

新形势下蓄能蓄电与各种电源的可持续发展

曹楚生^{1,2}, 张丛林¹

(1. 天津大学, 天津 300072; 2. 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

[摘要] 当今水电发展受限于水能资源,在原有基础上再考虑蓄能蓄电可利用电网低谷剩余电能储存转换,变成和再生能源一样,可周而复始更新使用,形成各种电源可持续发展的循环机制。蓄能蓄电涵盖抽水蓄能和其他蓄能蓄电设施后,特别有利于节能减排和可再生新能源的发展。今后应关注风险分析、风险设计和风险管理。

[关键词] 蓄能蓄电;可再生能源;节能减排;可持续发展

[中图分类号] TK **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)02-0004-04

1 前言

笔者曾赴英国伦敦出席 1990 年世界抽水蓄能国际学术会议,介绍潘家口工程,在宣读论文时指出,混合式抽水蓄能电站的经济效益常大于常规机与抽水蓄能机的和,形成 $1+1>2$ 的效益,故混合式抽水蓄能电站的综合效益是很可观的,这种观点得到了与会专家的赞同。令我惊讶的是,当时国外已将常规机称为传统机,抽水蓄能机称为常规机,可见这种抽水蓄能技术早已在国外得到了较好的应用和认可^[1~4]。

近 20 年来由于种种原因,发达国家的电能结构不断调整,煤电、核电相对减少,而调峰性能较好的燃气轮机、液化天然气等大量增加,除抽水蓄能外的其他蓄能设施也不断涌现,故相比之下,抽水蓄能在这些国家发展显著放缓或停顿^[5]。而我国情况正相反,煤电比重一直居高不下,抽水蓄能仍在持续发展中。当前我国油气开发引进、输送储存正在大力发展中,预计在不久的将来我国这类调峰性能较好的电能的使用率亦会增加,情况也会随之变化。国际金融危机以后,欧美等工业发达国家和地区转而发展更为经济合理的水电和抽水蓄能,形成新一轮的国际发展高潮。

可再生新能源中,风电近年发展迅速,前景看好。水电目前尚有较大的开发空间,一些条件较好的站点都已在修建和筹建中,在 10 余年内将逐渐进入尾声。应该指出,随着时间的推移,到 2020 年和 2050 年我国能源缺口将分别达到 18% 和 30%^[6],可再生新能源和核电将历史性地主要承担起补充上述能源缺口的任务。由此可见,至 2050 年这些可再生新能源将从目前的补充或辅助能源成为主导能源,21 世纪下半叶将更突显其重要性,逐渐成为电能发展的主力。这些可再生新能源的开发利用可替代日益短缺的煤、油、气和水能资源,对节能减排十分有利,且它们的资源相对丰富,有可靠的保障能力,可大规模开发利用,但其中风能和太阳能等都具有显著的随机不稳定性和间断性,所在电网必须具有足够的事故备用容量和可靠灵敏的蓄能设施。

结合我国当前情况,节能减排任重道远,除了应抓紧可再生新能源的开发和从耗能工业、交通、电力和能源等行业的生产运行分别进行优化外,还应通过其他不同途径予以完善。

中国水能资源总蕴藏量达 6.76 亿 kW,可开发量为 3.78 亿 kW(如今估计已超出约 20%)。在当前全国的大好形势下,水利水电发展迅速,一些地区水资源和水能资源已出现开发殆尽现象,再修建新

[收稿日期] 2011-09-13

[作者简介] 曹楚生(1926—),男,江苏无锡市人,中国工程院院士,设计大师,主要研究方向为水利水电工程、结构设计;

E-mail: cstsaocn@yahoo.com.cn

的工程将受到限制,影响水利水电的可持续发展,从长远角度考虑应大力发展抽水蓄能技术。当前我国正处于新旧能源交替时期,火电、水电发展迅速,已达到高潮,因煤炭、石化和水能资源日趋短缺,其发展将逐年趋缓,核能、风能、太阳能等新能源将逐渐部分取代前者。抽水蓄能作为水电的补充时,可发挥其储存转换、循环再生等特殊功能,有利于新能源与火电、水电等和谐共处,按各自有利方式平稳运行。

