

大型鍋爐 過熱汽溫的調整

蘇聯 耶·麥·哥薩爾諾夫斯基著

燃料工業出版社

大型鍋爐 過熱汽溫的調整

蘇聯 耶·麥·哥薩爾諾夫斯基著

黃 長 謙譯

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書介紹過熱器溫度特性及根據試驗和設計微高壓、高壓大型鍋爐的經驗所得到的過熱汽溫調整範圍。指出提高減溫器效能的方式，減溫器合理的連接方法，過熱汽溫降容許的限度。建議如何選擇減溫器的類型和提高過熱器運行安全的要點。

本書供給鍋爐設備的運行、設計方面的技術員、工程師和科學工作者以及大學生參考。

* *
*

大型鍋爐過熱汽溫的調整

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА
В МОЩНЫХ ПАРОВЫХ КОТЛАХ

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)
1954年列寧格勒俄文增訂第二版翻譯

蘇聯 E. M. КАЗАРЦОВСКИЙ 著

黃 長 謙譯

燃料工業出版社出版

廠址：北京東長安街燃料工業部
北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：劉玉枝 校對：趙葆玲

書號443 電 193

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 48印張 * 5插頁 * 108千字 * 定價(8)九角
一九五五年五月北京第一版第一次印刷(1—3,100冊)

再 版 序 言

具有歷史意義的蘇聯共產黨(布)第十九次代表大會的決議，及蘇聯發展第五個五年計劃的指令，向蘇聯人民提出了大力擴展大型電廠的任務。新建和擴建高壓和超高壓蒸汽熱力電廠的廣擴開展，本身就嚴格要求鍋爐設備技術方面的繼續改善。

現代鍋爐很重要的組成部分之一為調整過熱汽溫的設備。這本書裏所介紹的運行和試驗經驗，以及已運行的減溫器的評價和有關的建議，應有助於在設計新的和改裝舊有的鍋爐時選擇最合理的解決方法。

本書第一版是根據截至 1947 年為止的各廠和科學研究院所聚集的資料寫的。本版補充了運行方面和鍋爐試驗的新的資料，主要是在過去這一時期內投入運行的高壓鍋爐機組的資料。同時，並整理了其餘有關各書中曾經發表的減溫器運行的現代評價。

和第一版一樣，本書第二版也是供給電廠運行人員、科學工作者、鍋爐設計者和學習鍋爐設備專業的大學生作參考的。

第二版比第一版介紹問題比較全面，但仍不算完整。這是因為新製造的具有轉動式噴燃器和以爐煙溫度調整汽溫的新型鍋爐正在試運行和校整的階段；自然，有關這項校整方法的資料，不可能包括到這本書裏。

著者對於技術科學博士阿·姆·顧爾維奇教授寶貴的指正和第一、二版原稿的審校，對於技術科學碩士斯·斯·庫塔切拉傑會同試驗 KO-IV-200 型鍋爐過熱汽溫降低不平均性和發明表面冷卻式減溫器熱計算的方法謹表謝意。

著者對於編輯本書第一版的技術科學碩士維·弗·拉吉斯闊和第二版的編輯技術科學碩士伊·克·別爾什金的編輯工作表示感謝。

對於本書缺點的意見請函告：列寧格勒涅夫斯克大街二十八號國立動力出版社列寧格勒分社。

著 者

目 錄

再版序言	
前 言	3
第一章 過熱器溫度特性和過熱汽溫必需的調整範圍	6
第二章 調整過熱汽溫的基本原則	21
第三章 已採用的減溫器結構概述	29
一、噴水冷却式減溫器	30
二、表面冷却式減溫器	40
(一)汽鼓內裝式減溫器	40
(二)外置式減溫器	44
第四章 減溫器冷却水的連接方式	61
第五章 表面冷却式減溫器的熱計算*	69
第六章 用給水冷却的減溫器過熱汽溫的降低	81
第七章 直接連接飽和蒸汽的和裝在過熱器中間彙汽器的減溫器降低汽溫的不平均	86
一、裝有柱形減溫器鍋爐的過熱器蛇形管汽溫降低試驗總結	87
二、裝在過熱器中間彙汽器的減溫器降低汽溫不平均的試驗總結	92
(一)用解析方法計算減溫器降低汽溫的不平均性	94
(二)減小降溫不平均和預防脹口鬆動的對策	101
三、帶有裝在飽和乾汽箱裏或飽和汽彙汽器裏減溫器的過熱器管汽溫分佈的不平均性	104
附 錄	119
附錄 1 減溫器計算示例	119
附錄 2 水及蒸汽的物理常數*	130

