

# 石景山热电厂超大型贮煤筒仓的设计

## Design of Extra-Large-Seale Storage Coal Silo in Shijingshan Cogeneration Power Plants

周留才

**文 摘** 介绍了石景山热电厂3万 t 贮煤筒仓设计中的工艺结构和超大型环式给煤机。双环缝进、出料系统居国内外同类筒仓的领先水平。超大型环式给煤机的浮动式驱动装置的研制成功,解决了设备制造、安装、维护等方面的难题。

**关键词** 筒仓 贮煤 工艺 设备 设计

北京石景山热电厂3万 t 贮煤筒仓设计包含下列四项研究课题,一是超大型贮煤筒仓工艺结构的研究;二是超大型配、给煤设备的研制;三是筒仓安全监控系统的研究;四是土建结构的研究。现仅就前两个课题的设计思想予以阐述,后两项将另文论述。

对于贮煤筒仓工艺结构及其配套设备的要求应该是既要满足贮煤工艺的需要,又要保证系统的安全运行。具体的说就是要求筒仓在其使用过程中具有:进、出料均匀、连续、流畅,不堵煤、不起拱,贮煤对仓壁无不均匀侧压等特性。为此,设计人员在石景山热电厂贮煤筒仓的设计中,首先对国内外通常采用的各种结构及设备配置形式进行分析、比较,以取他人之长。然后,再根据自己的特点,发挥自身成熟的技术优势,攻克超大型筒仓的一些关键问题。

## 1 筒仓的工艺结构研究

国内外常用的筒仓进、出料结构形式及石景山热电厂3万 t 筒仓的进、出料结构形式如下。

### 1.1 进料

进料形式一般有3种。

#### 1.1.1 单路或双路带式输送机头部卸料

这类卸料形式为点式落料,受料口为1或2个方型孔,该类卸料形式进料不均匀,充满系数小,同时还可能产生不均匀侧压。但因其系统简单,多用于1 kt以下的小型筒

仓。

### 1.1.2 双路带式输送机头部并中间卸料

这种形式亦属点式落料，落料点为4个，落料较均匀，充满系数较大，但同样可能产生不均匀侧压。该形式常用于万 t 及其以下的大、中型筒仓。

### 1.1.3 单路或双路带式输送机配以带式旋转布料机旋转卸料

带式旋转布料机可双向运行，且有2个输送半径，使布料点成为由大小2个同心圆组成的双环。这种形式落料连续、均匀，充满系数大，且贮煤对仓壁的侧压均衡。该形式虽然系统布置复杂一些，但能够有效地提高筒仓的容积并有利于筒仓的安全运行，比较上述入料形式，似是最佳选择。因此，该布料形式首次用于石景山热电厂3万 t 超大型贮煤筒仓。当然，双环缝入料口结构形式的设计及与之配套的大型带式旋转布料机的研制成功是该配置方案得以实施的前提。

## 1.2 出料

出料形式较多，大致可归纳为5种。

### 1.2.1 长缝式槽形出料口——叶轮给煤机给煤

缝式煤槽可设计成一条或两条，其垂直断面呈“V”字形或“W”字形，贮煤容积双缝大于单缝。这种形式应用于小型筒仓，简单实用。若用于大型筒仓(如丰润热电厂万 t 筒仓)，则弊端较明显：在长缝倾斜平面与筒仓圆弧面相交处容易滞煤，严重时还可能导致自燃；同时，双缝式煤槽因卸料时单边运行，易造成仓内煤偏积，产生不均匀侧压。

### 1.2.2 群斗式出料口——振动或其它形式给料机给煤

出料斗分圆形锥斗和方形锥斗，从性能上讲，圆形锥斗优于方形锥斗，但前者施工难度相对稍大。云岗煤矿洗煤厂3万t筒仓即为方形群锥斗出料口设计，筒仓下部为一平台，平台由若干立柱支撑，平台下设14个落煤斗，平台上部斗口之间连成锥体状以防止滞煤。物料由3条连接群斗的带式输送机转运至主输送机进入系统。这种工艺结构形式，土建施工较简单，但系统布置较烦琐，落料点多，转运设备多，出料不连续，非整体流动，有可能产生仓壁侧压不均匀现象。

### 1.2.3 群环缝式出料口——旋转给煤机给煤

筒仓下部设3~5个或7个锥形环缝，如日本四国电力公司西条发电厂的1.3万 t 筒仓采用的断面为“W”字形的4个环缝式锥体出料口。这种工艺结构形式，土建结构较复

杂，施工难度较大。优点是单斗的工艺性能好。但为了避免仓内存煤偏斜，而对仓壁产生不均匀侧压，要求4个料斗对角交替运行，且严格控制料位，因而运行管理难度较大。

#### 1.2.4 单环缝式出料口——大型环式给煤机给煤

单环缝式出料口由接筒仓内壁的倒锥台与中央蘑菇锥组合而成，其断面为“W”字形。该结构形式于10年前在石景山热电厂首次应用成功。这种结构形式比较前3种形式，具有出料口面积大，贮煤整体流动性好，出料连续、均匀，煤对仓壁的侧压均衡等特点。同时，与之配套的大型环式给煤机运行可靠，管理简便。这种单环缝出料形式不仅使筒仓具有良好的工艺性，而且具有一定的安全性，因而是大型筒仓的理想出料形式。

