

技工学校教材



水轮发电机安装工艺学

水利电力部第七工程局技工学校 冯觉林 编

水利电力出版社

2.51

JIGONG XUEXIAO JIAOCAI



数据加载失败，请稍后重试！

技工学校教材

水轮发电机安装工艺学

水利电力部第七工程局技工学校 冯觉林 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.5印张 370千字

1987年6月第一版 1987年6月北京第一次印刷

印数0001—7130册 定价2.40元

书号 15143·6370

内 容 提 要

本书系统地讲述了大、中型水轮发电机的结构构造及机械部分的安装工艺，同时介绍了水轮发电机的试运转知识及其检修工艺。书中大量插图及例题均取自国内安装和检修的实例。

本书可作为水电技工学校“水轮发电机组安装专业”的专业课教材，也可作为水轮发电机机械安装工培训用书，还可供从事水轮发电机安装、检修、运行的工人和技术人员参考。

前 言

本书是根据1982年7月水利电力部颁发的水利电力技工学校“水轮发电机组安装专业”的“水轮发电机安装”教学大纲编写的。是水利电力技工学校的专业课教材之一。

全书共分八章：第一章和第二章概述水轮发电机类型和构造、安装前的准备工作和一般安装程序；第三章至第六章详细讲述立式水轮发电机机械部分的安装工艺，内容有转子组装、定子组装（包括分瓣定子组装和定子工地叠装）、部件组装、轴瓦研刮和立式水轮发电机总装；第七章讲述卧式水轮发电机安装工艺；第八章介绍了水轮发电机试运转知识及其检修工艺。为了结合实际，书中插图和例题均取自国内安装和检修的实例。

本书由水利电力部第七工程局技工学校冯觉林编写。由水利电力部第九工程局技工学校刘冠城主审。在本书编写过程中，曾得到许多同志的指导和帮助。在此，谨向这些同志表示衷心感谢。

限于编者的理论水平和实践经验，书中的缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1984年10月

目 录

前 言

绪 论	1
第一章 水轮发电机的类型和构造	3
第一节 水轮发电机基本工作原理	3
第二节 水轮发电机类型和基本参数	5
第三节 定子结构	11
第四节 转子结构	15
第五节 水轮发电机机架	24
第六节 推力轴承结构	29
第七节 导轴承结构和油冷却器	36
第八节 空气冷却器和制动器	40
第九节 励磁机和永磁发电机	45
第十节 水轮发电机结构实例	48
第十一节 水轮发电机基本技术条件	54
第二章 水轮发电机安装概述	57
第一节 安装前的准备工作	57
第二节 水轮发电机一般安装程序	61
第三章 转子组装	66
第一节 铁片清洗与分类	66
第二节 轮毂烧嵌工艺	71
第三节 支臂连接	83
第四节 磁轭铁片装压工艺	86
第五节 磁轭打键	100
第六节 磁极安装	103
第七节 转子附件安装及清扫检查	106
第八节 转子的静平衡	107
第四章 定子组装	109
第一节 分瓣定子组合	109
第二节 定子工地装配和叠压冲片工艺	112
第五章 部件组装和轴瓦研刮工艺	124
第一节 下部风洞盖板组合与安装	124
第二节 机架组合与轴承预装	126
第三节 挡风板、灭火水管的安装	129
第四节 制动器及其管路系统的安装	132

第五节	轴瓦研刮	134
第六章	立式水轮发电机总装	143
第一节	基础埋设	143
第二节	定子安装与调整	147
第三节	机架安装与调整	153
第四节	转子吊入找正	157
第五节	推力轴承安装	163
第六节	推力轴承受力调整	167
第七节	机组轴线的测量及调整	176
第八节	导轴承的安装与调整	194
第九节	励磁机和永磁发电机安装	200
第十节	空气冷却器及热风筒等的安装	202
第十一节	发电机内部管路安装	204
第七章	卧式水轮发电机安装	208
第一节	卧式水轮发电机结构及安装程序	208
第二节	基础埋设	211
第三节	轴承座的安装及轴瓦研刮	213
第四节	定子和转子的安装	215
第五节	轴线测量及调整	219
第六节	轴瓦各部分间隙的测量及调整	224
第八章	水轮发电机试运转和检修工艺	227
第一节	水轮发电机试运转常识	227
第二节	水轮发电机组的振动和动平衡知识	230
第三节	水轮发电机检修知识	236
第四节	水轮发电机转子检修	239
第五节	机架拆装及定子检修工艺	241
第六节	水轮发电机轴承检修	243
第七节	冷却器和制动器的检修工艺	254

绪 论

在我国辽阔的土地上,源远流长的江河密布全国各地,水能总蕴藏量达6.8亿kW,居世界第一位。全国可开发的水能资源约为3.8亿kW,但至今已开发的仅约占可开发资源的6%,大量的水力资源等待着我们开发利用。水力发电是一种成本低、积累快、无污染、可再生能源,具有巨大的经济效益,是我国能源建设的主要组成部分。因此,大力开发水电,加快水电建设步伐,对我国国民经济的发展和社会主义四个现代化建设,有着极其重要的意义。

建国以来,我国水电建设事业发展很快。从1949年至1983年间,我国已建成大中型水电站150余座,装机总容量达2300万kW(未包括台湾省,下同),名列世界第六位,相当于1949年以前水电装机总容量16万kW的140多倍。水电发电量占总发电量的比重也愈来愈大,1983年已达863.6亿kW·h,占总发电量的24.6%。特别是近年来,水力发电量增加更快,1980年至1983年平均每年增长13.5%。随着我国水电事业的发展,水轮发电机的科研、设计、制造和安装也都从无到有,从小到大,得到了相应的发展,并且造就和锻炼出了一支庞大的水电安装技术队伍。水轮发电机的类型不断增多,单机容量不断加大。安装的水轮发电机有卧式、悬型、伞型、半伞型,还有空冷、定子冷、定子转子双水冷及水泵——水轮发电机等各种型式。七十年代前期我国就已自己设计、制造和安装了30万kW的水轮发电机组。虽然我国水轮发电机制造和安装发展速度很快,但与先进国家比较,无论在容量上还是在设计制造和安装工艺上,都还有一定的差距,这需要我们发愤图强,依靠科学技术的进步,努力赶上世界先进水平。

