

清華大學燃料綜合利用試驗電廠叢書

第 2 冊

利用舊廟做廠房

電廠建設者集體編寫



水利電力出版社

721621 /

內 容 提 要

本書概述了利用旧庙作厂房的經濟意义。闡述了由于庙宇的特点在設計施工中所遇到的几个問題：如凝汽器及其他附屬設備的布置，轉子和上汽缸的起吊等，書中提出了对这些問題的解决方案。

本書供农村中小型火电厂的設计人員和施工人員参考。

清华大学燃料綜合利用試驗电厂叢書

第 2 册

利用旧庙作厂房

电厂建設者集体編写

*

1617R338

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證出字第105号

清华大学出版科排印

新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 1 印張 * 23千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(0001—20,100册)

統一書号：15143·1261

定价(第9类)0.15元

目 錄

第一章 利用農村舊廟做主廠房	3
第1節 利用舊廟的意義	2
第2節 我校利用關帝廟做主廠房的介紹	3
第二章 我校利用關帝廟做主廠房在設計施工中所遇到的幾個問題和解決辦法	4
第1節 凝汽器及泵類的露天佈置	4
一、凝汽器的防凍	5
二、凝結水泵與循環水泵的保護	6
三、露天管道的防凍	6
四、露天閥門的防凍	7
五、露天儀表的防凍	7
第2節 排汽管的引出	8
一、排汽管引出方案的決定	9
二、凝汽器與汽輪機平行佈置時，排汽管的連接方式	10
三、排汽管改裝和安裝注意事項	14
第3節 轉子及上汽缸的起吊	15
一、廠房特點及其給起重工作帶來的特殊問題	15
二、方案比較	16
三、起吊上汽缸	19
四、起吊轉子	26
五、選用起重設備與起重方法的重要性	29
第4節 汽輪發電機基礎施工中注意事項	29
第三章 結語	29

第一章 利用农村舊庙做主廠房

第 1 节 利用旧庙的意義

火力發電廠的建設包括兩個部分，即土建施工與機電設備的安裝。土建施工在建設電廠的投資中佔有相當大的比重，也佔去相當長的工期。在全黨全民辦電業，大中小相結合和多快好省地發展電力工業的今天，節省建廠投資和縮短建廠工期是有極其重要的意義的，特別是在農村建設小型火力發電廠，如能迅速建成，對推動地方工農業的發展是有很大的好處的。

目前，我國農村中的小型火力發電廠的主廠房，常採用磚木結構，如果農村中有空閒的舊廟祠堂（如關帝廟、娘娘廟等），把它們用來作為發電廠的主廠房，在我國農村當前的條件下是適宜的。因為這些舊廟祠堂一般都是磚木結構，並且相當結實，同時屋宇比較高大而寬暢，地勢平坦而較高，沒有水淹的危險。此外，環境空曠，交通也比較方便。這些優點是一般廟宇所共有的，因為它們的位置的選擇，過去是根據所謂“風水”來確定的。由此看來，利用舊廟作為電廠廠址是完全可以的。

用舊廟作為主廠房具有許多優點：1. 不佔或少佔耕地；2. 由於房屋是現成的，不需另建新廠房，這就可以節省水泥、磚瓦和木材等建築材料；3. 由於不建廠房，建廠工期大大縮短，節約了土建人工；4. 封建古廟被用於工業建設上，不僅破除迷信，而且具有深刻的教育意義。

總之，這個方法是合乎多快好省的原則的。但也應該指出：由於舊廟結構的型式並不符合電廠設備合理佈置的要求，因

此就給廠房佈置帶來了一些困難，這是美中不足的地方。

第 2 節 我校利用關帝廟做主廠房的介紹

選擇發電廠的廠址時，必須考慮有關水源、煤源、交通運輸、周圍的自然環境和地質條件以及電力用戶等情況。我們利用的舊關帝廟（解放後改為大石橋小學）系磚木結構，位於清華大學北門外距離學生宿舍約 300 公尺的大石橋邊，地勢平坦，又不致被水淹沒，廟後是一片農田。正殿座北向南，兩邊有偏殿。中間有過廳，正殿西邊為一空地，原系大石橋小學校的操場。廟東 20 公尺處有小河流過，河水最小流量為 1300 噸/小時，廟前有鄉村道路，稍加平整，即可通行汽車。西邊與北京體育學院的公路相連，南邊可通清華園火車站，自然條件相當合適，廠區也能擴建。因此，這個廠址是選擇得十分有利的。

