

[控制系统]

粮食立筒库电气设计

文/河南工大设计研究院 马志强

介绍了粮食立筒库的电气设计，对供配电系统、照明系统、防雷接地系统、自动控制系统和粮情测控系统等做了较为全面的阐述。

工程概况

中储粮镇江直属库粮食立筒库位于江苏省镇江市京口区谏壁镇，总仓容10万t（小麦），含工作塔1座。立筒库为现浇混凝土结构，直径15 m，装粮高度30 m，单仓仓容4 000 t（小麦），3×8布置。

根据现行国家规范和标准，以及工艺、土建、给排水等专业提供的电气条件资料，本工程电气设计主要设置5个系统：供配电系统、照明系统、防雷接地系统、自动控制系统和粮情测控系统。

供配电系统

1. 电源

立筒库低压电源取自本项目内2号10 kV变电所。

2. 负荷等级

室外消防用水量45 L/s，应急疏散照明属二级负荷，其余生产设备均属三级负荷。

3. 负荷计算

立筒库低压用电设备总安装功率为1 428 kW，含照明设备50 kW。负荷计算采用需要系数法，计算结果如下表所示。

表 负荷计算采用需要系数法

有功功率/kW	970
无功功率（补偿后）/kvar	309
视在功率/kV·A	1 016
计算电流/A	1 545
补偿前功率因数	0.73
补偿后功率因数	0.93
就地补偿容量（0.4 kV）/kvar	518

根据负荷计算，立筒库总电源采用6根YJV-3×150 mm²+1×70 mm²电缆引自2号变电所。

4. 环境特征

立筒库属粉尘较多的场所，均属粉尘爆炸危险21区。电气设备尽可能布置在爆炸危险区域外。必须布置在爆炸危险区的电气设备均应选用粉尘防爆型。非粉尘爆炸环境尽可能采用防尘型配电设备，避免灰尘堆积引起故障。

5. 配电室

立筒库设置配电室1处，内设MCC柜，分别提供各工艺设备电源。MCC柜采用GCS系列抽屉式全金属外壳、低压母线封闭式开关柜。柜内安装电动机回路中的断路器、电动机保护开关、接触器、大功率电动机采用的智能软起动器、开关及指示灯等电气设备和元件。根据工艺设备的布置情况和供电需求，MCC柜通过控制电缆与PLC控制站连接，实现自动控制功能。

6. 配电方式

立筒库供电负荷主要为输送、清理筛、风机和空压机等，均为连续性生产负荷。配电线路均采用电缆，以放射式为主、与树干式相结合的形式向各用电负荷供电。

7. 配电线路

配电线路均采用ZR-YJV阻燃铜芯交联电缆采用电缆桥架敷设至各设备及现场配电箱，引出电缆桥架至设备处穿镀锌钢管保护。控制电缆与电力电缆分别采用不同桥架敷设，避免电缆之间的相互干扰，如无法分开敷设，电力电缆和控制电缆在同一桥架内敷设采用金属隔板隔开。

室内电缆均采用电缆桥架敷设，出电缆桥架至设备穿镀锌钢管保护。电缆桥架为镀锌钝化型槽式结构。所有电缆桥架都有可靠的接地连接。穿管敷设电缆，其截面占据保护管的截面不大于40%。电缆弯曲半径根据实际情况不小于电缆最大直径的12~15倍。