当前,水轮发电机的设计、制造技术取得了重大的进展。以前限制单机容量增长的材料特性、机械应力、冷却方式和运输条件等控制因素均有所突破;新材料、新结构、新型推力轴承以及先进的励磁系统、冷却系统等不断被采用。目前,水轮发电机的主要发展趋势是:单机容量迅速增长(预计八十年代国外水轮发电机单机容量可达到100万kW),自动化程度更为提高。在安装工艺方面,则要求加快安装进度,千方百计缩短安装工期,实行土建和机组安装平行穿插作业,多台机组同时安装,尽早发电投产,以达到尽可能提前发挥水电站经济效益的目的。

我国已制定的电力建设方针是:“要因地制宜地发展水电和火电,逐步把重点放在水电上”。“以水代煤,以水代油”这是我国能源建设的长远战略方针,随着这一方针的逐步贯彻执行,我国水电安装事业必将有一个更大规模的发展。

水轮发电机安装同其它一般机械设备安装比较,一个显著的特点就是尺寸大、重量重,工艺复杂,技术要求严格。例如某30万kW水轮发电机定子直径14350mm,转子重量650t。这样大而重的部件,给整体制造和运输带来了极大困难,所以水轮发电机的大型部件都为分瓣、分件制造,待运到工地再进行组装。在安装过程中,有大量的组装、调整工

作，如水平、高程、中心、圆度等的调整，轮毂的烧嵌，大型螺栓的紧固，轴线、轴承调整，投产前的试运转，静平衡、动平衡的计算和试验等等，都是理论性和技术性很强的工作。其次，由于水轮发电机类型和构造的不同，安装要求和安装工艺也不尽相同；即使同一类型的水轮发电机，由于工地的施工条件、土建进度、设备到货情况和场地布置等客观条件的不同，在安装程序和安装方法上也会有所不同。此外，有时安装工艺还会因安装施工人员的技术水平和经验、习惯作法以及组织能力和管理水平的差异而有所区别。但是，概括起来，无论哪种类型和构造的水轮发电机的安装，从运抵工地的安装现场到具备发电条件投产，都必须经过设备开箱检查验收，安装专用工具准备，部件组合和安装（包括定子、转子、机架、轴瓦研刮等等），发电机总装的调整、试运转和一系列试验等基本安装环节。因此，水轮发电机安装是一个既精细又复杂的施工过程，稍不注意就会影响机组的安装质量和发电能力。

水轮发电机安装的另一个显著特点是规模大，交叉作业多，工期紧迫，同其他工种还要协同配合。例如，水轮机和发电机安装是同时进行的上下交叉作业，两者既有密切的联系，又有明确的分工；水轮发电机安装工还要同电工、起重工、管道工、电焊工、气焊工、通风工、土建工等工种协同配合。没有这些工种的配合与协作，要搞好发电机安装和缩短安装工期是不可能的。一个水电站从破土动工、施工导流、截流、大坝筑成直到进入机组安装阶段，安装直线工期将直接影响水电站能否按期或提前发挥经济效益。因此，安装直线工期紧迫程度，常以日、班、小时来计算和安排。

水轮发电机安装技工要求熟练地掌握水轮发电机安装的基础理论和专业知识，熟悉几种主要类型的水轮发电机构造，根据水轮发电机的不同类型，确定合理的、切实可行的安装工艺，会熟练地运用各种安装操作技术，能完成各工序的施工，并保证质量。安装钳工工艺是水轮发电机安装的基本功，必须牢固掌握和熟练地运用。

在水轮发电机的安装过程中，必须严格地按图施工，才能顺利进行安装工作。因此，水轮发电机安装工必须能看懂图纸，如零件图、部件图及总装配图，以及会确定实际安装位置和方向等。此外，水轮发电机安装工还必须能正确地使用和维护安装专用工器具、量具和仪表、仪器等，以便对安装进行检查和精确的调整。

安装水轮发电机，除遵守设备图纸和技术文件规定外，另一重要依据是部颁的《水轮发电机机组及其辅助设备安装与交接验收规程》，它是质量检查的准则，水轮发电机安装工应该熟悉并严格遵守之。

最后，学习本课程还应注意，随着现代科学技术的发展，新结构、新技术、新工艺将会不断出现，本书中讲述的安装方法，安装工艺和安装规程，不能看成绝对的、静止的、一成不变的。我们应该在学好现有的安装工艺基础上，不断地了解新情况、钻研新问题，采纳和推广国内外的先进工艺及先进经验，同时要有勇于探索、敢于革新、敢于创造的精神，为不断提高我国水电安装技术水平作出贡献。

第一章 水轮发电机的类型和构造

安装任何一台机器，首先须了解它的基本工作原理及其构造特点。为了正确掌握水轮发电机的安装工艺，应该对水轮发电机的工作原理、类型等基本知识有一定了解，特别是立式水轮发电机广泛应用于大中型水电站，对它的各部件作用、详细构造、相互配合、联接关系、安装程序以及运行方式等，更应有一个清楚的了解。

立式水轮发电机从构造上看，无论为悬型或伞型，主要组成部件及其作用原理等基本上是一致的，一般由定子、转子、机架、轴承（推力轴承和导轴承）以及制动系统、冷却系统、励磁系统等部分组成。这些部件的构造，随着机组型式不同，也有着各自不同的特点。

第一节 水轮发电机基本工作原理

在水电站中，水轮机将水能转变成机械能，水轮发电机与水轮机同轴联接，由水轮机传动，把机械能转变成电能。发出的电能由变压器升压输入电网，供用户使用。水轮发电机和水轮机一起组成水轮发电机组。

水轮发电机是怎样将机械能转变为电能的呢？这是由水轮发电机本身结构所决定的。图 1-1 为水轮发电机简单原理示意图。它由转子和定子两个主要部分组成。转子上装有主轴和磁极，通过主轴与水轮机联接，磁极上装有励磁线圈，在定子槽内装有定子（电枢）线圈，在定子和转子间有一小的空气间隙。当转子磁极上的励磁线圈通有直流电后，便在磁极周围形成磁场。水轮机带动发电机转子旋转时，磁极随之转动，发电机便产生了旋转磁场。旋转磁场对固定不动的定子线圈产生相对运动，根据电磁感应原理，定子线圈内就产生了感应电动势，接上负载便可以送出交流电，这样，就把它所获得的机械能转变成了电能。当定子线圈为单相时即为单相交流发电机。现代水轮发电机都把定子线圈按一定规律连接成三相，每相在空间互差 120° ，这就是三相交流发电机。

