

高等学校统编精品规划教材

水轮发电机组安装与检修

主 编 王玲花

副主编 吴 新 于佐东 鞠小明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校统编精品规划教材

水轮发电机组安装与检修

主 编 王玲花

副主编 吴 新 于佐东 鞠小明

参 编 王瑞莲 赵万里 张兰金



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统讲述了水轮发电机组的基本结构及特点、安装与检修的基本理论及方法。全书共分 8 章,第 1 章讲述水轮发电机组的基本结构,第 2 章讲述水轮发电机组安装与检修的基本知识,第 3 章讲述水轮机的安装,第 4 章讲述立式水轮发电机的安装,第 5 章讲述卧式机组的安装,第 6 章讲述水轮发电机组的启动试运行,第 7 章讲述水轮发电机组的平衡,第 8 章讲述水轮发电机组的检修与维护。每章均配有学习提示与习题。

本书可作为能源与动力工程专业(水动方向)及相关专业的本科生教材,也可供水利水电工程、流体机械及工程等方向的研究生使用,还可供从事水轮发电机组设计、安装与检修、试验研究、运行与维护的广大科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

水轮发电机组安装与检修 / 王玲花主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2012. 12
高等学校统编精品规划教材
ISBN 978-7-5170-0485-1

I. ①水… II. ①王… III. ①水轮发电机—发电机组
—安装—高等学校—教材②水轮发电机—发电机组—检修
—高等学校—教材 IV. ①TM312

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311993号

书 名	高等学校统编精品规划教材 水轮发电机组安装与检修
作 者	主编 王玲花 副主编 吴新 于佐东 鞠小明
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 17.5 印张 415 千字
版 次	2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	36.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

水轮发电机组安装与检修

主 编 王玲花

副主编 吴 新 于佐东 鞠小明

参 编 王瑞莲 赵万里 张兰金

前言

近年来,随着水轮发电机组不断向大容量、大尺寸、高参数方向发展,并伴随着机组自动控制技术、计算机监控技术的发展与广泛应用,现代大中型机组的结构越趋复杂、安装调试工程量大、技术难度高,逐步实现由定期检修向状态检修过渡,对机组的安装与检修质量的要求也越来越高,安装难度也越来越大。由于水轮发电机组的安装与检修、运行与维护工作涉及设计、制造、运输、施工、测量与调整试验及发电运行控制技术等方面,专业知识比较广也比较专,实践性与综合性比较强,信息量比较大,学生在课堂短时间内很难系统掌握该门课程。对此,本书从立式水轮发电机组的基本结构出发,详细介绍立式水轮发电机组的安装特点,安装工艺和方法,主要部件的组装与吊装过程,测量、计算、调整、试验的具体内容与步骤等。此外,还介绍了卧式机组的安装特点,水轮发电机组的检修与维护等方面的基础知识。

本书共分8章,对水轮发电机组的结构、安装与检修作全面的介绍。本书的特点是将水轮机与发电机融为一体,便于读者先了解整个机组的基本结构、各组成部件的功能与安装部位、安装技术要求、安装程序和注意事项等,全面掌握本课程的核心内容;将理论分析与实际应用相结合,既介绍了安装与检修的基本理论,又通过目前水电工程中一些工程实例分析,使读者对机组安装与检修技术有更深刻的印象;内容选取系统完整,深入浅出。针对本课程实践性强的特点,在学习各章内容之前有学习提示,各章之后附有典型习题,供读者练习。

本书由王玲花主编,吴新、于佐东、鞠小明副主编。王玲花(华北水利水电学院)编写第1章第1至6节,吴新(河海大学)编写第5章与第1章第7至8节;于佐东(河北工程大学)编写第8章;鞠小明(四川大学)编写第2章;王瑞莲(华北水利水电学院)编写第6章与第7章;赵万里(华北水利水电学院)编写第4章;张兰金(华北水利水电学院)编写第3章。华北水利水电学院陈德新教授对全书内容进行了认真的审核,在此表示衷心的感谢。

此外，本书还参阅了国内外大量著作与文献资料，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，欢迎使用本书的广大读者给予指正。