犹太(Utah)州拟修建北依登(Eden)抽水蓄能电站,为美国停止修建此类电站20年来的首例。该州和我国相似盛产煤炭,燃煤电站占90%,由于太阳能和风电等发电不稳定并有间断性,故提出修建此蓄能电站以增加电网的调峰能力。该电站水头为227~283 m,装机容量70万kW。

从国外期刊^[8]等获悉美国奥巴马总统已签署并同意美水电协会(NHA)建议,即利用新技术对原有1亿kW水电机组进行革新改造,可增加新出力6000万kW和70万新就业岗位,并提出应支持水电、抽水蓄能和小水电站的建设发展,制订优惠政策和发展基金。发达国家如英国、澳大利亚、瑞士等也有新建抽水蓄能、水电等报导。为迎接全球新一轮的水电和抽水蓄能的发展,我国奋力发展抽水蓄能,有利于风电等新能源的可持续发展。

2 蓄能蓄电

水电发展受水能资源限制,而火电、核电和风电等新能源大量兴起,造成电网中水电可调峰电能比重减低。水电发展受阻,不能与其他电源同步增长,造成电源周波和电压加大,影响输电质量。随着时间的推移,国民经济的发展,电网中峰谷差加大,尖峰时缺水而低谷时又有余,这种现象将会与日俱增。

尖峰时缺水,也可临时增设燃气轮机等解决,而低谷时多余电量所占比重达一定程度后,将会影响电网输电质量,并增加能耗和有害气体等的排放量,使电力系统进一步发展受到阻碍。

抽水蓄能使电网中各种类型机组(如火电、水电、核电等)都可在优良工况下平稳运行,尽量延长上述诸机组的运行时间和减少起停次数,降低能耗、减少有害气体排放且保证运行安全作用显著,在技术和经济上都是可行和有效的。

作为水电的补充,抽水蓄能使水电重新步入新的境界。水电原本已无新的水能资源以供开发,但可利用电网低谷无用电能,通过抽水蓄能储存转换,

在尖峰时发电,使水利水电的发展增加了新的活力。

近20年来,我国抽水蓄能电站建设迅速崛起,已建和在建装机容量约2000万kW。常用的蓄能蓄电设施包括:a.抽水蓄能可逆式发电(正转发电、反转抽水)发电机组和抽水泵;b.压缩空气蓄能和蓄电池等其他蓄能设施,常修建在人工开凿的岩洞或溶洞里。

火电在超临界和超超临界基础上又有发展,目前工业发达国家都在竞相研发中,不断还有新品种出现,我国也在引进消化、迎头赶上。据悉,我国过去煤耗约500~600 g/kWh,而今新建大型机组已降低约一半,且机组的压负荷运行限制幅度可从过去的20%~30%增至50%,这对电网运行是有利的,在技术上是很大的进步。有人说火电也有较好的调峰能力,殊不知火电由于压负荷运行,往往使机组不能在最优或较优工况下稳定运行,故这种压负荷运行“调峰”是有代价的。

众所周知,抽水蓄能和其他蓄能设施的替代容量比值是很高的,而且还可相应增加该电网中水电、火电等机组的出力,可以通过计算知其效益。国内外研究显示,当蓄能设施占该电网总装机约10%时,可使电网中各种机组在各自最优或优良工况下运行,使它们在电网中的替代容量增加如下内容:a.使水电机组由原来的20%~30%出力增至90%左右的替代容量;b.火电机组在低谷时也不必进行深度压负荷运行;c.可有效地解决核电和风电等的调峰问题。故除可替代大量电力外,还有可观的容量和电量效益,使节能减排面貌焕然一新。

总之,随着当前电能形势和科技进步,我国电能组成将日趋完善,蓄能设施会向多元化发展。

3 风电等新能源与蓄能蓄电配套

水利水电发展往往受限于水资源和水能资源,火电受限于矿石资源和有害气体的排放,核电无调峰能力,而可再生新能源风能、太阳能发电既不稳定又有间歇性。在上述诸电源发展受阻时,可考虑蓄能蓄电运行后,具有储存转换、更新利用、以丰补欠、循环再生的特殊功能,如上节所述我国近年来各种蓄能蓄电设施发展较快,但目前仍以抽水蓄能为主,以后应当向多元化发展。

