

水力机组安装与检修

华北水利水电学院
武汉水利电力学院 合编
华东水利学院

电力工业出版社

水力机组安装与检修

华北水利水电学院
武汉水利电力学院 合编
华东水利学院

电力工业出版社

内 容 提 要

本书着重讲述水轮机、水轮发电机、管道及辅助设备安装检修的基本工艺和安装程序,对安装、检修中的主要环节以及统筹方法在安装工作中的应用作了较详细的叙述,同时介绍了水轮发电机组经常出现的故障、原因分析及处理方法。

本书可作为高等院校“水电站动力设备”专业的教材,也可供从事水轮机、水轮发电机及其辅助设备安装、运行及检修的工程技术人员和中等专业学校师生参考。

水 力 机 组 安 装 与 检 修

华北水利水电学院
武汉水利电力学院 合编
华东水利学院

*

电力工业出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 10.5印张 234千字
1981年7月第一版 1981年7月北京第一次印刷
印数 00001—7100册 定价 1.20元
书号 15036·4207

前 言

本书讲述水力机组安装和检修的基本原理和工艺。在内容上注意结合机组安装和检修工作的实际；同时对水力机组运行的不正常现象、汽蚀、振动和泥砂磨损等问题进行了初步的理论分析；此外，还简单介绍了采用统筹方法编制施工组织计划的基本原理和应用实例。

全书共九章，其中绪论、第一、四、五、九章由华北水利水电学院寿梅华、常近时、陈造奎三同志编写；第二、三章由华东水利学院郑本椿同志编写；第六、七、八章由武汉水利电力学院刘忠贤同志编写。全书由华北水利水电学院陈造奎同志主编。

电力工业部第五水电工程局安装处翁玉光同志对全书进行了审阅。

本书在编写过程中得到水利部第一工程局安装处，电力工业部第五水电工程局安装处等单位的大力支持，在此一并表示感谢。

编 者

一九八〇年十二月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 水力机组安装中的起重工作	3
第一节 吊装工作基本要求	3
第二节 水力机组主要部件的吊装方法	3
第二章 水力机组安装的基本工艺	9
第一节 部件组合装配	9
第二节 校正调整工作和基本测量	13
第三节 分瓣转轮的焊接工艺	17
第三章 水轮机安装	24
第一节 概述	24
第二节 混流式水轮机埋设部分的安装	24
第三节 混流式水轮机的预装	30
第四节 混流式水轮机的正式安装	34
第五节 轴流式水轮机的安装特点	38
第四章 水轮发电机的安装	46
第一节 水轮发电机的类型和结构	46
第二节 一般安装程序	51
第三节 发电机转子组装	54
第四节 定子组装	60
第五节 转子找正和主轴联接	62
第六节 推力轴承的安装和调整	64
第七节 机组轴线测量和调整	71
第八节 导轴承的安装与调整	79
第五章 辅助设备的安装	81
第一节 管道配制	81
第二节 管道系统的安装	84
第三节 空气压缩机和水泵的安装	86
第四节 蝶阀的安装与调整	92
第六章 水力机组的起动试运行	97
第一节 起动试运行的任务和要求	97
第二节 机组起动试运行程序	98
第七章 水力机组的振动和平衡	103
第一节 机组振动的原因和危害	103

第二节	机组振动的分析方法	108
第三节	水轮机转轮静平衡	110
第四节	发电机转子的动平衡	116
第八章	施工组织设计	124
第一节	统筹方法简介	124
第二节	统筹方法在安装工作中的应用	137
第三节	施工作业计划的编制	139
第九章	水力机组的检修	142
第一节	水力机组检修的特点和检修周期的确定	142
第二节	水轮机泥砂磨损和汽蚀破坏的一般情况	145
第三节	水轮机泥砂磨损和汽蚀破坏的主要修理方法和技术措施	151
第四节	水轮机叶片的测绘方法	156
第五节	机组经常出现的故障和处理方法	159

绪 论

《水力机组安装与检修》是一门研究水轮机、水轮发电机及其附属设备安装工艺和修理工艺的专业课程。

水利资源的开发,水电站的设计、施工,动力设备的设计、制造和安装,以及水电站的运行和经营管理等,所有这些,作为一个整体来看,要解决许多相互联系而又相互影响的比较复杂的科学技术问题。水力机组的安装和检修是这个整体的一个不可缺少的部分。

水电站机电安装工作质量的好坏,直接影响水力机组的长期、稳定和安全运行。所谓长期性,是指动力设备应具有制造厂规定的使用寿命(一般在30~40年以上),在运行中,这主要决定于零部件抗磨损和抗汽蚀的性能;安全可靠是指设备在规定的使用期间内和规定的使用条件下,能够无故障地运行并发挥其应有的功能;运行稳定性,是指机组在运行中的振动和摆度都在允许范围内。当然,以上这些要求除跟机组的设计制造和运行管理有直接关系外,跟机组的安装质量好坏和运行中对机组的维护检修也有密切关系。

