

瑞典电器工業技术概况

中國電力工程技術訪問團
赴瑞典、挪威考察報告之四

(內部資料 注意保密)

中華人民共和國國家技術委員會編

1958.10

目 錄

一、瑞典通用电气公司概况.....	(1)
二、ASEA Västeras厂大型电机車間概况.....	(10)
三、通用电气公司中小型电机部分.....	(23)
四、通用电气公司变压器部分.....	(28)
五、通用电气公司高压試驗室.....	(34)
六、ASEA LVDVIKA厂避雷器車間.....	(36)
七、DELAVAL汽輪机厂	(39)
八、通用电气公司电鋸机厂.....	(44)
九、LILJEHOLMENS KABELFABRIK厂 电容器部分.....	(46)
十、ASEA LUDVIKA断路器車間.....	(51)
十一、ASEA LUDVIKA大能量試驗室	(55)
十二、ASEA LUDVIKA整流器車間	(57)

瑞典电器工業技術概況

一、瑞典通用电气公司概況

瑞典是北歐工業發達的國家，由於缺乏煤和石油，全國動力主要依靠水力發電。电气制造工厂有210家，其中100人以下的154家，占厂家总数的73%，500人以下的厂42家占20%。但基本上是兩大集團控制了整個电气工業。全瑞典共有电器制造职工53,000人，（其中工人約33,500人），瑞典通用电气公司（ASEA）即有35,300人（其中工人約19,563人），占全國职工总数的67%，主要生产發電輸电設備与电用器械。艾立克遜電話公司（Ericsson L M）职工总数为15,700人，占全國电气职工30%，主要生产電話、電訊設備器材，也部分生产電纜和电容器。通用电气公司屬瑞典瓦倫堡壟斷集團控制，電話公司資本屬美國摩根壟斷集團（據說股票占34%）。

1. 瑞典通用电气公司一般情况

瑞典通用电气公司是瑞典第四位联合企業，成立于1883年，正式成立公司为1913年。1949年后董事長一直为瓦倫堡（Marcus Wallenberg），他是瑞典斯德哥尔摩安基尔达銀行（四大銀行之一）的總經理，在瑞典35個企業中均有投資，他的工業投資在通用电气公司股票資本中占5.56%，（持該企業股票的約有三萬人，每股100克朗），如此，瓦倫堡家族就完全掌握了這個企業。副董事長为苏德堡（Ragnar Söderberg）造紙巨頭，曾任駐挪威領事，前妻为瓦倫堡的女兒。董事有：勃洛斯特罗姆（Dan-Axel Broström）为東亞輪船公司總經理，造船与航运巨頭。拉烏辛（Ruben Rausing）系瑞典物价管理局負責人，工業委員會委員。董事會中

还有现任总经理佛莱塞姆 (Ake T Vrerhem)，他是目前出席世界原子能和平利用委员会的瑞典代表。

根据1958年元旦该公司发表的统计资料，该集团现有股票资本约5亿克朗（每克朗合人民币0.476元），除投资别的企业外，这个企业的固定资产（指厂房建筑，机器设备）约有6.5亿克朗，1957年营业额12.6亿克朗。

该公司现有工厂27家，国外办事处17家，国内办事处18家，安装公司15家，职工总人数为35,300人。总部设在瑞典中部的维斯托瓦斯市。母公司共有10个厂，17,155人（其中工人9850人占57%）。最主要的工厂有两个，一为维斯托瓦斯电机厂8725人（其中工人4502人占52%）厂区建筑约有35万m²，约为ASEA的一半。主要生产各种大中小型发电机电动机和直流电机。大型车间490人（其中工人400人），装有150t吊车两台、15M立车，年产120万瓩交流发电机（主要是水轮发电机最大水轮发电机为12.5万KW125转）。其中超2万瓩者每年可做15台，还可年产20万瓩直流电机。小型车间450人（其中工人约400人），7.5马力以下电动机有生产流水线，年产10万台，中型1000马力以下年产1000台。另一主要的大厂是在鲁特维克市，主要生产高电压设备，共3614人（其中工人2186人占60%）。约有16万m²的建筑面积，变压器厂房装110t吊车两台，变压器做到自耦单相20万KVA/400KV与三相10万KVA/400—13.5KV，年产总量约为300万KVA。

