[控制系统]

浮动式岸边固定取水泵站的选型及电气控制系统设计

文/郭义军
中国地质工程集团有限公司

在城市供水项目施工中，一种比较常见的水处理方式就是抽取地表河水，通过水处理厂进行沉淀、过滤和消毒处理后生产出自来水供居民饮用和生活用水，因此采取哪种取水泵站，并在运营中如何进行电气自动控制管理是一个关键问题。阐述了科特迪瓦供水项目施工中，对浮动式岸边固定取水泵站的选型及电气控制系统设计的实践与思考。

西非科特迪瓦内陆的一些城镇的供水项目采用地下水作为饮用水源，一般都是通过打井取水，这种水井投资规模小，水处理成本低，虽然在一定时期内有效解决了当地居民的饮水困难问题，但由于水井的水量都比较小，每眼水井一般都在5～15 m³/h，随着人口增长和城市规模的发展，地下水源已经难以满足城镇居民日益增长的用水需求。为此，科特迪瓦政府决定推行“全民享有自来水”工程，通过实施一揽子项目，新建一批采用河水或水库的地表水作为水源的供水项目，解决科全国各地自来水短缺问题，保证民众能以低廉的价格享用自来水。

布纳市属于ZANZAN地区，位于科特迪瓦东北部，距首都阿比让500 km，为了给该市发展提供稳定可靠、可持续的水资源保障，科特迪瓦国家水利局决定建设布纳市供水项目，其中取水泵站是该项目的重要组成部分。取水泵站由进出水管道、水泵机组、空压机、泵房、变配电设施及自动化控制等部分组成。本文就该项目取水泵站的选型及电气控制系统设计和实践进行分析和论述。

泵站形式选择

给水工程中，从江河、湖泊和水库等地表水源中的取水构筑物一般分为固定式和移动式两大类。固定式取水构筑物位置固定不变，安全可靠，应用较为广泛，依据水源的水位变化幅度、岸边地形地质条件，可有多种布置方式，常见的有四种：江心进水头式、江心桥墩式、岸边式及底栏栅式。移动式取水构筑物适用于水位变化大的河流，构筑物可随水位升降，但操作管理较固定式麻烦，主要有两种：浮船式和缆车式。

本项目水源Volta Noire河流域面积111 500 km²，年均径流量34.45亿 m³，水量可满足项目设计规模，但水深较浅，水位变化幅度较大，项目所在位置河水深度一般在2.5 m左右，旱季最低水位只有1 m深，雨季最大深度可达4.8 m。根据上述特点，项目部分别考虑了两种可能的方案，并进行了比较。

1. 采用圆筒沉井式取水泵站

在靠近岸边河床较深的位置浇筑圆筒式混凝土沉井，在沉井中安装潜水泵，在河岸与沉井之间修建栈桥，输水管道和电缆通过栈桥连接到岸边的泵房。这种取水泵站在科特迪瓦现有的一些城市供水系统中应用最为广泛。但修建沉井需要围堰施工，施工难度高，对环境影响大。圆筒沉井式取水泵如图1所示。

图1　圆筒沉井式取水泵站

2. 浮动式岸边固定取水泵站

在岸边修建取水泵房，采用固定扬水管加浮动式取水管的方式，适应水位变化特点，保证取水水质，取水口设置在河流近水面的地方提取。取水头可以根据季节变化产生的水位涨落调整取水水位高度，具备5 m的适应水位高度的调节能力。取水泵站能在小于1 m的水深度下大量提取质量好的原水（即原水中不含固体杂质和不会损坏电泵机组）；取水泵站能从离岸边较远距离地提取靠河流河床的原水。与圆筒式沉井相比，具有无围堰施工、工程进度快、工期缩短、造价降低、施工安全简单及对环境影响小的特点。浮动式岸边固定取水泵站侧面图如图2所示。

