

# 首钢二炼钢屋顶电除尘方案介绍及探讨

胡学毅

北京首钢设计院 北京 100043

**摘要** 本文对国内外湿法和干法屋顶电除尘的发展和使用情况做一介绍,并对它们各自的优缺点进行了比较。文中结合首钢二炼钢厂准备上屋顶电除尘净化逸散的红烟,介绍了所做过的湿法、干法屋顶电除尘等不同治理方案的情况,并就此提出具体看法。

**关键词** 屋顶电除尘 转炉 散烟 红烟

## 1 前言

首钢二炼钢现有 210 吨转炉 3 台,均配有一次除尘和二次除尘装置。由于这 3 台转炉是进口的二手设备,转炉的四周在结构上有不尽合理之处,使得密封好转炉四周十分困难,因此在冶炼过程有小部分烟尘逸散至厂房顶部,特别是当冶炼不正常或炉口喷溅时,会有大量红烟从厂房的天窗冒出,污染大气环境。首钢位于北京市西部的石景山区,恰是北京的上风向,污染物的排放对大气环境质量的影响更加敏感。随着北京市对大气污染控制治理的要求日益严格,控制厂房顶部出现的红烟已成为环保治理的重要课题。因此,在炼钢厂房顶部增设屋顶电除尘器治理红烟的方案一直在酝酿中。

## 2 湿法和干法屋顶电除尘

根据有关资料报道,屋顶电除尘在日本使用比较广泛,主要应用在转炉、电炉和高炉的厂房,入口浓度一般在  $0.2\sim 0.4\text{mg}/\text{m}^3$ ,处理烟量从几十万  $\text{m}^3/\text{h}$  到几百万  $\text{m}^3/\text{h}$ 。大部分屋顶电除尘是用来收集一次除尘和二次除尘设施在收集过程中少量未被捕集而四处散发的烟尘。由于散烟的收集风量要比散烟大许多倍,风量大,处理浓度低是屋顶烟气的特点,也是屋顶烟气难于治理的原因所在,因此世界各国都开展过大量的研究工作,目的是为研制低能耗的集尘方法和除尘装置。国内冶金部建筑设计总院和冶金部安全环保研究院在屋顶电除尘方面做过不少的实际工作,比较典型的项目是宜昌八一钢厂的电炉和攀枝花钢厂的 120 吨转炉的二次烟尘治理。它们所采用的收集和净化方法是在烟尘发生部位的上部-屋顶安装湿法立式电除尘器。为减轻设备本体重量和防止腐蚀,结构极板采不锈钢和铝合金板,依靠烟气的热压导入除尘器,极板和电晕线采用水冲洗的清灰方式。屋顶电除尘器作为轻型除尘设备,具有以下特点:

(1) 阻力低,由于屋顶电除尘器直接装设在车间屋顶上,为立式结构,烟气靠

自身热压上升并通过电场，不用风机或仅用轴流风机即可。

(2) 重量轻，由于处理的烟气含尘浓度较低，不要求太高的除尘效率即可达到排放标准，因此，结构尽可能做得简单。重量轻，可减少一次投资。

(3) 无振动噪音，采用水冲洗清灰，不仅有效地避免了高比电阻烟尘产生反电晕，防止了由于机械振打而发生的二次扬尘，提高了除尘效率和操作的稳定性，使运转部件维护工作量小。

但从国内这两套典型设备的实际运行来看，均存在一定问题。由于这两套湿法屋顶电除尘器是替代一次除尘（八一钢厂）和二次除尘（攀钢），所以初始的含尘浓度较高，如八一钢厂的湿法屋顶电除尘，因浓度高造成极板沉积物过重，使设备整体重量加大和清灰的工作量增大，结果造成屋顶梁严重变形，设备无法运行，只好停止使用。

