



中华人民共和国粮食工程建设行业标准

P

LS/T 8012—2023

备案号 J 3113—2023

气膜钢筋混凝土圆顶仓设计规范

Code for design of reinforced concrete silo with a dome using inflated forms

2023-11-14 发布

2024-05-14 实施

国家粮食和物资储备局 发布
中国标准出版社 出版

中华人民共和国粮食工程建设行业标准

气膜钢筋混凝土圆顶仓设计规范

Code for design of reinforced concrete silo with a dome using
inflated forms

LS/T 8012—2023

备案号 J 3113—2023

主编单位：中储粮成都储藏研究院有限公司
中国储备粮管理集团有限公司
国家粮食和物资储备局科学研究院
中煤建筑安装工程集团有限公司

批准单位：国家粮食和物资储备局

施行日期：2024年05月14日

中国标准出版社
2023年 北 京

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	工艺设计	4
4.1	一般规定	4
4.2	进出仓系统	4
4.3	储粮工艺	4
5	建筑设计	5
5.1	一般规定	5
5.2	建筑构造	5
6	结构设计	6
6.1	一般规定	6
6.2	荷载与荷载组合	6
6.3	地基和基础	7
6.4	结构计算	7
6.5	构造	8
7	电气设计	9
7.1	一般规定	9
7.2	配电线路	9
7.3	照明系统	9
7.4	电气控制系统	9
7.5	粮情测控系统	10
7.6	工业电视监控系统	10
7.7	智能化系统	10
7.8	防雷及接地	10
8	消防设计	11
附录 A	照度推荐值	12
附录 B	膜材设计参数	13
附录 C	硬质聚氨酯泡沫塑料设计参数	14
	本规范用词说明	15
	引用标准名录	16
	附:条文说明	17

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Process Design	4
4.1	General Requirement	4
4.2	Conveying System	4
4.3	Grain Storage System	4
5	Architectural Design	5
5.1	General Requirement	5
5.2	Building Construction	5
6	Structural Design	6
6.1	General Requirement	6
6.2	Load and Load Combination	6
6.3	Ground and Foundation	7
6.4	Structural Calculation	7
6.5	Construction	8
7	Electric System	9
7.1	General Requirement	9
7.2	Power Line	9
7.3	Light System	9
7.4	Electrical Control System	9
7.5	Monitoring and Control System of Stored-grain Condition	10
7.6	Industrial Television Monitoring System	10
7.7	Intelligent System	10
7.8	Lightning Protection and Earthing	10
8	Fire Protection Design	11
	Appendix A Recommended Value of Illumination	12
	Appendix B Parameters of Membrane Materials	13
	Appendix C Parameters of Spraying Rigid Polyurethane Foam	14
	Explanation of Wording in This Code	15
	List of Quoted Standards	16
	Addition;Explanation of provisions	17

前 言

本规范根据《国家粮食和物资储备局办公室关于下达 2018 年第三批粮油行业标准制修订计划的通知》(国粮办发[2018]329 号)的要求,由中储粮成都储藏研究院有限公司联合有关单位共同编制。本规范制定过程中,编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,参考了工程建设相关技术标准,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

本规范共分 8 章和 3 个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、工艺设计、建筑设计、结构设计、电气设计和消防设计。

本规范由国家粮食和物资储备局提出,由全国粮油标准化技术委员会(SAC/TC 270)归口。本规范在执行过程中,如有需要修改或补充之处,请将意见和建议反馈至中储粮成都储藏研究院有限公司《气膜钢筋混凝土圆顶仓设计规范》管理组(四川省成都市青羊区广富路 239 号 N 区 32 幢,邮政编码:610073)。

主编单位:中储粮成都储藏研究院有限公司
中国储备粮管理集团有限公司
国家粮食和物资储备局科学研究院
中煤建筑安装工程集团有限公司

参编单位:北京国贸东孚工程科技有限公司
河南工大设计研究院
郑州中粮科研设计院有限公司
无锡中粮工程科技有限公司
应急管理部四川消防研究所
上海交通大学
中煤天津设计工程有限责任公司
大连港口设计研究院有限公司

主要起草人:余鹏彪 马春宝 蒋士勇 姚 渠 王 跃 庄晓男
薛 飞 陈据元 刘 佳 张育濮 向 毅 龚景海
谢 韬 董 艳 郭 伟 李利军 张文华 韩业炜
刘 悦 张 杰 张 强 崔伟平