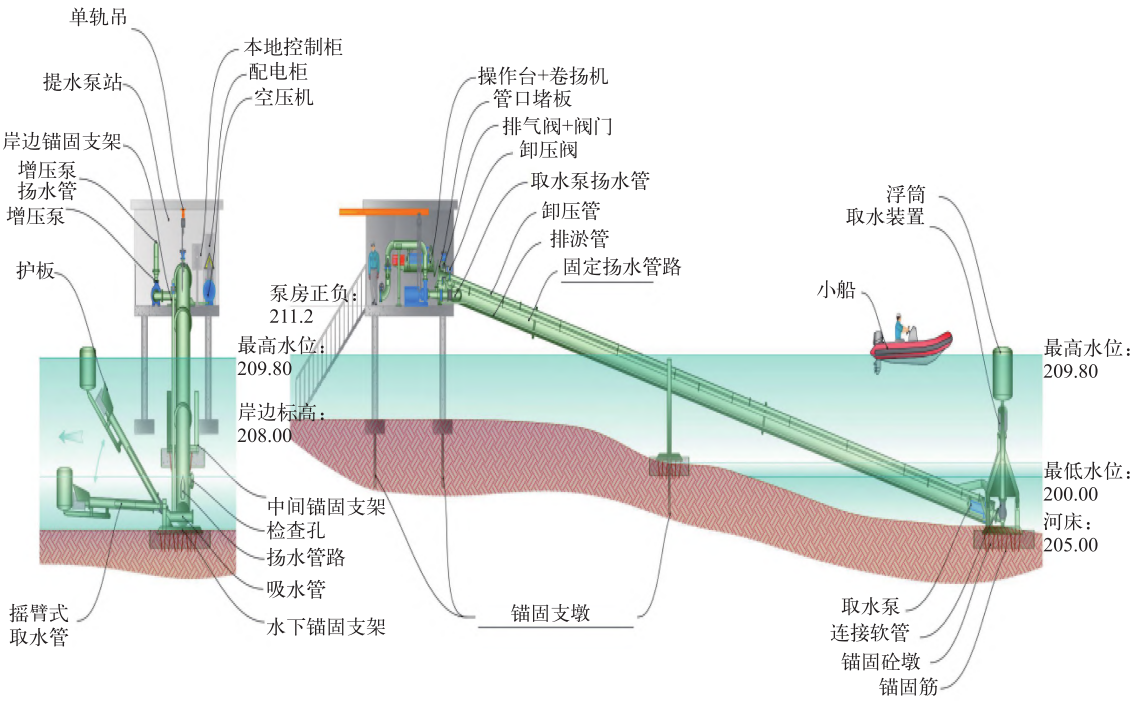

图2　浮动式岸边固定取水泵站侧面图

综上所述，浮动式岸边固定取水泵站是本项目的最佳方案。

设计方案及水泵选型

1. 总体思路

根据设计计算以及现场踏勘，决定在Volta Noire河西岸修建一座岸边固定式泵房，长14 m，宽7 m，泵站土建工程按标准 GB 50265—2010设计。采用一根直径DN700 mm、长33 m的钢管从泵房斜深入河中作为固定扬水管，在扬水管的下端安装一台流量200 m³/h、扬程9 m的潜水泵，固定扬水管的下端配有DN200 mm的进水口，进水口与浮动式吸水头通过一根直径DN250 mm的软管相连，浮动式取水管直径DN250 mm，长5 m，浮动式取水管的末端配备一个直径600 mm的浮筒，浮筒与浮动式取水管连接的一端配备一段直径DN250 mm的吸水口，吸水口上配备不锈钢过滤网，浮筒总长度2.3 m。固定扬水管的上端侧面配有DN200 mm的扬水管，该扬水管与安装在泵房内的两台增压泵机组（一用一备）的吸水口相连，增压泵的流量为200 m³/h，

