

# 动力系统最佳运行 及其控制

鮑 城 志

科 学 出 版 社

# 动力系統最佳运行及其控制

鮑 城 志 著

科 学 出 版 社

1 9 6 5

## 內 容 簡 介

本书是根据作者多年的研究成果并参照国内外有关资料编写而成的。书中论述了有关多参数动力系统运行自动化的理论问题：运行控制中所需考虑的因素及其相互关系；具有自动调整设备的动力系统的特性和各参数变化间的相互作用；最佳运行条件和把系统控制在最佳运行状态的方法；自动调整系统的静态和动态特性；动力系统的逻辑控制等。书末列出了参考文献七百余篇，可作为读者进一步研究这一专题时参考。

本书可供从事动力系统自动化的科学研究工作者和动力系统运行调度工程技术人员阅读，亦可供高等院校有关专业师生参考。

## 动力系统最佳运行及其控制

鲍 城 志 著

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1965 年 3 月第一版 开本：850×1168 1/32

1965 年 3 月第一次印刷 印张：10 1/4

精装：0001—2,900 插页：4

平装：0001—2,800 字数：270,000

统一书号：15031·167

本社书号：3108·15—8

定价：[科七] 精装本 2.30 元  
平装本 1.80 元

## 序

近十多年来动力系统最佳运行及其控制问题在国内外受到动力科学界和工程界的广泛注意。目前已有比较大的力量在进行着这方面的工作。

随着动力系统规模的日益扩大和结构的日趋复杂，以及在系统中采用大量自动装置后，动力系统的最佳运行及其控制问题已经和过去按个别参数的自行调整或按程序的自动控制问题不再一样。也就是说，在这动力系统运行调度工作里，不再能够单纯地考虑一个或两个与它有关的因素，而是须要考虑到许多与它有关的因素，比如说，系统负荷的性质及其变化规律，网络的结构及现行的运行方式，机组耗量特性及系统网络损耗，电能质量和系统功率贮备，等等，如在本书第一章里所讨论到的，都须给以周详的考虑。在考虑一因素时，还须考虑其它因素和这因素之间的关联以及这因素对其他因素的影响。因此，动力系统运行调度问题便变得综合而复杂，即使是个别参数（如频率）的调整，也不能不牵连到系统和机组的有功功率的相应调整，甚至还会牵连到系统和机组的无功功率的调整和系统的合理安排。

因此，要把这六十年代的动力系统的运行调度管理工作做好，首先便须对这自动化了的动力系统本身的特点（与其它生产过程不同的地方）和它的运行特性摸清，找出系统中各个组成部分间的关系和它们的相互作用，从而确定出整个系统的最佳工作条件，并进一步寻找动力系统的自动控制方法及其控制规律，研究具有最佳指标的綜合自动控制系统的结构及其特性，使系统在任何变化情况下都能真正运行在最佳的状况。

三四年前曾有人用“动力系统控制论”几个字把复杂的近代动

Isaac #19

力系統的运行問題概括起来，引起了国内外有关人士很失注意。但由于从这一新的概念和新的方法来研究动力系統的运行問題的工作刚刚开始，系統性的資料还不多，許多問題还提得不够具体。

本书便是在这样的思想指导下开始整理編写的。由于这样高度綜合性的問題(动力系統控制論)很复杂，要想把这問題作个透彻的論述将是非常艰巨的任务，所需要的篇幅也一定很多，同时又不容易一下子便把这問題闡述清楚。因此，作为这工作的第一步，想先把这問題和其中比較大的和重要的問題提出来，并在可能范围内把这些問題联系起来。

如果讀者在讀完这本书后，对近代复杂动力系統运行調度問題的性質，它包含哪些具体問題，各个問題之間有着哪些关系，对于这些問題的进一步解决可以从哪一个方向去进行研究，最佳运行中的“最佳”二字的含意范围如何等等問題能有个概貌，則作者写这本书的愿望便感到滿足。

