量为活动导叶4数量的 $1/2$,如活动导叶4的数量为24片时,补气孔7的数量为12个。

[0031] 水轮机正常运转时,其蜗壳5进口的流量和活动导叶4的最大开度已知,根据蜗壳5进口的流量可以确定补气量,并根据补气量计算出补气的速度;通过活动导叶4的最大开度可以确定补气孔7所处中心圆的半径 D_0 ,根据补气孔7所处中心圆的半径 D_0 确定补气孔7的位置,并通过活动导叶4的高度 H_1 和顶盖6的厚度 H_2 确定补气管的内径 D_ϕ ,从而进一步确定补气孔7的位置。在工作时,外部供气装置通过补气孔7和补气管,向蜗壳5内通入适量高压空气,来完成补气的工作。

[0032] 工作时,水流通过蜗壳5进口后依次经过固定导叶3、活动导叶4及转轮叶片9,通过补气孔7通入适量高压空气,可以有效地提高当水轮机偏离最优工况时无叶区和转轮叶片9吸力面的压力(无叶区指活动导叶4与转轮叶片9之间空余的空间),降低转轮叶片9正背面压差,减小回流现象的发生。从而使得水流不在堵塞无叶区和转轮叶片9,可以平顺光滑的流经转轮叶片9,从尾水管1内流出,通过补气可以有效地控制转轮叶片9内的不稳定叶道涡结构的发生,从而抑制叶道涡引起的低频高振幅压力脉动,提高水轮机的水力性能。

[0033] 本发明提供的能够控制叶道涡产生的混流式水轮机,通过在顶盖6设置补气孔7,如图5所示,改善了转轮叶片9附近的流态,降低了转轮叶片9的回流范围,抑制了转轮叶片9叶道涡的产生,使得水流可以平顺光滑的流经转轮叶,从而有效地降低了水轮机内尾水管1、固定导叶3、活动导叶4、蜗壳5和转轮叶片9等过流部件的水力损失,如图6所示,通过补气孔7通入适量空气,有效地提高了通过转轮叶片9水流的均匀性,从而改善了水轮机内部流态,明显提高了水轮机的水力性能与运行稳定性。

[0034] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所

示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0035] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

