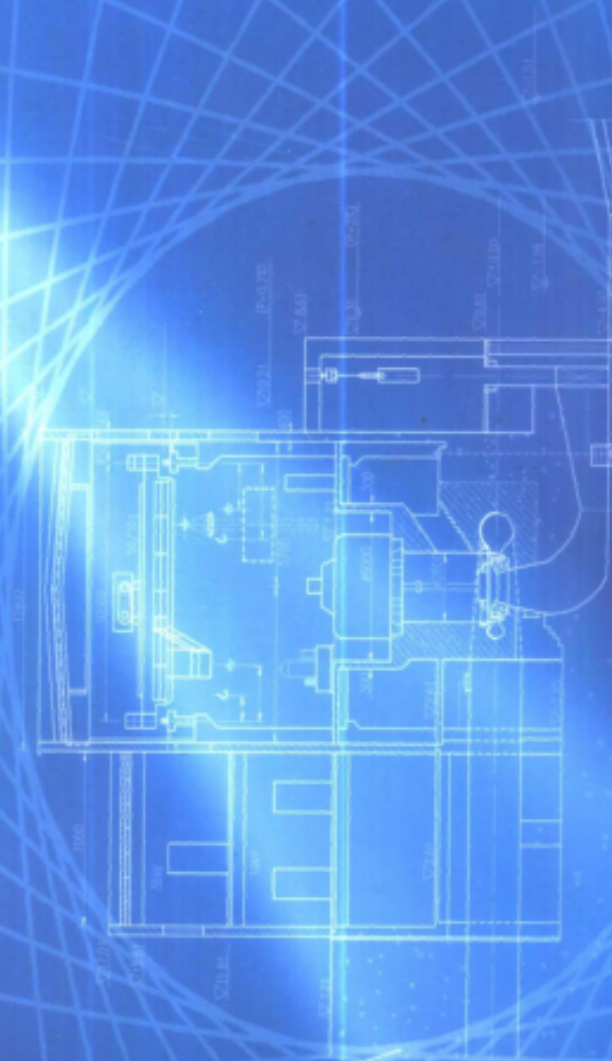


小型水电站 机电设计图集

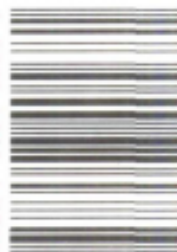
王庆明 主编



 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑：杜坚

ISBN 7-5084-0568-4



9 787508 405681 >

ISBN 7-5084-0568-4 / TM · 96

定价：275.00 元 (赠1CD)

赠盘

小型水电站 机电设计图集

王庆明 主编

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

为配合“十五”期间国家建设 400 个水电农村电气化县项目的正式启动,满足小型水电站建设和发展的需要,根据小型水电站有关设计规程规范,结合小水电特点和设计经验,编制本图集。

图集以图纸为主,文字为辅,系统地介绍了小型水电站设计中机电各专业类型的设计图内容,包括系统图、布置图、电路图、安装图等。图集针对小型水电站特点,以水力机械、电气一次、电气二次设计为重点,全面、系统地介绍小型水电站机电设计的主要步骤和设计原则,设计方案比较和选择,设备选型和参数计算,各专业技术资料提供和配合等。在每部分图纸之前,均给出了相应的文字说明,文图对应,以期达到易读实用的目的。

本图集的特点是全面、具体、易读、实用。图集中全部图纸均按施工图要求绘制,设计符合现行国家及行业有关小水电设计规程规范,制图符合现行水利工程制图规范,并制作了光盘。可供从事小水电设计、施工、运行人员使用,也可作为小水电技术人员培训教材,还可供大中专院校机电专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

小型水电站机电设计图集/王庆明主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2002
ISBN 7-5084-0568-4

I. 小… II. 王… III. 水力发电站, 小型—电气工程—工程设计—图集 IV. TV742-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 016068 号

书 名	小型水电站机电设计图集
作 者	王庆明 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部) 全国各地新华书店
排 版	北京安悦思技贸易中心
印 刷	北京密云红光印刷厂
规 格	889×1194 毫米 横 16 开本 24.25 印张 954 千字
版 次	2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷
印 数	0001—2100 册
定 价	275.00 元 (赠 1CD)

凡购买本社图书, 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

本书编写人员名单

主 编 王庆明

编写人员（以姓氏笔画为序）

马跃生	王文先	王为福	孙国强	任 岩
乔中均	邬向红	朱兴旺	闫观清	刘建红
邹玉涛	沈冰珂	金 辉	郑莉玲	夏富军

前言

最近,国务院批准的“十五”期间全国建设400个水电农村电气化县项目已正式启动。水电农村电气化县建设,是在中小水电资源丰富的贫困山区、民族地区、革命老区和边疆地区,结合江河治理,兴水办电,解决当地用电问题,把资源优势转变为经济优势,促进经济发展和社会进步;是农村、农业基础设施工程、开发性扶贫工程和生态工程;是统筹发电、供电和用电,协调扶贫、资源、生态和水利建设,有效解决人口、资源、环境问题的系统工程。“十五”期间400个水电农村电气化县建设,是在过去15年全国已建成653个农村水电初级电气化县的基礎上,建设适应经济和社会发展要求的、具有较高电气化水平的水电农村电气化县。“十五”期间全国400个水电农村电气化县建设,开工项目总投资规模达700多亿元,计划完成投资500多亿元。

我们编写这本《小型水电站机电设计图集》,供从事小水电设计、施工、运行及管理人员使用,也可作为小水电技术培训教材,还可供大中专院校机电专业师生阅读参考。

《小型水电站机电设计图集》以图纸为主,文字为辅,系统地介绍了小型水电站设计中机电各专业各种类型的设计图内容,包括系统图、布置图、电路图、安装图等。图集针对小型水电站特点,以水力机械、

电气一次、电气二次设计为重点,全面、系统地介绍小型水电站机电设计的主要步骤和设计原则,设计方案比较和选择,设备选型和参数计算,各专业间技术资料提供和配合等,在每部分图纸之前,均给出了相应的文字说明,文图对应,以期达到易读实用的目的。