水轮机使用工质的单位载能效益低,跟同样功率的其它动力设备比较,水轮机的工作机构就需要有足够大的尺寸。为了保持其结构具有必要的强度和刚度,部件的重量必然要增加。例如30万千瓦机组的水轮机转轮,其名义直径为5500毫米,最大直径为6110毫米,转轮重达102吨。TS1260/200-48型水轮发电机定子直径14350毫米,其转子重量达650吨。这就给水轮机转轮、发电机转子和定子等大型部件的整体制造和运输都带来了困难。为此,大型部件须采用分瓣制造,待运到安装工地再进行组装。所以,尺寸大,重量大,工艺复杂,技术条件要求严格,这是现代水力机组安装工作的特点之一。

由于自然条件的差异和开发水电方式的不同,各种类型的水电站要求有不同型式的水力机组,它们的安装方式和安装工艺都是有差别的。例如冲击式水轮机、混流式水轮机和转桨式水轮机这三者的结构不同,调节方式也不同,转桨式水轮机双重调节的受油器操作油管的安装和转轮叶片操作机构的安装,就比混流式和冲击式水轮机的要复杂得多。斜流式水轮机和贯流式机组,由于其导轴承和推力轴承的结构形式不同,它们的安装要求也有差别。这是水力机组安装工作特点之二。

安装过程中有大量的试验调整和计算工作,如调速器的调整试验,各部件的焊接质量检查,水平、高程、中心、圆度、垂直度的调整,大型螺栓紧固力和伸长的计算,轮毂烧嵌温度的计算以及投产前调整试运行、静平衡和动平衡等工作,理论性和技术性都很强,这是安装工作特点之三。

基于上述特点,本书第一、二章讲述安装的起重工作和安装基本工艺。

第三、四、五章分别介绍机组及辅助设备的具体安装方法和工艺。

第六章叙述水力机组投产前的起动试运行,这项工作是为了发现机组运行的前期故障,经验证明,机组前期故障处理得越彻底,对正式投产后正常运行越有利。

为了提高水力机组运行的稳定性，消除其振动是一项重要措施。机组产生振动，除了由于其本身结构和性能方面的原因外，往往是由于在安装中忽视动、静平衡。第七章将讨论机组振动和平衡问题。

大型机组的安装工序多，时间长，技术要求高，机、电和土建施工并进，为此，要求各工种密切配合，形成合理的生产节奏，以便缩短安装期限，高质量、低消耗地完成安装任务。第八章介绍采用统筹方法编制施工计划和安排作业进度。

第九章简要地介绍水力机组维修方法和技术措施，对水轮机汽蚀破坏和泥砂磨损的机理也作了必要的论述。

科学技术在不断发展，水力机组安装和检修技术也在不断提高。在工程上如何吸取和引进国外的一些先进技术和工艺应引起足够重视。

第一章 水力机组安装中的起重工作

第一节 吊装工作基本要求

水电站机电安装工作中，起重工作十分重要。随着我国水电事业的发展，单机容量愈来愈大，部件的尺寸和重量也相应增加，加之安装工期又紧迫，这就对起重工作提出了很高的要求。因此，根据工程具体情况，制定先进可行的吊装措施与合理的吊装方法，并跟其它安装工作密切配合，互相协作，这对加快工程进度，保证安装质量，从而使工作安全顺利地有节奏地进行，有着极其重要的意义。

为保证起重工作的顺利进行，必须做好起重运输的技术安全工作，这是实现安全第一，文明生产的重要保证。因此，吊装工作应注意以下安全注意事项：

(1) 工作前应认真细致地检查所使用的工具，如钢丝绳，滑车等是否超过报废标准，凡超过报废规定的不准使用；

(2) 捆绑重物的钢丝绳与机件棱角相接触处，应垫以钢板护角或木块。捆绑重物的钢绳与垂直方向的夹角一般不得大于 45° ；

(3) 吊运重物必须找准重心，平起平落；

(4) 两台起重机吊装同一重物时，其重量（包括吊重和吊具）不许超过两台起重机的公称起重量之和。悬挂点应分配合理，不使超过每台的公称起重量；

(5) 起吊重物前，应先提起少许，使其产生动荷重，以检查绳结，同时用木棍或钢撬棍敲打钢绳，使其靠紧；

(6) 吊绳应系在起重物件的牢固部位，数根吊绳的合成着力点应通过吊物的重心，各吊绳应均衡拉紧；

(7) 吊运重物所使用的机具，应经验算和试验，合格后方准使用；

(8) 起重运输工作应由专人统一指挥。

第二节 水力机组主要部件的吊装方法

在水电站机电安装工作中，吊装作业的工作范围广，施工条件又很复杂，因此，拟定设备吊装方案，必须根据所吊重物的重量、特点、安装质量要求、工机具、人力以及吊装现场的具体条件等，进行综合分析，灵活运用，制定出安全可靠、简单可行和能保证安装质量的合理的吊装方法。

吊装作业千变万化，但归纳起来不外以下几种方法：

(1) 吊升和顶升——将重物垂直吊升或顶升；

(2) 移行——使重物沿水平或倾斜平面移动；

(3) 翻转——将重物上、下翻面；

(4) 转向——在水平面上将重物转一个角度;

