

戴钧 王洪云 编著

中小型混流式水轮发电机组 机械检修及主要易损部件的 修复技术

ZHONGXIAOXING HUNLIUSHI SHUILUNFADIANJIZU
JIXIE JIANXIU JI ZHUYAO YISUN BUJIAN DE
XIUFU JISHU



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

序

我国地域广阔、山峦起伏、河流纵横，径流丰沛，落差巨大，蕴藏着丰富的水能资源。不论是水能资源蕴藏量，还是可能开发的水能资源，在世界各国中均居第一位。据统计，我国河流水能资源蕴藏量为 67.6 万 MW，年发电量为 5922 亿 kW·h；可能开发水能资源的装机容量为 37.8 万 MW。水能为自然界的再生性能源，随着水文循环周而复始，重复再生，基本无污染，是我国能源资源的最重要的组成部分之一。近年来，我国的水电事业取得了巨大的成就，水力发电站的数量和发电量有了很大的增长，水电站遍布全国，为我国的经济的发展做出了积极的贡献。

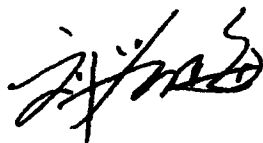
在我国技术可开发水电站中，大型骨干水电站总座数占 7% 左右，而中小型水电站的座数占全国总座数的 93%，在全国各地都有分布，资源十分丰富，尤其是小型水电资源理论蕴藏量约为 15 万 MW，可开发容量约为 7 万多 MW，相应年发电量约为 2000 亿~2500 亿 kW·h。全国 30 多个省、自治区、直辖市的 1600 多个县（市）都有中小型水电资源，其中主要由小水电站供电的有 783 个，占全国总县数的 31%，发电量占全国总发电量的 16.8%，然而这些发电量还只占可开发水力资源的 2.5%。虽然总装机容量和年发电量不大，但仍是解决当地能源和电力问题的宝贵资源。加之中小型水电站由于水力资源丰富，建设周期短、见效快、对环境影响小，运营成本低，效率高，技术成熟，投资少，易于修建，可按需供电等，因而适宜于农村和山区，特别是发展中国家的农村和山区，有利于我国经济不发达的山区和农村实现电气化，因此中小型水电站的开发越来越受到重视。为此国家水利部作出了中小型水电发展规划；到 2020 年，我国将建成 300 个装机 100 万 MW 以上的小水电大县，100 个装机 200 万 MW 以上的大型小水电基地，40 个装机 1000 万 MW 以上的特大型小水电基地，10 个装机 5000 万 MW 以上的中小水电强省。

由发展的趋势可以看出，我国的中小型水电站将会越来越多，而在这些中小型水电站中，据不完全统计混流式机组将近占了 70%，由此带来的中小

型水电站的混流式机组设备检修和维护工作将会成为中小型水力发电设备检修的重心工作，每年将会出现近千个水电站混流式机组的检修，因此混流式水电设备的检修工作直接影响着全国中小型水电站发电效益的提高和发电设备的安全保证。多年来，中小型水电站检修与主要易损部件的修复侧重于理论，实际操作指导性不强，主要易损件修复无据可查，怎样实现技术、经济合理，高效规范，各地水平参差不齐。为此，本书旨在为全国的中小型混流式机组水电站提供一个检修模式和部件修复技术的探索，促进水电检修、主要易损部件修复技术水平的不断提高，目的在于保证检修质量和部件修复质量，降低水电站的运营成本。

这本技术书籍图文并茂，内容简明扼要，其中很多内容是从实际检修工作中得来的，将基础知识、检修、加工专业技能融为一体，克服重理论轻技能的问题，具有很强的实用性和实践性及可操作性。书中从设备检修的整体角度详细介绍了设备检修的各项工作和检修工艺，主要易损件的修复技术，对从事中小型水电站检修工作的人员来说是一本指导性和实用性都很强的技术书籍，对加强专业培训、提高广大职工技术素质和岗位技能将发挥积极的作用。希望他们的实践经验能够与我国的水电业界分享，相互学习，共同提高，这也是中国国电集团员工对小水电事业的一点贡献。

国电集团公司云南分公司总经理、
水利水电工程工学博士



2007年3月

前 言

水电是可再生能源，而小水电属于新能源。容量 50MW 以下的水电站称为小水电。我国可开发小水电资源约 7 万 MW，占世界 1/2 左右。我国的小水电资源分布广泛，特别是广大农村地区和偏远山区，适合因地制宜开发利用，既可以发展地方经济解决当地人民用电困难的问题，又可以给投资人带来可观的效益回报，成为我国 21 世纪前 20 年的发展热点。由于小水电站投资小、风险低、效益稳、运营成本比较低，在国家各种优惠政策的鼓励下，全国掀起了一股投资建设小水电站的热潮，尤其是近年来，由于全国性缺电严重，民企投资小水电如雨后春笋，悄然兴起。作为水能资源的重要组成部分，全国建成小水电站 4 万多座，遍及全国 31 个省的 1600 多个县（市、区）。由于小水电站大多为引水式开发的径流式电站，各个电站水力资源自然状况参差不齐，特别是泥沙、矿物质等含量不同，形成电站运行周期、水轮机过水部件损坏情况不同，长则 2~3 年、短则 1 年就需要大修和更换过水部件。而电站技术管理人员、维修人员业务水平不等，机组大修后达不到规范要求，造成资源的浪费。故本书是作者依据中小型混流式机组的国家和行业规范、规程，结合企业 40 多年水力发电机组的检修、主要过水部件的修复实践，及多年来从事水电站检修工作和水电站零部件修复技术研究和工作实践经验，并汲取了有经验同仁的许多观点编写而成的。

