

水轮发电机组运行时剧烈振动和异常声音的分析及处理

陈泰山 陕西省宝鸡峡管理局魏家堡水电站 722301

摘要:魏家堡水电站 3 号机组运行中突然出现剧烈振动并伴有异常声音,停机检查未发现异常。重新开机,振动依旧和有异常声音,不能正常运行,经扩大性检修问题才得到解决。

关键词:振动;异常声音;压力脉动

1. 电站概述

陕西省宝鸡峡魏家堡水电站位于宝鸡眉县马家镇境内,它是利用宝鸡峡引渭灌溉工程现有引水设施及总干渠与渭河一级阶地近百米地形落差,引用塬上灌区非灌溉期的河源来水,灌溉期余水及向塬下灌区补水进行发电的小型渠道引水式电站。该电站装机 3×6300 千瓦的立式混流机组。水轮机型号为 HLP33-LJ-100,额定水头 96.20m,最大水头 99.7m,最小水头 94.40m,水轮机额定流量为 $7.70\text{m}^3/\text{s}$,水轮机额定功率为 6640KW,额定转速 600r/min,飞逸转速 1080r/min,吸出高度 +0.57m;发电机型号:SF6300-10/2600,额定容量为 6.3MW (7.875MVA),额定电压 10500V,额定电流 433A,额定功率因素 0.80 滞后。电站的运行特点是“三高”,即高泥沙含量的渭河水,较高的转速,较高的水头,因此造成水轮机过流部件磨损严重,机组导叶漏水量大,机组停机困难,蝶阀活门四周磨损严重,关闭不严等实际问题。几乎机组一年一次大修。

2. 3 号机组运行情况介绍

3 号机组自上次大修后已运行了近 5000 小时,机组一直运行平稳,振动较小,噪音较低,导瓦温度正常。但 2005 年 3 月 1 日早上 10 点左右,机组突然出现剧烈振动并伴有异常声音,停机检查未发现异常,重新开机,振动依旧和有异常声音,不能正常运行。因问题严重,最后决定进行大修,问题才得到彻底的解决。本文将对 3 号机组振动及异常声音进行分析以及处理方法简单介绍,以供同行参考。

3. 3 号机组可能引起振动及异常声音的原因分析

我们知道,水轮发电机组振动是水电站存在的一个普遍问题,有设计、制造、安装、检修、运行等方面原因,运行中的机组不同程度都存在振动。只要不超过规定的振动值范围。当振动超过允许值时,便会影响到机组安全运行和机组的寿命。从振动的原因来看,一般来说,水轮发电机组振动有水力方面、机械方面、电磁方面等几个方面的主要原因。

3.1 水力方面原因分析

机组运行时出现剧烈振动并伴有异常响声,初步怀疑是转轮叶片之间夹有异物,引起水流进入转轮不均匀而产生水力不平衡的横向力,于是造成转轮振动,异物且与固定部件的碰撞产生异响(曾经出现过类似的情况)。停水后,打开蜗壳进入门,检查转轮上下止漏环及转轮叶片并没有发现夹有异物,从而排除这方面的原因。

担心尾水管中水力不稳定现象引起尾水管中的水压周期性的变化,压力脉动作用于机组与基础上,就引起振动。我们知道,水流在尾水管进口有一环量形成旋流。当此分量达到一定值时,便在尾水管中出现涡带,使尾水

管的水流发生周期性变化,从而引起水压脉动和管壁振动,当水轮机的自振频率与压力脉动频率相同时,便发生共振,影响机组的安全运行。但这种情况一般发生在非设计工况下,而机组是满负荷运行情况出现剧烈振动,因此这种因素当以排除。当水流进入叶片,由出口边流出时,便会在出口边产生涡列,形成对叶片交替冲击,当叶片自振频率与冲击频率相同时,便产生共振,但这种振动只在一定水头和开度时才会产生,它能使叶片的根部或轮缘产生裂纹,有时还伴有异常声响。为此我们在高水头和低水头下以及一定的开度下,开机试验,振动声音未能消除,同时检查转轮叶片,未发现裂纹,因此也可以排除这方面的原因。

转轮止漏环偏心,使进入转轮上冠外沿的水流不均匀,进而产生侧向压力,引起转轮振动。通过测量转轮下止漏,四周均匀。但测量上止漏时,三面间隙均匀,有四分之一左右间隙较大达到近 1mm,而设计值单面间隙为 0.3mm,因此,上止漏不均匀是产生机组振动原因之一。