#### 1.2.5 双环缝式出料口——超大型环式给煤机给煤

石景山热电厂二期工程3万t超大型贮煤筒仓是万t筒仓贮存规模的升级，筒仓的出料形式自然应借鉴性能优良的单环缝式出料口——大型环式给煤机给煤模式。但3万t超大型贮煤筒仓，直径为36 m，如果仍采用前期工程的直径22 m筒仓的单环缝式出料口，那么倒锥台的斜向尺寸延长，筒仓的充满度将大打折扣，严重影响贮煤量。因此，适用于直径22 m筒仓的给煤设备不能适用于直径36 m筒仓。如何才能既保持环缝式出料口的优良性能，又保证筒仓具有足够的充满度呢？设计人员提出了双环缝式出料口方案，即相当于将原万t筒仓接仓壁的倒锥环沿径向拉开，在倒锥环和蘑菇锥之间再立一个正锥形环，从而形成大环套小环的同心圆双环缝式出料口，筒仓下部的直径断面为“W”字形。内环采用原直径22 m筒仓的设备即直径15 m环式给煤机，外环重新设计了直径30 m环式给煤机。无疑，对于超大型筒仓，不论是从其工艺性还是从安全性讲，这都将是最好的配置形式之一。

## 2 超大型环式给煤机的研制

超大型筒仓需要配置超大型的给煤设备。石景山热电厂二期工程3万t贮煤筒仓的给煤设备是由直径为15 m与30 m的2套环式给煤机组合而成，每套设备均包括1台犁煤车，1台给煤车和2台卸煤犁。直径15 m给煤设备用于一期工程已经过10余年的运行实践检验。其性能(包括工艺性、安全性、可靠性及经济性等)是完全能够满足大型筒仓的配置及运行要求的。直径15 m环式给煤机采用齿轮副传动形式，三点均布固定式驱动，启动平缓，运行稳定。同时，因采用了变频调速系统调速，犁煤车与给煤车以1:3的速比关系实行跟踪变化，操作简单，安全可靠。但直径15 m给煤设备仍有不足之处，因为其采用的是固定式驱动方式，这就对犁煤车和给煤车齿环与各驱动装置主动齿轮间的啮合状况的要求较高。因为，车体在旋转运行时，由于车体、轨道受制造和安装方面的误差的影响，在近50 m周长的范围内，齿隙在不断地变化，且不论是正向还是负向，当超过一定值时，设备均不能正常运行。这就为车体、轨道的制造和安装精度提出了很高的要求，即车体要平，轨道要平，3个驱动装置齿轮轴的中心高要一致。又因为固定式驱动，驱动装置的保护缺乏有效的手段。在一期工程中，曾有几

因个别驱动装置故障而被迫由车体带着转动，最终导致变速器被动旋转而损坏的例子。由此可见，对于直径增加一倍、周长近100 m的直径30 m环式给煤机来说，上述问题将更加突出。鉴于以上情况，并经全面分析比较，确定环式给煤机的设计思路为：直径15 m环式给煤机因其为成功运行设备，不宜做大的改动，故仅对其驱动装置增设机械调整装置及完善电气保护系统；直径30 m环式给煤机的设计以直径15 m环式给煤机的基本结构及驱动形式为基础，扬长避短，实现其技术进步。下面，重点论述直径30 m环式给煤机需要解决的4方面的问题。

## 2.1 主要参数确定

参数设计步骤：根据筒仓直径确定设备直径；根据万吨贮煤筒仓环式给煤机的运行情况确定车体运行线速度和转速；根据出力要求确定设备驱动功率。设备设计参数如下。

设备公称直径为30 m，其中，犁煤车直径为30 m，给煤车直径为28.8 m；

车体运行线速度(直径28.8 m圆周)：犁煤车额定线速度为0.325 m/s，给煤车额定线速度为0.975 m/s，犁煤车最大线速度为0.600 m/s，给煤车最大线速度为1.800 m/s；

犁煤车与给煤车在直径28.8 m圆周上线速度之比为1/3，实行变频调速，跟踪统调；

车体转速：犁煤车额定转速为0.216 r/min(逆时针)，给煤车额定转速为0.647 r/min(顺时针)，犁煤车最大转速为0.398 r/min(逆时针)，给煤车最大转速为1.194 r/min(顺时针)；