全书一共分为两大部分十章，内容为：水轮发电机组结构概述、水轮发电机组的检修准备、立式中小型混流式机组的检修、卧式中小型混流式机组的检修、主轴修复、转轮修复、导水机构修复、轴承修复、冷却器修复、机组试验和启动试运转。

本书内容是笔者通过参加或负责安装和检修施工的近 20 座中小型水电站的实际检修技术和经验而著成的，内容丰富，图文并茂，由浅入深，通俗易懂，具有较强的系统性和实用性，其中引用了大量的实例来说明，尤其是针对机组主要易损部件的修复技术，进行了详细的介绍，这对于从事中小型水

轮发电机组检修和电站管理人员来说是一本较为有用的技术书籍，为电站进行检修策划和提高机组检修效率、技术水平提供了一个依据。本书可供从事水电站混流式机组设备的安装、检修、运行、维护和施工管理工程技术人员、技工使用；也可供相关专业的大中专院校、技工学校专业师生作为参考用书。

本书由开远电力修造厂（公司）组织编写，第一稿由戴钧于20世纪90年代初完成，全文经过李振宏同志、扬祖遗同志认真修改、审核，李文新同志在审阅的同时，对调速器部分进行大量修改；张培柱同志参与书中部分插图绘制及修改稿誊写。2000年完成第二稿，王若刚同志对水轮机、调速器部分进行了修改、补充，邓荣兴同志对发电机部分进行了修改、补充，王培德同志对发电机电气试验及自动控制部分进行了重新编写，吴存柱同志对机组大修材料消耗、检修工艺进行了修改、补充，何忠平同志对第二章提出了修改意见、对第八章进行了补充、完善，扬静、金美华同志用电子文档将书稿编辑成册，吴建明同志采用电子图板绘制了全部插图。2005年由戴钧和王洪云担任主编，在原稿的基础上由王洪云同志重新整理本书提纲，并由王洪云同志重新修编了第一章、第二章、第三章、第四章及第十章。

本书有以下主要特点：

(1) 本书是作者依据企业40多年的主要服务对象之一：中国第一、世界第二，一座在岩溶地区直接利用地下水发电的水电站（引用南盘江右岸支流六郎洞地下水发电，地表水经地下河汇集于天然喀斯特溶洞——六郎洞）——六郎洞发电厂、全国第一个始建于20世纪50年代的绿水河地下发电厂高水头（305m）水电站——绿水河发电厂，其过水部件运行一周后泥沙磨损、空蚀、水蚀等较严重，反复检修、修复加工，以及作者近20年组织、主持，参与安装、检修、修复40多台水轮发电机组实践经验和新技术应用的总结。

(2) 水轮机主要过水部件损坏程度分类和修复技术及工艺方法，填补了现有水轮机安装检修资料的空白，为检修技术人员选择修复方法提供依据；为缩短检修周期，提高检修质量提供保证。

全书在编写过程中，国电集团公司云南分公司总经理、水利水电工程工学博士刘学海同志对本书的编写进行了具体的指导和审核，同时推荐、组织有关专家对本书进行审阅。本书在编写出版过程中，得到了国电小龙潭发电厂党委书记、高级政工师李朝阳同志，厂长、高级工程师程岩同志的大力支持，并给予指导和帮助；得到了天津大学建筑工程学院练继建教授、中国国电集团公司工程建设部阳光副主任、云南华能澜沧江水电有限公司向泽江副

总经理、中国水电集团昆明勘测设计研究院诸葛睿鉴高级工程师、国电大渡河流域水电开发有限公司黄张豪副总经理、云南电网公司凌川高级工程师、国电云南大朝山水电有限公司陈振荣总经理、国电迪庆香格里拉发电有限责任公司高杰副总经理、国电大寨水力发电厂王敏厂长、云南省水力发电工程学会吕仕智主编、云南滇能楚雄水电开发公司王明荣副总经理的指导和建议；还得到了云南电网公司专家委员会高级专家张继禹、文宏泽、倪正源同志的指导和审核；特别是国电迪庆香格里拉发电有限责任公司顾问历平高级工程师、华电怒江水电开发公司张建新副总经理、国电西北分公司张成龙副总经理，不但对全书进行审核，还提出具体修改意见和建议。同时得到了许多同事、同行专家帮助和指导，得到上级领导的关心和支持，在此，表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考和引用了一些文献和资料，在此向各位作者致以诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，恳请读者与专家批评指正，在此不甚感谢！