3.2 电磁方面可能引起振动的分析

电磁振动由发电机磁力的干扰造成的。一般因素有发电机三相不对称运行,发电机突然短路,定转子气隙不均匀等因素。

发电机三相不对称运行时,会发生三相不平衡负载,引起三相电流不平衡。三相不平衡电流会在三相绕组中产生一个正序旋转磁场和一个负序旋转磁场。当负序磁场对着转子纵轴附近时,因气隙小磁力线就多,转子与定子间的作用力就大。当负序磁场对着转子横轴附近时因气隙大磁力线就少,定子与转子间的作用力就小,这样负序磁场和转子之间的作用力时大时小造成转子及定子机座的振动。但从测出的三相电流值分析,三相电流的不平衡值均在规定的范围内,说明三相不对称运行不是主要原因。

定子和转子空气气隙不均匀,就会产生周期性的磁拉力,引起机组的振动。停机后通过测量定子、转子间的气隙,符合安装要求和设计要求这说明和此因素无关。

另外发电机突然短路以及发电机转子两点接地,引起磁场不平衡,造成发电机组强烈振动,但检查发电机转子一点接地保护,其动作灵敏,且对发电机过流保护打印出来的电流值曲线看,未发现突然跳跃,此类因素未发生,从而排除。当天天气晴朗发生雷电流现象几乎不可能,雷击对机组的影响也可排除。

因此,电磁方面的原因不是产生机组振动的主要原因。

3.3 机械方面原因分析

机械振动由于机组机械部分的惯性力,摩擦力的干扰造成的振动。

转子质量不平衡,由于转子质量不平衡,转子重心与轴心产生一个偏心距,这样在转动

时,就会由于离心惯性的作用,主轴将产生弯曲变形,从而造成机组振动。该机组转子和主轴在厂里已经热套好,作了动静平衡试验,且原来一直运行稳定,对于转子质量不平衡的因素可以排除。

机组轴线不正,可能引起横向及纵向振动,直接形成回旋对推力轴承,导轴承均构成威胁,还能增大离心惯性力,使振幅增大。从运行角度看,机组运行一段时间后,由于某种原因使轴线改变。如推力头大轴配合不紧,卡环不均匀压缩,推力头与镜板间的绝缘垫变形或破坏等都会引起机组振动。停机用塞尺测量卡环间隙 0.03mm 的塞尺不能通过。打开上导部分,取出推力瓦发现推力瓦表面光洁无明显摩擦痕迹。拔出推力头,检查镜板绝缘垫,发现完好。因此这一因素又可排除。

导轴承缺陷。轴承松动,刚性不足运行不稳定而润滑不良时,会产生摩擦,引起反向弓状回旋,即横向振动。轴瓦间隙过小,会把转轴的振动传给支座和基础,间隙过大,转轴振动大。另外担心轴瓦间隙的改变引起大轴的平移,从而与上导的油盖板发生碰撞,检查上油盖板与主轴的间隙,四周均匀,符合安装要求。测量导瓦间隙变化不大,最大处才变化 0.02mm,从而又排除它的影响。

担心主轴密封座与抗磨板之间的摩擦碰撞引起振动及响声,在检修拆卸下来检查,并无摩擦碰撞痕迹,这说明它也不是主要因素。

通过上面综合分析,机组振动主要是转轮上止漏环间隙不均匀引起,对于产生异常声音无法通过外界判断且无法开机,因此决定对机组进行拆卸检修。

4. 机组异常声音的原因及处理

4.1 异常声音产生的原因

在排除以上分析的原因后,因无法开机运行,于是决定采取扩大性检修,将机组分解拆卸,在拆卸过程中发现转轮上冠外沿靠上部被磨去近 30mm 深的圆环状,此圆环宽近 2cm 且较规则,转轮上止漏间隙单面为 30mm,顶盖与转轮之间的密封间隙大约为 15mm,一般较大硬物质进不去。即便进入,也不可能使转轮被磨得如此规则,通过测量顶盖固定止漏环尺寸,才发现问题的原因,原来上次大修加工顶盖固定止漏环时,因顶盖固定止漏环尺寸不够,在其表面镶嵌一个钢圈。为便于加工,钢圈由三段弧形钢板弯制而成,钢板较薄,铆焊处因泥沙水的不断冲击,焊接处脱落,致使一段弧形钢圈掉落,附在转轮上冠外沿处,与转轮发生摩擦,致使转轮上冠外沿靠上部磨成一个圆环状。掉下的钢板不停碰撞顶盖造成异常声音;同时上止漏环间隙四周变得不均匀,从而使通过间隙进入转轮上冠背面空腔的漏水量也变得不均匀,产生侧向压力,因压力脉动,造成机组振动。