1951—58年已生产400KV级变压器64台，875万KVA。变压器生产方面的人数和产值约占该厂的50%以上。断路器基本上生产压缩空气式和贫油式两种，压缩空气断路器做到380KV1200A，断流容量为12,000MVA，1957年曾生产15台。少油断路器做到138KV级，最大断流容量为3500MVA。避雷器生产流水线较完备，据称为欧洲最大的产地，出口量占2/3—3/4。主要生产电站及配电线路用阀型避雷器。已做到380KV级（系五组叠接）。为瑞典本土到哥特兰岛的直流输电用水银整流器，过去系在南方变压器厂生产，

現全部移到此地。目前正在試制與生產英法海峽直流海底輸電綫用的水銀整流器，該工程總容量為15萬瓩，200KV電壓。這個廠還生產高壓隔離開關、鎔整流器、油浸與混凝土式電抗器以及高壓電流互感器等。母公司其它各廠規模均較小，斯德哥爾摩齒輪廠，主要生產船舶、礦井用大齒輪及與電動機配套的小齒輪，共970人（其中工人604人占62%），出口比重亦大，產品質量還好。其它各廠分別生產电瓶車，絕緣材料（為ASEA自用）直流電機與拋光機、繼電器、開關另件、起動器和變阻器等。各廠職工人數均在85—540人間，工人數為職工總數的77.5%。

值得提出的是，該公司已與瑞典原子能公司簽訂協議，由該公司設計原子反應堆，作為維斯特瓦斯原子能熱發生站“ADAM”的一部分。預定在1960年完成應用。他的原子能實驗室的基礎建築1956年就開始了。同時該公司近數年來對高壓電器正在大力發展。在魯特維克曾建造了規模龐大的斷流容量試驗站（短路容量可達13KV3500MVA）和兩個高壓實驗室（沖擊波電壓發生器3600KV，工頻試驗變壓器為1000KV），在維斯托瓦斯亦建一個大容量高壓實驗室，從事於氣體放電、氣體爆炸等基本物理研究工作。有600KA的短路變壓器、短路發電機組（11KV，3000轉/分，三相對稱的斷流容量為400MVA）、兩台100—4000V的水銀整流器組，每台的最大短路電流為60KA。可經變阻器從120KA變換到2A。

ASEA各子公司共有12個廠，均系該集團逐步吞併的。目前仍保留公司的名義和獨立的經營，但均在該集團公司的掌握之下，吞併後內部生產分工與協作亦十分顯著，亦有一些的服務性的行業。

①發電廠以及電站有六個單位，815人（其中工人492人）。該公司并占據ELECTRO-INVEST電站投資公司的50%的股票，資本1970萬克朗。

②鋼鐵廠2341人（其中工人1998人占85%。）主要有冶金、燒結（據說年產80,000噸），大型鍛件（有7500噸的水壓機），還在這個廠製造鐵路車輛。1957年曾生產 $16\frac{2}{3}$ 週波/秒的電力機車15

台。1958年投入生產的尚有規模不大的薄板廠，可能生產矽鋼片。

③通風設備廠規模較大，2168人（工人1068人占49%）主要生產處理空氣，干燥、清理空氣、熱量回收以及空氣調節系統的機器設備，除塵器等。由於木柴加工工業發達，促使他們生產了許多木材干燥設備，目前有部分出口。