编 者

2007年3月

目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 水轮发电机组的分类和型号	1
第二节 混流式水轮机的结构	11
第三节 水轮发电机的结构	24
第二章 中小型混流式水轮发电机组检修的基本工艺和准备	37
第一节 部件组合装配	37
第二节 基本测量工艺	41
第三节 水轮发电机组检修中零部件装拆原则及一般工艺	52
第四节 水轮发电机组检修分类及内容	55
第五节 水轮发电机组检修前的准备工作	68
第三章 中小型立式混流式机组的检修	91
第一节 机组解体	91
第二节 机组各部件检查及清洗	100
第三节 水轮机装复	104
第四节 发电机部分装复	125
第五节 导轴承的安装与调整	157
第四章 中小型卧式混流式机组的检修	161
第一节 机组解体	161
第二节 机组零部件清洗检查	166
第三节 机组装复工作	166
第四节 卧式机组轴瓦间隙调整	182
第五章 主轴的修复	186
第一节 主轴轴颈的检查及修复	187
第二节 镜板的检查和修复工艺	190
第六章 混流式水轮机转轮修复	195
第一节 水轮机泥沙磨损和空蚀破坏的简单介绍	195
第二节 转轮密封环的修复	200

第三节	转轮叶片裂纹的修复	204
第四节	转轮空蚀损坏与泥沙磨损的处理	207
第五节	转轮的修复工艺及要求	212
第六节	转轮的静平衡	214
第七章	轴承的修复	224
第一节	轴承的检查	224
第二节	轴承的浇铸	226
第三节	轴瓦的补焊和堆焊工艺	234
第四节	轴瓦挂瓦后的加工	237
第五节	轴瓦的研刮处理	239
第八章	导水机构部件修复	251
第一节	导叶的检查及修复	251
第二节	顶盖修复	257
第三节	底环的修复	265
第四节	导叶轴承的修复	272
第九章	中小型混流式机组冷却器的检修	277
第一节	冷却器的结构	277
第二节	空气冷却器的检修	282
第三节	油冷却器的检修	284
第十章	机组试验及启动试运转	289
第一节	机组机械部分试运转前的试验	289
第二节	水轮发电机试验	292
第三节	水轮发电机组的试运行	307
第四节	水轮发电机组的常见故障原因及处理措施	318
第五节	水轮发电机组的运行	324
参考文献		330
云南开远电力修造厂（公司）简介		331

第一章 概 述

水力发电是利用河流的高差和流量积蓄的势能和动能，通过水轮机变为机械能，然后带动发电机转化为电能而源源不断地向外输送。水电站按照装机容量可分为大、中、小三种类型，随着我国水力发电技术的不断发展和水力资源利用的日益成熟，在今后一段时间内，中小水电站的发展建设将会越来越多，越来越快，尤其是中小型混流式机组的应用将更为广泛。但另一方面，随着水电工程的规模、复杂程度越来越大，工程质量要求越来越高，加上一些新技术的逐步运用，在安装中发现的设备缺陷、不可预测自然损坏等因素，使作为水力发电的工作核心的水轮发电机组的检修也就越来越受到重视，检修技术对设备的安全运行和经济效益影响也日益重要。

中小型水电站机组与大型水电站机组相比，不过是规模小和设备简单一些，与大型水电站机组并无本质上的区别，其特点是设备轻，投入人员少，安装检修工期短；但与大型水电机组相比则有部件修复技术精度要求高、施工场地窄小，施工难度大、施工工艺过程较复杂、不易控制等特点。

中小型水轮发电机组的检修是以设备当前的实际工作状况和设备使用时间为依据，对故障部位和发展趋势、故障严重程度作分析诊断，主动实施维修和修复，提高设备的可用率，为企业节约设备更换的费用；另外，通过一些新技术、新工艺的运用，进一步改善机组设备的使用性能，提高机组的效率和机组的自动化程度，优化和改进机组技术等级，为发电设备安全、稳定、优质运行提供可靠保障。本书主要以讨论目前广泛应用的中小型混流式水轮发电机组的检修与部件修复为重点。下面我们先对水轮发电机组作一个简要的概述。

第一节 水轮发电机组的分类和型号

一、水轮机部分

（一）水轮机的分类

现代水轮机一般分为三大类：反击式水轮机、冲击式水轮机和可逆式水轮机。

反击式水轮机主要利用水流的势能为主，动能为辅，并通过转轮转换为主轴的机械能；在这种水轮机中，从转轮的进口到出口，水流的压力是逐渐减小的，转轮中的水流具有压力并且充满整个流道。根据转轮内水流方向的特征，反击式水轮机可分为混流式、轴流式、斜流式和贯流式等四种型式，各类型水轮机具体特征见后述。

冲击式水轮机主要是利用水能的动能，通过转轮转变为主轴的机械能，这种水轮机中



的水流沿斗叶表面流动过程中压力保持不变,有与空气接触的自由表面。根据射流的冲击特性,冲击式水轮机又可分为水斗式、斜击式和双击式三种型式。

可逆式水轮机是随着蓄能电站、潮汐电站的开发而发展起来的一种近代水轮机,既可作水轮机正向发电运行,又可作水泵反向抽水运行。在电能过剩期它可以利用电能反向将下游的水抽向上游水库贮存。在缺电期,它可以将贮蓄的水用来发电,向电网输送有功功率。常见的可逆式水轮机有混流式、斜流式和轴流式,见表 1-1。

表 1-1 常见的近代水轮机

反击式	混流式		
	轴流式	轴流定桨式	
		轴流转桨式	
	斜流式		
	贯流式	全贯流	
		半贯流	竖井式
灯泡式			
轴伸式			
冲击式	水斗式		
	斜击式		
	双击式		
可逆式	混流式		
	斜流式		
	轴流式		

