

河海大学“211工程”三期资助研究生系列教材

抽水蓄能技术

张健 郑源/编著

 河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

“11工程”三期资助研究生系列教材

抽水蓄能技术

张健 郑源/编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

抽水蓄能技术/张健,郑源编著. —南京:河海大学出版社,2011. 11

ISBN 978-7-5630-2928-0

I. ①抽… II. ①张…②郑… III. ①抽水蓄能水电站 IV. ①TV743

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第242127号

书 名 抽水蓄能技术
书 号 ISBN 978-7-5630-2928-0/TV · 320
责任编辑 代江滨
特约编辑 朱宪卿
责任校对 张 媛
封面设计 张世立
出版发行 河海大学出版社
地 址 南京市西康路1号(邮编:210098)
电 话 (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
排 版 南京理工大学资产经营有限公司
印 刷 南京捷迅印务有限公司
开 本 787毫米×960毫米 1/16
印 张 24.5
字 数 600千字
版 次 2011年11月第1版
印 次 2011年11月第1次印刷
定 价 48.00元

前 言

随着国家经济的高速发展,电网规模越来越大,抽水蓄能电站在电网中的作用与地位日趋显著,已从早期的调峰填谷改善电源品质逐步过渡到电力系统不可或缺的管理工具,得到了水电建设部门与运行管理机构的高度重视。

本书共分十章。第一章是抽水蓄能电站的工作原理及其发展,介绍了抽水蓄能电站的类型与工作原理、抽水蓄能电站在电力系统中的作用、抽水蓄能电站发展历程及趋势和抽水蓄能电站布置及实例。第二章是抽水蓄能电站主要规划参数选择,介绍了抽水蓄能电站站址选择、水库参数的计算、抽水蓄能电站经济洞径比选择和抽水蓄能电站装机容量确定。第三章是抽水蓄能电站经济评价,介绍了抽水蓄能电站经济评价的意义与内容、抽水蓄能电站静态与动态效益、抽水蓄能电站技术经济评价指标及其计算和抽水蓄能电站国民经济评价与财务评价。第四章是水泵水轮机,介绍了机组类型及适用条件、可逆式水泵水轮机工作特性、机组主要参数及计算方法、可逆式水泵水轮机选型及设计和可逆式水泵水轮机试验。第五章是电动发电机及电气设备,介绍了电动发电机概述、电动发电机的结构、电动发电机工况启动方式和抽水蓄能电站的电气设备。第六章是水泵水轮机过渡过程,介绍了抽水蓄能电站水泵水轮机过渡过程特点、水泵水轮机边界条件、可逆机组大波动水力过渡过程、抽水蓄能电站小波动水力过渡过程、抽水蓄能电站的水力干扰和天荒坪抽水蓄能电站水力过渡过程实例分析。第七章是工况转换与水力振动,介绍了可逆式机组工况转换、组合式机组工况转换和可逆式机组水力振动。第八章是抽水蓄能电站上、下水库,介绍了上下水库工作特点与布置类型、库盆防渗和上库初期蓄水。第九章是抽水蓄能电站输水系统,介绍了输水系统布置、进出水口、压力水道与高压岔管和调压室。第十章是抽水蓄能电站发电厂房系统,介绍了抽水蓄能电站厂房特点及类型、抽水蓄能电站地下厂房结构及布置和抽水蓄能电站地面厂房结构及布置。

