

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.14.013

封闭式储煤场消防系统工程设计

盛守福

(中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015)

摘要: 分析封闭式储煤场消防系统设计存在的常规问题,针对储煤场顶棚遮挡和消防水炮安装高度受限问题,提出应用自动消防水炮射流曲线,并通过理论计算校核设备布置。以内蒙古某煤矿储煤场为例,介绍自动消防水炮系统设计思路,对大空间复杂堆场形式构筑物,从规范体系完善和智慧化消防系统构建等角度进行展望,从而提高消防系统工程设计质量。

关键词: 封闭式储煤场; 消防系统; 大空间建筑; 自动消防水炮; 智慧化控制

中图分类号: X932 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)14-0082-05

Engineering Design of Fire Protection Systems for Enclosed Coal Storage Yard

SHENG Shou-fu

(CCTEG Shenyang Engineering Company, Shenyang 110015, China)

Abstract: This paper examined the conventional issues present in the fire protection system design for enclosed coal storage yard. Focusing on the roof shelter of the coal storage yard and limited installation height of the fire cannon, it proposed utilizing the jet curve of automatic fire cannons along with theoretical calculations to validate the equipment arrangement. The design concept of the automatic fire cannon system was elaborated exemplified by a coal storage yard in Inner Mongolia. For large-space and complex storage yard structures, recommendations were proposed from the perspectives of refining the specification system and establishing an intelligent fire protection system to enhance the engineering design quality of the fire protection system.

Key words: enclosed coal storage yard; fire protection system; large-space buildings; automatic fire cannon; intelligent control

煤炭储存是大型煤矿及港口、煤化工工厂、火电厂等必不可少的中间生产、转输环节,可以起到缓冲、调节、生产保障作用。煤炭储存形式分为露天堆场和封闭储存两种,露天堆场虽然造价低,但存在煤尘污染问题,随着国家环保要求的提高,封闭式储煤场的应用逐渐增多,其主流结构形式包括筒仓、球形储煤场、气膜储煤场等。

封闭式储煤场发生火灾的原因包括煤炭自燃、外来火种以及生产过程中的电火花引燃等,其中煤

炭自燃为主要因素,煤场内堆煤通常体积大、高度高、煤种混杂、堆放时间长,垫底煤或局部形成堆积死角,导致煤堆的散热条件差,局部产生热量积聚,从而引发煤炭自燃。着火点一般由深位开始,逐渐向周边扩展,初期仅存在冒烟现象,发展较慢,较为隐蔽且不易察觉,受煤质影响,着火点位置不固定,因此,煤炭自燃是煤场消防的重点和难点。而外来火种引燃现象相对容易察觉,通常由不规范操作引起,属于表面火灾,较煤堆隐燃更易控制^[1]。

目前封闭式储煤场消防系统设计没有相对统一的规范要求,设计人员对规范理解不同,造成消防系统设计形式多样,较难真正实现消防灭火的目的。因此,结合当前主流消防系统设计经验,分析封闭式储煤场消防系统设计存在的常规问题并提出解决策略,以期为类似项目提供参考。

1 封闭式储煤场常规消防设计

1.1 球形或矩形储煤场消防系统

球形(矩形)储煤场四周挡墙一般为钢筋混凝土结构,顶部为钢网架穹顶结构,中间设堆取料机、落料塔或卸煤栈桥等,外形尺寸根据储煤量相应变化,球形(矩形)储煤场的直径或跨度为50~120 m,高20~60 m^[2-3]。球形储煤场煤堆垛见图1。

根据《建筑防火通用规范》(GB 55037—2022),每座占地面积大于1 500 m²的丙类物品仓库,应设自动喷水灭火系统,封闭式储煤场高度一般超过12 m,不适合设自动喷淋系统,可设置其他自动灭火系统,宜采用固定消防炮等。通过对相关煤场固定消防炮设置的调研可知,同类型的封闭式储煤场,有的采用电动消防水炮系统、自动消防水炮系统、手动消防水炮系统等,有的受堆煤场地限制,不设置室内消火栓系统,导致消防系统设计多样化,一旦发生火灾,消防系统很难起到灭火作用。