(二) 各类水轮机的应用特点

1. 混流式水轮机 (图 1-1)

混流式水轮机中,水流首先由径向流入转轮,然后以近似于轴向流出转轮,水流在整个流道形成混合水流。中小型混流式水轮机一般使用在水头 10~300m 的电站,并且有设备结构简单、运行稳定可靠和效率高等优点,因此是水电站机组中应用最广泛的一种水轮机。

2. 轴流式水轮机 (图 1-2)

轴流式水轮机的水流进入水轮机后在导叶至转轮之间转为轴向,然后进入转轮,转轮区域内水流是沿轴向流动的。根据水轮机转轮叶片运行时桨叶角度是否可以转动,轴流式水轮机又分为转桨式和定桨式两种。

轴流定桨式水轮机在运行时转轮叶片固定,不会转动,它制造比较简单,但是处于高

效率区域的工作范围比较狭窄,离开高效率区域运行时效率就急剧下降。因此,这种水轮机多用于功率和水头变化幅度较小的中小型水电站,一般使用水头为 3~50m。

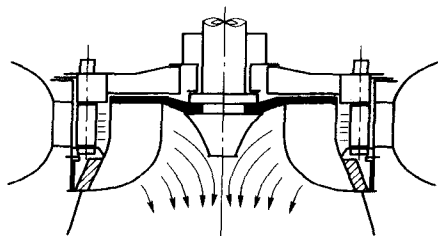


图 1-1 混流式水轮机

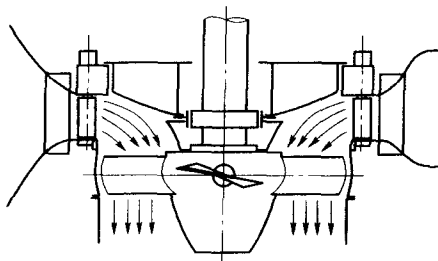


图 1-2 轴流式水轮机

轴流转桨式水轮机在运行时叶片可以随流量的变化而转动,通过叶片与导叶的协联关系进行双重调节,使机组的高效率区域显著增加,提高了机组的运行稳定性。轴流转桨式水轮机一般使用在大中型电站,一般用于水头为 3~80m 的大流量电站。

3. 斜流式水轮机 (图 1-3)

斜流式水轮机转轮区域的水流是沿斜方向流动的。由于转轮叶片可以转动,也能像轴



流转桨式水轮机一样实现双重调节, 因此高效率区域的出力范围较大, 又因转轮叶片与水轮机轴线斜交, 能够像混流式水轮机一样运行稳定, 因此它兼有两者的优点, 适用水头范围约在 $40\sim 200\text{m}$ 。但转轮结构较复杂, 因而在中小型机组中很少采用。

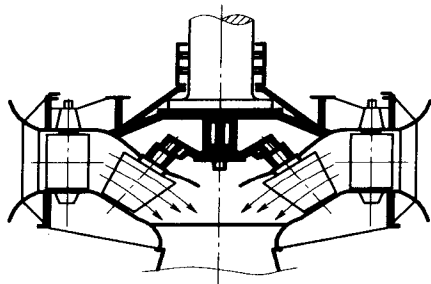


图 1-3 斜流式水轮机

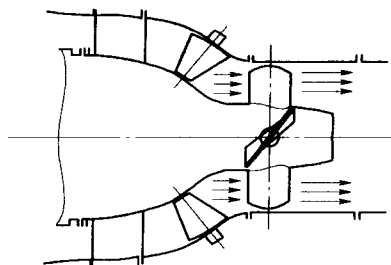


图 1-4 灯泡贯流式水轮机

4. 贯流式水轮机

贯流式水轮机流道呈卧式直线状, 转轮与轴流式相似, 可以做成转桨式和定桨式两种。贯流式水轮机的主要特点一是水流基本上沿轴向通过, 不转弯; 提高了水力效率和过水能力。二是流道外形像管子且主轴卧置, 缩短了机组高度和机组之间的距离, 简化了厂房建筑结构。贯流式水轮机主要适用于低水头电站; 目前常见的有灯泡贯流式 (图 1-4)、竖井贯流式及轴伸贯流式, 其使用水头约为 $0.8\sim 30\text{m}$ 。

5. 水斗式水轮机 (图 1-5)

水斗式水轮机高效率区域宽广, 其主要特点是从喷嘴出来的射流是沿转轮圆周切线方向冲击斗叶做功。一般中小型水斗式水轮机用于水头 $100\sim 800\text{m}$, 大中型水斗式水轮机可用于水头高达 1100m 以上的水电站。

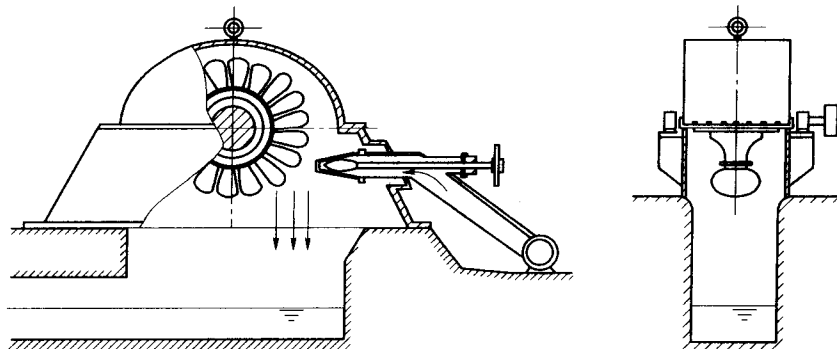


图 1-5 水斗式水轮机

6. 斜击式水轮机 (图 1-6)