设备出力：额定(正常运行时)值为650 t/h，最大(燃煤排放时)值为1 200 t/h；

驱动功率：犁煤车为6×7.5 kW，给煤车为6×7.5 kW。

## 2.2 车体设计

直径30 m环式给煤机的车体结构设计以直径15 m给煤设备为基础，而直径15 m环式给煤机的车体结构基本上是合理的，因此，直径30 m环式给煤机在车体设计上仍然采用了直径15 m环式给煤机的结构形式，为了保证车体的强度和刚度，适当加大了断面尺寸。同时，为了尽量减轻重量，取消了一些不必要的限位用立轮和侧轮组；在方便制造和运输的前提下将给煤车车体分为5段(如比照直径15 m给煤车应分为6段)，从而又减少2对轮组。为了安装方便，将每段车体的行走轮安装位置设计为对称布置，轮距仍按均布荷载考虑。齿轮、齿条(环)的模数同直径15 m环式给煤机，即 $m = 25$  mm。这个模数的选择看似有些保守，但其原因并不是由于零件强度和刚度的需要，而是为了保持与直径15 m环式给煤机有更多的通用性，以便于设备的制造及备件的管理。而直径15 m环式给煤机由于存在着前面提到的制造精度和安装方面的要求，选择较大的模数是为了车体运行时齿轮与齿条(环)啮合的需要，实践亦证明，当采用固定式驱动时，选择较大的齿轮模数是必要的。

## 2.3 驱动装置的布置及设计

### 2.3.1 驱动装置的布置

为了使设备启动平稳及减少设备启动时的车体变形，直径30 m环式给煤机的犁煤车和给煤车都采用了6点均布的驱动布置。同时，采用多点驱动亦有利于减小驱动单元的体积和重量，便于制造、安装和检修。

### 2.3.2 驱动装置的设计

为了克服设备制造及安装、调整的难度，设计人员为直径30 m环式给煤机研制了浮动式驱动装置。该装置的工作原理是：在驱动齿轮轴上与齿轮同轴装一滚轮，在车体上与齿环平行装一环形滚道，齿轮和滚轮装在杠杆的一端，在杠杆另一端配重的作用下，滚轮紧紧地靠在滚道上，从而保证了驱动齿轮与车体齿环的啮合间隙为一恒定值。该值的确定方法是：使齿轮的节圆相切于齿条(环)的节线，并考虑适当的间隙。由此，无论车体和轨道的制造或安装的误差有多大，无论驱动单元的齿轮对应于车体的任何位置，齿轮与齿环之间始终保持着合理的啮合间隙。从而，不仅降低了设备制造的精度要求，解决了设备安装、调整等难度问题，还使设备的运行更加平稳，同时又能减少齿间磨损，延长驱动齿轮寿命。

### 2.4 驱动装置的保护

直径30 m环式给煤设备驱动装置的保护设计为电气和机械两级保护。电气保护的作用是，当任意一台驱动装置发生故障时，该路电荷载的变化可控制整台设备及其来煤系统所有设备的停车。机械保护的作用是，当任意一台驱动装置发生故障时，该台装置可自动脱离运行，从而可在电气保护万一失效的情况下不影响整个系统的正常运行并保护故障装置免受机械损坏。机械保护的实现得益于驱动装置的浮动机构，其工作原理如下：当某驱动装置故障“闷车”时，另外5台驱动装置仍驱动车体继续运行。对于故障装置的齿轮，车体齿环变被动为主动，继续带其运行。由于驱动装置“闷车”，齿轮不转，那么主动的齿环就会压下被动的齿轮，使故障驱动装置脱离啮合。在齿轮被压下的过程中，驱动头绕支点转动，当齿轮轴下移高度超过 $2/3$ 齿轮模数时，驱动支架另一端的重锤开始卸荷，重锤卸荷后，驱动头自动落下。至此，驱动装置完全退出运行。由于在设备的功率计算中已考虑了这种情况，因此，在设备启动后的正常运行中，有一台设备退出，并不影响设备的正常运行。

综上所述，超大型贮煤筒仓应用于火力发电厂在我国虽然是首次，但石景山热电厂3万 t贮煤筒仓的设计实例，说明了我们设计的筒仓不论在结构、功能及安全性和技术性方面，都是较先进的，特别是双环缝进、出料系统，根据目前掌握的信息，应该说该项技术是领先于国内外同类筒仓的。同时，超大型环式给煤设备的成功研制为超大型贮煤筒仓的运行创造了条件。1998年9月设备试运行，证明各项指标均达到了设计要求。

石景山热电厂3万 t贮煤筒仓的成功运行，为我国电力行业超大型贮煤筒仓的应用开创了一个先例，为超大型贮煤筒仓在火力发电行业的推广打下了一个良好的基础。

作者单位：华北电力设计院(北京 100011)

(收稿日期：1998-12-14)