图集中全部图纸均按施工图画要求绘制,设计符合现行国家及行业有关小水电设计规程规范,制图符合现行水利工程施工制图规范。主要内容包括水力机械、电气一次、电气二次等机电设计有关内容。水力机械包括水轮机设备及进水阀选择,水轮发电机结构,调速系统设备选择,输水系统调节保证计算,主厂房起重设备,技术供水、油、气系统,水力监测系统,主厂房布置设计等;电气一次包括水电站与电力系统连接,电气主接线、短路电流计算,水轮发电机选择,电力变压器选择,高、低压电气设备选择,电力电缆选择、厂用电接线,厂房电气设备布置,过电压保护和接地装置,照明设计等;电气二次包括发电机控制保护,变压器控制保护,发电机—变压器组控制保护,机组自动化,电站公用设备控制,线路继电保护等。图集全部图纸用AutoCAD R14版本软件绘制,并集中在一张光盘上,随图集赠送给读者。

本图集第一章由乔中均、王文先、郑莉玲、刘建红、朱兴旺编写,

2003/01

邹玉涛参加编写了混流式机组(4);第二章由夏富军、闫观清、鄢向红、孙国强编写;第三章由王为福、任岩、金辉、沈冰珂编写;马跃生参加编写了第二章、第三章文字部分,王庆明参加编写并修改了图集全部文字和图纸,负责图集策划和定稿。

本图集在编写过程中得到许多单位同行的支持和帮助,我们表示衷心感谢。

本图集力求反映小水电特点和要求,但由于篇幅有限,恐难令人满意,敬请广大使用者提出批评和建议。

编者

2002年5月

目 录

前言

第一章 水力机械

第一节 水力机械主机系统

第二节 水力机械辅助设备系统

第三节 电站示例

一、混流式机组(1)

图 SJ-HL-01 混流式机组(1)技术供水系统图

图 SJ-HL-02 混流式机组(1)排水系统图

图 SJ-HL-03 混流式机组(1)透平油系统图

图 SJ-HL-04 混流式机组(1)压缩空气系统图

图 SJ-HL-05 混流式机组(1)水力监测系统图

图 SJ-HL-06 混流式机组(1)发电层平面布置图

图 SJ-HL-07 混流式机组(1)水轮机层平面布置图

图 SJ-HL-08 混流式机组(1)蜗壳层平面布置图

图 SJ-HL-09 混流式机组(1)主厂房 2 号机组横剖面图

图 SJ-HL-10 混流式机组(1)主厂房纵剖面图

二、混流式机组(2)

图 SJ-HL-11 混流式机组(2)技术供水系统图

图 SJ-HL-12 混流式机组(2)排水系统图

图 SJ-HL-13 混流式机组(2)透平油系统图

图 SJ-HL-14 混流式机组(2)绝缘油系统图

图 SJ-HL-15 混流式机组(2)低压压缩空气系统图

图 SJ-HL-16 混流式机组(2)中压压缩空气系统图

图 SJ-HL-17 混流式机组(2)水力监测系统图

图 SJ-HL-18 混流式机组(2)发电层平面布置图

图 SJ-HL-19 混流式机组(2)水轮机层平面布置图

图 SJ-HL-20 混流式机组(2)蜗壳层、蜗壳层平面布置图

图 SJ-HL-21 混流式机组(2)尾水管层平面布置图

图 SJ-HL-22 混流式机组(2)主厂房 2 号机组横剖面图

图 SJ-HL-23 混流式机组(2)主厂房纵剖面图

三、混流式机组(3)

图 SJ-HL-24 混流式机组(3)技术供水系统图

图 SJ-HL-25 混流式机组(3)排水系统图

图 SJ-HL-26 混流式机组(3)透平油系统图

图 SJ-HL-27 混流式机组(3)低压压缩空气系统图

图 SJ-HL-28 混流式机组(3)中压压缩空气系统图

图 SJ-HL-29 混流式机组(3)水力监测系统图

图 SJ-HL-30 混流式机组(3)发电层平面布置图

图 SJ-HL-31 混流式机组(3)水轮机层平面布置图

图 SJ-HL-32 混流式机组(3)蜗壳层平面布置图

图 SJ-HL-33 混流式机组(3)主厂房 2 号机组横剖面图

四、混流式机组(4)

图 SJ-HL-34 混流式机组(4)技术供水系统图

图 SJ-HL-35 混流式机组(4)厂房渗漏排水系统图

图 SJ-HL-36 混流式机组(4)透平油系统图

图 SJ-HL-37 混流式机组(4)压缩空气系统图

图 SJ-HL-38 混流式机组(4)水力监测系统图

图 SJ-HL-39 混流式机组(4)发电层平面布置图

图 SJ-HL-40 混流式机组(4)水轮机层平面布置图

图 SJ-HL-41 混流式机组(4)蜗壳层平面布置图

图 SJ-HL-42 混流式机组(4)主厂房 3 号机组横剖面图

图 SJ-HL-43 混流式机组(4)主厂房纵剖面图

五、轴流转桨式机组	67
图 SJ-ZZ-01 轴流转桨式机组技术供水系统图	71
图 SJ-ZZ-02 轴流转桨式机组透平油系统图	72
图 SJ-ZZ-03 轴流转桨式机组绝缘油系统图	73
图 SJ-ZZ-04 轴流转桨式机组压缩空气系统图	74
图 SJ-ZZ-05 轴流转桨式机组水力监测系统图	75
图 SJ-ZZ-06 轴流转桨式机组发电机层平面布置图	76
图 SJ-ZZ-07 轴流转桨式机组水轮机层平面布置图	77
图 SJ-ZZ-08 轴流转桨式机组主厂房 2 号机械剖面图	78
图 SJ-ZZ-09 轴流转桨式机组主厂房纵剖面图	79
六、冲击式机组(1)	80
图 SJ-CJ-01 冲击式机组(1)技术供水系统图	82
图 SJ-CJ-02 冲击式机组(1)透平油系统图	83
图 SJ-CJ-03 冲击式机组(1)低压压缩空气系统图	84
图 SJ-CJ-04 冲击式机组(1)中压压缩空气系统图	85
图 SJ-CJ-05 冲击式机组(1)发电机层平面布置图	86
图 SJ-CJ-06 冲击式机组(1)水轮机层平面布置图	87
图 SJ-CJ-07 冲击式机组(1)主厂房 1 号机械剖面图	88
七、冲击式机组(2)	89
图 SJ-CJ-08 冲击式机组(2)技术供水系统图	92
图 SJ-CJ-09 冲击式机组(2)排水系统图	93
图 SJ-CJ-10 冲击式机组(2)透平油和绝缘油系统图	94
图 SJ-CJ-11 冲击式机组(2)压缩空气系统图	95
图 SJ-CJ-12 冲击式机组(2)主厂房平面布置图	96
图 SJ-CJ-13 冲击式机组(2)主厂房 1 号机械剖面图	97
图 SJ-CJ-14 冲击式机组(2)主厂房纵剖面图	98
第二章 电气一次	99
第一节 小型水电站与电力系统的连接	99
第二节 电气主接线	102
图 D1-JX-01 电气主接线简图	107