(5) 转起和滑起——使重物竖立。

现将水力机组几个主要部件的吊装方法简介如下。

一、发电机定子整体吊装

大型水轮发电机定子, 由于运输尺寸的限制, 整体运到工地是不可能的。因此, 一般多分成若干扇形瓣运到工地, 然后在工地再组装成整体, 甚至有的大型定子分瓣运输仍有困难时, 则机座由制造厂制造或在工地拼焊, 铁芯的堆叠、定子下线等工作都在工地进行。这些工作若在机坑内进行, 势必要和水轮机的安装相干扰, 影响施工进度, 不利安全生产, 这就会使整个机组的安装周期延长, 影响机组的早日投产发电。近几年来, 我国安装技术人员采用定子坑外组装下线, 然后进行定子整体吊装就位的先进施工方法, 甚至上机架和推力轴承的组装及空气冷却器挂装等都可坑外进行, 最后跟定子一起整体吊装就位。

定子整体吊装是起重工作最复杂的吊装工艺。因为定子重量大, 尺寸也大, 必须防止机座及铁芯的变形, 以及由此而产生的定子绕组线棒绝缘的损坏。这是整吊工作的中心问题。为此, 必须采取可靠措施, 对定子进行加固, 增加其刚度, 减少作用于定子的径向力, 以及在非吊点处产生的挠度。为了达到上述目的, 可根据施工工地的具体条件, 用上机架加固或利用特制的抬梁托住定子, 并在非吊点合缝处的上、下端和吊点组合缝的下端焊钢板加固。

为了使定子的正式吊装工作在绝对安全可靠的情况下进行, 在安装间全部组装工作结束后, 最好做一次整体起吊试验。其目的在于:

(1) 检查桥式起重机、平衡梁、销轴、吊耳等以及焊缝在全负荷下的工作情况, 校核设计强度;

(2) 测量定子、平衡梁、吊耳等在吊起状态下的应力和变形, 给定子整体耐压试验提供技术数据;

(3) 为正式吊装做一次实际的预演习。

图 1-1 为某电站用上机架加固定子的整吊情况。该电站转子吊入先于定子。上机架、推力轴承油槽、弹性油箱以及空气冷却器等均在坑外和定子组成整体, 一起吊装。这次整吊采用两根自制的箱型梁作吊具, 每根梁的两端各有一个吊耳, 通过拉杆跟焊在定子合缝板上的吊耳铰接。梁的跨中以销轴与桥式起重机主钩连接, 由两台起重机抬吊。定子由六瓣组成, 其中对称方向的四个合缝上焊有吊耳, 作为吊点, 余下对称方向两个合缝即为非吊点。定子的水平调整, 在厂房纵向由主钩调整, 在上、下游方向由拴在上机架支腿和主钩动滑轮上端横梁间的四套拉紧装置作微调。

某电站曾利用一台桥式起重机整体吊运大直径定子。定子外径为 $\phi 11350$ 毫米, 内径 $\phi 9330$ 毫米, 高 2660 毫米, 重 142 吨, 分 4 瓣。为解决起吊时径向分力引起的定子变形, 用两根成型槽钢梁, 摆成十字状, 一根在上, 一根在下, 在梁的两端槽钢腹板加焊补强板后, 穿上螺栓、卡扣装在定子机座分瓣处合缝板的工艺孔内, 钢丝绳绕螺栓外缘挂在主钩上。这种布置的特点是: 梁与梁不固定, 梁与定子不固定, 螺栓外缘大于定子外径, 径向

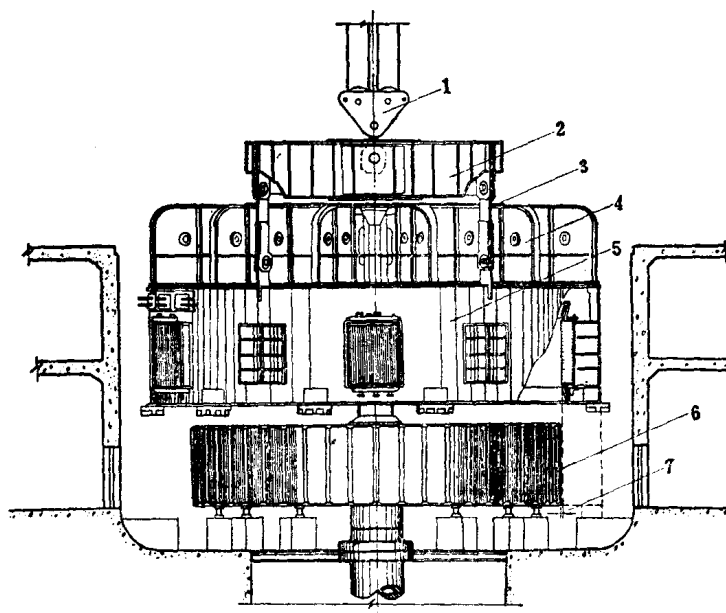


图 1-1 发电机定子整体吊装

1—桥机主钩；2—平衡梁(两根)；3—吊杆(四根)；4—上架；5—定子；6—转子；7—空气间隙

力全由梁承担。

二、发电机转子吊装

发电机转子是水轮发电机组的最重部件，它是确定厂内桥式起重机的起重量和提升高度的依据。发电机转子吊装是机组安装中的重要环节，同时也表明机组安装工作中的大部分工作已经完成。在进行这项工作时，必须做好周密细致的准备工作，以确保吊装工作安全顺利地进行。