编者

于华北水利水电学院

2012年7月

目 录

前言

第 1 章 水轮发电机组的基本结构	1
学习提示	1
1.1 混流式水轮机的基本结构	1
1.2 轴流式水轮机的基本结构	8
1.3 水轮机主轴的结构	12
1.4 水轮机固定部件的结构	18
1.5 水轮机埋入部件的结构	26
1.6 水轮发电机基本知识	30
1.7 水轮发电机的基本结构	31
1.8 水轮发电机的主要组成部件	37
习题	53
第 2 章 水轮发电机组安装与检修的基本知识	54
学习提示	54
2.1 概述	54
2.2 水轮发电机组安装与检修的特点	55
2.3 水轮发电机组安装与检修的基本要求	56
2.4 水轮发电机组零部件的组合与装配	58
2.5 校正调整与基本测量	66
2.6 水电站的吊装工作	77
习题	79
第 3 章 水轮机的安装	81
学习提示	81
3.1 水轮机的基本安装程序	81
3.2 混流式水轮机埋设部件的安装	82
3.3 混流式水轮机导水机构的预安装	92
3.4 混流式水轮机转动部分的组装	96
3.5 混流式水轮机的正式安装	99
3.6 轴流转桨式水轮机的安装特点	105

习题	112
第4章 立式水轮发电机的安装	114
学习提示	114
4.1 水轮发电机的基本安装程序	114
4.2 发电机定子的组装与安装	115
4.3 发电机转子的组装	122
4.4 发电机转子的吊入与找正	132
4.5 机架的安装	135
4.6 推力轴承的安装和初步调整	136
4.7 主轴连接	143
4.8 机组轴线的测量和调整	144
4.9 导轴承的安装和调整	155
习题	158
第5章 卧式机组的安装	159
学习提示	159
5.1 卧式机组的类型	159
5.2 卧式机组的安装特点	160
5.3 卧式混流式水轮机组安装	161
5.4 贯流式水轮机安装	168
5.5 卧式发电机安装	173
5.6 卧式机组轴线的测量与调整	178
习题	180
第6章 水轮发电机组的启动试运行	181
学习提示	181
6.1 机组启动试运行的目的、内容及应具备的条件	181
6.2 机组启动试运行程序	183
习题	197
第7章 水轮发电机组的平衡	198
学习提示	198
7.1 概述	198
7.2 水轮机转轮的卧式静平衡试验	199
7.3 水轮机转轮的立式静平衡试验	200
7.4 发电机转子的静平衡	206
7.5 发电机转子的动平衡试验	208
习题	220

第 8 章 水轮发电机组的检修与维护..... 221

 学习提示 221

 8.1 水轮发电机组检修的特点 221

 8.2 水轮机转轮的检修..... 228

 8.3 导水机构主要部件的检修 239

 8.4 轴流式水轮机主要部件的检修 241

 8.5 主轴的检修 243

 8.6 水导轴承的检修 243

 8.7 引水钢管与蜗壳的检修 244

 8.8 尾水管及其他部件的检修 245

 8.9 水轮发电机转子的检修 246

 8.10 水轮发电机定子的检修 247

 8.11 水轮发电机推力轴承的检修 248

 8.12 水轮发电机导轴承的检修 250

 8.13 水轮发电机组状态检修 251

 8.14 机组经常出现的故障及处理方法 258

 习题 266

参考文献 267

水轮发电机组的基本结构

学 习 提 示

内容：混流式水轮机的基本结构；轴流式水轮机的基本结构；水轮机主轴的结构；水轮机固定部件的结构；水轮机埋入部件的结构；水轮发电机基本知识；水轮发电机的基本结构；水轮发电机的主要组成部件。

重点：混流式与轴流式水轮机转轮的基本结构，水轮机固定部件与埋入部件的结构。水轮发电机的基本结构，水轮发电机的主要组成部件。

要求：熟悉水轮机的主要组成部件；掌握水轮机的基本结构；熟悉水轮发电机的主要组成部件；掌握水轮发电机的基本结构。

水轮发电机组是指由水轮机和发电机组成的整体，它是水电站中最重要的主动力设备，在机组安装之前，必须先了解水轮机与发电机的整体结构。

从大的方面来看，同种类型水轮机的组成部件基本相同，但各种类型水轮机由于布置方式、水头高低及单机容量的大小等因素的影响，它们的结构又有不同程度的差异，对安装顺序、安装方法和安装技术质量的要求也有差异。反击式水轮机目前应用最为广泛，其结构形式主要由以下三大部分组成。

(1) 转动部分：主要包括转轮、主轴及其附件。

(2) 固定部分：主要包括顶盖、底环、导水机构、轴承、主轴密封，以及其他附属设备（包括紧急真空破坏阀、尾水管十字补气架或补气管、各种测压管路、测温装置、信号装置）等。

(3) 埋入部分：主要包括座环、基础环或轴流式水轮机转轮室、水轮机室里衬、尾水管里衬、蜗壳、埋设管道等（这些部件埋入混凝土中，由混凝土结构来固定和支撑）。

本章重点介绍目前最常用的立轴混流式与轴流式机组的基本结构，1.1~1.5 节介绍水轮机的基本结构，1.6~1.8 节介绍水轮发电机的基本结构。

1.1 混流式水轮机的基本结构

如图 1-1 所示，为某立轴混流式水轮机的总体结构图（图中蜗壳、尾水管未全部画出）。转轮 4 位于水轮机的中心，上部与主轴 16 连接，带动发电机转动；下部与尾水管 5 相连，将水排至下游；转轮外围均匀布置导水机构，水流经蜗壳→固定导叶 2→活动导叶