图 D1-JX-02 电气主接线(1)	108
图 D1-JX-03 电气主接线(2)	109
图 D1-JX-04 电气主接线(3)	110
图 D1-JX-05 电气主接线(4)	111
图 D1-JX-06 电气主接线(5)	112
图 D1-JX-07 KYN—35 高压开关柜订货图	113
第三节 厂用电	114
图 D1-CY-01 厂用电接线图(1)	119
图 D1-CY-02 厂用电接线图(2)	120
图 D1-CY-03 厂用电接线图(3)	121
图 D1-CY-04 厂用电接线图(4)1/2	122
图 D1-CY-05 厂用电接线图(4)2/2	123
图 D1-CY-06 厂用电接线图(5)	124
图 D1-CY-07 厂用电接线图(6)	125
图 D1-CY-08 厂用电接线图(7)	126
图 D1-CY-09 事故照明电源切换及照明系统图	127
图 D1-CY-10 ZB304-250/108 型组合变电站配电系统图	128
图 D1-CY-11 ZB514-100/10H 型组合变电站配电系统图	129
图 D1-CY-12 XGN2-10 高压开关柜订货图(1)	130
图 D1-CY-13 XGN2-10 高压开关柜订货图(2)	131
图 D1-CY-14 KYN18A-10 高压开关柜订货图	132
图 D1-CY-15 GCS-0.4 低压配电盘订货图 1/2	133
图 D1-CY-16 GCS-0.4 低压配电盘订货图 2/2	134
第四节 短路电流计算	135
图 D1-DD-01 短路电流计算说明	135
图 D1-DD-02 短路电路计算实例 1/7	136
图 D1-DD-03 短路电路计算实例 2/7	137
图 D1-DD-04 短路电路计算实例 3/7	138
图 D1-DD-05 短路电路计算实例 4/7	139
图 D1-DD-06 短路电路计算实例 5/7	140

图 D1-D0-07 短路电路计算实例 6/7	141
图 D1-D0-08 短路电路计算实例 7/7	142
第五节 高低压电气设备及载流导体选择	143
第六节 电气设备布置与安装	147
图 D1-BZ-01 发电机层平面布置图	151
图 D1-BZ-02 水轮机层平面布置图	152
图 D1-BZ-03 副厂房顶层平面布置图	153
图 D1-BZ-04 发电机中性点电流互感器布置与安装图	154
图 D1-BZ-05 发电机中性点设备布置及安装图	155
图 D1-BZ-06 发电机励磁变压器布置及安装图	156
图 D1-BZ-07 发电机出口电压互感器安装图	157
图 D1-BZ-08 主厂房段发电机引出线布置及安装图	158
图 D1-BZ-09 厂内母线道布置图 1/2	159
图 D1-BZ-10 厂内母线道布置图 2/2	160
图 D1-BZ-11 厂外母线道布置图	161
图 D1-BZ-12 高低压开关柜及干式变压器布置与安装图	162
图 D1-BZ-13 35kV 屋内配电装置布置图 1/3	163
图 D1-BZ-14 35kV 屋内配电装置布置图 2/3	164
图 D1-BZ-15 35kV 屋内配电装置布置图 3/3	165
图 D1-BZ-16 KYN-35 开关柜平面布置及安装图	166
图 D1-BZ-17 35kV 开关站平面布置图	167
图 D1-BZ-18 35kV 开关站剖面图	168
图 D1-BZ-19 35kV 内桥接线屋外配电装置平面布置图	169
图 D1-BZ-20 35kV 升压站电气设备安装图	170
图 D1-BZ-21 35kV 升压站平面布置图	171
图 D1-BZ-22 35kV 配电装置剖面图	172
图 D1-BZ-23 主变压器及 10kV 户外母线桥平面布置图	173
图 D1-BZ-24 主变压器及 10kV 户外母线桥剖面图	174
图 D1-BZ-25 XGN-10 开关柜布置及安装图	175
图 D1-BZ-26 XGN-10 开关柜基础埋件及电缆开沟图	176