吊转子前应对有关起吊设备进行全面检查。对行走机构和提升机构的制动闸、齿轮、轴承、滑轮、钢丝绳和螺栓等进行重点检验。对润滑系统、电气操作系统、轨道和阻进器等进行一般的检验。对起重梁或梅花吊具的卡环和轴承内的滚柱是否入位进行重点检验。两台桥式起重机抬吊，则必须做好并车试验，检查两台桥式起重机的动作是否同步。

对于没有做过负荷试验的桥式起重机，在吊转子之前，必须做好静负荷试验和动负荷试验。

在确认上述各项准备工作一切正常后，方可进行转子正式吊装。一般两台桥式起重机抬吊转子步骤如下：

(1) 两台桥式起重机并车，挂好起重梁，两台桥式起重机抬起起重梁，找好起重梁水平，套入转子主轴，上好卡环，如图1-2所示。

(2) 提升主钩，使其承受一部分力，检查各部分的工作情况，如一切正常，可继续提升主钩，使转子离开支墩少许，再次检查各部分工作情况，同时用方型水平仪在轮辐加工面上测转子的水平。如果发现转子不水平，可以用加配重的方法或挂导链进行调整。水平调好后，做几次起落试验，检查起重机的工作情况及转子轮环下沉值，初步鉴定转子组装质量。然后，将转子提升1米左右，对转子下部进行全面检查。确认一切合格后，可吊

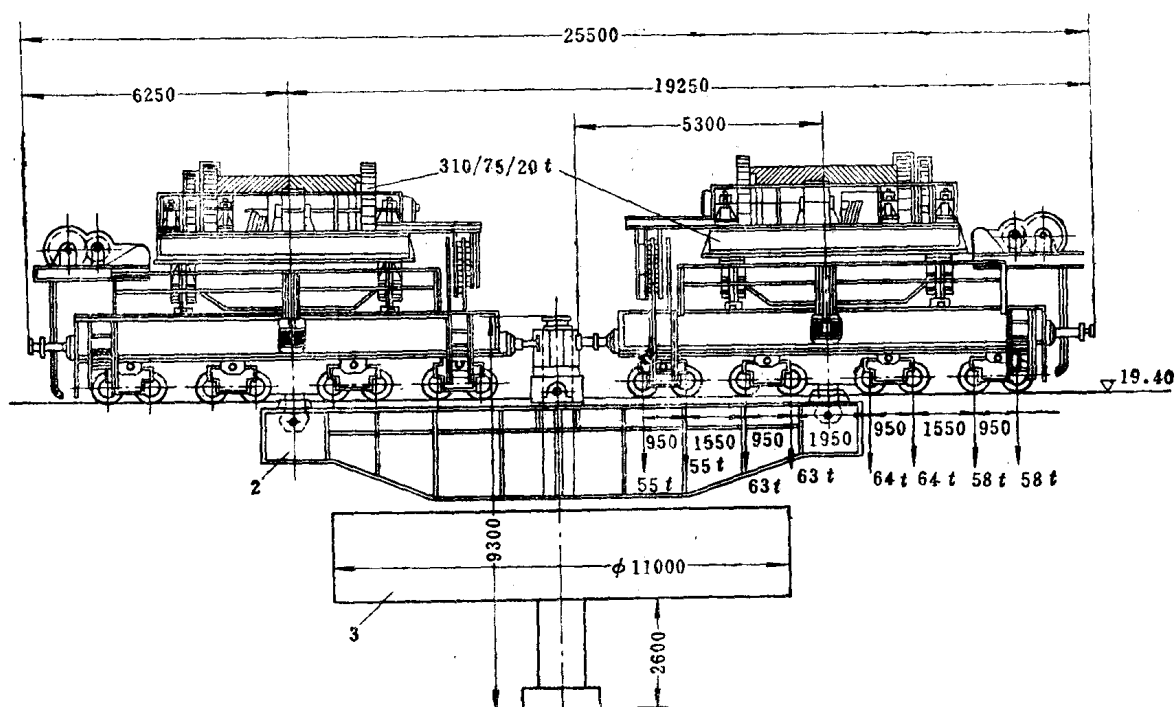


图 1-2 两台桥式起重机吊运发电机转子

往机坑。当转子吊至机坑上空时，初步对正定子，徐徐下落，当转子将要进入定子时，再仔细找正转子。同时，用 8~12 根木板条（宽约 40~80 毫米，要比磁极长，厚为空气隙之半），均匀布置在定子和转子的间隙内。每根木板条由一人提着靠近磁极中部上下活动，在转子下落过程中如发现木条卡住，说明在该方向间隙过小，需向相对方向移动转子，中心调整几次后，转子即可顺利下降，待其即将落在风闸上时，要注意防止主轴法兰止口相碰。

