

[苏联] C·M·叔海尔主编

发电厂水力除灰

水利电力部西北电力设计院技术室译



中国工业出版社

134
132

〔苏联〕C·M·叔海尔主编

发电厂水力除灰

水利电力部西北电力设计院技术室译

中国工业出版社

书中总结了发电厂水力除灰系统的设计、计算、调整和运行方面的经验，对具有灰渣泵和具有中央莫氏水力排渣器及 KEP 水力排渣器的除灰系统进行了分析，列出了各种煤和頁岩的灰分中的游离石灰含量数据，还分析了灰渣管中沉积层的形成过程，并且提出了减低沉积物形成强度的建议。

书中第一篇文章由李正奎同志翻译，第二篇由李广泽同志翻译，第三篇由陈巧义同志翻译，第四篇由杜新华同志翻译。本书在翻译过程中，曾得到崔加鼎、许尚宏、徐卫、金久远等同志不少帮助。全书经顾东民和周以国两同志校对，最后由陈济东和王公康两同志校订。

本书可供火力发电厂设计和运行部门的工程技术人员参考。

С.М.Шухера
ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЕ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1957 ЛЕНИНГРАД

* * *

发电厂水力除灰

水利电力部西北电力设计院技术室译

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑(北京阜外月坛南黄房)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $6\frac{1}{8}$ ·字数137,000

1964年10月北京第一版·1964年10月北京第一次印刷

印数0001—3,150·定价(科六)0.85元

*

统一书号: 15165·3158(水电-429)

统一书号:

15165·3158(水电-429)

定价: 0.85 元

目 录

Е.З.納格利著：具有中央莫氏水力排渣器和灰渣泵的水力除灰系統的調整和运行·····	1
Р.Н.維特曼 М.М.罗明著：发电厂水力除灰系統的設計与計算·····	39
Н.Г.扎洛根著：水力除灰系統各元件中矿物质沉积物的形成·····	73
В.И.列伊柯著：具有兩級灰渣泵房水力除灰系統的运行經驗·····	84

具有中央莫氏水力排渣器和灰渣泵的水力除灰系統的調整和运行

E.3. 納格利

用水力来輸送各种廢物已經得到普遍的推广，在发电厂內，用水力排除細灰和炉渣，也是一种最有效的除灰方法。

以B.E.維杰涅夫命名的全苏水利科学研究院 (ВНИИВ)，曾对許多发电厂的水力除灰系統进行过試驗、观察和調整。在本文內闡述了这些工作的結果。

在苏联的发电厂內，主要采用以莫氏水力排渣器或者灰渣泵将灰浆送往貯灰場的水力除灰系統。

水力除灰虽然得到非常普遍的推广，但是直到现在，对于发电厂这一重要部分的运行研究还很少注意。因此，不論在水力除灰系統的設計，还是它的安装和运行中，都存在着严重的缺点，从而在許多情况下使得水力除灰的运行不够令人滿意。这表现在冲走和运送灰渣所耗用的电能和水量很大，以及在运行和设备檢修上所耗用的劳动量也过大。

全苏水利科学研究院的任务是：对发电厂現有的水力除灰系統的运行进行分析，为消除現有水力除灰系統中的运行缺点拟訂改进措施，并对設計新电厂的水力除灰系統时应当考虑的某些問題提出建議。

所有水力除灰系統的主要部件是：冲灰冲渣裝置，鍋爐房內部干压輸送用的沟道，和压力輸送用的灰渣管道。

按灰渣管道輸送灰渣浆的不同方式，水力除灰系統可分为灰渣泵或莫氏水力排渣器系統。

下面就調查过的水力除灰系統的各个部件，以及这些设备的全部运行情况，加以探討。

1. 冲灰和冲渣設備

冲灰設備

为了在运行时将灰斗中的細灰除掉，装設有下列冲灰設備：

当水力除灰系統为定期运行时，装設：干灰出力为17吨/时的 BC175/210 型冲灰器；具有 BTH 型鎖气器和輔助灰斗的冲灰設備；經灰閘門和直通落灰管將細灰放入密封暗沟內的冲灰設備。

当水力除灰系統为連續运行时，装設：BC120/250 型冲灰器；帶有 BTH 型鎖气器和水封的冲灰联箱；經兩級 BTH 型鎖气器將細灰放入密封暗沟內的冲灰設備；“壺”型冲灰器。

BC175/210型冲灰器有两个噴嘴：即尺寸为 170×10 毫米的冲灰噴嘴，和尺寸为 60×5 毫米的激流噴嘴。冲洗水的平均单位耗水量約为 $2 \sim 2.5$ 米³/吨。在这样的耗水量的情况下，冲灰噴嘴前的水压为10米水柱，而激流噴嘴前的水压为32米水柱。这种冲灰器在运行时沒