图 D1-AZ-01 通用电气预埋件典型图	177
图 D1-AZ-02 主厂房发电机电气设备开孔及基础安装图	178
图 D1-AZ-03 中控室电气设备开孔及基础安装图	179
图 D1-AZ-04 发电机引出回路电流互感器安装图	180
图 D1-AZ-05 厂用变压器安装图	181
图 D1-AZ-06 组合式变电站 ZB304 基础方案示意图	182
图 D1-AZ-07 组合式变电站 ZB514 基础方案示意图	183
图 D1-AZ-08 CWLB-10/1000 穿墙套管安装图	184
图 D1-AZ-09 CWL-20/2000 穿墙套管安装图	185
图 D1-AZ-10 CWLB-10/600 穿墙套管安装图	186
图 D1-AZ-11 主厂房桥吊滑线安装图	187
图 D1-AZ-12 桥吊滑线安装图	188
图 D1-AZ-13 DW13-35 型断路器安装图	189
图 D1-AZ-14 LW8-35 型户外高压 SF ₆ 断路器 (附 CT14 弹簧操作机构) 安装图	190
图 D1-AZ-15 GW5-35W 隔离开关 (附 SC-17 操作机构) 安装图	191
图 D1-AZ-16 GW5-35IIDW 隔离开关 (附 SC-17 操作机构) 安装图	192
图 D1-AZ-17 GW14-35(D) 型隔离开关安装图	193
图 D1-AZ-18 GW14-35(IID) 型隔离开关安装图	194
图 D1-AZ-19 35kV 电压互感器、熔断器及避雷器安装图 (1)	195
图 D1-AZ-20 35kV 电压互感器、熔断器及避雷器安装图 (2)	196
图 D1-AZ-21 35kV 电压互感器、熔断器及避雷器安装图 (3)	197
图 D1-AZ-22 线路阻波器、耦合电容器及结合滤波器安装图	198
图 D1-AZ-23 主变压器固定器安装及加工图	199
图 D1-AZ-24 TBB10-500 集合式电容器安装图	200
图 D1-AZ-25 35kV 柱上变压器安装图	201
图 D1-AZ-26 ZSW1-35/800 支柱绝缘子安装图	202
图 D1-AZ-27 JXW-1 端子箱安装图	203
图 D1-AZ-28 主变压器端子箱安装图	204
图 D1-AZ-29 35kV 耐张绝缘子串安装图	205

第七节 电缆敷设	206
图 D1-DL-01 电缆敷设、埋管、埋件及盘柜安装施工说明	206
图 D1-DL-02 电气埋件及埋管典型详图	207
图 D1-DL-03 电缆支架及桥架安装典型详图	208
图 D1-DL-04 发电机电缆吊架图	209
图 D1-DL-05 发电机电缆桥架布置图	210
图 D1-DL-06 发电机电缆埋管图	211
图 D1-DL-07 发电机电缆敷设图 1/2	212
图 D1-DL-08 发电机电缆敷设图 2/2	213
图 D1-DL-09 水轮机层电缆敷设图	214
图 D1-FH-01 电缆防火措施施工说明及阻火墙安装示意图	215
图 D1-FH-02 电缆耐火隔板安装示意图	216
图 D1-FH-03 电缆穿越孔洞及电缆竖井防火封堵示意图	217
第八节 过电压保护及接地装置	218
图 D1-JD-01 接地网典型连接详图及设计说明	221
图 D1-JD-02 厂区分雷及接地布置图(例 1)	222
图 D1-JD-03 发电机电层接地布置图(例 2)	223
图 D1-JD-04 水轮机层接地布置图(例 2)	224
图 D1-JD-05 机组横剖面接地布置图(例 3)	225
图 D1-JD-06 发电机电层接地布置图(例 3)	226
图 D1-JD-07 水轮机层接地布置图(例 3)	227
图 D1-JD-08 蜗壳层接地布置图(例 3)	228
图 D1-JD-09 升压站接地体布置图	229
图 D1-JD-10 升压站引外接地体布置图	230
图 D1-JD-11 升压站避雷针保护范围图	231
图 D1-JD-12 组合式变电站接地装置施工图	232
图 D1-JD-13 接地电阻测量井安装图	233
第九节 照明	234
图 D1-ZM-01 照明部分施工说明	235
图 D1-ZM-02 照明接线盒(箱)及埋件典型图	236

图 D1-ZM-03 发电机电层照明布置图 1/2	237
图 D1-ZM-04 发电机电层照明布置图 2/2	238
图 D1-ZM-05 厂房发电机电层照明布置图	239
图 D1-ZM-06 厂房水轮机层照明布置图	240
图 D1-ZM-07 10kV 配电室及中控室照明布置图	241
第三章 电气二次	242
第一节 概述	242
第二节 发电机控制保护	242
图 D2-F-01 发电机控制保护电路图(1)1/2	244
图 D2-F-02 发电机控制保护电路图(1)2/2	245
图 D2-F-03 发电机控制保护电路图(2)1/2	246
图 D2-F-04 发电机控制保护电路图(2)2/2	247
图 D2-F-05 发电机控制保护电路图(3)1/2	248
图 D2-F-06 发电机控制保护电路图(3)2/2	249
图 D2-F-07 发电机控制保护电路图(4)1/2	250
图 D2-F-08 发电机控制保护电路图(4)2/2	251
图 D2-F-09 发电机控制保护电路图(5)1/2	252
图 D2-F-10 发电机控制保护电路图(5)2/2	253
图 D2-F-11 发电机转子一点接地保护装置接线图	254
图 D2-F-12 发电机控制屏屏面布置图(1)	255
图 D2-F-13 发电机控制屏屏面布置图(2)	256
图 D2-F-14 发电机保护屏屏面布置图(1)	257
图 D2-F-15 发电机保护屏屏面布置图(2)	258
图 D2-F-16 发电机保护屏屏面布置图(3)	259
第三节 主变压器控制保护	260
图 D2-B-01 变压器控制保护电路图(1)	261
图 D2-B-02 变压器控制保护电路图(2)	262
图 D2-B-03 变压器控制保护电路图(3)1/2	263
图 D2-B-04 变压器控制保护电路图(3)2/2	264
图 D2-B-05 变压器控制保护电路图(4)1/2	265