本书由张健和郑源主编,华学坤参与了第一章、第四章部分内容的编写,任岩参与了第五章、第六章部分内容的编写,其他章节的内容由张健和郑源编写,陈胜、

薛鑫鑫负责了全书的资料收集和编辑工作,张健、郑源对全书进行了统稿。

本书能够正式出版,感谢河海大学出版社领导的大力支持和代江滨老师对本书所做的编辑加工。

作 者

2011.10.1

目 录

第 1 章 抽水蓄能电站的工作原理及其发展	1
1.1 抽水蓄能电站的类型与工作原理	1
1.1.1 抽水蓄能电站的类型	1
1.1.2 抽水蓄能电站的工作原理	3
1.2 抽水蓄能电站在电力系统中的作用	6
1.2.1 抽水蓄能机组对改善电网运行的作用	6
1.2.2 抽水蓄能电站在能源利用上的作用	6
1.2.3 抽水蓄能电站在提高水电效益方面的作用	7
1.3 抽水蓄能电站的发展历程及趋势	8
1.3.1 世界抽水蓄能电站的发展概述	8
1.3.2 我国抽水蓄能电站的发展概况	9
1.3.3 世界抽水蓄能电站发展新趋势	10
1.4 抽水蓄能电站布置实例	19
第 2 章 抽水蓄能电站主要规划参数选择	25
2.1 抽水蓄能电站站址选择	25
2.1.1 地理位置	25
2.1.2 地形条件	25
2.1.3 地质条件	26
2.1.4 充分利用天然湖泊和已成水库	26
2.1.5 水源条件	27
2.2 水库参数的计算与选择	28
2.2.1 特征水位和库容定义	28
2.2.2 特征水位选择应考虑的主要因素	28
2.2.3 库容选择	31
2.3 抽水蓄能电站经济洞径选择	32
2.3.1 抽水蓄能电站输水系统洞径选择特点	32
2.3.2 洞径选择需要的基本资料	32

2.3.3	输水系统洞径方案拟定	33
2.3.4	输水系统洞径选择方法	34
2.4	抽水蓄能电站装机容量选择	37
2.4.1	装机容量选择需要的基本资料	37
2.4.2	供电范围及设计水平年	38
2.4.3	电力系统特性及电站发电利用小时分析	39
2.4.4	装机容量方案拟定	41
2.4.5	装机容量选择	41
第3章	抽水蓄能电站经济评价	46
3.1	抽水蓄能电站经济评价的意义与内容	46
3.2	抽水蓄能电站的静态与动态效益	47
3.2.1	抽水蓄能电站的静态效益	47
3.2.2	抽水蓄能电站的动态效益	48
3.3	抽水蓄能电站技术经济评价指标及其计算	50
3.3.1	抽水蓄能电站的投资	50
3.3.2	抽水蓄能电站的年费用	50
3.3.3	抽水蓄能电站技术经济评价指标体系	51
3.4	抽水蓄能电站国民经济评价与财务评价	52
3.4.1	国民经济评价指标	52
3.4.2	财务评价指标	54
3.4.3	方案比较方法	56
3.4.4	不确定性分析	57
第4章	水泵水轮机	59
4.1	机组类型及适用条件	59
4.1.1	高水头可逆式水力机械	60
4.1.2	低水头可逆式水力机械	65
4.2	可逆式水泵水轮机的工作特性	68
4.2.1	水力机械的四象限特性	68
4.2.2	可逆式水力机械的工作原理	76
4.2.3	可逆式水力机械的能量特性	80
4.2.4	可逆式水力机械的空化特性	83
4.2.5	可逆式水力机械的压力脉动特性	87
4.2.6	可逆式水力机械的力特性	93

4.3	机组主要参数及计算方法	98
4.3.1	转轮直径	98
4.3.2	转速	99
4.3.3	水头	100
4.3.4	流量和功率	101
4.3.5	单位转速和单位流量	102
4.3.6	比转速	104
4.4	可逆式水泵水轮机选型及设计	108
4.4.1	可逆式水力机械的选型原则	108
4.4.2	可逆式水力机械的选型计算	109
4.4.3	混合式抽水蓄能电站可逆式水力机械的选型	116
4.4.4	可逆式水力机械的效率换算	116
4.4.5	可逆式水力机械的运转特性曲线	118
4.4.6	可逆式水力机械吸出高度的选择	120
4.5	可逆式水泵水轮机试验	121
4.5.1	可逆式水力机械的模型试验	121
4.5.2	可逆式水力机械的模型验收试验	127
4.5.3	可逆式水力机械的真机验收试验	129
第5章	电动发电机及电气设备	131
5.1	电动发电机概述	131
5.1.1	电动发电机的特点	131
5.1.2	电动发电机的主要参数	132
5.2	电动发电机的结构	133
5.2.1	转子	134
5.2.2	转动部分	135
5.2.3	定子	136
5.2.4	推力轴承	136
5.2.5	通风冷却系统	137
5.3	电动发电机工况启动方式	140
5.3.1	同轴电动机启动	140
5.3.2	异步启动	141
5.3.3	同步(背靠背)启动	142
5.3.4	半同步启动	143