3→转轮 4→尾水管 5；活动导叶有 3 个轴颈，下轴颈支承在底环 21 的轴承孔内，上轴颈和中轴颈通过套筒 7 装在顶盖 6 上，并伸出顶盖与导叶传动机构相连；底环侧面与转轮下环配合止漏，底环上端面与活动导叶下端面配合止漏，在底环孔的底部用螺栓柱销分别与基础环 20 定位连接；顶盖用螺栓固定于座环 1 的上环上，盖住转轮和导叶 3；导叶传动机构有接力器（图中未画）、控制环 13、连杆 12、拐臂 11、连接板 8 构成，拐臂 11 套在导叶上轴颈上，两者之间用分半键 9 固定，拐臂与连接板由剪断销 10 连成一体，连杆两端分别与连接板和控制环相连，控制环支撑在支座上，支座固定于顶盖 6 上，接力器通过推拉杆带动控制环转动，控制环的转动依次传递到连杆→连接板→拐臂→活动导叶上，控制导叶开度的大小；座环四周与蜗壳相连，下部与基础环相连，基础环下部连接尾水管里衬；主轴穿过顶盖，由装在顶盖内法兰上的导轴承 15 来保持旋转轴线不变，此外还有主轴密封装置 14、油冷却器 17、顶盖排水管 18、补气装置 19 等。

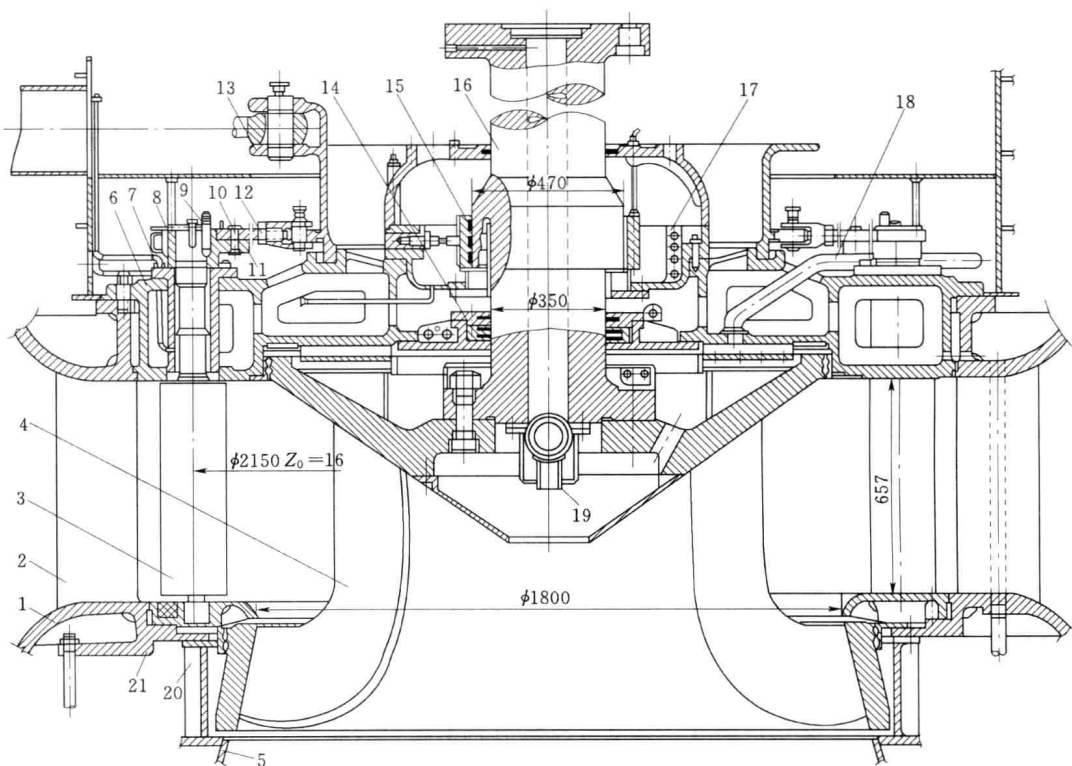


图 1-1 混流式水轮机总体结构图

- 1—蝶形边座环；2—固定导叶；3—活动导叶；4—转轮；5—尾水管；6—顶盖；7—上轴套；8—连接板；
9—分半键；10—剪断销；11—拐臂；12—连杆；13—控制环；14—密封装置；15—水轮机导轴承；
16—主轴；17—水导油冷却器；18—顶盖排水管；19—主轴补气装置；20—基础环；21—底环