斜击式水轮机主要特点是从喷嘴喷出的射流沿与转轮旋转平面成某一角度 (大约为 22.5°) 的方向冲击转轮, 从转轮的一侧进入斗叶然后再由另一侧离开斗叶, 一般适用于 $20\sim 220\text{m}$ 的水头。

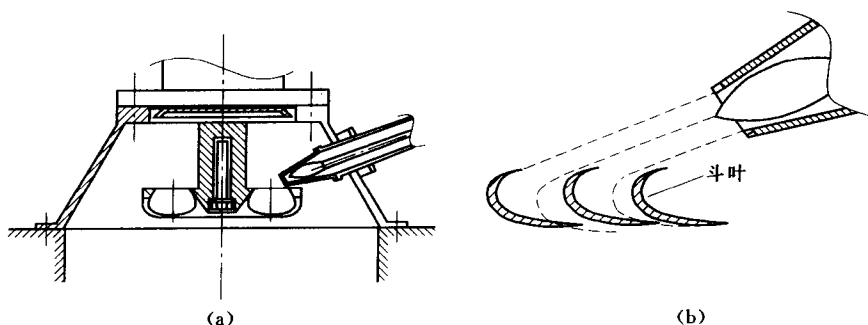


图 1-6 斜击式与水斗式水轮机水流进出情况比较图

(a) 水斗式；(b) 斜击式

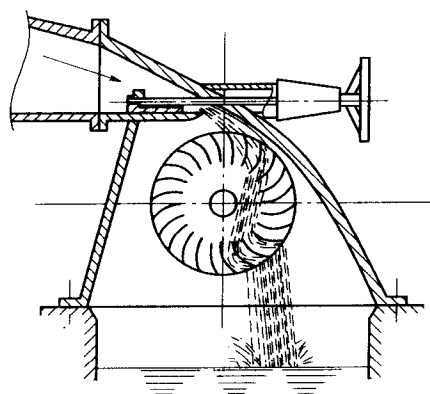


图 1-7 双击式水轮机

7. 双击式水轮机 (图 1-7)

工作时, 来自喷嘴的水首先从转轮外圆周面上进入转轮的叶片, 大约 70%~80% 的水能被转换成机械能, 然后向心地离开叶片, 下落经过转轮中心的空间后第二次从内圆周面上进入叶片, 剩下的 20%~30% 的水流能量再转换成机械能, 最后水流离心地离开转轮, “双击”的意思就表示水流二次流经叶片。它适用于水头 5~100m、出力较小的场合。

(三) 水轮机工作参数

水轮机的工作参数是表征水轮机工作时的技术特征值, 主要参数有水头 H 、流量 Q 、功率 N 、

效率 η 、额定转速 n_0 和飞逸转速 n_s 等。

1. 工作水头

水轮机的工作水头是指水轮机进口 I—I 断面和出口 II—II 断面 (图 1-8) 单位重量水体的能量的差值, 一般用 “ H ” 表示, 单位为 m。

根据水轮机工作水头的定义, 其基本表达式为:

$$H = E_I - E_{II} = \left(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) - \left(Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right) \quad (1-1)$$

式中 E ——单位水体的能量, m;

Z ——相对某一基准的位置高度, m;

P ——压力, kPa;

V ——流速, m/s;

α ——动能修正系数;

γ ——水的比重, kN/m³;

