



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 26882.1—2011

---

## 粮油储藏 粮情测控系统 第 1 部分：通则

Grain and oil storage—Monitoring and control system of stored-grain  
condition—Part 1: General rule

2011-09-29 发布

2011-12-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

GB/T 26882《粮油储藏 粮情测控系统》分为以下四个部分：

- 第1部分：通则。
- 第2部分：分机。
- 第3部分：软件。
- 第4部分：信息交换接口协议。

本部分为 GB/T 26882 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由国家粮食局提出。

本部分由全国粮油标准化技术委员会(SAC/TC 270)归口。

本部分起草单位：中国储备粮管理总公司、河南工业大学、国贸工程设计院、郑州贝博电子有限公司、赤峰金辰电子有限公司、株洲华邦科技发展有限公司、北京佳华储良科技有限公司、国家粮食储备局成都粮食储藏科学研究所。

本部分主要起草人：卜春海、甄彤、赫振方、祝玉华、张元、吴建军、刘自力、王强、彭又木、朱世华、高素芬、汪喜波、李克强、王锋、肖乐、陈卫东、许德刚、赵小军、李东方、曹丹。

# 粮油储藏 粮情测控系统

## 第1部分:通则

### 1 范围

GB/T 26882 的本部分规定了粮情测控系统的术语和定义、型号编制、系统组成、技术要求、试验方法、检验规则、验收以及标志、包装、运输、储存的要求。

本部分适用于粮食和油料储藏中使用的粮情测控系统。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2887 电子计算机场地通用规范

GB 3836(所有部分) 爆炸性气体环境用电气设备

GB/T 5080.1 设备可靠性试验 总要求

GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

GB/T 9813—2000 微型计算机通用规范

GB/T 10111 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

GB 17440 粮食加工、储运系统粉尘防爆安全规程

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 26882.2 粮油储藏 粮情测控系统 第2部分:分机

GB/T 26882.3 粮油储藏 粮情测控系统 第3部分:软件

GB/T 26882.4 粮油储藏 粮情测控系统 第4部分:信息交换接口协议

LS/T 1202 储粮机械通风技术规程

LS/T 1211 粮油储藏技术规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**粮情** condition of stored-grain

粮食在储藏过程中所处的状态以及影响其质量和数量变化的各种因素,如温度、湿度、水分、氧气、二氧化碳等。

#### 3.2

**粮情测控系统** monitoring and control system of stored-grain condition

利用计算机和电子技术对粮情进行检测、数据存储与分析,并通过对储粮设备进行控制而达到改善

粮情的系统。通常由上位机、分机、传感器、受控装置等硬件和粮情测控软件构成。

3.3

上位机 host computer

已安装粮情测控系统软件的计算机。通过发出命令控制各类设备的动作,并接收它们所采集的检测信号,具有信号校正、数据显示、存储、声光报警、人机对话、统计分析、控制打印输出、与管理网络联接等功能。

3.4

分机 slave computer

接收上位机指令,将现场传感器所采集的粮情数据及粮情控制设备状态信息返回给上位机,完成对粮情控制设备进行控制的设备。

3.5

传输接口 transmission interface

在上位机和分机之间接收并传输信号的设备。

3.6

执行器 actuator

在控制信号作用下,对粮情控制设备进行驱动、操作和改变其状态的装置或器件。

3.7

粮情传感器 sensors for condition of stored-grain

粮情测控系统中检测粮情并将其转换成可供测量的信号的各类前置部件的总称。

3.8

测温电缆 thermometric cable

检测粮食温度的专用电缆。由温度传感器、导线、抗拉钢丝(或钢丝绳)及护套构成。

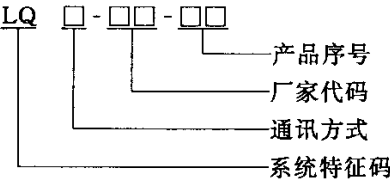
4 型号编制

4.1 编制原则

按产品特征、通讯方式、厂家代码及产品序号等进行编制。

4.2 编制方法

4.2.1 格式



4.2.2 系统特征码

LQ —— 粮情测控系统。

4.2.3 通讯方式

“1”——有线方式。

“2”——无线方式。

“9”——其他通讯方式。

4.2.4 厂家代码

用汉语拼音表示,由产品生产厂家定义。

4.2.5 产品序号

用阿拉伯数字表示,由产品生产厂家定义。

5 系统组成

5.1 系统组成结构

系统由硬件和软件两部分组成。硬件一般包括上位机、分机、传感器、执行器、受控设备、电缆、传输接口和其他必要部件;软件包括系统软件和粮情测控专用软件。典型结构方框图如图 1 所示。