转子落在风闸上以后，转子吊装即告结束。

因为转子很重，吊装时必须借助专用吊具进行。而转子重量及结构的差异，使吊转子的专用吊具也不相同。一般小型转子用端耳吊具，如图 1-3；中型转子用套耳吊具，如图 1-4；大型转子用起重梁，如图 1-5；大型无轴转子用梅花吊具和起重梁，如图 1-6。

三、转轮翻转

对于有操作架结构转叶式水轮机的转轮，在组装时，必须将转轮体倒置在支墩上，以便组装下半部分的零件，这样工作起来既安全又方便；待下半部分组装完毕，再将转轮正放在支墩上组装上半部分零件和联轴工作。为了保证转轮在翻转过程中不致造成个别受力零件变形或损坏，必须采取有效措施加以防止。

转轮翻转通常有两种方法：一是落地翻，即转轮翻转过程始终不离开地面；二是空中翻，即先吊起转轮离开地面一定高度，然后在空中翻转后，再放在支墩上。

当厂内只有一台桥式起重机而副钩的起重量又不足转轮的重量时，一般可采用落地翻。并采取可靠措施，对着地叶片进行适当加固，防止变形。从受力分析看，只要翻转过程中叶片的受力不超过设计值，落地翻是可行的。但是只采用一个吊钩进行落地翻，转轮