g ——重力加速度, m/s²。

水电站中电站上、下游水位差称为毛水头 H_m , 水轮机的工作水头 H 近似等于电站

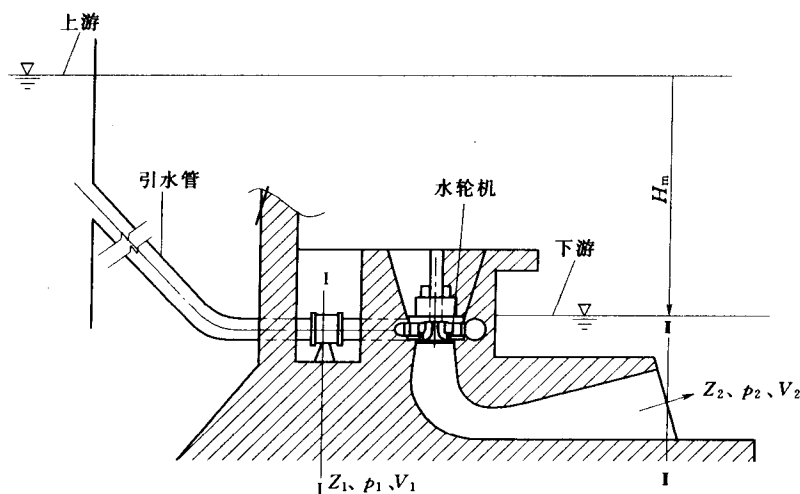


图 1-8 反击式水轮机装置略图

毛水头 H_m 减去引水系统的水头损失 $h_{w引}$ 。即：

$$H \approx H_m - h_{w引} \quad (1-2)$$

2. 流量

流量是指单位时间内通过水轮机的水体积，常用“ Q ”表示，单位为 m^3/s 。

3. 功率

水轮机的功率是指水轮机轴单位时间内向外输出的机械功，用“ N ”表示，单位为 kW。

$$N = 9.81QH\eta \quad (1-3)$$

式中 Q ——水轮机的流量， m^3/s ；

H ——水轮机工作水头，m；

η ——水轮机效率，%。

4. 水轮机效率

水轮机效率等于水轮机的输出功率与进入水轮机的水流功率的比值，即：

$$\eta = \frac{N}{9.81QH} \quad (1-4)$$

水轮机效率 η 由三部分组成，容积效率、水力效率和机械效率，而水轮机效率 η 就等于上述三项效率的乘积。由于水轮机工作过程存在能量损耗，故水轮机的效率总是小于 1。

5. 额定转速

设计时规定的水轮机具有的稳态转速称为额定转速，用 n_0 表示，单位为 r/min 。因我国采用的电网频率为 50Hz，所以水轮机额定转速和直接传动的发电机磁极对数 p 有以下关系：

$$n_0 = \frac{3000}{p} \quad (r/min) \quad (1-5)$$



6. 飞逸转速

飞逸转速是指当水轮机突然甩去全部负荷，而水轮机导水机构不能关闭时，水流输入水轮机的全部能量除了小部分消耗于机械损失外，大部分驱动机组系统加速旋转，使机组转速急剧升高，直至转速达到某一最大值，这个达到的最大转速称为飞逸转速，用 n_R 表示。

一般来说国产水轮机的飞逸转速与额定转速 n_0 的关系大致范围如下：

混流式或水斗式水轮机： $n_R \approx (1.7 \sim 2.0) n_0$ ；

转桨式水轮机保持协联关系： $n_R \approx (2.0 \sim 2.2) n_0$ ；

转桨式水轮机协联关系破坏： $n_R \approx (2.4 \sim 2.6) n_0$ 。

(四) 水轮机型号

水轮机产品型号都有标准的规定，用专门的代码来表示，一般规定如下。

(1) 水轮机产品型号由三部分代号组成，各部分之间用“—”分开。

(2) 型号的第一部分，由水轮机型式及转轮型号组成。

水轮机型式用两个汉语拼音字母表示，字母为水轮机型式的名称的拼音的头两个字母，其型号代号见表 1-2。

表 1-2 水轮机型式的代号

水轮机型式	代 号	水轮机型式	代 号
混流式	H L	双击式	SJ
斜流式	XL	斜击式	XJ
轴流转桨式	Z Z	贯流转桨式	GZ
轴流定桨式	Z D	贯流定桨式	GD
冲击（水斗）式	C J		

转轮型号用阿拉伯数字表示，采用统一规定的比转速代号。该比转速计算时均假定效率为 88%，水头以 m 计，出力以 kW 计，并取整数值（比转速 $N_s = \frac{n \sqrt{N}}{H^{5/4}}$ ）。

表 1-3 主轴布置型式代号

主轴布置型式	代号
立轴	L
卧轴	W

(3) 水轮机型号的第二部分是由水轮机主轴的布置型式和引水室型式的代号组成。

水轮机主轴的布置型式用一个汉语拼音字母表示，其具体规定见表 1-3。

水轮机引水室型式用一个汉语拼音字母表示，其规定见表 1-4。

表 1-4 引水室代号

引水室型式	代号	引水室型式	代号
金属蜗壳	J	罐式	G
混凝土蜗壳	H	竖井式	S
灯泡式	P	虹吸式	X
明槽式	M	轴伸式	Z

(4) 水轮机型号的第三部分, 由水轮机转轮标称直径 D_1 (以 cm 表示) 或其他必要的指标组成, 均用阿拉伯数字表示。

对于水斗式水轮机, 型号的第三部分规定用如下方法表示:

水轮机转轮的标称直径
作用在每一转轮上的喷嘴数目 $\times$ 射流直径

各种水轮机的标称直径 D_1 的值规定如下 (图 1-9)。

1) 混流式水轮机是指转轮叶片进水边上的最大直径, 如图 1-9 所示, 图 (a) 为中低水头的水轮机转轮的标称直径, 图 (b) 为高水头的水轮机转轮的标称直径。

2) 冲击式水轮机的标称直径, 是转轮与射流中心线相切圆的直径, 如图 1-9 (c)。

3) 轴流式、灯泡式和斜流式水轮机的标称直径是转轮叶片轴线与转轮室相交点的转轮室内径; 如图 1-9 所示, 图 (d) 为轴流式转轮的标称直径; 图 (e) 为斜流式转轮的标称直径; 图 (f) 为灯泡式转轮的标称直径。

