

露天电厂及 半露天电厂

水利电力部上海电力设计院編

水利电力出版社



位	排	7			
置	架	3			
变	格	5			
动	面	(			

15.103
63

內 容 提 要

本書論述了露天电厂及半露天电厂的經濟价值，分析了各种气候条件对露天电厂的影响，提出了露天和半露天电厂設計的要求和措施，以及在設計中的一些問題，并且介紹了施工經驗。

本書內容新穎，文字淺显，适合于电力設計及施工技術人員閱讀。

露天电厂及半露天电厂

水利电力部上海电力設計院編

*

1926R418

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

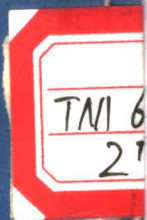
*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 1 $\frac{1}{2}$ 印張 * 34千字

1959年2月北京第1版

1959年2月北京第1次印刷(0001—5,100册)

統一書号: 15143·1522 定价(第9类)0.18元



目 录

一、露天电厂的经济价值.....	2
二、气候条件对露天电厂的影响.....	9
三、露天和半露天发电厂设计的要求和措施.....	19
四、关于半露天电厂设计中的一些问题.....	27
五、施工经验.....	38

一、露天电厂的經濟价值

我国电力工业方面的飞跃发展，要求从技术上解决这样的一个问题：这就是电厂既要在最短的期限内建成，又要节省建筑材料；特别是节省鋼材，还要节省人工。

符合上述要求的解决方法之一，就是设备的露天布置。关于设备露天布置的工艺问题，并不是一个新的问题。苏联在中部和北部地区建设的石油炼油厂就是一个明显的例子。

应该指出，这些炼油厂在仪表和100大气压力，500°C以及高于这个参数管道的露天装设方面有着丰富的经验。还有一些例子如在苏联南部的一些生产企业里的小型露天锅炉间，在国营区域电厂也有露天和半露天的引风机、蒸发器、除氧器、沉淀池、各种凝结水和化学水箱。

目前苏联卡烏斯科北部，正在巴庫城区建设一座装有大容量的燃气机组的露天电厂。（锅炉 500T/H，140 大气压力，560°C；汽机 ИБКА150MBT）。

此外苏联现在还在研究水电站发电机间的露天布置问题；在外国建设露天的火电厂是从1931年开始的。

特别是在美国的南部地区装有大容量的組装式机组的露天电厂更为普遍。在这个地区有占燃气火电总数75%~80%的电厂都是露天布置，只是露天的程度各有不同。

现在美国北部也开始建设露天和半露天电厂。如在蒙达洲，那里的气候很近似高姆卡科北部地区的气候，气温在-40°C。露天电厂的发展除了由于它具有有一些技术经济的优越性之

外，广泛采用組装鍋炉和大容量汽輪发电机也促使了露天电厂的发展。

对露天电厂來說，发展自动化和远方操作則具有首要意义，这样就可以保証对各单元設备进行远距离的集中的操作，并能大量縮减运行人員。在这方面可以举很多例子，如每1KBT装机容量須要0.35~0.5运行人員的話，那么对于装有10万及10万以上机組的露天电厂講，則需要0.25~0.3的运行人員。

从杂志上可以看到，有些专家对露天电厂問題尚有不同的看法，如在美国南部地区装有20万瓩汽輪发电机，利用率达8,300小时/年的电厂，最近决定采用室内布置的方案，而这个区域的一月分的平均温度是 -1°C 。

这个地区不采用露天布置的原因是在汽輪发电机的檢修方面可能会有耽誤，这会提高运行費用或給运行带来不便，对于利用时间为8,300小时的电厂，这样决定是有一定意义的。可是在美国也有的运行人員坚持搞露天布置的情况。