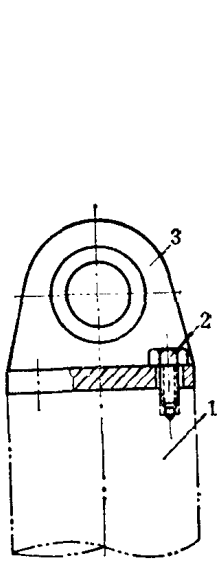


图 1-3 端耳吊具
1—主轴；2—螺钉；3—端耳吊具

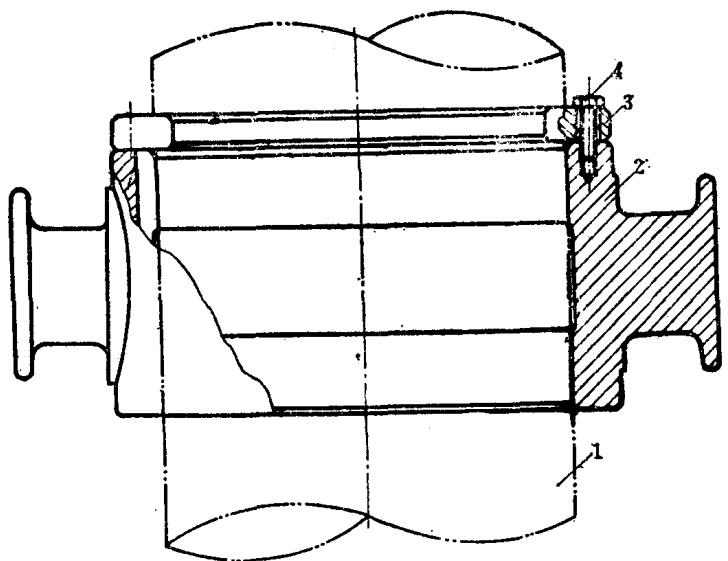


图 1-4 套耳吊具
1—主轴；2—套耳吊具；3—卡环；4—螺钉

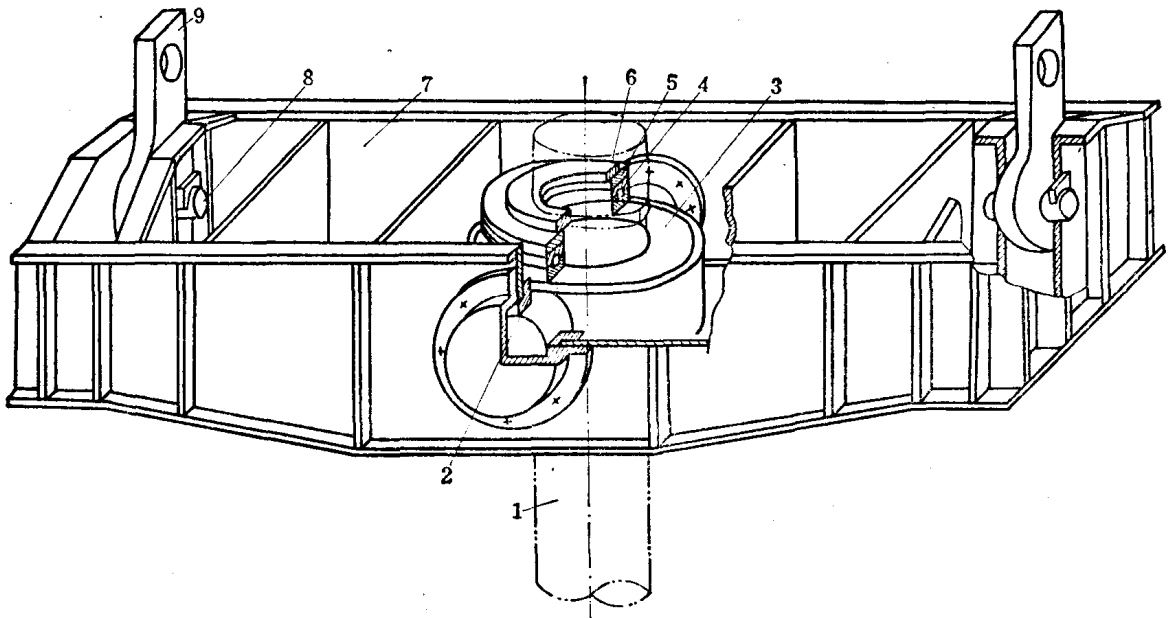


图 1-5 起重梁
1—主轴；2—铜套；3—轴套；4—止推轴承；5—垫板；6—卡环；7—起重梁；8—轴销；9—吊耳

容易产生倾覆事故，不安全。因而采用以主钩为主，副钩辅助的办法进行落地翻较有把握，具体操作过程如下（见图1-7）。

这种翻转方法的特点是：两钩均受力，支点不离地，主钩不断提升使支点受力减轻，边翻边走车，关键在找正。

从受力分析看，最不利的受力状态是在副钩不受力时。在 90° 位两钩均不受力的情况下，为确保安全，可采用一些加固措施，如将支点侧的相邻叶片端部用型钢焊成一体，使其联合受力。将支点侧叶片与转轮体之间用楔子板打紧，减少作用在枢轴法兰面上的挤压

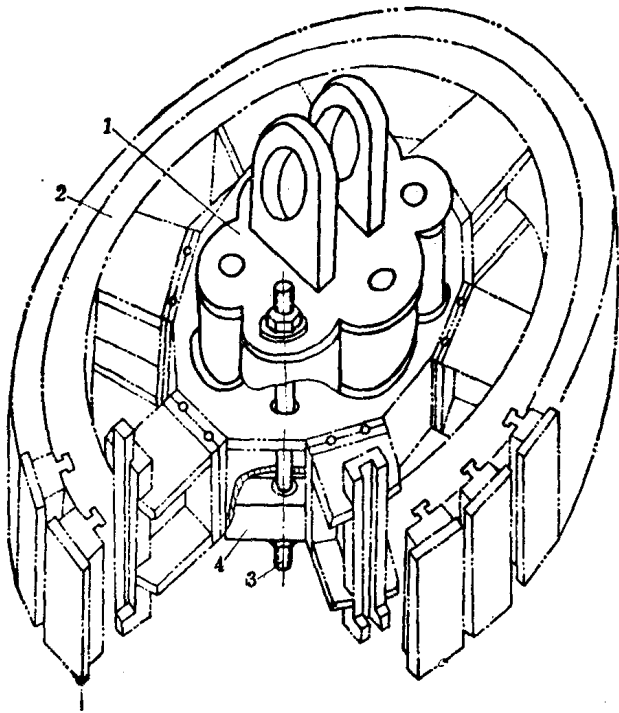


图 1-6 梅花吊具

1—梅花瓣；2—转子；3—连接螺杆；4—下部横梁

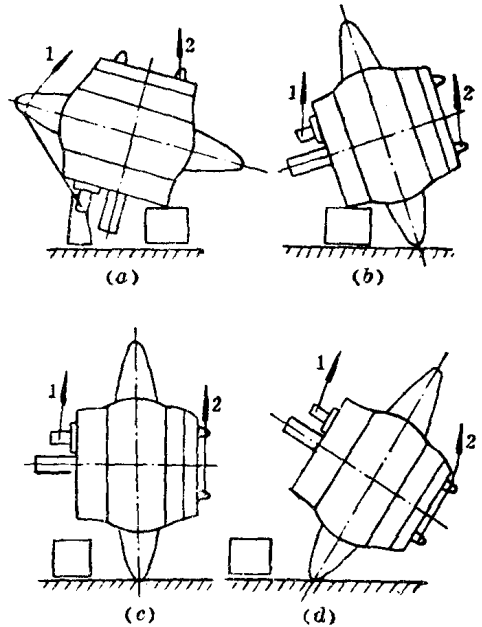


图 1-7 转轮落地翻的方法

1—主钩；2—副钩

力。

需要注意的是，在翻转过程中，小车要适时走车，找正重心，勿使支点处产生水平方向滑动，支墩要加固，防止副钩过载。

这种翻转法吸取了空中翻的优点，避免了单钩翻不稳定的缺点，叶片受力减小，提高了安全可靠。

空中翻是比较理想的翻转方法，这种方法安全而有把握，操作简单迅速，有条件的应尽量采用。当厂内有两台桥式起重机时，一般都采用空中翻，跟图 1-7 所示相类似。首先用 1# 主钩吊起转轮离支墩一定高度，使转轮在翻转时不致碰支墩。然后，提升 2# 钩，使转轮轴线水平，再降落 1# 主钩，使转轮重量完全由 2# 钩承担，转轮翻转 180°。最后走车，把转轮仍放在支墩上。