水轮发电机定子三相绕组一般接成星形。当在其内感应有电势，则接上负载后便有对称三相电流通过，它在定、转子间的气隙内也产生一个旋转磁场，这个旋转磁场和转子旋转磁场方向一致，转速也一致，两个旋转磁场转速相同的发电机称为同步电机。此外，因水轮发电机转速较低，它的磁极数就比较多，转子磁极都凸出在磁轭外表面，称为凸极式发电机。水轮发电机一般都为凸极式三相同步发电机。

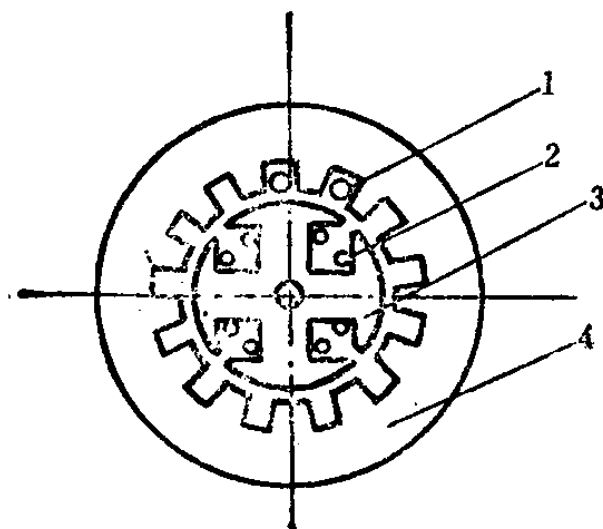


图 1-1 水轮发电机原理示意图

1—定子线圈；2—转子励磁线圈；3—转子磁极；4—定子铁芯

图1-2为我国某水电站水轮发电机组剖面图。水轮发电机与水轮机同轴直接相连，水轮机启动后就带动发电机转子旋转，在主轴上部的励磁机也随之一同旋转。当调节励磁装置，将励磁电流（直流）送入转子磁极励磁绕组后，形成磁极磁场，磁极随转子旋转，便

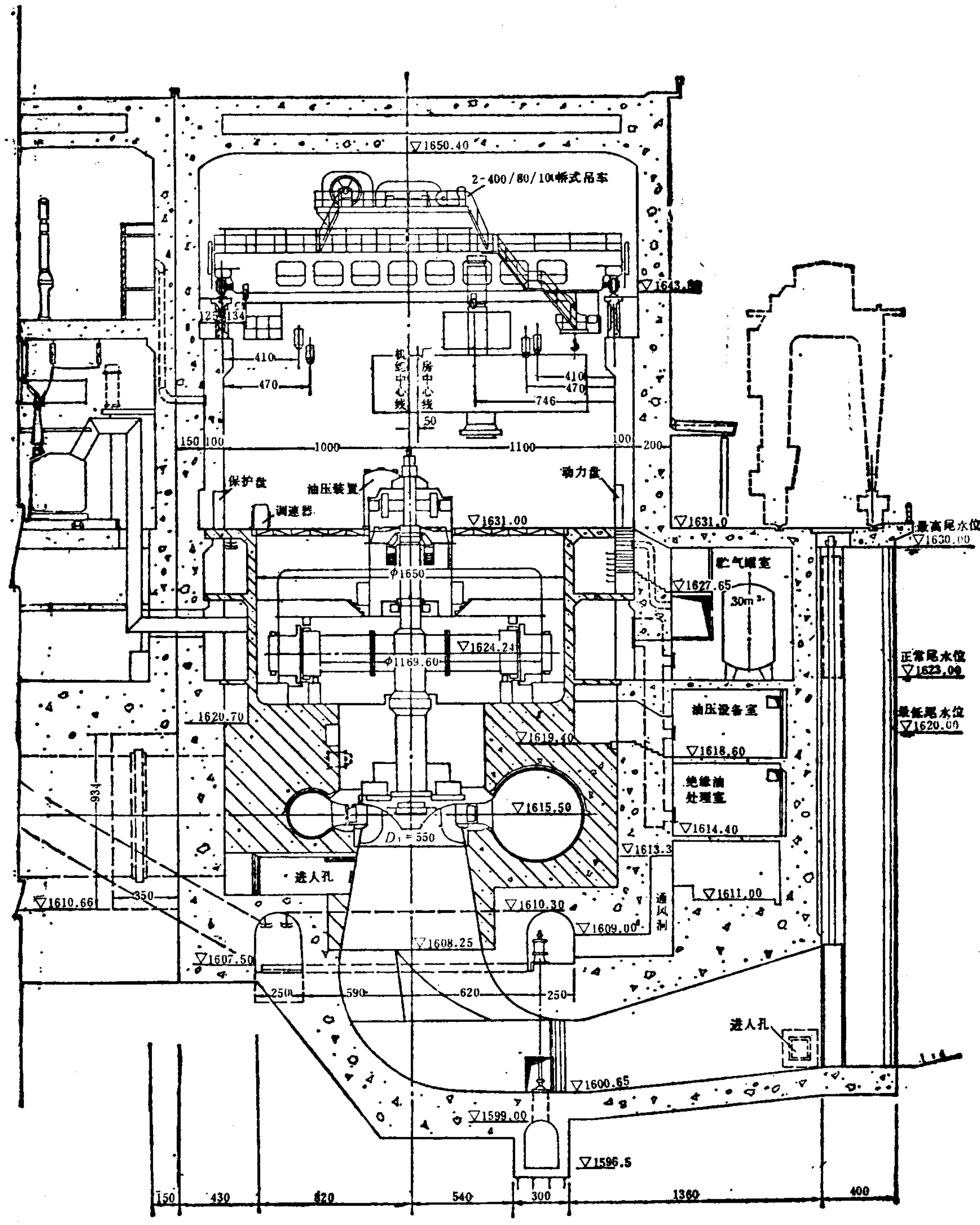


图 1-2 立式水轮发电机组剖面图
(高程单位: m, 尺寸单位: cm)