廟房平面尺寸和下檐高度見圖 1—1。雖然此廟系 200 年前所建，但房柱及屋架尚結實，無腐朽現象，磚牆直立，也無崩裂倒塌和傾斜的現象。對於發電能力為 2000 瓩的汽輪發電設備來說，正殿的空間大小是能夠容納主要設備的。至於鍋爐設備、凝汽器、循環水泵及凝結水泵，由於廠房面積的限制，只能露天佈置，上面酌量裝設防雨設備。主廠房佈置見圖 1—2。由於我們充分利用了舊建築物，因此，土建工期與投資大為減少，耕地也佔用不多。在施工過程中所需的一些臨時性的建築物也利用現有廟房、院庭等等，這樣才使我們有可能從 7 月 17 日開始設計到 10 月 1 日兩個多月的短時間內，完成了全部工程，並開始運行。

第二章 我校利用關帝廟做主厂房在設計 施工中所遇到的幾個問題和解決辦法

第1節 凝汽器及泵類的露天佈置

舊有關帝廟的正殿很小，它的長度約為9.7公尺，寬度約為6.7公尺，屋內只能佈置汽輪機及發電機本體（見圖1—1）。我們所採用的汽輪發電機組的凝汽器並不是連接在汽輪機下部的，因此，它和凝結水泵、循環水泵、疏水箱、以及與這些設備相連接的管道都只能露天佈置在室外。下面就如何解決露天佈置這些設備，介紹一些我們的工作方法，供大家參考。

凝汽器及相應泵類的露天佈置，除了可以解決舊建築物面積小放不下設備的困難，還有以下兩點好處：

第一，可以節省建廠投資。以我廠為例，由於凝汽器及相應泵類的露天佈置，節省約40公尺的廠房建築面積。

第二，節省了建設廠房的時間，使電廠能提前投入生產。

設備的露天佈置對施工、運行和檢修提出了一些問題：必須充分考慮當地的氣候條件（降雨量、氣溫、風沙……等），在雨多或嚴寒的地區，氣候的惡劣會給施工帶來很大的困難，因而必須採取適當的措施。我廠在八、九月分施工，雨量雖稍大，但因天氣暖和，所以氣候對施工的影響不太大。

北京地區氣候條件的特點：氣溫較低，風沙較大，氣候乾燥，降雨量不大。冬季最低溫度約為零下23℃，在零度以下的時間約有三個月，土壤凍結深度為0.8公尺。根據上述氣候條件，我們着重注意了解決防凍問題。由於目前對防凍問題尚缺乏經驗，因而我們目前的防凍措施是冬天用可拆卸的棚子將全部露天佈置的上述設備遮起來，開凍後再拿掉。待取得一些

經驗後，逐步地過渡到全部露天佈置。

一般情況時，防凍措施可用放淨設備和管道中的不流動的死水；並加以保溫來解決。

下面具體介紹一下我廠準備對全部露天設備所採用的各種保護方法，以供參考。

一、凝汽器的防凍

凝汽器的外表面塗有油漆，不怕雨水。正常運行時，凝汽器內的乏汽和循環水由於有一定溫度並都流動，所以不會結冰。因此，在正常運行時，凝汽器露天佈置就不需防雨和防凍。

凝汽器循環水水室及熱水井底都各有放水門，當凝汽器在冬季停止運行時，要把這兩個門打開，將存水放淨，以防凍結。

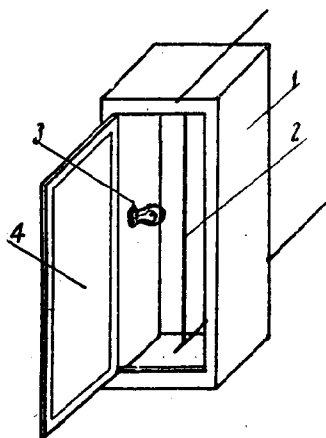


圖 2—1 水位計的木箱罩

- 1—木箱； 2—水位計；
3—電燈； 4—玻璃門。

維護簡單。

凝汽器熱水井若不保溫，散熱損失較大，我們準備用稻草加石棉灰包起來。熱水井水位計的保溫比較麻煩。因為，水位計中的水經常不流動，很容易結冰而使玻璃管破裂。玻璃管破裂後便會有空氣漏入，降低了凝汽器的真空。我們考慮過三種保護方法：