扬程36 m，增压泵的扬水管直径DN200 mm，扬水管及其附属设备（控制阀、止回阀、可拆卸接头及流量计等）都安装在泵房内，泵房内还安装有起重装置、空压机、各台水泵电动机的本地控制柜和远程启动控制柜、照明装置等。一台10 kW的发电机和一台1 500 L的防水锤罐安装于泵房一层顶部平台上。浮动式取水管如图3所示。

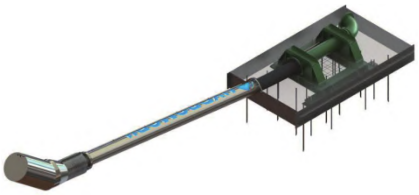

图3　浮动式取水管

2. 水泵及发电机型号选定

（1）取水泵及发电机型号选定

根据设计运行条件，取水泵需能够安装在固定扬水管内部最下端，拟选定型号为KRTK 150-317/76UEG-S，流量200 m^3/h，扬程9 m的KSB牌潜水泵作为本项目的取水泵。数量两台，一用一备。

取水泵电动机选择水泵生产厂家标配的7.5 kW三相电动机，电动机起动设计采用变频起动，以保护电动机安全运行，并满足下游水厂不同用水量的需求。取水泵结构图如图4所示。

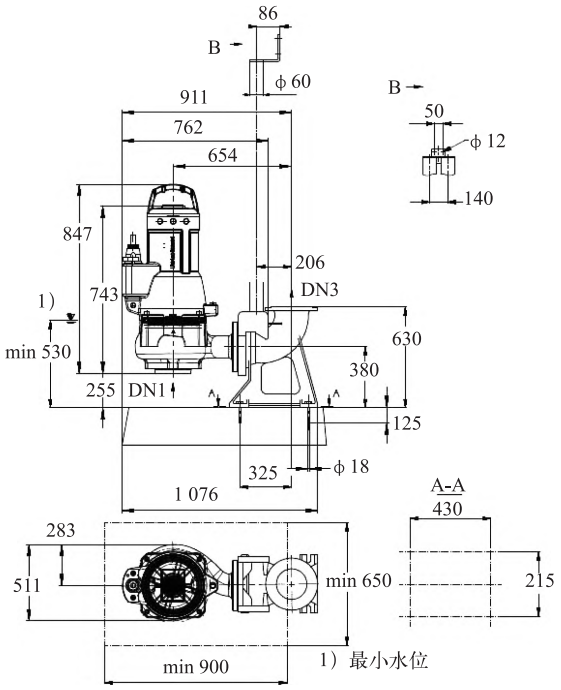

图4　取水泵结构图

根据设计思路，需要把潜水泵从DN700 mm固定扬水管的顶端从内部滑动到最下端进行自动就位安装，为了实现这一安装要求，在潜水泵上设计加装一个特制滑轮托架和一个锥形吸水口座。特制托架可以在扬水管内滑动，在岸上泵房内就可以很方便地通过钢丝绳和绞盘牵引实现潜水泵的安装和拆卸，便于维护。取水泵与滑轮托架如图5所示。

图5　取水泵与滑轮托架

（2）增压泵及发电机型号选定

根据设计思路，取水泵固定扬水管出来的水需要经过二次增压以满足取水泵站总扬程达到45 m的要求。拟选定型号为Etanorm 125-100-315，流量200 m^3/h，扬程36 m的KSB牌加压泵作为本项目的增压泵。数量两台，一用一备。

