

中华人民共和国国家标准

高炉煤气干法袋式除尘设计规范

Code for design of BFG dry bag filter

GB 50505 - 2009

主编部门：中 国 冶 金 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 9 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2009 北 京

中华人民共和国国家标准
高炉煤气干法袋式除尘设计规范

GB 50505-2009

☆

中国冶金建设协会 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 1.75 印张 42 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—8000 册

☆

统一书号:1580177·255

定价:10.00 元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 358 号

关于发布国家标准 《高炉煤气干法袋式除尘设计规范》的公告

现批准《高炉煤气干法袋式除尘设计规范》为国家标准,编号为 GB 50505—2009,自 2009 年 12 月 1 日起实施。其中,第 3.2.9、3.2.15(3)、3.2.17、8.0.1(1、3)条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年六月十七日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由北京首钢国际工程技术有限公司会同有关单位共同制定的。

本规范在编制过程中,编制组全面检索、收集了国内外的有关资料,进行了广泛地调查研究,开展了必要的专题研究和技术研讨,广泛征求有关生产、设计单位和大专院校等相关单位意见,对疑难问题进行了反复的研讨和修改,最后经审查定稿。

本规范共 8 章,主要内容有总则,术语,工艺流程与设备选择,本体设备,滤料选型与滤袋规格,卸、输灰工艺,电气、自动化检测与控制,安全与环保等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国冶金建设协会负责日常管理,由北京首钢国际工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,注意总结经验,积累资料,如发现需要修改或补充之处,请及时将意见和有关资料寄至北京首钢国际工程技术有限公司《高炉煤气干法袋式除尘设计规范》编制组(地址:北京市石景山路 60 号,邮政编码:100043),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 北京首钢国际工程技术有限公司(原北京首钢设计院)

参 编 单 位: 中冶东方工程技术有限公司
山东省冶金设计院有限责任公司
太原钢铁(集团)设计院(有限公司)

主要起草人：张福明 高鲁平 张 建 关 绅 王 蕾
薛晋安 郑传和 毛庆武 韩渝京 杨子柱
王振平 于智育 李 斌 侯 健 黄东生
章启夫
主要审查人：张云生 汤清华 易人斌 蒋鸿城 滑铁钢
唐振炎

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 工艺流程与设备选择	(4)
3.1 一般规定	(4)
3.2 工艺流程、相关参数与设备	(4)
4 本体设备	(8)
5 滤料选型与滤袋规格	(10)
5.1 滤袋材质	(10)
5.2 滤袋规格	(10)
6 卸、输灰工艺	(11)
6.1 一般规定	(11)
6.2 卸、输灰工艺	(11)
7 电气、自动化检测与控制	(13)
7.1 一般规定	(13)
7.2 电气	(13)
7.3 自动化检测与控制	(14)
8 安全与环保	(16)
本规范用词说明	(18)
引用标准名录	(19)
附:条文说明	(21)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Process flow and selection of equipment	(4)
3.1	General requirement	(4)
3.2	Process flow, relevant parameters and equipment	(4)
4	Equipment proper	(8)
5	Selection of filter material type and bag specification	(10)
5.1	Bag material	(10)
5.2	Bag specification	(10)
6	Dust discharge and transportation technology	(11)
6.1	General requirement	(11)
6.2	Dust discharge and transportation technology	(11)
7	Electricity, automatic detection and control	(13)
7.1	General requirement	(13)
7.2	Electricity	(13)
7.3	Automatic detection and control	(14)
8	Safety and environmental protection	(16)
	Explanation of wording in this code	(18)
	List of quoted standards	(19)
	Addition; Explanation of provisions	(21)

1 总 则

1.0.1 为在高炉煤气干法袋式除尘设计中贯彻执行国家法律、法规和有关技术经济政策,达到技术先进、经济合理、安全适用的目的,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于低压脉冲袋式除尘和反吹风袋式除尘两种高炉煤气袋式除尘的新建、扩建和改造项目的设计。

1.0.3 高炉煤气干法袋式除尘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 标准状态下气体流量 flow rate of the treated gas for standard conditions

换算为标准状态(273K, 压力 101.325kPa)的处理气体流量。

2.0.2 工况气体流量 flow rate of the operating state gas

在实际工作温度、湿度、压力下进入除尘器的含尘气体流量。

2.0.3 体积校正系数 volume corrected coefficient

工况体积(流量)与标况体积(流量)的比值称为体积校正系数。

2.0.4 过滤负荷 filtering load

单位时间内单位有效过滤面积上通过的含尘气体量,单位是 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,分工况和标况状态。

2.0.5 过滤风速 filtration velocity

含尘气体流过滤布有效面积的表观速度,单位是 m/min ,分工况和标况状态。

2.0.6 荒煤气 raw gas

未经净化的含尘煤气。

2.0.7 净煤气 cleaned gas

经过净化后、含尘量达到国家标准的清洁煤气。

2.0.8 干法袋式除尘 dry bag filter

利用袋式除尘过滤净化煤气的除尘工艺,简称干法除尘。

2.0.9 脉冲袋式除尘器 pulse jet type bag filter

采用气体脉冲喷射方法清除滤袋表面积灰的一种袋式除尘器。

2.0.10 反吹风袋式除尘器 reverse blow type bag filter

采用反吹风机逆向反吹方式清除滤袋表面积灰的袋式除尘器。

2.0.11 隔断装置 isolating equipment

在系统无异常状况下,处于关闭、封止状态,承受介质压力在设计允许范围内,具有煤气不能泄漏到被隔断区域功能的装置。

2.0.12 炉顶余压透平 top gas pressure recovery turbine

利用高炉炉顶煤气余压发电的设备,简称 TRT。

3 工艺流程与设备选择

3.1 一般规定

- 3.1.1 高炉煤气干法袋式除尘设计应有充分的设计依据和完整的设计基础资料。
- 3.1.2 干法袋式除尘设施应布置在高炉附近、重力除尘(或旋风除尘)之后,宜和重力除尘与炉顶余压发电(TRT)设施合理配置。
- 3.1.3 高炉煤气袋式除尘分脉冲袋式除尘和反吹风袋式除尘两类。
- 3.1.4 干法袋式除尘净煤气含尘量应小于等于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- 3.1.5 新建高炉宜采用干法除尘。改、扩建高炉改用干法除尘后,原有湿法除尘不宜备用。

3.2 工艺流程、相关参数与设备

- 3.2.1 干法除尘系统应由袋式除尘器,卸、输灰系统(包括大灰仓),煤气管路,阀门,专用检修吊装设施,综合管路,电气及自动化控制与检测,土建结构等部分组成。袋式除尘器前宜设置散热降温装置。
- 3.2.2 除尘器应由多个圆筒形箱体组成。直径、个数、排列方式应由设计综合确定,并应满足布置紧凑、流程顺畅的要求,箱体宜为1排或2排,也可采用其他布置形式。相邻单个箱体之间的净距离不应小于1m。
- 3.2.3 干法袋式除尘器系统的设计压力应为炉顶放散阀开启压力(炉顶最高工作压力);流量应按最大煤气发生量确定。干法除尘可适用于任何容积高炉。
- 3.2.4 干法除尘系统的适用温度应符合下列规定:

- 1 干法除尘系统应在滤料的适用温度下工作。
- 2 袋式除尘煤气最低温度宜高于煤气露点 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。
- 3.2.5 过滤风速可按 $0.3\text{m}/\text{min} \sim 0.8\text{m}/\text{min}$ 选取。合成纤维滤料可选择较高值,玻璃纤维复合滤料宜选取较低值。
- 3.2.6 布袋除尘压差宜小于等于 3kPa ,不宜在高压差下长期工作。
- 3.2.7 反吹装置组成应包括下列形式:
 - 1 脉冲袋式除尘:由氮气包、减压阀、分气包、脉冲阀及喷吹管等组成。
 - 2 反吹风袋式除尘:由反吹风机、反吹管路、过滤阀、反吹阀及回流阀等组成。
- 3.2.8 脉冲喷吹介质压力应高于煤气压力 $0.15\text{MPa} \sim 0.25\text{MPa}$ 。
- 3.2.9 喷吹介质、输灰气源应为氮气、净煤气等气体,严禁使用压缩空气。
- 3.2.10 反吹风机参数选择与设置应符合下列规定:
 - 1 反吹风机介质应为高炉净煤气。反吹升压应为 $10\text{kPa} \sim 15\text{kPa}$,风量应按单箱体过滤煤气工况流量的 $1.0 \sim 1.6$ 倍选取。
 - 2 反吹风机应设两台,一用一备。
- 3.2.11 反吹制度应符合下列规定:
 - 1 除尘器可采用定压差反吹方式或定时反吹方式。
 - 2 脉冲袋式除尘可采用在线反吹或离线反吹。
 - 3 反吹风袋式除尘采用离线反吹方式。
- 3.2.12 箱体过滤面积应按下式计算:

$$F = \frac{(T_0 + t)}{T_0} \cdot \frac{P_0}{(P + P_0)} \cdot \frac{Q_0}{60V} \quad (3.2.12)$$

式中: F ——过滤面积(m^2);

V ——工况滤速(m/min);

Q_0 ——标况流量(m^3/h);

T_0 ——绝对温度, 273K ;

t ——袋式除尘的煤气平均温度($^{\circ}\text{C}$);

P ——煤气压力(表压)(MPa);

P_0 ——标准状态大气压(MPa)。

3.2.13 煤气管道的设计应符合下列规定:

- 1 煤气管道应按压力管道的要求进行设计。
- 2 荒煤气总管应按等流速原理进行设计,管径应按工况流速 15m/s ~20m/s 进行计算。
- 3 煤气管路应合理设置波纹膨胀器。

3.2.14 煤气温度控制应符合下列规定:

- 1 煤气高温宜由炉顶喷水控制,喷水能力应确保事故高温降至 300℃ 以下。
- 2 袋式除尘器宜设前置换热器。

3.2.15 煤气放散应符合下列规定:

- 1 除尘器箱体、前置换热器、荒净煤气主管和全密闭盲板阀等部位应设煤气放散管。
- 2 荒煤气总管尾端应设开炉引气用放散管,管口宜设点火装置。
- 3 引气用放散管必须设置可靠隔断装置。
- 4 放散管设置应符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 的规定。

3.2.16 干法除尘系统保温应符合下列规定:

- 1 除尘器本体与卸、输灰系统应外部保温,灰斗等部位还应设蒸汽盘管加热或电伴热。
- 2 荒煤气总管和支管内部宜喷涂不定型耐火材料,净煤气管应有外保温。

3.2.17 从净煤气总管通向炉顶的均压管必须设置可靠隔断装置,并设置氮气置换管路。

3.2.18 管路系统防腐蚀应符合下列规定:

- 1 当干法除尘煤气冷凝水有腐蚀性时,净煤气管与波纹膨胀器应采取保护措施。波纹膨胀器应选用耐腐蚀不锈钢材料,煤气

管壁应加厚,并应在内层涂刷防腐涂料,涂刷前焊缝处应仔细打磨。

2 TRT 装置及减压阀组后的管道内宜设喷碱、喷水装置或专用喷淋塔。

4 本体设备

4.0.1 箱体设计应按高炉煤气的温度、压力、灰荷载及特殊荷载等要求进行设计。

4.0.2 当高炉炉顶压力大于等于 0.1MPa 时,箱体、管道与相关内容设计、制造、检验、验收、运输、安装等均应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的要求。

4.0.3 箱体与喷吹气包直径应符合下列规定:

1 箱体内径应采用公称直径系列尺寸,并应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 公称直径系列尺寸(mm)

2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500
3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500
4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300	5400	5500
5600	5700	5800	5900	6000	—	—	—	—	—

注:本标准不限制 6000mm 以上的圆筒形箱体使用。

2 喷吹气包直径可采用外直径为基准。直径大小应按工艺容积计算进行取值。

4.0.4 与封头连接的圆筒段最小厚度不应小于封头规定标准的最小值。

4.0.5 箱体制造与检验要求应符合下列规定:

1 箱体可在工厂制造,成品运到现场后整体吊装;当直径过大,整体运输有困难时,可分段或分片制造然后现场组装,并应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定。

2 除制造单位确保冷成型后的材料符合设计和使用要求外,冷成型封头应进行热处理。

3 容器制成后应进行耐压试验,并宜采用液压试验。当现场组装的箱体无法做液压试验时,除做焊缝检查外,尚应做气压试验。

4 箱体应与管道系统共同做气密性试验。

5 滤料选型与滤袋规格

5.1 滤袋材质

5.1.1 滤料耐受温度不应低于 200℃,且应具有强度高、韧性好、耐腐蚀和透气性好等性能。

5.2 滤袋规格

5.2.1 脉冲除尘滤袋宜采用直径为 120mm、130mm、150mm、160mm 等规格,长度宜采用 6m~8m,并根据脉冲阀配置确定。

5.2.2 袋笼尺寸应与滤袋相匹配。袋笼应为 2 段或 3 段组合式结构。

5.2.3 反吹风大布袋除尘滤袋规格宜采用直径为 250mm、300mm 等规格,长度可采用 8m、10m、12m。

5.2.4 反吹风大布袋应沿长度方向按等距缝制钢丝防缩环。

6 卸、输灰工艺

6.1 一般规定

6.1.1 当高炉容积和粗除尘方式不同时,卸、输灰系统应按相应的除尘灰特性进行设计。

6.1.2 卸、输灰系统宜按除尘灰具有自燃性进行设计。

6.1.3 当荒煤气含尘量大于 $10\text{g}/\text{m}^3$ 时宜提高粗除尘设施效率。

6.2 卸、输灰工艺

6.2.1 卸灰装置设计应符合下列规定:

1 除尘箱体卸灰装置应由阀门、管路及波纹膨胀器组成。采用机械输灰时应设中间仓,中间仓上下两端应设卸灰阀门,中间仓应设均压放散管。

2 卸灰装置应严密封闭,防止煤气泄漏。

3 灰斗部位应设仓壁振动器、氮气流化装置、氮气流炮等辅助卸灰装置。灰斗壁与水平线夹角宜大于 60° 。

4 箱体和中间仓灰斗部位应采用蒸汽伴热或电伴热,并应外保温。

5 灰斗与中间仓下部应设手孔。

6.2.2 除尘灰可采用气力输灰或机械输灰。

6.2.3 气力输灰设计应符合下列规定:

1 大型高炉宜采用气力输灰方式。

2 气力输灰方式包括稀相输送和浓相输送。

3 输灰介质压力应按炉顶压力和气力输灰方式进行确定。当炉顶压力大于等于 0.2MPa 时,宜采用净煤气输灰。

4 输灰用氮气与煤气管应设调节阀与切断阀。

5 气力输灰管宜设氮气助吹管,助吹支管与输灰管夹角应小于 30° 。在靠近输灰管处的氮气支管上应设旋塞阀或球阀。

6 当采用稀相输送时,气力输灰管应设耐磨内衬。当采用浓相输送时直管段可不设内衬。管路设计应减少弯头,转弯半径宜大于 10 倍管径。

7 输灰尾气应采用袋式除尘器净化,过滤风速不宜大于 $0.8\text{m}/\text{min}$ 。

8 氮气输灰时尾气放散,含尘量应符合排放的有关规定。煤气输灰时净煤气应引入管网回收。煤气连通管应设蝶阀、盲板阀和止回阀。

9 气力输送系统应有外保温。管路应拆装方便。

6.2.4 机械输灰设计应符合下列规定:

1 机械输灰包括集中运输与分散运输两类,宜采用集中运输方案。

2 输送设备可采用埋刮板运输机、螺旋运输机、皮带机或其他运输机械。

3 埋刮板运输机能力不应小于输送物料量的 200%;螺旋运输机能力不应小于输送物料量的 200%~300%。

4 输灰设施应加强密封。

5 卸灰阀门、管道及输灰设备应设外保温。寒冷地区宜设蒸汽伴热或电伴热。

6 提升设备不宜采用斗式提升机。

6.2.5 除尘灰外运应符合下列规定:

1 运输罐车包括气力吸排式罐车或自流式罐车。

2 采用罐车运输时,装车与卸料点应有输灰气源并应密封操作。

3 敞车运输应设加湿机将除尘灰加湿后外运,不应将干灰直接装车或落地。

6.2.6 除尘器箱体和集中大灰仓应按 24h 储灰量进行设计。

7 电气、自动化检测与控制

7.1 一般规定

7.1.1 干法袋式除尘电气、自动化控制系统应按三电一体化的原则设置。所有的参数检测、设备监控均应纳入计算机控制系统。

7.1.2 计算机控制系统应对整个干法袋式除尘系统进行检测、操作、监视、报警和管理,并应与高炉主体系统、TRT 等的计算机控制系统进行数据通讯。

7.2 电 气

7.2.1 干法袋式除尘系统供电应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的有关规定,用电负荷级别应与高炉一致。

7.2.2 干法袋式除尘属煤气区,危险区域应为 2 区。电气设计应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的有关规定。

7.2.3 工艺设备的控制宜采用集中控制和机旁操作两种方式。

7.2.4 反吹风袋式除尘的反吹风机宜采用交流变频调速装置。

7.2.5 建筑物、构筑物、设备和管路应设防雷电设施,并应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

7.2.6 干法袋式除尘的电气自动化装置、设施、管道的接地应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 和《交流电气装置的接地》DL/T 621 的规定。

7.2.7 干法袋式除尘设施各层平台应设正常照明;控制室和配电室除设正常照明外,应设应急照明。各主要操作平台宜设检修电源。

7.3 自动化检测与控制

7.3.1 干法袋式除尘系统检测项目应包括温度、压力、压差、流量、灰位、煤气含尘量、一氧化碳含量等。各项检测应包括下列内容：

1 重力或旋风除尘器出口管、换热器出口管、荒煤气主管、净煤气主管、灰斗、大灰仓净化后气体出口管、蒸汽入口管、热管换热器软水管与蒸汽包等位置应进行温度检测，并应显示高炉炉顶4个检测点的温度（检测点在炉顶系统）。

2 荒煤气总管、净煤气总管、大灰仓煤气回收管、氮气包、减压阀后氮气管、蒸汽入口管、压缩空气入口管、反吹风机出口管等位置应进行压力检测。氮气包及减压阀后、脉冲阀分气包、盲板阀前后等位置应设就地压力表。

3 荒煤气与净煤气总管间、除尘器箱体进出口（荒、净煤气支管间）、大灰仓进出口管、反吹风机进出口管等位置应进行压差检测。

4 净煤气总管、反吹风机出口管、盲板阀与换热器软水管或管式换热器喷水管、氮气管、蒸汽管、压缩空气管等位置应进行流量检测，并应显示炉顶喷水量检测数据（检测点在炉顶系统）。

5 箱体灰斗、中间仓灰斗、大灰仓灰斗等位置应进行高低灰位检测及低灰位报警。

6 荒煤气总管、净煤气总管、箱体净煤气支管、大灰仓出口管等位置应进行含尘量自动检测。

7 现场环境应进行一氧化碳含量检测。

7.3.2 自动化控制应包括以下内容：

1 脉冲除尘应实行定时反吹或定压差反吹，并可通过进出口蝶阀启闭实现在线反吹或离线反吹。反吹风袋式除尘应由过滤阀、反吹阀实施箱体反吹，反吹完成后应自动开启回流阀使加压煤气回流。

2 煤气温度过高、过低时应有声光报警。有换热器时,可根据温度设定值依靠蝶阀开关自动接入换热器降温,恢复正常时应自动关闭降温旁路。

3 卸、输灰系统阀门、振动器、输送机等可现场机旁操作和主控室计算机手动操作,也可根据灰位高低进行自动控制。

7.3.3 计算机系统和在线煤气浓度检测装置应配置 UPS 电源。

7.3.4 控制室应设有行政电话与调度电话。值班人员应配备便携式无线对讲机。

8 安全与环保

8.0.1 隔断装置应符合下列规定:

1 除尘器煤气进出口管、前置散热器进出口管、干法除尘与煤气管网连接处必须设可靠隔断装置。

2 高压高炉隔断装置宜采用全密闭盲板阀,并与蝶阀配合使用。

3 全密闭盲板阀及前后管道必须设有放散管。放散管高度应符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 的有关规定。

4 全密闭盲板阀前管路应设置人孔。

8.0.2 除尘箱体与煤气管路应设氮气及空气置换管路。当空气置换氮气时应设专用鼓风机及吹扫管路,也可采用压缩空气置换。氮气和压缩空气管路与箱体接口处应采用软管活接方式。

8.0.3 除尘器各主要操作平台、控制室、配电室应设带有报警功能的固定式在线一氧化碳浓度检测仪,检测数据应在控制室显示。值班人员应配备便携式一氧化碳和氧含量检测仪。

8.0.4 干法袋式除尘系统应设煤气温度与压力高低限超标报警。

8.0.5 各箱体及大灰仓应设安全阀。安全阀放散压力应小于等于箱体最大工作压力。

8.0.6 煤气冷凝水应统一收集,集中处理,不应随意排放。

8.0.7 卸、输灰系统扬尘点应有密封装置,并设置除尘器除尘。

8.0.8 除尘灰在回收利用时应防止环境污染。

8.0.9 反吹风机轴封处应有可靠的密封装置以减少煤气泄漏。风机应在室外安装。

8.0.10 干法袋式除尘布置应设有消防通道和消防水源。

8.0.11 除尘器的人孔、阀门、仪表等操作部位应设置固定平台与通道,并符合有关安全规定。平台与通道宜采用钢格板结构。各层平台应设置不少于两路的梯道,并满足安全救护要求。

8.0.12 值班室应配置防护用煤气呼吸器,各操作平台可设供呼吸用的压缩空气防毒风包。

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

- 《供配电系统设计规范》GB 50052—1995
- 《建筑物防雷设计规范》GB 50057—1994
- 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058—1992
- 《钢制压力容器》GB 150—1998
- 《工业企业煤气安全规程》GB 6222—2005
- 《交流电气装置的接地》DL/T 621—1997