欧美发达国家在屋顶电除尘器收集烟尘方面曾做了大量的试验和测试工作，根据他们的经验认为干法屋顶电除尘在某些方面要比湿法略胜一筹，其理由如下：

目前的湿法屋顶电除尘，烟气竖向通过收尘极板，仅靠热压为动力。除尘器安装在接受罩的上部，其布置方式见图 1 所示。由于炉子工作为周期变化，上升气流速度也发生变化，当温度低，热压变小的时候，烟气虽然通过导烟通道达到屋顶，但穿过除尘器的能量不足，导致烟气在顶部悬浮扩散。另外，由于外部车间屋顶的几何形状，厂房的排烟速度及通风量随着外部风向及风速的变化而变化。这将对不依靠动力的湿式屋顶电除尘器产生很大的影响，而这里说的干法屋顶电除尘器，实际上是安装在屋顶收集槽的一侧带轴流风机的卧式电除尘器，见示意图 2。由于在烟气上升过程中，中心的烟气上升速度和烟尘浓度远大于边缘，而靠热压为动力的湿法屋顶电除尘器，考虑本身的阻力，不可能把上升速度和浓度分布的很均匀，这样就妨碍了设备除尘效率的提高。而轴流风机的干法屋顶电除尘器，可以通过屋顶收集的翻板和屋顶管道和进入电除尘器进出口的分布板，进行调节和混合，做到比较好的混合，提高除尘效率。屋顶电除尘器轴流风机的压头根据风管布置情况，一般在 300~600Pa，1.5KW~3KW/万 m<sup>3</sup>/h，根据进口

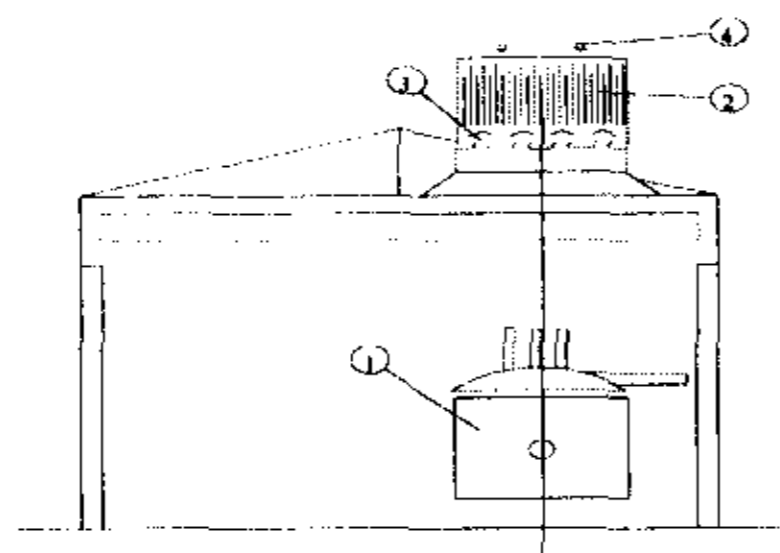


图 1 湿法屋顶电除尘器示意图

1. 电炉; 2. 湿法屋顶电除尘器; 3. 水槽及导烟板; 4. 喷水管

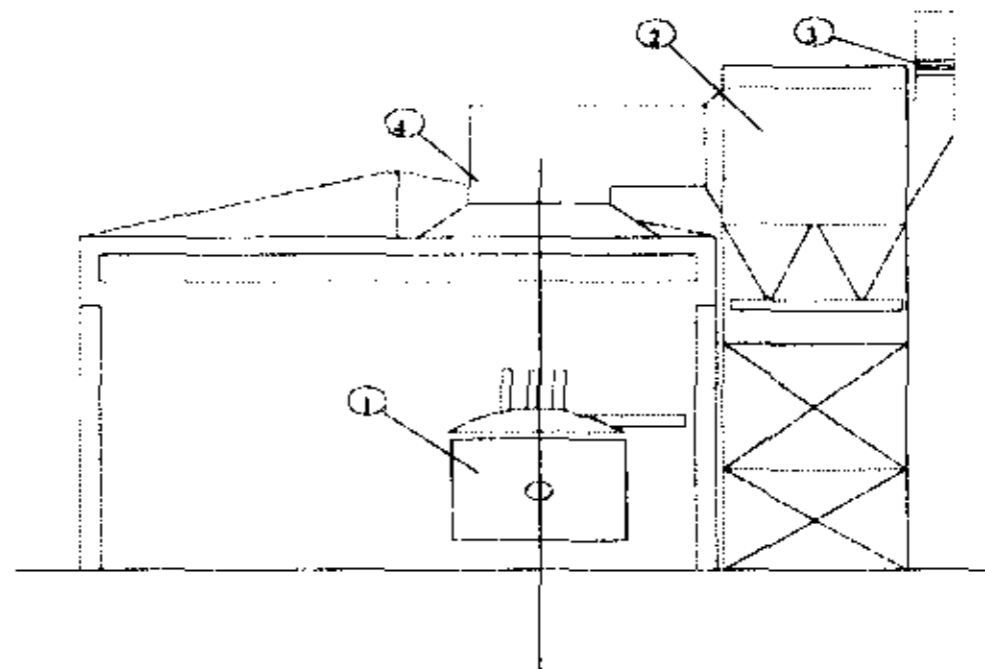


图 2 干法屋顶电除尘器示意图

1. 电炉; 2. 干法屋顶电除尘器; 3. 轴流风机; 4. 导风管

浓度和排放要求，电除尘器为二或三电场，二电场的除尘效率可达到 90% 以上，基本能满足屋顶排放的要求。二电场要比三电场的占地面积少，在屋顶上布置比较容易。这种干式屋顶电除尘器与普通的卧式电除尘器没有什么本质区别，结构上必须做得轻些，因