产生旋转磁场，此旋转磁场切割定子线圈，定子线圈内便产生感应电动势，带上负载后，发电机就送出三相电流。当负载变动时，通过调速器调节水轮机导叶开度，使水轮机转速保持额定值，从而使频率维持在额定值。电压变化时，通过励磁装置调节励磁电流，使电压维持在额定电压。

第二节 水轮发电机类型和基本参数

一、水轮发电机类型

(一) 按机组容量和转速分类

由于各水电站的自然条件和工作状态不同，水轮发电机的容量和转速相差很大。水轮发电机按机组容量可分为小容量、中容量和大容量三类；各类容量按额定转速可分为低速、中速和高速。根据尺寸大小和结构特征，可大致按表1-1划分其容量和转速的等级。

表 1-1 水轮发电机容量和转速划分范围

分 类	额 定 功 率 (kW)	额 定 转 速 (r/min)		
		低 速	中 速	高 速
小容量水轮发电机	<500	<375	375~600	750~1500
中容量水轮发电机	500~10000	<375	375~600	750~1500
大容量水轮发电机	>10000	<100	100~375	>375

(二) 按机组布置方式分类

水轮发电机按机组布置方式不同分为立式（转轴与地面垂直）和卧式（转轴与地面平行）两种。图1-3为立式布置，图1-4为卧式布置。卧式一般多用于小容量水轮发电机和冲击式或贯流式水轮发电机组，立式主要应用于大、中容量的水轮发电机。

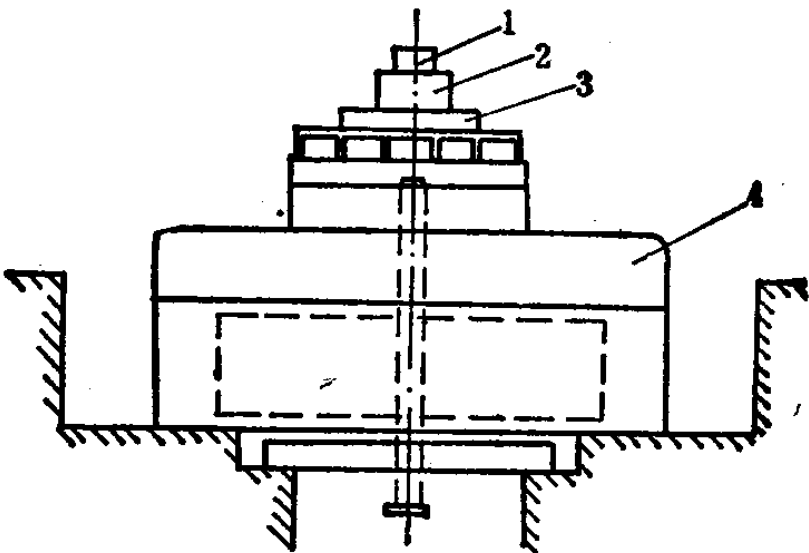


图 1-3 立式布置水轮发电机

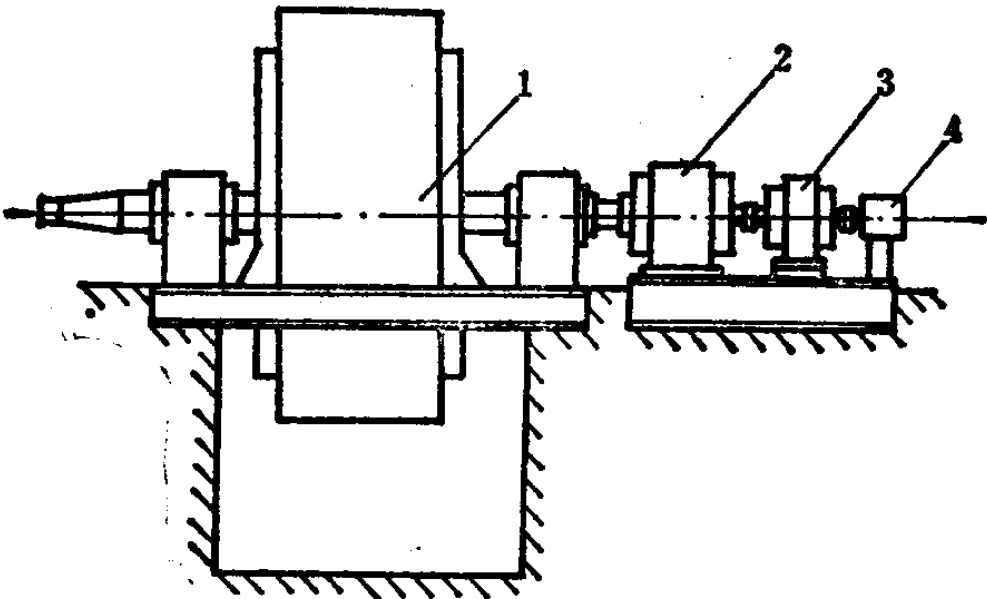


图 1-4 卧式布置水轮发电机

1—水磁发电机；2—副励磁机；3—主励磁机；4—发电机 1—发电机；2—主励磁机；3—副励磁机；4—水磁发电机

立式水轮发电机，根据推力轴承位置又分为悬型和伞型两种。

悬型水轮发电机特点是推力轴承位于转子上面的上机架内或上机架上（如图1-5所示），它把整个转动部分悬挂起来，轴向推力通过定子机座传至基础。悬型结构适用于转速

较高机组（一般在 150r/min 以上）。它的优点是：推力轴承直径较小；由于转子重心在推力轴承下面，机组运转的稳定性较好，轴承损耗小；因推力轴承在发电机层，因此安装维护等都较方便。悬型水轮发电机的缺点是：推力轴承座承受的机组转动部分的重量及全部水压力都落在上机架及定子机座上，由于定子机座直径较大，上机架和定子机座为了承重而消耗的钢材较多；另一方面是机组轴向长度增加，机组和厂房高度也需要相应增加。在悬型水轮发电机中，一般选用两个导轴承，如图1-5(a)(b)，其中一个装在上机架内，称为上导轴承；另一个装在下机架内，称为下导轴承。如运行稳定性许可，悬型也可取消下导轴承，如图1-5(c)所示。