主要审查人:唐 洁 祝 凯 秦 宁 李 月 刘 涛 袁 帧
朱毓珊 李东泽 侯业茂 刘锦瑜 岳佳超 顾卫华
范运乾 赵家鹏 路中科 马中成

1 总 则

- 1.0.1 为规范气膜钢筋混凝土圆顶仓设计的技术要求,做到安全适用、技术先进、经济合理、节约资源和确保质量,制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于气膜钢筋混凝土圆顶仓的设计。
- 1.0.3 气膜钢筋混凝土圆顶仓的设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 气膜钢筋混凝土圆顶仓 reinforced concrete domed silo with inflatable covers inflatable grain
以充气膜结构为模板建造的钢筋混凝土薄壳结构近圆顶粮仓,简称为粮食气膜仓。

2.0.2 充气膜结构 air-supported membrane structures
借助密闭空间内空气压力保持膜面张力以形成满足设计曲面要求的气承式膜结构。

2.0.3 气承式膜结构 pneumatic structure
在由膜材覆盖的建筑中,通过充气形成的膜材内外压力差而保持建筑形体的膜结构。

2.0.4 近圆顶 shell of revolution
又名旋转壳,是以平面曲线为母线,绕一轴线旋转而形成的壳体。

3 基本规定

- 3.0.1 粮食气膜仓设计应结合库区粮物流和自然条件,贯彻节约土地、节约能源、绿色环保、自动化机械化程度高等基本建设方针。
- 3.0.2 根据功能要求、作业方式等因素,粮食气膜仓可采用落地式或架空式,架空式宜采用平底式。
- 3.0.3 根据储粮品种及数量、单批次轮换作业量大小及储粮生态区等条件合理确定单仓仓容,单仓仓容不宜大于 10 000 t。
- 3.0.4 当粮食气膜仓组群内建(构)筑物为一个工艺单元的组群时,仓与仓之间的防火间距不应小于 3 m,组群内其他建(构)筑物消防间距不受此限制。
- 3.0.5 粮食气膜仓中应优先采用节能环保型及对保护生态环境有益的新型建筑材料。
- 3.0.6 粮食气膜仓的安全等级应为二级,抗震设防类别应为丙类,地基基础设计等级应为乙级,粮食气膜仓的工作年限为 50 年。
- 3.0.7 粮食气膜仓的耐火等级为二级。
- 3.0.8 粮食气膜仓宜布置成单翼式或双翼式,仓群可为单排或多排。

4 工艺设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 工艺设计方案应根据建设规模、储粮生态区、使用功能、粮食品种、粮食接收发放条件及储存时间等因素综合确定,一般包括粮食入仓、储存、出仓和倒仓。
- 4.1.2 储粮工艺技术方案应根据建设地所在的储粮生态区及安全储粮要求确定。
- 4.1.3 粮食气膜仓仓外工艺管道宜采取保温隔热措施。
- 4.1.4 工艺设备的安装以及管道的固定应尽量减少对仓体膜材的破坏。

4.2 进出仓系统

- 4.2.1 进仓作业线宜包括取样、计量、卸料、输送、清理、装仓和平仓工序。
- 4.2.2 出仓作业线宜包括出仓、输送和计量工序。
- 4.2.3 粮食气膜仓宜配置减缓粮食自动分级或降低破碎的装置。
- 4.2.4 落地式粮食气膜仓宜设置高位和低位侧壁发放设施,发放设施应分别对称布置。高位侧壁发放设施最低处距仓外地坪不宜小于 5 m,低位侧壁发放设施最低处距仓外地坪不宜小于 0.8 m。
- 4.2.5 架空式粮食气膜仓宜采取底部与侧壁结合的出粮方式。

4.3 储粮工艺

- 4.3.1 通风系统应符合下列规定:
 - 1 仓底应设置通风风道,对称布置通风口;
 - 2 仓顶应均匀设置自然通风口和机械通风口;
 - 3 其他应符合现行行业标准《储粮机械通风技术规程》LS/T 1202 的规定。
- 4.3.2 控温储粮应符合下列规定:
 - 1 应根据冷却通风量(热负荷)、作业完成时间、储粮数量及气候条件等,选择能对出风口温湿度进行调控的整仓降温设备;
 - 2 表层控温设备应在熏蒸作业时能正常运行,其单位制冷量不应小于 15 W/m^3 。
- 4.3.3 气调储粮应符合下列规定:
 - 1 充气作业宜设计为下充上排工艺;
 - 2 应符合现行行业标准《二氧化碳气调储粮技术规程》LS/T 1213、《氮气气调储粮技术规程》LS/T 1225 的规定。
- 4.3.4 熏蒸系统应符合现行国家标准《粮油储藏 磷化氢环流熏蒸装备》GB/T 17913 的规定,熏蒸作业应符合现行行业标准《磷化氢熏蒸技术规程》LS/T 1201 的规定。