有飞灰，但其主要缺点是在冲灰器前的落灰管上没有专门的调节均匀落灰的装置。没有调节装置，常常引起冲灰器的堵塞。

图1所绘的冲灰设备，具有锁气器和可供储存5.5~6小时灰量的专用灰斗。干灰由这些专用灰斗落入装有冲灰喷嘴的灰沟内。在采用这些设备时，单位耗水量为1~1.5米³/吨。这种冲灰设备操作简单，但其主要缺点是，在专用灰斗的下部会结成密实的灰层，在开始冲灰时需加以清除。

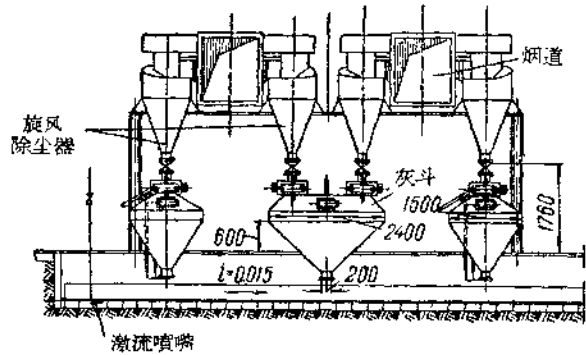


图1 带有BTM型锁气器和辅助灰斗的冲灰设备

装有灰闸门和直通落灰管的冲灰设备(图2)，也有储存干灰用的灰斗。干灰直接落入装有冲灰喷嘴的灰沟内。采用这种冲灰设备时，单位耗水量为3米³/吨。这种冲灰设备结构简单，运行可靠，但其主要缺点是有漏风现象。

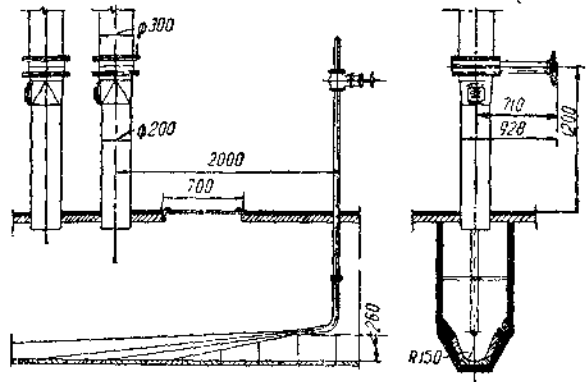


图2 经灰闸门和直通落灰管将干灰放入密封暗沟内的冲灰设备

BC120/250型冲灰器和BC175/210型冲灰器一样，也具有两个喷嘴：即尺寸为96×2毫米的冲灰喷嘴，和尺寸为20×3毫米的激流喷嘴。其出力为1~1.8吨/时（以干灰计）。当冲灰喷嘴前的水压为3~4米水柱，而激流喷嘴前的水压为30~40米水柱时，这种冲灰装置的单位耗水量为6~10米³/吨。这种冲灰器在运行时没有飞灰，但其主要缺点是冲洗水的单位耗量较高，和喷嘴的高度尺寸不够(2~3毫米)，这将引起冲灰器的堵塞。

装有BTM型锁气器的冲灰联箱(图3)，安装在灰斗的下面。在冲灰联箱沿线，装

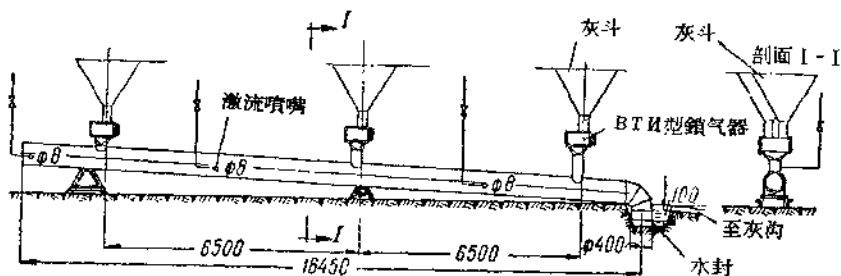


图3 设有BTM型锁气器和水封的冲灰联箱

很快地将这些渣粒由排渣槽冲入沟内；因而缩短了冲洗时间并减少了单位耗水量。

根据发电厂调整运行的数据，从渣斗中冲走约3~4吨炉渣，需要15~30分钟；每冲走1吨炉渣的耗水量约为1.5~2米³。

但是，当锅炉的正常运行遭到破坏时，例如在结焦的情况下，从槽中冲走炉渣则需很长时间，并且冲走1吨炉渣所耗用的水量达30~40米³，甚至更多一些。

由于必须根据炉渣的堆积程度，轮流地将锅炉排渣槽中的炉渣冲走，所以冲洗时间的长短具有很大的意义。

设计水力除灰系统时，在喷嘴直径为16~22毫米的情况下，冲洗喷嘴前的水压采取40~60米水柱，并且每个喷嘴的耗水量取为20~40米³/时。根据在十个发电厂进行调整运行时所得到的资料表明，在上述数据的情况下，冲洗时间有很大延长，而且冲洗炉渣的单位耗水量，大于冲洗喷嘴前水压为80~100米水柱、喷嘴直径为10~14毫米情况下的单位耗水量。