中华人民共和国国家标准

高炉煤气干法袋式除尘设计规范

GB 50505 - 2009

条文说明

制 订 说 明

《高炉煤气干法袋式除尘设计规范》(以下简称《规范》)是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由北京首钢国际工程技术有限公司(原北京首钢设计院)会同有关单位共同制定。

一、制订所遵循的主要原则

1. 科学性原则。《规范》中的各项规定既符合当前高炉煤气干法除尘技术要求,又能够引导此项技术的发展和成熟。

2. 先进性原则。《规范》中的各项规定体现的高炉煤气干法除尘技术,达到了目前发展的先进水平。

3. 实用性原则。《规范》中的各项规定既符合中国国情,又适于推广,包括向国外的技术输出。

二、编制简况

2007 年 8 月编制工作组正式成立,编制工作组全体成员在北京召开了第一次会议。会上明确了规范编制的要求、框架结构和工作进度,该《规范》的起草工作全面展开。

《规范》编制单位先后在全国范围内进行了高炉煤气干法除尘考察调研,并召开了专家审查会。请专家对有关专题进行了审查,如压力容器审查,自动化检测与控制部分审查,安全条款审查等。2008 年 1 月完成了该《规范》的征求意见稿。

在对设计院、生产厂、研究院所和大专院校等 20 多个相关单位征求意见后,编制工作组于 2008 年 5 月召开了《规范》编制单位的第二次全体会议,并依据对修改意见的处理情况,完成了《规范》的送审稿。

2008 年 11 月 14 日,中国冶金建设协会在北京主持召开了

《规范》(送审稿)审查会议。住房和城乡建设部标准定额司、中国冶金建设协会、审查专家、本规范主编单位和参编单位等参加了会议。与会专家对《规范》送审稿条文进行了认真审查和分析,充分发表了建议和意见。编制工作组根据专家组提出的建议和意见进行了修改完善,完成了《规范》的报批稿。

三、《规范》实施后的经济效益和社会效益预测

1. 新技术、新经验纳入本规范,规范中的各项规定既符合当前高炉煤气干法除尘技术要求,又能够引导此项技术的发展和成熟。为设计和生产提供准确可靠的设计依据,能够提高工作效率,保证工程质量。

2. 进行设计方案优化,确保工程安全和正常运行,节约工程投资。

3. 在我国发展干法除尘技术不仅能够提高高炉炉顶煤气余压发电(TRT)的出力,更重要的是实现节约水电消耗、提高煤气热值、环境保护等综合社会经济效益。

目 次

1	总 则	(27)
2	术 语	(28)
3	工艺流程与设备选择	(30)
3.1	一般规定	(30)
3.2	工艺流程、相关参数与设备	(31)
4	本体设备	(38)
5	滤料选型与滤袋规格	(39)
5.1	滤袋材质	(39)
5.2	滤袋规格	(39)
6	卸、输灰工艺	(41)
6.1	一般规定	(41)
6.2	卸、输灰工艺	(42)
7	电气、自动化检测与控制	(44)
7.1	一般规定	(44)
7.2	电气	(44)
7.3	自动化检测与控制	(44)
8	安全与环保	(47)

1 总 则

1.0.1 本规范是国家有关法律、法规和技术经济政策在工程建设中的具体体现。对炼铁生产中高炉煤气干法袋式除尘的有关设计、施工和生产部门均应遵照执行。

长期以来高炉煤气净化以湿法除尘为主,这项技术能源浪费大、水量消耗多并有环境污染,因而有很多缺点;干法除尘则很好地解决了这些问题,符合国家提出的资源节约型和环境友好型的发展方针,是高炉煤气除尘技术的发展方向。近年来这项技术发展很快,在及时总结国内、外经验的基础上,结合我国国情和生产实践制定了本规范,以便做到工艺先进、设计合理、安全适用,并获得较好的经济效益和社会效益。

高炉煤气干法除尘是我国很早就推广的一项技术,已经有了几十年的生产经验,如今已成功用于大型高炉,发展方向值得肯定。但是它在新技术、新工艺、新材料方面还有很大的发展空间,因此还需要不断总结经验,加以补充、修改、完善。

1.0.2 煤气袋式除尘的两种类型即脉冲袋式除尘和反吹风袋式除尘目前均有使用,脉冲除尘占主导地位,应是发展方向。

今后除了新建高炉应采用外,已有湿法除尘的高炉也应当逐步改为干法除尘,目前技术已趋成熟,使用效果良好,应当大力推广。

1.0.3 本规范具有很强的专业性,也涉及很多相关专业标准。国家现行有关标准包括《工业企业煤气安全规程》GB 6222、《钢制压力容器》GB 150、《钢制压力容器设计技术规定》YB 9073 及电气、焊接、卸输灰等,在制定过程中已经与这些标准进行了协调。

2 术 语

2.0.1 标准状态下气体流量是指物理意义的标准状态气体流量(包括湿分)。计算时压力则以工程大气压计算,按 0.1MPa 考虑。

2.0.2 工况(实际)气体流量是在实际工作温度、湿度、压力下进入除尘器的含尘气体流量,对标况流量进行修正。

2.0.3 对高压高炉来说工况流量均小于标准状态流量,煤气体积处于压缩状态。体积校正系数大约在 0.4~0.8 范围,表明工况流量均比标准状态流量小。

2.0.4、2.0.5 过滤负荷和过滤风速概念相通,都是表达过滤强度的一种数值。过滤风速是含尘气体流过滤布有效面积的表观速度,单位是 m/min ;过滤负荷是单位过滤面积小时含尘气体通过的煤气量,单位是 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,化简后为 m/h ,即为过滤风速,以小时为单位;而通常所说滤速是以分钟为单位,两者相差 60 倍。过滤风速和过滤负荷可以是标准状态,也可以是工况状态,计算时应按工况过滤负荷或滤速考虑。

2.0.6 荒煤气又称粗煤气,是进入湿法或干法除尘的含尘煤气。

2.0.7 净煤气是指含尘量不大于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、符合行业规定标准的洁净高炉煤气。对于干法除尘而言荒煤气经一次过滤就完成净化,效果非常理想,不必像湿法除尘要经过半净煤气和净煤气两段除尘净化。

2.0.8 干法袋式除尘是目前主要的高炉煤气干式除尘方法,一般简称为干法除尘。包括脉冲袋式除尘和反吹风袋式除尘两类。

2.0.9 脉冲袋式除尘器有多种方式,有脉冲阀式反吹,也有回转臂式脉冲反吹等,高炉煤气脉冲除尘是指前者,密闭性好,反吹力强。

2.0.10 反吹风袋式除尘器需要风机加压逆向反吹,将滤袋表面积灰吹落。一般为内滤方式。

2.0.11 隔断装置是指煤气管道的盲板、盲板阀、眼镜阀等具有煤气不能泄漏到被隔断区域功能的装置,并能承受煤气的设计压力作用。在压力状态下,为了方便启闭必须和蝶阀配合使用。其他的闸阀、球阀、盘式阀等均不能作为可靠切断装置使用。

2.0.12 炉顶余压透平是将煤气的压力能转化为电能的能量回收发电设备。煤气从湿法除尘改为干法除尘后,由于温度高,压力损失小可以多发电 30% 以上。干法除尘配余压发电是发展方向。

3 工艺流程与设备选择

3.1 一般规定

3.1.1 高炉煤气干法袋式除尘设计应有完整的设计基础资料。除了煤气发生量、炉顶压力外,还应了解高炉冶炼指标、原料成分、炉料组成、鼓风参数等有关资料,以便深入细致地做好设计。