有了这基础，我們便有可能圍繞着动力系統控制論这一中心对动力系統的运行控制問題进行更深入的研究和探討，便有可能对这問題进行更詳細的論述。

因此，本书拟分成下列几个部分来討論：第一部分概論动力系統最佳运行和控制問題；第二部分討論动力系統的最佳运行条件和与最佳运行有着密切关系的机組組合和綫損計算問題；第三部分討論自动化了的动力系統的綜合运行特性；第四部分討論动力系統頻率和有功功率調整的各种控制方式和方法；第五部分討論动力系統的邏輯控制及其綜合自动化問題。附带的介紹一下我們新近研究的用来研究頻率和有功功率自动調整系統性能的研究試驗工具——調頻模拟。

在本书中作者拟着重对动力系統最佳运行及其控制的基本理論进行詳細論述，但对某些具体的調整控制装置則不准备加以詳細描述。理由是：(1)如果我們能把有关的基本理論理解得很清楚，那末，在翻閱有关的报导具体的动力系統自动控制装置的論文报告时将不会感到有很大困难；(2)如果在这本书里把有关具体的

控制裝置的材料也包括在內，則篇幅一定很多，內容也難免比較瑣碎，對這总的而且又是新的問題的清晰闡述，恐怕會有影響。而且有關描述具體控制裝置的書籍在目前也有一些（外文和中文的），似乎可以不必重復。

同樣道理，為了能把总的基本問題闡述清楚，在書中沒有把水輪機組和汽輪機組分別開來討論，而只是把它們籠統地作為發電機組來提，因而許多有關水電系統的一些重要問題如梯級水電站的負荷經濟分配、水庫的長期調節等問題，在本書沒有詳細討論。

本書的取材，絕大部分是 1957 年以後國外和我們自己的科研成果和實際運行經驗的總結。為了照顧到本書論述的系統性，其中也有一小部分材料取材於 1957 年以前的文獻，極個別的也有從 1947 年左右所刊載的比較經典的著作（主要是文獻）中取來。考慮到讀者閱讀時的方便，在書末的附錄里簡單地介紹了矩陣代數、拉氏變換和綫性系統的穩定性判據等基本知識，以方便於讀者查閱。

本書初稿是在 1963 年初完成的。曾油印成冊在有關科研單位、學校和產業部門中廣泛徵求意見，並得到許多有關科學家、教授和工程師們提了許多寶貴意見，特別是水利電力部技術委員會鮑國寶主任、許金濤、俞民基、吳克昌等工程師，東北電業管理局蔡昌年總工程師，京津唐電業管理局吳祖光總工程師，技術改進局徐士高總工程師、毛鈞燾工程師，華北電力設計院張樹文、郭懋錡工程師，水利水電科學研究院彭錫謙工程師，交通大學張鍾俊教授，清華大學程式教授，北京電力學院南志遠先生和中國科學院電工研究所有關同志等所提出的意見，對本書初稿的修改幫助很大。如果這本書的出版對動力系統自動化工作的發展能起一些有益作用的話，這與上述同志們的大力協助是分不開的。

在本書的編寫過程中曾經常地得到中國科學院電工研究所領導的支持和鼓勵，並提供了有利條件，使這工作能夠得以順利地完成。

在本書最後定稿過程中曾得到張重媛同志協助繪圖，黃逸群

等九位同志协助整理书末的参考文献，夏钟丽同志协助初稿的复印工作。对上面这些同志的热情帮助，表示衷心的感谢。

著 者

1964年11月

# 目 录

第一章 緒 論 .....	1
一、动力系統最佳运行調度的任务和內容 .....	1
二、动力系統最佳运行調度中所須考虑的因素和各个因素間 的相互关系 .....	3
1. 所須考虑的因素 .....	3
2. 各个因素間的相互关系和須要深入研究的問題 .....	9
三、运行自动控制的意义和必要性 .....	11
第二章 动力系統最佳运行条件 .....	15
一、微增率概念 .....	15
二、等微增率經濟运行准則的确定 .....	18
1. 传输損耗能被忽略的情况 .....	18
2. 传输損耗应被考虑的情况 .....	21
3. 同时具有水火电站的复杂动力系統的最佳运行条件 .....	23
4. 考虑到电站、同步补偿机和用戶的无功負荷对网络損 耗的影响 .....	25
三、等微增率經濟运行准則的确定对微增率特性的要求 .....	29
四、經濟运行的協調方程 .....	33
1. 写成为机組功率变化的函数 .....	33
2. 写成为系統主要点电压的相角变化的函数 .....	35
第三章 机組合理組合和开停次序的确定 .....	43
一、总論 .....	43
二、确定机組最佳組合时所須考虑的一些因素 .....	44
三、对机組最佳組合选择的几点基本要求 .....	47
四、最經濟切除机組的选择方法 .....	49
第四章 网络損耗公式的推导 .....	60
一、 $B_{mn}$ 系数法 .....	60
1. 网络結点的电压同电流的关系 .....	60



