



普通高等教育“十三五”规划教材

水轮发电机原理及运行

(第2版)

主 编 陈铁华

副主编 马新红 李 涛 陈 伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材

水轮发电机原理及运行

(第2版)

主 编 陈铁华

副主编 马新红 李 涛 陈 伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书分为 8 篇共 21 章，着重讲述了水轮发电机的结构、运行原理和运行方式，同时还讲述了水轮发电机常见故障及事故、励磁方式与控制，以及水电厂发电机常规试验、监测与控制等内容。

本书可作为热能与动力工程专业（水动方向）及水电站动力设备专业的教材，也可供电气专业及从事水电行业的工程技术人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

水轮发电机原理及运行 / 陈铁华主编. -- 2版. --
北京：中国水利水电出版社，2018.4
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5170-6325-4

I. ①水… II. ①陈… III. ①水轮发电机—高等学校—教材 IV. ①TM312

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第092300号

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材 水轮发电机原理及运行（第 2 版） SHUILUN FADIANJI YUANLI JI YUNXING
作 者	主 编 陈铁华 副主编 马新红 李 涛 陈 伟
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（营销中心）
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
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 17.5 印张 414 千字
版 次	2009 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 2018 年 4 月第 2 版 2018 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	40.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

第2版前言

水电是中国最早发展,也是技术最成熟的可再生能源,不仅具有防洪、供水、航运、灌溉等综合利用功能,同时还有高效、低碳、经济等诸多优点。最新水力资源复查结果显示,中国大陆水力资源理论蕴藏量在1万kW及以上的河流共3886条,水力资源技术可开发装机容量为6.61亿kW,年发电量为3万亿kW·h,水能资源技术可开发量居世界首位。水电在中国经历了多个发展阶段,装机规模先后超过法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本,从1996年年底开始排在世界第二位,2011年超过美国后稳居世界第一。

目前,我国水电建设已进入稳定发展期或成熟期,“十二五”期间,水电、风电、太阳能发电装机规模分别增长1.4倍、4倍和168倍,直接带动非化石能源消费比重提高了2.6个百分点,对我国要完成2020年非化石能源消费比重达到15%的国际减排目标有着举足轻重的作用。

在新的水电发展形势下,我国水电工程技术水平也在不断提高和进步,已经形成了规划、设计、施工、装备制造、运行维护等全产业链整合能力。我国与80多个国家建立了水电规划、建设和投资的长期合作关系,成为推动世界水电发展的主要力量。

为了紧跟水电技术发展脚步,我们对第1版相关内容进行了修订。第2版仍然以理论为基础,详实地讲述了水轮发电机运行原理,更新了近年来水电建设和发展方面的信息,删除了对水电技术发展初期情况相对较久远的介绍,在水轮发电机结构和发电机励磁系统等部分增加了新的技术应用,对发电机试验部分有关定值进行了修订。

第2版由长春工程学院陈铁华主持编写,并由其修订了第2~第7章;黄河水利水电开发总公司马新红策划并修订了第1章、第8章及第14~第18章;黄河水利水电开发总公司李涛编写了绪论,修订了第9~第12章;黄河水利水电开发总公司陈伟修订了第13章、第19~第21章。赵万清对全书给出了指导性建议。

第2版的修订内容主要由黄河水利水电开发总公司提供。此外，丰满发电厂检修公司多名技术人员对机组结构部分内容提出了很多有价值的建议。同时编者也在网上查阅了大量资料并有适当引用，在此向资料的提供者表示感谢。

我们希望第2版仍能受到广大水电工程技术人员的喜欢，希望读者继续给我们提出更多的宝贵建议，以便我们以后的工作有更大的进步。

编者

2018年1月

第 1 版前言

电力工业是国民经济发展的基础工业,只有当其发展速度高于其他工业,才能促使整个国民经济的全面快速增长。电能在生产、传输、分配、使用等方面都比较方便,所以在现代工农业生产、交通运输、国防工程以及日常生活中,电能的使用占有十分重要的地位。

目前发电厂的类型主要有水电厂、火电厂、风电场、核电站及太阳能电站等。有关数据表明,截至 2008 年年底,全国发电装机容量已达到 7.9 亿 kW。其中水电装机容量 1.72 亿 kW,火电装机容量 6.01 亿 kW,风电装机容量 0.12 亿 kW,核电装机容量 0.09 亿 kW。