3.1.2 干法除尘设在高炉附近。与重力除尘和炉顶余压发电(TRT)设施紧密配合,三套系统应合理布置,不宜间隔过远。

为了降低设备磨损和管道沉积,应减少袋式除尘器的进灰量。办法是以旋风除尘代替重力除尘或在已有的重力除尘之后增加一个旋风除尘器,除尘效率可提高至80%~85%,高于重力除尘效率。如果重力除尘效果已经很好,则不必考虑改造。应当注意除尘效率也不是越高越好,干法除尘灰过细过轻,不利于操作,中小高炉生产因此而困难较大。

有的高炉取消了重力除尘,粗除尘和精除尘均由袋式除尘完成,是一个有创意的改进,效果如何需进一步总结经验。

3.1.3 袋式除尘分风机反吹和脉冲反吹两大类,如今两类都用以煤气除尘,是袋式除尘功能的重要扩展。脉冲除尘有较多优点,因此被广泛采用,引进技术则采用了反吹风袋式除尘,故本规范适用于两类袋式除尘。

3.1.4 袋式除尘煤气净化效率高,据统计净煤气含尘量一般都小于 $5\text{mg}/\text{m}^3$,符合现行国家标准《高炉炼铁工艺设计规范》GB 50427的要求。

袋式除尘可以获得极低的煤气含尘量,是一个特殊现象,而且净化效果不随入口含尘量变化而变化,只要工作正常,含尘量就有保证。有关参数见首钢首秦公司 1200m^3 高炉测定数据,表1是

2004 年开炉初期的各月平均值,很有代表性;表 2 是日本千叶厂 6 号高炉干法除尘煤气含尘量数据。其他发表的资料数据大致相同。

表 1 首秦公司 1 号高炉净煤气总管煤气含尘量月平均统计表

月 份	6	7	8	9	10	11	12
含尘量(mg/m ³)	1.57	1.78	2.75	2.69	2.68	2.69	2.70

表 2 千叶厂 6 号高炉煤气含尘量

项 目	入口(g/m ³)	出口(mg/m ³)	最大(mg/m ³)	平均(mg/m ³)
含尘量	3.98	1.70	3.00	0.70

袋式除尘用于其他粉尘收集或烟气净化效果远不如高炉煤气净化,排放浓度一般几十毫克到数百毫克,见表 3。

表 3 各种烟尘排放标准

国家标准名称	粉尘种类	允许排放浓度(mg/m ³)	标 准 号
工业炉窑大气污染物排放标准	熔炼炉(高炉、转炉)	100~150(炉前除尘)	GB 9078
大气污染物综合排放标准	各种粉尘	60~120(炭黑 18)	GB 16297
锅炉大气污染物排放标准	燃煤锅炉	100~350	GB 13271

表中数据包括电除尘、布袋除尘或其他除尘所能达到的效果。

相比之下高炉煤气袋式除尘效果极佳,除尘机理尚不清楚,需专题研究。

3.1.5 从干法袋式除尘迅速推广情况看,表明其工艺先进、效益显著,符合资源节约、环境友好的发展方向。从实践效果看,采用干法除尘的作业率均可以与高炉一致。采用湿法除尘的高炉,可以根据具体情况实施改造。采用干法后,湿法除尘设施不宜长期备用。

3.2 工艺流程、相关参数与设备

3.2.1 两类袋式除尘系统组成相同,都是由袋式除尘器本体,卸、

输灰装置,荒净煤气管,阀门,检修设施,综合管路,电气及自动化控制与检测,土建结构等部分组成。

部分干法除尘在进袋式除尘之前设有降温装置。分两种类型:列管式换热器和热管式换热器。前者荒煤气走管内,靠自然散热降温,温度更高时采用管外喷水冷却;后者利用热管传热原理换热降温,效率高,寿命长,体积小,因此被推荐使用。

前置散热器对炉顶温度偏高的高炉起到了二次降温作用,避免了频繁喷水,有利于干法生产。如果温度不成问题,也可以不设,毕竟多一个环节,设备多、投资大,作业率还可能不高,可以在设计时留有余地。

3.2.2 大高炉箱体直径为4m~6m,因此所有箱体数量都可以设在十几个以内,排列方式以1或2排为宜。改造时如果受场地限制,也可以因地制宜进行其他布置方式。

干法除尘方案中有一种环形布置方案,5个或6个箱体呈环形布置,优点是设备紧凑、占地少,可以共用卸、输灰设备。缺点是布置往往过于紧凑,以至于无法安装盲板阀,不能单独切断箱体进行检修,箱体数量较多时也难于布置。

3.2.3 高炉炉顶压力为0.1MPa~0.3MPa,最大煤气流量为 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ~ $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ (标况),在工况状态下实际流量不足一半,比一些动辄上百万烟气量的大型烟气净化工程要小得多,因此干法除尘可适用于任何容积高炉。

3.2.4 适用温度上限应在滤料的规定使用温度下工作。一般可以在200℃~220℃下长期工作;瞬时使用温度各种滤布有所区别:玻纤复合滤料大约280℃,合成纤维滤料大约240℃~280℃。长时间在上限或更高温度使用会降低滤布使用寿命。

适用温度下限宜高于煤气露点20℃~30℃。露点可实际测定或计算得出,一般约为20℃~40℃,高压下露点有所升高。一般要求干法除尘煤气温度应在80℃以上即可,当煤气含湿量低时,60℃~70℃也没有问题。

日本小仓资料表明：煤气最低温度还与煤气压力有关，见表4。

表4 日本小仓高炉煤气最低温度和压力关系

袋式除尘入口煤气压力(MPa)	最低温度(℃)
0~0.1	50
0.1~0.2	59
0.2~0.3	65

资料推荐在含有高SO_x煤气情况下浓度约10000ppm时，上述温度分别增加10℃。

3.2.5 过滤风速是确定过滤面积的主要参数，合理选择非常重要。国外滤速在干、湿并存情况下在0.8m/min~1.1m/min范围；国内全干式除尘多在0.3m/min~0.5m/min范围，相差数倍。差别原因和除尘器类型无关，而是决定于是否全干式以及滤布品种、性能等。合成纤维滤布（以芳纶 Nomex 为代表）强度高、韧性好，可频繁反吹，因此可以选择高滤速；玻璃纤维复合滤布（以氟美斯为代表）各项性能都好，只是脆性大，不宜频繁反吹，采用较低滤速可减少破损率，延长使用寿命。对比数据见表5。

表5 国内外高炉煤气干法除尘过滤性能对比

名称	单位	加古川1	小仓	太钢	攀钢	莱钢A炉	莱钢B炉	韶钢A炉	韶钢B炉	石钢	首秦1	迁钢2
高炉容积	m ³	4550	1850	200	1350	1880	750	2600	750	420~450	1200	2650
炉顶压力	MPa	0.25	0.17	0.10	0.16	0.25	0.15	0.25	0.16	0.1	0.17	0.25
煤气量	万 m ³ /h	68.0	24.0	20.0	28.0	40.0	18.0	48.0	16~18	10~12	23.0	50
布袋类型	—	反吹风	反吹风	反吹风	反吹风	脉冲	脉冲	脉冲	脉冲	脉冲	脉冲	脉冲
箱体数量	个	6	5	7	6	24	10	28	18	7	10	14
箱体直径φ	m	4.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.3	3.5	4.0	4.5
滤袋规格φ×L	m	0.3×10	0.3×10	0.3×10	0.3×12	0.13×6	0.13×5	0.13×6	0.125×6	0.13×6	0.13×5	0.16×7
滤袋条数/箱	条	77	46	45	56	192	192	207	134	192	248	250