前 言

現代動力設備的鍋爐，要求在運行中保持接近設計數字的過熱汽溫，容許汽溫波動的範圍非常狹小。這項要求，反映着動力設備運行中的安全、經濟條件。

過熱汽溫的降低，不祇降低全部熱力設備的經濟性，並且，招致汽輪機轉子後部各級的浸蝕。過熱汽溫降低到設計標準以下一定的限度，將降低汽輪機運行的安全性，低溫的蒸汽膨脹到汽輪機轉子後部各級，有時將挾帶不容許的濕分，而導致汽輪機運行的事故。

過熱汽溫升高超出機、爐製造的金屬堅固條件，也是不容許的；因為將使汽輪機設備的金屬和鍋爐過熱器管加速變形和早期損壞，並迫使設備因事故停止運行。

現代鍋爐設備的運行，由於蒸發量、燃料性質、給水溫度、空氣過剩量、磨煤設備運行方式等等的變動，都將變換着鍋爐的工作方式；鍋爐運行方式任何的變動，都將影響過熱汽溫，並且，有時這些影響因素所發生的作用，同時使變動往同一方向發展。

運行中調整過熱汽溫常用的方法，像變動過剩空氣量、提高火焰位置、加大上排噴燃器給粉量等等，都將使鍋爐設備的經濟性降低，在某些情況下，並且使燃燒室爐牆和對流受熱面結渣，甚至發生事故。

因而，沒有調整過熱汽溫設備的鍋爐運行是不適當的，並且，大多數類型的鍋爐，沒有調整過熱汽溫的設備是不容許運行的。

減溫器必須保證：

1. 鍋爐運行方式在一定範圍內波動時，應保持穩定的汽溫和調整的柔和性；

2. 以簡單的自動設備控制全部調整過程;
3. 保護汽輪機和過熱器蛇形管不被超標準的高溫蒸汽所損害;
4. 沿過熱器全部蛇形管的汽溫下降平均;
5. 減溫器本身工作安全、可靠;
6. 不影響鍋爐設備其他部分的安全;
7. 不顯著降低鍋爐經濟性或增大鍋爐受熱面總量;
8. 本身和連接汽、水側的管路、零件等的重量和價值應相對的不大。

能符合上述所有要求是個不簡單的課題。

現時，對於調整過熱汽溫的問題，已引起各方面的注意；各種不同類型的減溫器大量在運用着，有的調整方式不同（調整蒸汽溫度或是調整爐煙溫度），有的結構不同，有的佈置方法不同。在蘇聯，有幾種運行中的鍋爐具有輻射、對流式過熱器，這種類型的鍋爐則不需裝置減溫器。

蘇聯的鍋爐製造工程，按照規定，幾乎所有大型汽鼓式鍋爐都採用對流式過熱器，而調整過熱汽溫，則採用表面冷却式的減溫器來冷却蒸汽，並且，冷却物質大多數利用鍋爐給水。僅在最近新品的一部分大型鍋爐，起始採用轉動式噴燃器來調整汽溫，也僅有幾個鍋爐設備採用控制爐煙溫度來調整汽溫。

微高壓大型鍋爐發展的第一階段，有幾種類型的減溫器由於構造和計算的不完善，在運行中曾發現很多缺點。這些缺點未曾試驗、分析，以致減溫器在構造上未達到應有的改進。

以後，鍋爐構造又曾採用新型的減溫器，這些減溫器也各有其獨特的缺點，對於這些缺點同樣未進行仔細的研究。

當研究首批出品的蒸發量為 200 噸/小時的 KO-III-200，KO-IV-200 和 KO-VI-200 型聯箱式鍋爐時，著者曾在列寧格勒斯大林金屬工廠鍋爐研究試驗室，進行了微高壓鍋爐過熱器和減溫器的比較完整的試驗。