1.1.1 混流式转轮

混流式水轮机转轮由叶片、上冠、下环、泄水锥、止漏环及减压装置组成，如图 1-2 所示。一般有 9~22 个固定叶片，与上冠和下环构成流道；上冠外形与圆锥体相似，其侧面或顶面处装有转动止漏环（对高水头混流式水轮机，上冠顶面还装有减少轴向水推力的减压装置），

下部固定泄水锥；下环外缘装下部转动止漏环；泄水锥主要是将经减压装置上止漏环的漏水（以及橡胶导轴承的润滑水）尽可能平顺地导向尾水管，其外形呈倒锥体，其结构型式有铸造和钢板焊接两种，还可作为主轴的中心补气和部分转轮的顶盖补气通道之用。

由于混流式水轮机的转轮应用水头和尺寸不同，它们的构造型式、制作材料及加工方法均不同，主要有整铸转轮、铸焊转轮、分瓣结构转轮等。

1. 整铸转轮

整铸转轮是指上冠、叶片和下环一起整体浇铸而成的转轮，如图 1-2 (a) 所示。图 1-2 (b) 中转轮因上冠尺寸较大，其中一部分外环做成可拆卸的结构，大中型泄水锥均单独制造并用螺栓固定在转轮上。低水头中小型混流式转轮，可采用优质铸铁 HT20~40 或球墨铸铁整铸；高水头中小型和低水头大型转轮，可采用 ZG30 或 ZG20SiMn 等整铸；高水头和多泥沙河流，为保证强度和增加叶片抗空蚀与泥沙磨损的性能，转轮宜采用不锈钢材料。对于采用普通碳钢的转轮，可在其容易空蚀和磨损的过流部位表面进行防护处理。

整铸结构能保证转轮具有足够的强度，并能适用于任何外形的转轮。缺点是容易产生铸造缺陷，铸造质量不易保证，尤其当转轮尺寸大时，需要铸造设备的能力也大。

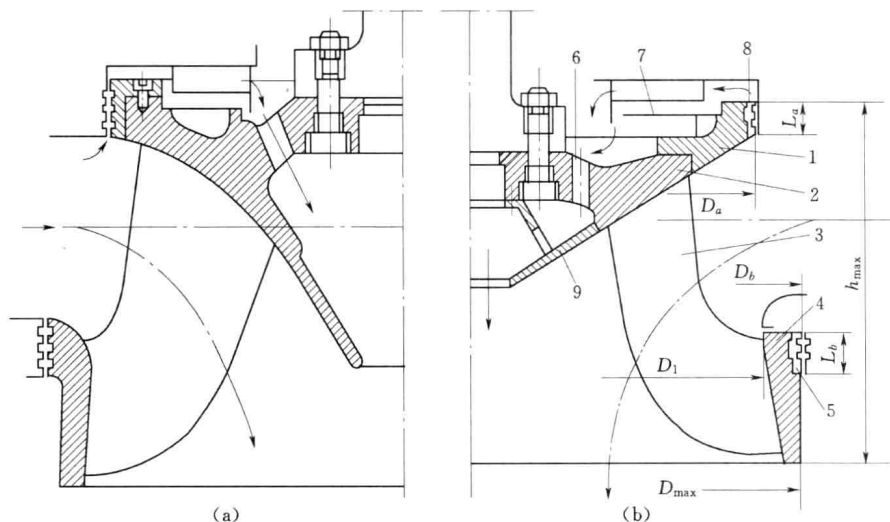


图 1-2 整铸结构转轮

1—上冠外环；2—上冠；3—叶片；4—下环；5—止漏环；6—减压孔；
7—减压装置；8—上冠止漏环；9—泄水锥

2. 铸焊转轮

铸焊转轮是将形状复杂的混流式转轮分成几个单独铸件，经机加工后再组装焊接成整体，如图 1-3 所示。目前广泛采用将上冠、下环和叶片单独铸造。

转轮采用铸焊结构，铸件小，形状较简单，易保证铸造质量，有利于提高制造精度及合理使用材料，同时降低了对铸造能力的要求，并且分别铸造和机加工而扩大了工作面，缩短了制造周期。如能在工地现场进行组焊，运输问题就变得较为简单。另外，可对不同部位采用不同的钢种，如上冠和下环采用普通铸钢而叶片采用不锈钢，这样既可提高转轮的抗空蚀能力，又可节省镍铬等金属。这种结构型式在大型水轮机中现已得到了广泛的应用。但铸焊结构转轮焊接工作量大，对焊接工艺要求高，应确保每条焊缝的质量，避免和