④日用電器廠1738人（其中工人1172人占67.4%），生產電灶、電爐和冰箱等家用電器。

⑤低壓電器廠1346人（其中工人738人占55%），生產各種開關配電設備、安裝材料和各種泵等。

⑥燈泡廠292人（其中工人244人占83%）。

⑦在哈爾斯堡的電機變壓器廠1335人（工人926占69%）主要生產電動機和變壓器。可生產40MVA/130KV 附有載開關的變壓器。和75MVA/160KV的電力變壓器。

⑧電纜廠81人（工人65人占80%）該公司僅有75%的資本為配合哈爾斯堡的電機變壓器廠之用。

⑨專門生產吊車電梯的工廠473人（工人302人占64%）。

⑩芬斯堡汽輪機廠有獨到之處，由於他們缺乏煤炭，所以汽輪機的設計考慮了盡量合理的利用熱能，有種專利的設計是綜合了輻流和軸流式的優點，設計的汽輪機一台可帶兩台發電機，目前已生產過550萬瓩，連同日本等國買去專利生產約1000台，世界上已安裝近1000萬瓩。1957年曾製出容量為7萬瓩，正在製造的15萬瓩，正在設計的有20萬瓩。還生產燃汽輪機（最大做到40MW）和冷藏設備。過去曾生產空氣壓縮機，現已移交至與ASEA合作的斯德哥爾摩風動工具廠。

⑪電纜廠規模大的，瑞典有兩家，一家屬愛立克遜電話公司，一家屬ASEA。均生產各種配電電訊電纜、電力電容器以及380KV 充油電纜等，廠均設有高壓實驗室，沖擊發生器1400—2000 Mv，工頻變壓器500—700KV 兩廠均設在斯德哥爾摩，ASEA 廠898人（其中工人650人占72%）。愛立克遜廠約有1620人。

⑫斯德哥尔摩电焊机厂有 328 人（其中工人 150 人占 49%，設計人員 60 人占 18%）。工厂虽然不大，但在制造电焊机方面是欧洲著名厂之一。主要生产电阻焊接机，如点焊机、縫焊机、碰焊机、平接焊机、投影焊接机外，还生产鉄网經緯焊接机（网寬可达 2600 公厘，元鉄直徑可至 12 公厘，經綫間距可由 25—300，公厘調節，每分鐘可焊 40—45 个焊头）。錨鍊鐸接机，（用以代替落后的鍛造。）有縫鋼管焊接机（可焊至 6 吋管子。）还生产各种鍛造加热机械以及电焊条，电弧焊接设备等。該厂產品 60% 是供出口生产。

除上述外，ASEA 集团，在國外还有 5 个厂，連同國外办事处 14 个，共約有 3360 人。在巴西的厂專門生产变压器，利潤很大。在南非联邦的厂近年來已开始獲得利潤，其它厂分設在法國、挪威和澳大利亞。

ASEA 的技術人員是較多的，許多技術人員曾留美，有崇美傾向。某些產品亦有独特的地方，今年在瑞典召开的國際电工會議，实际上这个集团是主人，出席會議的主要人物和工程师。共 52 名代表（內有博士 5 人）。ASEA 的技術經理海利茲（I. Herlitz）亦可能是公司总工程师，又当选为國際电工委员会主席。不能不对今后國際电工标准發生影响。

2. 瑞典通用电气公司產品

水輪發電机：

150MVA，（12.5 万瓩）125 轉/分 18KV 法蘭西斯式，1958 年生产，安裝在斯多納尔福遜水电站共三組。軸向風扇冷却式。

轉子直徑 9750 公厘，定子外徑 12.8 公尺

115MVA，16KV，安裝在哈斯潑浪格特水电站。167 轉/分，轉子直徑 8339 公厘，重 465 噸，定子外徑 10400 公厘，軸向風扇冷却式。

汽輪發電机：

60MW 3000 轉/分。汽輪机是幅流軸流綜合式 15 万 W

燃气輪机 40MW。

同期調相机:

75MVA 750轉/分, 氫冷式19—21KV, 据說当氫气压力提高到三个大气压时, 其容量可达100MVA。定子重250噸, 轉子重110噸。

变压器:

單相电力变压器: 115,000KVA 380KV, 單台188噸 (內油37噸)

三相电力变压器: 100,000KVA 380KV, 單台220噸。

單相自耦連接变压器100,000KVA 400KV三繞卷 單台158噸, (內油33噸)

單相自耦連接变压器 200,000KVA 400KV三繞卷 單台240噸以上 (內油40噸)

这些变压器均采用冷压砂鋼片, 調压器均單独設計在另一油箱內。均系强迫油循环水冷式, 小的用强迫油風冷式。

断路器:

压缩空气式380KV級断流容量 12,000MVA, 1200A,
少油式138KV 断流容量 3500MVA

互感器:

电压互感器100—380KV均用电容式。110KV用5个串联, 132KV用6个, 154KV用7个, 220KV用10个, 380KV用18个。
电流互感器380KV高5400公厘, 重3675公斤, (油重375公斤)。

电爐:

交流感应电爐附有攪拌器, 已制造150瓩电爐用的設備 (包括攪拌器), 1400KVA 高週波感应式电爐, 最大可做到12瓩。
工頻鉄心式感应电爐最大可做到6瓩。

电力機車:

$16\frac{2}{3}$ 週波/秒, 15KV 單相交流制。均單相整流子式。
6軸5000馬力 牽引力33噸, 运行速度104公里/小时,

4 軸 3300 馬力 牽引力 15 噸，運行速度 150 公里/小時，重 60 噸。50 週波/秒近郊電氣機車，帶整流子，電動機為懸排式，運行速度 130 公里/小時

避 雷 器：

380KV 級，閥型。其放電電壓，在 50 週波/秒時 800KV，在 1000 KV/微秒的沖擊波時為 1200KV，在 8000A/微秒時 1430 KV。

水銀整流器：

直流輸電用每組單位容量 1 萬 KW 50KV 200A，有泵式風冷。每閥有兩個并聯阻極

電 纜：

380 級，充油式，空心導綫截面 500 平方公厘，電纜外徑 118 公厘，重 58 公斤/公尺。絕緣水平 1775KV。製造時用 450KV 交流電壓試驗一分鐘，安裝後再用 850KV 直流電壓試驗一分鐘。直流輸電 100KV 2 萬 KW 海底電纜，導綫截面 90 平方公厘，直徑 10.8 公厘，絕緣水平為 425KV。

電 容 器：

大量生產的電容器，除改善功率因數者外，串聯電容器站及電容式電壓互感器用量亦很大，產品特點是壓力充油式，（2—3 大氣壓力）箱殼帶電，有散熱片，自然冷卻。

直流電動機：

最大容量 13000KW，大型軋鋼用，1200V，50 轉/分，最大轉矩 250 噸/公尺。

此外，還生產船舶用電氣設備，礦井卷揚機、吊車、電梯、成套軋鋼與造紙設備，水輪機電液壓調速器及家用電器等。

總的來說，瑞典通用電氣公司是世界上歷史較長的電氣製造企業之一，技術水平是較高的。蘇聯建國初期，亦曾大量購買其電工器材，某些產品確有其獨特的地方。目前生產的水輪發電機容量是比較大的，（15 萬 KVA），但絕緣材料均用 A 級，因而體積很大，汽輪發電機和直流電機容量均小，但氬冷式同期調相機據說是