续表 5

名称	单位	加古川	小仓	太钢	攀钢	莱钢 A 炉	莱钢 B 炉	新钢 A 炉	韶钢 B 炉	石钢	首泰 1	迁钢 2
过滤面积/箱	m ²	740	442	442	645	470	470	507	316	470	608	880
总面积	m ²	4440	2210	3094	3876	11280	4700	14185	5633	3290	6080	12300
工况系数		0.43	0.39	0.8	0.64	0.46	0.64	0.56	0.54	0.8	0.51	0.46
标况滤速	m/min	2.55	1.81	1.08	1.2	0.59	0.64	0.56	0.53	2.6	0.63	0.68
体积校正系数	m/min	1.10	1.07	0.86	0.77	0.27	0.41	0.28	0.34	0.49	0.49	0.31
滤布种类	—	Nomex	Nomex	Nomex	Nomex	氟美斯	氟美斯	氟美斯	氟美斯	氟美斯	氟美斯	氟美斯
备注			反吹时 4 箱, 滤速 1.33 m/min	引进时为 6 个箱体, 18 万煤气, 滤速 0.9	引进时滤袋为 46 条, 滤速 0.94							

3.2.6 袋式除尘压差宜小于等于 3kPa, 在袋式除尘技术中已经是属于高压差操作。由于炉顶压力高, 操作若不注意, 布袋压差可能达到 10kPa ~ 20kPa。高压差将造成滤袋受力过大而损坏, 并使袋笼变形, 无法正常运行。高压差产生的原因是反吹不及时、投入箱体数量不足或布袋受潮结露所致。由于现在箱体数量较多, 遇到这种情况时应及时投入箱体; 若为低温结露所致则应当提高煤气温度解决, 严重糊袋时需要及时更换滤袋。

3.2.7 反吹装置组成:

1 大直径箱体可以设双排分气包从两侧喷吹。

2 回流阀的作用是风机连续运转时, 在反吹停止后打开回流阀使高压煤气循环流动。

3.2.8 改变喷吹压力可影响反吹效果, 过高的喷吹压力对滤布和脉冲设备寿命有一定影响。

3.2.9 虽然喷吹的空气量很少, 不会有什么影响, 但是应防止脉冲阀损坏造成压缩空气大量泄漏而带来的危害。由于除尘灰接触空气可能产生自燃, 因此气力输灰严禁采用空气输送, 而是采用氮

气或净煤气输送。

3.2.10 反吹风机参数选择与设置:

1 反吹风机介质为高炉净煤气, 升压 10kPa ~ 15kPa, 风量按单箱体过滤煤气量(工况)的 1.0~1.6 倍选取。引进风机能力偏低, 改进后情况较好。上述参数均取自国内已有的实践数据。

2 应设两台风机, 一用一备。有些仅设一台是不合理的, 因为风机连续运转, 应有第二台备用。

3.2.11 反吹制度的规定:

1 除尘器有定压差反吹或定时反吹两种方式, 两类除尘器都是如此。无论哪种方式, 都要控制好压差, 不能过高。

2 脉冲袋式除尘可选择在线反吹或离线反吹。

3 反吹风袋式除尘只有离线整箱反吹。

3.2.12 箱体过滤面积由煤气工况流量(已包含湿分)和工况滤速或过滤负荷计算确定。计算数量已含备用滤布面积。

工况流量: 在实际温度、湿度、压力下进入除尘器的含尘煤气流量, 是标准状态流量乘以体积校正系数得出来的实际流量。压力不同, 工况体积(或流量)约是标准状态的 40%~80%。

体积校正系数计算公式为:

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{(T_0 + t)}{T_0} \frac{P_0}{(P + P_0)} \quad (1)$$

其中 P_0 为 0.101325MPa, 实际应按工程大气压 $P_0 = 0.1\text{MPa}$ 计算。

若以干煤气计算, 则应考虑水分影响, 其计算公式为:

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{(T_0 + t)}{T_0} \frac{P_0}{(P + P_0)} \left(1 + \frac{d}{804 + d} \right) \quad (2)$$

式中: d ——煤气含湿量(g/m^3)。

体积变化主要受压力影响, 而温度影响较小, 可选一个平均值计算。表 6 是取煤气平均温度 165℃ 时的校正系数, 反映了不同压力下煤气体积(流量)的变化情况。温度不同, 数值略有不同。

选择系数时不宜按最大炉顶压力考虑,而应当按经常操作压力计算。

在 165℃ 时的修正系数计算简化为下式:

$$\eta = 1.6 \times \frac{0.1}{P + 0.1} \quad (3)$$

此时体积校正系数 η 与压力关系见表 6。

表 6 体积校正系数 η 与压力关系

炉顶压力(MPa)	0.06	0.1	0.15	0.20	0.22	0.25	0.30
体积校正系数 η	1.0	0.8	0.64	0.53	0.50	0.46	0.40

3.2.13 管道设计应注意以下内容:

1 荒、净煤气管应按高温及压力管道设计,温度和压力等同于箱体设计参数。

2 荒煤气总管应当按等流速原理设计,按工况流速 15m/s~20m/s 计算管径。荒煤气主管随煤气进入箱体,宜设计成几段逐渐缩小的变径管,以实现等流速原则。

3 管路应合理设置波纹膨胀器。膨胀器为不锈钢制造,部分高炉的煤气冷凝水有较强腐蚀性,注意材质选用。

3.2.14 炉顶喷水是降低炉顶煤气温度的必要和有效措施,既保护炉顶设备,也有利于保护干法除尘设施。目前多数高炉是设 2~3 支喷水管路,靠阀门切换实施水量调解,可以满足一般降温要求,但是出现 800℃ 以上的事故高温时喷水能力往往不够,因此烧毁滤袋事故时有发生。

国外(包括引进项目)喷水降温考虑得比较周密细致,设置了专用高压水泵,可满足事故高温降温需求。水量可根据煤气温度和流量实施自动调节,喷水系统构成一个回路,控制阀设在回水管路,温度正常时阀门全开,水量回流;需要喷水时调节阀开度可控制水量大小;阀门全部关闭时喷水量达到最大值。为了充分雾化,设计了专用高压喷枪,喷雾系统又分上下两层布置,又可分级调节水量,降温效果良好。停止喷水后则以少量氮气喷吹以防

喷头堵塞。不足之处是安装在重力除尘上,当重力除尘直径较小或水量控制不好时会造成除尘器积水,达不到预期效果,目前多数已经改在炉顶安装。

为了更好地实施温度控制,进一步使煤气降温,部分干法除尘在布袋前增设了降温装置,通过散热降低温度。前面已经提到了两类:一种是热管式换热器,一种是列管式换热器,为并联布置,靠蝶阀切换,并且实现了自动操作。

3.2.15 放散管分两类,一类是各箱体、密闭盲板阀和管路放散,主要是检修和阀门操作之用。另一类是荒煤气总管尾端放散,作为开炉时引气提升煤气与管道温度之用。放散管高度应符合安全规定以保证安全。尾端放散管水平段和弯头部位应有内衬。