目前美国北部的地区露天和半露天电厂的容量是占該地区电厂总容量的7%。

在这种情况下，决不能忽視这些电厂的工作条件，如北部电厂之一伏兰格貝尔特是高峯負荷电厂，一年总运行小时是2,600小时，这个地区的温度可达 -40°C 。

露天电厂具有以下特点：

- 1.降低建筑造价4~6%；
- 2.大大縮短建筑工期；
- 3.节约建筑材料，特别是节约鋼材；
- 4.大大縮减了土建工作的人工耗量；
- 5.有最大可能性使土建和安装工作同时进行；
- 6.降低在厂房通风和采暖方面所耗用的运行費用。

其缺点:

- 1.增加了保温材料、设备防护涂层和建筑零件的耗用量;
- 2.在气候不好的时候,安装和检修人员就要停工;
- 3.设备遭受腐蚀,阳光辐射,雨雪和落灰尘;
- 4.设备费用略有提高。

根据一些资料推算,随露天的程度之不同,全部建设费用,可能节约1~5%;运行费用降低0.8~0.15%。

设备费用的提高主要是由于机械设备和电气设备的造价升高了0.7~1.1%而引起的。

安装工作的时间损失计算:

锅炉机组可能损失 5%

汽轮发电机可能损失 10%

根据英国第一座 N.H.C 半露天电厂的建设资料,这座电厂节约了全部建设造价的5%,而锅炉间的建设就节约了40%,如根据苏联电力建设施工组织设计研究院的资料,在南部地区建设,将节约电厂总造价的5~6%。

以上所列举的经济指标不是露天电厂的最主要的指标,只是一些补充说明。

最主要因素还是加速工程的建设,缩短投入的期限,和节约建筑材料。这几点对于中华人民共和国电力工业的发展是极其有意义的。因此在中国首先是在南部和中部地区的电厂应广泛采用露天布置。

随同露天布置的进一步的掌握,在北部地区也应建起露天电厂,这就需要将露天布置和高度的自动化和远距离操作结合起来,同时还需要解决遮盖问题。

比较最适宜的是燃气电厂实行露天布置。但是还须说明在运行方面的问题并没有完全解决,还需要和制造厂一起来解

决，用于屋內布置的设备决不能不采取任何措施就用于露天。

苏联电力建設施工組織設計研究院，同制造厂一起为南部地区之巴庫城的一座燃气电厂，設計了露天单元系統的布置方案，这个厂的鍋炉设备是 500T/小时的鍋炉，和15万瓩汽輪发电机，目前正在施工阶段。

在設計这个方案的时候，曾研究了几个布置方案。

第一个方案是鍋炉、汽輪发电机和給水泵是露天布置的，沒有地下室，凝汽器間仍是局部室內布置。汽机間龙門吊的支脚是在 0 公尺标高，或是龙門吊的一只脚在 9.0 公尺标高，另一只脚在 0 公尺标高。

第二个方案是凝汽器間在 9.0 公尺标高处封閉起来，龙門吊的二只脚都在 9.0 公尺标高。

第三个方案是带有凝汽器間地下室，給水泵露天布置于 0.00 公尺标高，經過技术經濟指标的比較之后，确定了第一个方案在技术上比較最适宜。其他两方案的采用可視每一具体工程的当地的特殊条件而定。

目前第一个方案正在施工，在这个方案里，鍋炉、空气預热器、引风机、发电机、給水泵、除氧器、蒸发器和变压器都是露天布置的。

汽輪发电机、鍋炉和給水泵要做防大气影响的局部防护。

在 500T/小时炉的設計里，受热面要有必須的疏水系統，因为在現代化的鍋炉里总是有存水的地方，这样在零下温度中很难进行水压試驗。如果沒有可靠的疏水系統，那么無論是在冬季做水压試驗，还是檢修鍋炉，都必須另加火炉，并将水加热。这样做既不經濟又不够可靠。

过热器屏式管横置于鍋炉的頂部，空气預热器装在鍋炉的正面，鍋炉下面的烟道通过預热器。为了縮短蒸汽管道和空气

管道，鍋爐的对流部分裝在汽機間側。在这种布置时，烟气管道就加长了一些。

为了加速工程的建設和考虑到运行的方便性，就将除氧間省去了，这样除氧器就采用了立式的，而且裝在鍋爐和高压加热器的附近。除氧器有操作平台，平台是和鍋爐相連，此外还有自用的回轉式吊車。