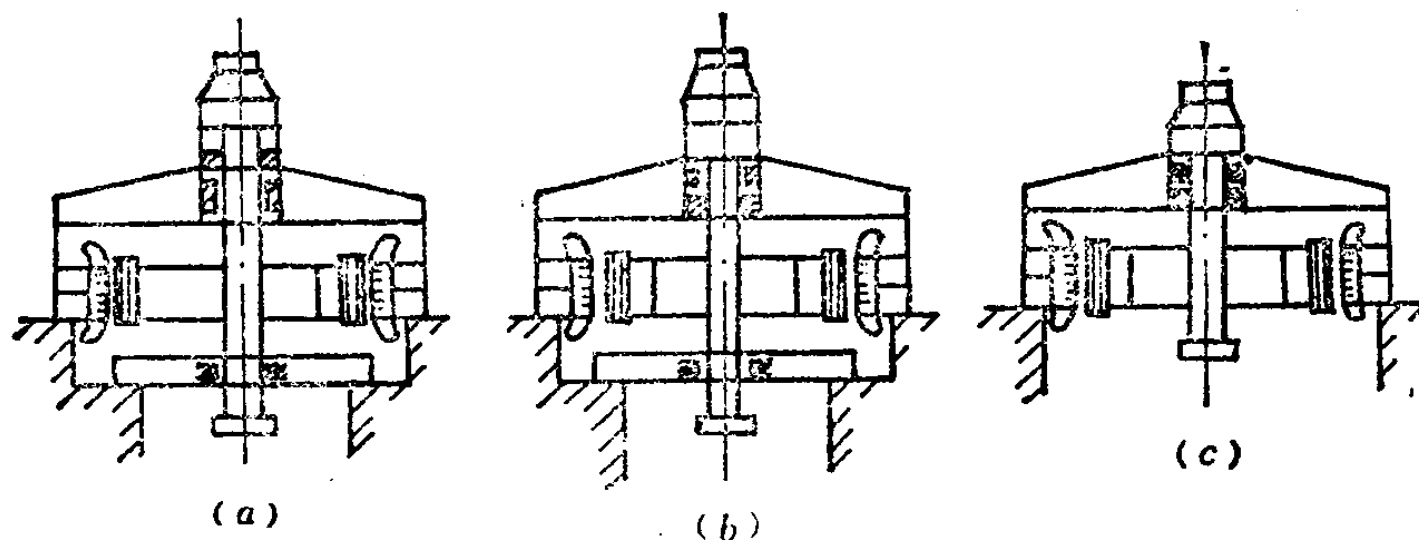


图 1-5 悬型水轮发电机

(a)具有两个导轴承，推力在上导上面；(b)具有两个导轴承，推力在上导下面；(c)无下导轴承

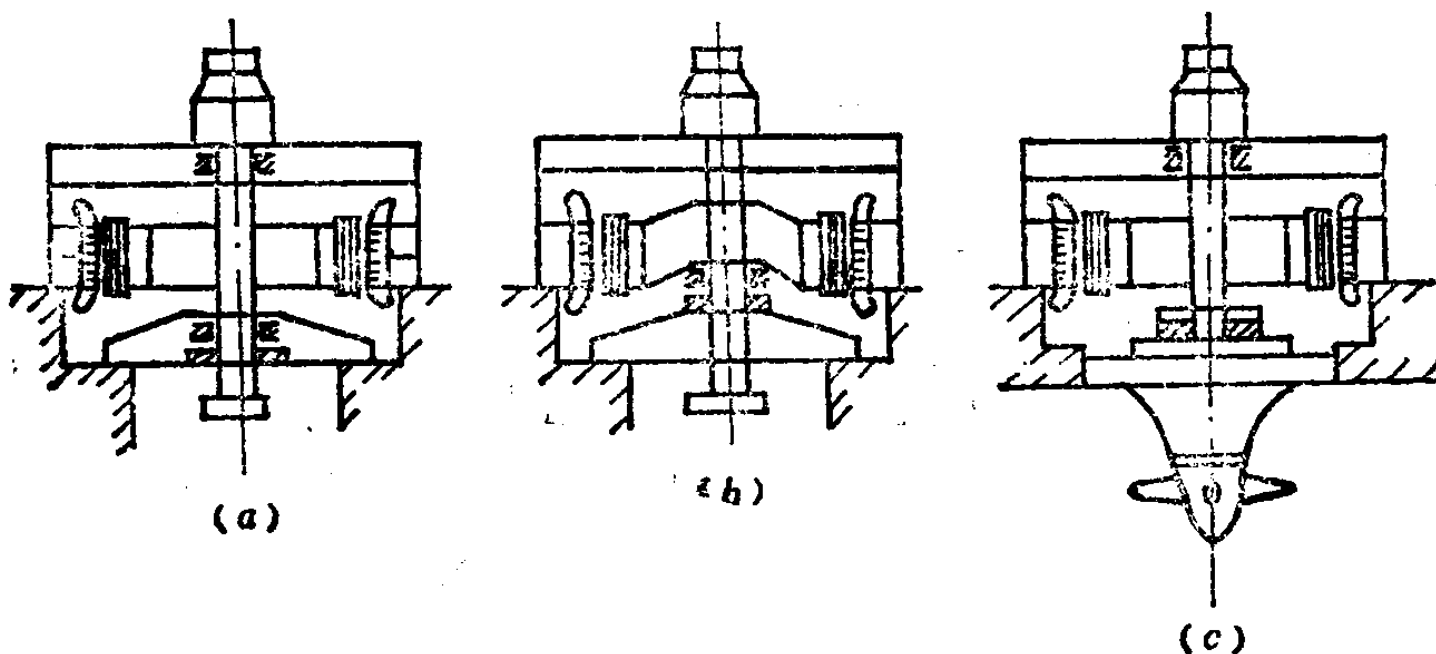


图 1-6 伞型水轮发电机

(a)普通伞型；(b)全伞型；(c)半伞型

伞型水轮发电机结构特点是推力轴承位于转子下方，布置在下机架内，如图1-6(a)(b)所示，或水轮机顶盖上，如图(c)。轴向推力通过发电机机墩或顶盖传至基础。它的优点是结构紧凑，能充分利用水轮机和发电机之间的有效空间，使机组和厂房高度相应降低；由于推力轴承位于承重的下机架上，下机架直径较小，因此下机架为了承重而消耗的钢材就比较少，减轻了机组重量，造价降低。伞型水轮发电机的缺点是：由于转子重心在推力轴承上方，使机组运转的稳定性较差，所以只能用于较低转速（一般在 150r/min 以下），另外因机组高度降低使推力轴承的安装、维护、检修变得困难。伞型发电机根据轴承布置不同，又分为普通伞型、半伞型和全伞型三种。普通伞型具有上、下导轴承，如图

1-6(a); 半伞型只有上导轴承而没有下导轴承, 如图1-6(c); 全伞型只有下导轴承(布置在推力油槽内)而没有上导轴承, 如图1-6(b)。

(三) 按冷却方式分类

