

地下粮仓信息化设计初探

刘永超¹ 周志耀¹ 揣君² 许启铿¹

1.河南工大设计研究院有限公司 河南 郑州 450001

2.郑州工业应用技术学院 建筑工程学院 河南 郑州 451100

【摘要】地下粮仓作为一种新仓型，信息化系统设计是整个工程项目设计的重要内容。与地上粮仓不同，地下粮仓信息化设计面临着一些新问题。本文以平舆地下生态粮仓为例，对我国地下粮仓信息化设计进行了初探，创新应用了数字孪生技术和粮食数量动态监测技术，取得了良好的应用效果，可为今后的类似工程项目提供参考。

【关键词】地下粮仓；信息化；设计；数字孪生；数量动态监测

1.工程概况

地下粮仓是绿色储粮的主要仓型，具有低温节能、保质保鲜、节约土地、绿色环保等显著优势，具有广阔的应用前景^[1]。本文以平舆地下生态粮仓为例，该仓设计仓容约5000吨（按小麦计），仓顶覆土深约1.5m；结构形式为地下钢-混组合圆筒结构，直径约21m，埋深约25m。仓房主体位于地下，主要包括仓顶通廊、控制室、机房、仓顶、仓壁、内筒、仓底锥斗以及缓存仓。

2.设计方案

2.1.设计内容

根据仓储管理业务需求，信息化系统设计共包括7个子系统：作业工艺系统、氧气监测系统、智能安防系统、数量监测系统、多功能粮情系统、智能通风系统和虫害监测系统。

2.2.功能目标

作业工艺系统为进出粮作业服务，工艺设备主要有刮板机、斗提机、分料器。地下仓进出粮工艺有一定的特殊性，进粮工艺流程：粮食从缓存仓顶部的进料口流入，通过刮板机输送至地下仓仓顶卸料口，仓顶共有两个卸料口，粮食通过卸料口一部分直接下落至仓内，另一部分进入“八字形”分料器，通过分料器向侧壁分流，可以避免粮食在卸料口下方堆积导致局部粮堆过高，减少平仓作业量。出粮工艺流程：打开仓底卸料口阀门，粮食沿仓底锥斗斜坡自流进入仓房内筒底部，然后通过斗提机提升至仓顶，然后通过刮板机输送至缓存仓，最后由缓存仓发放至粮车。

地下仓是地下空间，氧气浓度高低影响人员能否进仓。为了保障人员安全，通过氧气监测系统实时监测仓内关键部位的氧气浓度。共布置6个氧气传感器，分别位于仓顶通廊、查粮平台、外筒底部、内筒底部等处，构成一条氧气浓度关卡路线，各个关卡处的氧气浓度如果低于阈值则进行预警，警示入仓人员该关卡不可通行。

智能安防系统共布置10个摄像头，可查看各个布防区域的视频实景，便于用户对仓房主要部位及粮堆进行远程监控，人员不用进仓也能随时查看仓内的情况，减轻日常查仓的工作量，并降低人员安全风险。

粮食数量是重要的仓储数据，数量监管也是重点工作。数量监测系统采用数量监测与仓内视频一体机，提供粮食数量实时监测和仓内视频远程监控功能。由于仓房内筒遮挡设备扫描范围，因此布置了两台设备，系统对扫描图形自动拼接、自动计算。系统采用激光雷达三维扫描技术，对仓内粮堆进行全覆盖扫描，然后利用高精度体积算法计算出粮堆体积，再利用粮堆平均密度模型计算出粮食重量。系统可自动生成检测记录及3D粮堆云图，3D粮堆云图可展示整个粮堆状态，与现场实景吻合。另外，系统还提供了仓内视频监控功能，通过云台可远程查看粮堆任意位置实景。系统测量误差在2%以内，检测一遍用时8~10分钟。系统解决了复杂不规则粮堆数量动态监测行业技术难题，为粮食库存数量监管提供高新技术手段。

粮食是一种会呼吸的生命体，在储藏过程中，粮食受温度、湿度及其他因素的影响，可能出现发热、霉变、虫害滋生等情况，影响储粮安全及品质。多功能粮情系统对粮堆温度、仓内温、仓内湿、仓外温、仓外湿进行监测，为粮食安全和品质保驾护航。用户可查看粮情走势图、粮情数据，也可以通过三维测温电缆系统查看各个测温传感器所在点位的温度值，也可分层查看，如果温度超过阈值则进行预警。用户根据粮情数据判断粮堆状态是否正常，是否需要通风作业等。

通风技术是控制粮食水分和温度的主要干预手段，有利于实现绿色安全储粮。智能通风系统配置了通风设备，包括两台轴流分机、1台离心风机、通风管道、阀门以及仓底的通风地槽。根据流向不同通风可分为向仓内送风的压入式通风和向仓外排风的吸出式通风两大类，通过风机、通风管道及阀门、通风地槽实现不同的

通风作业类型。系统提供了 3 种不同的通风模式，模式 1 可实现快速通风，模式 2 用于粮面通风，模式 3 用于内环流通风，利用粮堆的“冷芯”进行降温。此外，利用模式 1 还可实现防结露通风。地下仓常年处于低温状态，空仓入粮作业前，如果仓外温度高于仓内温度，粮食入仓后会结露。为了防止结露，需要往仓内送热风，对仓房进行烘干处理。

虫害监测系统采用新型虫害诱捕器，自带微型摄像头，与主机之间无线连接，避免现场布线。在仓内粮堆顶面共布置 5 个害虫诱捕器，分别位于仓房四周及粮堆中心位置，诱捕器将视频画面传送给主机，用户可以查看视频画面，判断虫害及其活动情况。

2.3.设计亮点

数字孪生技术可以对真实的物理世界进行仿真模拟，构建一个虚拟的孪生世界，实现孪生世界与真实世界的交互。研发团队积极应用数字孪生技术开发了平舆地下生态粮仓数字孪生系统，实现了地下仓的三维可视化管理，改变传统的粮仓管理方式，提升仓储管理的信息化与智能化水平。

为了对粮食数量进行即时在线监管，信息化系统采用了基于激光雷达三维扫描技术的数量动态监测技术，解决了进出粮作业期间不规则散粮堆数量监测技术难题，实现粮食从入仓、保管到出仓全过程的数量监管，进一步填补监管漏洞。

3.结论与展望

平舆地下生态粮仓信息化系统包括作业工艺系统、氧气监测系统、智能安防系统、数量监测系统、多功能粮情系统、智能通风系统和虫害监测系统，能够满足仓储管理需求。数字孪生技术与库存数量动态监测技术是该项目信息化的亮点。数字孪生系统是数字孪生技术在粮食行业的探索与应用，目前初步实现了动态感知和可视交互功能，但在协同高效和智能决策方面还需要进一步优化提升。数量动态监测技术解决了进出粮作业期间不规则散粮堆数量监测技术难题，为新时期粮食库存数量即时在线穿透式监管提供技术支撑。

【参考文献】

[1]王振清.粮仓建筑基本理论与设计[M].郑州:河南科学技术出版社,2015.