4.2 处理办法

(下转第 128 页)

谈如何控制高速公路柔性路面 碎石基层的质量

周春雨 河南省扶项高速公路有限公司

粗细碎石集料和石屑各占一定比例的混合料,当其颗粒组成符合密实级配要求时,称为级配碎石。控制材料的级配是搞好级配碎石基层质量的基本环节。若使用的集料不能满足级配的要求,那么施工方面即使花费很大的精力也很难达到弯沉、密实度等各项指标的要求。

对于级配集料,主要应控制最大粒径 5mm 以下、0.5mm 以下和 0.075mm 以下的颗粒含量以及塑性指数和现场密实度,在有条件的情况下采用未筛碎石和石屑相配和平级配碎石,也能取得良好的效果。这两种生产级配碎石的方法相比的利和弊:第一种方法虽然能保证很好的颗粒组成,但投资大,生产效率不得很高;第二种方法虽然颗粒组成不如第一种准确、稳定,但也能较好地满足设计要求,同时,机械、工序相应减少,就当时的条件,施工是既经济又高效。

1、下基层技术要求

下基层应有足够的强度与稳定性,是保证其上层结构强度与稳定性的基本条件。级配碎石底基层的下基层是土基,土基的施工质量控制除需要严格按规范分层填筑,控制上质粒径、含水率、选择优良的机械充分压实外,土基顶面路槽修整工作的质量对级配碎石底基层的质量有着直接影响,应格外重视。

路槽的修整工作可分为两项:一是依据设计高程填路槽土;二是对路槽上进行充分碾压,达到设计要求。

修整路槽用土的土质需与土基用土一致,采用砂性土,在施工中严格将超载顶压上方和粉性砂清除干净。填补路槽土,松铺厚度不小于 10cm,严禁一味地被平填土,使松铺厚度太薄,虽利于碾压但碾压后形成一层薄薄的土层,不易达到强度要求,水稳性显著降低,这

对以后的底基层施工着很大的危害,必要时,要将原土基进行犁松,使松铺厚度达到要求。路槽的碾压,要控制上的含水率接近最佳含水率,并注意碾压到一定程度时,进行压实度检测,以免出现碾压不够或碾压过度,同时保证路基表面的平整度及规定的路拱。在上底基层之前,要重新检测密度,要求碾压完全合格。

2、运输和摊铺工作

材料的运输是在施工中容易被忽视的一个环节,这一环节若控制好,可减轻现场分别堆放,装车时,控制每车数量基本一致,按设计的配合比装车,碎石在下,石屑以减轻路上拌和的工作量。由于控制了装车数量,便可根据铺筑的宽度和厚度,计算准确卸料距离,每车料按指定地点卸于下承层上,以避免局部料不够或过多。再利用装载机和平地机便能很快按松铺厚度将料摊铺均匀,操作既简单又迅速。

3、拌和和整形要求

拌和是底基层施工中重要的一环。理论上已满足级配要求的碎石,在铺筑于土基土后使粗细颗粒均匀分布,以达到级配现场检测的要求,它直接影响后期碾压工作的效果。我们采用的是平地机路拌法,在混合料摊铺工作完成以后,检测其含水率,然后,依据规范要求调整平地机片角度,对混合料进行拌和。拌和过程中要注意保持所需水分,当拌和进行到一定程度外观看起来较为均匀时,应立即进行检测。当测出含水率等于或略大于最佳含水率,筛分结果满足级配要求时,拌和即告一段落。依据施工实践,一般拌和 3-4 遍即可满足级配要求。

整形工作是按照规定的路拱将基料摊铺。平地机整形后,路拱很难达到设计要求。针对

这种情况,我们在边桩及中桩控制松铺厚度的基础上,增加了横向交叉网状拉线来检测整形过的路拱。对不合格部分,在未产生离析的情况下,进行人工修整。这种做法不但保证了路拱,使行车舒适、安全,排水顺畅,而且厚度均匀,用料经济合理。