可再生新能源和水电、火电的发展都离不开其他资源和行业间的相互支持、共同提高。蓄能运行使电网中低谷时剩余电能转换成尖峰时的宝

贵电能。实质上其作用相当于使电网中日益增长的、如不用反会带来负面影响的剩余电能转换,类似再生能源的使用。如图 1 所示,由于增设了抽水蓄能和其他蓄能设施,使电网多余电能得以为抽水及蓄能设施供电。这样水资源、水能资源和能源可以和谐共处,共谋发展,构建可持续发展的循环机制,对促进循环经济、节能减排和可持续发

展十分有利。蓄能蓄电作为水利水电的补充,可供尖峰时再发电或需要时供水。图中粗线所形成的循环链对促进电能的可持续发展十分有利,否则只能采用“火电深度调峰”、“水电弃水调峰”或“以水定电”等不恰当措施。水电因受限于水能资源导致调峰电源减少,往往发展燃气轮机、液化天然气等,但这种发展模式不经济。

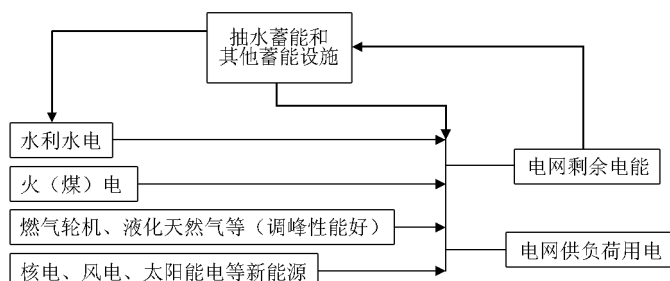


图 1 通过蓄能蓄电形成的循环链——电能的可持续发展构图

Fig. 1 The circulating chain formed by mixed energy storage measures—the sketch of the retainable development

4 优化和建议

各种水利水电如发电、防洪、供水和火电、核电等,在需要时考虑蓄能运行即增设蓄能蓄电设施,特别在发展至一定程度当出力等受阻时,其作用效益当更显著,情况往往会有很大的改观,可呈现出新的发展空间。由于煤炭、水能等资源短缺,我国当今火电水电发展更趋迅猛,预计不久电网调峰状况将大为改观。当前我国油气电站的开发引进、输送储存正在大力发展中,电能组成正面临改革,故相应的蓄能蓄电设施也将不断完善。众所周知,蓄能运行有利于电网调峰,应尽量使之完善,而电网本身的电能组成亦应尽量使之具有较好的调峰性能,蓄能运行和电网调峰是相辅相成的,为此提出以下建议:

1) 优化蓄能运行。加速修建抽水蓄能,可以集腋成裘、化废为宝并有利于和谐社会的发展^[7]。当条件成熟时,我国可修建前述其他类型的蓄能蓄电设施,优先发展具有较好调节性能的电站,上下水库通过发电抽水,可增加总的调蓄作用。对梯级水电站可考虑设置、部分改用或预留可逆式蓄能机组。

2) 改善电网调峰。我国当前经济急剧增长,正迈向现代化新时期。具有调峰性能的水电因受限于水能资源将不能和其他电能同步增长,除加速修建蓄能电站优化蓄能运行外,还应视前述大型油气储存库站和管网设施等陆续建成情况,尽快增加燃气轮机和液化天然气电站以改善电网自身的调峰性能。

3) 节能减排。为应对当今火电、核电和新能源特别是国内外风电的迅猛发展,要关注必需的蓄能配套设施和紧急事故备用^[8]。由于削峰填谷作用可使电网中各种机组都在最优工况下运行,因此有利于节能减排。

4) 新的开发空间。我国修建大坝达 8 万多座,居世界首位,但水库总库容仅约 6 000 亿 m³,仅为美国、俄罗斯的一半左右。建议在新建、改建、扩建中注意扩大水库库容并可考虑增设抽水蓄能以增加水库的调蓄能力和装机容量。在合适的地形条件特别是在江河上游山区及河源段增设,其可成为难得的开发空间。河源段集雨面积一般很小,只能修建小型或中型水利水电枢纽,但从我国和欧美等国家和地区的经验来看,某一小流域面积内有了抽水蓄能的参与,容量会有大幅度的增加,有时会从数万千瓦增至百万千瓦。