增压泵电动机选择水泵生产厂家标配的30 kW三相电动机，电动机起动设计采用变频起动。增压泵结构图如图6所示。

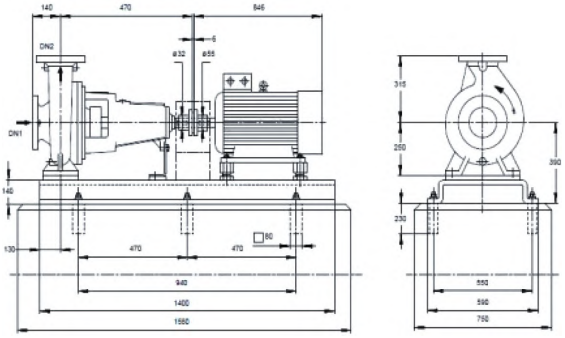

图6　增压泵结构图

电气设计

1. 取水泵站电气设备

1）约350 m的33 kV高压输电线自电源终端杆

至取水泵站。

2）在取水站旁的新的电源终端杆上，安装一台100 kV·A的33 kV/400 V的干式变压器。

3）一台88 kV·A的备用电源发电机。

4）一台市电与发电机自动切换柜。

5）取水站总配电柜一个。

6）取水站本地起动及运行控制柜一个。

7）无功补偿柜一个。

8）远程控制箱一个。

9）泵站照明控制箱一个。

10）冲洗排泥空压机一台。

2. 起动及远程控制系统设计

本项目取水泵站距离水处理厂约2 km，距离城区水塔和自来水公司办公室37 km，位于比较偏远处，而且水泵电动机的实时状态监控对于系统的安全和稳定十分重要。因此在对控制系统进行设计时，针对关键设备设计了远程控制和就地控制两种模式，同时现场实时的控制数据将通过无线通信方式及数据服务器采集和储存，同步传输到位于水厂的中控室和城区自来水公司办公室的监控室，通过操作员远程操作对数据进行实时监控和处理，并对现场设备进行远程控制。

（1）就地控制

就地控制是指操作人员在取水泵站现场通过本地控制柜对取水泵、增压泵和空压机进行操作，既要能够手动单机控制，也可以通过可编程自动控制器（PLC）自动控制设备。根据这一设计思路，给本地控制柜配备施耐德的M241型PLC，采用Modbus TCP通信协议，并配备型号为施耐德STU855的HMI触摸面板。通过PLC设置，操作人员可以很方便地通过触摸面板上的按键操控取水泵和加压泵的工作状态：自动、手动、运行和停止。系统还可以记录水泵的工作运行时间、流量等信息。并对空压机的起停和排泥电磁阀的开闭进行编程控制，实现空压机和电磁阀的自动、手动及开闭的工作状态控制，设定每日的起停和开闭时间，实现取水口的自动清淤排泥，保证取水泵总能取到较好的水质。系统还可记录电磁阀的累积开闭时间、当日的总开闭时间或冲洗次数等信息。可编程序控制器接线图如图7所示。

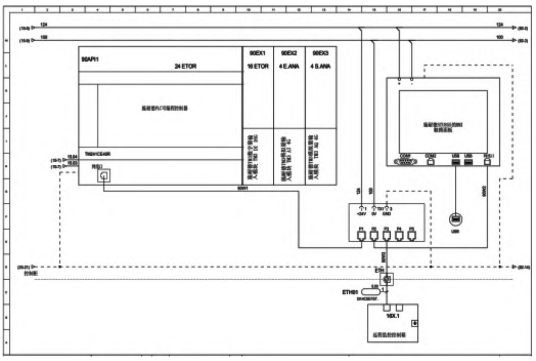

图7　本地控制柜可编程序控制器接线图

（2）变频调速设计

根据水厂的生产需求，取水泵站需要给水厂提供大小不同的原水流量，为了满足这一要求，电动机转速和电源频率的线性关系为

$$n=60f/p$$

式中，n为电动机转速，单位为r/min；f为频率，单位为Hz；p为电动机磁极对数。

通过变频器变频来改变水泵的转速，进而改变水泵特性曲线中的Q-H曲线，使水泵输出不同的工作流量。通过计算，找到水泵流量与变频器输出频率之间对应关系。进而实现对水泵工作节点的调节，并通过变频器编程控制，使取水泵站能够按照设计的工作点流量进行自动或手动运行。