1. 電阻加熱：在水位計外面繞上電阻絲，靠電流發熱來保溫。這種方法的缺點是要設置電熱設備，也有些電能消耗；而且對觀察水位有妨障。它的優點是

2. 將水位計引入室內：這種方法很簡單，不用花錢，運行時管理人員在室內就能看見水位計。我廠由於受到廠房和水位計相互位置的限制無法採用這種方法。

3. 水位計外面加木箱罩子：在水位計外面加一木箱罩，罩前安裝玻璃，罩內安裝 2.5 瓦電燈一盞，以供照明及加熱用。這種方法十分簡單可靠，我廠準備採用這種方法。

二、凝結水泵與循環水泵的保護

在嚴冬季節，為防止泵壳冰凍裂壞，利用泵體最低處的放水裝置把水放淨。（注意事先要將泵打開觀察，水是否能放乾淨）。清華大學第一發電廠曾經有一台放在室內的泵因為停機時忘了放水而把泵凍裂。除了泵壳本身防凍外，尚要注意盤根的防凍。對盤根防凍我們尚未有很好的方法，考慮過的方案是當有可靠的汽源時，可將水封改為汽封。

露天的電動機要防水和防潮。預防措施是在電動機外面加木質的小房，房外包油毡以防雨水。在氣候較潮濕的南方，罩內可釘一層毡子或其他吸水分材料。

三、露天管道的防凍

對於露天佈置的管子採取以下幾種措施：

1. 將管子埋於土壤凍結深度（北京為 0.8 公尺）以下，就不會結冰，不必防凍。

2. 當汽機運行時，具有一定流速的介質的管子（介質的流速由室外溫度及管子散熱面積來計算或由經驗來決定），如給水管或凝結水管，在安裝時要保持千分之二的坡度，並在管子的最深處裝一放水門，當汽機停止運行時，把這些管中的水放淨（注意：應確保放淨）；此外，為確保安全，管外應加以保溫。任何情況下不允許有放不淨水的管子存在。

3. 水流速度較低有可能結冰的管子，應用較厚的絕熱材

料加以保溫。

4. 經常充滿有不流動的水的水管。如露天消防水管等，應很好地加以保溫。

5. 疏水管的防凍措施：汽輪機啓動時才打開的至地溝的疏水管，應該使管子保持有朝地溝方向的傾斜，以免管子中積水。

在汽輪機正常運行時，汽輪機至凝汽器的疏水管沒有疏水，但凝汽器中的凝汽會進入管中凝結成水，積於管子最低處，這種管子中的水壓力低於大氣壓力，所以水放不出來，因此應加以保溫。

管道的保溫方法：低於 100°C 的管子都可以用稻草加石灰或黃泥保溫。包稻草的厚度可參考當地露天自來水管決定。稻草浸水容易腐爛，若在稻草外面包上黃泥，再刷石灰就可以防止水浸入稻草，而且外表也較美觀。在氣溫較低的地區，對比較重要的露天管道應當用石棉材料來保溫。

四、露天閥門的防凍

露天閥門都應該保溫。因為，放水後的管子的閥門處可能會有一些存水，水結冰後閥門關不嚴。另外，閥門的盤根中也可能會有水滲入。保溫方法是給閥門做一個木盒子，盒內填以鋸末。

對於大型門（如循環水出口門），應在閥門底部開放水孔，停機時將存水全部放出，以免存水結冰，凍壞閥門。

五、露天儀表的防凍

如循環水泵或凝結水泵的壓力表等，如果不一定需要，最好不裝，非裝不可的儀表應該與水位計一樣做一木盒把儀表裝在里面，內裝電燈泡，可起保溫加熱照明作用。

由於對於防凍問題缺乏經驗，而我廠的汽機車間幾乎所

有易凍附屬設備及管路都露天佈置；安裝時又沒能注意防凍措施；同時又限於離冬天很近，無法對設備及佈置作很大改動。所以，本年度我們在凝汽器及泵等上面蓋了簡易棚子（夏天取下來）以防凍結。因而實際上是非露天佈置，但是我們準備在取得一系列的試驗後，逐步地向完全露天佈置過渡。露天佈置在我國尚未有過，應該進行大胆試驗，但試驗時必須謹慎；以免設備凍裂，得不償失。

第 2 节 排气管的引出

由於廟房尺寸不能容納較大的快裝式汽輪機的凝汽設備，所以把它放在露天，但是舊屋房架很低，按北京修造廠供給的原設備，很難將直徑為 1 公尺的汽輪機排汽管引出室外。北京修造廠供給設備的佈置圖見圖 2—2 及 2—3。