3. 通 用 电 气

厂 名	地 址	总 人 数	(其中工人数)
母公司各厂:			
1. 电机厂	维斯托瓦斯	8725	4502
2. 变压器开关厂	鲁特维克	3614	2186
3. 齒輪厂	斯德哥尔摩	970	604
4. 电瓶車厂		540	375
5. 絕緣材料厂		269	236
6. 繼电器厂		156	131
7. 薄板厂		196	147
8. 开关另件厂		85	74
9. 起动机变频器		213	158
10. 直流电机厂	永学賓	107	79
各地办事处		1534	1066
安装机构		737	292
母公司合計		17,155	9850
11. 发电厂	斯德哥尔摩	815	492
12. 鋼鐵厂	苏拉哈馬尔	2341	1998
13. 通風設備厂		2168	1068
14. 汽輪机厂	芬斯賓	1994	1179
15. 日用电器厂	斯德哥尔摩	1738	1172
16. 中小电机变压器厂	哈尔斯堡	1335	926
17. 吊車厂	斯德哥尔摩	473	302
18. 电機厂	斯德哥尔摩	898	650
19. 电綫厂	哈尔斯堡	81	65
20. 低压电器厂	斯德哥尔摩	1346	738
21. 灯炮厂	斯德哥尔摩	292	244
22. 电焊机厂	斯德哥尔摩	328	150
子公司各地办事处 和投資公司		976	729
子公司合計		14,785	9,713
瑞典境內总计		31,940	19,563
23. 巴西厂	}	3,360	
24. 澳大利亞厂			
25. 南非联邦厂			
26. 法國厂			
27. 挪威厂			
國外各办事处			
总 計		35,300人	

公 司 概 况 附 表

固定資產 (其中厂房建筑 机器设备数) (万克郎)		資 本 額 (其中股票 資本数) (万克郎)		附 註
—	—	—	—	生產各种大小电机与鑄造。 生產变压器、开关、避雷器 整流器。
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
54,559	50,616	37,540	30,375	水电站三处 鍛压、煅結1'年產八万噸 处理空气,干燥与熱電回收 設備,汽輪机与燃气輪和 冷藏設備
5642	529	3615	3000	
6175	6168	2919	2500	
1977	1586	2255	2000	
2309	1997	2324	2000	
1093	904	2048	2000	
1260	987	2410	1800	
1529	1479	1570	1500	
383	383	1200	1000	
443	409	1112	600	
238	219	538	500	生產电阻焊接設備
1098	—	1970	1800	
22,147	14,661	21,961	18,700	制造变压器
76,706	65,277	59,501	49,075	

世界上第一流的。高压电器制造上400千伏級產品有近十年的歷史，变压器体重較各國為輕、多采用自耦，强迫油循环水冷或風冷，大型多用冷压砂鋼片。压缩空气断路器采用V形滅弧裝置，断流容量亦較大。直流輸电用水銀整流器亦較先進。其它如燃气輪机，电爐攪拌器、电阻焊接机、水輪机电液壓調速器、磁放大器控制的冲击励磁机以及軸流幅流綜合式汽輪机的設計，均有独到之处。同时目前正开始制造电子能設備。

該公司技职人員比例較大，工人一般占总人数的60%，技职人員为40%。除銷售部門有大量的技術人員外，各厂均有設計部門，一般人員也較多。很多都是單个生產，產品品种較多，但各項產品的生產量均不大。厂房占用面積一般是較浪費的，厂区整体佈置不够合理，但光綫均好，厂房清潔。因为工業速度慢，老工人比重較大。產品表面加工較細光潔度外觀亦好，質量尚佳。工厂設備中大型重型設備較少，（吊車在水輪發電机厂房为150噸兩台，在变压器厂房110噸兩台，立式車床为8—15m）。手工作業比重較大，鑄件用的多，而电焊特別是自动設備較少，联动机床几乎沒有，只在生產小型產品上多佈置有流水綫。工人專用工具齐全，冲剪多有傳送帶。公司範圍內試驗室較多，特別是高压試驗室和大容量試驗室規模較大，設備亦多，技術人員亦較集中，因而品种發展較快。

电气材料的制造部門一般均小，許多材料來自國外，冷压砂鋼片、变压器油及部分电瓷多依靠進口。避雷器、汽輪机、电容器、齒輪电焊机、整流器等出口比重較大，电机、变压器、开关亦部分出口。