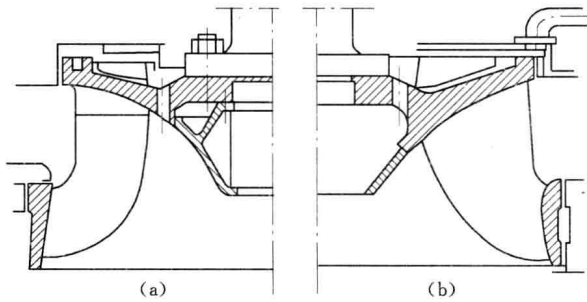


图 1-3 铸焊结构转轮

消除焊接温度应力等。

3. 分瓣结构转轮

当转轮直径较大时，因受铁路运输的限制，或因铸造能力不足，必须把转轮分瓣制作，运到现场再组合成整体。转轮分瓣型式较多，主要有以下两类：

(1) 过中心面剖分。我国主要采用上冠螺栓连接、下环焊接结构，在上冠连接处有轴向和径向的定位销，如图 1-4

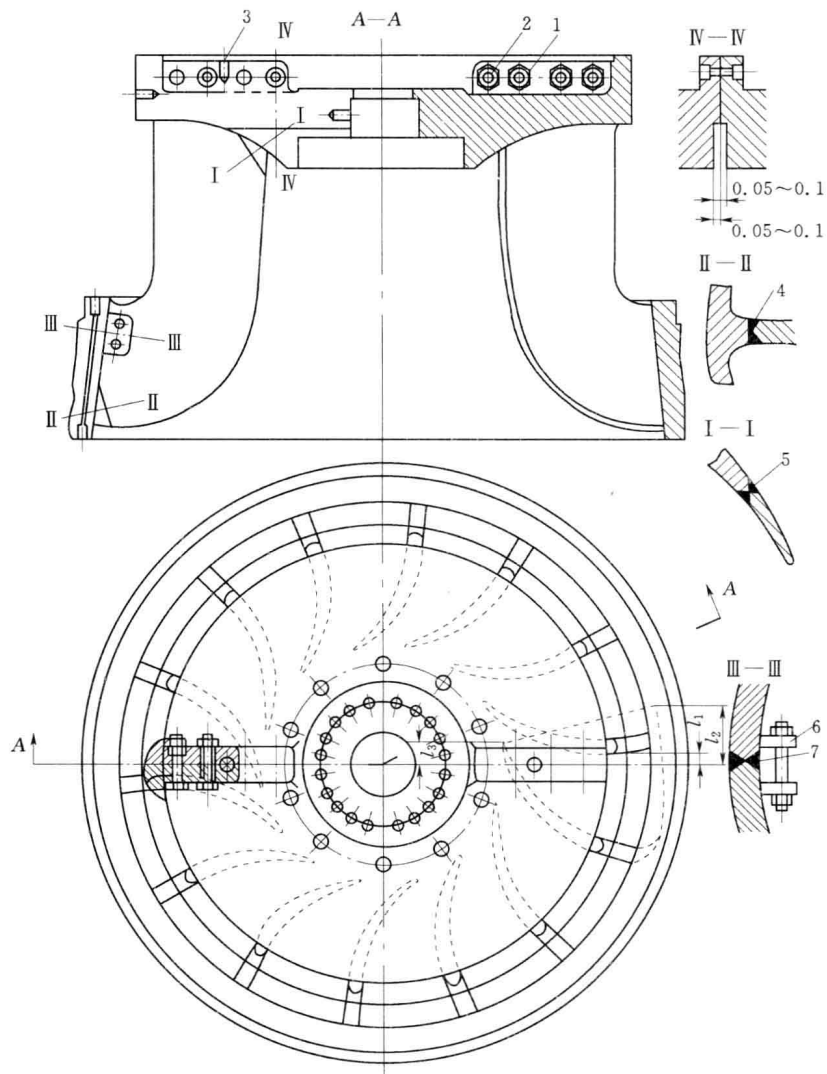


图 1-4 对称分瓣结构转轮

- 1—把合螺栓；2—把合定位螺栓；3—定位销；4—下部分剖面；
5—上部分剖面；6—临时组合法兰；7—下环分瓣面

所示。这种结构剖分对称，剖分后形状简单，机械加工量小。但有一对叶片的整体性被破坏，需在工地组装、定位后焊接，这往往会出现变形和错位。因此，在组焊后应根据具体情况适当修正叶型及止漏环外圆尺寸。

当转轮叶片数为奇数时，为减少分瓣面叶片的切割，可采用偏心分瓣的剖分法。例如，龙羊峡转轮即是这种分瓣结构（图 1-5），该转轮上冠用螺栓把合，分瓣叶片及下环则在工地焊接。