为设备外壳的承压能力只有地面上 1/5~1/10。清灰方式可为侧部振打和顶部振打，顶部振打比侧部振打占地少，有一定的优势。

干式屋顶电除尘器偏离烟气的收集槽，所以设备的维修条件比湿法好，维修的时候可以打开通风气楼。湿法屋顶电除尘器清灰的污水一般排入一次除尘的一文的排水槽，干法可以将收尘送到地面的储灰仓，也可排入一文的排水槽。

干法屋顶电除尘器由于带轴流风机排风，所以动力耗电比湿法大，但与地面布袋除尘系统相比，能耗只有地面站的 1/10。屋顶电除尘总投资要比处理同样风量的地面站除尘系统小。很重要的问题是屋顶对除尘设备的荷重，该问题决定了屋顶电除尘能否实现以及布置在什么位置。一般对原有厂房结构都必须进行加固。由于干法屋顶电除尘器可通过管道导烟，所以，不象湿法屋顶电除尘器必须安装某跨的指定位置上。

### 3 首钢二炼钢屋顶电除尘器方案

(1) 从 1994 年就开始对二炼钢上屋顶电除尘进行了技术上的准备工作，首先进行调研，并委托冶金部建筑设计总院做了可行性方案。现场实测有关参数见表 1。

表 1 二炼钢厂房屋顶烟气测试结果

序号	实测部位	烟气量 (万 m <sup>3</sup> /h)	烟气温度 (C°)	环境温度 (C°)
1	C-D 跨, 单元天窗	60 ~ 80	15	8
2	B-C 跨, 9-10 列天窗	90 ~ 100	12	8
3	B-C 跨, 11-13 列柱天窗	125 ~ 165	12	8
4	B-Q 单个风楼	50 ~ 80	11	7

在 2# 炉炉体检修没有生产的情况下，烟气含尘浓度为 219.07 ~ 513mg/m<sup>3</sup>，其他天窗及风楼烟气含尘浓度略低于上述值。采用湿法屋顶电除尘器，其技术条件和性能见表 2。

表 2 屋顶电除尘器的技术条件和性能

参数名称	单位	转炉	精炼	连铸
处理烟气量	米 <sup>3</sup> /时	~ 51 × 10 <sup>4</sup>	~ 51 × 10 <sup>4</sup>	~ 10 × 10 <sup>4</sup>
烟气上升速度	米/秒	1.2	1.2	1.4
烟气温度 (冬季)	°C	5	5	6
入口含尘浓度	mg/Nm <sup>3</sup>	< 500	< 500	< 500
出口含尘浓度	mg/Nm <sup>3</sup>	< 50	< 50	< 50
除尘器阻力	Pa	< 50	< 50	< 50
除尘器断面积	米 <sup>2</sup>	120	120	80
总收尘面积	米 <sup>2</sup>	2400	2400	1600
外型尺寸 (长宽高)	米	15 × 10.2 × 8	15 × 10.2 × 8	17.0 × 6.2 × 8
设备重量	吨	约 65	约 65	约 45
数量	台	3	3	3

注:采用间歇水冲洗清灰方式, 用可编程控制机控制喷水时间和周期。

湿法屋顶电除尘能否适合北方地区也是一个问题,二炼钢烟气中含CaO含量很高,遇水形成Ca(OH)<sub>2</sub>,在烟气下形成CaCO<sub>3</sub>等物,极板结垢不可避免。