四、主轴竖立

主轴竖立采用起重基本工作中的转起方法，通常把主轴下端法兰用方木垫稳，把端耳吊具装在主轴上端，进行立吊。吊钩边提升边向主轴下端一侧移动，以保持吊绳的垂直，防止主轴平移。直至把主轴垂直吊起，然后吊至组装位置。

第二章 水力机组安装的基本工艺

大型水轮发电机组，在制造厂虽然对某些零、部件要进行预组装，检查其加工质量及配合情况，但由于运输条件的限制，一般直径大于4米的要分瓣运输。所以水电站工地的机电安装工作是典型的制造厂装配工艺。甚至有些工艺过程在制造厂是不可能进行的，其工作量之大，工艺之复杂都超出了制造厂内的装配范围。而水电站的机电设备安装是机组投产前的一项关键工作，安装质量的好坏，直接关系到将来电站的安全经济运行。所以，采用先进合理的安装工艺和正确的操作方法，对保证安装质量和机组的寿命有着重要的意义。

尽管机组的尺寸、型式各不相同，但基本安装工艺可归纳为几个主要方面。下面分别叙述。

第一节 部件组合装配

为了使水力机组的各零件按一定的技术要求组合起来，确保水力机组可靠地正常投入运转发电。在安装工地上，水力机组的组合装配主要是钳工修配与联接。

一、钳工修配

(1) 手工凿削和锉削，使零部件表面间的连接或机件之间的相对位置正确，一般适用于要求精度较低以及加工量较大的场合。如水轮机导水机构导叶上、下端面和立面间隙的调整等。

(2) 钻铣孔配制销钉，以固定已调整好的机件的相对位置。如下部固定迷宫环、底环、顶盖等均分别与座环之间用销钉定位。

销钉除用来定位，以保证机件之间的相对位置正确外，还可以使紧固用的联接螺栓只承受拉力，而切向力由销钉承受，这样可以提高联接的可靠性。应该指出，只有确认机件之间的相对位置不再作任何变动时才采用这种方法。

(3) 对配合表面刮削和研磨，以改善配合表面的接触情况，使配合表面接触均匀、紧密，提高零件表面光洁度及形状精度和配合精度。如轴瓦的刮研等。

刮削主要是手工操作，可达到相当高的精度和光洁度，但手工刮削劳动量很大，所以其加工量应尽量小，一般在0.05~0.1毫米范围内。

研磨可达到最高的加工精度，通常采用化学研磨。化学研磨是由于涂在加工表面的研磨膏中有酸的作用，使其表面产生很软的氧化金属薄层，然后借助于磨具的运动去除氧化膜的加工方法。另一种是机械研磨的方法，它是利用悬浮在液体中的研磨料对磨具和工件的加工表面进行研磨。磨料的晶粒有很高的硬度，通过晶粒锐边的切削作用而达到研磨的目的。

现将水电机组轴瓦的刮研方法介绍如下:

(1) 推力轴瓦的刮研 在刮研推力轴瓦时, 把调整试装好的推力轴承座和瓦放置在很稳定的木台上。为了便于工作, 木台的高度应适当, 一般以600~800毫米为宜。瓦架上先将三块瓦呈三角形方位放置, 并初调其高程。然后吊上镜板, 调整镜板水平在每米0.2毫米以内。用研磨机顺机组旋转方向转3~5圈, 然后再吊开镜板, 把推力瓦放在平台上刮削。每次刮研前要用苯或酒精把瓦和镜板擦干净, 保护镜板面的光洁。

刮削时, 首先粗刮, 可用小研磨平台代替镜板研瓦, 经过几次研刮之后, 瓦面呈现均匀而光滑的接触状态。接着可进行精刮, 精刮必须在镜板上进行, 按照接触情况用弹簧刮刀挨次刮削。刀痕要清晰, 前后两次刮削的花纹应大致垂直, 最大最亮的点应全部刮掉, 中等接触点挑开, 小点暂时不刮, 这样会使大点分成多个小点, 小点变大点, 无点出现小点。当接触点达到要求后, 可对照图纸修刮进油边, 非进油边刮出倒角。

当三块瓦或一块瓦研刮合格后, 随即换上未刮的瓦继续进行上述工作。直至刮完所有的瓦为止。

当机组盘完车后, 再次抽出推力瓦, 检查接触情况, 进行修刮。并以抗重螺栓为中心, 将瓦中心刮低两遍, 第一遍刮瓦宽的二分之一, 第二遍刮瓦宽的三分之一。其目的是防止中心散热不良引起热膨胀, 从而发生过度磨损。

对于薄推力瓦, 中心可不必刮低。但在刮瓦前必须首先研磨薄瓦和托瓦之间的接触面, 其接触面积要大于70%。

(2) 导轴瓦的刮研 导轴瓦的刮研一般是在主轴竖立之前, 横放进行的。刮研前, 将主轴颈处理干净, 在轴颈上绕4~5圈麻绳导向(图2-1), 用苯或酒精再清洗轴颈, 同时也擦净轴瓦, 把轴瓦扣在轴颈上, 往复研磨6~12次, 然后将瓦放在平台上, 按刮推力瓦的方法刮削, 直至合乎要求。