中央機爐研究所，中央電機試驗所，莫斯科電業管理局和國

家電業聯合改進局曾進行了高壓鍋爐過熱器及減溫器的試驗。

現階段已聚集了減溫器的結構、運行、校整和研究各方面的很多資料。雖然這個問題很重要，但在蘇聯近年出版的鍋爐參考書裏還沒有足夠的論著。並且，有的電廠直到現在，減溫器還不能保持必需的汽溫降，同時，有的電廠強烈地運用減溫器到不容許的程度，只有造成事故停爐，不能完成供電的任務。

寫這本書的目的，是爲了總結並分析現在已有的關於減溫器運行、校整、研究和設計的資料。藉以研究、改善減溫器的熱力計算方式和沿鍋爐全寬降溫不平均的試驗方法；從符合要求的觀點，評判現有蘇聯減溫器的構造和連接方法。同時，簡單介紹調整汽溫的方法和國外採用的表面冷却式減溫器的主要結構。

第一章 過熱器溫度特性和過熱汽溫 必需的調整範圍

現代鍋爐所生產的過熱蒸汽，汽溫並不是固定的；這與鍋爐的特性和運行方式的特點有非常重大的關係。

運行中影響過熱汽溫的主要因素為：

1. 鍋爐的負荷；
2. 燃料的性質；
3. 給水的溫度；
4. 燃燒室裏和鍋爐管束輻射受熱面的結渣；
5. 空氣的過剩量；
6. 未完全燃燒的燃燒產物通過過熱器所在部位時還在繼續燃燒；
7. 鍋爐和過熱器受熱面積灰、結渣。

過份擴大過熱汽溫的調整範圍，為使在各種變動的運行方式情況下都能保證符合規定的過熱汽溫，勢必在鍋爐設備正常工作條件下，也需要增大過熱器的受熱面和吸熱能力。然而，從有效的利用金屬的觀點來分析，增大過熱器吸熱能力，不如增加鍋爐管或省煤器受熱面有利，並且，利用減溫器調整過熱汽溫時，過熱蒸汽所多吸收的熱量必須傳給作為冷卻的物質，而大多數冷卻物質是利用鍋爐給水。這樣一來，將造成兩次熱交換的過程（意指：用多餘的熱量把過熱汽溫提高了，却又用冷卻水再把熱量吸收了去——譯者）。此外，很多事例證明，某幾種型式的減溫器在運行中超出它所具有的能力時，則不僅使減溫器本身發生毛病並且使過熱器也受到障礙。

因此，選擇調整過熱汽溫的範圍時，不必考慮在各種不同的運行方式因素裏都得保證過熱汽溫穩定不變，而僅是在一般正常的運行條件下，應該具有一個能夠調整的限度。特殊的或是由於

不正確的操作方法使過熱汽溫變動的因素，設計減溫器時不應該考慮。

前邊所說的影響過熱汽溫的前三個因素發生的原因，與鍋爐運行人員的操作無關；由於這三個因素使過熱汽溫發生了變動，却必須利用減溫器來調整。

變動了空氣過剩量以及燃燒室水冷壁管和鍋爐管束外表面結渣，將使過熱汽溫劇烈的變動；並且，空氣過剩量增大和水冷壁管外表面結渣，特別是鍋爐管束外表面結渣，都將使過熱汽溫升高。這些因素和運行人員的操作方法有密切的關係，因此由於這些人爲的因素使過熱汽溫所受的影響，不應該列進調整過熱汽溫的範圍裏。

未完全燃燒的燃燒產物或燃料，通過過熱器所在部位時還在繼續燃燒，也是由於不正確的操作方式使燃燒室或煤粉製造設備系統運行不正常（煤粉顆粒粗），在正常運行條件下是不應該發生的；因此，由於上述原因所引起的過熱汽溫變動，也不應該估計到必須調整的範圍裏。

影響過熱汽溫的重要因素之一，是鍋爐負荷的變動。在現代的大型鍋爐設備運行中，負荷變動範圍爲60—100%，而實際的操作技術可保持過熱汽溫穩定不變。

有很多種燃料，當鍋爐負荷降低時，通常燃燒的過程是不穩定的，因而限制了鍋爐負荷的繼續降低。如果利用在低負荷時也能穩定燃燒的燃料，那麼，在低負荷時可以利用改變空氣過剩量，或是採用在高負荷時不適宜用的運行方式，來達到調整過熱汽溫的目的。