图 D2-B-06	变压器控制保护电路图(4)2/2	266
图 D2-B-07	变压器控制保护电路图(5)1/2	267
图 D2-B-08	变压器控制保护电路图(5)2/2	268
图 D2-B-09	变压器控制保护电路图(6)1/2	269
图 D2-B-10	变压器控制保护电路图(6)2/2	270
图 D2-B-11	变压器通风电路图	271
图 D2-B-12	变压器控制屏面布置图(1)	272
图 D2-B-13	变压器控制屏面布置图(2)	273
图 D2-B-14	变压器控制屏面布置图(3)	274
图 D2-B-15	变压器控制屏面布置图(4)	275
图 D2-B-16	变压器控制屏面布置图(5)	276
图 D2-B-17	变压器控制屏面布置图(6)	277
图 D2-B-18	变压器控制屏面布置图(7)	278
图 D2-B-19	变压器保护屏面布置图(1)	279
图 D2-B-20	变压器保护屏面布置图(2)	280
图 D2-B-21	变压器保护屏面布置图(3)	281
图 D2-B-22	变压器保护屏面布置图(4)	282
图 D2-B-23	变压器保护屏面布置图(5)	283
图 D2-B-24	变压器保护屏面布置图(6)	284
图 D2-B-25	变压器保护屏面布置图(7)	285
图 D2-B-26	变压器保护屏面布置图(8)	286
图 D2-B-27	变压器保护屏面布置图(9)	287
第四节 发电机-变压器组控制保护		
图 D2-FB-01	发电机-变压器组控制保护电路图(1)1/2	288
图 D2-FB-02	发电机-变压器组控制保护电路图(1)2/2	289
图 D2-FB-03	发电机-变压器组控制保护电路图(2)1/2	290
图 D2-FB-04	发电机-变压器组控制保护电路图(2)2/2	291
图 D2-FB-05	发电机-变压器组控制保护电路图(3)1/2	292
图 D2-FB-06	发电机-变压器组控制保护电路图(3)2/2	293
图 D2-FB-07	发电机-变压器组控制保护电路图(4)1/2	294
		295

图 D2-FB-08	发电机-变压器组控制保护电路图(4)2/2	296
图 D2-FB-09	发电机-变压器组控制保护电路图(5)1/2	297
图 D2-FB-10	发电机-变压器组控制保护电路图(5)2/2	298
图 D2-FB-11	发电机-变压器组控制保护电路图(6)1/2	299
图 D2-FB-12	发电机-变压器组控制保护电路图(6)2/2	300
图 D2-FB-13	发电机-变压器组控制屏面布置图(1)	301
图 D2-FB-14	发电机-变压器组控制屏面布置图(2)	302
图 D2-FB-15	发电机-变压器组控制屏面布置图(3)	303
图 D2-FB-16	发电机-变压器组控制屏面布置图(4)	304
图 D2-FB-17	发电机-变压器组控制屏面布置图(5)	305
图 D2-FB-18	发电机-变压器组控制屏面布置图(6)	306
图 D2-FB-19	发电机-变压器组控制屏面布置图(7)	307
图 D2-FB-20	发电机-变压器组控制屏面布置图(8)	308
图 D2-FB-21	发电机-变压器组控制屏面布置图(9)	309
图 D2-FB-22	发电机-变压器组保护屏面布置图(1)	310
图 D2-FB-23	发电机-变压器组保护屏面布置图(2)	311
图 D2-FB-24	发电机-变压器组保护屏面布置图(3)	312
图 D2-FB-25	发电机-变压器组保护屏面布置图(4)	313
图 D2-FB-26	发电机-变压器组保护屏面布置图(5)	314
图 D2-FB-27	发电机-变压器组保护屏面布置图(6)	315
第五节 机组自动化		
图 D2-Z-01	机组水力机械自动控制电路图(1)1/2	316
图 D2-Z-02	机组水力机械自动控制电路图(2)2/2	317
图 D2-Z-03	机组水力机械自动控制电路图(1)1/2	318
图 D2-Z-04	机组水力机械自动控制电路图(2)2/2	319
图 D2-Z-05	调速器油泵(1台)自动控制电路图	320
图 D2-Z-06	调速器油泵(2台)自动控制电路图	321
图 D2-Z-07	液压蝶阀(1台油泵)自动控制电路图	322
图 D2-Z-08	液压蝶阀(2台油泵)自动控制电路图	323
图 D2-Z-09	电动蝶阀自动控制电路图	324
		325

图 D2-Z-10	机组球阀自动控制电路图	326
图 D2-Z-11	阀门或闸阀自动控制电路图	327
图 D2-Z-12	机组测温接线图	328
图 D2-Z-13	机组自动屏面布置图(1)	329
图 D2-Z-14	机组自动屏面布置图(2)	330
图 D2-Z-15	机组自动屏面布置图(3)	331
图 D2-Z-16	机组自动屏面布置图(4)	332
图 D2-Z-17	机组自动屏面布置图(5)	333
图 D2-Z-18	机组自动屏面布置图(6)	334
图 D2-Z-19	机组自动屏面布置图(7)	335
图 D2-Z-20	机组自动屏面布置图(8)	336
图 D2-Z-21	机组自动屏面布置图(9)	337
图 D2-Z-22	机组自动屏面布置图(10)	338
图 D2-Z-23	机组自动屏面布置图(11)	339
图 D2-Z-24	机组自动屏面布置图(12)	340
第六节 公用设备		
图 D2-G-01	手动准同步系统接线图(1)	342
图 D2-G-02	手动准同步系统接线图(2)	343
图 D2-G-03	手动准同步系统接线图(3)	344
图 D2-G-04	手动准同步系统接线图(4)	345
图 D2-G-05	手动准同步系统接线图(5)	346
图 D2-G-06	手动准同步系统接线图(6)	347
图 D2-G-07	手动准同步系统接线图(7)	348
图 D2-G-08	手动准同步系统接线图(8)	349
图 D2-G-09	手动准同步系统接线图(9)	350
图 D2-G-10	手动准同步系统接线图(10)	351

图 D2-G-11	手动准同步系统接线图(11)	352
图 D2-G-12	手动准同步系统接线图(12)	353
图 D2-G-13	同步小屏屏面布置图(1)	354
图 D2-G-14	同步小屏屏面布置图(2)	355
图 D2-G-15	集水井排水泵控制及水位测量电路图	356
图 D2-G-16	清水池供水泵电动机控制电路图	357
图 D2-G-17	低压空压机及漏油泵自动控制电路图	358
图 D2-G-18	中央音响信号系统电路图	359
图 D2-G-19	35kV、6kV 电压互感器接线图	360
图 D2-G-20	中央音响信号混合屏屏面布置图(1)	361
图 D2-G-21	中央音响信号混合屏屏面布置图(2)	362
图 D2-G-22	中央音响信号混合屏屏面布置图(3)	363
第七节 35kV 线路		
图 D2-X-01	35kV 单侧电源线路控制保护电路图(1)	365
图 D2-X-02	35kV 单侧电源线路控制保护电路图(2)	366
图 D2-X-03	35kV 单侧电源线路控制保护电路图(3)	367
图 D2-X-04	35kV 双侧电源线路控制保护电路图(1)	368
图 D2-X-05	35kV 双侧电源线路控制保护电路图(2)	369
图 D2-X-06	35kV 双侧电源线路控制保护电路图(3)	370
图 D2-X-07	35kV 线路控制屏屏面布置图(1)	371
图 D2-X-08	35kV 线路控制屏屏面布置图(2)	372
图 D2-X-09	35kV 线路控制屏屏面布置图(3)	373
图 D2-X-10	35kV 线路保护屏屏面布置图(1)	374
图 D2-X-11	35kV 线路保护屏屏面布置图(2)	375
图 D2-X-12	35kV 线路保护屏屏面布置图(3)	376