2. 灰渣的无压输送

通常利用敷设在除灰间地坪下的明沟，将灰渣从冲灰器和排渣槽，以水力输送至莫氏水力排渣器或灰渣泵。在调查过的具有莫氏水力排渣器的系统中，灰渣沟具有1~2%的坡度，而在装有灰渣泵的系统，灰渣沟则具有更大的坡度。灰渣沟用钢筋混凝土做成，用玄武岩、辉绿岩或铸铁镶板砌面，地坪表面用可揭开的金属板盖住。

在某些情况下，由于受到除灰间条件的限制，将灰渣沟做成金属槽的形式。金属槽用钢板做成并带有铸铁镶板砌面。这种灰渣槽装在除灰间地坪灰斗的下面。在排渣槽的渣沟上，装有孔眼为100×100毫米的格栅，用来筛选大块炉渣并随后加以击碎。

对于具有莫氏水力排渣器的水力除灰系统(图6)，在调查过的发电厂中，这种灰渣沟系统十分简单，因为水力排渣器是装置在两台锅炉之间，或者装在离锅炉不远的地方。对于装置在锅炉房外的灰渣泵系统(图7)，由于发电厂连续进行两、三期扩建，灰渣沟系统比较复杂。因为所采用的坡度不能保证灰渣浆在沟道内自流，所以要沿着沟道的长度装设激流喷嘴。激流喷嘴的用水，通常由压头为40~120米水柱的冲洗水泵供给。

装在沟内的激流喷嘴，不仅保证炉渣的输送，而且对炉渣也起一些破碎作用。这对带有莫氏水力排渣器的水力除灰系统特别重要，并可从两个发电厂的灰渣颗粒成分曲线图

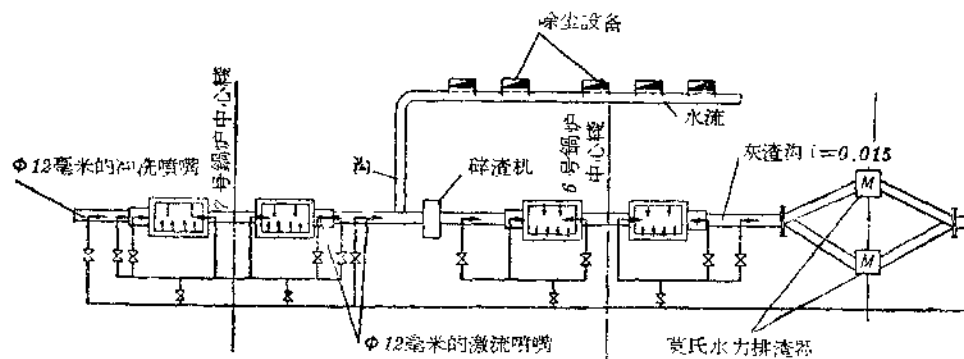


图6 在具有莫氏水力排渣器的设备中灰渣无压输送系统图

(图8, a和b)中明显看出。从排渣槽中出来的炉渣的颗粒度, 比在水力排渣器附近灰渣沟中灰渣的颗粒度要大很多。在水压较大的情况下, 炉渣破碎得也较多, 这样既便于冲渣沟内炉渣的输送, 也有利于水力排渣器的运行。激流喷嘴提供了调整耗水量的可能性。

从激流喷嘴出来的水流, 初速为 30~40 米/秒, 然后此流速随着水流方向逐渐减低; 因此, 沿灰渣沟在固体颗粒可能开始从水流中沉降的各点, 需依次装设激流喷嘴。在此情况下, 水流的流动是不均匀的, 沿灰渣沟各水流截面的水流速度及其深度, 将随距离激流喷嘴的远近而变化。所有这一切, 并不能判定沟中水流的平均流速, 和沟中是否被水充满。每一股冲激水流的有效区域, 依据喷嘴出口截面的直径和喷射速度而定, 也就是依喷嘴前的水压而定。因此可以得出结论: 水压越大, 两个激流喷嘴之间的距离也就可以越大。