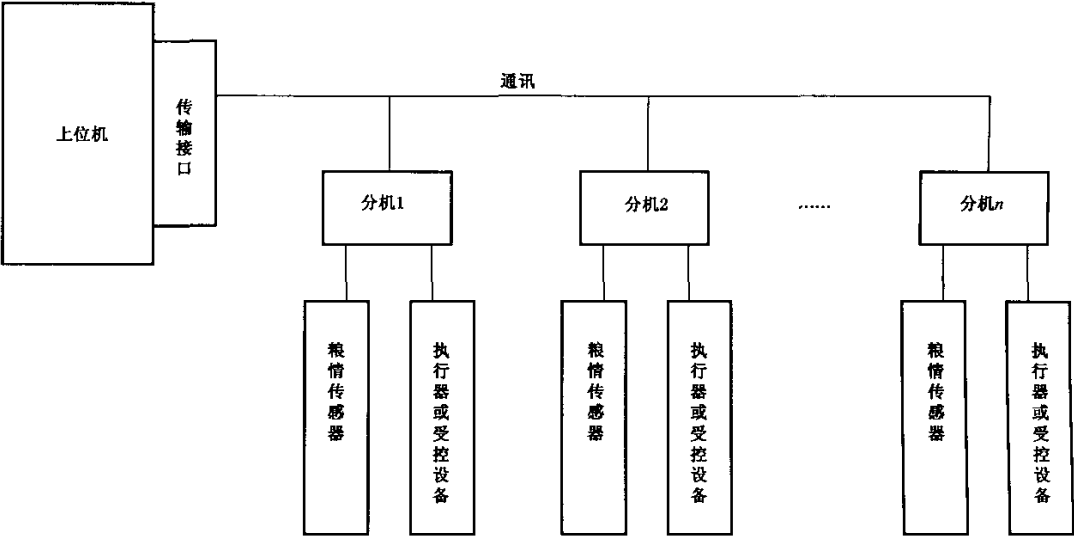


图 1 系统典型结构方框图

5.2 系统各部分要求

5.2.1 通讯方式

系统可采用有线或无线方式进行通讯。

5.2.2 上位机

根据系统和用户需求配备符合国家相关标准的计算机。

5.2.3 传输接口

具有与上位机和分机之间双向通信及显示功能和防雷击功能,通讯协议应符合 GB/T 26882.4 的

要求。

#### 5.2.4 分机

系统中的分机应符合 GB/T 26882.2 的要求。

#### 5.2.5 测温电缆

采用符合国家标准的绝缘和护套材料,用于成品粮的电缆护套宜采用符合食品卫生要求的聚乙烯或聚丙烯材料。绝缘和护套应完整连续,无缺陷;表面平整光滑,厚度均匀;传感器件应焊接牢固,悬挂部件应坚固耐用;电缆两端和引线连接处应做密封处理;电缆应加钢丝(或钢丝绳)以增加其整体的抗拉强度;机械性能、电性能稳定,耐老化、耐低温,使用寿命长。平房仓电缆拉力应不小于 2.0 kN(装粮高度 6 m 以下);当装粮高度超过 6 m 时,应根据装粮的高度相应地增加电缆的抗拉强度。筒仓、浅圆仓电缆拉力应不小于  $T$ (kN),电缆拉力  $T$  的确定参见附录 A。

#### 5.2.6 软件

##### 5.2.6.1 系统软件

- a) 采用流行的计算机操作系统;
- b) 采用关系型数据库系统。

##### 5.2.6.2 应用软件

应符合 GB/T 26882.3 的要求。

#### 5.2.7 传感器布置原则

##### 5.2.7.1 粮温传感器

按照不同仓型,粮温传感器的布置原则如下:

- a) 平房仓水平方向测温电缆行列间距不大于 5 m,垂直方向行列间距不大于 2 m,距粮面、仓底、仓壁 0.3 m~0.5 m。
- b) 浅圆仓、立筒仓测温电缆按环形布置,水平方向相邻电缆间距不大于 5 m,垂直方向间距不大于 3 m,距粮面、仓底、筒壁 0.3 m~0.5 m。
- c) 其他仓型参照以上原则布置。

##### 5.2.7.2 仓温、仓湿传感器

按照不同仓型,仓温、仓湿传感器的布置原则如下:

- a) 平房仓每个廂间内设温度、湿度传感器各 1 只,布置于粮面(设计装粮面)上空间的中心位置。
- b) 立筒仓每个独立的单仓和星仓内分别设温度、湿度传感器各 1 只,布置于粮面(设计装粮面)上空间的中心位置。
- c) 浅圆仓每个独立的单仓内设温度、湿度传感器各 1 只,布置于粮面(设计装粮面)上空间的中心位置。
- d) 其他仓型参照以上原则布置。

##### 5.2.7.3 气温、气湿传感器

在库区内空旷地带设置百叶箱,内置温度、湿度传感器各 1 只,布置于距地面 1.5 m 处。

#### 5.2.7.4 其他粮情检测传感器

如水分、仓虫、磷化氢、氧气、二氧化碳等传感器根据需要合理布置。

### 6 技术要求

#### 6.1 一般要求

系统应符合本标准的规定,系统中的各设备应符合其相关标准的规定,并按照经规定程序批准的图样及文件制造和成套。

#### 6.2 运行环境要求

##### 6.2.1 用于控制室和机房的设备的工作条件:

- a) 环境温度:  $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 环境湿度:相对湿度  $40\% \sim 90\%$ ,且不得凝露;
- c) 大气压力:  $80\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ ;
- d) GB/T 2887 的有关规定。

##### 6.2.2 用于粮仓内、外的设备的工作条件:

- a) 环境温度:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度:不大于  $95\%$ ;
- c) 大气压力:  $80\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ ;
- d) 磷化氢气体浓度:不大于  $2\text{ }500\text{ mL/m}^3$ (仅限于粮仓内设备)。

#### 6.3 运行电源要求

##### 6.3.1 用于控制室和机房设备的交流电源:

- a) 额定电压:  $220\text{ V}/380\text{ V}$ ,允许偏差  $\pm 10\%$ ;
- b) 谐波:不大于  $5\%$ ;
- c) 频率:  $50\text{ Hz}$ ,允许偏差  $\pm 5\%$ 。

##### 6.3.2 用于仓内、仓外设备的交流电源:

- a) 额定电压:  $36\text{ V}/127\text{ V}/220\text{ V}/380\text{ V}$ ,允许偏差  $\pm 15\%$ ;
- b) 谐波:不大于  $10\%$ ;
- c) 频率:  $50\text{ Hz}$ ,允许偏差  $\pm 5\%$ 。

##### 6.3.3 直流供电电源:

- a) 远程供电电压:  $9\text{ V} \sim 36\text{ V}$ ,允许偏差  $\pm 15\%$ ;
- b) 就地供电电压:  $5\text{ V}, 6\text{ V}, 9\text{ V}, 12\text{ V}, 15\text{ V}, 18\text{ V}, 24\text{ V}, 36\text{ V}$ 。允许偏差  $\pm 15\%$ 。