二、ASEA Västerås 厂大型电机車間

六月二十七日上午到 Västerås 厂參觀時，先由該厂發電机总工程师 Strömberg 介紹水輪發電机的結構情况，主要对象为1951年制造的 Harsprånget 水电站的發電机，用幻灯照片說明。后由

銷售部技術人員介紹感應攪拌器的使用情況，用電影說明。然後再到車間參觀，由車間主任及試驗負責人接待，在車間的時間約二小時。由於我們在前一夜間接向該廠提意見的結果，當天的參觀是比較自由，可以看我們所要看的部份。陪同參觀的人，也盡量解答，他們還主動要我們看繞圈製造部份。但是受了時間的限制，了解的程度，還是不夠。以後在參觀Enköping 配電站及Stornonfors 水電站時，也對該廠大型電機產品，有所了解。茲匯集各方面參觀的結果，雜誌及出品目錄所介紹的情況，分段報告于后。

1. 一般情況

大型電機車間的任务為製造大型交直流電機，包括煉鋼爐用的感應攪拌器。車間組成內包括重型焊接工段及繞圈絕緣工段。1949年制成 Hzälta 水電站 65,000千伏安的發電機。51年制成 Harsprånget 水電站105,000千伏安167轉/分的發電機。本年制成 Stornorrforss 水電站 150,000 千伏安125轉/分的發電機，預定在9月1日試車發電。在設計中的有 240,000 千伏安的發電機。水輪發電機的單位容量，最近幾年增加甚快。在高速水輪發電機方面，曾做過44000千伏安500轉/分（Låsan 水電站用），66000千伏安428轉/分的發電機。現正在設計84000千伏安375轉/分的。由於瑞典缺乏煤炭，在全國發電設備中火電所占比重極小，因此汽輪發電機方面，單位容量不大，產量亦小。最近剛在製造 150,000 瓩的機組。汽輪機分成二台，由於採用輻流式汽輪機，因此發電機有四台，最大單機容量僅為 60,000 千伏安但為 Ludviko 大能量實驗室所作的短路試驗用發電機，容量為 2,500,000 千伏安。採用了相當於 100,000瓩正常汽輪發電機的轉子。燃氣輪機由於起動迅速，在瑞典水電為主的系統內，担负尖峯負荷或作為緊急備用機組，均極適宜。該廠正在製造配合40,000瓩燃氣輪機的50,000千伏安發電機。由於高電壓長距離輸電的需要，該廠已製造 75000 千伏安的同期補償機，正在設計製造 100,000 千伏安的。又在製造列車發電機，

用內燃机拖动容量为 10,000 千伏安，500 轉/分。直流电机方面，1950 年做过軋压用电机，最大出力为 13,000 瓩（当 50 轉/分时），电压为 1200 伏。另为上述短路試驗用發电机配合的励磁机，电压为 1050 伏，短时額定电流为 27,000 安，瞬时电流可达 80,000 安。为了在电爐內冶炼特殊合金鋼，該厂發展一种感应攪拌器，曾配合最大的电弧爐为 150 噸。攪拌器需要 2×700 千伏安的电能，週率为 1 週波附近。世界各國包括苏联，美國，日本等均向其訂購。为配合 12 噸高週波电爐，該厂曾制造高週波發电机， 2×1700 瓩， $2100 \pm 10\%$ 伏，600 週波。又为船舶傳动設備制造电磁式耦合器（Slip Coupling），最大已达 10,000 馬力。

該車間共有 400 工人 90 職員。除重型設備外，工作一班制。每年生產 1,200,000 千伏安的交流电机，主要是水輪發电机。其中超过 20,000 千伏安者每年 15 台。在工厂裝配試驗者 4—5 台。每年又生產直流电机 200,000 瓩。總產值为 6 千万瑞典克郎。大型水輪發電机的生產週期为 12 个月，包括產品設計过程在內，为 24 个月。中型电机的生產週期为 9 个月。應該說，生產週期是比較長的，組織生產是不够緊湊的。在產品成本方面材料占 57%，人工占 6—7%，其余为管理費用。在發电机成本方面，綫圈成本要占 50%，主要是云母的成本。曾詢悉 Stornorrfor 150,000 千伏安發电机目前的售價是四百万瑞典克郎，其中每个綫圈成本約为 1000 瑞典克郎，準確性当然值得怀疑。