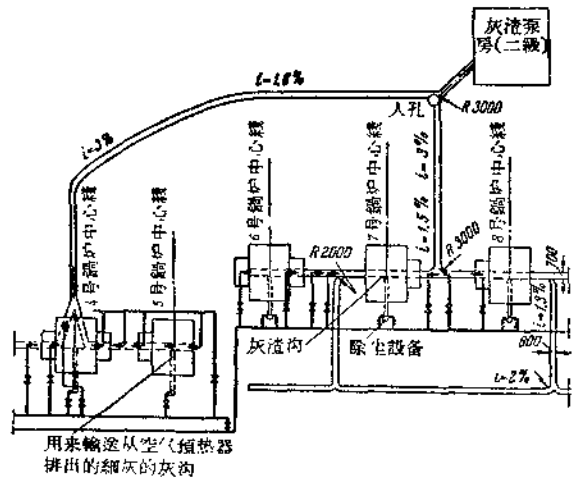


图7 具有外部灰渣泵房的灰渣无压输送系统图

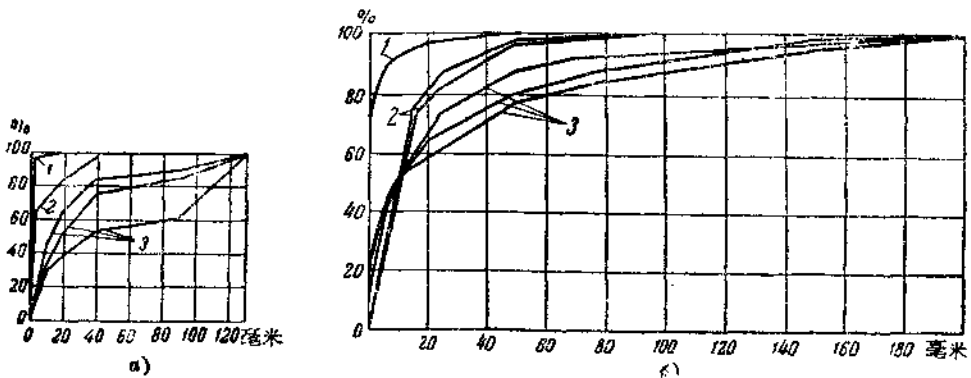


图8 灰渣的颗粒成分

a—1号国家区域发电厂; b—3号国家区域发电厂。

1—灰渣管道中灰渣的颗粒成分; 2—水力排渣器沟道中灰渣的颗粒成分; 3—排渣槽中灰渣的颗粒成分。

由于对具有激流喷嘴的无压输送的计算还没有完善的方法, 所以在选择水压、喷嘴截面和两个喷嘴之间的最佳距离时, 引起很大困难。

现有的自由射流的理论, 似乎可以用来计算激流喷嘴。但是将计算与实际的条件加以对比, 就可看出不能运用这种理论来计算水力除灰沟中的激流喷嘴。自由射流理论仅适用于自由空间, 而且不受固体壁限制的流束。从激流喷嘴中出来的水流, 则受到沟壁和沟内水流自由水面的限制。激流喷嘴必须安装在距沟底相当近和安装角度小于 10° 的地方, 这就使射流的扩散角受到限制。

自由射流应当与喷射空间内的介质有同样的物理特性(液体与液体)。从激流喷嘴出来

的水流作用在两相流体(水与灰渣的混合物)中。因为计算喷嘴时所采用的数据是假设的,所以计算的结果与实际数据就完全不相符合;为了探求具有激流喷嘴的灰渣沟的最佳运行方式,曾在11个发电厂中进行过试验和调整工作,这11个发电厂具有不同的灰渣沟系统,并且激流喷嘴前的水压、喷嘴出口截面的直径、灰渣沟的坡度也各不相同。

每个发电厂的上述数据的平均值列于表1中。

表1

发电厂序号	水力除灰系统	燃料	灰沟的坡度	激流喷嘴之间的距离(米)	喷嘴前的水压(米水柱)	无压输送所用的平均单位耗水量(米 ³ /吨)	灰浆浓度(%)	备 注
1	具有莫氏水力排渣器	齐略宾煤	0.015	15~20	120~140	6.0	16.7	水力排渣器布置在两台锅炉之间
2	具有莫氏水力排渣器	泥煤	横沟0.010 纵沟0.024	15~20	120~160	7.30	13.70	水力排渣器装在厂房外面
3	具有莫氏水力排渣器	泥煤	横沟0.018 纵沟0.022	5~7	50~60	12.0	8.35	水力排渣器装在厂房外面
4	具有莫氏水力排渣器	别丘尔斯克煤	横沟0.010 纵沟0.015	5~7	50~60	12.0	8.35	水力排渣器装在厂房外面
5	具有莫氏水力排渣器	页岩	0.0	10~15	240~250	6.0	16.70	水力排渣器装在厂房外面
6	具有莫氏水力排渣器	贫煤和莫斯科近郊煤	在0.001~0.0之间变动	5.0	35	9.0	11.0	水力排渣器装在厂房外面
7	具有莫氏水力排渣器	莫斯科近郊煤	0.015	10~15	70~80	10.3	9.70	水力排渣器装在厂房外面
8	具有莫氏水力排渣器	无烟煤末	0.018	3~4	10~20	14.0	7.15	水力排渣器装在厂房外面
9	具有莫氏水力排渣器	无烟煤末	0.015	15~20	120~140	6.0	16.7	水力排渣器布置在两台锅炉之间
10	具有灰渣泵	无烟煤末	纵沟0.010 灰渣泵前的横沟0.03	2.5~3.0	10~20	30.0	3.35	灰渣泵布置在锅炉房外面
11	具有莫氏水力排渣器的气力排渣器KBP系统	齐略宾煤	0.013	10~12	110~115	12.0	8.35	水力排渣器在锅炉房外面

