

某取水泵站电气设计探讨

文 / 李 炜 太原供水设计研究有限公司

摘要：取水泵站工程中安装水泵用电动机功率较大，选用 10KV 中压电机，文中对整个供电系统的设计进行了详细的论述，通过负荷计算对项目整体用电情况进行了清晰的介绍，另对电气设备的选型，线缆敷设、接地工程与防雷工程、照明设计进行了介绍。

关键词：水泵站；电气设计；10KV 中压电机

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.107

引言

水是城市发展的生命线，随着城市的发展，用水量也逐年提升，取水泵站工程的规模随之扩大，本文以某 20 万 m^3/d 的取水泵站为例，对整个供电系统的设计进行详细的论述，通过负荷计算对项目整体用电情况进行了清晰的介绍，特别是水泵用电动机功率较大，选用 10KV 中压电机，既节省了用电消耗，又通过设置相应保护措施，增加智慧化的电力监控系统，提高取水泵站电气系统运行稳定性。对今后的设计及工程实施工作起到一定的借鉴作用。

一、概况

该取水加压泵站建设规模 20 万 m^3/d ，加压站构筑物包括吸水池、泵房、配电室、附属用房及相应的水厂总平面布置和变配电系统等。泵房为半地下式泵房设单

级卧式双吸离心泵 5 台，4 用 1 备，单泵功率 $P=630kw$ 。

二、设计范围、内容

电气设计范围：取水泵站范围内的所有单体、平面部分。电气设计以变电站 10kV 进线柜电缆终端头为设计分界点。

电气设计内容：工程范围内的变配电系统设计、电气设备供配电设计、电气设备控制设计、电气线路埋设方式、安全接地及防雷工程设计、建（构）筑物照明以及总平面设计等^[1]。

三、供电电源

根据规范要求：供电负荷等级确定为二级负荷。由 10kV 高压电源供电，该电源应为两回路，保证每回 10kV 线路均能全厂全部二级负荷的用电负荷要求。

四、负荷计算及变压器容量选择

表 1 泵房变配电站负荷计算表（0.4kV 设备）

序号	名称	装机容量 (kW)	有功功率 P_{js} (kW)	无功功率 Q_{js} (kvar)	补偿容量 (kvar)	视在功率 S_{js} (kVA)	备注
1	泵房	52.44	39.3	32		50.68	0.4kV 设备
2	配电室	20	16	12		20	
3	总平	10	8	6		10	
4	附属用房	60	48	26.9		55.02	
全站 0.4kV 合计		142.44	111.3	76.9		135.7	
同时系数 (0.9, 0.97)			100.2	74.59		124.91	
补偿容量					40		
补偿后			100.2	34.59		106	
变压器选择(10kV/0.4kV)		2 台 160kVA 所用变压器，负荷率 66%，一用一备					

表 2 加压泵房负荷计算表（10kV 设备）

序号	名称	装机容量 (kW)	有功功率 P_{js} (kW)	无功功率 Q_{js} (kvar)	补偿容量 (kvar)	视在功率 S_{js} (kVA)	备注
1	加压泵	630x4	2520	1495.37		2930.29	10kV 加压泵电机
2	补偿容量				5x160		
3	补偿后合计		2520	855.37		2661.2	

表 3 加压站（10kV+0.4kV）总负荷计算表

序号	名称	装机容量 (kW)	变压器容量 (kVA)	有功功率 P_{js} (kW)	无功功率 Q_{js} (kvar)	视在功率 S_{js} (kVA)	备注
1	取水泵房 10kV 设备合计	2520		2520	855.37	2661.2	10kV
2	10kV/0.4kV 变配电站合计	142.44		100.2	34.59	106	0.4kV
3	全厂总计	2662.44		2620.2	889.96	2767.2	10kV+0.4kV

取水泵站的配电电压等级为：10kV、380/220V 二种。10kV 双回路进线，保证每回 10kV 线路均能全厂全部二级负荷的用电负荷要求，且不能同时失电（见图 1）。