水电是清洁能源,可再生、无污染、运行费用低,便于进行电力调峰,有利于提高资源利用率和经济社会的综合效益。在地球传统能源日益紧张的情况下,世界各国普遍优先开发水电,大力利用水力资源。我国的水力资源蕴藏量不论是已探明的,还是可能开发的,都居世界第一位。水力资源在我国能源发展战略中具有重要的地位。

我国也是当今世界上水电装机容量最大的国家。目前,已建装机容量达百万千瓦以上的大型水电厂共 11 座,在建大中型水电站共 69 座,其装机容量为 4917.8 万 kW。已建和在建的装机总容量占全国经济可开发装机容量的 39%。

从再生能源发电量上看,水电是绝对主力。水电运行成本明显低于火电,水电运行成本一般为 $0.04 \sim 0.09$ 元/(kW·h),而火电站为 $0.09 \sim 0.19$ 元/(kW·h)。可见,水电成本具有明显的优势。除了国家规划的大型水电开发外,越来越多的私人资金也投入到中、小水电的开发中,所以从“十一五”到“十三五”是我国水电产业高速增长期,到 2020 年,我国的水能开发将达到 70% 左右,总装机容量可达 3.0 亿 kW。

中国水电在科学发展观的指引下,水电勘测设计、科研、施工、设备制造安装和建设管理的技术正步入有序开发、和谐发展的新阶段。

在我国水电行业正蓬勃发展的新形势下,为了培养和进一步提高从事水电

生产技术人员的素质，编辑出版了本书。该书是在原长春水利电力高等专科学校使用了多年的校内教材《水轮发电机》基础上修编的，由具有丰富教学经验的专业授课教师和具有丰富现场实践经验的工程师共同编写。该书在原有讲述同步电机理论基础上，增加了水轮发电机运行、试验和技术改造等方面的内容，部分内容是多年现场经验的总结，使本书真正做到理论与实践相结合。因此，本书不仅适用于学校的理论教学，也适合作为从事水力发电厂工作的技术人员的理论参考和实践指导书。

本书第1~第7章由长春工程学院陈铁华编写，第9~第18章由云峰发电厂赵万清编写，绪论、第8章及第19~第21章由松辽水利水电开发有限责任公司郭岩编写。在编撰本书之前，编者博览了众多电机学、电力系统概论等相关书籍，并查阅了大量关于同步电机教学与现场运行的技术资料，结合水电站动力设备专业教学与现场实际应用情况，注重基本概念讲解，强调理论联系实际，以便给读者提供更方便、更经典和更实用的知识与信息。

本书在编撰中，由于作者的水平有限，难免有不妥的地方，敬请读者不吝指正，以便再版时更正。

编者

2009年8月

主要符号表

本书所用到的主要符号：

- a ——交流绕组每相并联支路数；
- B_a ——电枢反应磁场磁密；
- B_{ad} ——直轴电枢反应磁场磁密；
- B_{aq} ——交轴电枢反应磁场磁密；
- B_{f1} ——励磁磁场的基波磁密；
- B_v —— v 次谐波磁密；
- E_0 ——空载电势，励磁电势；
- E_a ——电枢反应电势；
- E_{ad} ——直轴电枢反应电势；
- E_{aq} ——交轴电枢反应电势；
- E_v —— v 次谐波电势；
- E_σ ——定子漏电势；
- F_a ——电枢磁势（基波幅值）；
- F_{ad} ——直轴电枢磁势（基波幅值）；
- F_{aq} ——交轴电枢磁势（基波幅值）；
- F_{f1} ——励磁磁势基波幅值；
- I_a ——电枢电流；
- I_d ——电枢电流的直轴分量（直轴电流）；
- I_q ——电枢电流的交轴分量（交轴电流）；
- k_c ——短路比；
- k_{q1} ——电势或磁势基波的绕组分布系数；
- k_{qv} ——电势或磁势， v 次谐波的绕组分布系数；
- k_{w1} ——电势或磁势基波的绕组系数；
- k_{wv} ——电势或磁势， v 次谐波的绕组系数；
- k_{y1} ——电势或磁势基波的线圈短距系数；
- k_{yv} ——电势或磁势， v 次谐波的线圈短距系数；
- n_1 ——同步转速，定子基波旋转磁场的转速；
- n_2 ——转子基波旋转磁场相对于转子的转速；
- s ——转差率；