为了縮短汽機間的跨距和蒸汽管道的长度，汽輪发电机是沿厂房布置的。蒸汽部分相互对着，所有的給水泵和高压加热器都裝在两台汽輪发电机的中間。

汽輪发电机的附屬設備处于鋼筋混凝土楼板的防护之下，在楼板上可有可拆卸的花紋鋼板差。

为了防雨雪，汽輪发电机的运输层的标高比汽機标高低70公厘，楼板地面有一定斜度，便于流水。

这样在汽機間內就有两个操作标高，一个是汽輪发电机本体的操作标高9.0公尺，另一是給水泵和高压加热器范围的标高3.5公尺。

汽機間里有15/20T的龍門吊。从設計里可以看出吊車起重重量低于发电机的靜子重量，而是按零件的最大重量設計的（这里不包括靜子）。

靜子則用千斤頂轉向架或用专用的鉄路吊車安装选用这样起重量的龍門吊車，主要是从節約角度考虑的。

必須說明，在苏联还是有許多人主張按发电机靜子重量選擇吊車的起重重量。

由于荷重的降低，基础位置就在-2.0公尺标高（汽機基础除外），汽機間无地下室，这就急剧地减少了地下部分的工程量。

既然龍門吊車支脚在4排側0.0公尺标高处，那么发电机

的母錢就敷設在吊車輪下的錢溝里。

如果將吊車軌升到 9.0 公尺標高，就要建築吊車軌道牆，就增加耗費。*B* 排柱的間距，在上述情況下以 9 公尺為最合宜，凝汽間的牆壁在 *B* 排均以砌塊沿吊車軌全程砌築，在 *A* 排則是採用石棉水泥板作的活動的保溫板。在汽機間的兩端，沒有安裝檢修場，並通有鐵路作為汽機間設備檢修和安裝場地使用。此外在凝汽器間的永久端，在飛合主廠房內尚設有專用的檢修場地。也有鐵路聯通，這樣檢修工作也可以在屋內進行。

設備的防護遮蓋物在鍋爐範圍是保護火嘴和水位表。鍋爐的屋頂板則有一定的斜度以便流水。

對汽輪發電機露天布置的主要要求是保護蒸汽部分轉軸裝置和勵磁機，此外還要在停機時保證有允許的溫度。

凡有密閉外殼的發電機，就不須再另作防護工作。為了保證潤滑油溫不低於 $+10^{\circ}\text{C}$ ，冷油器循環的是熱水。在停機時如溫度低，油泵不能停止運行。

在汽輪發電機有一個公用的運行室（不包括低壓汽缸），在滑環處也有一个小棚子，運行室里有照明，采暖和通風設備。

給水泵有可拆卸的局部遮蓋物，除了設備運行室之外，為了進行檢修工作還有一個專用的移動式帆布棚，棚子的支架是用管子做的，如天氣不好就支起棚來進行檢修。

鍋爐在結構方面還有許多特點，但這和露天布置沒有關係，所以在这里沒有敘述鍋爐結構這一部分。

在露天布置中最主要的問題是熱表面的保溫，在露天布置中的保溫是採用礦質棉外加水泥塗層，並敷以鐵皮。

在受海風吹襲的條件下，採用石棉水泥遮面也是相當可靠的。

在設計方面要考慮單元設備包括廠用電氣設備的自動操作

和远距离操作。为保证可靠的运行，除設置一般的仪表之外，还需要一些特种操作仪表。

对于那些不需要防护和不受气候影响的仪表，必須进行設計并掌握它。

最方便的还是采用电视屏，可以看水位表的水位和火焰情况。

在設計露天和半露天电厂的时候，应该和设备制造厂及运行人员取得密切地合作，以确保最大的可靠性。

很显然，在解决露天布置问题时，还必须考虑到大气温度，降雨雪量、风情、多尘的暴风雨、海风等等。

在施工时还必须提高对安装的要求，主要是对受热面的高质量安装工作，保证設計规定的間隙，对温度可能在 -15°C 或 -15°C 以下的地区，发电机的外壳还要加以保温。