5 建筑设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 单仓仓底的内径不宜小于 20 m。
- 5.1.2 粮食气膜仓仓房气密性 500 Pa 正压力半衰期空仓检测时不应低于 1 200 s。
- 5.1.3 粮食气膜仓粮情检测门宜设置在装粮线以上的仓体侧壁, 应与仓顶步道、栈桥合理设置连接。
- 5.1.4 膜材性能应符合附录 B 的要求。
- 5.1.5 硬质聚氨酯泡沫塑料性能应符合附录 C 的要求。

5.2 建筑构造

- 5.2.1 粮食气膜仓内壁应光滑耐磨。
- 5.2.2 粮食气膜仓外壁预留孔洞和预埋件与气膜连接处, 构造措施应满足连接处的防水性能和气密性能要求。
- 5.2.3 落地式粮食气膜仓地面设计应符合下列规定:
 - 1 地面防潮层接头位置应高出地面面层 300 mm 以上。防潮层应保持完整性和连续性;
 - 2 非筏板基础的仓内地坪与墙体交接处应设置沉降缝, 沉降缝处防潮层应有变形余量;
 - 3 未特殊注明的设计要求尚应符合现行国家标准《建筑地面设计规范》GB 50037 的规定。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 本规范应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,采用分项系数的设计表达式进行设计。

6.1.2 粮食气膜仓结构应按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

6.1.3 按承载力极限状态设计时,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,采用荷载效应的基本组合计算,并应满足下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (6.1.3)$$

式中:

γ_0 ——结构重要性系数,取 1.0;

S ——不考虑地震作用时荷载组合效应设计值;

R ——结构构件的抗力设计值。

6.1.4 按正常使用极限状态设计时,应根据使用要求采用荷载效应的标准组合或准永久组合,并应符合下式规定:

$$S_d \leq C \quad (6.1.4)$$

式中:

S_d ——荷载标准组合或准永久组合的效应设计值;

C ——结构或结构构件符合正常使用要求的变形、裂缝、应力、振幅及加速度的控制值。

注:可变荷载的准永久值为可变荷载标准值乘以准永久值系数 0.8。

6.1.5 在抗震设防地区,粮食气膜仓的抗震验算应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的规定,并应满足下式要求:

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad (6.1.5)$$

式中:

S_E ——考虑多遇地震时,荷载和地震作用效应组合的设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,对壳板取 1.0,其他构件应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002。

6.2 荷载与荷载组合

6.2.1 粮食气膜仓结构上的作用应分为永久荷载、可变荷载、地震作用三类。

6.2.2 粮食气膜仓仓顶的附加活荷载应计入由于喷射混凝土厚度不均匀导致的荷载差异,喷射混凝土不均匀导致的附加活荷载宜按混凝土结构总重量的 10% 取值,且不宜小于 0.75 kN/m²。仓顶强度和稳定计算时应分析附加活荷载全跨和半跨分布的不利影响。

6.2.3 粮食气膜仓筒壁、仓壁、仓顶表面的风荷载取值应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

6.2.4 粮食气膜仓仓顶雪荷载应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

6.2.5 粮食气膜仓粮食荷载计算应符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077 的规定。粮食气膜仓出料口宜对称布置,应避免单侧卸粮,不可避免时应按现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077 的规定分析偏心卸粮工况。

6.2.6 粮情测温电缆的吊挂荷载宜符合现行行业标准《粮食立筒库设计规范》LS 8001 的规定。

6.2.7 计算水平地震作用及其自振周期时,可取粮食总重量的 80% 作为粮食重力荷载的代表值,重心

应取总重量的中心。

6.2.8 粮食气膜仓温度作用应符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077 的规定。

6.2.9 荷载效应基本组合的各种取值应符合下列规定：

- 1 永久荷载对结构不利时,分项系数取 1.3;永久荷载对结构有利时,分项系数不应大于 1.0;
- 2 粮食荷载分项系数取 1.3,其他可变荷载分项系数应取 1.5。

6.2.10 可变荷载组合系数的取值应符合下列规定：

- 1 粮食气膜仓仓顶活荷载及仓顶其他可变荷载,按等效均布荷载取值时,组合系数可取 0.5~0.7;按实际均布荷载取值时应取 1.0;
- 2 仓顶雪荷载组合系数值不应小于 0.7;
- 3 温度荷载组合系数值应取 0.6。