5.3.5	变频启动	144
5.3.6	各种启动方式的比较	145
5.4	抽水蓄能电站的电气设备	146
5.4.1	抽水蓄能电站主接线	146
5.4.2	变压器	149
5.4.3	励磁装置	151
5.4.4	开关设备	152
5.4.5	继电保护系统	154
5.4.6	厂用电源	155
第6章	水泵水轮机过渡过程	156
6.1	抽水蓄能电站水泵水轮机过渡过程特点	156
6.2	水泵水轮机边界条件	157
6.2.1	全特性曲线处理方法	159
6.2.2	转轮边界水头平衡方程	164
6.3	可逆机组大波动水力过渡过程	165
6.3.1	流速水头的考虑	165
6.3.2	机组关闭规律及鲁棒性分析	166
6.3.3	针对可逆机组过流特性的三段折线关闭规律	169
6.3.4	特殊计算工况	170
6.3.5	压力脉动及尾水管最小压力计算成果的设计取值	174
6.3.6	尾水调压室设置条件	178
6.4	抽水蓄能电站小波动水力过渡过程	182
6.4.1	低水头启动	182
6.4.2	低水头由调相转发电	183
6.4.3	导叶的不同步操作	183
6.4.4	利用球阀稳定机组的空载特性	185
6.5	抽水蓄能电站的水力干扰	186
6.6	天荒坪抽水蓄能电站水力过渡过程实例分析	186
6.6.1	工程概述	186
6.6.2	技术路线	187
6.6.3	仿真模拟	188
6.6.4	仿真预测	191
6.6.5	计算结论	193

第7章 工况转换与水力振动	194
7.1 可逆式机组工况转换	194
7.2 组合式机组工况转换	197
7.2.1 工况转换	197
7.2.2 水力回流	198
7.3 可逆式机组水力振动	198
7.3.1 可逆式水力机组的自激振动	198
7.3.2 抽水蓄能电站压力管道的自激振动	200
第8章 抽水蓄能电站上、下水库	203
8.1 上、下水库工作特点与布置类型	203
8.1.1 上、下水库的工作特点	203
8.1.2 上、下水库布置类型	204
8.2 库盆防渗	211
8.2.1 钢筋混凝土面板防渗	211
8.2.2 沥青混凝土面板防渗	221
8.2.3 其他防渗型式	237
8.3 上库初期蓄水	250
8.3.1 初期充排水的目的及要求	250
8.3.2 初期蓄水的方式	251
8.3.3 初期充排水的水位控制	251
8.3.4 工程实例	252
第9章 抽水蓄能电站输水系统	256
9.1 输水系统布置	256
9.1.1 抽水蓄能电站输水系统的特点	256
9.1.2 输水系统布置形式	258
9.1.3 典型布置实例	260
9.2 进、出水口	262
9.2.1 抽水蓄能电站进/出水口的特点	262
9.2.2 进/出水口主要型式和运用条件	263
9.2.3 进/出水口的组成	276
9.2.4 进/出水口布置	277
9.2.5 进/出水口水力设计	279
9.2.6 进/出水口结构设计	285

9.3 压力水道与高压岔管	290
9.3.1 压力水道衬砌类型、特点及适用条件	290
9.3.2 隧洞围岩承载设计准则及结构设计理念	291
9.3.3 压力钢管设计	294
9.3.4 高压灌浆设计	297
9.3.5 地下埋管防渗和排水设计	299
9.3.6 压力水道系统充排水试验	301
9.3.7 岔管型式	301
9.3.8 钢筋混凝土岔管	302
9.3.9 钢岔管	316
9.4 调压室	320
9.4.1 调压室的作用和设置条件	320
9.4.2 调压室的特点和布置形式	322
9.4.3 调压室水位波动的稳定性	322
9.4.4 调压室水位波动计算	324
第10章 抽水蓄能电站发电厂房系统	327
10.1 抽水蓄能电站厂房特点及类型	327
10.1.1 抽水蓄能电站厂房的特点	327
10.1.2 抽水蓄能电站的厂房型式及其选择	328
10.2 抽水蓄能电站地下厂房结构及布置	334
10.2.1 厂区布置	334
10.2.2 厂房内部布置	343
10.2.3 结构设计	352
10.2.4 厂房结构动力分析	362
10.3 抽水蓄能电站地面厂房结构及布置	377
10.3.1 厂区和厂房布置	377
10.3.2 厂房整体稳定分析	379
10.3.3 结构设计	380
参考文献	381