T_a ——定子绕组的时间常数；
 T'_d ——励磁绕组的时间常数；
 T''_d ——阻尼绕组的时间常数；
 x_0 ——零序电抗；
 x_a ——电枢反应电抗；
 x_{ad} ——直轴电枢反应电抗；
 x_{aq} ——交轴电枢反应电抗；
 x_c ——变压器与线路的阻抗之和；
 x_d ——直轴同步电抗；
 x'_d ——直轴瞬变电抗；
 x''_d ——直轴超瞬变电抗；
 $x_{\Sigma d}$ ——发电机与电网的联系电抗；
 x_q ——交轴同步电抗；
 x_t ——同步电抗；
 x_σ ——定子漏抗；
 x_- ——负序电抗；
 x_+ ——正序电抗；
 Z ——槽数，阻抗（复量）；
 Z_0 ——零序阻抗；
 Φ_0 ——励磁磁通；
 Φ_1 ——基波磁通；
 Φ_a ——电枢反应磁通；
 Φ_{ad} ——直轴电枢反应磁通；
 Φ_{aq} ——交轴电枢反应磁通；
 Φ_v —— v 次谐波磁通；
 Ω_1 ——同步角速度。

目录

第2版前言

第1版前言

主要符号表

绪论	1
0.1 水力资源分布概述	1
0.2 水力资源开发概述	1
0.3 水轮发电机介绍	4
0.4 水轮发电机组在电力系统中的作用	5
0.5 电力系统对水轮发电机组的要求	5
0.6 本书理论基础及学习要求	6

第1篇 水轮发电机结构

第1章 水轮发电机结构	7
1.1 水轮发电机的基本概念	7
1.2 水轮发电机的主要技术条件	8
1.3 水轮发电机的分类	8
1.4 水轮发电机的型号及参数	12
1.5 水轮发电机的结构	15
本章小结	52
思考题与习题	53

第2篇 水轮发电机原理

第2章 水轮发电机定子绕组、电势和磁势	54
2.1 水轮发电机的定子绕组	54
2.2 水轮发电机定子绕组的感应电势	69
2.3 在非正弦分布磁场下绕组的谐波电势及其削弱方法	73
2.4 单相绕组的脉振磁势	76
2.5 三相绕组的合成磁势	82
2.6 主磁通、漏磁通及漏电抗	85

本章小结	87
思考题与习题	87
第 3 章 水轮发电机运行原理	89
3.1 水轮发电机的建压过程	89
3.2 水轮发电机的空载运行	92
3.3 对称负载时的电枢反应	94
3.4 电枢反应电抗和同步电抗	98
3.5 水轮发电机（凸极机）的电势方程式和相量图	100
本章小结	104
思考题与习题	104
第 4 章 水轮发电机运行特性	106
4.1 水轮发电机基本特性的定义	106
4.2 水轮发电机的短路特性	106
4.3 水轮发电机的零功率因数负载特性	108
4.4 水轮发电机的外特性、调节特性和效率特性	110
本章小结	114
思考题与习题	115
第 3 篇 水轮发电机正常运行	
第 5 章 水轮发电机并网运行	116
5.1 并网运行的条件和方法	116
5.2 水轮发电机的功角特性	119
5.3 并网运行时同步发电机有功功率的调节	123
5.4 无功功率调节及 V 形曲线	127
5.5 水轮发电机安全运行极限	131
本章小结	133
思考题与习题	134
第 6 章 水轮发电机其他运行方式	136
6.1 水轮发电机的 4 种运行方式简介	136
6.2 进相运行	138
6.3 调相运行	144
6.4 电动机运行	147
本章小结	151
思考题与习题	151
第 7 章 水轮发电机不对称运行	152
7.1 发电机三相不对称运行状态	152
7.2 发电机三相不对称运行状态分析	153

7.3 负序电流对发电机和电力系统的危害	155
7.4 发电机的负序能力及其确定因素	157
7.5 减轻负序电流影响措施	158
本章小结	159
思考题与习题	159

第 8 章 水轮发电机调频及超负荷运行	160
8.1 水轮发电机的调频运行	160
8.2 水轮发电机的调峰运行	163
8.3 水轮发电机的超负荷运行	163
8.4 水轮发电机电压、频率及功率因数变化时的运行	164
本章小结	165
思考题与习题	165