2. 系統網絡阻抗矩陣的變換 .....	63
3. 網絡損耗的計算 .....	71
二、相角函數法 .....	80
1. 沒有中間負荷的情況 .....	81
2. 帶有中間負荷或電站的情況 .....	83
3. 網絡損耗公式在具有多負荷中心的控制系統中的應用 .....	88
<b>第五章 自動化的動力系統特性 .....</b>	<b>105</b>
一、負荷特性 .....	105
1. 負荷的各種不同類型及其幅頻特性分析 .....	105
2. 頻率和電壓的變化與負荷變化的關係 .....	110
3. 動力系統振蕩的動態過程和系統的傳遞函數 .....	113
二、發電機組的調整特性 .....	116
1. 靜特性及其調差系數的整定 .....	116
2. 動特性及其傳遞函數的近似表示 .....	119
三、鍋爐燃燒控制系統的動態特性 .....	120
<b>第六章 動力系統的互聯和互聯動力系統最佳運行控制的幾種方法 .....</b>	<b>124</b>
一、動力系統互聯的意義 .....	124
二、互聯動力系統最佳運行控制兩大基本原則和所根據的論點 .....	129
三、動力系統的運行調度問題和調度自動控制系統中的幾個環節 .....	133
四、幾種不同的頻率和有功功率調整控制方法的分析 .....	139
1. 機組調速器動作概論 .....	139
2. 有差特性調整法 .....	143
3. 不帶系統控制器的具有積分作用的機組直接調整法 .....	147
4. 具有非積分作用系統控制器的間接調整法 .....	151
5. 具有積分作用的系統控制器的間接調整法 .....	162
6. 相移控制法 .....	168
<b>第七章 互聯動力系統的調整特性 .....</b>	<b>173</b>
一、互聯動力系統的功率-頻率特性 .....	173
二、互聯動力系統的調整過程 .....	176

1. 調整过程的靜态分析 .....	176
2. 調整控制器整定誤差对系統运行的影响 .....	180
3. 調整过程的动态分析 .....	182
三、在周期变动的負荷情况下互聯系統发电功率的控制問題 .....	186
1. 周期性負荷对系統运行影响的所以成为問題的理由 .....	186
2. 周期性負荷变化的周期对互聯系統运行的影响 .....	187
3. 周期性負荷的連絡綫控制 .....	189
<b>第八章 动力系統的調頻模拟 .....</b>	<b>191</b>
一、問題的提出 .....	191
二、模拟方法 .....	192
1. 直流模拟法 .....	192
2. 数学-物理的綜合模拟法 .....	194
<b>第九章 动力系統的邏輯控制 .....</b>	<b>213</b>
一、动力系統发展对自动化提出新的要求 .....	213
二、动力系統邏輯控制的概念 .....	214
1. 动力系統运行綜合控制問題的征結所在 .....	214
2. 一个复杂的問題可以看成为多个簡單的相互关联的問題的綜合 .....	215
3. 所有运行操作和計算調整都可最終化成为 0 与 1 的二进位的邏輯运算 .....	216
三、继电保护中的邏輯控制作用 .....	221
四、邏輯控制原理在事故分析和处理問題上的应用 .....	224
1. 总的要求 .....	224
2. 邏輯控制方式的某些考虑 .....	225
3. 邏輯控制装置的作用及其設計 .....	227
五、結束語 .....	231
<b>第十章 动力系統最佳运行及其綜合控制的展望 .....</b>	<b>232</b>
一、动力系統各个运行参数間的关系及其綜合調整問題 .....	232
二、动力系統的信息系統和信息处理問題 .....	235
三、自动化了的动力系統运行理論 .....	238
四、自动控制系統設計原則上有待商榷的几个問題 .....	240
五、結束語 .....	244
<b>附录 A 矩陣的定义和矩陣代数 .....</b>	<b>246</b>