#### 6.4 基本功能

##### 6.4.1 粮情检测

6.4.1.1 具备检测温度、湿度、其他指标和受控设备状态的功能。

6.4.1.2 具备定时巡测、实时检测的功能。

##### 6.4.2 粮情分析

6.4.2.1 具备自动分析、判断粮食储藏状态,标示粮情异常部位和异常值的功能。

6.4.2.2 具有不同日期和不同仓房粮情对比功能。

6.4.2.3 具备预测粮情变化趋势的功能。

#### 6.4.3 数据存储与检索

具备粮情数据存储、历史数据查询和网络共享功能。

#### 6.4.4 数据显示

具备粮情数据表格与图形等方式显示的功能。

#### 6.4.5 数据打印

具备粮情数据表格与图形等方式的打印功能。

#### 6.4.6 报警

6.4.6.1 具备人工设定温度和湿度报警限值和超限报警功能。

6.4.6.2 具备根据 LS/T 1211 和 LS/T 1202 等储粮技术要求进行分析的自动报警功能。

#### 6.4.7 粮情控制

具备根据 LS/T 1211 和 LS/T 1202 等储粮技术要求和相应的分析结果,对系统受控设备进行实时控制的功能。

#### 6.4.8 故障诊断

具备系统本身故障自行诊断的功能。

#### 6.4.9 网络功能

具备与用户局域网络和国家有关粮食管理网络联网运行的功能。

#### 6.4.10 扩充功能

具备检测水分、仓虫、磷化氢、氧气、二氧化碳等指标的功能。

### 6.5 主要技术指标

#### 6.5.1 系统容量

6.5.1.1 粮温检测点数量:  $\geq 10\,000$  个。

6.5.1.2 湿度检测点数量:  $\geq 500$  个。

6.5.1.3 水分检测点数量:  $\geq 2\,000$  个。

6.5.1.4 仓虫检测点数量:  $\geq 2\,000$  个。

6.5.1.5 磷化氢浓度检测点数量:  $\geq 500$  个。

6.5.1.6 氧气浓度检测点数量:  $\geq 500$  个。

6.5.1.7 二氧化碳浓度检测点数量:  $\geq 500$  个。

6.5.1.8 分机数目应根据仓库内仓房分布、仓房面积等实际情况合理设定。宜在 4、8、16、32 中选取。

6.5.1.9 受控设备数量宜在 8、16、32、64、128 中选取;被中继器等设备分隔成多段的系统中,每段允许接入的数量宜在 8、16、32、64、128 中选取。



6.5.2 系统粮情检测范围

系统各粮情测定指标检测范围、误差要求见表 1。

表 1 系统检测范围、误差要求

| 检测指标                                | 温度<br>℃          | 相对湿度<br>% | 水分<br>%        | 仓虫        | 磷化氢<br>mL/m <sup>3</sup> | 氧气<br>% | 二氧化碳<br>% |
|-------------------------------------|------------------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|---------|-----------|
| 检测范围                                | -40~+60          | 10~99     | 5~30           | 0 头~500 头 | 0~2 500                  | 0~25    | 0~100     |
| 误 差                                 | ≤0.2<br>(-35~50) | ±3        | ±0.8<br>(7~16) | 10%       | ≤±5                      | ≤±0.5   | ≤±0.5     |
| 注：用户可根据当地实际情况决定粮情测控系统的检测范围、检测误差的要求。 |                  |           |                |           |                          |         |           |

6.5.3 检测速度

从发出检测指令到显示结果输出的速度应不小于 50 点/s。

6.5.4 控制响应时间

从发出控制指令到受控设施响应的时间应不大于 10 s。

6.5.5 通信距离

上位机(传输接口)至分机之间的最大传输距离应不小于 3 km；分机至传感器或受控设备之间的传输距离应不小于 1 km。

6.6 电源波动适应能力

供电电压在规定的电压波动范围内变化时，系统的基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.7 工作稳定性

系统通电试验时间不少于 7 d，系统的基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.8 可靠性

平均无故障工作时间应不小于 1 000 h。

6.9 抗干扰性

6.9.1 应能通过 GB/T 17626.2 规定的严酷等级为 2 级(接触放电)的静电放电抗扰度试验，其基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.9.2 应能通过 GB/T 17626.3 规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，其基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.9.3 应能通过 GB/T 17626.4 规定的严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，其基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.9.4 应能通过 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 3 级的脉涌(冲击)抗扰度试验，其基本功能和主要技术指标不低于本部分的要求。

6.9.5 仓内设备应能通过相对湿度为 60%~95%、温度为 20℃~35℃、投药剂量为 12 g/m<sup>3</sup>(含量 56%的磷化铝片剂或丸剂)条件下，密闭熏蒸 7 d 的抗熏蒸腐蚀试验，其基本功能和主要技术指标不低

于本部分的要求。

## 6.10 防爆性

安装于浅圆仓、立筒仓粉尘区内的测量和受控装置,应满足 GB 17440 的要求。

## 7 试验方法

### 7.1 试验条件

#### 7.1.1 环境条件

- a) 环境温度:5℃~45℃。
- b) 环境湿度:相对湿度 45%~85%。
- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