（2）阶梯平面剖分。为避免转轮叶片被切，可采用阶梯平面剖分结构，剖面是阶梯形。此外，上冠和下环的分瓣面全部采用螺栓把合结构，以避免在工地组焊时引起的错位和变形。这种结构组装后下环外侧要热套或焊接保护环。这种分瓣结构，制造精度高，机加工量大，若叶片数为奇数时，分瓣不可能对称。

1.1.2 混流式转轮的止漏装置

为减少混流式转轮周围间隙的漏损，在上冠和下环处分别装有止漏装置，它由动环和静环组成。上止漏环的动环固定在上冠侧面或顶面，静环固定在顶盖内侧面上；下止漏环的动环固定在下环的侧面，静环固定在基础环内壁上。止漏环主要有迷宫式、间隙式、梳齿式、阶梯式等，其中以迷宫式、梳齿式最为常见。

1. 迷宫式

迷宫式如图 1-6（a）、（b）所示，上止漏动环 2 装在转轮上冠 1 上，上止漏静环 3 装在顶盖 4 上；下止漏动环 6 装在转轮下环 5 上，下止漏静环 7 装在基础环 8 上。其特点是止漏效果较好，与转轮的同心度高，制造简单，安装与测量较方便。适于水头 $H < 200\text{m}$ 的清水水电站。

2. 间隙式

间隙式如图 1-6（c）所示，与迷宫式无大区别，仅止漏环上无沟槽而已。其特点同迷宫式，但止漏效果差。适于水头 $H < 200\text{m}$ 的多泥沙水电站。

上述两种止漏环与转轮的连接方式，一般对整体转轮可采用热套；分瓣转轮则在工地组焊；对清水电站而转轮尺寸又较小时，可直接在上冠、下环外侧车制迷宫式止漏槽。

止漏环的间隙值 δ 与水头 H 、运行时机组的摆度允许值、水导轴承的间隙、制造工艺和安装等因素有关。上述两种止漏环，一般可取其单边间隙 $\delta = (0.5/1000)D_1$ ，高度取 $(0.04 \sim 0.05)D_1$ 。对于 $D_1 < 1\text{m}$ 的转轮，可取 $\delta = (0.5/1000 \sim 1.5/1000)D_1$ 。