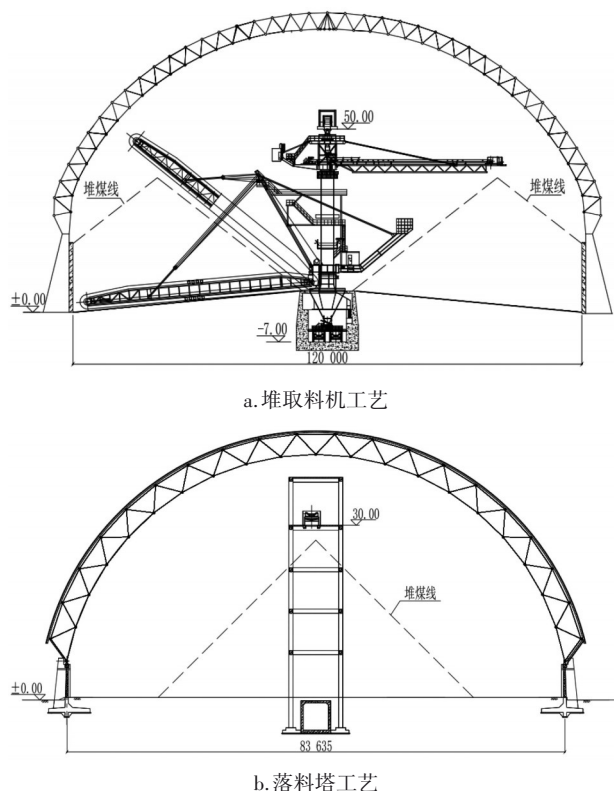


图1 球形储煤场煤堆垛示意

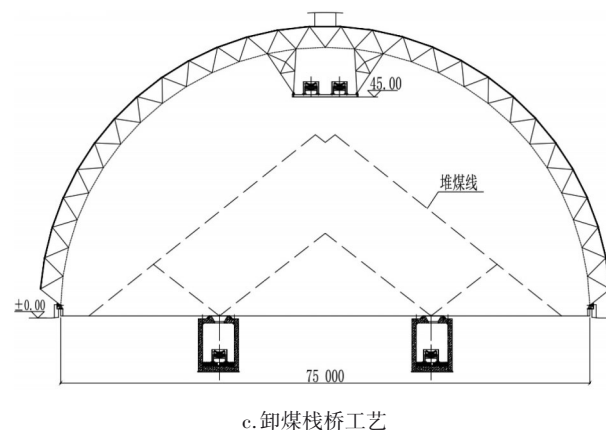


图2 储煤筒仓煤堆垛示意

Fig.1 Schematics of coal stacking in spherical coal storage yard

1.2 储煤筒仓消防系统

储煤筒仓底部一般为钢筋混凝土结构圆筒,顶部为输煤系统栈桥,大型圆筒筒仓直径为22~40 m,单仓容量为 $(1\sim5)\times 10^4$ t。局部安装空气炮破拱设备,保证物料的流动性^[4]。储煤筒仓煤堆垛见图2。

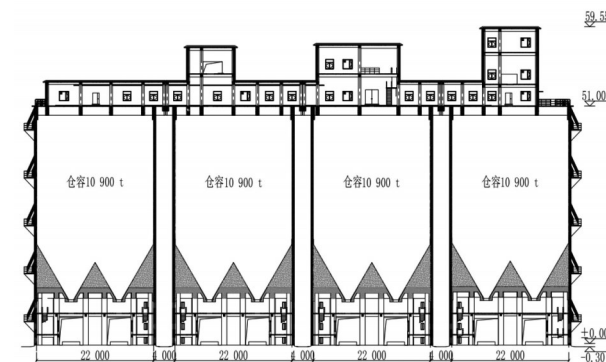


Fig.2 Schematics of coal stacking in coal storage silo

筒仓消防系统包括室内消火栓系统、自动喷淋系统等,筒仓底部一般为输煤系统,设置室内消火栓系统;因上部输送用房属于输煤系统的转运站,当输煤系统发生事故时,为防止火焰及烟气产生烟囱效应,导致事故扩大,需在转运站与输煤系统的连接处设置防火分隔水幕系统。