#### 7.1.2 电源条件

##### 7.1.2.1 交流电源

- a) 额定电压:允许偏差±10%。
- b) 谐波:不大于 5%。
- c) 频率:50 Hz,允许偏差±5%。

##### 7.1.2.2 直流电源

- a) 额定电压:允许偏差±10%。
- b) 电压波纹:不大于 0.1%。

### 7.2 受试设备的要求

#### 7.2.1 出厂检验和型式检验时,系统测试至少应具备下列设备:

- a) 上位机一套,包括各种传输接口;
- b) 分机:若有多种型式的分机或具有分机功能的设备,每种至少一台;
- c) 每种分机应连接最大负载的各种传感器及其他设备;
- d) 构成系统的其他必要设备。

#### 7.2.2 受测系统的连接:

- a) 使用规定的传输线路(或仿真线)按系统设计要求连接;
- b) 上位机与分机、分机与传感器及执行器的仿真线需模拟系统最大传输距离及供电距离。

### 7.3 试验项目

#### 7.3.1 功能检查

按 6.4.1~6.4.10 进行功能检查。

#### 7.3.2 主要技术指标测试

按 6.5.1~6.5.5 进行技术指标测试。

#### 7.3.3 电源波动适应能力试验

将系统电源线接到电压可调的电源上,根据产品标准要求的电压波动范围,按表 2 所列的组合调节

电压,在每一组合状态下,温度稳定后,保持不少于 15 min,测试系统功能和主要技术指标。

表 2 电源波动试验组合

| 序号 | 试验电压         | 试验电压频率 |
|----|--------------|--------|
| 1  | 额定电压         | 额定频率   |
| 2  | 允许波动的额定电压上限值 |        |
| 3  | 允许波动的额定电压下限值 |        |

7.3.4 工作稳定性试验

7.3.4.1 系统连续无故障运行应符合产品技术要求的規定。试验开始和结束时,均应测试系统功能和主要技术指标。并按規定的时间间隔测试系统功能,时间间隔不得大于 24 h。

7.3.4.2 试验中若出现关联性故障,则终止试验,待故障排除后重新计时进行试验。若出现非关联性故障,待故障排除后重新试验,排除故障的时间不计入试验时间。

注:关联性故障及非关联性故障定义参见 GB/T 9813—2000 中的附录 B。

7.3.5 可靠性试验

按 GB/T 5080.7 的规定进行。若无其他标准另行规定,采用定时裁尾试验方案。失效判定应符合 GB/T 5080.1 中的规定。

7.3.6 抗干扰性能试验

7.3.6.1 静电放电影响实验

按 GB/T 17626.2 的规定进行。

7.3.6.2 射频电磁场辐射干扰试验

按 GB/T 17626.3 的规定进行。

7.3.6.3 电快速瞬变脉冲群试验

按 GB/T 17626.4 的规定进行。

7.3.6.4 脉涌(冲击)试验

按 GB/T 17626.5 的规定进行。

7.3.6.5 抗熏蒸腐蚀试验

将被测设备置于气密测试箱内,在相对湿度为 60%~95%、温度为 20℃~35℃、投药剂量为 12 g/m<sup>3</sup> (空间,含量 56%的磷化铝片剂或丸剂)条件下,密闭熏蒸 7 d。目测受试设备线路板、金属接插件、电子元器件等是否腐蚀,均符合要求后,再对系统性能和主要技术指标进行测试。

7.3.7 防爆性试验

按 GB 3836 的规定进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

- 8.2.1 每套系统均需检验,合格产品应给予合格证方能出厂。
- 8.2.2 出厂检验一般由制造厂负责,必要时用户可提出参与检验。
- 8.2.3 检验项目按表 3 规定。