照明系统

1. 照度标准

立筒库为75 lx；MCC室为200 lx；附属设备间为150 lx。

2. 照明光源及灯具

立筒库采用电磁感应灯和粉尘防爆灯具。MCC室采用自带蓄电池控制型荧光灯。附属设备间采用控制型荧光灯。

3. 应急及疏散照明

MCC室、封闭楼梯间等场所设置应急照明；疏散走道、安全出口等场所设置疏散指示；应急及疏散照明灯具自备蓄电池，连续供电时间不小于30 min。

4. 灯具控制方式

生产场所照明采用集中控制；MCC室及附属房间照明采用分散控制。

防雷接地系统

1. 建筑物防雷措施

因建筑物内部存在粉尘爆炸危险区域。根据防雷规范，立筒库属二类防雷建筑物。立筒库屋顶采用热镀锌圆钢作接闪网。接闪网格尺寸不大于10 m×10 m或不大于12 m×8 m。利用混凝土柱内钢筋或钢柱作引下线。利用基础钢筋作接地体，将桩竖向主筋、阀板基础水平主筋牢固连接，并使其连成闭合电气通路。共用接地电阻不大于1 Ω。

2. 接地

低压配电系统按TN-S形式设计。所有电气设备金属外壳及外露可导电部分需与PE线可靠连接。所有电缆接入端的配电箱（柜）内装设浪涌保护器。

立筒库做等电位联结系统。系统由等电位端子箱、接地装置连接导体与等电位端子箱连接导体组成。所有电气设备的金属外壳、电缆金属外皮（或屏蔽层）、金属管（槽）、电缆桥架和工艺设备接地端等均以最短的距离与等电位联结箱连接。接地连接点应牢固可靠。在振动或运动部

位，接地采用柔性电线连接。

自动控制系统

1. 系统方案

控制系统的设计均依据其工艺流程要求及设备布局，经方案比选及类似工程的实际使用情况确定的，确保控制系统性能可靠、操作维护方便、节约投资，并充分考虑系统的先进性和可扩展性。

本项目规模比较大，设备种类繁多，工艺流程复杂，机械化程度较高，为满足机械化作业要求，自动控制系统采用PLC控制系统。控制系统通过PLC（可编程控制器）依照预定的工艺流程，分别对不同流程工艺设备进行控制，并通过查询设备状态和其他安全信号，通过动态显示屏，显示各设备、工位的工作状态。

2. 系统结构

控制系统分为实时管理层、监控层、控制层和执行层四个部分，各层之间通过网络系统进行连接。

实时管理层由实时管理数据库、服务器和操作终端等组成，主要功能是采集实时生产数据，进行数据的分析和整合，由管理系统数据库进行读取。

监控层由监控系统软件、监控服务器和操作终端等组成，主要负责采集PLC内的数据信息并进行显示，操作员通过操作终端对现场设备进行操作和控制，实现库区的自动化生产作业，并将相应的生产数据（如计量信息、流程信息等）传送到实时管理系统。

控制层由PLC系统、现场总线系统、网络设备、电缆、控制箱柜和检测装置等组成，主要功能是完成对设备以及流程的逻辑控制，实时采集现场工作状态，收集各个子系统的数据信息。

执行层由MCC、电动机等组成，主要功能是根据PLC发出的指令对现场设备进行起动、停止及相应的保护功能。

3. 系统功能

(1) 流程选择与确定

根据操作系统中所列流程号自动选择不同流程所需设备，也可根据流程图，选取所需首尾设备，系统自动组织相关流程。

如果所选流程设备有故障，或设备转换开关未打到“远程”，或电源未合闸，或设备已在其

他流程中运行,该流程将不能选中,并提示原因。当主要输送设备被选中后,进行流程确定,流程被确定过程中阀门按流程路线自动动作,在阀门位置不正常情况下,流程不能确定,并在状态栏中给出主要提示。

(2) 流程启动

流程确定后即可启动。流程中设备的启动顺序按逆粮流方向进行。即:处于下游的设备最先启动,之后依次向上游顺序启动。设备间启动时间间隔略大于设备单机启动时间,避免2台大功率输送设备同时启动,而对电网产生过大冲击。在启动过程中设备产生故障时,故障设备上游已启动的设备立即停止运行,故障设备下游的设备在系统未发出停止命令的情况下可继续运行,待设备故障排除后继续启动流程。若故障无法在短时间内排除,则由操作员发出流程停止命令,对已启动的设备全部顺序停止,流程重新选择、确定后启动。

