

二十万吨淮河取水泵站电气设计浅析

刘琛

安徽省阜阳市水利规划设计院有限公司

摘要：皖北地区群众喝上引调水阜南县“十四五”农村居民供水保障工程取水泵站建在淮河左岸曹集保庄圩内淮堤堤后庄台上游处。以本取水泵站工程电气设计为例，通过对泵站供电电源、电气主接线方案、电气设备选型等设计内容，来对引调水工程取水泵站的电气设计提供借鉴和参考。

关键词：取水泵站；电气；高压调速变频装置；直配电机过电压保护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.106

一、工程概况

皖北地区群众喝上引调水阜南县“十四五”农村居民供水保障工程主要建设地表水厂2处，分别是 $12 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 中心水厂和改扩建 $4.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 蒙洼水厂；建设取水规模为 $20 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的固定式取水泵站1处；铺设2根DN1000的输水管网63.9km；铺设除蒙洼中心水厂外其余53处水厂的配水干管354.15km，建设配水管网加压泵站7处。水厂环网51处水厂，新增入户2.75万人，配套入户水表7408块。自动化改造水厂51处，县级供水信息管理系统建设1处，县级供水水质监测中心建设1处。

取水泵站建在淮河左岸曹集保庄圩内淮堤堤后庄台上游处。土建规模 $20 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，设备规模 $20 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；

原水输水管线一次性建成，其中向阜南县农村供水中心水厂输水设计规模 $13 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，另向阜南县蒙洼中心水厂输水设计规模 $7.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

二、供电电源

根据《供配电系统设计规范》GB50052-2009，取水站供电负荷等级为二级。新建工程利用蒙洼中心水厂现有电源供电，蒙洼中心水厂为二路10kV电源供电，线路输送容量满足新增负荷需求。

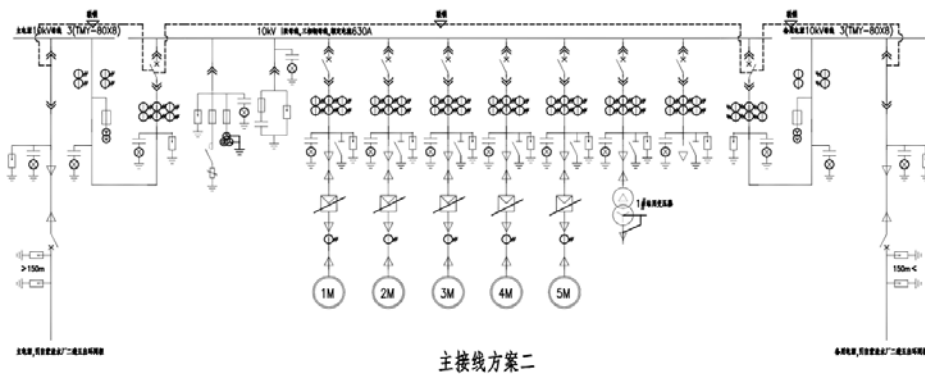
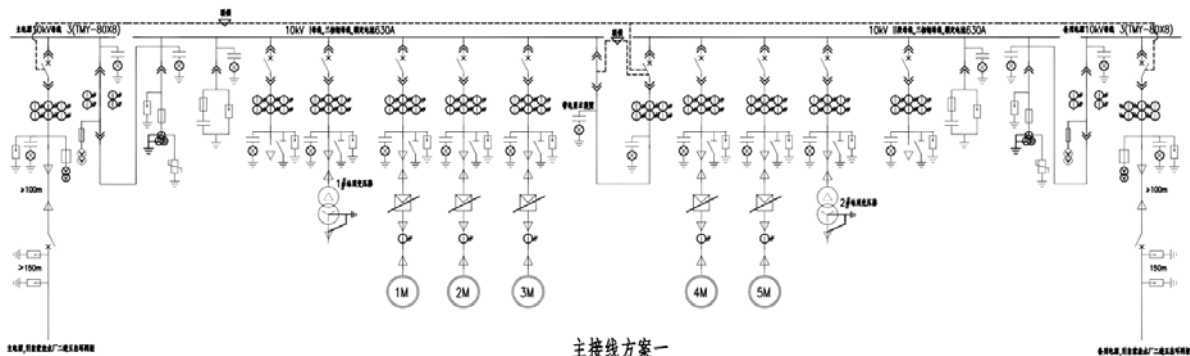
本次设计从蒙洼中心水厂户外环网柜分别引双回10kV电力电缆至取水泵房。拟对蒙洼中心水厂变电所改造，增设二进五出户外环网柜及相关设施。

三、供电复核及变配电设计

取水泵站高、低压设备用电计算负荷大约2349.3kVA，其中10kV总计算负荷约2270.45kVA（补偿后），0.4kV总计算负荷约78.76kVA（补偿后折算到10kV侧）。

取水泵站安装5台单级双吸离心泵机组，2台315kW机组、3台630kW机组（2用1备）。配套的电机型号分别为315kW/630kW高效变频异步电动机，额定电压10kV，额定功率因数0.79~0.84，效率为93.3~94.5%。