(1) KBP——是合理化集体作业班(коллективная бригада рационализаторов)的缩写。

在表1中列出了所有发电厂(第9和第10发电厂除外)无压输送的单位耗水量运行数据。

对于第9和第10发电厂,也列出了在实现全苏水利科学研究所建议的一些措施以后,可能的单位耗水量。在具有灰渣泵设备的系统中,单位耗水量为30米³/吨。这个数字是由于从10台锅炉中同时进行连续排渣,以及由锅炉至灰渣泵的距离较远而形成的。

试验表明,当灰渣沟的坡度为0.015、水压为120米水柱,以及激流喷嘴的直径为12毫米时,用于输送灰渣的单位耗水量最低,约为6米³/吨(水力排渣器布置在锅炉之间)。对于水压为120~140米水柱,而直径为8、10和12毫米的喷嘴,也进行了试验。在两个激流喷嘴之间的距离为15~20米的情况下,当水压为140米水柱、喷嘴直径为10毫米,以及水压为120米水柱、喷嘴直径为12毫米时,都能保证沿灰渣沟正常地输送灰渣。在更复杂的灰渣沟系统(具有纵向和横向灰渣沟)中,当水压为80~10米水柱,而喷嘴直径为10、12、14、15、16和22毫米的情况下,也进一步进行了试验。

在这些情况下,单位耗水量为10~14米³/吨,两个喷嘴之间的距离要比当水压为120

米水柱，而噴嘴直徑为12毫米时的距离小很多。

根据所进行的試驗得出灰渣沟坡度为0.015~0.02时，噴嘴間距与水压間的关系如下：

水	压	(米水柱)	噴	嘴	間	距	(米)
	120				15~20		
	80~70				16~10		
	60~50				7~5		
	35~10				5~3		

当水力排渣器移出鍋炉房时，在最后一台鍋炉到水力排渣器之間的一段灰渣沟中，激流噴嘴的間距应该根据水压进行选择。

必須着重指出，排除灰渣所需的单位耗水量，在很大程度上取决于鍋炉房内部灰渣沟路綫和激流噴嘴水压的选择。由排出处到水力排渣器前，含大块灰渣的灰浆流程越短和水压越大，則所需的激流噴嘴也就越少，因而輸送灰浆所需的总耗水量也就較少。灰渣沟坡度的数值在0.015~0.020范圍内时，坡度对灰渣輸送的影响不大，但当灰渣沟坡度为0.01时，輸送灰渣所需的单位耗水量就要增大一些。因而，最好不要采用小于0.015的坡度。根据試驗所得的数据，当灰渣沟坡度为0.01时，輸送灰渣所需的单位耗水量为10~12米³/吨，在所有其它条件完全相同，而灰渣沟坡度为0.015的情况下，单位耗水量則为8~10米³/吨。

在11个发电厂所作試驗的結果表明：水压越大，則輸送灰渣所需的单位耗水量就越少。这种情况可从表2所列的数据中得到証明。

表2

发电厂编号	水压(米水柱)	单位耗水量 (米 ³ /吨)	备	注
1	120~140	6~8	—	
2	240~250	6	水力排渣器布置在鍋炉房外	
3	120~140	7.5	—	
4	10~20	14	—	
5	50~60	12~14	—	
6	50~60	12~14	—	

从这些数据中可以看出，若将細灰和炉渣在灰渣沟中混合輸送，則在激流噴嘴前的水压应不小于80~100米水柱。如果激流噴嘴在灰渣沟内安装得正确，則单位耗水量就能显著减少。

根据試驗和运行观察結果，激流噴嘴与沟底的最佳傾斜角度应为6~10°，而激流噴嘴与沟底之間的最佳距离則是250~300毫米；如距离較小，大块的炉渣就会在噴嘴和沟底之間堵住。在鍋炉結焦的情况下，将排渣槽中的炉渣冲洗出来需要很長時間，这就使得冲渣所需的单位耗水量增大好几倍。

在具有莫氏水力排渣器的系統中，保証在灰渣无压輸送方面耗用較少的水，則具有重大的意义。因为从灰渣沟中流出的每1米³灰渣浆，在水力排渣器中就要再耗用1~0.7米³

的高压(喷射)水。因而, 低压(冲洗)水的耗量越低, 则具有水力排渣器的水力除灰系统, 在运行上所消耗的功率也就越低。此外, 为了减少输送用水(冲洗水)的数量, 还可以增大进入灰渣管道的灰浆浓度(按重量计算)。在具有莫氏水力排渣器的水力除灰系统中, 此浓度

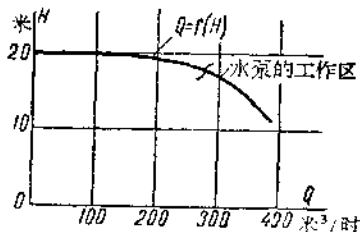


图9 冲洗水泵的运行特性曲线 $Q=f(H)$

度可能从4%增大到6.5%, 而在具有灰渣泵的系统, 则可能增大到10%。

根据所作的试验和调整工作, 可以作出这样的结论: 输送灰渣所需的单位耗水量, 与下述的几个因素有关: 水力排渣器或灰渣泵与锅炉之间的距离; 激流喷嘴前的水压; 喷嘴出口截面的直径; 激流喷嘴之间的距离, 和喷嘴在沟道中的安装方法; 沟底的坡度和锅炉的运行方式。