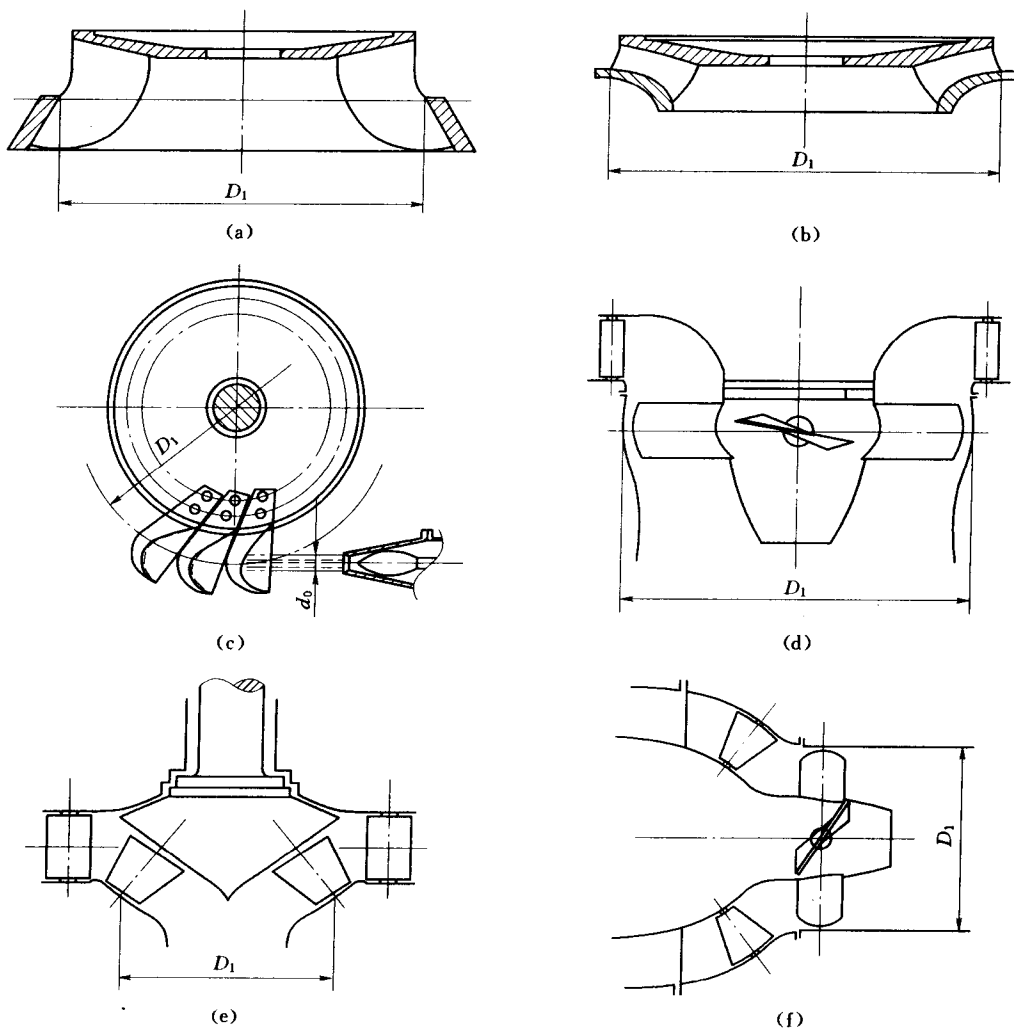
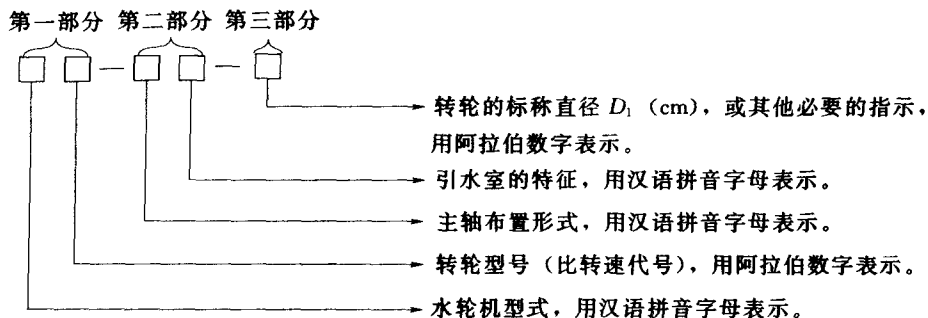


图 1-9 各类水轮机的转轮标称直径



(5) 水轮机型号排列顺序规定。



(6) 水轮机型号示例。

1) HL220 LJ—120, 表示混流式水轮机, 转轮型号为 220, 立轴, 金属蜗壳, 转轮直径为 120cm。

2) ZZ560—LH—300, 表示轴流转桨式水轮机, 转轮型号为 560, 立轴, 混凝土蜗壳, 转轮直径为 300cm。

3) 2CJ30—W— $\frac{120}{2 \times 10}$, 表示一根轴上具有两个转轮的水斗式水轮机, 转轮型号为 30, 卧轴, 转轮直径为 120cm, 每个转轮上具有 2 个喷嘴, 设计射流直径为 10cm。

我国水轮机型号代号, 以前主要是沿用苏联的代号, 表示方法基本相同, 但过去的第一部分中转轮型号所表示的阿拉伯数字, 不是比转速代号, 而是模型转轮的编号, 例如 HL138—LJ—350, 其中 138 不是比转速, 而是模型的编号。