根据供电方案特点和要求，电气主接线选择两种方案：



方案I：10kV电动机母线为单母线分段接线，中间设母联开关，两路10kV电源同时供电，互为备用。进线、馈电均设断路器。当一路10kV架空线路发生故障或检修时，另一路可带本站全部负荷。

方案II：10kV电动机母线为单母线接线，两路10kV进线1用1备，互为闭锁不并联运行。

方案I的优缺点：

供电可靠性较高，1段高压母线故障或检修时，另1段高压母线可承担全部或部分负荷供电。

配电系统接线和操作复杂，电气设备一次性投资

高。

方案II的优缺点：

1) 电气设备一次性投资较省，接线简单操作方便。

2) 当母线故障或检修时，整个泵站供电系统完全断。

经两个方案比较：虽然方案一较方案二可靠性和灵活性高，但变配电设备及投资多，且双路电源接入点蒙洼中心水厂为二路10kV电源供电，供电可靠性有保障。

综上所述，本阶段推荐方案二为本站电气主接线方案。

表1.3-1 站用电负荷统计表

序号	设备名称	台数	单台设备参数				参加计算负荷容量			
			功率 (kW)	功率因数 (cos φ)	效率 (η)	容量 (kVA)	全部机组运行		一台机检修、其余运行	
							台数	容量 (kVA)	台数	容量 (kVA)
1	吊车	1	13	0.85	0.9	16.99			1	16.99
2	除污机	4	5.5	0.85	0.85	7.61	2	15.22	2	15.22
3	液控止回蝶阀	5	5.5	0.85	0.85	7.61	2	15.22	1	17.86
4	闸门启闭机	4	2.2	0.8	0.8	3.44	2	6.88	1	6.88
5	潜水排污泵	2	1.5	0.75	0.8	2.50			2	5
6	照明					15.00		30		30
7	交流电焊机	1	1.1	0.8	0.77	1.79	3	5.36	3	5.36
8	台式钻床	1				25.00			1	25.00
9	立式砂轮机	1	0.55	0.75	0.8	0.92			1	0.92
10	空调器	6	1.5	0.75	0.8	2.50			2	5
11	直流电源		3.5	0.8	0.9	4.86	1	4.86	1	4.86
12	所用电					10.00		10		10
13	照明					20.00		30		30
	合计							132.54		188.09
计入负荷率0.8、同时率0.75网络损失系数1.05时合计								83.5		118.49

为保证泵站运行期间站用负荷用电及非运行期间泵站办公、维修及生活用电。站用变压器容量的选择是按以下两种可能出现的最大站用负荷的运行方式来考虑。

(a) 全部机组运行，(b) 一台机组检修，其余机组运行。在计算中按本站具体情况取网络损失系数为1.05，负荷系数为0.8，同时率为0.75，算得所需站变容量为118.49kVA。详见表1.3-1《站用电负荷统计表》。

取水泵站设置两台站用变压器，一台型号为SCB13-160/10/0.4kV型站用变压器，电源引自10kV母线；另一台S13-100/10变压器为管理区变压器，户外杆上布置。

由于高压电机集中安装在取水泵房内，所以在取水泵房一侧贴建一座10kV配电站。新建10kV配电站，为全户内配电站，是一座独立两层建筑。

首层设10kV开关室、高压电容器室、高压变频室、变电室，以及备件室、卫生间等附属房间。10kV开关室等在北侧。二层设中控室，以及资料室、工具室、办公室、卫生间等附属房间。10kV配电装置，采用双列三通道面对面布置。10kV并联电容器装置，采用单列双通

道布置。二次设备屏，采用单列双通道布置。

鉴于本工程的重要性，为了保证配电系统的可靠运行，设备必须选用国内外优质产品。变压器选用节能型干式变压器。10kV高压开关柜选用具有五防功能中置式开关柜，10kV高压开关选用真空断路器。低压开关柜选用MNS型抽屉式开关柜，柜内低压器件选用可靠性高的元器件，例如：施耐德、ABB、西门子、默勒或等同。高压水泵变频调速采用高-高型无谐波调速装置。

四、系统运行方式及电机启动方式

(一) 系统运行方式

取水泵站10kV高压系统采用单母线接线的方式，进线电源一路工作，一路备用，母线合闸运行，当工作电源出现故障时，确认工作电源无压无流后，备用电源手动投入。两路电源运行方式均为一用一备，当一路电源出现故障需要检修时，另路一电源投入工作，能承担100%全站重要的高、低压负荷。