(2)1996年我院又与美国Lodge-Cottrel公司合作制定了一个屋顶电除尘方案,该公司对转炉、电炉二次烟气的屋顶收集系统做过大量工作,对吸风口、各管道设计有专利技术。这次方案主要控制点为转炉屋顶的3个天窗,以及增加转炉兑铁水顶部3个吸风口,吹氩站顶部一吸风口,总风量320万m<sup>3</sup>/h。Lodge-Cottrel公司提供的屋顶电除尘器处理风量为180万m<sup>3</sup>/h,除尘效率>95%,排放浓度小于50mg/m<sup>3</sup>,电除尘系统总阻力600Pa,风管风速为10m/s,除尘风管最大断面积为4m×12m。由于一台电除尘器不能同时满足七个除尘点的最大烟气量,因此需根据三台转炉吹炼以及兑铁水的情况通过电气阀门进行调节。

这次干法屋顶电除尘的方案,克服了湿法屋顶电除尘器的某些问题,但收集仍以原湿法屋顶电除尘器可行性方案为依据。因此,也只能解决从天窗散发的烟尘。当不正常冶炼时,产生的二次烟会扩散整个厂房,特别是有侧向风时,烟会从厂房的侧向散出。由于方案中的7个除尘点的最大风量之和大大超过电除尘器设备的处理能力,所以,必须通过阀门进行调节,同时又需要考虑天窗做成可调节窗。根据生产的情况调节除尘抽吸风量和自然排放量。从分析可以看出,该除尘系统投入运行后只能对转炉跨散发到屋顶的烟尘在几个重要部位得到控制,改善了屋顶冒烟的程度,据估算每年可减少排放烟尘6000吨。但治理要求提出要彻底防止炼钢屋顶冒红烟,还必须保证一次、二次除尘的正常工作。所以需对原首钢的二次除尘做必要的改造,特别是炉子周围和烟罩的改造。

(3)1999年底,根据首钢二炼钢环保治理项目的要求,结合上两次方案的经验,消除主厂房冒红烟,考虑从两方面着手解决:一方面对炉口的烟罩,特别是罩裙四周的密封改造,加强控制烟和收集烟尘的能力,另一方面把散烟通过导烟汇集至屋顶,由设在屋顶的电除尘器进行收集净化,达到排放小于50mg/m<sup>3</sup>,即在房顶顶部看不见红烟。

屋顶电除尘器主要收集两部分烟尘,第一部分是冶炼,出钢期间从转炉罩裙密封罩的缝隙散出的烟尘;第二部分是在兑铁水和补炉期间从炉前散发的烟尘。第一部烟尘的导烟方法是打通▽+25.384m层,使炉口冒出的散烟导至▽+25.384m层上的密封室,并导入氧枪通道,通过采取密封措施的氧枪通道,进入▽+53.00m层和南侧的墙和氧枪通道顶部的接收罩,通过短汇集管与电除尘器进口连接;第二部分烟尘的导烟方法是在E-D跨▽+40.70m层屋面下接收罩,通过格栅板,导入氧枪通道,在氧枪通道北侧设密封,以利于烟气的导向和防止风向的影响,见图3所示。

考虑转炉炉口周围密封罩的改进,冶炼和喷溅时冒出的散烟应明显减少,所以电除尘器入口浓度按500mg/m<sup>3</sup>,排放浓度≤50mg/m<sup>3</sup>考虑,则除尘器效率必须>90%。电除尘器采用二电场能满足效率要求,为了保证烟气在卧式屋顶电除尘器内分布均匀,提高除尘效率,在除尘器进口和收尘罩口增加导流和均布板,这样烟气靠原有自身的热压是不能达到要求的,在屋顶电除尘器出口增加轴流风机,克服除尘器本身阻力,同时可保证处理风量,特别是室外风向变化的情况下可有效收集烟尘。