根据水利电力部上海电力設計院的資料，以60万瓩容量的电厂为例，通过初步的技术经济計算得出如表1所示的指标：

表1

	单 位	室 內 布 置	露 天 布 置
总 体 积	公尺 ³	274,000	47,600
单 位 体 积	公尺 ³ /瓩	0.46	0.08
建 筑 面 积	公尺 ²	11,000	11,000

土建部分的造价以%計

	室內	露天
地下部分	100%	55%
地面部分	100%	27.5%
主要設備的基础	100%	95.5%

采用露天布置设备造价提高了0.7~0.9%。

人工耗量的指标是(以工日为单位):

土建工程	82000~33000	47%
设备安装	150000~150000	100%

从上面的数字可以看露天布置的土建工程量比室内布置的土建工程量少了1倍。

比较一下工作量可以得出如表2所示的表格:

表2

工程对象	单位	室内	露天	差(%)
挖土	立方	83,000	47,000	57
混凝土和钢筋混凝土	立方	26,600	18,100	68
金属结构	吨	2,900	600	21
围墙	公尺 ²	19,200	4,800	25

从表2的数字可以看出露天布置的优点,仅从主厂房的建筑中,只钢就可节省2300吨,混凝土8500公尺³。

二、气候条件对露天电厂的影响

I、气候条件对于密闭式或开敞式电厂施工的影响

技术设备的安全运行和使用寿命,在很大程度上受到气候情况的影响,特别是可能影响材料的改变,运行障碍的极端温度和湿度。因此,在选择材料及设计制造时就需要考虑到这点,并且有必要进行气候检验。

气候对技术设备的影响可以分下面几种情况:

运输时的影响(长途运输, 多次轉运): 陆地、海洋、航空运输, 存仓和使用时的影响。

最后一点, 在很大程度上与使用的方法有关。对下面的使用方法应加以区分:

用在坚固的合理建造的建筑物中, 空气較干燥, 或者利用简单的方法(暖气、除湿器)能够将相对湿度保持在30~80%之間。

用于輕型开敞的建筑物中, 或直接放在露天。

这里只有最后一种情况才是把設備放在露天的自然气候环境中, 其他几种情况, 或多或少都有掩盖, 使其不受气候的影响。

根据空气和湿度的情况, 可以将热带气候分为下面三大类:

热带潮湿气候(原始森林气候, 赤道气候);

热带交替气候(草原、热带草原气候, 季风气候);

热带干燥气候(沙漠气候)。

前两种情况, 由于經常降雨, 因此在較高的气温情况下, 約20~30°C, 空气是很潮湿的(約80~90%), 特别是在夜間或早晨(相对湿度达到100%)。

在白天最高温度可能达到34~40°C, 特别是在缺雨季, 空气可能有时相当干燥, 甚至在森林里測量到的相对湿度达到30%。

在缺雨的干燥地区, 湿度为30~40%是普遍的情况, 到中午的时候可能降到10%, 这时, 最高温度可能是45~55°C。另一方面在夜間有时温度下降很低, 甚至接近冰点, 或还要低几度。这时, 空气的绝对湿度上升, 有时甚至达到飽和。

热带交替气候所包括的地区, 在那里每年的雨季和干燥季是交替的。无论在这个地区雨季或干燥季時間延长或短它們还都是草原气候, 或热带草原气候。在雨季时的气温和空气

湿度多少与潮湿气候地区相似，在干燥季时則較接近于干燥气候地区，但最高气温不是象沙漠地区那样达到 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。在沿海地区，在干燥时期，空气的湿度相对也很高。干燥气候地本身也是这种情况。