第 1 章

抽水蓄能电站的工作原理及其发展



1.1 抽水蓄能电站的类型与工作原理

1.1.1 抽水蓄能电站的类型

抽水蓄能电站可按天然径流条件或厂房内机组组成与作用、水库座数和位置,发电厂房形式、水头高低、机组型式及水库调节规律分类。

1.1.1.1 按天然径流条件分类

按天然径流条件或厂房内机组组成与作用,可分为纯抽水蓄能电站和混合式抽水蓄能电站两类。

1) 纯抽水蓄能电站

纯抽水蓄能电站的特点是:天然径流量很小,同等体积的水量在上、下水库间循环使用,厂房内机组全部是抽水蓄能机组。这类电站一般水头较高,水泵和水轮机的毛水头相等,库容、水工建筑物及机组尺寸较小,上水库和下水库常具有近似的库容。

2) 混合式抽水蓄能电站

这类电站又称常蓄结合式抽水蓄能电站。它的上水库或建在河川上,或利用天然湖泊,因而径流量是有保证的。厂房内装有常规水电机组和蓄能机组,前者利用天然径流发电,后者则按下水库调蓄能力和电网的需要调峰。丰水期可多发电,流过水轮机的总水量大于通过水泵的总水量。

目前国外有将已建水电站的部分常规机组改装为可逆式抽水蓄能机组,增建下水库,构成混合式抽水蓄能电站的趋势。对于常规径流式机组,如有条件也可在附近山地建山谷水库,利用抽水蓄能机组将汛期待溢弃水量抽入山谷水库存蓄起来,从而增加枯水季节的发电量或供水量,在西欧、北欧国家有很多这样的工程系统。混合式抽水蓄能电站机组在厂房中的布置有两种方式:一种是常规机组和蓄能机组布置在同一厂房内;另一种是两者分别装置在各自的厂房里。

1.1.1.2 按水库座数及其位置分类

1) 两库式抽水蓄能电站

这种抽水蓄能电站一般由上、下两座水库组成。混合式抽水蓄能电站多采用

上水库一下水池的组合形式,纯抽水蓄能电站则多采用上水池一下水库的组合形式。

2) 三库式抽水蓄能电站

这种抽水蓄能电站有三座水库,其中两座可以是相邻水电站梯级的两座水库,第三座水库可修建在附近较高山地上,利用水泵将上游梯级水库中的水抽入山地水库,通过蓄能机组泄放到下游梯级水库发电。有时,也可利用相邻流域的两座水电站水库和山地水库实现跨流域抽水蓄能。

3) 地下式抽水蓄能电站

这类电站通常利用地面上的湖泊为上水库,而在地下修建一个下水池,或利用废弃矿井坑道改建成下水池。这种电站占地少,从环境保护的角度是可取的。这种电站多采用地下式厂房。

1.1.1.3 按水头高低分类

1) 低水头抽水蓄能电站

凡水头在 100 m 以下的抽水蓄能电站,归为低水头类。如我国的密云、岗南、潘家口等混合式抽水蓄能电站均为低水头电站。

2) 中水头抽水蓄能电站

水头在 100 ~ 700 m 之间的抽水蓄能电站,属于中水头类。如我国的广州、十三陵和天荒坪抽水蓄能电站,都是中水头电站。

3) 高水头抽水蓄能电站

水头在 700 m 以上者,属高水头抽水蓄能电站。电站单位千瓦的造价通常随水头的增高而降低。近十几年,抽水蓄能电站朝高水头方向发展。1972 年投入运行的意大利圣菲拉诺(SanFiorano)抽水蓄能电站最高水头为 1 438 m(6 级串联冲击式机组),1982 年投入运行的意大利埃多罗(Edoio)电站最大发电水头为 1 256 m(5 级可逆式机组),而奥地利的赖斯采克(Reiszeck)电站,最高发电水头达 1 773 m。