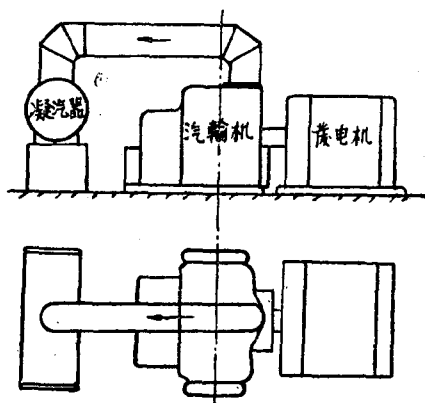


圖 2—2 制造厂原设备的佈置

根據廠房平面佈置的最後方案，決定把凝汽器放在正殿南邊露天與汽輪機平行佈置（圖 2—4），詳細佈置尺寸見圖

1—2。

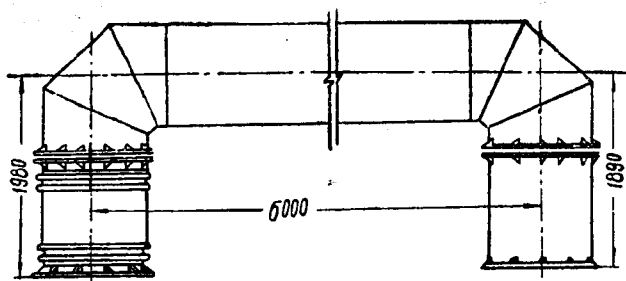


圖 2—3 制造厂來的原排汽管圖

一、排汽管引出方案的決定

屋架低，排汽管又重又大，怎樣把排汽管引出屋外呢？如果按原設備不加改裝，佈置成圖 2—5,1) 所示的樣子，則勢必要將兩根屋樑切斷，排汽管才能引出。這種辦法，使廟房屋架很有倒塌的危險，另加房柱又不可能，因此這種想法是不合實際的。又有人主張揭房蓋，等安裝完畢後另蓋屋頂；但是屋頂揭去後，利用廟房就失去意義。當時也有人另出主意，主張將房頂兩樑之間穿一孔（如圖 2—5,2），不切斷屋樑，將排汽管引出。初看起來，這種方案似乎還行得通；但仔細研究一下，怎樣能把直徑一公尺重量很大的排汽管裝上呢？這種方案既不考慮怎樣具體起吊安裝，又不考慮將來怎樣檢修，所以是行不通的。

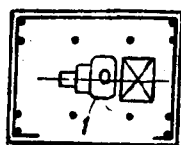


圖 2—4 汽輪機
凝汽器佈置圖

1—汽輪機；
2—凝汽器。

與此同時，老師付提出了新的方案（如圖 2—5,3），既不用切斷屋樑，也不用穿屋頂，而是將排汽管從屋樑下引出。目前，安裝已經完畢，事實證明了我們按照老師付建議的方案的做法是正確的。通過排汽管引出方案的討論，充分證明了知識分子理論脫離實際的缺點，也教育了我們今後必須理論聯系實

際，必須向工人和群眾學習，依靠群眾，因地制宜，實事求是地解決工程問題。

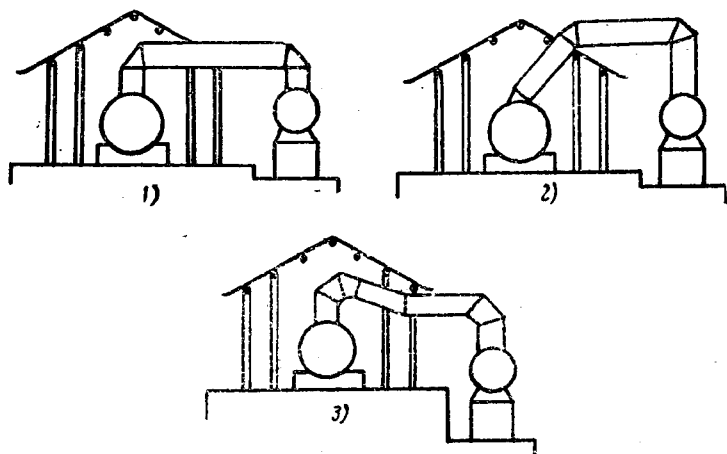


圖 2—5 排汽管引出方案

三、凝汽器與汽輪機平行佈置時，排汽管的連接方式

由於蒸汽在汽輪機中膨脹做功以後，呈真空狀態，比容很大，因此一般的排汽管直徑都比較大，我們這個機組，排汽管的內徑為 1 公尺。另外，排汽的溫度是隨汽輪機的不同工况而變動的。例如，在機組啟動時，汽輪機內部真空不高，因而乏汽溫度較高（約達 120°C ）；當額定工况時乏汽也在正常溫度下通過排汽管，因此安裝時管子的溫度還是高些。有了溫差，管子就有熱應力，由於銅的彈性模數很大，因此當管子膨脹時，產生的內應力是相當大的。