第一章 水力机械

第一节 水力机械主机系统

一、水轮机的类型和适用范围

水轮机按转换能量的方式不同分为反击式（水能以势能形态为主，动能形态为辅传给转轮）和冲击式（水能全部以动能形态传给转轮）。

按水流特点和转轮结构特征可分为多种型式，见表 1-1。

表 1-1 小型水电站水轮机的主要类型和使用范围表

型 式	代 号	比转速范围 (m·kW)	适用水头范围 (m)
反 击 式	贯流定桨式	600~1000	<20
	贯流转桨式		
	轴流定桨式	200~850	3~80
	轴流转桨式		
冲 击 式	混流式	50~300	<700
	水斗式	10~35 (单喷嘴)	100~1700
	斜击式	30~70	20~300
	双击式	35~150	5~100

各种型式水轮机的使用特点为：

混流式：混流式水轮机应用水头广，结构简单、运行可靠、效率高，是目前应用最广泛的水轮机之一。

轴流定桨式：过水能力大，运行稳定性较差，低负荷时运行效率低。适用于大流量水头变化幅度较小的水电站。

轴流转桨式：水轮机的转轮叶片能根据实际运行工况随导叶一起按一定的协联关系转动，实现导叶与转轮叶片的双重调节，提高了高效区的出力范围，水轮机具有较好的运行稳定性和较高的电站平均效率，与定桨式相比结构较复杂。

贯流式水轮机：过流能力大，流通通畅，水力损失小，效率高，厂房及水工结构简单，但

密封止水与绝缘要求较高。适用于平原地区低水头、大流量的电站和潮汐电站。

水斗式水轮机：靠喷嘴喷出的射流沿转轮圆周切线方向冲击转轮斗叶而做功，结构较混流式简单。适用于水头高、流量小的电站。

斜击式水轮机：与水斗式水轮机相比，转轮简单，过流能力大，制造容易，效率较高。

双击式水轮机：结构简单，制造方便，成本较低，主要用于小电站，但其效率较斜击式低。

针对不同的电站应综合考虑各种影响因素，通过经济技术比较确定合理的水轮机型式。

本图集中收录的水轮机型式有：混流式、轴流转桨式、水斗式（含立式和卧式机组）。

二、水轮发电机组的选择

在水电站设计中，正确、合理地选择水轮机和发电机，对充分利用水流能量，保证电站机组的正常运行，降低造价，节约管理费用等均有直接关系。

(一) 基本资料和水轮机选择

1. 基本资料

根据基本资料进行水轮发电机组的选择，基本资料包括电站的基本参数和必要的图表、设计手册等，主要有：

1) 开发方式及水库调节性能；

2) 水电站的工作水头（包括最大水头 H_{max} 、最小水头 H_{min} 、加权平均水头 H_w 、额定水头 H_n 及水头保证率曲线）；

3) 水电站引用流量 Q 及相应的保证率曲线，下游水位与流量关系曲线；

4) 水电站装机容量 N_z ；

5) 上、下游水位；

6) 河水泥沙含量、泥沙类别及级配；

7) 水温；

8) 电站在电力系统中的运行方式及电力系统的有关资料；

9) 电站的对外运输情况；

10) 水轮机转轮模型特性曲线及相关的图表，主要是水轮发电机组制造商的产品目录、样本等资料。

2. 水轮机选择

水轮机选择是在动能计算拟定的水电站工作水头范围、引用流量及装机规模方案的基础上进行的，其内容包括：

1. 水轮机型式及转轮型号的选择

1) 确定单机容量及机组台数;

2) 选定机型和装置方式;

3) 选定水轮机的轴功率、转轮直径、同步转速、吸出高度、安装高程等基本参数, 对于冲击式水轮机还包括射流直径和喷嘴数的选择;

4) 绘制水轮机运转特性曲线;

5) 估算水轮机的外形尺寸、重量及价格;

6) 根据选定的水轮机型式和参数, 结合水轮机在结构、材质、运行方式等方面的特殊要求, 根据业主的意见, 拟定设备技术条件或设备招标文件, 最终的技术条件应由业主和设备制造厂共同商定。

3. 水轮机选择的基本要求

1) 充分考虑电站的特点, 包括水能、水文、电力系统、枢纽布置等方面对水轮发电机组的要求, 在额定水头下水轮机能发出额定出力, 在低于额定水头下机组的受阻容量尽可能小, 平均效率应较高, 在电站运行中能充分发挥效益;

2) 水轮机运行稳定、安全可靠, 气蚀性能良好;

3) 小型水电站与大中型水电站不同, 水轮发电机组应选择在国内具有成功运行经验的、录入水轮机型谱的机型;

4) 机组台数与装机容量、水轮机类型、用户性质、机电工程造价以及厂房布置等因素有关, 小型水电站的机组台数以 2~3 台较为合适, 最多不超过 4 台, 当多种机组性能均适合电站基本参数时, 机组台数应在技术经济比较的基础上选择最优方案;

5) 在一个水电站内应尽可能选用同一型号、同一规格的机组, 以利于备品备件的通用, 便于运行维护, 但部分径流式电站或下游用水有特殊要求的电站, 为适应流量变化, 可选用单机容量不同的机组, 丰水期同时运行, 枯水期仅小容量机组运行;