爲使當鍋爐負荷變動時，過熱汽溫能够穩定不變，則應當把過熱器裝置在具有適當溫度的區域裏，使它的受熱面吸熱能力受到變動時，恰和蒸發受熱面吸熱能力的變動互相適應，也就是說，和蒸發量的變動成比例。採用輻射—對流式過熱器，充分能够符合上述對過熱器受熱面要求的原則。輻射、對流式過熱器由兩部分組成，每部分受熱面的面積是經過計算和選擇的；選擇的

標準是每部分受熱面的負荷、過熱汽溫關係曲線(以下將簡稱為過熱器的溫度特性)雖然是互相變動的，而實際運行中過熱汽溫却保持不變。

能够得到這種溫度特性的可能，是由於輻射受熱面直接傳導的部分熱量，當負荷增高時，反而減小；因此，裝置在燃燒室裏受輻射傳熱的過熱器部分，當負荷增高時，它所表現的汽溫特性線是下降的。而裝置在受對流傳熱區域裏的過熱器部分，當負荷增高時，表現出上升的汽溫特性線。這個汽溫特性，與裝置過熱器部位的爐煙溫度、爐煙及蒸汽互相流動的方向(逆流或是順流)有密切的關係。裝置過熱器部位的爐煙溫度越高，過熱器對流傳熱部分的溫度向上傾斜的越大。逆流的過熱器比順流的溫度昇高得更多，但裝置過熱器部位的爐煙溫度逐漸昇高，則兩種不同流向過熱器的溫度差逐漸縮小。

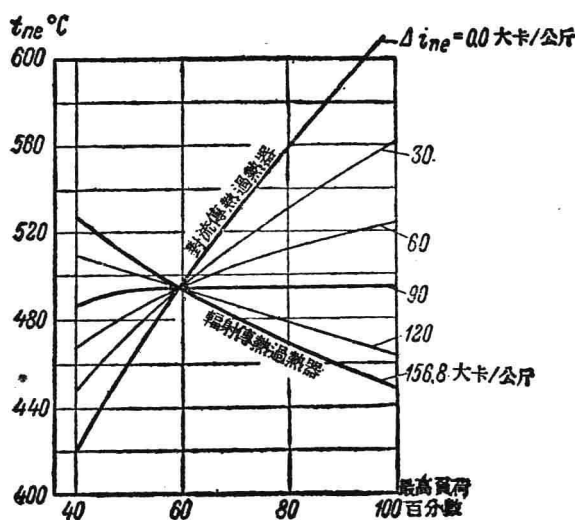


圖 1 全蘇熱工研究所(ВТИ)所設計的鍋爐的混合式過熱器溫度特性線

圖 1 是輻射、對流式(混合式)過熱器溫度特性線，由全蘇熱工研究所計算得出的，為設計 90/110 噸/小時，燃用絕對乾燥燃料的

ВТИ 型高壓鍋爐用的^①。從圖上的曲線可以看出，如果只利用輻射傳熱的過熱器，過熱汽溫是逐漸下降的；從負荷為 60%，相對汽溫為 495°C，負荷變動到 100%，汽溫逐漸降低到 448°C。如果單利用對流傳熱的過熱器，過熱汽溫相反的是逐漸升高；當負荷從 60% 增到 100% 時，汽溫從 495°C 升高到 615°C。把過熱器受熱面配置為：輻射受熱面部分傳熱 90 大卡/公斤，對流受熱面部分傳熱 66.8 大卡/公斤，則過熱汽溫就得到了穩定^②。

蘇聯鍋爐製造廠所製造的具有汽鼓的鍋爐，截至現在為止，過熱器僅是對流方式傳熱的；當負荷變動時，過熱器的溫度特性並不是穩定的。

從前的大型鍋爐構造，在過熱器前佈置着大量受熱面的鍋爐管束，因此，過熱器是被放置在溫度低的區域裏（像具有 2500 平方公尺受熱面的三汽鼓的鍋爐，160/200 噸/小時蒸發量的聯箱式鍋爐等）。之後，鍋爐管束的受熱面逐漸減小；現代的微高壓和高壓鍋爐構造，在過熱器前僅佈置間距很大的三排從爐後牆引出的水冷壁管的延續管。