6.2.11 地震作用组合的分项系数应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的规定。

6.3 地基和基础

6.3.1 固定充气膜的预留锚栓应符合下列规定：

- 1 相邻锚栓间距不宜大于 300 mm;
- 2 埋置深度不应小于锚栓直径的 25 倍。

6.3.2 地基变形计算值不应大于地基变形允许值。粮食气膜仓的平均沉降量不应大于 200 mm,倾斜率不应大于 0.004。

6.3.3 粮食气膜仓的沉降、侧移值除应符合第 6.3.2 条外,还应符合工艺设备的变形要求。

6.3.4 地基承载力验算、地基变形计算和基础埋置深度应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。

6.4 结构计算

6.4.1 粮食气膜仓的充气膜和硬质泡沫塑料层,不参加混凝土结构的内力和变形计算。

6.4.2 当粮食气膜仓采用数值分析法时,应采用经过验证的计算机程序,其技术条件应符合本规范和现行行业标准《钢筋混凝土薄壳结构设计规程》JGJ 22 的规定。形成的分析模型应符合结构布置、边界条件和荷载作用实际情况。

6.4.3 混凝土结构内力和变形计算宜采用线弹性有限元法进行整体分析;结构整体稳定性应考虑几何非线性和初始几何缺陷的影响,宜采用有限元法进行分析;初始几何缺陷分布宜采用理想结构经非线性分析得到的失稳模态,最大计算值可按结构跨度的 1/100 取值。

6.4.4 混凝土结构应按几何非线性做荷载一位移全过程分析,求得的第一个临界点处的荷载值可作为混凝土结构的稳定极限承载力。按荷载标准值计算的混凝土结构的稳定允许承载力应等于混凝土结构稳定极限承载力除以安全系数,安全系数可取 6.6。

6.4.5 喷射钢筋混凝土结构有限元分析时的弹性模量应符合现行行业标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 的规定。

6.4.6 钢筋混凝土结构有限元分析中的单元类型可使用壳单元或分层壳单元,单元网格划分应满足计算精度的要求,在壳单元曲率变化较大或应力变化较剧烈处,宜进一步细分单元。

6.4.7 钢筋混凝土结构应优先使用四边形壳单元,单元边长宜相近,内角宜为 45°~135°。

6.4.8 钢筋混凝土结构整体分析不考虑最大宽度小于 0.5 m 且最大洞口宽度与结构宽度之比不大于 1/50 的孔洞对结构受力状态的影响。

6.4.9 气膜模板和钢筋混凝土壳单元配筋设计应符合现行行业标准《气膜钢筋混凝土结构设计规范》NB/T 51079 的规定。

6.4.10 钢筋混凝土仓壁和仓顶裂缝应符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077 的

规定。

6.5 构造

6.5.1 粮食气膜仓宜在仓壁与仓顶连接处设置环梁。

6.5.2 粮食气膜仓仓顶可在仓顶承受较大荷载处沿环向通长加厚,加厚厚度和宽度应通过计算确定,且加厚厚度不应小于 50 mm。

6.5.3 粮食气膜仓仓壁在同一区段的受力主筋,应双向对称均匀布置在仓壁的内外侧;严禁采用并筋的形式设置受力主筋。

6.5.4 粮食气膜仓仓壁和仓顶由气膜层、聚氨酯层、构造混凝土层、结构混凝土层组成。结构混凝土层的受力钢筋直径不宜大于 25 mm,净距不宜小于 50 mm,且不宜大于 300 mm;构造混凝土层的构造钢筋直径不宜小于 6 mm。

6.5.5 受力钢筋连接宜采用搭接接头或机械连接,受拉区钢筋的接头应相互错开,钢筋接头应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.5.6 钢筋混凝土结构各层钢筋网片之间宜设拉结钢筋,直径不应小于 6 mm,呈梅花形布置,间距宜为 500 mm~700 mm。

7 电气设计

7.1 一般规定

7.1.1 电力负荷宜为三级负荷。对于中转任务繁重的港口库和中转库,可按二级负荷设计。消防负荷等级应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037 的规定。

7.1.2 爆炸性粉尘环境危险区域划分、电气设备选择、配电线路防护要求均应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 和《粮食加工、储运系统粉尘防爆安全规程》GB 17440 的规定。