附录 B 拉氏变换的某些基本性质 .....	254
附录 C 传递函数和调节系统的稳定性判据 .....	263
参考文献 .....	275

# 第 一 章

## 緒 論

### 一、动力系統最佳运行調度的任务和內容

如所周知,随着我国国民經济各个部門的迅速发展,对六十年代动力系統的运行水平無論从保証电能的质量、保証数量的供应以及降低单位能量費用等方面,都提出了新的和更高的要求。为了滿足这些要求,无疑地,就必須:(1)充分挖掘資源和設備的潛力,使它們得到更有效的利用,甚至尽可能使它們运行在接近它們的材料容許極限的狀況;(2)合理調整,减少損耗,提高效率,以保証整个系統运行的最大經濟性;(3)維持頻率、电压等在合理水平和保証系統安全和連續地供电。因此,不难想像到,滿足現代化工业需要的动力系統,必然将会逐步发展成为規模宏大而結構又很复杂的系統;即使有某些系統,其容量不一定很大,但其結構由于某些原因,仍然可能是很复杂的。其复杂地方表現在錯綜复杂的網絡結構上,表現在发电、送电、用电設備和它們的控制調整設備上,表現在这些設備的庞大的数量和它們的相互关系上,此外还表現在带有新技术特征的运行方式上。因此,要把这样的动力系統运行調度得很好,問題便很繁复,任务也当然很艰巨。

动力系統的調度工作、概括地說来,可划分为正常情况下的調度管理工作和非正常情况下的調度管理工作。正常运行情况下的調度管理工作又可分为三类:

**第一类是属于現時运行狀況的調整控制和管理** 在既定的运行方式(包括既定的投入运行的設備組合等情况)下,根据系統各參变量即時数值和它們的变化趨勢等总的情况来进行系統內各电站間(包括水火电站間)和电站內各机組間有功和无功功率的最佳

分配,合理調整網絡內各点的电压,決定系統中的有功和无功功率貯备的合理数值以及这些功率貯备在網絡各点或各机組間的合理分布,以保証系統的可靠性指数和系統运行的最大經濟性。

**第二类是属于下一昼夜运行調度的准备和安排** 根据現有資料准确并有方向地預測系統的总負荷和負荷的性质及其分布情况,从而在給定的設備状况下在火电站間經濟地分配有功負荷,和在具有水火电站的系統里按照給定的昼夜水耗量来經濟地分配有功負荷(考虑到網絡的功率損耗和水电站的水头变化);計算和決定下一昼夜有功功率的最佳貯备值和这些貯备在系統內各点的最佳分布,从而決定在具有水火电站的复杂动力系統內运行机組的最佳选择和机組的开停次序和时刻(考虑和不考虑电站設備启动和停止的过渡过程);計算下一昼夜无功負荷的分配和最佳網絡电压曲綫图,決定变压器分接头的最佳选择以及进行有关綜合分配有功和无功負荷以及相应状况下的網絡电压图的計算等。

**第三类是属于較长期的运行方式計劃的制訂** 进行有关一月內甚至一年內火电站間或水火电站間电能生产的經濟分配(計入網絡損耗)的考虑和近似計算;水电站(包括梯級水电站)的水耗最佳分配計劃,如一年內各个月的水耗最佳分配計劃和一月內各个星期或一星期內各个別日的水耗最佳分配計劃等等。在进行有关制訂所有这些計劃的計算时,應該考虑到各区域系統間弱連絡綫(或各別較弱的輸电綫)的工作能力,通过各个区域动力系統間功率的合理分配來保証系統內所有发电設備和傳輸綫路运行在安全可靠而又經濟合理的水平上。

非正常情况下的控制和管理工作,形象化地說來,即检测系統任何一个环节运行中的异常状况并及时采取措施來迅速糾正这种异常状况,以保証系統运行的可靠性,达到持續供电的目的。如按照系統参数变化情况來发现判断和处理系統事故,和整定自动装置來防止事故等便是这方面的一些很好的例子。