表 1 例舉了幾種新型鍋爐在過熱器前爐煙溫度的數值和所採用的減溫器的類型。表裏所列的鍋爐，有的是機爐製造總廠的產品，有的是按 1945 年公佈的中央機爐研究所的熱計算標準所計算的鍋爐設計（KO-VI-240 型高壓鍋爐）。

應該指出，計算燃燒室裏受熱面的吸熱能力，對於設計過熱器有重大的意義。燃燒室出口爐煙溫度如果計算得正確，則過熱器部位的進口煙溫連帶着得到正確的計算；這部分的煙溫數值，恰是正確設計過熱器受熱面和溫度特性的基本因素。現代應用的

① 這個圖和第一章到第四章裏的幾個圖是借用麥·波·拉切也夫、阿·恩·魯德尼茨基的作品。

② 應該注意，從穩定利用乾燥的，但易於結渣的煤的高壓鍋爐過熱汽溫觀點來說，把過熱器對流傳熱部分佈置在較低煙溫的區域裏，是比較難於穩定的。因此，上述的溫度特性應認為僅是反映溫度互相調劑的質的方面的現象（特別應考慮全蘇熱工研究所所採用的計算方法）。

機爐製造總廠製造的幾種新型汽鼓式

序 號	鍋 爐 類 型	蒸 發 量, 噸/小時	汽鼓內汽 壓, 絕對	汽溫, °C	燃燒室熱能, 百萬大卡/ 小時
1	2	3	4	5	6
1	СП-4型單汽鼓	30	16	300	22.2
2	同 上	30	16	300	22.2
3	ПК-7型單汽鼓	40	33	425	32.2
4	同 上	40	23	375	30.0
5	同 上	40	33	425	32.0
6	三汽鼓	125	33	420	90.6
7	同 上	110	33	415	80.0
8	ПК-4型單汽鼓	150	35	420	109.0
9	ПК-8型單汽鼓	150	34	417	111.0
10	ПК-8型單汽鼓	150	35	420	103.8
11	ПК-8型單汽鼓	150	33	425	115.5
12	ПК-8型單汽鼓	150	34	415	110.0
13	ПК-5型單汽鼓	200	35	420	143.0
14	ПК-5型單汽鼓	200	35	420	145.0
15	ТП-11型單汽鼓	150	35	420	103.5
16	КО-VII 型單汽鼓	240	110	500	170.5
17	КО-VII 型單汽鼓	240	110	500	168.0
18	同 上	240	110	500	167.0
19	同 上	240	110	500	168.0
20	ПК-10型單汽鼓	230	110	503	177.5
21	同 上	230	110	475	164.0
22	同 上	230	110	510	167.0
23	同 上	210	109	510	166.2
24	ТП230-1型單汽鼓	230	110	510	168.0
25	ТП230-1型單汽鼓	230	110	510	167.5
26	ТП170-1型單汽鼓	170	110	510	126.5
27	75-39-Φ1型單汽鼓	75	36	425	62.4
28	75-39Φ2型單汽鼓	75	44	450	59.6
29	75-39Φ2型單汽鼓	75	44	450	60.1
30	75-39-Φ2型單汽鼓	75	36	425	61.0