1.3 气膜储煤场消防系统

气膜建筑是采用特殊的膜材PVDF外壳,配备一套智能化机电设备,在密闭建筑内部提供空气压力,使其始终保持对外部环境的正压,靠内、外部压力差将建筑主体支撑起来的一种建筑结构。气膜结构的储煤场因工程造价低、施工期短等特点,近

年来得到广泛应用^[5]。

气膜储煤场布置形式与球形(矩形)储煤场相似,气膜周边的挡墙高度一般控制在2 m以内,上部为软体的PVDF材质,无法固定自动消防水炮等设施,需在煤场中间增设两排消防水炮;对于中间无明显分隔的场所,通常在储煤场增设自动消防水炮塔,确保两股水柱可以覆盖到室内任何位置。

2 封闭式储煤场消防设计存在的问题

筒仓结构储煤场分为仓上和仓下两部分,分别采用防火分隔水幕和室内消火栓系统,规范要求清晰明确,不存在争议,故重点对圆形(矩形)封闭式储煤场进行讨论。储煤场为高大空间,建筑面积较大,特别是大、中型封闭式储煤场,其建筑面积均超出规范要求防火分区面积,因此,封闭式储煤场的消防设计必须采取相应措施^[6]。

① 根据2018年版《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)第3.3.3条,设置自动灭火系统时,全封闭式储煤场防火分区的最大允许建筑面积不应大于24 000 m²,超过此面积时建筑专业需考虑设防火分区,如设防火墙等技术措施,而对采用堆取料机工艺的全封闭式储煤场无法实现防火分区的划分。

② 大型封闭式储煤场室内自动消防水炮设计中,应确保两股水柱能同时到达任意一点,而布置在马道上的自动消防水炮因煤堆垛及屋面遮挡影响,设计保护范围受到限制。尤其对于大跨度多煤堆封闭式储煤场,需在储煤场顶棚中间网架上增加消防水炮,大型储煤场中间网架高度通常大于35 m,而《自动跟踪定位射流灭火系统技术标准》(GB 51427—2021)要求自动消防水炮安装高度大于等于8 m,小于等于35 m,故自动消防水炮安装困难。原则上自动消防水炮探测器应全面覆盖储煤场,并与自动消防水炮进行联动,而标准要求的自动消防水炮安装高度成为设计的制约因素,目前相关规范及文献缺少这方面应对措施,存在盲区。

③ 根据GB 50016—2014,当采用自动消防水炮代替自动喷淋系统时,要求自动消防水炮可远程控制并自动搜索火源、自动喷水,既可以实现自动操作,又可以手动操作,这些功能普通电动消防水炮和手动消防水炮均无法实现。而标准对自动消防水炮缺乏严谨的规定和论述,其设计和选用较为

混乱,存在消防灭火风险。

④ 关于自动消防水炮系统消防水量的计算,根据《固定消防炮灭火系统设计规范》(GB 50338—2003),工业建筑设计消防水量可按60 L/s计,自动消防水炮设计参数应通过理论计算,根据实际的保护半径、设计水压综合确定,不能盲目地认为一个自动消防水炮的设计消防水量为30 L/s,导致其设计选型和实际流量、扬程不匹配,影响灭火效果。