5 结语

我国近 20 年来由于国民经济及工农业等急剧增长,部分城乡用水用电时有供不应求的现象,虽然水利水电发展迅速,一些地区水资源和水能资源已出现开发殆尽现象,再修建新的工程将受到限制,并影响水利水电的可持续发展。有人甚至误认为我国水资源和水利水电的开发利用已濒临极限。目前水电由于受水能资源限制,不能和其他火电、核电等同步增长,可调峰电源比重日减。考虑蓄能运行后对

电网调峰填谷、调频调相、快速爬坡、快速起停、黑启动和事故备用等改善作用明显。蓄能运行和电网调峰是相互促进、相辅相成的,故全文总的强调蓄能蓄电设施在下述方面的改进和完善:

1) 在当前能源发展新形势下,可再生新能源等正在兴起并将逐渐部分取代当前正在迅猛发展的火电和水电。但应该指出上述各种新能源或处于初创期或处于萌芽期,据估计 20 年~30 年后才会逐渐成为主导能源,同时笔者相信我国油气开发引进、输送储存能力达到一定程度时,特别是当上述储存管网库站足以满足频繁起动的燃气轮机和液化气等发电需要时,将使调峰性能为之一新。

2) 在新旧能源交替的各个时段,要及时考虑各种电能连同水利水电和抽水蓄能的优化配置、合理调度运行,同时所在电网还必须具备与各种新旧电能相配套的蓄能蓄电设施和事故备用容量,以保证安全运行并发挥节能减排的预期效果^[8]。

3) 当前国内外风电等新能源发展很快,但风电等新能源必须与蓄能蓄电设施配套进行发展^[9]。除了要重视工程的规划设计外,还要关注风险分析、风险设计和风险管理。

4) 我国主要江河经过建国后 60 余年的治理,水资源和水能资源已基本上或即将开发殆尽。为此

建议在原开发的基础上再考虑蓄能运行可使之步入新的境界,并有利于风电等新能源的可持续发展。

参考文献

- [1] 钱正英. 中国水利[M]. 北京:水利水电出版社,1989.
- [2] Cao Chusheng. Both pump storage plant and hydropower is favorable to the retainable development of power network[C]// United Nations Symposium on Hydropower and Sustainable Development. Beijing: Chinese National Committee on Large Dams, 2004.
- [3] 曹楚生. 水利水电的蓄能运行有利于节能减排和可持续发展[C]//第十届中国科协年会/河南省领导与院士座谈会调研报告集. 中国科协调研宣传部,2008.
- [4] Cao Chusheng. The Panjiakou combined hydroelectric storage plant[C]// Pumped Storage. London: The Institution of Civil Engineers at Imperial College,1990.
- [5] 邱彬如. 世界抽水蓄能电站新发展[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [6] Rachel Wright. Making the most of pumped storage, International [J]. Water Power & Dam Construction, 2009.
- [7] 潘家铮. 和谐社会和抽水蓄能[R]. 北京:抽水蓄能专委会、国网新源控股公司,2006.
- [8] 杜祥琬,黄其励. 我国再生能源战略研究[R]. 北京:中国工程院,2008.
- [9] 何璟. 电源的资源条件决定了我国需要大力发展抽水蓄能[R]. 北京:抽水蓄能专委会、国网新源控股公司,2006.

The mixed energy storages & the retainable development of various energies

Cao Chusheng^{1,2}, Zhang Conglin¹

(1. Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. China Water Resources Beifang Investigation, Design and Research Co., Ltd., Tianjin 300222, China)

[Abstract] Now the exploitation of waterpower is limited by its water and hydropower resources. The power net will be short in peak and surplus in valley. Supplementing pump storage plant into the ordinary hydropower, the surplus valley power can be changed into the precious peak power. By this kind of expectation the surplus power may be renewable and is favorable to the sustainable development. As the storage measures included, the hydropower is favorable to the sustainable development of the various energies, including nuclear & wind etc renewable energy. Hydropower is an important supplement to the environment. We have to pay great attention to the risk analysis, risk design and risk management. The difficult problems are discussed.

[Key words] mixed energy storages; renewable energy; energy saving & emission reduction; sustainable development