4、碾压工艺

级配碎石结构层的强度,主要是通过碾压而获得颗粒的嵌挤、锁结细料的填充所形成的联结强度。因此,提高碾压工作的质量,是获得高强度结构层的直接手段。根据以往的经验,当材料的含水率小于最佳含水率时,增加材料的含水率小于最佳含水率时,方能获得最佳压实效果。为此,在碾压时,需测含水率,控制含水率等于或略大于最佳含水率,必要时,要进行补充洒水。碾压时的轮迹及行速严格按规范要求进行。

施工中根据所用压实机械,对具体碾压操作方法亦有所不同要求。规范中对碾压的具体操作方法不是很详细,只要求碾压遍数 6-8 遍。经过观测与摸索,发现对级配碎石这种结合料的结构层,开始宜静压,使其形成一定的度,接着宜用微振动及大振动,使结构层内部密实,碾压到要求的密实度为止。严禁从振动碾压中结束碾压工作,振动碾压虽能使深层若使用压实机械为 12t 振动压路机,按规范要求压实机,碾压时要把控制含水率和遵守碾压程序相结合并及时检测碾压结果,才能做到经济合理。

结束语

碾压时要注意均匀性,避免产生薄弱地点和过强地点。过强和过弱地点反映出结构层的不均匀性,对结构层的强度有不利影响,同时,对弯沉的检测具有很大影响。

5. 结语

通过修复顶盖固定止漏环,更换转轮,根据盘车后重新调整导瓦间隙,3 号机运行时剧烈振动并伴有异常声音这一问题得以解决。机组大修后,安全运行至今。

但这次修复顶盖和更换转轮以及机组拆卸回装,造成了近 40 万元的损失。主要原因有三个:一是上次大修时顶盖固定止漏环修复时质量不过关,加工工艺不当,造成机组振动和转轮损伤。二是造成转轮损害减少了转轮使用寿命。三是监督机制不到位,缺乏对外加工件质量监督和验收,对外生产加工的配件没有组织验收,这不能不引起有关方面的重视。

参考文献

- [1] 陈建龙,方勇耕编.水轮机及辅助设备运行及维修.河海大学出版社,1997,1
- [2] 于兰阶编.水轮发电机组安装与检修.中国水利水电出版社,1998,6
- [3] 刘大恺编.水轮机.中国水利水电出版社,1997,10

(上接第 108 页)

件养护时,早期脱水或受外力砸坏。

8.3,防治措施。(1)水泥应有出厂合格证,新鲜无结块,过期水泥经试验合格才用;砂、石子粒径、级配、含泥量等应符合要求,严格控制混凝土配合比,保证计量准确,混凝土应按顺序拌制,保证搅拌时间和拌匀;防止混凝土早期受冻,冬期施工用普通水泥配制混凝土,强度达到 30% 以上,矿渣水泥配制的混凝土,强度达到 40% 以上,始可遭受冻结。按施工规范要求认真制作混凝土试块,并加强对试块的管理和养护。(2)当混凝土强度偏低,可用非破损方法(如回弹仪法,超声波法)来测定结构混凝土实际强度,如仍不能满足要求,可按实际强度校核结构的安全性,研究处理方案,采取相应加固或补强措施。

(上接第 116 页)

顶盖修复 顶盖修复时,首先将原锚焊的剩余部分两段弧形钢圈去除,车削顶盖固定止漏环内壁 1.5cm,加厚内镶嵌的钢圈厚度,同时考虑内镶钢圈加工余量,对内镶的钢圈进行梅花状锚焊,保证焊接牢固。同时,保证钢圈内圆的光洁度及圆度,特别是锚焊处打磨光滑,不能有高点,加工时保证固定止漏环尺寸在设计值允许误差内。

导瓦间隙重新调整 对拆卸下来的上导瓦、下导瓦、水导瓦及推力瓦逐一检查瓦背支柱螺栓是否松动,是否有裂纹,对有拉伤痕迹的导瓦进行研磨修刮。根据盘车数据对导瓦间隙重新分配调整。

更换转轮 由于转轮上冠外沿磨损严重,短期内又难修复,故采取更换新转轮,对新转轮出厂进行了验收,且连轴后的转轮,进行了同心度的校核。

严格控制安装质量 按照工艺流程,道道把关验收,保证安装质量符合技术要求。