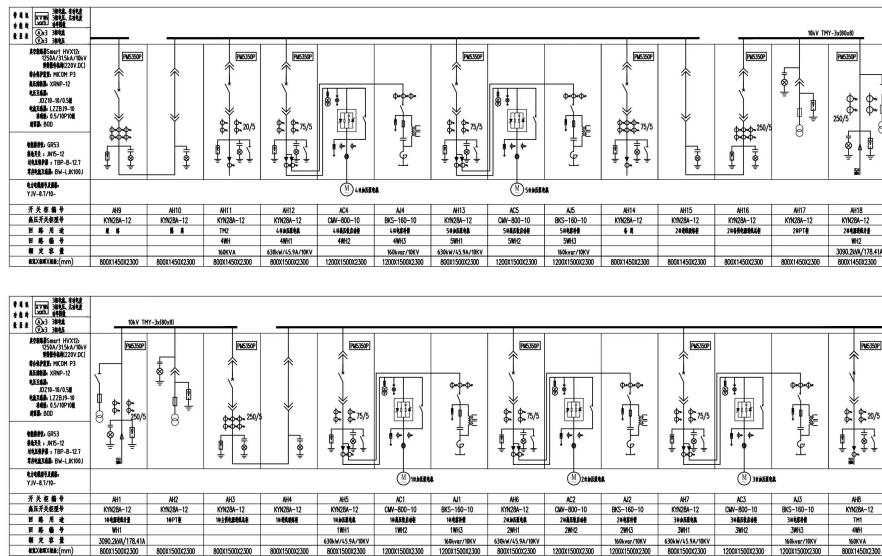


图 1 10KV 配电系统

五、供配电系统

10kV/0.4kV 变配电系统，配电室内设置两台变压器，一用一备，0.4kV 配电系统为了方便检修及减少停电事故影响范围，系统设置母联柜，两台进线柜断路器之间需作机械及电气联锁，严禁同时合闸^[2]。平常运行时母联柜处于运行状态，当因为故障其中一路电源停电后，由另一台变压器负担系统全部负荷。

变配电系统采用智慧化管理方式，系统组件模块化、智能化，内嵌电力专业监控软件，支持 Windows 操作系统，采用友好的全中文操作界面，变配电智能管理系统采用大型 SCADA 组态软件。监控系统服务器和上层网络布线采用冗余配置。提供工程项目的数据库、通讯设备、界面等任何环节均组态完成，确保具有组态软件的延续性、可扩充性、封装性（易学易用）、通用性等特点。设置实时数据管理后台，完善的通讯管理系统。确保数据上传的实时性和准确性，在各种事故条件下系统可立即采取相应的保护措施，并将事故信息记录保存并上传上位机，确保供配电系统的安全，保证供电可靠性。

在配电柜内需要保护元件处设置测量传感器、事故报警信号进入相关网关设备处理后，经现场总线传输至通讯管理机，各就地单元与通讯管理机通讯即使故障也可根据预先设定的程序独立的完成事故故障的处理，确保供电的安全性和连续性、操作人员也可通过就地 / 远方选择开关切到就地操作位置，根据面板上的指示实现本开关柜的手动操作^[3]。

为提高系统控制可靠性，每段 10kV/0.4kV 母线所连接的各开关柜内的控制保护单元用一路现场总线连接。

六、电力计量及功率因数补偿

(1) 在同市政电源交接处设置专用计量柜，作为 10KV 高压的关口计量。计量表记具有通讯接口，可上传必要的的数据，另根据规范要求，大容量用电负荷出线低压侧均设置计量表，便于业主用能管理。

(2) 自然功率因数比较低，通过计算表明，其值低于 0.90，可通过在低压侧设置无功功率补偿装置以提高系统的功率因数，并减少系统的线路损耗和变压器损耗，10kV 高压电机补偿方式采用高压侧就地补偿（补偿容量 5X160kvar），0.4kV 负荷补偿方式采用低压侧集中补偿（补偿容量 2x40kvar），补偿后的功率因数可达 0.95 以上^[4]。

七、主要设备选型

水厂电气设备选型关系到工程投资、安全运行，维护检修等相关方面，应遵循下列原则：

- (1) 质量可靠、性能优良。
- (2) 技术先进、并具有较高的性价比。
- (3) 在当地环境下有长期成功运行的经验，并应以免维护设备为首选。
- (4) 供配电设备应具备一定的通用性和互换性，以便于运行和维护。
- (5) 设备选型应注重节能、节材，减少工程投资和运行费用。

根据上述原则，水厂主要电气设备材料选型如下：

- (1) 10kV 高压开关柜采用户内铠装中置抽出式开关柜，配真空断路器，微机保护测控装置，装置采用全汉化大屏幕液晶显示，人机界面清晰易懂，实时记录交流量、开入量、开出量和所有保护模块的状态，装置记录内部各元件动作行为、动作时间和录波数据，每条录波可触发 12 次录波，每次录波可录故障前 8 个周波、故障后 4 个周波波形。每个采样点录波至少包含 12 个模拟量、10 个开关量波形。
- (2) 直流屏采用高频开关电源模块 N+1 冗余模式供电，铅酸免维护蓄电池后备，供控制、保护、信号和断路器储能电机等用电。
- (3) 10 /0.4KV 级三相干式非晶合金铁心无励磁调压配电变压器 SCBH17 型，并带 IP3X 外壳，能效等级不低于 2 级能效标准。
- (4) 10KV 软启器采用高压固态软启动器，电机启动时，电流限制到设定值以下，可以避免启动时电网电压聚降，造成的停车事故，电机启动平稳，减少机械冲击，防止过压和水锤效应，延长传动机构的使用寿命。高压软启动器减少 50% 的启动冲击电流，延长电机使用寿命，减少

了电网电压波动及其他用电部门的影响,保护功能齐全,可进行温度保护、缺相保护、短路保护、流过保护及低电压保护等,同时采用光纤传输技术隔离高、低压部分,杜绝了人身安全事故的发生。可编程输出功能,控制数据状态记录功能,仪表检测功能,故障历史记录功能。

八、继电保护

电气一次设备位于电力系统的最底层,它用于电力负荷终端电能分配,其必须配置完整继电保护装置且保护功能的反应时间比控制功能的要快,具体配置如下:

(1) 10kV 进线断路器:采用定时限速断保护、过电流保护、接地保护。

(2) 10kV 母线分段断路器:采用速断保护仅在断路器合闸瞬时投入,合闸后采用过电流保护。

(3) 10/0.4kV 厂用变压器设电流速断、过电流、过负荷,单相接地及温度保护。

(4) 10kV 水泵电机应设置过载保护,两段式定时限保护,两段式负序过电流保护,零序过电流保护,过热保护,低电压保护等。

(5) 10kV 电机另设电机绝缘保护装置,在电机运转状态下,实时监测电机绝缘水平。

(6) 对工艺主泵回路采用硬接点连接方式,由泵房 PLC 遥控,保证可靠性。

(7) 低压侧总进线断路器额定分断能力为 50kA,馈出回路断路器额定分断能力要求 >40kA,总进线断路器和母线联络断路器控制单元具有长延时、短延时、瞬时三段式选择性保护功能,其整定值可调节。

(8) 变压器要求配套提供三相绕组温度传感器、热敏电阻及数字式温度控制器,并向高压馈电柜提供无源输出触点,变压器高温时报警,超高温时 10kV 侧动作于跳闸。

(9) 母线槽本体及插接口采用密集型结构,外壳材料采用铝镁合金,两侧板带有散热片。防护等级 IP65,母线槽采用全铜当导线,导电率 >97%,母线槽温升小于等于 70K。母线槽的短路耐受强度:400A~800A 时 35kA,1000A~1250A 时 50kA。

九、电动机起动及控制方式

根据工艺运行要求,大功率(630kW)10KV 电机采用可控硅软起动,以保护电机、降低起动电流、改善电能质量。其他小功率 380V 定速电机均采用全压起动。用电设备的操作可通过预留的自动控制接口,由 PLC 进行自动化控制,并设就地机旁按钮操作箱,以方便调试和检修^[5]。

十、施工设计

(一) 设备安装

本工程所使用的开关柜、控制箱、操作箱等分为落地安装、墙(柱)上安装及支架安装等形式。落地安装的设备均采用槽钢作基础,槽钢与设备间采用螺栓固定。挂墙安装的配电箱或控制箱均采用胀管螺栓直接安装,亦可视现场实际情况采用其他形式的安装方式。安装支架采用不锈钢或镀镍铬合金的防腐支架。

(二) 电缆敷设

本工程动力电缆采用 YJV-0.6/1kV 型铜芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆,厂区户外电缆采用 YJV22-0.6/1kV 铜芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆,控制电缆采用 KVV(22)-0.45/0.75kV 型聚氯乙烯绝缘控制电缆。

电缆采用电缆沟、电缆桥架或穿钢管保护敷设,动力及控制电缆较集中的地方设置室外电缆沟,以便于正常运行时的维护检修。各构筑物电缆采用穿钢管暗敷(明敷)或沿电缆桥架敷设。电缆保护管、电缆沟内支架以及接地线等均采用镀锌材料。

(三) 接地及等电位联接设计

变、配电房内设置总接地板,接地干线由接地体引来,进入配电室后接入总接地板。变压器中性点应与总接地板引出干线直接连接。N 线应先于 PE 线接地,本工程防雷接地、电气设备的保护接地、弱电设备的接地共用统一的接地极,要求接地电阻不大于 1 欧姆,实测不满足要求时,增设人工接地体。

(四) 防雷及过电压保护设计

本工程中变电站的防雷按照二类设防。为防止因雷电感应过电压对电气设备造成破坏,拟在变电站高低压配电装置母线上和主要建(构)筑物的低压配电进线处加装避雷器或浪涌保护器。

(五) 照明系统设计

在保证照度的前提下,优先采用高效节能灯具和使用寿命长、光色好的光源,以降低能源损耗和运行费用。附属用房,配电间,宿舍等室内照明以 LED 为主,泵房内一般采用防水防尘灯具。配电室、控制室、宿舍等重要场所设置应急照明和疏散指示系统,确保停电后人员安全疏散。

结语

通过本文对变配电系统、动力设备配电、线缆敷设、接地工程与防雷工程、建(构)筑物照明等设计内容的设计,完整的对取水泵站的电气内容进行了叙述,对供水行业中取水工程的电气设计有一定帮助作用。

参考文献

[1] 方耀伟. 取水泵站设计与施工(广州市北部某水厂取水泵站设计介绍)[J]. 城市建设,2010(17):296-297.

[2] 柳新,叶霖,陈振海. 大型取水泵站电气系统设计[J]. 电工技术,2024,(12):174-176.

[3] 石浩志,朱效娟,戴如飞. 取水泵站的优化设计与节能改造[J]. 科技资讯,2012,(36):38-39.

[4] 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,2019,55(03):40-43.

[5] 彭小玲. 东江取水站电气一次设计[J]. 甘肃水利水电技术,2002,(02):111-112.

作者简介:李炜(1981年7月),男,汉族,河北石家庄人,高级工程师,本科,主要从事:电气设计工作。