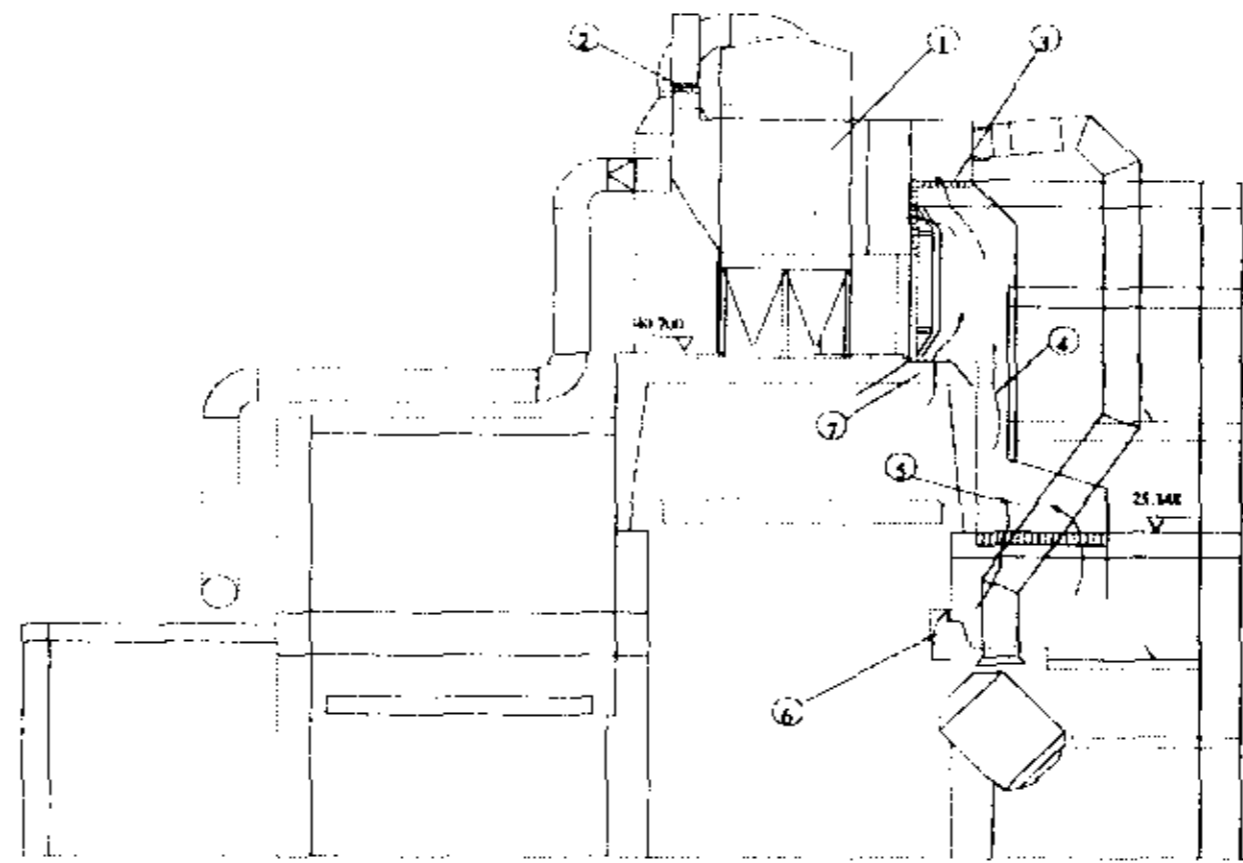


图3 二炼钢屋顶电除尘器布置图

1. 干法屋顶电除尘器; 2. 轴流风机; 3. 屋顶排烟口; 4. 氧枪通道; 5. 密封排烟室; 6. 炉前二次吸风罩; 7. 炉前屋顶排烟罩。

每台转炉氧枪通道上按  $180\text{m}^2$ ，平均烟气上升速度为  $0.6\text{--}0.9\text{m/s}$  计，总风量为  $388800\text{m}^3/\text{h}\text{--}583000\text{m}^3/\text{h}$ ，其中兑铁水部分  $10\text{万 m}^3/\text{h}$ ，转炉炉口  $48\text{万 m}^3/\text{h}$ 。每台转炉设两台屋顶电除尘器，每台除尘器出口向上设轴流风机三台，单台流通面积约  $75\text{m}^2$ ，布置在  $\nabla+40.70\text{m}$  屋面上，一文塔的两侧，见图3所示。

#### 4 结束语

首钢二炼钢已对上屋顶电除尘净化散烟做过多次方案，对屋顶电除尘的认识有逐步加深的过程，通过国内在上屋顶电除尘系统方面的经验教训和发达国家成功的治理经验，使治理方案一次比一次更加完善。经归纳总结有以下几点看法：

(1) 屋顶电除尘器是收集厂房顶部散烟的有效方法，屋顶电除尘器虽然比地面站投资要少，特别是运行费用要低得多，但是由于收集屋顶散烟风量大，总的投资是一笔不小的数字，所以目前首先应对原有的一次二次除尘系统进行改造、完善，使其发挥最大的效果为上策，第二步考虑是否分步上屋顶电除尘器为好。

(2) 干法屋顶电除尘器有许多优点，比湿法电除尘器更适合二炼钢屋顶散烟的捕集与净化。

(3) 做好厂房内的密封和排烟工作，是上屋顶电除尘器不可缺少的环节，只有好的收集和排烟，才能发挥屋顶电除尘器的应有效果。