2. 設 备 厂 房

該車間的厂房面積估計为二万平方米共有六街，其中第三街第五街較窄，有二層楼。具体佈置，面積，与吊車容量如下图：

第一街內几乎全部为生鉄平台，其中安裝 1000 噸磁軋冲片冲床 1 台，5 米轉台 1 台，分度盤 1 台，及 8 米龍門鉋床 1 台，該街主要为金工加工。

第二街內有 8 米立車，最大旋徑为 9.1 米，移动刀架后，旋徑

17×200米 55°吊車			○ 5米轉台	第一街
8米立車	7米立車	20×200米 125噸吊車 下綫		第二街
樓上製造綫圈9×200米			試驗設備	第三街
25×200米 2×40噸吊車			車床	第四街
			試驗設備 6×180米	第五街
26×180米, 16米吊車軌高25米寬及高。 2×150噸吊車			試驗坑	第六街

達15米。可以載重125噸，系德國 Rhoyot 城 Froriep 廠出品。又有7米立車1台，由同一工廠製造。中型電機的下綫及總裝工作，在此街內進行。在第六街沒有建築前，大概大型機器亦在此街內總裝。

第三街樓下安裝試驗設備，並製造磁極綫圈，有1500噸磁極綫圈壓床一台。樓上為製造綫圈工段。

第四街為電焊工段，但裝有1米中心高×11米長的大車床1台。

第六街為大型電機下綫裝配街。該街內有立式試驗坑一所，估計有15米直徑，及5米深。主要作轉子過速試驗用。按照瑞典標準，轉子須在超速時試驗一分鐘。該廠試驗方法是利用假軸在試驗坑內進行。但該廠希望用戶對於疊片式磁軛，放棄做過速試驗的要求。在工地疊片的磁軛，無法在工廠進行過速試驗。

3. 產品結構與工藝特征

1. 水輪發電機：該車間主要生產水輪發電機，因此車間中看到的，和出品目錄上所介紹的，也以水輪發電機為多。車間中在

制 10000 千伏安以上的水輪發電機，有八種規格。茲比較詳細地介紹該廠 Harsprånget 水電站與 Stornorrfors 水電站發電機的設計製造和安裝情況。

Harsprånget 水電站發電機為 105,000 千伏安，0.9 功率因數，167 轉/分，16 千伏，瞬時電抗 $X_d'' = 0.24$ ，同步電抗 $X_a = 0.65$ 。當功率因數為 1 時，滿載效率為 98.3%。由於長距離輸電的要求，瞬時電抗規定很低，因此發電機的尺寸比較大，溫升也較低，通風量也設計較低，為 $80 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 。定子機座外徑為 10.4 米，矽鋼片外徑為 9 米，轉子外徑為 7.65 米。定子分為六瓣，每瓣重 38 噸。在 5 米轉台上加工，加工時機座是固定的。定子矽鋼片是 0.5 毫米厚的，將來考慮用 0.35 毫米的。定子繞圈採用連續包云母帶真空浸膠的絕緣方式。用圈式繞圈，不採用條式繞圈。外面包一層石棉帶，並在出槽口處塗漆以防止電暈。轉子支架採用鑄鐵，分兩半鑄造，共有十二個支臂，合縫在支臂之間，用螺絲把合。支架套上轉軸後，在支架殼兩端，各紅套一個緊圈，使支架套緊在轉軸上。磁軛沖片採用 2 毫米厚鋼片，幾個極一次沖出。磁軛中間有通風槽二個。在工地裝配時，拉緊螺桿孔不絞孔，但裝磁極的鴿尾槽則用拉刀，使用吊車絞准。磁極與支架間採用緊配合。用感應加熱，感應繞圈繞在磁軛上。要求在半徑上膨脹 2.5 毫米。用 400 千瓦加熱時，在 10—12 小時後，磁軛溫度平均達到 110°C 。磁軛緊套在轉子支架上後，從支臂向磁軛鑽孔若干，裝徑向定位肖，使緊量在過速消失時轉子不致下落，轉子支架殼內圓，也用簡單工具在工地精車一次，這樣一方面保證質量，一方面使轉軸可以單獨精車，不必等候與轉子支架殼配合。磁極沖片用鑄鋼壓板壓緊。磁極繞圈採用 A 級絕緣匝間絕緣與接地絕緣均為處理過的紙板磁極繞圈撐塊，固定在磁軛上。（也有採用反磁鋼帶帶扎的辦法）轉子磁軛重 244 噸，連支架重 291 噸，整個轉子共重 465 噸。