3. 灰渣的厂外水力输送

发电厂是利用莫氏水力排渣器或灰渣泵, 并配以直径为250~450毫米的金属管道, 来进行灰渣的厂外水力输送的, 输送的距离可达6公里。

莫氏水力排渣器

水力排渣器的结构和计算。按照结构和动作原理来说, 水力排渣器(见第56页图23)是一种水平形的喷射器。它的主要部件是: 受渣斗, 混合室, 带有喷嘴的喷嘴和由3~4个元件组成的扩散管。混合室接至受渣斗的漏斗, 漏斗再与灰渣沟相通。

在莫氏水力排渣器中, 流体的混合过程和其它喷射装置相同。工作流体(喷射流体)和被运送流体的混合过程, 是从受渣斗开始的。

在许多著作中, 已经对相类似的设备——水力提升器的水力计算做了许多研究, 提出了计算的方法, 这些著作的作者K.巴伍林、A.采依涅尔、П.福留盖里、С.科尔日阿耶夫和П.阿隆斯等, 都是以动量守恒定律作为基础来研究工作流体和被运送流体的相互作用的。所有射水装置(喷射器)工作的基础, 是工作流体(喷射液)与被运送流体的混合, 和这两种流体之间动量的交换。同时, 在混合过程中, 喷射流体的速度从 v_p 减到 v_c (v_p ——工作流体的速度, v_c ——混合物的速度)。由于对喷射器中所发生的现象研究得不够, 所有的作者在计算这些装置时, 均采取了许多假设, 现将这些假设综述如下:

- 1) 在混合室起点的被运送流体(混合流束)速度, 取为 $v_m=0$;
- 2) 工作流体与被运送的流束, 从喷嘴出口至两者完全混合的过程中, 同时产生压力增高现象;
- 3) 从水力排渣器喷嘴中出来的水流, 与被运送流体以动量守恒方式进行混合。

所有喷射器的计算, 都是考虑用另一介质来喷射相同的液体或气体介质。在水力除灰中, 喷射器将固体(灰和渣)与液体一起运走; 因为在这以前炉渣在莫氏排渣器中已经被碎了一部分, 并与器壁发生剧烈的固相摩擦, 所以所有上述喷射器的计算公式, 用于莫氏水

力排渣器就十分符合条件特性。

在上述作者的所有的计算方法中, K.巴伍林的计算方法最简单, 而且更接近于实际数据。根据他的计算, 当比值 $Q_m/Q_p=1$ 时, 水力提升器的最大效率为 12.5%。

水力排渣器的计算, 在于确定工作喷嘴的直径和扩散器第一元件喉部的直径、混合室的长度和水力排渣器的效率。

为了查明水力排渣器的最大效率, 曾经在运行条件下进行过大约 400 次的试验(在 10 个发电厂进行), 这些试验是在不同的灰渣浆流量、不同的水压、不同的喷嘴及扩散器截面的情况下进行的。根据试验的结果, 水力排渣器的最大效率(在限定的时间内)为 16%。通常在运行条件下, 效率将不超过 10~12%。由于考虑到灰浆的流量不稳定, 进入水力排渣器的灰渣不均匀, 以及颗粒度的不同, 在设计水力除灰系统时, 水力排渣器的效率应取为 10~12%。

根据运行资料, 在不同条件下(燃料特性, 灰渣含量百分比, 炉渣的硬度等等)水力排渣器的平均效率, 列在表 3 中。

表 3

发电厂灰渣管道的长度号	几何升高 (米)	水力排渣器的工作压头 H_p (米水柱)	水力排渣器后的压头(水力和几何升高) H'_p (米水柱)	H_p/H'_p	工作液体(喷射水)流量 Q_p (米 ³ /时)	进入水力排渣器的灰浆流量 Q_m (米 ³ /时)	水力排渣器的效率 η (%)	耗水量 (米 ³ /吨)	灰浆浓度 (%)	单位耗电量 (瓦·小时/吨)	每1米水力的单位耗电量 (瓦·小时/吨)	备注		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4055	17.50	560	61.0	9.1	165	242	0.68	16.2	10.7	9.4	—	—	最大可能工况
1	4055	17.50	600	60.0	10.0	170	185	0.92	10.9	11.5	8.7	37.0	0.62	运行工况
1	4540	22.0	500	60.0	8.3	175	165	1.06	11.3	14.0	7.0	26.2	0.43	运行工况
2	550	6.1	240	34.5	16.7	140	152	0.87	7.0	16.8	6.0	28.5	1.98	
3	2613	9.6	693	56.5	12.3	180	190	0.95	8.6	25.0	4.0	76.5	1.36	
4	3328	4.5	65	38.0	17.1	190	230	0.83	7.1	25.0	4.0	62.5	1.64	
5	700	6.7	250	23.5	10.7	130	60	2.10	4.4	21.1	4.8	32.0	1.36	
6	3384	12.0	400	40.0	10.0	135	141	0.96	10.5	16.5	6.0	30.5	0.77	
7	1575	45.0	600	70.0	8.6	350	377	0.93	12.5	20.3	4.9	51.0	0.73	
8	1350	5.0	240—280	16.0	15.0	109	69	1.56	4.3	36.2	2.8	40.0	2.50	
9	635	2.0	260	13.0	20.0	115	135	0.86	5.9	26.0	3.8	40.0	3.4	
10	1217	22.0	320	50.0	6.4	238	140	1.70	9.3	17.0	5.9	38.0	0.76	具有水力气力排渣器①的 KBP②系统