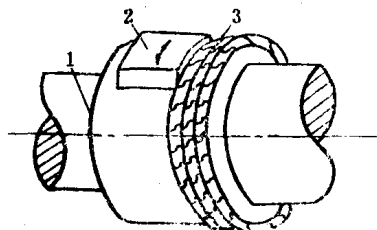


图 2-1 导轴瓦研磨示意图
1—轴颈; 2—导轴瓦; 3—麻绳

对于分块式导轴瓦, 要求每平方厘米有两个接触点, 每块瓦局部不接触面积, 每处不大于轴瓦面积的2%, 总和不得超过该轴瓦总面积的8%。

对筒式导轴瓦, 每平方厘米的接触点应有1~2点, 每块瓦的局部不接触面积不大于轴瓦面积的5%, 总和不得超过每块瓦面积的15%。目前多数安装单位倾向于筒式导轴瓦不必刮研。

二、联接组合

在水力机组安装施工中, 静配合与螺栓联接在零部件装配中经常遇到。现简介如下:

1. 静配合联接

实现静配合联接有两种方法, 当零件不很大时, 将轴件在冷态下用千斤顶或油压机压入, 也可用其它工具(如大锤)等敲打入孔中; 当联接副的尺寸很大且需要的压力也很大时, 上述的方法行不通, 在这种情况下多采用热套法。

热套法是将配合的孔加热, 使孔径膨胀, 然后将轴装入, 待孔冷却后, 在相联接的机件之间形成相当紧的联接, 它与压入法比较有以下优点:

(1) 不需施加很大的压力套入;

(2) 在装配时接触表面上的凸出点不被轴向摩擦所磨平,从而显著地提高了联接强度。

热套法在水力机组安装中主要用于发电机转子轮毂与轴,推力头与轴以及分瓣转轮的轮箍热套中。

静配合热套加热法,目前多采用铁损加热和电炉加热,其中铁损加热具有受热均匀,温度容易控制,操作方便,能满足防火要求等优点,轮毂(辐)烧嵌多采用。

目前有的采用液态氮将轴冷却(达 -200°C),使轴颈缩小,然后装配,待轴升到正常室温时,在机件间形成强度较大的联接。此种方法用于较小零件的联接。

2. 螺栓联接

螺栓联接在水力机组安装中应用很广泛。为确保螺栓联接的可靠性,螺栓的紧力要符合要求,紧力过小不能保证联接的严密和牢固;紧力过大又可能引起螺栓本身塑性变形,在工作中使螺栓损坏。一般要求螺栓的紧力不能超过螺栓材料的弹性极限,并有一定的安全余量。

在拧紧螺栓过程中要特别注意,同一接合面各螺栓的紧力必须一致,要依次对称均匀拧紧,以免机件歪斜和螺栓承受载荷不均匀。

水力机组安装工作中,水轮机主轴、转轮、发电机转子主轴和转子轮毂等这些部分的联接,其螺栓紧力都有具体规定,所以在联接过程中都要测定螺栓的伸长值。根据虎克定律应力和应变成正比的关系,计算螺栓紧力是否达到要求。制造厂对螺栓的拉伸应力都有规定,若无规定时,可按拉伸应力为 $1200\sim 1400$ 公斤/厘米²计算螺栓的伸长。

$$\Delta l = \frac{\delta L}{E} \quad (2-1)$$

式中 Δl ——计算的螺栓伸长值(毫米);

L ——螺栓的长度,从螺母高度的一半算起(毫米);

δ ——螺栓所受的拉应力(公斤/厘米²);

E ——螺栓材料弹性系数, $E=2.1\times 10^6$ 公斤/厘米²。

当拧紧螺栓时,实测的螺栓伸长值达到计算的伸长值后,螺栓紧力即认为合格。

测量螺栓的伸长值,通常是用千分表和测伸长工具进行。一般主轴联接螺栓都是中空的,孔的两端带有一段螺纹。在拧紧螺母之前,应先在此孔内拧上测杆,用专用千分表架和千分表测量杆端在螺栓端面以下的深度(图2-2),按编号做好记录。在螺母逐步拧紧的过程中,螺栓被拉伸而测杆并没有伸长,再次用千分表测量杆端的深度。把前后两次测量的记录值相减即得螺栓的伸长值。边拧紧,边测量,直至伸长值达到计算值为止。在测量中,接触面要清洁,每次测量时千分表架放的位置要一致,以免影响测量的准确性。有时测伸长也可用深度千分尺。

拧紧螺栓的方法通常用专用扳手,由大锤锤击拧紧。为了减轻劳动强度、提高生产率,在工程上采用风动和电动扳手来拧紧不大的螺栓,大型联接螺栓则用液压拉伸器拉伸螺栓(图2-3),达到紧固的目的。对非销钉螺栓,可以把螺栓加热伸长,然后很快地把螺母