部分高炉荒煤气总管放散管直径较大,主要用作事故放散,可将大部分高(低)温煤气放散以保护箱体与滤袋,放散管设调压阀门,以调节炉顶压力。因为涉及环保问题所以并不提倡,未写进规范之中。

3.2.16 干法布袋除尘箱体,卸、输灰系统及管道保温十分重要。净煤气管保温也很有必要,有利于余压发电和防止水分过早凝结。

3.2.17 当管道有积水点时应设排水阀门。

3.2.18 随着干法除尘推广,煤气管道及阀门出现了不同程度的腐蚀现象,因此应采取本条规定的各项有关措施。腐蚀主要原因是煤气冷凝水含有多量氢、氯离子使水呈强酸性引起的。部分厂煤气冷凝水中氯离子含量达到每升水数万毫克,pH 值达到 1~3,普通钢材和不锈钢波纹管都难以耐受;而有些厂又完全不存在此问题,所以应区分对待。据了解,腐蚀和原料成分特别是和氯化物含量有关。新建干法除尘应考虑在管道内喷碱、喷水或预留喷碱或喷水塔位置。防腐蚀是干法除尘工艺的一项重要课题。

4 本体设备

4.0.1 箱体设计应按 350°C 考虑,是考察了事故情况下所能达到的温度。尽管瞬时煤气温度可能超过此值,沿壳体截面的温度平均值还不可能很高。实际上钢材允许使用温度均在 350°C 或以上。

特殊荷载是指爆炸压力 0.4MPa 和负压值 0.01MPa 。若按压力容器设计则满足此条件。

4.0.2 对于炉顶压力大于等于 0.1MPa 时,箱体、管道和相关内容应按照现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 执行。为了高炉生产正常运行,在使用过程中不必接受劳动行政部门、安全监察部门的年度监察。

4.0.3 箱体直径按公称直径标准系列选取,是指箱体内径。喷吹气包可以用外径为基准,以便采用无缝钢管为壳体,如:外径 325、377、426 等。

4.0.4 箱体壁厚应按压力容器规定选取。

4.0.5 箱体制造与检验要求应按压力容器规定办理。

5 滤料选型与滤袋规格

5.1 滤袋材质

5.1.1 目前滤袋材质主要两大类,一种是以芳纶(Nomex)为代表的合成纤维针刺毡;一种是以玻璃纤维为主体、掺加少量合成纤维类的复合型针刺毡。

合成纤维滤料强度与韧性好,使用寿命长,因此可以在较高滤速下使用,只是承受温度比玻纤类滤料稍低,价格较高,是国内外广泛使用的高温滤料。

玻纤复合针刺毡具有耐热性好,价格便宜,原料容易解决的优势。缺点是玻纤材料有一定脆性,寿命较短而且稳定性差,因此适用于较低滤速下工作。目前复合滤料纤维成分、配比、针刺工艺、表面处理等要求各厂很不统一,急需制定标准,以确保质量优良和性能稳定。

滤布表面涂层处理或覆膜可以提高滤料性能,如防水性、透气性、耐腐蚀和提高使用寿命等。用于煤气除尘更希望低温结露时糊袋的灰泥易于剥落。

高温滤料品种很多,适用于煤气净化的新品种还在开发之中,如还有金属质过滤材料等。优质滤布将使干法除尘工作更加稳定、可靠、性价比更好。

5.2 滤袋规格

5.2.1 煤气净化使用的脉冲除尘滤袋规格为: $\phi 120\text{mm} \sim \phi 160\text{mm}$,其中也有 $\phi 125\text{mm}$ 规格的,没有严格限定,长度6m。为了增加过滤面积,很多厂进行了加长试验,目前7m规格滤袋较多,个别的用了8m长滤袋,脉冲阀生产厂家也说明了8m可行,效

果如何取决于工作条件和脉冲阀性能,应在生产中进一步总结。

5.2.2 脉冲除尘滤袋内衬袋笼,由于整体太长,应采用多段组合式结构,以便在箱体内存放或取出。

目前滤袋及相关配件规格、尺寸应标准化,以利于生产与使用。

5.2.3 反吹风袋式除尘滤袋在国内多采用 $\phi 250\text{mm} \times 8000\text{mm}$ 规格。引进规格为 $\phi 306\text{mm} \times 10000\text{mm}$,如太钢和首钢等。攀钢则为 $\phi 306\text{mm} \times 12000\text{mm}$ 。

5.2.4 反吹风大布袋沿长度方向缝一定数量的不锈钢丝环,目的是防止反吹时滤袋被压扁,影响清灰。

6 卸、输灰工艺

6.1 一般规定

6.1.1 不同容积高炉除尘灰特性相差很大,设计时应了解清楚。除尘灰体积密度实测值约 $0.2\text{t/m}^3 \sim 1.2\text{t/m}^3$,含铁量为 $10\% \sim 40\%$ 。大型高炉体积密度约为 $0.9\text{t/m}^3 \sim 1.2\text{t/m}^3$,含铁量约为 $30\% \sim 40\%$ 。采用旋风除尘器后袋式除尘灰量较少,体积密度及含铁量较低。以体积密度为例,高炉越大体积密度也越大,粒度变粗,灰量增加。因此大高炉容易出现管道积灰,阀门与输灰管道磨损等问题。

除尘灰特性见表 7。

表 7 除尘灰特性表

高炉容积(m^3)	≤ 1000	> 1000
体积密度(t/m^3)	$0.2 \sim 1.0$	$0.9 \sim 1.2$
颜色	浅灰、浅黄~黑灰	黑灰
含铁量($\%$)	$10 \sim 30$	$30 \sim 40$

6.1.2 除尘灰另一特性表现在部分干灰接触空气有自燃现象,不论高炉大小都可能发生,给干法除尘带来很多问题。初步认定和入炉原料有关,特别是与原料含锌量有关。同一个高炉在变料前、后除尘灰可从不自燃到自燃,或者相反。自燃的程度也各不相同,有时甚至十分强烈,导致损坏设备,烧毁滤袋。对此,设计时应有相应措施。

6.1.3 荒煤气含尘量一般为 $6\text{g/m}^3 \sim 12\text{g/m}^3$,少数甚至更高。减少袋式除尘灰量目前有多种方案:

1 以旋风除尘代替重力除尘,除尘效率可以提高到 $80\% \sim$

85%，灰量明显减少，约为 $3.5\text{g}/\text{m}^3 \sim 4.0\text{g}/\text{m}^3$ 。

2 对已有高炉可在重力除尘之后增加一个旋风除尘器，除尘效率从重力除尘的 55%~60% 提高到 80% 以上。

3 加大重力除尘器直径，内部增加挡灰板，或改变内部结构均可提高除尘效率。

注意除尘效率应适中，袋式除尘灰不可过少过细，否则使干法除尘卸灰困难，自燃性增加，生产增加难度。

6.2 卸、输灰工艺

6.2.1 当机械输灰时应设中间灰仓以便密封煤气。当气力输灰时不必设中间仓，除尘灰通过卸灰阀直接进入管道气力输出。系统应有蒸汽伴热并外保温，阀门处建议细管缠绕并通蒸汽。

与输灰机接口处应为软连接。扬尘部位应密封并除尘。

6.2.3 气力输灰。各个箱体除尘灰通过气力输送管将灰输至大灰仓储存。输灰气体压力应接近煤气压力，不要过高，否则会倒入箱体。以煤气输灰时煤气压力应大于等于 0.2MPa 。