根据本工程高、低压负荷特点，高压变频调速电机的功率因数已达到0.95，高压和低压侧采用集中自动补

偿方式，补偿后0kV侧总的功率因数大于0.95。

计量采用高压计量的方式，在10kV侧两路进线处设置专用的计量柜，柜上设有专用的计量电表，供电业局计量用。

(二) 高、低压电机启动方式

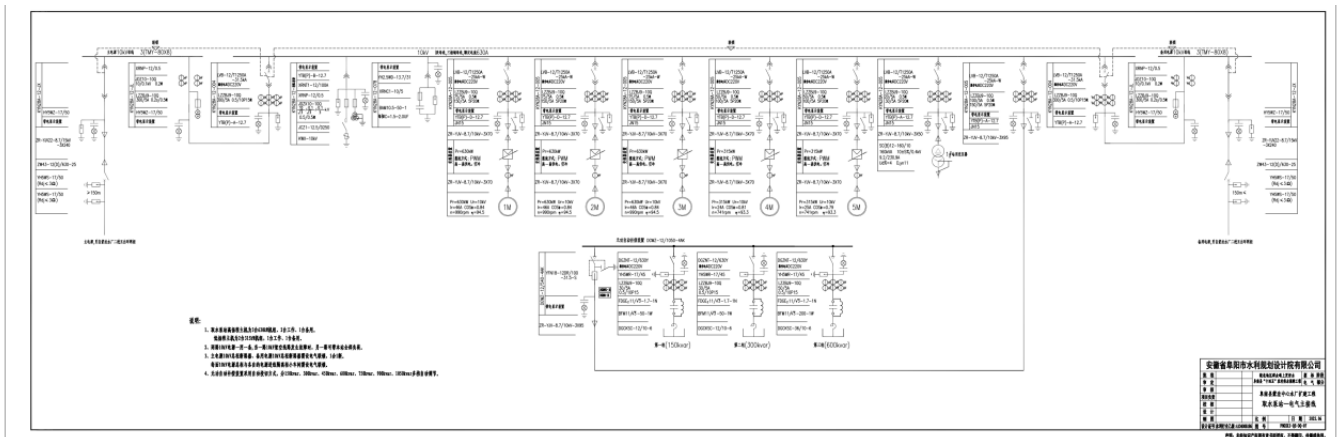
为了使取水的供水量随用水量的变化而变化，节约用电，降低运行成本，取水泵站高压水泵电机采用变频调速装置后有效地保护供水设备，不会因为用水量的减少引起供水压力过高，造成供水管路的损坏。同时也不会因为管网压力的过高，增加管网的漏水量，保证安全供水。

高压调速变频装置采用10kV电源电压输入，10kV电压输出，所有高压电机的电压等级均为10kV。

高压调速变频装置设置在变频器室，在施工图设计时，将根据环境温度，考虑有效的通风及散热。

变频装置通过通讯接口与控制系统计算机进行通讯，接受控制系统的控制信号，反馈变频器转速信号。采用变频调速装置后，它会产生对电网有干扰的高次谐波，严重时会造成电网电压的升高，而损坏电气设备，因此在选用高压变频调速装置时应选用36脉冲以上电压源型变频调速装置。

五、电气系统的保护与控制



取水泵站电气主接线图

(一) 继电保护与测量

为了提高供电系统管理水平和提高供电系统的可靠性，本工程的10kV高压系统中的继电保护采用微机综合保护器。微机综合保护器的优点是：性能可靠、功能强、整定方便、智能化程度高，同时，还具有测量功能，可测量电流、电压、工作频率、功率因数、有功功率、无功功率等，具有人机对话接口，从中可获得故障相电流和电压等参数，并与电站监控系统通讯，管理方便。

保护方式：10kV进线：电流速断及过流保护。

10kV站用变压器：延时速断及过电流保护，过负荷及温度保护，中性点接地保护。

10kV母联：设有速断及过流，当母联投入时，保护开放2~3秒，合于故障时，保护0.2秒延时跳闸。

10kV电动机：电流速断及过流保护、欠压保护、电机温度保护及小电流接地保护。

10kV电容器：设有速断及过流，欠电压及过电保护。

(二) 操作电源及操作机构

10kV高压系统的操作电源采用PLC控制的铅酸免维护电池的直流电源，作为系统中的断路器控制及合闸、跳闸用。电池的容量选用100Ah。

操作机构采用一体化弹簧操作机构，便于操作管理。

(三) 电气系统的控制方式

10kV系统控制方式通过“远方/就地”选择开关实现站内本柜、电站监控微机两种控制方式，无论何种控制操作方式，都应满足“五防”要求，待确认后执行控制命令，监控装置设置在主控制室内。

高压电机控制有手动—自动两种方式，在高压电机旁设有就地控制台，控制台上开、停、急停按钮和相关表计及指示灯等，当高压柜上的本柜—远动转换开关设置在远动位置时，表明高压开关柜准备就绪，允许合闸，此时就地控制台上的转换开关放置在手动位置时，在就地控制台上人工开启水泵；转换开关放置在自动位置时，由泵房PLC控制。

全站所有低压电机的控制均为手动—自动两种方式，每台设备均设有就地按钮箱，就地按钮箱上有转换开关；开、停和急停按钮；运行及故障指示灯等。当转换开关设置在手动时，可在机旁操作；当设置在自动时，由本工段上的PLC根据工艺过程自动控制。

参考文献

[1] 《供电系统设计规范》GB50052-2009
 [2] 《工业与民用配电设计手册（第四版）》 中国电力出版社 2016。
 [3] 李宝妮，张青峰，高晓华《冯家山水库灌区泵站更新改造技术措施及改造效果分析》[J]. 西北水电，2018（05）：77-79。