7.1.3 设置熏蒸系统的粮食气膜仓内电气设备应采取防熏蒸腐蚀措施。

7.2 配电线路

7.2.1 配电线路的选择应符合下列规定:

1 配电线路应选用铜芯绝缘导线或铜芯电缆,其额定电压不应低于线路的工作电压,且导线不应低于 0.45/0.75 kV,电缆不应低于 0.6/1 kV;

2 在粉尘爆炸危险区域内不宜采用移动式电气设备,必须使用时导线应采用 YC 或 YCW 橡套电缆。

7.2.2 配电线路应采用下列敷设方式:

1 穿管敷设时,保护管应采用低压流体输送用镀锌焊接钢管;

2 电气线路在穿越不同防爆或防火分区之间的墙体及楼板时,应采用非可燃性填料严密堵塞。

7.3 照明系统

7.3.1 照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 及《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的规定。照度值可按附录 A 的规定执行。粮食气膜仓内灯具距粮面不应小于 1 m。

7.3.2 照明应采用粉尘防爆、防熏蒸腐蚀灯具,仓内不应设置电源插座。

7.3.3 应急照明的设置应符合现行国家标准《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309 及《建筑防火通用规范》GB 55037 的规定。

7.4 电气控制系统

7.4.1 电气控制系统的设计应充分满足工艺作业的要求,根据作业特点确定技术方案及设备选型,选用设备应满足粉尘防爆要求,安装在仓内的设备还应满足防熏蒸腐蚀要求。选用的现场控制设备应符合安装区域防护等级要求。

7.4.2 电气控制系统应具备下列基本功能:

1 对用电设备提供安全保护;

2 用电设备及生产作业线的联锁;

3 显示工艺流程状况、设备运行状态及运行参数;

4 故障时生产作业线的安全停车及报警;

5 现场手动操作;

6 方便灵活的操作界面。

7.4.3 粮食气膜仓应安装料位传感器,宜在粮情检测门内设置氧气浓度传感器;工艺设备应配置安全检测传感器件。

7.5 粮情测控系统

7.5.1 粮食气膜仓应设置粮情测控系统,符合国家现行标准《粮油储藏技术规范》GB/T 29890 和《粮油储藏粮情测控通用技术要求》LS/T 1809 的规定。

7.5.2 测温电缆宜对称布置,仓内吊装的电缆及吊挂装置应能承受出仓时粮食流动产生的拉力。

7.6 工业电视监控系统

7.6.1 应设置工业电视监控系统。

7.6.2 工业电视监控系统的设置应符合现行国家标准《工业电视系统工程设计标准》GB/T 50115 的规定,应选用粉尘防爆、防雷要求的数字高清摄像机,仓内还应满足防熏蒸腐蚀要求。

7.7 智能化系统

7.7.1 单位粮食气膜仓应设置一体化控制终端集控箱,将仓房内粮情测控系统、通风系统、内环流系统和制冷控温系统集成控制,具有与智能出入库系统相联通的电子货位信息数据对接功能;可配置工业触摸屏,具备自动/手动相互切换功能。

7.7.2 终端集控箱内应根据不同的分区、分类、分项、分仓来安装计量装置,并应具备能耗分析及数据通信功能,使用符合行业标准的物理接口和通信协议。

7.8 防雷及接地

7.8.1 防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定,防雷等级不应低于第二类防雷建筑物的防雷要求。

7.8.2 宜利用仓顶金属围栏与仓上通廊作接闪器。不在接闪器保护范围内的仓顶工艺设备应设置接闪杆保护,且设备外露金属部分应与仓顶防雷装置电气连接。

7.8.3 采用镀锌圆钢、扁钢暗敷作为专设引下线,专设引下线圆钢直径不应小于 10 mm,扁钢截面不应小于 80 mm²。

7.8.4 粉尘爆炸危险区域内设备、金属构架、管道应做防静电接地。

7.8.5 防直击雷接地宜和防雷电感应、防静电、电气设备、信息系统等接地共用接地装置,接地电阻应满足其中最小值的要求。

8 消防设计

8.0.1 粮食气膜仓周围应设消防车道,消防车道的设置应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑地面设计规范》GB 50037 的规定。

8.0.2 仓内不应设置任何形式的消防给水系统。配套的粮食工作塔应按现行国家标准《消防设施通用规范》GB 55036、《建筑防火通用规范》GB 55037 的规定设置消防给水系统。

8.0.3 仓外应设置室外消火栓给水系统,室外消火栓的设置应符合现行国家标准《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974、《消防设施通用规范》GB 55036 的规定。