二、发电机部分

(一) 水轮发电机的型式

1. 按布置方式分

按布置方式水轮发电机可分为卧式和立式两种, 卧式水轮发电机适合配用混流式、贯流式或冲击式水轮机, 一般单机容量小于 10MW; 一般低、中速的大、中类机组多用立式发电机, 适合配用混流式、轴流式水轮机, 如图 1-10、图 1-11 所示。

2. 按推力轴承的位置分

立式水轮发电机按推力轴承不同位置又分为悬吊型和伞型两种, 如图 1-10、图 1-11 所示。悬吊型发电机适用于转速在 100r/min 以上, 其优点是推力轴承损耗小, 装配方便, 运转较稳定; 缺点是机组较高, 消耗钢材多。推力轴承位于转子下方的水轮发电机称为伞型发电机, 无上导的称为全伞型, 有上导的称为半伞型, 它适用于转速在 150r/min 以下, 其优点是机组高度低, 可降低厂房高度、节约钢材; 缺点是推力轴承损耗大, 安装维护不方便。

3. 按冷却方式分

按冷却方式的不同水轮发电机可分为空气冷却和水冷却两种, 目前, 空气冷却的水轮发电机应用较为广泛。水冷式发电机应用较少。

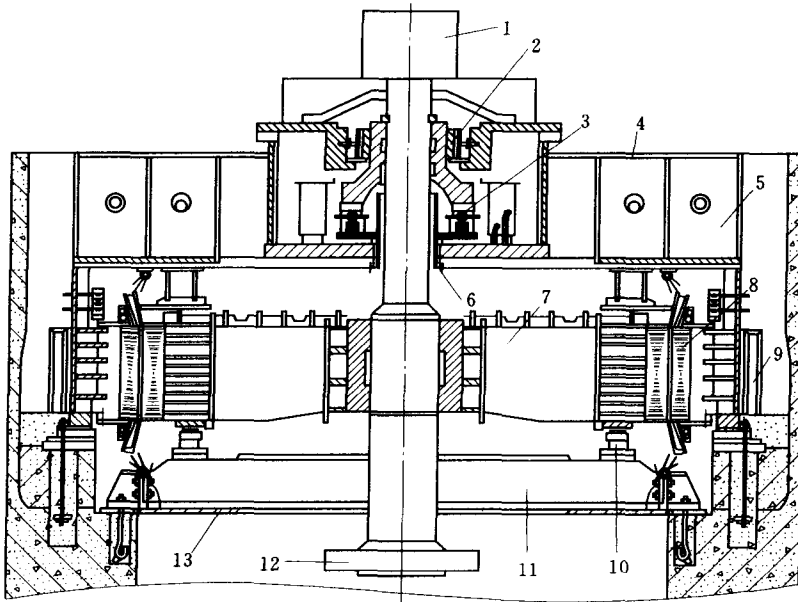


图 1-10 悬吊型水轮发电机

- 1—集电装置；2—上导轴承；3—推力轴承；4—上风洞盖板；5—上机架；6—挡油桶；7—转子；8—定子；
9—发电机空气冷却器；10—制动器；11—下机架；12—主轴连接法兰；13—下风洞盖板

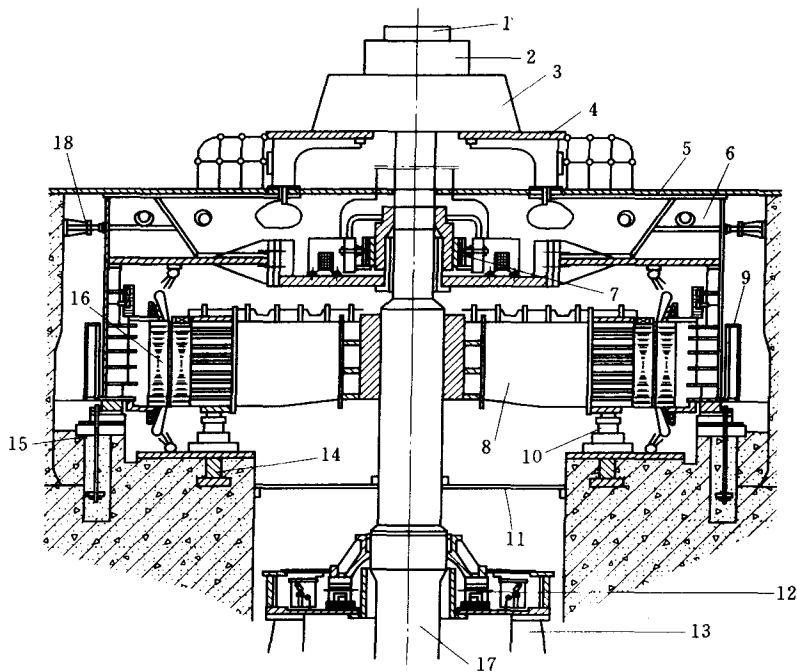


图 1-11 伞型水轮发电机

- 1—机罩；2—集电环部分；3—支架；4—支座；5—上风洞盖板；6—上机架；7—上导轴承；8—转子；
9—发电机空气冷却器；10—制动器；11—下风洞盖板；12—轴承主轴连接法兰；13—轴承支架；
14—制动器基础；15—定子基础螺栓；16—定子；17—主轴；18—千斤顶