（3）远程控制

远程控制是指从水厂中控室通过PLC远程控制系统对取水泵房进行全程监管和控制。监管人员在监控室内就可以清晰地知道取水泵房内部水泵、水压及电磁阀状态等多方面的数据，促使监管人员可以及时做出正确的决策，保证取水泵站的正常工作；通过PLC远程控制系统可以远程操控取水泵房内部的起动或停止的程序，并与组态软件相连接，将取水泵房内部的工作状态以组态的形式呈现，实现取水泵房无人监管的目的，以便节约运营成本，提升工作效率和质量，保证人们的每日用水安全。

考虑到取水站位置比较偏远，网络和GSM信号较差，设计采用电台通信的方式来实现远程控制，在取水站安装法国SOFREL S550的远程访问装置，通过RS 485-A接口以及摩托罗拉DM1400型无线数传电台与水厂进行远程连接。全系统远程控制总示意图如图8所示。

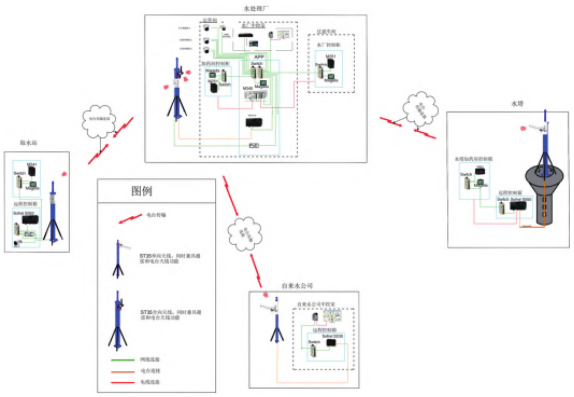

图8　布纳供水项目远程控制总示意图

运行效果及应用推广

1. 运行效果

PLC远程控制系统的建立，为自来水厂取水泵房的工作提供了很大助力，降低了自来水公司的资金和人力的投入，增加了设备的自动化和智能化，实现了无人值守全自动化管理，提升了工作效率。该浮动式岸边固定取水泵站于2019年4月投入使用，已经连续运行3年，运行平稳，取水水质良好。

2. 应用推广

1）在布纳供水项目成功实施的基础上，该型号取水泵站又分别应用到了我司在科特迪瓦实施的另外两个供水项目，分别是阿卓佩供水项目400 m³/h和蒂亚萨莱供水项目530 m³/h，均获得成功，这两个项目也都已投入使用，并连续运行一年多，运行稳定。

2）目前，该型取水泵站已经广泛应用到我司正在实施的科特迪瓦12城市供水项目，作为各城市地表水取水泵站，施工建设正在稳步推进中，项目建成后，将为科特迪瓦多个内陆城市提供稳定可靠的自来水。

结束语

取水泵站是供水项目的施工重点，项目部经过深入调研和反复论证，最后选定浮动式岸边固定取水泵站作为本项目的取水泵站，并成功实践了电气控制系统自动化的设计与实施，很好地适应了水源特点，有效地解决了项目难题，并确保项目能够按期完工，该浮动式岸边固定取水泵站的建成和投产，给当地居民生产和生活提供了稳定可靠的原水供应，运行稳定，维护方便，深受当地政府和居民的好评，取得了非常明显的社会效益和经济效益。该型取水泵站的成功实践和应用推广，很好地解决了后续同类项目提水泵站选型难题，为中科合作的“一带一路”供水项目建设提供助力。**EA**

（收稿日期：2022-05-05）

参考文献

[1] 李方洁，宋厚清，严蕾．黄岛引水工程取水泵站电气自动化设计[J]．山东水利，2003(3)：19-20．

[2] 韩小亮．浅谈取水泵站形式及电气控制系统设计[J]．甘肃水利水电技术，2019(3)：40-43．

[3] 安裕强，杨中亚，王庭有．基于AB PLC的取水泵站自动控制系统设计[J]．新技术新工艺，2011(3)：64-67．

[4] 李杰，孙军平．南沟门水库取水泵站变频调速设计[J]．陕西水利，2017(4)：89-91．