6) 水轮机的最大适用水头应等于或大于电站的最大水头, 以保证水轮机的强度要求, 水轮机的最小适用水头应等于或小于电站的最小水头, 以保证水轮机效率、振动、汽蚀等方面的要求;

7) 当有可能选用不同类型或不同型号的水轮机时, 应把水轮机的允许吸出高度、安装高程与上述有关因素进行综合分析比较, 选择最优机型。

一个实际工程的选型设计是全面而详细的, 本图集仅对水轮机的型式及水轮机选择的基本方法做一般介绍。

(二) 水轮机型式的选择

水轮机的型式主要根据电站水头按表 1-1 选择。

水轮机转轮的型号主要根据电站水头按《中小型轴流式混流式水轮机转轮系列型谱》(JB/T6310-92) 进行选择。该型谱仅列出了轴流和混流机型, 其他机型需参考相关手册或从制造厂家获取有关资料。

2. 在交界水头下水轮机型式和型号的选择

在某一水头范围内, 有时会有两种适用的水轮机型式或水轮机转轮型号, 此水头范围称为交界水头。当电站水头处于交界水头时, 应结合电站的具体情况对不同型式的水轮机或不同型号的转轮进行详细的比较。混流式水轮机是最广泛采用的一种机型, 特别是 100m 以下水头, 混流机型占相当大的比重。在《中小型轴流式混流式水轮机转轮系列型谱》(JB/T6310-92) 中, 混流式水轮机的应用水头是 20~400m。在混流式水轮机的适用水头下限范围, 应与轴流式进行比较, 而在其水头上限应与冲击式进行比较。

a. 混流式与轴流式的比较

与混流式水轮机相比, 轴流转桨式水轮机的主要优点是比转速高、效率曲线平坦和稳定性好。由于转桨式水轮机的转轮叶片少, 过流面积大, 使其单位流量与单位转速均大大超过混流式水轮机, 因此, 在同一水头下, 采用转桨式水轮机可缩减水轮机和发电机的尺寸, 降低水电站的投资。

转桨式水轮机由于实现了导叶和桨叶的协调调节, 使得其效率曲线较为平坦, 提高了水电站的平均运行效率。对于水头变幅大或机组台数少而负荷变动较大的水电站, 选用转桨式水轮机可以提高电站的能量指标。

从稳定运行工况范围方面比较, 转桨式水轮机的稳定运行范围一般为出力的 25%~100%, 而混流式水轮机的稳定运行范围一般为出力的 65%~100%。由于转桨式水轮机叶片表面积小, 单位流量和单位转速较大, 转桨式水轮机的汽蚀系数要高于混流式水轮机。即使轮数比相当小, 在同一水头下采用转桨式水轮机, 仍然需采用较深的埋置深度来消除或减轻叶片汽蚀。混流式水轮机则没有限制水流的轮数, 因此, 汽蚀性能较好。当水头超过一定的范围 (50m 以上), 由于相应要求增加叶片数、轮数比和叶片厚度, 而引起汽蚀系数升高, 将使吸出高度大大降低。这样, 从电站建设的经济性考虑应选择混流式水轮机。

轴流定桨式水轮机的叶片固定在轮数上, 结构简单, 制造容易, 且其比转速较混流式高。但因叶片固定, 在偏离最优工况时将引起效率的急剧下降, 限制了定桨式机组的应用范围。如果电站的水头变幅较小且负荷变化不大, 可以考虑选用轴流定桨机组, 以节省建设投资。

b. 混流式与水斗式的比较

当电站水头在 250m 以上时, 选用混流式或水斗式需要进行比较。

相对水斗式而言, 混流式水斗机的比转速高, 单位流量和单位转速大, 最高效率高 1%~2%。在同样条件下水斗机和发电机的尺寸较小, 可以节省投资。从叶片受力情况看, 水斗式水斗机在斗叶上承受的是很大交变荷载, 斗叶与轮盘连接处易产生疲劳破坏而断裂。由于冲击式水斗机的安装高程受下游尾水位的限制, 其安装高程必须在下游最高尾水位之上, 冲击式水斗机比相应的混流式水斗机要少利用水头(即下游最高尾水位与正常尾水位之差)。因此, 对同一电站, 混流式机组要比冲击式机组的年发电量、年利用小时和保证率等主要指标都要高, 在一定水头范围内应考虑选择混流式水斗机。但是, 随着电站水头的增加, 受汽蚀条件控制的混流式水斗机的安装高程将很低, 过深的开挖将增加土建的投资。对于小容量混流式机组, 当水头很高时, 机组的转速随着提高, 将增加发电机制造难度。

混流式水斗机与水斗式水斗机比较时还应考虑负荷变动范围、气蚀磨蚀等因素。在电站水头较高、河流含沙量较大且负荷变动较大的水电站选用水斗式水斗机较为合适。冲击式水斗机应用在 400m 以上水头较为有利, 世界上冲击式机组应用的最高水头为 1767m, 中国应用的最高水头为 1022m。

(三) 水斗机基本参数计算

当按电站水头选定水斗机型号后, 可利用转轮综合特性曲线计算水斗机的基本参数 D_1 、 n 和 H_t 等。

1. 反击式水斗机基本参数的计算

(1) 转轮直径 D_1 的计算

$$D_1 = \sqrt{\frac{P_f}{9.81Q_1' H_t'^{1.5} \eta_r \eta_f}} \quad (\text{m}) \quad (1-1)$$

式中 D_1 — 水斗机转轮直径 (m);

P_f — 发电机额定功率 (kW);

η_r — 发电机效率, 小型机组可取 0.95~0.97;

η_f — 原型水斗机效率, 在计算 D_1 时为未知值, 可在模型综合特性曲线上, 根据选用的 Q_1' 值与模型最优单位转速 n_{10}' 的交点相应的模型效率 η_m , 再加上 1%~2% 的修正值, 求出 D_1 后, 再按效率换算公式加以修正:

H_t — 额定水头 (m), 额定水头一般略小于加权平均水头, 河床式电站可取 $H_t = (0.85 \sim 0.9) H_w$, 坝后式电站可取 $H_t = (0.9 \sim 0.95) H_w$, 低水头水电站采用该方法