总的說來,近代化的各門工业將要求动力系統的运行被控制在最佳的状况;所謂最佳状况应广义地理解为經濟上最佳的运行

状况,即不仅要使消耗在电能的产生和分配上的直接費用为最小,而且还要保证整个系統(考虑到它們的調整裝置的作用)經濟上合理的可靠水平(如合理的功率貯备数值及其分配、經濟上合理的最可靠和最灵活的綫路結構)和电能质量(頻率和电压不超过合理的最大容許偏差范围)。这样,如前节所述,控制动力系統运行状况的任务将由于动力系統規模的逐渐扩大和需要对系統运行状况进行綜合的經濟分析而变得复杂。因此在进行系統調度工作时,便必須随时掌握住整个系統內任何一个环节的所有运行参变数的現行真实情况和这些参变数对于下一阶段(較短的和較长的)的变化趋势,以及这些参数間的相互影响,以便做到情况明并能很好地掌握这个系統。

## 二、动力系統最佳运行調度中所須考虑的因素和各个因素間的相互关系

### 1. 所須考虑的因素

如上所述,动力系統的調度工作无疑的是个很复杂的工作。要把調度工作做得尽善尽美,調度人員究竟应考虑哪些問題?这个問題本身恐怕也是个有待于詳細研究的問題。同时,随着系統的发展,这个問題也将不断增添新的內容,所需考虑的因素也将不断增多。下面拟就目前所看到的比較大的几点,作个論述以供参考。

1) 系統負荷的性质及其变化規律 如所周知,系統負荷是由許許多多各式各样的負荷所組成,各別負荷所占的比重和分布情况又将在很大的范围內变化。根据实际系統負荷变化实測結果的分析,系統日負荷可被分解成許多具有不同周期的(其变化頻率可能是从每秒几周每天一周)同系統頻率、电压成各种不同关系(与頻率、电压成一次、二次或高次方关系)的負荷类型。由于具有不同性质和不同变化規律(确定的周期变化或随机变化)的負荷所引起的結果不同,对負荷調整的要求也将有所差异,調度管理方式

亦將有所不同，因而在任何時刻清晰地了解系統內負荷的成分、相對數量和他們的其它性質，並掌握其變化規律，分清主次地作適當的調整和安排，便成為動力系統調度員所應考慮和注意的問題。至於如何在系統運行參數中選擇出一些適當的參數，來準確地分辨出各種不同情況，以實現上面所提出的要求，便是正在進行研究中的問題。由於科學家們的努力，到目前為止，也已初步能夠根據表征系統負荷與發電功率間的不平衡（功率過剩或缺額）的系統頻率變化，來分析系統負荷的性質以及系統負荷在系統內和在相鄰兩系統間的流動情況，從而根據頻率變化和系統間連絡綫交換功率的變化來決定出糾正系統誤差所需的發電功率變化的方向和數量。系統運行中積累起來的一些原始資料，如日負荷曲綫、負荷持續曲綫、系統頻率特性等等，已成為負荷預計和負荷調整的重要參考資料。

**2) 機組耗量特性** 在動力系統調度中很重要的一部分工作便是實現系統運行的最大經濟性。根據調查統計，百分之八十以上的運行費用花在發電站內，而發電站內燃燒燃料所產生的熱量，又有70%以上消耗在熱力設備（鍋爐、汽輪機）上。因此，發電設備耗量特性便成為考慮系統經濟運行的一个重要因素。系統經濟運行問題可歸結為如何正確地安排系統的發電功率，使得總的發電成本或燃料消耗為最小。系統愈巨大複雜，系統中發電站的類型（如凝汽式火電站、供熱式火電站和抽水蓄能式電站、堤壩式水電站等）愈多，火電站使用的燃料愈多種多樣，比價愈懸殊，則發電站間的負荷分配對運行經濟性的影響便愈大，有關發電站間負荷正確分配問題的解決也就愈複雜。

每個機組的發電成本或燃料消耗通常可表現成兩種不同形式，即：①平均燃料消耗率——對應於某一功率全量的從機組產生每瓩小時電能所需的平均燃料消耗量；②燃料消耗微增率——對應於某一功率微增量的每一瓩小時的燃料消耗量，亦即燃料消耗微增量與輸出功率微增量的比率。如果隨著負荷微量增加，機組效率變低，則增發下一瓩小時電能的燃料消耗量將較這時平均的每

一千瓦时电能所需的燃料消耗量为大。一般說来，功率的价格微增率（或燃料消耗微增率）和单位电能的燃料消耗量，都是随負荷的增大而增大，燃料消耗微增率和平均燃料消耗率等与机組输出功率的关系都是个非綫性函数。