(3) 流程启动预警

流程启动过程中,在输送设备单机启动前的一定时间,现场设有的声音报警装置进行现场提示和报警。

(4) 工艺流程停止

流程结束发出停止命令后,设备按顺粮流方向停机。即:上游设备最先停机,依次向下停止各设备,设备停止间隔时间按工艺要求及设备运行特性调整,既保证设备中的物料走空,又能及时停机,减少能源消耗。若在流程运行过程中,某设备产生故障停机,按设备连锁关系,故障设备下游的输送设备不停机,上游设备应立即停机。

控制室内控制台上和监控画面中设有急停按钮,当按下此按钮后,正在运转的所有被控设备立即停止。该操作仅适用于发生重大事故的紧急情况。

(5) 工艺流程运行

在流程运行阶段,根据流程性质不同,将具有不同筒仓间自动切换功能。设备发生故障时,按故障停机方式停机,并给出报警提示,显示具体故障。故障排除后,可按启动按钮重新启动。

4. 系统操作方式

控制设备的运行共有三种方式:现场手动控制、中控室集中手动和中控室自动控制。

(1) 现场手动控制

现场手动控制作为辅助控制方式,通过现场设备旁的现场操作箱来完成。这种方式在机械设备试车、机械维修保养以及中央控制室不对远程控制系统进行控制时使用。操作箱上装有“远程/本地”转换开关,当转换开关处于“本地”位置时,可在现场起停设备,此时设备间不具备连锁关系。

(2) 中控室集中手动控制

中央控制室集中手动控制作为另外一种辅助控制方式。该操作是在中央控制室内通过监控操作终端来实现,当现场“远程/本地”转换开关处于远程位置,中央控制室操作终端监控画面上“自动/手动”开关转至手动位置时,操作人员可通过中控室监控操作终端上的手动按钮对现场被控设备进行操作。

(3) 中控室自动控制

中央控制室自动控制是主要控制方式。当中央控制室操作终端监控画面上“自动/手动”开关转至“自动”,且被选择流程相关设备现场操作箱上的转换开关处于“远程”位置时,操作人员可通过中央控制室监控微机的键盘或鼠标实现流程选择、流程启动和停止,并可进行作业量设定。在该控制方式下,流程中的相关设备具有连锁关系。

5. PLC系统

系统总控制点数为:开关量输入约6 100点;开关量输出约1 400点。控制系统遵循“集中管理、分散控制”的原则,采用远程I/O和现场总线技术相结合的控制方式,将I/O设备分散到现场,采集现场工作状态信号,传送到中心控制系统,由PLC主机统一进行逻辑控制,这样可以减少控制电缆以及相应安装工程量,降低系统投资成本。

系统共设置1个中心控制室和3个现场控制站。中控室设置主PLC,负责全作业区的设备控制,现场控制站分别设置副PLC控制器,负责站内的设备控制。主副PLC之间通过冗余控制网络(以太网)进行通信。

中控室设在厂区中控楼内。现场控制站分别布置在立筒库仓下层、仓上层、工作塔设备间内。各处控制电源由邻近的MCC室配电柜提供。PLC I/O控制回路采用DC 24 V,以避免信号干扰。

现场设备检测信号均通过网络系统输入到PLC内,由PLC统一进行监视。设备的动作和连锁也通过PLC进行控制,包括设备的远程和本地操作。

PLC主CPU采用586级的芯片,其具有超高的运算速度,较适合本工程的应用。现场处理器和适配器采用带CPU形式,可以提供快速、稳定的远程I/O连接,保证I/O系统的可靠运行。