3 封闭式储煤场消防设计

3.1 封闭式储煤场消防设计理论分析

封闭式储煤场的火灾危险性类别属于丙类仓库,耐火等级为二级。以内蒙古某露天煤矿储煤场消防系统设计为例进行理论分析计算,该储煤场为矩形钢网架结构,长200 m,宽120 m,净空高度约40 m,堆煤能力为50 000 t,取煤能力为1 200 t/h,2 m以下为钢筋混凝土挡墙,上部为柱面网壳结构。

① 初选用PSDZ0.9/30自动消防水炮,额定流量30 L/s,额定压力0.9 MPa,最大射程65 m,最大保护半径55 m,利用消防水炮最大保护半径初步确定其平面位置。消防水炮安装在两侧25 m高的马道上,与结构专业沟通后,在棚顶中间网架增设安装平台,控制其安装高度为35 m^[7]。自动消防水炮剖面布置见图3。

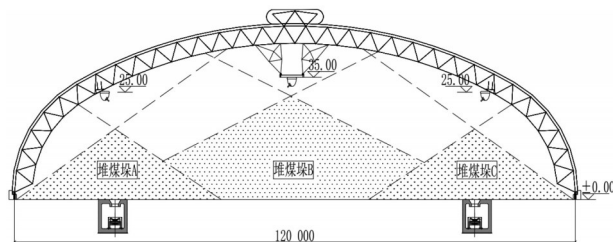


图3 自动消防水炮剖面布置

Fig.3 Profile layout of automatic fire cannon

② 自动消防水炮射流曲线见图4,其轨迹曲线见图5。可知,当自动消防水炮仰角为20°时,轨迹曲线受棚顶遮挡影响,无法实现最大射程(65 m);当仰角为10°时,可满足保护范围布置要求,实际最大射程56 m,最大保护半径50 m。

根据自动消防水炮设计射程和流量公式,提供两种设计方案。

a. 方案一。根据额定工作压力0.9 MPa选型,按照最大保护半径50 m重新布置自动消防水炮平面位置,保证两门自动消防水炮可以覆盖保护区域

任一部位,消防水量 60 L/s。

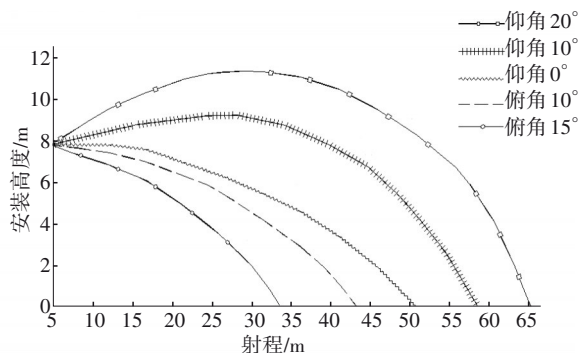


图4 自动消防水炮射流曲线

Fig.4 Jet curves of automatic fire cannon

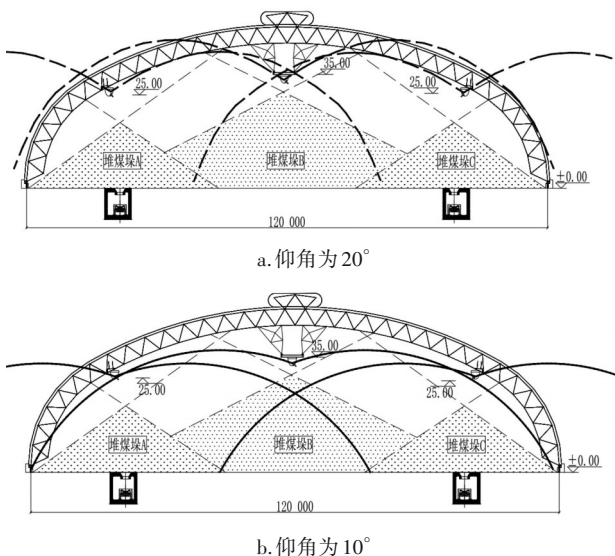


图5 自动消防水炮射流轨迹曲线示意

Fig.5 Schematics of jet trajectory curves of automatic fire cannon

b. 方案二。提高设计工作压力至 1.1 MPa 并进行选型,确保最大保护半径 55 m,实际消防水量为 66 L/s,自动消防水炮平面布置位置不进行调整,其设计射程和流量需根据下式重新核算:

$$D_s = D_e \sqrt{\frac{P_s}{P_e}} \quad (1)$$

$$Q_s = Q_e \sqrt{\frac{P_s}{P_e}} \quad (2)$$

式中: D_s 、 D_e 分别为自动消防水炮的设计射程、在额定工作压力时的射程, m; P_s 、 P_e 分别为自动消防水炮的设计工作压力、额定工作压力, m; Q_s 、 Q_e 分别为自动消防水炮的设计流量、额定流量, L/s。

该储煤场采用方案一进行设计,依据式(1)、

(2)和自动消防水炮射流曲线复核保护半径,重新布置自动消防水炮平面位置,确保消防区域全覆盖。

3.2 封闭式储煤场消防设计探讨

依据 GB 55037—2022 以及各行业现行规范,结合煤炭行业火灾特点和工程设计经验,针对大型封闭式储煤场自动消防水炮灭火系统设计,需重点注意以下几点:

① 大空间封闭式储煤场需设置消防水炮灭火系统,核心是选用与自动探测器联动的消防水炮,其设计选型需结合储煤场内部实际情况,通过设计最大保护半径初步确定其平面位置及高程后,还应根据自动消防水炮的射流轨迹对其位置进行复核,需经理论计算确定,不能简单按照自动消防水炮额定流量、额定压力和保护半径设置。

② 《自动跟踪定位射流灭火系统技术标准》(GB 51427—2021)中自动消防水炮设计最大保护半径计算公式未考虑屋面遮挡的影响,当自动消防水炮设置在屋面马道上时,保护半径仅能作为初步布置的参考,需进行自动消防水炮参数验证以及遮挡情况下的全覆盖布置。

③ 为避免多煤堆垛遮挡影响,胡纯国等^[8]提出利用煤堆垛面的延长线,采取分区域全覆盖的思路,可以解决传统大跨度堆煤背面探测盲区问题,但未考虑大型储煤场中间网架高度通常大于 35 m,而规范要求自动消防水炮安装高度不超过 35 m,中间区域自动消防水炮的安装需与结构专业沟通,在半空增设马道或平台,直接设置消防炮台会影响堆煤工艺设备,实际操作存在困难,建议规范重新界定安装高度。

④ 针对封闭式储煤场室内消火栓的设置问题,建议具备设置条件时,在确保人员安全疏散和消防救援的情况下,考虑设计室内消火栓系统作为自动消防水炮灭火系统的补充,消火栓供水系统和自动消防水炮供水系统完全独立,相互无影响。封闭式储煤场火灾一般是内部先着火,而非表面扩散火灾,因此设置灭火器的意义不大^[9]。

4 封闭式储煤场和类似消防系统设计展望

随着社会经济发展,大空间公共建筑、工业仓库和厂房得到广泛应用,相应的消防设施、电气、通风等机电安装工程设计面临新的课题,而现有技术

条件仅能通过增加设备数量解决消防系统盲区问题,造成一定形式上的浪费,以下是对未来大空间建筑消防发展的几点展望和思考:

① 与封闭式储煤场类似的其他建筑,当自动消防水炮安装位置与建筑顶部高差小于额定压力最大保护半径的喷洒高度时,在采用设计最大保护半径确定自动消防水炮位置后,有必要根据设备射流轨迹复核其实际保护范围,触类旁通,在其他大空间建(构)筑物消防设计中需考虑保护范围内障碍物的遮挡以及安装空间等影响因素。