第 4 篇 水轮发电机异常运行及常见事故

第 9 章 水轮发电机的突然短路	166
9.1 突然短路的概念	166
9.2 突然短路电流的衰减及其最大值	168
9.3 突然短路对水轮发电机的影响	169
本章小结	170
思考题与习题	170

第 10 章 水轮发电机的振荡	172
10.1 振荡的概念	172
10.2 发电机振荡或失步时的现象	173
10.3 发电机振荡和失步的原因	174
10.4 单机失步引起的振荡与系统性振荡的区别和判断	175
10.5 发电机发生振荡或失磁的处理	175
10.6 发电机防止振荡的措施	175
本章小结	176
思考题与习题	176

第 11 章 水轮发电机的失磁	177
11.1 失磁基本概念	177
11.2 失磁的物理过程	177
11.3 发电机失磁运行的现象	179
11.4 失磁运行对发电机和电网的影响	180
本章小结	180
思考题与习题	180

第 12 章 水轮发电机常见故障及事故	182
12.1 水轮发电机常见的故障	182
12.2 水轮发电机常见的事故	184
本章小结	186
思考题与习题	186

第 5 篇 水轮发电机励磁及控制

第 13 章 水轮发电机的励磁系统	187
13.1 励磁系统的基本概念	187
13.2 励磁系统的主要任务	187
13.3 水轮发电机的励磁方式	192
13.4 励磁调节器	198
13.5 水轮发电机的灭磁	204
本章小结	206
思考题与习题	206

第 6 篇 水轮发电机常规试验及其原理

第 14 章 定子绕组直流参数试验	208
14.1 定子绕组绝缘电阻和吸收比的测量	208
14.2 定子绕组直流电阻的测量及定子绕组焊接头的检查	209
14.3 定子绕组直流耐压及泄漏电流的测定	214
第 15 章 定子绕组交流试验	222
15.1 定子绕组的交流耐压试验	222
15.2 单个定子线圈的检查试验	231
第 16 章 转子绕组绝缘试验	233
16.1 绝缘电阻测量	233
16.2 交流耐压试验	233
16.3 直流电阻测定	234
16.4 磁极接头接触电阻的测定	235
16.5 工频交流阻抗的测定	235
16.6 转子绕组接地故障点的寻找方法	236
第 17 章 发电机短路特性和空载特性的测量	238
17.1 短路特性的测量	238
17.2 发电机空载特性和励磁机负荷特性的测量	239
第 18 章 发电机单相接地电容电流的测量	243
18.1 发电机单相接地的电容电流	243
18.2 发电机单相接地电容电流的测量	243

第7篇 水轮发电机监测、控制与保护

第19章 水轮发电机的监测	246
19.1 水轮发电机的电气量监测	246
19.2 水轮发电机非电气量的监测	246
本章小结	250
思考题与习题	250
第20章 水轮发电机控制	251
20.1 转速与有功控制	251
20.2 电压与无功控制	251
20.3 并列与保护控制	252
本章小结	254
思考题与习题	254

第8篇 水轮发电机增容改造

第21章 水轮发电机的增容改造	256
21.1 增容改造目标和改造原则	256
21.2 发电机增容改造的可行性	257
21.3 水轮发电机增容改造的途径	258
21.4 增容改造应注意的问题	261
21.5 水轮发电机增容改造的实例	261
本章小结	263
参考文献	264

绪 论

0.1 水力资源分布概述

水力资源是能源之一,属水域水力资源的范畴,是水利资源的一部分,通常指河流或潮汐中长期内的天然能量或功率,单位为千瓦或马力。通过水力发电工程开发利用,将水流体中含有的能量天然资源,转化为人类利用的能源,例如水力发电。能量大小决定于水位落差和径流量的大小。水力发电是当今可再生资源发电技术中最成熟最具有大规模开发条件和商业化前景的发展方式,水力发电已经成为我国最重要的可再生能源。