表 3 出厂检验和型式检验项目

| 检验项目            | 类别 | 试验要求         | 试验方法            | 出厂检验 | 型式检验 |
|-----------------|----|--------------|-----------------|------|------|
| 基本功能            | A  | 6.4.1~6.4.10 | 7.3.1           | ○    | ○    |
| 主要技术指标          | A  | 6.5.1~6.5.5  | 7.3.2           | ○    | ○    |
| 电源波动适应能力        | B  | 6.6          | 7.3.3           | —    | ○    |
| 工作稳定性           | B  | 6.7          | 7.3.4           | ○    | ○    |
| 可靠性             | B  | 6.8          | 7.3.5           | —    | ○    |
| 抗干扰性能           | A  | 6.9.1~6.9.4  | 7.3.6.1~7.3.6.4 | —    | ○    |
| 抗熏蒸腐蚀试验         | B  | 6.9.5        | 7.3.6.5         | —    | ○    |
| 防爆性             | B  | 6.10         | 7.3.7           | —    | ○    |
| 注:○表示需要进行检验的项目。 |    |              |                 |      |      |

8.3 型式检验

- 8.3.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:
  - 产品经过鉴定将要投产时;
  - 当工艺、原材料、元器件有较大改变,可能影响产品性能时;
  - 大批量产品的买方要求在验收中进行型式检验时;
  - 正常生产每一年进行一次;
  - 国家质检部门提出型式检验要求时。
- 8.3.2 检验项目按表 3 型式检验项目的规定进行检验。
- 8.3.3 按照 GB/T 10111 规定的方法,在出厂检验合格的产品中抽取受试系统的各组成设备样品,样品数量应满足试验要求。

8.4 判定规则

出厂检验和型式检验的各项性能和指标应符合本标准或相关标准规定。对 A 类项目,如某项或有一个子项不合格时,判定该项不合格;对 B 类项目,如某项或有一个子项不合格时应加倍抽样检验,若仍不合格时则判定该项不合格(对于用户尚未安装的传感器的测定项目可不进行检验),整个系统检验出现一项不合格时判定为不合格成品。

## 9 验收

### 9.1 验收时间与内容

系统全部安装完毕,经无故障试运行 10 d 后进行系统验收。验收内容应包括文档验收、系统功能和主要指标检测等内容,验收合格后正式移交用户使用。

### 9.2 组织验收

#### 9.2.1 验收组

验收时应组成验收组。验收组成员由用户代表、开发方代表和外聘专家组成。根据系统规模,验收组可由 5 人~13 人组成。选聘专家的原则是:

- a) 有较高技术水平和丰富的实践经验;
- b) 有良好的职业道德,工作严谨负责;
- c) 承担技术保密责任。

#### 9.2.2 系统验收

##### 9.2.2.1 功能检查

按 6.4 的要求进行功能检查,缺少一项功能,系统不通过验收。

##### 9.2.2.2 主要技术指标测试

按 6.5 的要求进行主要技术指标测试,在相同环境下连续检测三次取平均值,有一项主要技术指标测试不合格,系统不通过验收。

##### 9.2.2.3 文档审查

对系统的文档资料进行标准化和质量审查。

### 9.3 提交结果

- a) 用户验收报告;
- b) 验收结论。

## 10 标志、包装、运输和贮存

### 10.1 标志

应包括产品的名称、型号、生产厂家名称、地址、生产日期和产品的主要技术参数。

### 10.2 包装

10.2.1 分外包装和内包装,各部件一般用纸箱包装,箱内空隙处应以防震材料填充。

10.2.2 应附有产品使用手册和电路原理图等资料。

10.2.3 每个包装箱内应附有产品质量合格证和装箱单。

10.2.4 每个包装箱上应按 GB/T 191 的规定,标上“怕雨”标志。

### 10.3 运输

运输过程中应防止强烈的振动、碰撞和雨淋。

### 10.4 储存

产品应储存于通风干燥的仓库内。

附 录 A  
(资料性附录)  
筒仓测温电缆的拉力计算

### A.1 范围

本附录规定了筒仓测温电缆拉力的计算公式和参与计算的主要粮食物理特性参数。

### A.2 筒仓测温电缆拉力的计算

#### A.2.1 筒仓测温电缆拉力计算公式

按式(A.1)进行计算:

$$T = \frac{2\pi d \rho \mu_1}{\mu} (s\gamma - P_v) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$T$  ——筒仓测温电缆拉力,单位为千牛(kN);

$d$  ——电缆直径,单位为米(m);

$\rho$  ——筒仓截面水力半径,单位为米(m);

$\mu_1$  ——粮食对电缆的摩擦系数;

$\mu$  ——粮食对仓壁的摩擦系数,可从表 A.1 中选取;

