

抽水蓄能电站建设中的新技术应用

1 前言

抽水蓄能电站一般是由一个上水库、一个下水库、输水隧洞和厂房等组成。电站工作原理是利用夜间多余电力把下水库的水抽到上水库,在白天用电高峰时把上水库的水放下发电。

抽水蓄能电站在电网中主要担任调峰、填谷、调频、调相及事故备用,可以改善系统的运行条件,与核电、火电配合使用可以发挥其优越的经济性能。抽水蓄能电站还有启动快的特点,一般从启动到满负荷运行只需3-5分钟,在电网中可以起到保安电源的作用。

抽水蓄能电站的建设规模是跟系统总装机容量密切相关的。据东京电力公司研究分析认为,从整个系统经济性来看抽水蓄能电站占系统总装机的比例为10-15%是最为合理的。至2000年9月,日本全国已建抽水蓄能电站达到43个,总装机23943MW。

选择合适站址是抽水蓄能电站的经济性和有效性的前提条件。选址主要考虑以下四个关键因素:(1)需要有良好的地形、地质条件,上下水库具有好的防渗条件,保证有足够大的库容;(2)需要有雄厚的山体条件,适合修建大深度、大跨度的地下厂房;(3)要靠近负荷中心和大电源,这样可以减少电力损失和输电费用;(4)电站水头要高、隧洞要短。

随着抽水蓄能电站建设的发展,许多相关的技术都有很大的进步,本文主要介绍施工技术、机电制造技术、利用海水发电技术在日本抽水蓄能电站中的应用情况。

2 施工技术

2.1 信息化管理系统

信息化管理系统是一个全过程的管理,包括抽水蓄能电站的勘测、设计、施工、检测等。对电站整个建设过程进行质量、安全、进度的跟踪,并提出相应的对策。以下就信息化管理系统在地下厂房施工过程中的作用作简要介绍。为了保证地下厂房施工的安全,特别是大深度大跨度地下洞室的开挖,有必要对施工全过程进行监控。在施工之前,通过钻孔、探硐、物探等勘测手段来观察地质结构,结合有限元分析,预测软弱结构面、破碎带的位置和性状,提出施工方法。在施工过程中,为了克服前期勘测和分析方法的局限性,建立大量的计测点来监测地下洞室顶拱混凝土和围岩的变化。连续、快速地收集因地下洞室开挖而产生的应力变化,预测、模拟开挖面的地质构造。通过信息化管理系统指导地下厂房施工,可以提高施工的安全和效率。

2.2 隧洞机械掘进施工技术

隧洞机械掘进[Tunnel Boring Machine(TBM)],常用于山体地下坑道、隧洞的开挖,178具有一次性开挖成型、效果好、施工快的特点。由于这种施工方法没有爆破震动,对围岩的影响很小,从而可以减少衬砌量。TBM施工技术在日本得到广泛的推广应用。在建设盐原抽水蓄能电站中,采用TBM技术开挖坡度为52.5度的高压斜洞,这是世界上第一次采用TBM技术来开挖大坡度的斜洞。在建设神流川抽水蓄能电站中,曾采用直径6.6m隧洞掘进机全断面开挖长1.4km、坡度48度高压斜洞。用这种方法可以缩短建设工期,降低造价。TBM技术在日本已经相当成熟,在多个抽水蓄能电站的地下洞室开挖中发挥了很好的作用。

2.3 新奥法支护技术的广泛推广

新奥法(New Austrian Tunneling Method),是一种轻型锚喷支护衬砌形式。岩石锚杆支护方法于1950-1952年在奥地利的某水电站地下厂房施工中首先使用,喷混凝土支护方法于1951-1955年在瑞士的某水电站的支护中最先采用。日本于1965年引进这种岩石锚杆和喷混凝土相结合的施工方法,1971年在北越北线涡立山隧洞衬砌中首先使用。以后30多年中在许多工程实践经验基础上进行了总结、完善,现在已成为隧洞衬砌的主流方法,并且,随着施工技术的进步和新材料的开发,在砂土隧道支护中也采用新奥法技术,使这项技术本身也得到了飞跃的发展。新奥法技术具有以下四个特征:

(1)安全性和经济性,通过计测能够迅速准确地把握山体的变化,提出更加安全合理的设计施工方法;

(2)适用性广,在各种地质条件下都能适用,从硬岩到软岩的山体,再到砂土、膨胀性土的山体都能发挥其作用;

(3)任意形状的断面都可以施工,能够圆滑地处理断面形状的变化,对特殊断面形状和大断面的隧洞衬砌更能发挥其威力;