發電機結構為半傘式，有上下導軸承，均系分塊式，推力軸承負荷為 900 噸，裝在下機架，與下導軸承混合在一起。推力軸承瓦

裝在很多的小彈簧圈上，共有十塊瓦。軸承裝在下机架的上面，軸承油槽也是裝在上面。下机架直徑 6.7 米，部份支臂是可以拆卸運輸的。推力軸承溫度較高，據說油溫為 50°C ，瓦溫為 $60-65^{\circ}\text{C}$ ，甚至 70°C 。降低冷卻水溫度，對降低軸承溫度作用不大，因為油的黏度相應增高，軸承單位壓力採用 35—40 公斤/平方公分。軸瓦鑄金不是澆鑄在銅瓦面上，而是熔焊在上面，因而結合甚好。發電機採用上下兩面對稱進風方式，應用旋槳式風扇。定子機座外殼裝有十二個空氣冷卻器。空氣冷卻器結構系方形散熱片（約 30 耗）套在圓管上（約 15 耗直徑）散熱片之間還有聯接片，以增加散熱面積，但看來風阻較大。制動器採用油壓操作，是比較危險的。用二氧化碳氣體滅火，另外在供給加拿大一台設備上有壓縮空氣噴水，使成霧狀來滅火。勵磁機磁軛採用薄鐵片組成，並附有串接勵磁繞圈。以提高勵磁機反應。勵磁系統採用磁放大器控制的沖擊勵磁機，沒有付勵磁機（後面詳細介紹）。勵磁機上面裝有永磁發電機。為了電廠用電，在上机架下面加裝一個廠用發電機，1200 千伏安，定子矽鋼片內徑為 4.2 米。廠用發電機轉子裝在轉子支架殼上。

Stornorrfors 水電站發電機共三台，第一台已經在工地安裝。第二台在工廠製造，今年全部要製造完，第一台在工地安裝，將近完工，預定 9 月 1 日投入運轉。發電機定額為 150,000 千伏安，0.9 功率因數（但從水電站供給的資料，則為 0.8 功率因數），125 轉/分，18 千伏。結構基本上與 Harspånget 相似。定子機座外徑為 12.8 米，定子矽鋼片內徑為 9.8 米，長度為 2.5 米，空氣間隙為 25 耗，轉子外徑為 9.75 米。定子分六瓣，合縫板系正塊的，合縫板均系焊後加工的。定子機座筋系方形的（約 60 耗），兩端車成螺紋，準備裝定子壓板，筋焊好後機座內圓在 5 米轉台上加工。矽鋼片通過鴿尾准裝在方筋上。鴿尾准用沉頭螺絲固定在方筋上。根據矽鋼片來定鴿尾准的位置，再根據鴿尾准上已鑽孔的沉孔來鑽方筋上的螺孔。利用一個簡單夾具，和氣動工具就可以進行上述鑽孔套絲工作。十個工作日可以鑽和套一台這樣的發電機。定子繞圈採用單排股