这些函数，尤其是燃料耗量微增率函数，表征着机組运行的經濟状况，它們是电站間和机組間經濟負荷分配的基础。在机組启动并加载至最小負荷后，要进一步加载和考虑各发电机組在功率增量上的合适分配，使所有机組都运行在最經濟的状况，便需要很好地运用这些耗量特性素材。机組耗量特性是否准确，以及这些耗量特性或从这些耗量特性所推导出的其它特性是否被合理地利用来进行电站間和机組間的功率經濟分配，影响到系統运行的經濟性頗大。

随着单机容量的增大，机組維修費用在发电站发电費用中的比重越来越重要，尤其是在大負荷情况下，过热器管子的腐蝕、积垢、炉排的损坏和引风机的腐蝕等，以及在小負荷情况下，空气加热器的腐蝕、机械集尘器的堵塞、透平叶片及冷凝器管子的腐蝕和給水泵閥門等的腐蝕等所引起的附加維修費用，将成为經濟分配机組負荷的另一个必須考虑的因素，它将以等值燃料消耗微增率的形式

$$\frac{\text{維修費用微增率}}{\text{燃料价格}} = \text{維修費用等值燃料消耗微增率}$$

参加到經濟分配功率的計算中。

**3) 网络損耗** 一般說来，系統里各个电站并不是直接同負荷連接在同一母綫上，而是通过系統网络連接到各个不同的負荷上，因而对某具体負荷而言，某电站所处的位置可能較其它电站更为有利。如果单纯按照等发电成本微增率准則来分配負荷，則功率多从成本較低的电站輸出。但这未必能够保証整个系統真正地达到最經濟的运行状况（也就是說，最低的总发电成本，或更确切地說，供給每度可用电所需的最低的标准煤耗量），其原因是系統网络上功率的消耗为数較大，一般說来，約占总功率的百分之七



或八，在某些設計較緊的系統里甚至可能超過百分之十。

由於各電站在系統中所處的不同位置，在供應系統某固定點負荷時，各電站輸出功率流經的道路便不同，其所產生的損耗大小便有差異，而這差異與系統的參數、與各電站的功率數值等都有密切關係。在一個 2400 兆瓦的實際系統里，考慮了網絡損耗後的各電站功率分配，與單純按等發電成本微增率準則的負荷分配相比較，將使網絡損耗從 183 兆瓦降至 78 兆瓦，節約 105 兆瓦功率的電能（注：這裡考慮了網絡損耗後的較佳的運行狀況，還不是這系統的最佳運行狀況）。因此，在系統的經濟調度工作中，有必要把網絡損耗考慮進去；在經濟分配負荷準則中，必須按網絡損耗與系統運行參數間的特定關係（即利用網絡損耗微增率）來修正電站的成本微增率值。

電站功率與網絡損耗微增率的關係是非線性的，因為許多變化着的因素，如地區負荷和送到用戶中心的負荷間的關係，各電站經過同一輸電綫輸送不同功率間的關係，各中間變電站負荷變化間的關係等等都對它有影響。網絡損耗微增率不僅決定於有功負荷，而且還決定於無功負荷。嚴格地說，網絡損耗或網絡損耗微增率將是電站、同步補償機和用戶等的有功和無功負荷以及主要點電壓等系統參數的函數：

$$P_L = f(P_1, P_2, \dots, Q_1, Q_2, \dots, U_1, U_2, \dots), \quad (1.1)$$

無功負荷，一般要求相應於有功負荷的分布情況來合理地分配，使能保證用戶可以接受的電壓水平和最高的經濟指標（如最小的網絡損耗等）。由於運行方式、檢修和故障等而引起的網絡結構形式的改變，都將會在很大程度上影響到網絡損耗微增率的數值。所有這些，調度工作人員都應加以周密的考慮。

**4) 電能質量** 隨着各項工業的發展，對電能質量（如頻率、電壓等）的要求越來越高；同時，動力系統內各發電站本身對電能質量的要求也很嚴格，原因是發電站本身的設備對頻率、電壓都比較敏感，如鍋爐給水的循環水泵便將因這些參數的變化而大大降低效率，嚴重時甚至還會影響到設備的正常運行。機組的調速器也