1.1.1.4 按机组型式分类

1) 分置式(四机式)抽水蓄能电站

在这种电站中,水轮发电机组与由电动机带动的水泵机组分开布置,而输水管路系统和输、变电设备共用,水轮机和水泵均可在高效区运行。这种布置型式因机械设备昂贵,厂房占地面积大,现已不采用。但抽水站与发电站分别设置在分水岭上池两侧的方式,仍时有采用。

2) 串联式(三机式)抽水蓄能电站

这种电站的水泵和水轮机共用一台发电电动机,水泵、发电电动机、水轮机三者置于同一轴上。水泵、水轮机都可以分别按照要求设计,因此能保证在各自的高

效率下运行,同时,水泵和水轮机都向同一方向旋转,在工况转换时不需停机,从而增加了机组的灵活性。

3) 可逆式(两机式)抽水蓄能电站

这种电站的水泵与水轮机合为一体,与发电电动机连在同一轴,这是当前最常见的类型。两机式机组向一个方向旋转为水轮机工况,向另一个方向旋转为水泵工况。它的主要优点是结构简单,造价低廉。

1.1.1.5 按水库调节规律分类

抽水蓄能电站可按水库调节规律分为日调节、周调节、季调节和年调节等类型。

1) 日调节抽水蓄能电站

这种电站以一日为运行周期,夜间负荷处于低谷时抽水约6~7h(中午低荷时也可短时抽水),日间峰荷时发电约5~6h,所需调节库容根据一日内的峰荷出力确定。纯抽水蓄能电站(特别是大中型)多为日调节。

2) 周调节抽水蓄能电站

这种电站运行周期为一周,主要利用周末的48~60h低荷时间抽水蓄能,所需库容比日调节电站的大些,应满足电力系统一周之内对调峰的需求。

3) 季调节抽水蓄能电站

这种电站以季为调节周期,尽可能将汛期多余水量抽蓄到上水库,供枯水期增加发电量用。季调节所需库容比日、周调节大得多。在西欧一些国家,早期抽水蓄能就是从季调节性蓄水开始的。在汛期利用多余电能把河水抽到山上的水库蓄起来,枯水季节放下来发电。

4) 年调节抽水蓄能电站

这类电站绝大多数为混合式抽水蓄能电站,它通过丰水期(如夏季)连续抽水蓄能,于高峰负荷的枯水期(如冬季)连续发电。电站上水库为能满足数月蓄水要求的年调节水库,下水库容积可根据电网调峰要求和地形条件确定,一般够蓄存几个小时的入流量即可,但其来水量应能满足连续抽水的需要。显然,高调节性能的电站,能同时进行较低性能的调节。

1.1.2 抽水蓄能电站的工作原理

为了使发电能力和用户需求得到平衡,需要有调节能力很强的设备,在电力有剩余的时候把能量贮存起来,在电力不足时把能量释放出来,抽水蓄能机组正好具有这种功能。抽水蓄能电站先用其他能源发出的电能,把水从下面的湖泊抽到“位于高处”的水库中储存起来,然后供此种水电厂在适当的时候发电。它是根据一天之中用户对电量需求率变化不定的特点,在用电低谷时,一般是在后半夜几个小时

内用核电站或火电站过剩的电力将水从下水库抽到高位水库,待到第二天用电高峰时,把上水库的水放下来发电,用来补充用电高峰所需的部分电能。它是间接储存电能的一种方式,被誉为国家的“电力粮库”。

抽水蓄能电站可以按照计划发电,在电网中承担峰荷或腰荷,而其更大的作用是在电网中承担不定时的调峰和调频任务。另外,抽水蓄能机组也可以承担调频、调相,尤其在事故备用(包括旋转备用)方面更具有优势。