① 见第 26 页。

② KBP——见第 6 页, 表 1 注。

水力排渣器的效率用下面的公式来计算:

$$\eta = \frac{Q_m H'_p}{Q_p H_p}$$

式中 Q_m ——从锅炉房进入受渣斗的被输送的灰浆量;

H'_p ——紧接在扩散器后面灰渣管道起点处的喷射水与被输送液体(灰浆)混合物的

压头 ($H'_0 = H_0 + h$, 此处 H_0 ——水力阻力, h ——灰渣管道的几何升高);

Q_p ——经过水力排渣器喷嘴的喷射水量;

H_p ——水力排渣器喷嘴前的水压。

从表 3 中可以看出, 水力排渣器的最大效率约为 16%, 相应于下列比值:

$$\frac{H_p}{H'_0} \approx 9 \quad \text{和} \quad \frac{Q_p}{Q_m} \approx 0.7.$$

当效率为 10~12% 时,

$$\frac{H_p}{H'_0} = 12 \sim 14 \quad \text{和} \quad \frac{Q_p}{Q_m} \approx 0.7 \sim 0.8,$$

或

$$\frac{H_p}{H'_0} = 9 \sim 10 \quad \text{和} \quad \frac{Q_p}{Q_m} = 0.9 \sim 1.0.$$

根据 K. 巴伍林的计算方法, 当用清水运行时, 水力提升器的效率为 12.5%。我们的试验是在灰浆浓度为 4~10% 的情况下进行的。

在莫氏水力排渣器中, 被混合的液流是从与排渣器轴线成 90° 角的方向引入的。在这种结构的排渣器中, 被混合液流的全部动能都被损失掉, 因此这种排渣器的效率就非常低。莫氏水力排渣器的最大效率不超过 16%。

表 4

扩散器 的材料	扩散器的直径(毫米)					燃 料	灰渣量 (吨/时)	灰渣含量(%)	
	开 始	经 过 24小时	经 过 48小时	经 过 72小时	经 过 96小时			灰	渣
铸 铁	77	85	92	—	—	齐略宾煤	25~30	80~85	20~15
铸 铁	75	82	93	—	—	齐略宾煤	25~30	80~85	20~15
钢	75	79	84	88	93	齐略宾煤	25~30	80~85	20~15
铸 铁	100	120	120	—	—	莫斯科近郊煤	30~35	80~85	20~15
铸 铁	90	98	112	—	—	泥煤	30以下	15~20	80~85

水力排渣器的出力与比值 ω_s/ω_c 有关, 此处 ω_s ——扩散器第一元件喉部的截面积, ω_c ——水力排渣器工作喷嘴出口的截面积。

根据我们的试验, 当 $\omega_s/\omega_c = 9 \sim 16$, 或 $d_s/d_c = 3 \sim 4$ 时, 水力排渣器的出力最大。而根据巴伍林计算方法, 最大效率 12.5% 相应于 $\omega_s/\omega_c = 8$, 当 $\omega_s/\omega_c = 18$ 时, 效率为 11%, 可见与实际所得数据相接近。

考虑到扩散器的磨损每昼夜达 7~8 毫米, 有时磨损得更多, 这与炉渣的硬度和数量有关, 因此扩散器喉部的原始直径(在磨损前)应取为 $d_s = (3 \sim 3.5)d_c$ 。

莫氏水力排渣器中由铸铁或钢制的扩散器第一元件, 在运行中的磨损数据, 列于表 4 中。

在许多发电厂中, 装设着制造质量很低的排渣器, 这些排渣器的扩散器, 各个相邻元件的入口和出口截面处的直径不相吻合, 因此使得局部损失增大, 并且相应地使得水力排渣器的运行恶化。

在运行条件下的試驗和观察表明,在輸送炉渣时,虽然进入扩散器的渣块尺寸,总是小于扩散器喉部的直径,但水力排渣器运行的可靠性,比只运输細灰时要差一些。

这一点,可从水力排渣器附近的灰渣沟中所取得的灰渣的顆粒成分数据(表5和表6)得到証实。

表5

顆粒尺寸, (毫米)	90×90	40×40	20×20	10×10	3×3	13
顆粒含量百分比	1.72	14.1	11.62	8.6	2.46	61.5

在所有的发电厂內,通常在排渣槽附近的灰渣沟上面装有格栅,格栅孔的尺寸小于扩散器喉部的直径,但是在扩散器內,仍可能因有两三块炉渣阻塞,而使得工作射流的功率必須增加,也就是增大了 H_p/H'_0 的比值(特别是在炉渣硬度大的情况下)。