8.0.4 粮食气膜仓各层和仓顶平台应配置灭火器。

8.0.5 可不设置火灾自动报警装置。

附录 A 照度推荐值

表 A 照度推荐值

场所名称	参考平面及其高度	推荐照度标准/lx
仓下层	地面	30~75
仓上层	地面	30~75
仓内	装粮线	30~50

附录 B 膜材设计参数

表 B 膜材设计参数

项目		性能要求
厚度		≥ 1.0 mm
膜材单位面积质量偏差率		$\pm 5\%$
膜材厚度偏差率		$\pm 10\%$
液体芯吸高度		≤ 2 mm
燃烧性能等级		不低于 B1 级
防污性能 (FZ/T 60038)	耐沾污	≥ 3
	易去污	≥ 3
适用温度		-30 °C ~ $+70$ °C
耐低温性 (适用于低温仓)		第一区~第四区： -30 °C 以下不破坏 第五区~第七区： -10 °C 以下不破坏
膜材拉伸强度(经向/纬向)		$\geq 8\ 000/7\ 000$ (N/50 mm)
膜材撕裂强度(经向/纬向)		$\geq 1\ 200/1\ 200$ N
膜材焊接强度		≥ 125 N/50 mm
静水压		≥ 50 kPa

附录 C 硬质聚氨酯泡沫塑料设计参数

表 C 硬质聚氨酯泡沫塑料设计参数

项目	性能要求	试验方法
密度	≥ 45 (kg/m ³)	GB/T 6343
导热系数(平均温度 25 ℃)	≤ 0.024 [W/(m·K)]	GB/T 10294 GB/T 10295
压缩性能(形变 10%)	≥ 200 kPa	GB/T 8813
尺寸稳定性(70 ℃, 48 h)	$\leq 1.5\%$	GB/T 8811
拉伸粘结强度 (与水泥砂浆, 常温)	≥ 0.10 MPa 并且破坏部位不应位于粘结界面	GB 50404 附录
不透水性(无结皮, 0.2 MPa, 30 min)	不透水	GB 50404 附录
吸水率	$\leq 2\%$	GB/T 8810
闭孔率	$\geq 92\%$	GB/T 10799
燃烧性能等级	不低于 B1 级	GB 8624

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:
 - 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
 - 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
 - 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
 - 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《建筑结构荷载规范》GB 50009
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《建筑设计防火规范》GB 50016
《建筑照明设计标准》GB 50034
《建筑地面设计规范》GB 50037
《供配电系统设计规范》GB 50052
《建筑物防雷设计规范》GB 50057
《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058
《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077
《构筑物抗震设计规范》GB 50191
《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
《粮食平房仓设计规范》GB 50320
《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974
《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309
《工程结构通用规范》GB 55001
《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015
《消防设施通用规范》GB 55036
《建筑防火通用规范》GB 55037
《粮食加工、储运系统粉尘防爆安全规程》GB 17440
《粮油储藏 磷化氢环流熏蒸装备》GB/T 17913
《粮油储藏 平房仓气密性要求》GB/T 25229
《粮油储藏技术规范》GB/T 29890
《工业电视系统工程设计标准》GB/T 50115
《钢筋混凝土薄壳结构设计规程》JGJ 22
《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372
《磷化氢熏蒸技术规程》LS/T 1201
《储粮机械通风技术规程》LS/T 1202
《二氧化碳气调储粮技术规程》LS/T 1213
《氮气气调储粮技术规程》LS/T 1225
《粮食立筒库设计规范》LS 8001
《气膜钢筋混凝土结构设计规范》NB/T 51079

中华人民共和国粮食工程建设行业标准

气膜钢筋混凝土圆顶仓设计规范

LS/T 8012—2023

备案号 J 3113—2023

条文说明

制定说明

本规范制定过程中,编制组对粮食气膜仓进行了广泛深入的调查研究,总结了我国粮食工程建设的实践经验,同时参考了国内先进技术标准,通过气膜钢筋混凝土结构粮仓实体火灾试验取得了相关试验数据。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,编制组按章、节、条的顺序编制了本规范的条文说明,对本规范在执行过程中需注意的有关事项等进行了说明。但本条文说明不具备与本规范正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握本规范有关规定的参考。