抽水蓄能电站就是为了解决电网高峰、低谷之间供需矛盾而建造的,是间接储存电能的一种方式。图 1-1 为一抽水蓄能电站示意图,它由上、下水库,地下厂房等九个部分组成。抽水蓄能电站的蓄能机组兼具水泵和水轮机两种工作方式,在电网负荷低谷时段作水泵运行,利用火电与核电机组发出的多余的电能将下水库 5 中的水抽到上水库 1 贮存起来,在电网负荷高峰时段作水轮机运行,利用上水库 1 中的水发电,以达到调峰填谷、稳定电网负荷的作用。在整个运行过程中,虽然部分能量会在转化间流失,但相比之下,使用抽水蓄能电站仍然比增建燃煤等发电设备来满足高峰用电而在低谷时压荷、停机这种情况来得经济,效益更佳。除此之外,抽水蓄能电站还具有调频、调相和事故备用等动态功能。

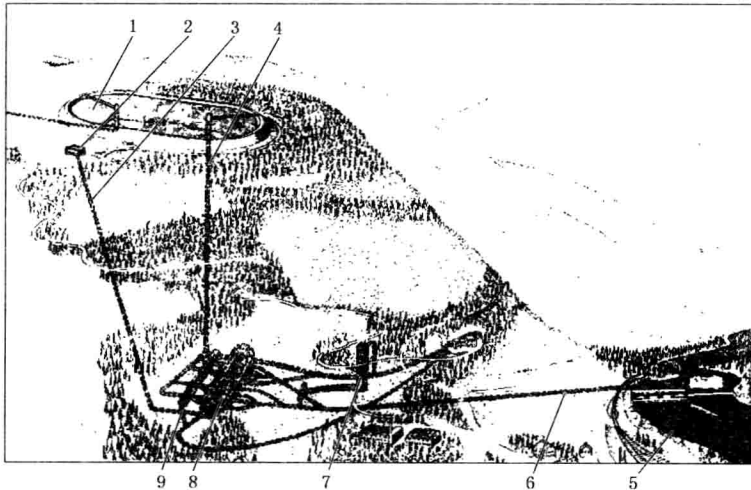


图 1-1 抽水蓄能电站的基本组成部分

- 1—上水库 2—地面控制室 3—出线洞 4—压力管道
5—下水库 6—尾水隧道 7—尾水调压室 8—地下厂房 9—主阀室

随着经济的发展以及人们生活水平的提高,电力系统的负荷在迅猛增长;同时,日负荷峰谷差也越来越大。图 1-2(a)为一大型电力系统在 24 h 之内电力负荷的实际变化规律图(即日负荷图)。从该图我们不难看出,在一天当中,夜间负荷

处于低谷时段,上午负荷快速增长,午后达到顶峰,而晚间逐渐降低回到低谷,负荷峰谷差距很大。从此图对三十多年的统计来看,每天峰谷差的相对变化规律十分相像,而且近年来这种差距越来越突出。

为了便于分析,日负荷图的不平衡程度通常用最小系数(最小负荷率) β 和填充系数(平均负荷率) γ 两个指标来表示。 β 和 γ 定义为: $\beta = P_{\min}/P_{\max}$; $\gamma = \bar{P}/P_{\max}$ 。其中 P_{\min} 、 P_{\max} 和 \bar{P} 分别为一天中负荷的最小值、最大值和平均值,如图1-2(b)所示。在以热力机组为主的电力系统中,若 β 介于0.7到0.75之间, γ 介于0.85到0.9之间,则电力系统经济性能较好。以我国电网为例,实际的负荷率远远低于这些数值。