(4)能够防止地表沉降,由于锚杆和喷混凝土与山体围岩紧密结合,使得开挖面周围的裂缝能够尽快闭合,从而起到防止地表沉降的作用。

3 机电技术

3.1 可变速机组

可变速机组是指抽水时水泵水轮机的转速在一定范围内可以连续变化,实现在任何扬程下均能使水泵水轮机处于最优工况。另一方面,在发电时通过交流励磁来控制水泵水轮机转速,实现有功功率和无功功率的独立控制,以期达到系统稳定这个目的。日本关西电力公司所属的大河内抽水蓄能电站最先采用可变速机组。

可变速机组发电系统和现行的定速机之间的差异主要在于励磁装置和转子构造的不同。主要表现在3个方面:

(1)发电电动机转子不是直流励磁而是三相交流励磁;

(2)转子的结构与绕线转子电动机相似,具有三相线圈结构;

(3)励磁控制系统由三相励磁电流的大小和向量来控制,这样可以同时调整有功功率和无功功率,与定速机只由端电压控制自动电压调节器有很大不同。

可变速抽水发电系统有以下3个方面的优点:

(1)由于可变速抽水发电系统的转子速度在一定范围内可以调整,抽水电量与转子速度的3次方成比例,因此,在夜间抽水运行时可以调整抽水电量到最佳方案。

(2)可以提高系统的稳定性,由于可变速抽水发电系统与转子的活动没有直接关系而是由控制交流励磁的向量来控制内部激励电压,从原理上说就不会产生象定速机那样因转子震荡而产生稳定问题;另外,由于能够高速控制有功功率和无功功率,可以使可变速机组近旁的定速机运行更加稳定。

(3)可以使机组始终在最高效率下运行,在水位变幅很大或者带部分负荷运行时,机组运行仍能保持当时水头或扬程所要求的最佳转179速。

3.2 超高扬程、大容量水泵水轮机

抽水蓄能电站扬程越高,可利用的水能也越大。水泵水轮机越小,对环境的影响也越小,更加经济,超高扬程、大容量水泵水轮机就有这样的特点。现在已经超越了开始于上个世纪七十年代的500m/300MW级的规模,进入了700m/400MW级的超高扬程、大容量水泵水轮机时代。东京电力公司所属的格野川抽水蓄能电站的最大有效水头达728m,单机容量为412MW。

超高扬程、大容量水泵水轮机的心脏部分是转轮,当转轮受到1500m/s高速高压水作用时就会产生强大的流体振动。为了回避共振现象的产生,需要有强度很高、性能可靠的水泵水轮机。东京电力公司和日立制铁所联合研究了转轮在水中的共振现象,通过水流流动解析、三维CAD技术、强度振动解析等最新技术来研制具有高效率、低水压性能和高刚性构造的水泵水轮机。同时,在非常严格的条件下对主轴水封装置进行了模拟试验,产品的性能和耐久性都得到了确认。从现场试验结果来看,在减少振动和降低噪音等方面比500m级的水泵水轮机效果更好,证明了这是一个非常优秀的产品。格野川抽水蓄能电站(有效水头728m/单机容量412MW)和神流川抽水蓄能电站(有效水头653m/单机容量463MW)都是700m/400MW级的超高扬程、大容量水泵水轮机时代的代表性电站。

4 海水抽水蓄能电站

世界上第一座也是目前唯一的一座海水抽水蓄能电站是日本的冲绳山原抽水蓄能电站。该电站位于日本冲绳岛,是

利用太平洋作为下库，上库是由一块凹地经人工开挖筑坝而成，装机容量30MW，是一座试验性的抽水蓄能电站。1991年开工，1999年3月开始试验运行，日本电源开发株式会社负责整个项目的开发。上库有效库容56.4万m³，最大水头177m。地下厂房埋深150m，长41m，宽17m，高32m。高压斜管内径2.4m，长314m，输水量26m³/s。

海水抽水蓄能电站比常规抽水蓄能电站在投资和运行调度方面具有以下2个优点：(1)不需要修建下水库，(2)可以修建在火电、核电等大电源附近或者负荷中心附近。

对于海水抽水蓄能电站目前有一些争论，冲绳山原海水抽水蓄能电站主要是为了检验以下几个问题：(1)

)上库防渗效果和海水对地表及地下水污染的评价;(2)

)海水中有有机物质对管道及水轮机的粘附作用以及由此造成发电和抽水效率降低的评价;(3)

)在高压和高速水流作用下海水对金属材料的腐蚀作用;(4)

)在高海浪情况下，管道进出口海水的输入和排泄的不稳定性对发电出力的影响;(5)上库海水因风力作用而飘到水库周围，对植物、动物及其它生物的影响;(6)对生息在下库出口周围的珊瑚及其它有机生物的影响。

5 结语

本文简要地介绍了目前日本抽水蓄能电站建设中的有关施工技术、机电技术及海水抽水蓄能电站的情况。抽水蓄能电站的建设随着新技术的进步而发展，特别是IT技术出现，对抽水蓄能电站新技术应用提出了更高要求，各大电力公司与机电制造商也都在加大力度，研究开发新技术、新产品。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/36102.html>