算出的设计水头可能偏高, 可通过必要的电力平衡来校核, H_w 为电站加权平均水头 (m);

Q_1' — 水斗机单位流量 (m^3/s), 混流式水斗机和轴流定桨式水斗机, 取最优单位转速水平线与 5% 出力限制线交点处的 Q_1' 值 (或略偏左), 也可以取转轮型谱表中限制工况的 Q_1' 推荐值。

按式 (1-1) 计算出的转轮直径不一定是整数, 一般应选取略大于计算值的标准直径 (参见表 1-2)。

表 1-2 反击式水斗机转轮直径系列 (cm)

25	30	35	(40)	50	60	71	84	(80)	100	120
140	160	180	200	225	250	275	300	330	380	410

注 括号数值只适用于轴流式水斗机。

表中的数值仅供选型时参考, 目前制造厂可根据用户的要求生产非系列值直径的转轮。

(2) 水斗机转速 n 的选择计算

$$n = n_1' \sqrt{\frac{H_w}{D_1}} \quad (\text{r/min}) \quad (1-2)$$

式中 n_1' — 单位转速 (r/min), 在模型综合特性曲线上选取或根据型谱表选取, 对混流式水斗机按 $(1 \sim 1.05 n_{10}')$ 选取, 对轴流式水斗机按 $1.1 n_{10}'$ 选取;

H_w — 电站加权平均水头 (m)。

按式 (1-2) 计算出的转速应与发电机的同步转速相协调, 发电机的同步转速参见表 1-3。

表 1-3 水斗发电机标准同步转速 (r/min)

发电机磁极对数 p	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
同步转速 n	1000	750	600	428.6	375	333.3	300	250	214.3	
发电机磁极对数 p	16	18	20	22	24	26	28	30		
同步转速 n	187.5	166.7	150	136.4	125	115.4	107.1	100		

(3) 校验水斗机的运行范围

对计算出的转轮直径 D_1 和同步转速 n , 通过找出水斗机的工作范围, 检验计算值是否合适, 以决定是否改变 D_1 和 n 值。

根据计算出的 D_1 和 n 值, 利用式 (1-2) 计算出最大水头 $H_{\max}$ 和最小水头 $H_{\min}$ 对应的单位转速, 在模型综合特性曲线上绘出运行范围。如该运行范围通过了高效区 (特性曲线的中心部分), 说明选出的 D_1 和 n 值是合适的。否则应改变 D_1 或 n 值, 或两者都改变, 以达到运行范围通过高效区目的。

(4) 计算水轮机的最大允许吸出高度 H_s

$$H_s = 10 - \frac{E}{900} - K\sigma_M H \quad (1-3)$$

式中 H_s — 吸出高度 (m);

H — 净水头, 一般取设计水头计算, 对轴流式水轮机应用最小水头, 对混流式水轮机应用最大水头及相应的模型汽蚀系数进行核算;

E — 电站所在地的海拔高程 (m), 可采用电站最低尾水位;

K — 汽蚀安全系数, 可取 1.05~1.20, 随着新材料的应用和加工工艺的提高, 在取值时可根据实际情况确定;

σ_M — 计算工况点对应的模型汽蚀系数。

计算出吸出高度后, 应结合水轮机制造厂对设备的技术要求、电站水工建筑物、机电等方面的具体情况确定出合理的取值。

(5) 确定水轮机的安装高程

在确定了吸出高度之后, 可以根据下列各式确定水轮机的安装高程。

水轮机的安装高程根据水轮机各种工况下允许的吸出高度值和相应的尾水位确定。对装机多于 2 台的水电站, 应满足 1 台机组在各种水头下最大功率运行时的吸出高度和相应尾水位的要求; 对装机 1~2 台的水电站, 还应同时满足 1 台机组在各种水头下 50% 最大功率运行时的吸出高度和相应尾水位的要求。另外, 对立轴具有弯曲型尾水管的水轮机, 安装高程还应满足尾水管的顶缘低于最低尾水位 0.5m 的要求。

立轴反击式水轮机安装高程指导叶中心高程; 立轴水斗式水轮机安装高程指喷嘴中心高程;

卧轴水轮机安装高程指主轴中心高程。

立轴混流式水轮机:

$$\nabla = Z_w + H_s + \frac{b_0}{2} \quad (1-4)$$

式中 ∇ — 水轮机的安装高程 (m);

Z_w — 电站尾水位 (m);

b_0 — 导叶高度 (m);

H_s — 吸出高度 (m)。

立轴轴流式水轮机:

$$\nabla = Z_w + H_s + xD_1 \quad (1-5)$$

式中 ∇ — 水轮机的安装高程 (m);

Z_w — 电站尾水位 (m);

H_s — 吸出高度 (m);

x — 轴流式水轮机的高度系数, 在 0.38~0.46 之间选取, 可近似取 0.41。

水斗式水轮机:

对立轴水斗式水轮机:

$$\nabla = Z_w + h_p \quad (1-6)$$

对卧轴水斗式水轮机:

$$\nabla = Z_w + h_p + \frac{D_1}{\lambda} \quad (1-7)$$

式中 ∇ — 水轮机的安装高程 (m);

Z_w — 电站尾水位 (m);

D_1 — 水轮机转轮直径 (m);

h_p — 排出高度 (m), h_p 与 D_1 的近似关系为:

$$h_p = (1.0 \sim 1.5) D_1 \quad (1-8)$$

在确定排出高度时应保证必要的通风高度, 一般通风高度不宜小于 400mm。

2. 水斗式水轮机基本参数的计算 (改变比转数法)

(1) 水轮机设计流量

$$Q_r = \frac{P_r}{9.81H_r\eta_r\eta_f} \quad (1-9)$$

式中 P_r — 发电机额定功率 (kW);

η_r — 发电机效率, 小型机组可取 0.95~0.97;

η_f — 原型水轮机效率, 取 0.86~0.87;

H_r — 设计水头 (m), 设计水头一般略小于加权平均水头;

Q_r — 水轮机设计流量 (m³/s)。

(2) 计算射流直径