由于气候和地形地势等因素的影响,我国的水力资源在不同地区和不同流域的分布很不均匀,其特点是西部水力资源比较丰富,而东部则较稀缺贫乏。按照技术可开发装机容量统计,我国西部云、贵、川、渝、陕、甘、宁、青、新、藏、桂、蒙等 12 个省(自治区、直辖市)水力资源约占全国总量的 81.46%,特别是西南地区云、贵、川、渝、藏就占 66.70%;其次是中部的黑、吉、晋、豫、鄂、湘、皖、赣等 8 个省占 13.66%;而经济发达、用电负荷集中的东部辽、京、津、冀、鲁、苏、浙、沪、粤、闽、琼等 11 个省(直辖市)仅占 4.88%。我国东部的经济相对发达,西部相对落后,因此西部水力资源开发除了西部电力市场自身需求以外,还要考虑东部市场,实行水电的“西电东送”。

我国水力资源按流域规划了 13 项水电基地,它们是金沙江,雅砻江,大渡河,乌江,长江上游,南盘江、红水河,澜沧江干流,黄河上游,黄河中游,湘西,闽浙赣,东北,怒江。其总装机容量约占全国技术可开发量的 50.9%。特别是地处西部的金沙江中下游干流总装机规模为 58580MW,长江上游干流总装机规模为 33200MW,长江上游的支流雅砻江、大渡河以及黄河上游、澜沧江、怒江的装机规模均超过 20000MW,乌江、南盘江红水河的装机规模均超过 10000MW。这些河流水力资源集中,有利于实现流域、梯级、滚动开发,有利于建成大型的水电基地,有利于充分发挥水力资源的规模效益。

0.2 水力资源开发概述

0.2.1 水力资源开发现状

自 20 世纪 20 年代起,我国就开始了开发水电的历程。1912 年 4 月,总装机容量为 480kW 的云南石龙坝水电站的建成铺开了我国水电开发史。近一个世纪的水电开发,使我国水电事业从小到大,从弱到强,走出了一段辉煌的发展历程。

我国大型水电站的建设起步于 20 世纪 60 年代中期。到 70 年代末,我国先后建设了刘家峡、丹江口、龚嘴、富春江、碧口、青铜峡、三门峡等 7 座大型水电站。其中,刘家

峡水电站是我国水电建设史上第一个装机百万千瓦以上的大型水电站。在 20 世纪 80 年代中期葛洲坝水电站竣工以前,刘家峡水电站一直是我国水电工程中最大的水电站。

“十二五”时期,我国开工建设了金沙江乌东德、梨园、苏洼龙,大渡河双江口、猴子岩,雅砻江两河口、杨房沟等一批大型和特大型常规水电站,总开工规模达到 5000 万 kW。同时,开工建设了黑龙江荒沟、河北丰宁、山东文登、安徽绩溪、海南琼中、广东深圳等抽水蓄能电站,总开工规模为 2090 万 kW,创历史新高。

目前在建的大型电站有:金沙江第一梯级电站——乌东德水电站,装机容量为 10200MW,是我国“西电东送”战略的骨干电源;金沙江第二梯级电站——白鹤滩水电站,装机总容量为 16000MW,是仅次于三峡电站的全球第二大水电站。白鹤滩水电站将首次全部采用我国国产的百万千瓦级水轮发电机组,这是我国重大水电装备继三峡机组国产化之后、在向家坝 800MW 机组国产化的基础上产生的又一次历史性的巨大飞跃,将开创世界水电百万千瓦级水轮发电机组的新纪元。金沙江上游 13 个梯级水电站的第 7 级叶巴滩水电站,电站装机容量为 2240MW。

除了上述常规水电站以外,我国抽水蓄能电站的建设也取得了很大的成就。世界十大抽水蓄能电站中的 7 座在中国,分别是丰宁抽水蓄能电站、惠州抽水蓄能电站、洪屏抽水蓄能电站、广州抽水蓄能电站、阳江抽水蓄能电站、梅州抽水蓄能电站以及长龙山抽水蓄能电站。

已投产的世界规模最大抽水蓄能电站——广东惠州抽水蓄能电站,电站装机总容量为 2448MW。

仙居抽水蓄能电站总装机容量为 150 万 kW,该机组是我国第一台真正意义上完全自主设计、自主生产、自主安装运营的抽水蓄能电站发电设备,标志着我国已打破国外的技术垄断,完整掌握大型抽水蓄能电站核心技术。