$s$  ——当仓顶粮面为水平面时,为从仓顶粮面算起到计算截面处的深度;当仓顶粮面为斜坡时,为从仓顶粮食锥体重心算起到计算截面处的深度,单位为米(m);

$\gamma$  ——粮食重力密度,单位为千牛每立方米(kN/m<sup>3</sup>);

$P_v$  ——距粮面深度为  $s$  的水平面上的静态垂直侧压力标准值,单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>)。

#### A.2.2 静态垂直压力标准值计算

对于深仓,按杨森公式(A.2)计算。

$$P_v = \frac{\gamma \rho}{\mu} (1 - e^{-\mu k s / \rho}) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$P_v$  ——距粮面深度为  $s$  的水平面上的静态垂直侧压力标准值,单位为千牛每平方米(kN/m<sup>2</sup>);

$\gamma$  ——粮食重力密度,单位为千牛每立方米(kN/m<sup>3</sup>);

$\rho$  ——筒仓截面水力半径,单位为米(m);

$\mu$  ——粮食对仓壁的摩擦系数;

$e$  ——自然对数的底数;

$k$  ——粮食侧压力系数。

#### A.2.3 粮食侧压力系数计算

粮食的侧压力系数按式(A.3)计算。

$$k = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right) = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：  
 $k$ ——粮食的侧压力系数；  
 $\Phi$ ——粮食的内摩擦角，可取等于休止角，单位为度(°)。

A.2.4 筒仓截面水力半径计算

对于筒仓  $\rho=d_n/4$ ，对于正方形筒仓  $\rho=a_0/4$ ， $a_0$  为筒仓内边长。  
对于正多边形筒仓  $\rho=d_n/4$ ， $d_n$  为正多边形内切圆直径。  
对于短边净长为  $a_0$ ，长边净长为  $b_0$  的矩形仓截面水力半径按式(A.4)计算：

$$\rho_1 = \frac{a_0 b_0}{2(a_0 + b_0)} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：  
 $\rho_1$ ——矩形仓截面水力半径；  
 $a_0$ ——短边净长，单位为米(m)；  
 $b_0$ ——长边净长，单位为米(m)。

A.3 测温电缆拉力计算的说明

- A.3.1 当电缆截面为圆形，且全长截面无变化时，应根据测温电缆的特性参数、筒仓直径、装粮高度和储藏粮食品种的物理特性参数，按式(A.1)分别计算其摩擦荷载标准值，该标准值的最大值即为该仓测温电缆承受的拉力值。
- A.3.2 粮食物理特性参数  $\gamma$ 、 $\Phi$ 、 $\mu$  等宜通过试验分析确定，当无试验资料时也可以按表 A.1 选用。
- A.3.3 当测温电缆直径( $d$ )小于 12 mm 时，粮食对电缆的摩擦系数( $\mu_1$ )等于粮食对仓壁的摩擦系数( $\mu$ )；当测温电缆直径( $d$ )大于 12 mm 时，粮食对电缆的摩擦系数( $\mu_1$ )可根据实际需要在  $1.0\mu\sim1.15\mu$  之间取值。

A.4 主要粮食物理特性参数

主要粮食的重力密度、内摩擦角和摩擦系数见表 A.1。

表 A.1 主要粮食物理特性参数

| 物料名称 | 重力密度 $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | 内摩擦角 $\Phi$<br>(°) | 粮食对仓壁的摩擦系数 $\mu$ |      |
|------|------------------------------------|--------------------|------------------|------|
|      |                                    |                    | 对混凝土板            | 对钢板  |
| 稻谷   | 6.0                                | 35                 | 0.50             | 0.35 |
| 大米   | 8.5                                | 30                 | 0.42             | 0.3  |
| 玉米   | 7.8                                | 28                 | 0.42             | 0.32 |
| 小麦   | 8.0                                | 25                 | 0.4              | 0.3  |
| 大豆   | 7.5                                | 25                 | 0.4              | 0.3  |
| 大麦   | 6.5                                | 27                 | 0.4              | 0.4  |
| 面粉   | 6.5                                | 40                 | 0.3              | 0.3  |
| 麸皮   | 4.0                                | 40                 | 0.3              | 0.3  |
| 葵花籽  | 5.5                                | 30                 | 0.4              | 0.3  |