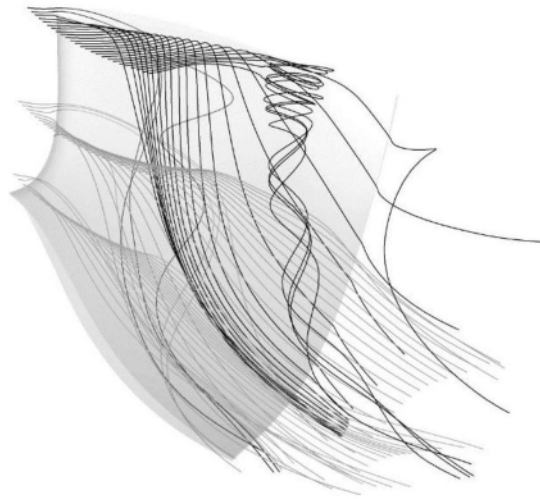


图1

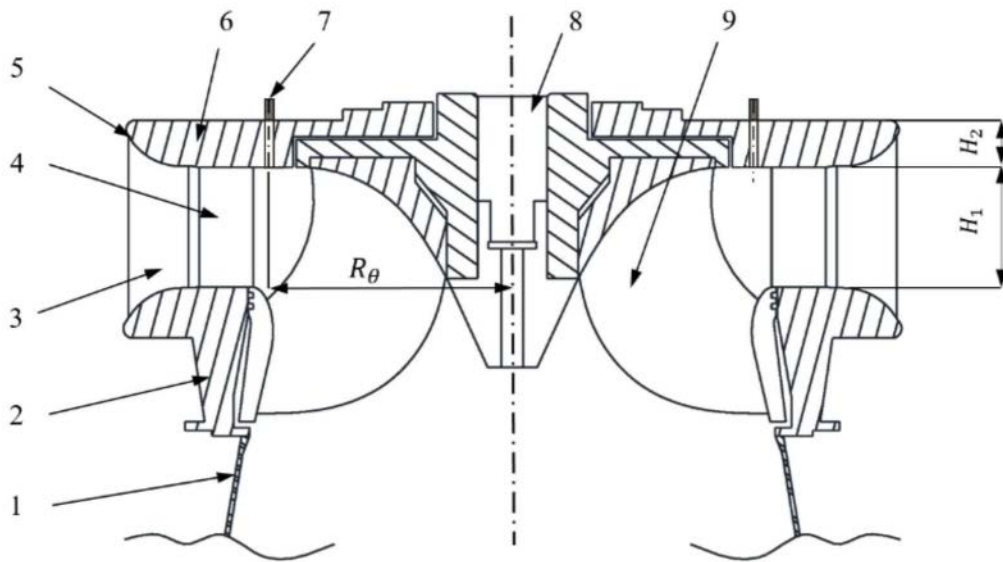


图2

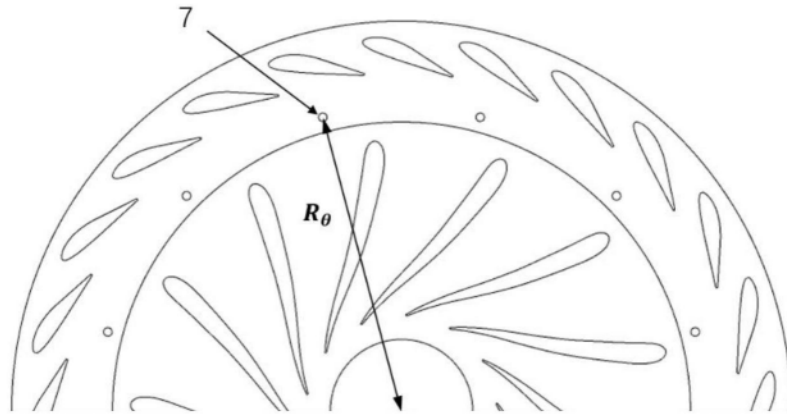


图3

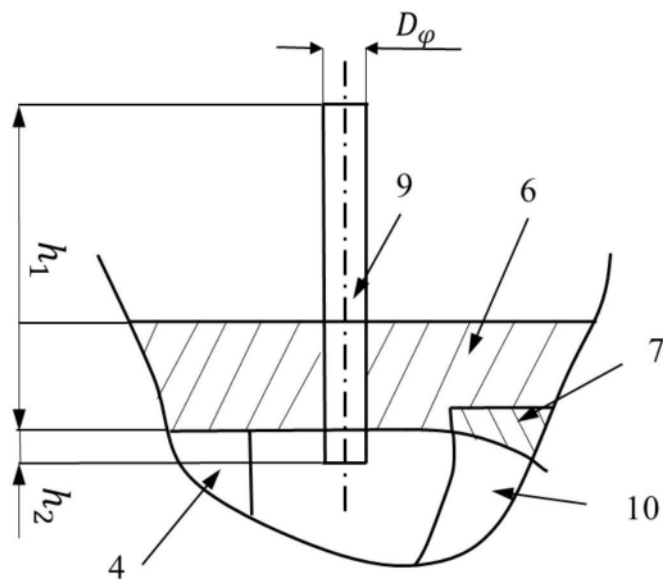


图4

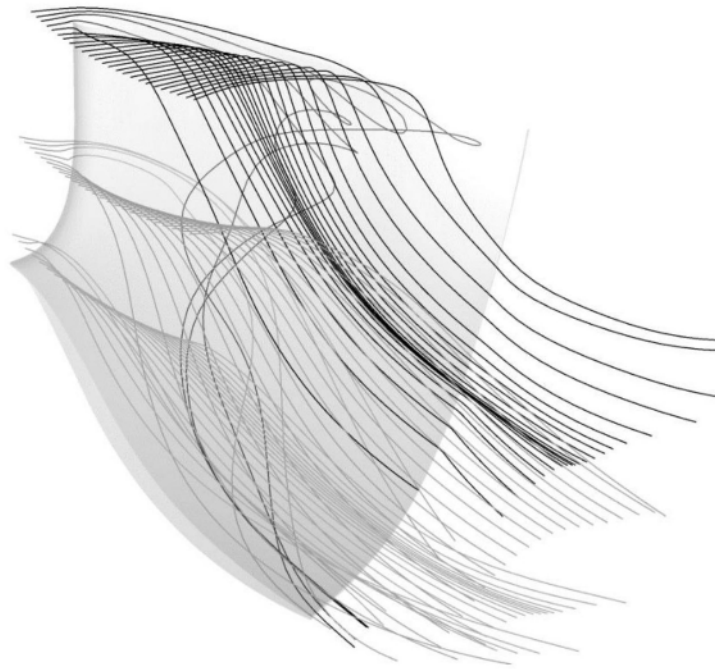


图5

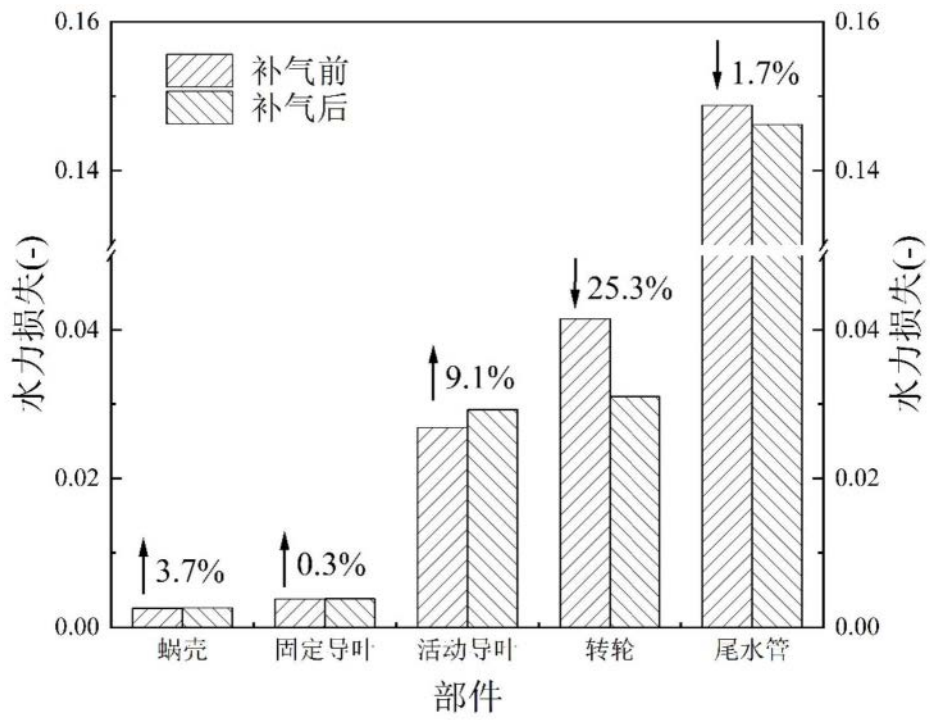


图6