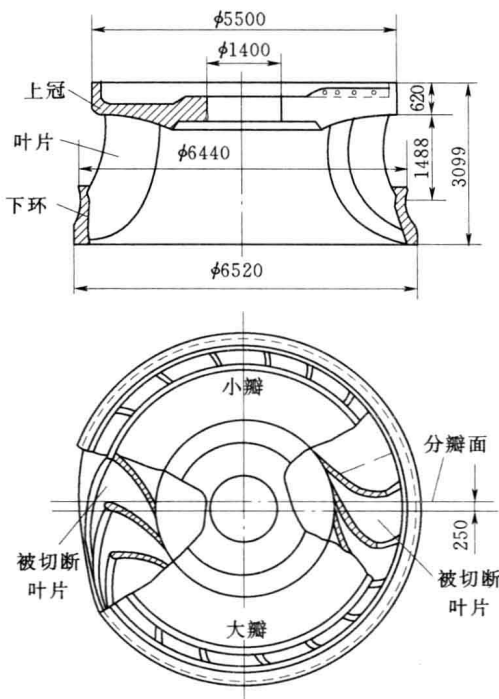


图 1-5 偏心分瓣焊接结构转轮

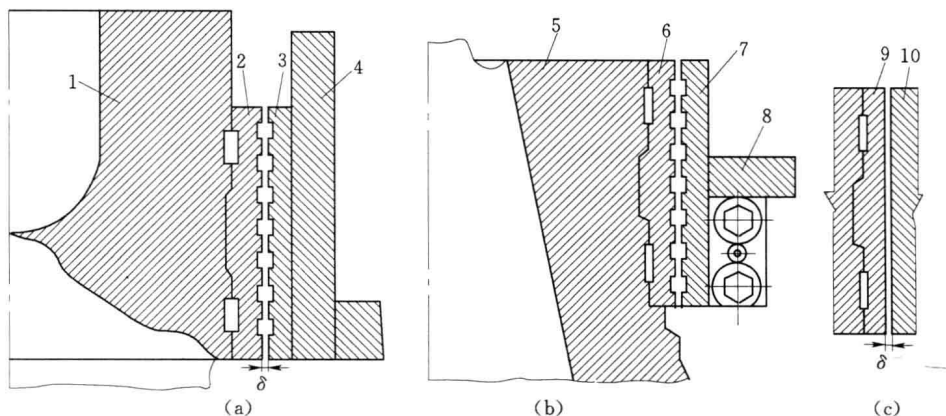


图 1-6 迷宫式与间隙式止漏环结构

(a)、(b) 迷宫式；(c) 间隙式

1—上冠；2—上止漏动环；3—上止漏静环；4—顶盖；5—下环；6—下止漏动环；
7—下止漏静环；8—基础环；9—止漏动环；10—止漏静环

3. 梳齿式

当水头 $H > 200\text{m}$ 时，一般采用梳齿式止漏环，如图 1-7 (a) 所示，常与间隙式止漏环配合使用。其动、静环用螺栓固定在转轮、顶盖及基础环上，如图 1-7 (b) 所示。由于该种止漏环存在许多直角，水流方向不断改变，增大了水流阻力，使通过止漏环间隙的水流大大减小。其特点是止漏效果好，但与转轮的同心度难于保证，动、静环易摩擦，梳齿间隙 δ 不易测量。

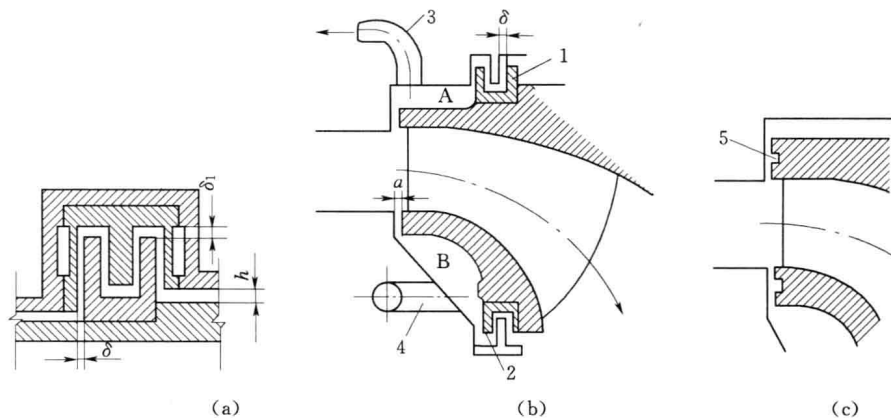


图 1-7 梳齿式止漏环结构

1—上梳齿；2—下梳齿；3—A腔排水管；4—B腔排水管；5—环形槽

梳齿式的间隙对机组运行稳定性影响较大。一般可取 $\delta = 1 \sim 2\text{mm}$ ， $\delta_1 = \delta + h$ (h 为抬机量，一般 $h = 10\text{mm}$)， $a > \delta$ (a 为外径间隙)， $a > D_1/1000$ 但不得小于 1mm 。为此，在转轮结构上应尽可能使转轮的上、下梳齿布置在同一半径的圆柱面上，这样有利于 A、B 两腔压力的均衡。梳齿式止漏装置由于加工及安装的误差以及机组在运行中产生摆度的影

响, 圆周方向的间隙会产生不均匀, 可能导致转轮径向水作用力的不平衡, 严重时产生振动可危及机组正常运行。实践表明, 适当加大间隙 a 值, 或在 B 腔采用联通环管 4, 进口外圆车制环形槽 5 等措施, 如图 1-7 (c) 所示, 是可以减弱和消除压力波动的。

4. 阶梯式

当水头 $H > 200\text{m}$ 时, 还可采用阶梯式止漏装置, 阶梯的数目可视水头高低选取, 如图 1-8 所示。从机加工及安装方面考虑, 阶梯式止漏环间隙的不均匀度容易减小, 能够增强机组运行的稳定性, 并且阶梯式止漏装置在旋转时的圆盘损失亦较梳齿式为小。其特点是兼有迷宫式和梳齿式止漏环的作用, 止漏效果较好, 止漏环的刚度高, 与转轮同心度易保证, 安装、测量均较方便。

止漏环常因磨损和空蚀而损坏。因此结构上要允许损坏后更换。

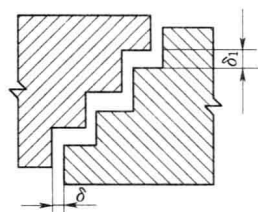


图 1-8 阶梯式止漏环结构

1.1.3 混流式转轮的减压装置

虽转轮止漏装置可减少漏水量, 但仍有一小部分水流从缝隙处漏掉了。从转轮上部止漏环进入转轮上冠外表面的水流具有一定的压力, 这部分水压力作用在转轮上冠上, 使转轮承受向下的水推力。为减轻水推力, 在转轮结构上常采取以下 3 种减压措施。

1. 在上冠上开减压孔

这是最简单的减压措施, 如图 1-9 (a) 所示。减压孔使转轮上冠顶部的压力和尾水管的低压相通, 水流由减压孔流向尾水管, 减轻了上冠顶部的压力, 使轴向水推力减小。减压孔排水总面积, 一般要求为上下止漏环缝隙面积的 4~6 倍。据此可以确定减压孔的个数和直径。泄水孔最好开成顺水流方向倾斜角 $\beta = 20^\circ \sim 30^\circ$ 。