水轮发电机在运行时, 线圈、铁芯将产生大量的热, 为不使线圈及铁芯温度过高, 保证发电机能安全运行, 就必须对发电机进行冷却, 使产生的热量及时散发。根据冷却方式的不同, 水轮发电机可分为密闭式空气循环冷却(空气冷却式)、水内冷却(水冷式)及其它冷却等几种方式。

1. 空气冷却式水轮发电机

密闭式空气循环冷却式水轮发电机是借助于转子风扇或转子支架的风扇作用, 通过挡风板、挡风圈及风洞的导向, 使空气在发电机内部循环流通, 热空气通过空气冷却器用水冷却。因此, 它的特点是利用空气作为冷却介质, 实现对定、转子线圈及铁芯的表面进行冷却。这种冷却方式温度稳定, 空气清洁干燥, 有利于线圈绝缘寿命, 安装维修方便。

按空气循环方式不同, 它又可分为径向和轴向两种通风方式。

(1) 径向通风方式。无风扇结构的径向通风方式示意图见图1-7。由转子支臂旋转所产生的风压, 使冷空气经转子铁芯、定子铁芯的通风沟和冷却器形成上下两个循环回路。其优点是不设风扇, 简化了结构, 散热均匀。这种通风方式已为大型机组所广泛采用。图1-8为有风扇结构的径向通风方式示意图。

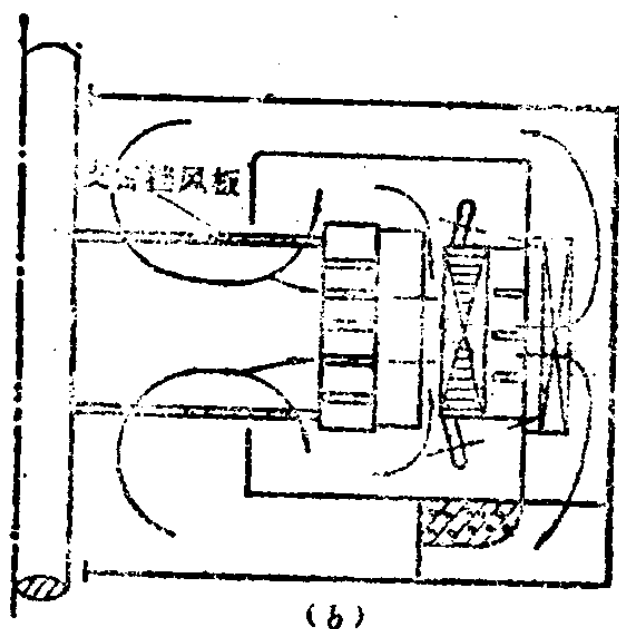
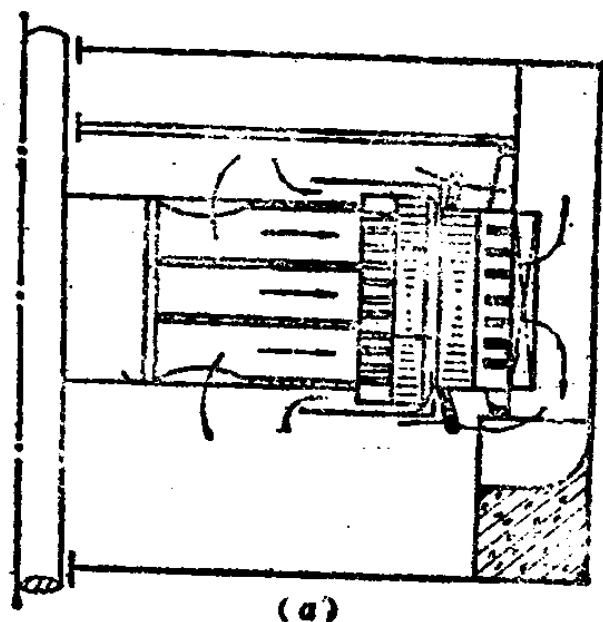


图 1-7 径向通风方式(无风扇结构)