顆粒含量百分比

表6

試驗序号	顆粒尺寸 (毫米)				
	75	75~50	50~25	25~15	<15
1	1.44	1.66	10.5	12.2	74.2
2		3.3	14.1	10.8	71.8

为了保証水力除灰系統的可靠运行,压头比值应该采用表7中所列的数据。

表7

燃料	$\frac{H_p}{H'_0}$
泥 煤	9~10
无烟煤末、褐煤和烟煤	12~14

长期以来,由于制造厂只制造一种标准尺寸的水力排渣器,以致給具有莫氏水力排渣器的水力除灰系統的設計和运行,带来了很大的困难,几乎要对每一个系統进行專門的調整。此时,通常要改变水力排渣器工作噴嘴的截面,并相应地改变扩散器第一元件喉部的截面,以及改变混合室的长度。

水力排渣器工作噴嘴的最适宜的直径,根据水泵在最大效率的情况下噴射水的流量和压头来确定,其計算公式如下:

$$d_c = \sqrt{\frac{Q_p}{\mu \frac{\pi}{4} \sqrt{2gH} 3600}} \text{ [米]}.$$

对直径为23~35毫米的噴嘴,系数 μ 等于0.9(系数 μ 值系根据試驗得出)。

扩散器第一元件的喉部直径,根据比值 d_s/d_c 来决定。

当 $d_s/d_c=1/3 \sim 1/4$ 时,水力排渣器可得到最适宜的出力,当扩散器的喉部进一步磨损时,出力就开始降低,直到停止吸运灰浆。

混合室的长度 l ，可以根据 E. A. 扎馬林的公式来计算：

$$l = 4.65 d_n^{0.3} d_z^{0.8} \text{ (毫米)},$$

式中 d_n ——水力排渣器喷嘴的直径，毫米；

d_z ——扩散器第一元件的喉部直径，毫米。

按上式所求得混合室的长度，在调整整个水力除灰系统时，一般还要根据喷射水的压头、进入水力排渣器的炉渣粒度和数量进行修正。在水压较大（500~700 米水柱）的情况下，工作液体与被输送的灰浆，将在扩散器最远的部位进行混合，或者甚至延续到扩散器范围以外。

因此，在喷射水压头较大的情况下，在调整系统时，应使距离 l 稍大于上式所求得的数值。

水力排渣器坑。事实表明，水力排渣器坑的设计尺寸，对于水力排渣器的正常运行（当为了更换被磨损的部件而拆开和装配水力排渣器，以及检修和清洗时）来说，是非常不够的。为了给检修工作创造必要的便利条件，这些坑应当按以下尺寸（按照装设两台水力排渣器考虑）建造：深度（从除灰间的地坪算起）3~4 米；宽度 5~6 米；长度按水力排渣器后灰渣管道水平管段的尺寸来确定，水平管段最好不小于 5 米。

为了保证水力除灰系统的可靠运行，通常在每一个坑中，均应装设一台备用的水力排渣器。运行的水力排渣器数量，根据灰渣排出量而定。

漏气的影响。在一般情况下，水力排渣器运行时，总要从大气中吸入少量的空气，其数量则决定于受渣斗中灰渣浆面的高度。但是，运行中受渣斗内的灰渣浆面经常是较高的，尤其在冲渣期间。经观察表明，在受渣斗中灰渣浆面较低的情况下产生少量漏气时，虽然效率稍有降低但水力排渣器的运行最为可靠。

在实验设备中所作的试验表明，在喷射水的流量和压头不变的情况下，当吸入的空气量增大时，被运输灰浆的流量就减少。

在齐略宾国家区域发电厂所进行的试验，也证实了这一点^①。在改变水力排渣器工作喷嘴的结构和采用空气管的情况下，经过空气管吸入的空气量（在大气压力下）约为 700 米³/时，约为灰浆体积的 175%，当比值 $Q_p/Q_m = 3.3$ 和 $H_p/H_0 = 10$ 时，水力排渣器的效率等于 3.24%，而一般的水力排渣器当比值 $Q_p/Q_m = 0.7 \sim 1.0$ 时， $\eta = 10 \sim 12\%$ ，并且最大可能达到的效率为 16%。

由此可见，混入大量的空气（约为 700 米³/时），就会在输送灰浆时造成非常大的附加水力损失。

在一般的运行条件下，经过水力排渣器受渣斗吸入的少量空气（占灰浆总量的 10~25%），能保证水力排渣器可靠的运行，不论对灰渣管道的水力损失，或对整个水力除灰系统的效率，都几乎没有影响。

灰 渣 泵

灰渣泵的主要部件，是壳体和带有弯曲叶片的工作叶轮。叶轮在壳体内旋转^②。

① 见第 34 页和表 15。

② 见第 51 页和 88 页。