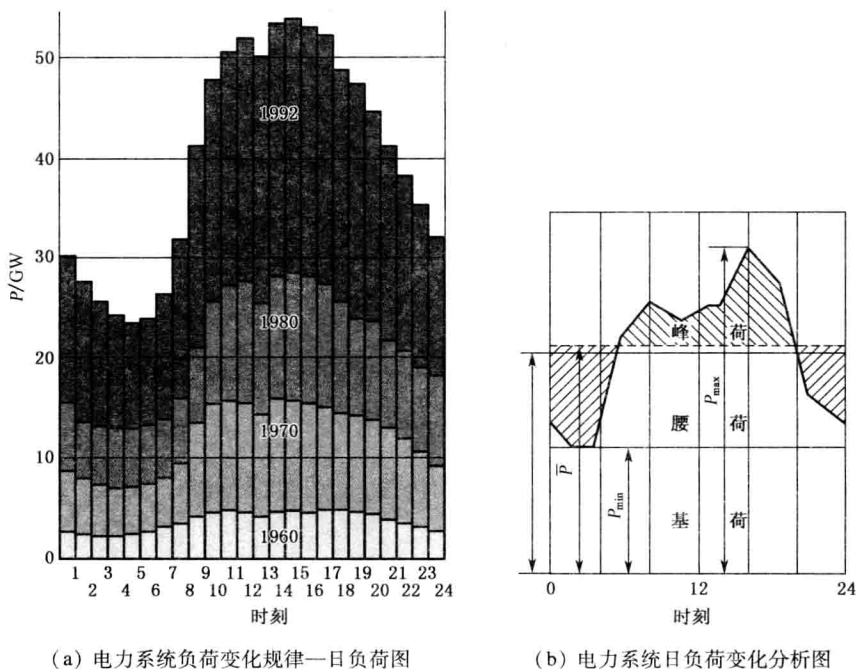


图 1-2

另外,电力系统的周负荷分配也是不均衡的,一周当中5个工作日的负荷往往比周末时的大。而电力的生产、输送和使用是同时发生的,一般情况下又不能储存。为提高电力系统的功能,不仅要求装设基荷发电机组,还要求有一定数量能起调节作用的调峰和调频机组。

通常而言,在以热力机组为主的电力系统之中,一般使用单机容量很大、经济性很高的燃煤机组来承担负荷中不变的基荷部分,使用调节性能较好的燃煤或燃

油调峰机组和某些水电机组来承担负荷中有规律变化的腰荷部分,使用水电机组或燃气轮机来承担负荷中变化频繁的峰荷部分。燃油机组状态变化较慢,而且消耗的是优质燃料,故水电机组成为调峰和调频的主要发电机组。但常规水电机组由于受自然条件限制容量和调节能力的不足,造成有调节能力的机组在电力系统的装机达不到要求。



1.2 抽水蓄能电站在电力系统中的作用

电力系统的发电质量标准有三方面:一是电压在规定范围内并保持稳定;二是频率在规定范围内并保持稳定;三是电能供应充分并有高度的可靠性。发电质量如果没有保证,则所有用电工业的开工率、操作水平和产品质量都将受到影响。由于供电不足而采取限制用电或强制停电不但会影响社会产品的产量和质量,而且会提高产品成本,也给人民生活带来很大的不便。另外,若电力系统的负荷下降到低谷而调节措施不及时,将造成频率过高,其后果和频率过低对于用电部门的影响是同样严重的。国内外实践已经充分证明,抽水蓄能机组在电力系统中担任调峰、调频、调相、事故备用和吸收多余电能等方面都有明显的功效。供电充足和发电质量提高后,所有用电部门的经济性都随之改进,城市生活水平也得以提高,总的社会效益是巨大的。概括地说,抽水蓄能电站在电力系统中的作用有三个方面。

1.2.1 抽水蓄能机组对改善电网运行的作用

(1) 抽水蓄能机组是水电机组,启动快速,适用负荷范围广,在电力系统中能很好地替代火力机组担任调峰作用;

(2) 作为水电机组,抽水蓄能机组有很强的负荷跟随能力,在电网中可起调频作用;

(3) 抽水蓄能机组的利用时数不高,随时可以作为系统的备用机组。同时还可以作旋转备用,也就是在并列状况下在发电方向空转,必要时能更快地带上负荷,可以在很短的时间内转换为发电,其短时间调节能力为装机容量的2倍。

1.2.2 抽水蓄能电站在能源利用上的作用

1.2.2.1 降低电力系统燃料消耗

电力系统中的大型高温高压热力机组,包括燃煤机组和核燃料机组,均不适于在低负荷下工作。由于电网调节需要而强迫压低负荷后,燃料消耗和厂用电都将增加,机组的磨损也将加速。在采用了抽水蓄能机组与燃煤机组及核电机组配合运行后,