(a)利用冷空气直接冷却定子线圈, (b)利用转子支臂扇风

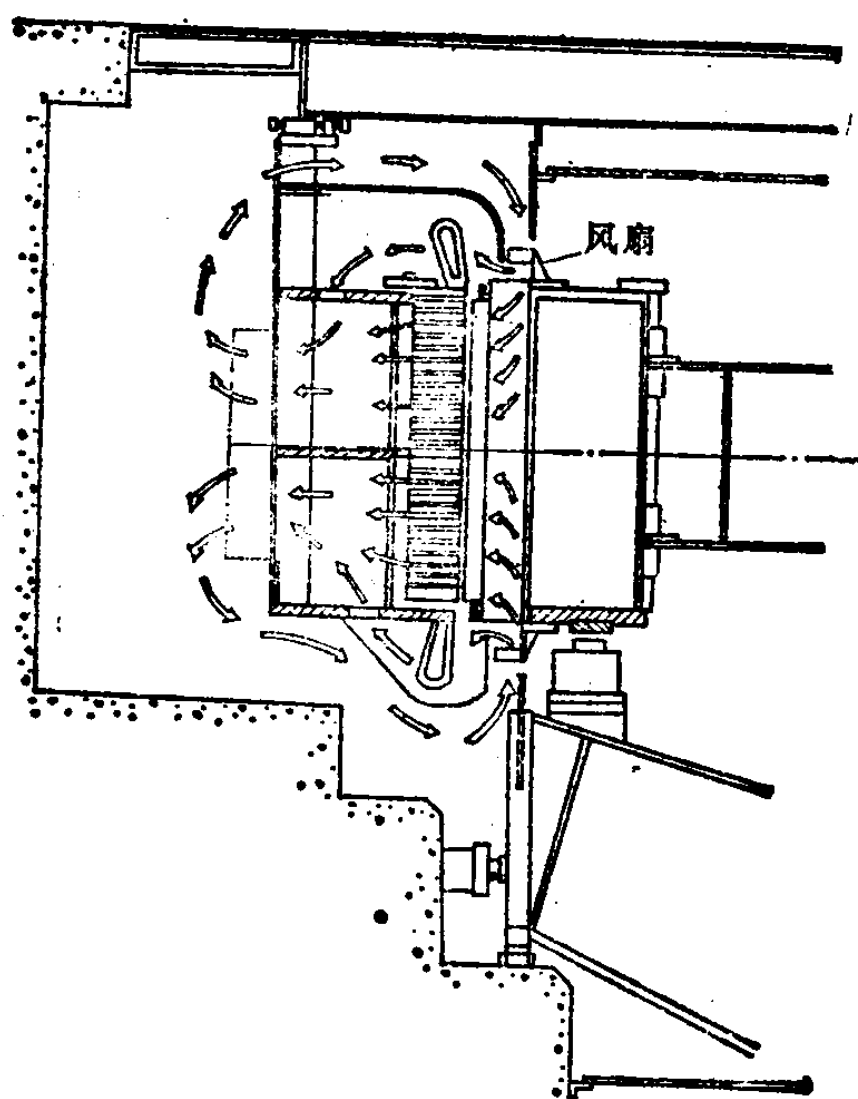


图 1-8 径向通风方式(有风扇结构)

(2) 轴向通风方式。轴向通风方式装有轴流式风扇，使空气沿定子、转子间隙自上而下流过，有些轴向还设有通风沟，增加散热通道，如图1-9所示。其优点是散热性能较径向好，空气流通性好，风损较小，机组的长度可缩短。缺点是沿轴向散热的均匀性差，

因需设置轴向通风沟，致使发电机外径和磁轭厚度增加。

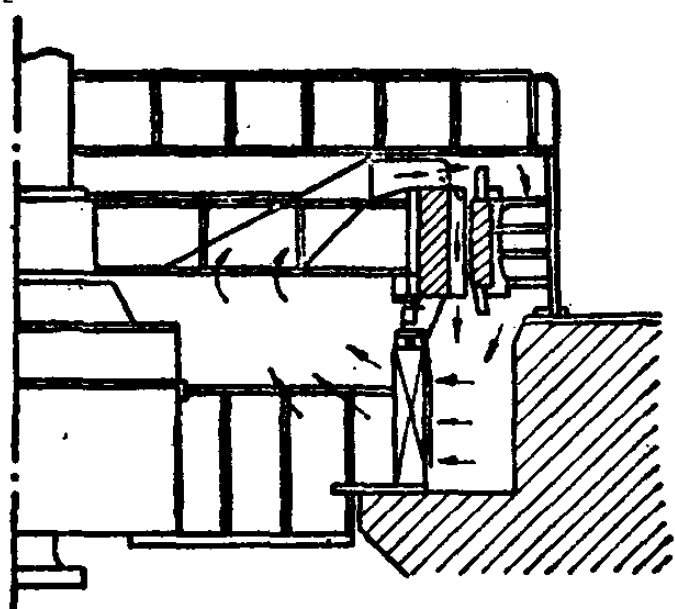


图 1-9 轴向通风方式

2. 水内冷式水轮发电机

水内冷式水轮发电机是用经过特殊处理的水作为冷却介质。冷却水直接通入转子线圈和定子线圈的空心导线内部，带走由损耗所产生的热量。按水冷部位不同又可分为：

(1) 单水内冷：仅在定子线圈中通水冷却，而转子线圈和铁芯仍用空气冷却。

(2) 双水内冷：在定子线圈和转子线圈中通水冷却。

(3) 全水内冷：在定子线圈、转子线圈和定子铁芯中通水冷却，甚至还在齿压板及推力瓦中也通水冷却。

采用水内冷却水轮发电机，可以提高极限容量，它不但可以使定、转子线圈的运行温度比空气冷却的低，而且线圈冷却较均匀，因而可延长线圈绝缘寿命。同时，水内冷却式还可以节省有效材料，使发电机重量减轻，成本降低。它的缺点是结构及安装、运行、维护复杂，并需装置一套水处理设备，辅助设备占地面积大，此外还有水冷管路元件的锈蚀、渗漏等特殊问题。

3. 其它冷却方式

(1) 开敞式及管道式的通风冷却。此种通风冷却借助于风扇作用，直接不断地从外界吸入冷空气进入发电机内部冷却，经过发电机后的热空气又直接或由管道排至大气中。它的缺点是易将空气中的尘埃带入发电机内部，聚积在各散热面上影响散热及通风。一般只用于小型发电机。

(2) 蒸发冷却。利用低沸点介质（如氟里昂），通过电机线圈中的空气导体的内孔，在相应的压力下迅速蒸发吸收其周围的热量，从而产生极强的冷却效果。汽化了的冷却媒质，通过冷凝器再凝结成液体，重新回到线圈，进行冷却。

(3) 空调冷却。从机外吸入新鲜空气，经过专门空调洗涤室喷雾水洗、降温，去湿后进入发电机内，吸收热量后的热空气经管道排出。它冷却效果好，耗水量少，维护方便，运行可靠，是一种有发展前途的冷却方式。