目 次

3	基本规定	20
4	工艺设计	21
4.1	一般规定	21
4.2	输送系统	21
5	建筑设计	22
5.1	一般规定	22
5.2	建筑构造	22
6	结构设计	23
6.1	一般规定	23
6.2	荷载与荷载组合	23
6.4	结构计算	23
6.5	构造	23
7	电气设计	24
7.1	一般规定	24
7.2	配电线路	24
7.3	照明系统	24
7.4	电气控制系统	24
7.5	粮情测控系统	24
7.6	工业电视监控系统	25
7.8	防雷及接地	25
8	消防设计	26

3 基本规定

3.0.4 根据《气膜钢筋混凝土圆顶仓实体火灾实验报告》的实验数据和结论,确定仓与仓之间的防火间距不应小于 3 m,报告以粮食气膜仓为模拟试验对象,结合引发粮仓火灾的可能原因,可能来自周围森林火灾、建筑火灾产生的飞火,以及人为纵火等因素,试验设计了模拟外部飞火的小火源试验和人为纵火的大火源试验,共进行了 3 组试验。3 次试验中距墙体 2.5 m 处最大热通量为 3.8 kW/m^2 ,未达到点燃普通可燃物(如木材、纸板等)的热通量。此外,距墙体 2.5 m 处的温度未超过 $100 \text{ }^\circ\text{C}$,未达到柔性聚氨酯泡沫 $270 \text{ }^\circ\text{C}$ 的点燃温度。考虑安全冗余量,将仓与仓之间的防火间距发放大到 3 m,能防止仓与仓之间的火灾蔓延。工艺组内其他建(构)筑物的防火建筑,按照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定执行。

4 工艺设计

4.1 一般规定

4.1.2 由于不同储粮生态区气候、储粮条件差异较大,因此根据建设场地所在储粮生态区合理确定储粮工艺。

4.1.3 由于气膜仓相较传统仓房保温隔热性能更加优越,后期多配置低温或准低温储粮系统,因此外露工艺管道及设备应采取适当的保温或保护措施。

4.1.4 在满足工艺要求的前提下尽量减少预留预埋。所有的预留预埋在完成施工后宜采用焊接、胶接和铆接方式对膜材进行修补。

4.2 输送系统

4.2.4 我国运输车辆限高 4.5 m,预留抑尘装置高度,高位侧壁发放管管口最低处距仓外地坪宜为 5 m;目前主流移动式皮带输送机接料高度在 0.5 m~0.8 m 内,为方便与移动输送设备搭接,低位侧壁发放装置最低处位置距仓外地坪宜为 0.8 m。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 考虑粮食气膜仓内施工作业的特点,对单仓直径做了限制要求。

5.1.2 参照《粮油储藏 粮仓气密性要求》GB/T 25229 对粮仓气密性的相关规定,考虑到绿色储粮技术对粮仓的气密性需求以及结合试点仓气密性实测数据,将粮食气膜仓的气密性标准设定为 1 200 s。

5.2 建筑构造

5.2.2 膜材修补的构造措施包括焊接、胶接、铆接等方式。

5.2.3 落地式粮食气膜仓地面设计要求参考了现行国家标准《粮食平房仓设计规范》GB 50320 的相关规定。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.4 粮食气膜仓从结构的角度来看还是属于钢筋混凝土筒仓,因此本条参考现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077,按正常使用极限状态验算时,粮食的准永久系数取 0.8。

6.2 荷载与荷载组合

6.2.1 粮食气膜仓的永久荷载和可变荷载具体如下:

永久荷载包含混凝土结构自重、膜材和硬质泡沫塑自重、喷射混凝土不均匀导致的附加荷载等。

可变荷载包含粮食荷载、仓顶活荷载、粮情测温电缆吊挂荷载、仓顶雪荷载、风荷载、设备荷载、固定设备中的物料荷载及设备安装荷载等。

6.2.2 粮食气膜仓喷射混凝土施工时会存在喷射厚度不均匀的情况,在施工期有可能会导导致结构失稳。喷射混凝土不均匀导致的附加荷载数值来自现场施工经验。

6.2.6 测温电缆吊挂荷载是粮食气膜仓仓顶的主要荷载,在设计中必须予以考虑,尤其是仓顶的结构稳定性验算尤为重要。

6.4 结构计算

6.4.3 钢筋混凝土薄壳结构的整体稳定性分析时,在进行指定荷载组合工况下钢筋混凝土薄壳结构的整体稳定性分析时,可先进行理想结构在该荷载组合工况作用下的全过程分析,将结构达到临界点时的变形形状作为该荷载组合工况作用下整体稳定性分析时的初始几何缺陷分布,缺陷最大计算值可按结构跨度的 1/100 取值;考虑上述初始几何缺陷分布后再一次进行该荷载组合工况作用下的全过程分析,得到该荷载组合工况作用下结构的临界荷载。粮食气膜仓的特点是直径较小,高度较小,结合新津示范仓的结果取结构跨度的 1/100 作为初设缺陷计算。