鍋爐在過熱器前爐煙溫度和減溫器類型

表 1

所用燃料類別	燃料折算 濕分, %	熱空氣溫 度, °C	爐煙溫度, °C		採用的減溫器類型
			燃燒室 出口	過熱器前	
7	8	9	10	11	12
齊略賓產煤	5.0	261	1094	799	沒 有
莫斯科區產	12.5	290	1092	804	沒 有
庫茲涅茨產動力用煤	1.05	222	990	941	裝在飽和蒸汽橐汽器裏
切列姆霍夫產	2.25	227	967	918	同 上
莫斯科區產	12.5	312	1050	1000	同 上
洗煤廠洗出的雜煤	3.3	245	1118	962	同 上
劣煤	0.7	236	1095	959	同 上
康斯基產	11.4	300	1125	1015	裝在過熱器間
劣煤	0.7	242	1127	994	裝在乾汽鼓裏
康斯基產	11.4	264	1120	991	同 上
莫斯科區產	15.1	288	1107	983	同 上
無煙煤碎屑	1.03	265	1200	1058	同 上
莫斯科區產	12.5	293	1150	1046	裝在過熱器間
劣煤	0.7	253	1145	1037	同 上
基傑洛夫產	0.7	236	1130	997	同 上
無煙煤碎屑	1.03	348	1250	1191	裝在飽和汽橐汽器裏
喀拉甘達產	1.2	325	1092	1036	同 上
齊略賓產	5.0	347	1164	1102	同 上
莫斯科區產	12.5	342	1150	1090	同 上
褐煤	12.3	402	1121	1038	同 上
尹勤區產	3.18	367	1127	1038	同 上
舒什圖列波產	1.17	364	1193	1133	同 上
翻採泥煤(水分=50%)	22.8	400	1072	1021	同 上
無煙煤碎屑	1.1	360	1230	1158	同 上
莫斯科區產	13.0	392	1135	1072	同 上
無煙煤碎屑	1.1	396	1235	1162	同 上
卡什皮爾產頁岩煤	11.0	322	1013	973	同 上
無煙煤碎屑	1.1	360	1159	1102	同 上
碎焦	3.5	270	1054	1003	同 上
齊略賓產	5.0	360	1230	1153	同 上

計算燃燒室直接傳熱的方法，具有實用中足夠的正確性，可以用來設計過熱器受熱面；但這些計算方法，不能充分反映出運行中各種因素對於過熱汽溫的影響，也不能畫出過熱器溫度特性曲線；並且，由於計算燃燒室直接傳熱時所採用的方法不同，因而得出的過熱器溫度特性也都互相不一樣。

因此，為能正確瞭解過熱汽溫調整的必需範圍，採用試驗方法得出鍋爐運行的特性，同樣是很重要的。

根據上述的推論，在這本書裏既介紹用計算方法求得的幾種鍋爐的過熱器特性，又介紹用試驗方法在各種負荷情況下所得出的過熱器特性；從試驗裏得到的特性，反映着在運行中幾個因素同時作用的總的影響結果。

圖 2 表示蒸發量為 200 噸/小時，燃用莫斯科區產煤，負荷變

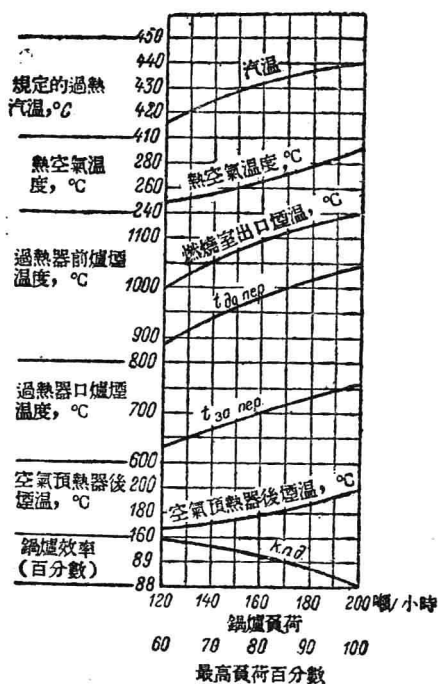


圖 2 燃用莫斯科區產煤的 ПК-5 型鍋爐計算出的基本特性線

動在60%到100%範圍內的 ПК-5 型鍋爐的特性線。此特性線是按照中央機爐研究所熱計算方法計算出來的。

從圖 2 可以看出，這個鍋爐的負荷從 60%變動到 100%時，影響過熱汽溫最終變動為 25°C (沒用減溫器)。

蒸發量為 240 噸/小時的 KO-VII-240 型帶汽鼓高壓鍋爐的設計裏，有更詳細的汽溫特性計算。

為劃一起見，這個鍋爐的所有受熱面，包括過熱器受熱面在內，不論燃用什麼類別的煤所製成的煤粉，它們的溫度特性都沒有大差別。由於負荷的變動從 58%到 100%，或由於換用燃煤而產生的過熱汽溫變動，必須完全利用減溫器來調整。