(四) 水轮发电——电动机

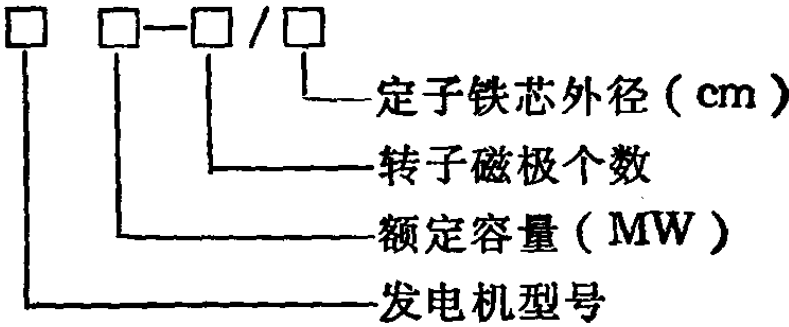
水轮发电——电动机，也称为水泵水轮发电机。它既可正转作为发电机运行发电，又可反转作电动机运行来抽水。它与水泵——水轮机共同组成特殊的水轮发电机组，称为抽水蓄能机组，用于抽水蓄能电站。由于它既是水轮发电机，又是水泵电动机，所以它与一般水轮发电机相比，具有逆转和变速两大特点。在结构上，推力轴瓦采用中心支承方式，并

设有液压卸载装置以减少电机起动力矩。

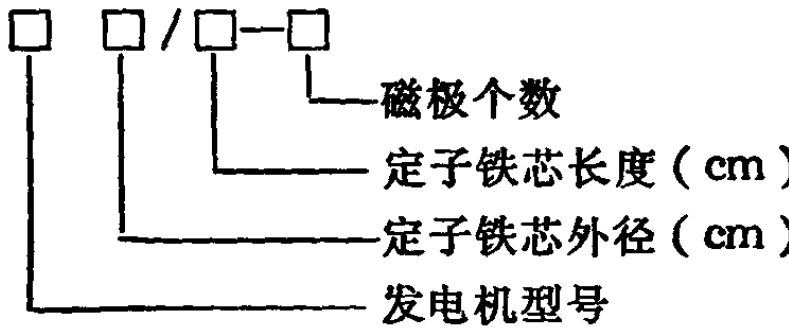
二、水轮发电机的型号

我国水轮发电机尚没有统一的标准系列，关于型号表示方法一般有两种。

新型号表示法为：



老型号表示法为：



发电机型号部分由汉语拼音字母组成，其表示符号见表1-2。

表 1-2 水 轮 发 电 机 代 表 符 号

新 型 号 表 示 法		老 型 号 表 示 法	
立式空冷水轮发电机	SF	空冷同步水轮发电机	TS
立式水内冷水轮发电机	SFS	水内冷同步水轮发电机	TSS
卧式水轮发电机	SFW	卧式同步水轮发电机	TSW
水轮发电—电动机	SFD	同步水轮发电—电动机	TSD
贯流式水轮发电机	SFG	同步贯流式水轮发电机	TSG

举例，

(1) SF210-40/1035，新型号，表示立式空冷水轮发电机，额定容量210MW，转子有40个磁极，定子铁芯外径1035cm。

(2) TSS1260/160-48，老型号，表示水内冷同步水轮发电机，定子铁芯外径为1260cm，定子铁芯长度为160cm，转子有48个磁极。

三、水轮发电机的基本参数

(一) 功率和功率因数

1. 功率

功率表示一台水轮发电机单位时间内可以做功的能力，也就是通常说的容量。水轮发电机发出三相交流电，它的额定功率（也称视在功率）单位用千伏安表示，有功功率用千瓦表示。

电压与电流是发电机的主要参数。发电机正常运行时的工作电压称为额定电压，在额定电压、额定容量运行时，所发出的电流称为额定电流。单相交流发电机产生的电压（伏）和它输出的电流（安）的乘积，除以1000称为发电机视在功率（即额定功率），单位为千伏安（kVA）。三相交流发电机的视在功率则是：

$$S = \frac{UI \times \sqrt{3}}{1000} \quad (1-1)$$

式中 U ——额定线电压（V）；

I ——额定线电流（A）；

S ——视在功率（kVA）。

发电机的电压和电流的相位由负荷的性质决定，电流的变换常是超前或滞后于电压而不相同。在计算功率时可把电流分解为两个分量：一个与电压同相，称为有功分量；另一个与电压相垂直，称无功分量。把有功分量电流与电压的乘积除以1000称为有功功率，以千瓦为单位表示；把发电机电压与无功电流分量的乘积除以1000称为无功功率，以千乏为单位。对三相负载，总的有功功率和无功功率还要乘 $\sqrt{3}$ 。

2. 功率因数

我们把发电机的有功功率与视在功率的比值，称为功率因数。它的大小视电力系统的情况而定，一般在0.8~0.9之间。

发电机的设计是以视在功率为根据的，但它能够输出的有功功率，是由水轮机的轴功率输出决定的。

（二）效率

发电机的效率是发电机输出的有功功率与输入到发电机的水轮机轴功率之比。发电机的主要损耗有定子、转子绕组中的铜损，有效铁芯中产生的铁损，推力轴承和导轴承的机械磨损，发电机转动时的风磨损，以及其它附加损耗等。所有这些损耗都变为热能，使发电机的温度升高。

提高水轮发电机组的效率有很大的经济意义。具体措施有采用高导磁性能、低损耗的硅钢片以减少铁损，改善通风以降低风损，以及减少推力轴承的损耗等。现在大型水轮发电机的效率可达97~98%。

（三）额定转速及飞逸转速

1. 额定转速

发电机转速的高低，对发电机型式、频率、尺寸、重量、造价等都有影响。

大中型水轮发电机与水轮机同轴连接，因此，发电机的额定转速等于水轮机的额定转速。由于我国交流电频率 f 规定为50Hz，所以额定转速与磁极对数 p 的固定关系即为：

$$\text{额定转速} = \frac{60f}{p} = \frac{3000}{p} \quad (1-2)$$

由此看出，发电机的磁极对数决定于发电机转速即水轮机转速。转速愈低，磁极数就愈多，这时发电机直径就必须增大，这对发电机来说是不经济的。所以，从发电机经济角度出发，希望能将水轮机额定转速提高。