② 随着人工智能的发展,在火灾探测和分析上形成智能探测、数据分析、执行操作、智慧化控制等单元,构建智慧化自动消防水炮灭火系统。

③ 目前国家通用规范确定了共性的技术措施,但由于行业之间存在个体性差异,标准规范编制相对滞后,未来希望在通用规范的框架下,标准规范能够尽快落地,对通用规范进行补充完善,从而指导工程建设。

5 结语

介绍了目前封闭式储煤场常规的消防系统设计,分析了存在的问题。以内蒙古某煤矿封闭式储煤场为例,介绍自动消防水炮系统设计思路,并对未来大空间复杂堆场形式构筑物的消防设计进行展望,希望从国家通用规范角度形成完善的体系,指导设计施工,同时提出完善火灾探测与消防水炮联动技术,形成智慧化消防系统,从而真正起到消防灭火的作用。

参考文献:

- [1] 石小冬. 封闭式储煤设施的评价与比选[J]. 内蒙古煤炭经济, 2008(1): 48-50.
SHI Xiaodong. Evaluation and comparison of closed coal storage facilities [J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2008(1): 48-50 (in Chinese).
- [2] 赵佰波, 王欣. 固定式消防水炮在火电厂封闭圆形煤场中的应用[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(4): 39-41.
ZHAO Baibo, WANG Xin. Application of fixed fire water monitor in closed circular coal storage yard of power plant [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2012, 38(4): 39-41 (in Chinese).
- [3] 邢佰森. 全封闭条形煤场与全封闭圆形煤场的比较[J]. 内蒙古电力技术, 2014, 32(3): 87-89.
XING Baimiao. Comparison of enclosed strip coal yard and enclosed circular coal yard [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2014, 32(3): 87-89 (in Chinese).
- [4] 冯真. 大型储煤场技术经济性能比较[J]. 煤炭技术, 2014, 33(4): 275-277.
FENG Zhen. Technology and economics comparison for large coal storage digging area [J]. Coal Technology, 2014, 33(4): 275-277 (in Chinese).
- [5] 何路, 朱国庆, 咎文鑫, 等. 封闭式储煤场防火隔离带宽度定量分析[J]. 消防科学与技术, 2015, 34(5): 587-591.
HE Lu, ZHU Guoqing, ZAN Wenxin, et al. An analysis of the fire-proof distance of coal piles in a closed coal storage plant [J]. Fire Science and Technology, 2015, 34(5): 587-591 (in Chinese).
- [6] 沈宏伟. 封闭储煤场内的给排水设计方案[J]. 山西建筑, 2019, 45(7): 143-144.
SHEN Hongwei. Design plan of water supply and drainage in the closed coal storage yard [J]. Shanxi Architecture, 2019, 45(7): 143-144 (in Chinese).
- [7] 陈学军, 杨永明. 消防水炮射流运动轨迹模型与定位补偿方法[J]. 工程设计学报, 2016, 23(6): 558-563, 611.
CHEN Xuejun, YANG Yongming. Jet trajectory model and positioning compensation method for fire water cannon [J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2016, 23(6): 558-563, 611 (in Chinese).
- [8] 胡纯国, 徐力. 大型封闭储煤场自动消防炮设计的避遮挡研究[J]. 消防科学与技术, 2023, 42(10): 1423-1427.
HU Chunguo, XU Li. Research on avoiding shelter of automatic fire monitor in large-scale closed coal storage yard [J]. Fire Science and Technology, 2023, 42(10): 1423-1427 (in Chinese).
- [9] 邴守启, 万小清. 全封闭煤库消防给水设计探讨[J]. 中国给水排水, 2009, 25(18): 31-33.
BING Shouqi, WAN Xiaoqing. Discussion on design of fire supply for totally enclosed coal bunker [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(18): 31-33 (in Chinese).

作者简介: 盛守福(1981-), 男, 吉林松原人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为煤矿行业给水排水。

E-mail: 286172360@qq.com

收稿日期: 2024-04-24

修回日期: 2024-05-15

(编辑: 沈靖怡)