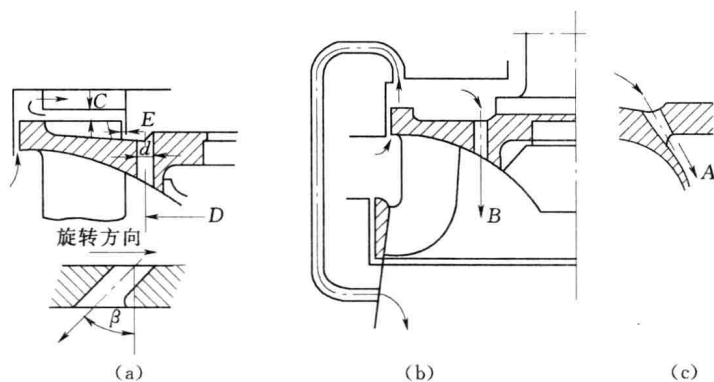


图 1-9 减压装置

2. 减压板与泄水孔联合减压

对高比转速混流式水轮机转轮除开有减压孔外, 还在上冠处装设减压装置, 以进一步减小轴向水推力, 如图 1-9 (a) 所示。减压装置主要由两块环形板 (减压板) 构成, 它们分别固定在顶盖底面和转轮上冠上, 两板之间形成间隙 C 。当漏水进入间隙 C 时, 由于

转轮旋转使漏水受离心力的影响,腔内水压力呈抛物线分布,外端的压力大于内侧。这样,漏水就由顶盖上环形板的空腔通过,经转轮减压孔排至尾水管。

此型式的减压效果与引水板面积、间隙 E 和 C 的大小及泄水孔的直径 d 有关。一般认为减压板和泄水孔面积越大,间隙 E 和 C 越小,减压效果越显著。确定间隙 C 时应考虑机组的抬机需要,一般 $C > 20\text{mm}$ 。

转轮减压板焊接在转轮上冠上,顶盖上的减压板一般是用埋头螺钉固定在顶盖的立筋上。减压板的材料常用 A3 钢板。

3. 设置减压排水管或与减压孔联合减压

有的水轮机,由于转轮上冠上没有足够开孔面积,采用了减压排水管的方法,或减压排水管与减压孔联合减压,如图 1-9 (b) 所示。顶盖内有数条排水管与尾水管相连,使上冠上面的漏水一部分经排水管泄至尾水管,另一部分经转轮上的泄水孔排入尾水管。另外,对于这种类型还有经泄水锥内腔排入尾水管的,如图 1-9 (c) 所示。经转轮上的泄水孔排入尾水管,使转轮上面的压力降低,从而减轻作用在转轮上的轴向水推力。但图 1-9 (b) 所示的方式可能在泄水锥的过流表面上产生空蚀损坏和磨损;而图 1-9 (c) 所示的方式又有可能影响补气的效果。

1.1.4 混流式转轮的泄水锥

泄水锥为一锥体形状,其作用是引导由叶片流出的水流顺利通过并变成轴向,避免水流相互撞击和旋转造成水力损失。小型转轮的泄水锥与上冠浇铸为一体,大中型转轮的泄水锥常用铸钢整铸或用钢板焊接。可直接焊在转轮上冠的下部,或用螺钉把合在上冠上,再点焊加强,如图 1-2、图 1-3 所示。

1.2 轴流式水轮机的基本结构

轴流式水轮机一般都采用立轴装置,与混流式相比,结构上最明显的差别是转轮,其他过流部件大体相近。轴流式水轮机包括转桨式和定桨式两种。由于定桨式转轮结构简单,下面主要介绍转桨式转轮的结构。

如图 1-10 所示,轴流转桨式转轮主要由叶片、转轮体(也称轮毂)、叶片转动操作机构和泄水锥等组成,其中叶片转动操作机构较为复杂。

1. 转轮体

转桨式的转轮体外形多为球面,这样能使转轮体与叶片内缘之间在各种转角下都能保持较小的间隙,转轮体内要安装叶片转动操作机构。

2. 叶片

叶片通过悬臂固定在转轮体上,水轮机运转时受力最大的位置在叶片根部(轮毂端),所以叶片根部较厚,越向叶片边缘越薄。叶片数与应用水头有关,水头高,则叶片增多。

转桨式转轮叶片,其末端有一枢轴(枢轴和叶片可做成整体或组合的结构),插入转轮体相应的孔中,与操作机构的转臂相连。当负荷变化时,操作机构带动叶片作相应的旋转,以适应工况变化。