系统通信模块分别用于控制网络和监控网络,为控制系统提供高速的工业控制以太网。

系统选用最新版的软件作为PLC系统的开发、编程软件,该软件支持多种IEC语言,同时还支持梯形图逻辑编程,使控制程序的开发灵活、方便。

监控系统采用先进的通用过程控制软件。该软件具有服务器-客户端运行模式,支持双机热备切换功能,具备高性能的图形监控功能,内嵌BASIC脚本编辑环境,是一个功能强大的监控系统软件,十分适用本项目的监控系统应用。

6. 主要设备保护元件

对于主要工艺输送设备等设置不同的检测开关,对设备加以保护。

1) 斗提机。急停开关、堵料开关、跑偏开关、失速开关和张紧开关。

2) 刮板机。失速开关、拉绳开关、断链开关和堵料开关。

3) 皮带机。拉绳开关、压力开关(气垫式)、张紧限位开关、跑偏开关、堵料开关和失速开关。

4) 筒仓、缓冲仓。上、下定点料位。

5) 电、气动闸阀门。开、关限位。

7. 计算机监控

计算机实时监控采用服务器/客户机的模式,以减少PLC与操作终端大量数据通信的压力,提高监控系统响应速度。同时为保证实时监控系统的可靠性,监控服务器采用双机热备方式,监控系统软件支持双机热备切换。监控服务器通过以太网将生产数据传送到实时管理数据库。

8. 实时管理系统

为满足库区企业管理的需要,控制系统中设置实时管理系统,配置实时数据库用于采集控制系统的实际生产数据以及设备运行信息,通过网络系统与库区的管理信息系统数据库进行信息交换。实时管理数据库安装于热备实时管理服务器,通过磁盘阵列柜存储数据,磁盘阵列配置为RAID5。

粮情测控系统

粮情测控系统是利用现代电子技术来实现粮食储藏过程中对粮堆温度、仓内温湿度和大气温

湿度等基本检测参数的实时检测,并对检测数据进行分析与预测,对异常粮情提出处理建议及处理等的装置设备。它可以为科学及绿色储粮提供技术保证和科学依据。

粮情测控系统由测温计算机、测控主机、测控分机、分支器、控制器、测温电缆和温湿度传感器等组成。其中测温计算机、测控主机设在控制室,其余设备均设在仓房现场。

立筒库测控分机一般明装于仓顶分机箱内。露天安装的分机箱宜采用不锈钢外壳,防护等级不小于IP55,安装高度一般为1.3 m。测温电缆悬吊于仓顶预埋孔处。仓内圈3根测温电缆设21个测温点,外圈8根测温电缆设19个测温点;星仓布置2根测温电缆设17个测温点。每仓还需设置1个仓温湿度传感器,明装悬吊于装粮面上部空间,另外,还应设置1个室外温湿度传感器,明装于室外。

测温传感器布置原则:垂直方向间距不大于2 m,水平方向间距不大于5 m。测温传感器距粮面、仓壁、仓地面约为0.3~0.5 m。

粮情测控系统主要具备以下功能。

1) 温湿度检测。对粮堆各部位温度、粮仓内空间温度和湿度、粮仓外环境温度和湿度等基本粮情参数进行检测。

2) 温湿度显示。以直观的方式对仓内粮食各部位温度进行显示,主要包括三维立体图、数据表格和温湿度变化曲线等方式。

3) 温度报警。系统提供对不同日期的2次温湿度数据变化进行比较,显示并分析温湿度差值,发生异常时,给出报警信号。

4) 通风控制。通过现场测控分机上输出的通风控制信号实现控制通风设备的启动/停止。根据上位微机软件设定的控制方式及环境温湿度自动判断通风时间,自动控制通风设备的启动和停止。采用专家算法,结合环境参数,可选择多种通风方式,经济、灵活。

结束语

粮食立筒库的电气设计应按照设计输入文件根据现场环境要求进行,并采取安全有效的技术措施,同时施工过程中必须严格按照施工验收规范进行施工,才可保证工程设计施工质量,实现安全、经济、先进的项目实际需要。EA

(收稿日期:2015.05.08)

(编辑:杨得润)