KO-VII-240 型鍋爐滿負荷時 (240噸/小時)，和利用不同類別燃煤時計算的基本特性，表示在圖 3 裏。

從圖 3 上的曲線可以看出，負荷變動從58%到100%(空氣過剩量不變)，燃用無煙煤碎屑時過熱汽溫變動 40°C，燃用莫斯科區產煤時過熱汽溫變動 34°C。

圖 4 表示蒸發量為 230 噸/小時，汽溫為510°C的 ПК-10 型高壓鍋爐，燃用庫茲涅茨貧煤時計算的溫度特性。

調整這個鍋爐的過熱汽溫預計用兩種方法：利用轉動式噴燃

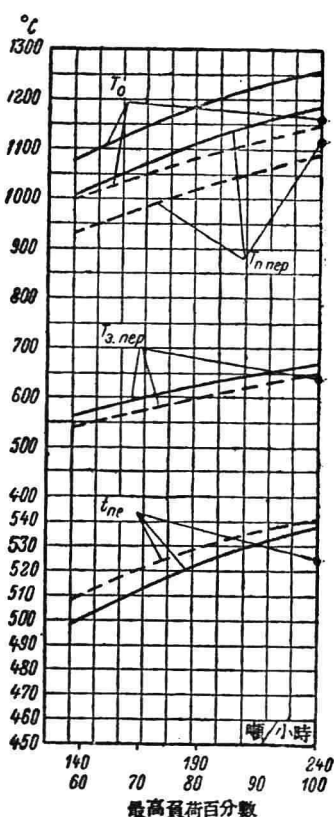


圖 3 KO-VII-240型鍋爐在各種負荷情況下，燃用不同燃煤，設計時所計算的過熱器溫度特性曲線

——無煙煤碎屑；
----莫斯科區產煤；
· 齊格賓產煤；

T_o —燃燒室溫度；
 T_{nep} —過熱器前煙溫； $T_{3.nep}$ —過熱器後煙溫； t_{ne} —過熱蒸汽溫。

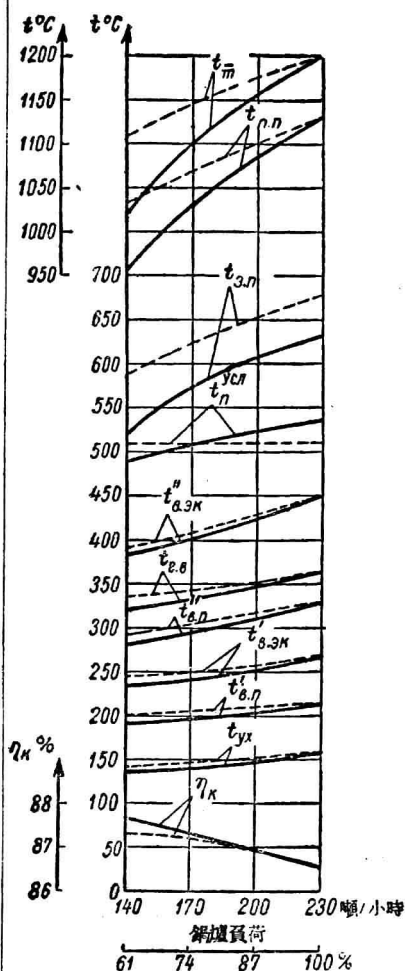


圖4 燃用舒什圖列波產煤的PK-10型鍋爐計算的溫度基本特性線——利用減溫器調整的溫度線；----利用轉動式噴燃器調整的溫度線；

t_m —燃燒室出口煙溫；

t_n —過熱器前煙溫；

$t_{3,n}$ —過熱器後煙溫；

$t_n^{YC.I}$ —過熱蒸汽溫；

$t_{6,3K}''$ —第二段(按水流方向)省煤器後煙溫；

$t_{2,6}$ —熱空氣溫度；

$t_{6,n}'$ —第二段空氣預熱器後煙溫；

$t_{6,3K}'$ —第一段(按水流方向)省煤器後煙溫；

$t_{6,n}'$ —第一段第一組空氣預熱器後煙溫；

t_{yx} —排煙溫度；

η_K —鍋爐設備效率；

附註：鍋爐的效率和其計算的特性線，是以燃燒室效率不變動的條件為基礎而求得的。