此外，沿海一带的空气含有較高的盐分，在靠近海岸綫的地方含盐量較大，向內地逐漸减小，但是有时也会扩展到几百公里的范围。

空气中有腐蝕性的悬浮物，蒸汽、气体，可能由于雷电的作用及大气中紫外綫的强烈照射而自然結合（臭气 O_3 ；硝酸盐；亚硝酸盐，氨）。或者从火山地区，大工业区，大城市，通过草原和森林，把这些东西带过来，因此必須考虑到，由于工业化的迅速发展，空气也就愈来愈不純淨，对金属材料的腐蝕性的危險也就愈严重。

对于某些有害于材料的生物也应加以考虑，如霉菌、白蟻；此外还有在干燥气候地区及交替气候地区的风沙，这种风沙可能会影响到潮湿气候地区。

虽然在非热带地区，有时它的气温会象热带地区一样（在亚热带是暫时的或有規律的），但是夏季最高气温的影响还是不算大的。这里具有严重影响的是冬季的寒冷。在大陆性气候地区，冬季最低气温一般是 $-30^{\circ}\text{C}\sim -40^{\circ}\text{C}$ ，在有些地区（西伯利亚，阿拉斯加，加拿大，北极，培林兰）甚至达到 $-50^{\circ}\text{C}\sim -60^{\circ}\text{C}$ ，某些局部地区可能到 -70°C 。