6.5 构造

6.5.3 粮食气膜仓从结构角度来说,还是属于钢筋混凝土筒仓,本条借鉴现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计标准》GB 50077 的规定,主要原因是并筋的配筋方式不符合薄壁结构的受力原理。

6.5.6 根据新津示范仓的建设情况来看,粮食气膜仓的内外两层结构钢筋直径的间距不易控制,仍然需要设置拉结钢筋,以保证内外两层结构钢筋的间距。

7 电气设计

7.1 一般规定

7.1.1 根据现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的规定,电力负荷因事故中断供电在政治上造成影响或经济上造成损失的程 度,区分其对供电可靠性的要求,进行负荷分级。粮食气膜仓如主要用作粮食储备仓库的,根据其使用特点,划分为三级负荷是合理的。

7.2 配电线路

7.2.2 粮食气膜仓内电气线路,可以明敷设或暗敷设,敷设时应采用热镀锌钢管。地坪内暗敷的管线在地坪变形时可能会遭到破坏,也可能破坏地坪防潮层,设计中应避免采用埋地敷设,尽量沿仓壁或仓外敷设。

7.3 照明系统

7.3.1 粮食气膜仓主要用于散粮的储存,根据现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 的规定和实践经验,将粮食气膜仓内作为大件贮存且作业不太频繁的场 所,照度标准定为 30 lx~50 lx 是较为合理的。

7.4 电气控制系统

7.4.3 粮食气膜仓料位器设置可参考表 1,对于重要工艺设备的安全检测传感器的设置可参考表 2。

表 1 粮食气膜仓料位器设置表

名称	数量	安装位置	备注
上料位器	1	进料口附近	
下料位器	1	出料口附近	
物位计	1	仓顶	连续在线物位监测仪表

表 2 重要工艺设备安全检测传感器配置一览表

设备名称	跑偏开关	失速开关	拉绳开关	防堵开关	断链开关
斗式提升机	√	√	—	√	—
埋刮板输送机	—	—	—	√	√
气垫、带式输送机	√	√	√	√	—
备注	—	—	40 m 以上	出料口	—

7.5 粮情测控系统

7.5.2 粮食气膜仓在出粮时,通过测温电缆对仓顶所产生的拉力不容忽视。为此,除测温电缆及吊挂装置必须满足拉力要求外,其下端应该用挂钩或采取其他措施相对固定其应有位置,以防进粮时料流将其冲离原有位置。但下端固定不能太牢固,以免拉断电缆及仓顶受力增大。

7.6 工业电视监控系统

7.6.1 通过视频监控系统的直观性、便捷性,有效弥补企业人员不足的问题,提升了粮仓管理和作业效率。利用视频监控系统的实时性实现仓内储粮情况的静态和动态监控。

7.8 防雷及接地

7.8.1 按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 防雷等级分类原则和实践经验,储备用粮食气膜仓属于第二类防雷建筑物是合理的。

7.8.3 按照现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的有关规定,专设引下线应沿建筑物外墙外表面明敷,并应经最短路径接地,建筑外观要求较高时可暗敷。粮食气膜仓由于对外观要求较高,设置专用引下线建议采取暗敷的方式。

7.8.5 接地装置利用基础钢筋时一般能满足其对接地电阻值的要求。基础纵横钢筋需焊接成闭合电气通路。有桩基础时,桩基础主钢筋也应与接地装置连接,以增大接地面积,减少接地电阻。上述做法如不能满足其对接地电阻值的要求,需另作人工接地极。

8 消防设计

8.0.2 根据粮食固有的特性,为保证安全储粮,本条规定储存粮食的密闭粮仓内不得设置任何形式的消防给水系统。

8.0.3 室外消火栓系统包括水源、水泵接合器、室外消火栓、供水管网和相应的控制阀门等,室外消火栓是设置在粮食气膜仓外消防给水管网上的供水设施,也是消防队到场后需要使用的的基本消防设施,本条规定粮食气膜仓外应设置室外消火栓系统。

8.0.4 为有效地扑救粮食气膜仓的初期火灾,故规定根据现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 在仓各层和仓顶平台配置灭火器。

8.0.5 根据现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037 散装粮食仓库可不设置火灾自动报警系统。