世界规模最大抽水蓄能电站——河北丰宁抽水蓄能电站(在建),电站分两期开发,装机总容量为 3600MW。

此外,我国在西藏还建设了世界上海拔最高的抽水蓄能电站羊卓雍湖抽水蓄能电站。其他抽水蓄能电站还有河南宝泉、安徽琅琊山、山东泰安、浙江桐柏、江苏宜兴、河北张河湾等。

0.2.2 水力资源开发目标

0.2.2.1 规划目标

根据最新统计,我国水能资源可开发装机容量约为 6.6 亿 kW,年发电量约为 3 万亿 kW·h,按利用 100 年计算,相当于 1000 亿 t 标准煤,在常规能源资源剩余可开采总量中仅次于煤炭。经过多年发展,我国水电装机容量和年发电量已分别突破 3 亿 kW 和 1 万亿 kW·h,分别占全国的 20.9%和 19.4%,水电工程技术居世界先进水平,形成了规划、设计、施工、装备制造、运行维护等全产业链整合能力。

“十三五”(2016—2020 年)期间,全国新开工常规水电和抽水蓄能电站各 60000MW 左右,新增投产水电 60000MW,2020 年水电总装机容量达到 3.8 亿 kW,其中常规水电 3.4 亿 kW,抽水蓄能 40000MW,年发电量 1.25 万亿 kW·h,折合标煤约 3.75 亿 t,在非化石能源消费中的比重保持在 50%以上。“西电东送”能力不断提升,2020 年水电送电规模达到 1 亿 kW。预计 2025 年全国水电装机容量达到 4.7 亿 kW,其中常规水电为 3.8

亿 kW，抽水蓄能约为 90000MW；年发电量达到 1.4 万亿 kW·h。

2020 年后，我国除继续开发四川、云南和贵州等省的水力资源外，水电建设的重点将逐渐转向水电资源丰富的西藏和新疆，特别是西藏在我国未来能源资源开发上占有十分重要的战略地位。表 0.1 是“十三五”常规水电重点建设项目。

表 0.1 “十三五”常规水电重点建设项目

序号	河流	重点开工项目	加快推进项目
1	金沙江	白鹤滩、叶巴滩、拉哇、巴塘、金沙	昌波、波罗、岗托、旭龙、奔子栏、龙盘、银江等
2	雅砻江	牙根一级、孟底沟、卡拉	牙根二级、楞古等
3	大渡河	金川、巴底、硬梁包、枕头坝二级、沙坪一级	安宁、丹巴等
4	黄河	玛尔挡、羊曲	茨哈峡、宁木特等
5	其他	林芝、白马	阿青、忠玉、康工、扎拉等

0.2.2.2 主要特大型水电站规划设想

经初步统计，中国规划和已建成的装机容量接近 3000MW 及以上的水电站共 30 座，其中三峡、白鹤滩、溪洛渡和向家坝等 19 座水电站已经建成，待建的 11 座电站主要分布在雅鲁藏布江、金沙江等大江大河上，电站的基本特性见表 0.2。

表 0.2 主要特大型水电站特性表

序号	电站名称	所在河流	装机容量 /MW	年发电量 /(亿 kW·h)	最大水头 /m	前期工作 深度	预计首台机组 发电年份
1	阿尼桥	雅鲁藏布江	20000	770	830	查勘	2041
2	大渡卡	雅鲁藏布江	17000	770	625	查勘	2036
3	背崩	雅鲁藏布江	11000	415	450	查勘	2042
4	汗密	雅鲁藏布江	10500	538	430	查勘	2038
5	希让	雅鲁藏布江	3300	167	90	查勘	2041
6	索玉	雅鲁藏布江	2800	144	350	查勘	2049
7	八玉	雅鲁藏布江	2600	134	320	查勘	2047
8	两家人	金沙江	4000	169	155	预可研	2030
9	松塔	怒江	4200	157.3	217.2	预可研	2020
10	马吉	怒江	4200	190	243	预可研	2018
11	帕隆	帕隆藏布	2760	153	340	查勘	2040

0.2.2.3 抽水蓄能电站规划发展目标

根据各电网的负荷特性、电源规划、“西电东送”联网规划，“十三五”期间我国将开工建设一批距离负荷中心近、促进新能源消纳、受电端电源支撑的抽水蓄能电站，见表 0.3。此外，还将研究试点海水抽水蓄能，加强关键技术研究，推动建设海水抽水蓄能电站示范项目，填补我国该项工程空白，掌握规划、设计、施工、运行、材料、环保、装备制造等整套技术，建成海岛多能互补、综合集成能源利用模式。