根据以上所提的主要气候地区，可分为五种受气候影响的可能性，针对不同的情况采取相应的气候保护措施。

为試驗設備的气候安全性，除了直接在实际的条件下进行試驗外，一般还采用人工的“試驗气候”。从安全观点出发以及为了縮短試驗時間，在全世界各地，气候試驗室里所采用的气

候条件比实际情况都高，在試驗生物如霉菌、白蟻时，試驗室的气温和湿度都要适应这些生物的一般习惯，也就是說，要接近于平均的实际条件。

总之，从上面这一段中可以看出，主要因素是空气湿度，它能很大程度地引起损坏和事故。技术的发展已經采取了重要措施来控制这些不利条件。

現在已經可以利用一些有机的或无机的材料来防止外部和內部的腐蝕。

整套仪表，調整及控制技术必須发展到这种程度：使各湿度不同的地区条件能够保持一定。

还应该提到的是：为了保証較长的运行安全及寿命，研究机关必須随时准备好原材料和元件。

在我国，所有可能的气候資料都已掌握，因此也为研究工作提供了前提条件，以便在实际中檢驗气候保护設施，以及外部的和內部的腐蝕。

II、气候对于露天式电站主要設備的影响

占有空間建筑的主要設備包括有鍋炉及輔助設備(引风机、除尘、磨煤設備)汽輪机組、泵浦、水箱等等。直接影响設備安全运行的主要因素有：

降雨：腐蝕現象，对砌磚及保温的冲刷。

尘沙：侵入轉动部分，以及仪表部分。

风：破坏不坚固的部分。

寒冻：設備部件冻结，以及輻射热損耗。在热带地区还有白蟻的影响。

对于这些自然因素对露天式布置的影响，应注意以下的問題：

1. 鍋炉 鍋炉本身构成一个密閉的总體。外部由支撐結構，砌磚或其他材料构成。鍋炉外牆的作用是防止向外輻射，及人身安全保护。

雨季的潮湿可能对此发生影响。

防止砌磚結構及保温的被冲刷，以及冷空气的侵入，可以采用釉面硬耐火磚，耐火水泥填料砌磚。炉墙外面涂光滑的保温涂料。使用炉墙护板，及保护涂料。

本体外运行及監督設備部件的特殊布置設計。

对所有鉄部件：表面要光滑、光圓，防止雨点粘牢。

热功測量仪表及操縱設備的布置都要加以保护，例如将所有測量、監視設備布置在室內。

特別要注意冰冻和寒冷的影响。对于这种自然因素要特別加以注意。其次关于鍋炉的效率：

效率是根据間接的方法，由燃料和空气給予鍋炉的总热量 (Q_0) 总損失 (Q_h) 来确定的。

总損失 Q_h 由下列各个損失組成：

排气热耗 + 傳导、对流、軸射 + 燃燒不完全 + 灰渣中未燃燒的部分 + 灰渣 + 飞灰中未燃燒的部分 + 炉排漏耗 + 被循环冷却水冷却的燃燒部分。

总損失 Q_h 由以上各个損失得出，不是用它們的絕對量来表示，而是用百分比。

計算效率的公式如下：

$$Y = (100 - \Sigma_h) \%.$$

$$\text{这里 } \Sigma_h = 100 \frac{Q_h}{Q_0} \%.$$

所有这些耗損泉源中，在寒冷或交替性气候条件下，对密閉式，或开敞式建筑进行比較时，應該特別注意到由于傳导，

对流和辐射所引起的耗损。

一般的对这种损失，不可能求得准确的测量值。

从经验得出，关于 $20T/H$ 以上蒸汽的功率为：

最高持续容量(T/H) 20 40 80 120 200

损失(%) 2.0 1.2 0.8 0.7 0.5

在室内安置情况下，一部分锅炉，管道散发热量被再度送入炉膛作燃烧风量而得到回收。

蒸汽管道保温欠佳时，对燃料消耗量的影响：

如前面所述，管道的保温对其表面起着特殊的作用，即保护其不受外界气候的影响。从下面举例可以看出：例：若一蒸汽管道为 200°C ，有1公尺²表面不保温，大气温为 10°C ，则一台锅炉按功率75%，燃煤为 $HU=2,000$ 卡者，一年就得多用煤约16吨。

从上例就可以看到，有缺欠的保温管道，将引起怎样的损失。

建筑形式：

露天设备锅炉的钢架，必须承受风力的作用，此外锅炉的顶盖，可以按2~3%的倾斜度安置，作为屋顶斜面，特别是要有将雨水汇集引出的疏水装置。在设备的一些容易出事故的部分，如高压蒸汽冷却减温调整和给水调整，可以用简单轻装支架，作防湿或防冻保护。

安装：

露天设备和在室内安装，在安装工艺上没有什么根本上的区别。在欧洲，过去和现在仍然觉得对部分采用较长时间的安装(特别是一班工作情况)较之在煤斗间使安装工作和土建工作平行作业要适宜一些。

一般的情况是用悬臂拔杆将锅炉钢架树立，然后利用钢架

本身来作其它安装工作。

附带说明一点，这样大型起重安装器械，如悬臂式拔杆，可以按计划分别在露天现场连续不断的使用。这样就可以渡过一时出现的关于筹集大型安装器械的难关。

达登多夫电厂，关于试运行中冰冻影响的运行经验：

下面摘录一些关于达登多夫Ⅲ号电厂(露天设备)对锅炉试运行中所出现的困难和经验的报告，首先需说明，下面所叙述内容，均系对725吨/时蒸汽锅炉而言，其压力为 $42^A TA$ ，温度 $450^{\circ}C$ ，并且如前所述，这是第一组露天设备。

这里所举的6台锅炉的安装完工，几乎全是处于一种不利的特殊情况。即一切试运转和试运行工作均不得不在1954年，1955年和1956年的冬季月份里进行，因此各根据其遇到的室外温度低于 $0^{\circ}C$ 的情况而产生各种困难。在烘炉期间，排汽管道以及所有的排汽站均在室外温度 $-(5^{\circ}C \sim 10^{\circ}C)$ 时已经冻结起来。

在紧接着的试运行中，室外温度达到 $-(8^{\circ}C \sim 12^{\circ}C)$ ，上述管道和流量表，远方水位指示表的脉冲管道均已冻结，同时在油压调整系统中的控制油压管道也出现了困难。

在试运转中，室外温度为 $-(10 \sim 15^{\circ}C)$ ，在前述的设备中不断出现困难和故障，同时送风机，磨煤机和泵的冷却水均已冻结。

在1955年2月，室外温度低到 $-25^{\circ}C$ ，即使集中一切力量和补充防冻设备，整个电厂仍只能在这段时间内将4台锅炉保持运行。

另外，即使装有热风和暖气装置，运行人员却只能穿毛靴子和冬服从事工作。

在一台锅炉再次投入运行时，情况也是这样，室外温度为