以煤气输灰时尾气净化后应引入低压煤气管网回收，氮气输灰时尾气净化后放散。

目前多为稀相输送，今后应优先采用浓相输送及远距离输送。

6.2.4 机械输灰最多使用的有埋刮板运输机、螺旋运输机等，应加强密封以防止煤气逸出和除尘灰自燃。

避免使用斗式提升机，在自燃情况下，垂直安装的斗提将产生抽力，加速燃烧并损坏设备。为防止煤气结露，输送机应有外保温，寒冷地区宜设蒸汽伴热。

6.2.5 除尘灰外运。罐车运输是一种较好方案，有抽吸式罐车、压送式罐车和自流式罐车，都能达到密封输送的目的。罐车卸灰处必须有完备的排灰设施，如输灰气源及密封式受料仓等。如果采用自流罐车，卸灰口处应密封和除尘。

敞车运输时应设加湿机，将干灰加湿后外运，禁止干灰直接装

车或落地。

6.2.6 无论是除尘器箱体还是大灰仓都应有 24h 储存量,以便处理事故与设备检修。

7 电气、自动化检测与控制

7.1 一般规定

7.1.1 干法除尘电气、自动化与计算机系统应按三电一体化的原则设置。其装备水平应和高炉主控室统一考虑。

7.1.2 计算机控制系统除了应对整个干法袋式除尘系统进行控制外,还应与高炉主控室、TRT 控制室等的计算机控制系统进行数据通讯。一些高炉已将干法控制系统放于高炉主控室内,加强联系,方便操作。

7.2 电 气

7.2.1 干法除尘系统供电应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的有关规定,应与高炉供电相一致,一级负荷供电应由两个电源供电,当一个电源发生故障时,另一个电源不应同时受到破坏。计算机系统和在线煤气浓度检测装置应配置 UPS 电源。

7.2.2 干法袋式除尘属煤气区,危险区域应为 2 区。现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 规定:

0 区:连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境;

1 区:在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境;

2 区:在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境,或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境。

7.2.3 所有设备包括阀门、输灰系统等,凡是参加连锁控制的都能同时进行手动键盘操作和机旁操作。

7.3 自动化检测与控制

7.3.1 所有高炉检测项目基本相同,测点位置、数量可以适当调

整,如温度、压力、压差、流量、灰位、含尘量测定等。

由于部分检测项目可靠性较差,应有其他的辅助手段协助工作。如含尘量自动检测最好配有过滤法定量检测装置及人工放散检查装置。灰位计也应当选择适用型号以满足自动化操作要求。

7.3.2 干法除尘的自动化过程控制包括反吹、温度控制和清灰操作等,可实现自动操作、手动键盘操作和现场人工操作,具体要求如下。

1 反吹:脉冲除尘可定压差或定时反吹,可在线反吹或离线反吹。离线反吹时比在线反吹增加一个箱体净煤气蝶阀开闭程序,即反吹开始先关闭该箱体净煤气支管蝶阀,切断煤气后再进行脉冲反吹,全部反吹一遍后再打开净煤气蝶阀恢复过滤,各箱体依此进行。在线反吹指箱体处于过滤状态下进行脉冲反吹,是一个边过滤边反吹过程。

反吹风大布袋除尘采用煤气风机加压反吹,由于是整箱反吹所以属离线反吹。加压煤气通过箱体过滤阀和反吹阀开闭实施逆向反吹。一个箱体反吹完成后下一个箱体进行反吹,直到全部箱体反吹一遍。阀门启闭和箱体依次反吹按程序进行,由于风机连续运转,反吹完成后反吹回流阀自动打开使反吹气回流。

2 自动化控制对于有前置散热器的蝶阀切换应当特别注意,务必防止三个蝶阀同时关闭,否则切断煤气通路将出现重大事故。降温旁路接通时先打开散热器进出口蝶阀,到位后总管蝶阀方可关闭;降温旁路断开时先打开总管蝶阀,到位后才能关闭旁路进出口蝶阀,一切按设定程序进行。

3 卸、输灰系统程序控制。机械输灰时先打开输灰机、卸灰阀门,再开仓壁振动器。关闭顺序为先停止仓壁振动器,关闭卸灰阀门,再停止输灰机。

气力输灰时先打开大灰仓尾气放散蝶阀,开氮气管路球阀送气,再按顺序自下而上开卸灰阀门,最后开仓壁振动器。停止输灰时先关闭振动器、卸灰阀门,最后关闭输气球阀停止送气。煤气输

灰时先关闭尾气放散蝶阀,打开煤气回收蝶阀,再依次开煤气管球阀、卸灰球阀,卸灰钟阀和仓壁振动器;停止时顺序相反。

一切操作均要求阀门开关到位后下一步才开始动作。

8 安全与环保

8.0.1 隔断装置只能是盲板阀或眼镜阀,并和蝶阀配合使用,其他形式阀门不能作为可靠隔断装置。炉顶压力大于等于0.05MPa时应当使用密封式盲板阀。

密封式盲板阀应设氮气充填和煤气放散管。阀门前后设连通均压管。大型阀门应增加软水冷却。

8.0.2 箱体进入检修前首先关闭进出口盲板阀,彻底切断煤气,然后打开箱体放散阀将煤气放散,并以氮气置换煤气,空气置换氮气。空气置换可用压缩空气或鼓风机鼓风。采用氮气和压缩空气置换时,应以软管活结方式连接,置换完成后及时断开软管与箱体的连接。

8.0.3 干法除尘属于煤气区,加强煤气检测至关重要。除了便携式煤气表和氧气表外,在主要操作平台及控制室、电气室应设固定式煤气浓度检测仪表,在控制室显示并声光报警。

8.0.4 煤气系统应设有温度与压力高低限报警装置,以应对操作中的变化。

8.0.5 箱体应设安全阀,以确保箱体安全。主要作用是防止系统超压或当氮气或压缩空气置换时防止误操作,使压力过高而及时卸压。

过去中、小高炉因设施不完善而规定箱体应设泄爆阀,如今干法除尘设安全阀即可。国外干法除尘(BDC)和国内引进的数套设备均无泄爆阀。在技术交流时,大家的观点是一致的。

近年来大型高炉干法除尘设泄爆阀的不止一次出现问题,是因设置不当,并不是煤气爆炸引起的。正常生产不存在爆炸条件,与炉体、重力除尘器、洗涤塔等不设泄爆阀道理是一样的。

8.0.6 煤气冷凝水含有少量氰、氯离子和其他有害物质,有时还有腐蚀性,因此不应任意排放,应统一收集进行无害化处理。

8.0.7 煤气除尘灰只要是开放式运输一定有扬尘,包括采用自流式接灰的罐车,应在扬尘点处设置密封装置并抽风除尘。直接装车则采用加湿机加湿,可以避免扬尘。

8.0.8 除尘灰综合利用过程可能有各种污染产生,设计时应充分考虑防止与治理方法,以免产生二次污染。

8.0.9 大布袋除尘反吹风机处于高温、高压、煤气等恶劣工作条件下,防止煤气泄漏是生产应当重点关心的问题。风机一定要保证质量,轴承处要求特殊密封结构,并需在室外安装。生产时应当严密检测周围煤气浓度,特别是生产一段时间后更要注意。风机泄漏煤气有过事故教训。

8.0.10 干法除尘属于煤气区,必须考虑易燃易爆特点,因此应有安全防火措施,考虑防火通道和消防水源。

8.0.11 除尘器人孔、阀门很多,所有操作点都应设符合安全要求的操作平台与梯道,宽度与角度应适于紧急事故处理需要。