對於鋼材，膨脹熱應力為 $\sigma = 0.24 \Delta t$ ，公斤/公厘²；式中系數 0.24 是根據材料的線脹系數及彈性模數所確定的； Δt ——溫差， $^{\circ}\text{C}$ 。

當啟動時，乏汽溫度可能高達 120°C ，如果管子安裝溫度

爲 20°C ，則溫差爲 100°C ，此時熱應力就達到 24 公斤/公厘²。由此可見，對於直徑爲 1 公尺的排汽管，在汽輪機啓動時將受很大的膨脹力，而這個力是作用在汽輪機和凝汽器二者之上；如果不加適當的措施，讓汽輪機受到巨大的側向力是不允許的。解決這個問題的辦法是在排汽管上加膨脹節，吸收熱膨脹所產生的管子的變形。

膨脹節如何佈置在排汽管上呢？製造廠家的原方案如圖 2—2，膨脹節垂直的放在汽缸的上面。但是前面已經論述這個佈置方案由於管子的中心綫已高於屋架的下弦，因此不能直接採用。我們曾經考慮過，是否可能將膨脹節放在排汽管的水平部分，這樣可以降低管子的標高，不破壞房頂就可以將管子引出來，但是經分析認爲：這種方案是不可能實現的（圖 2—6, 2），特別是對於凝汽器和汽輪機是平行佈置的情況。現在將（圖 2—6, 2）所表示出的兩種方案，分析它們的受力情況，就可以得出上述的結論。

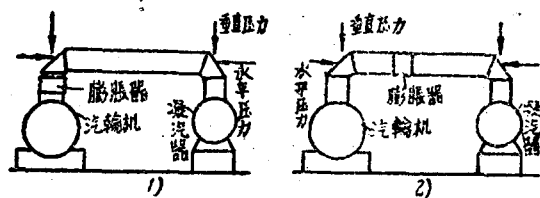


圖 2—6 膨脹節的佈置方案

1—膨脹節垂直佈置； 2—膨脹節水平佈置。

1. 膨脹節垂直地放在汽缸上（圖 2—6, 1）

（1）膨脹力；前面已談到，膨脹節的作用是吸收管子的熱膨脹，特別是在汽機啓動和排大氣運行時，管子因受熱伸長特別嚴重。在這種佈置方案中，只要膨脹節稍有傾斜，就可以吸收管子水平部分的伸長。即膨脹節的兩邊一

邊被壓縮一邊被拉長，如圖 2—7。

(2) 大氣壓作用力：在正常運行時，由於管內是高度真空，大氣壓力的作用使排汽管受到很大的壓力。在水平方向的壓力是由管子本身承受，而垂直方向的力將作用在膨脹節上（圖 2—6,1），使膨脹節產生過大的變形，甚至會造成強度的破壞。因此，在膨脹節上必須加限制器，防止膨脹節產生過大的變形。關於膨脹節的限制器，我們將在後面談到它。

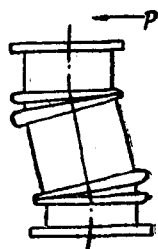


圖 2—7 膨脹節的變形

2. 膨脹節水平佈置

(1) 啓動及排大氣運行：啓動時也能很好的吸收熱膨脹，使得由溫差而產生的膨脹力不作用在汽輪機上，避免啓動時汽輪機中心的偏移。但在真空建立起來以後，膨脹節就不能再起這個作用了。

(2) 正常運行時（大氣壓力）：在真空建立起來以後，作用在管子上的大氣壓力究竟有多大呢？這可以通過下面的具體數據來說明：

$$\text{總的作用力 } F = \frac{\pi}{4} D_b^2 \Delta P.$$

式中 D_b ——排汽管之內徑，公分；

ΔP ——排汽管之內外壓差，公斤/公分²。

當真空為 0.07 氣壓，內徑 $D_b = 100$ 公分；總的作用力為 7300 公斤。假如膨脹節上沒有限制器，則 7300 公斤的作用力將使膨脹節產生幾十公厘的變形；同時還要把這個作用力能遞到汽缸及凝汽器上，使這二者都受到很大的拉力，會發生汽機中心的偏移。但是，假如加了限制器以

後是否能夠解決這個問題呢？回答是否定的，因為限制器的間隙很難調得准，而且也不可能適應各種工況的要求，來調整間隙。因為，膨脹器的間隙往往是用冷拉的方法達到的。因此，7300 公斤的力很容易作用在汽輪機上，而不是作用在工字鋼柱上；這是不允許的，因為它要引起汽輪機中心的偏移。所以對在汽輪機與凝汽器平行佈置的情況下，不允許把膨脹節水平放置。

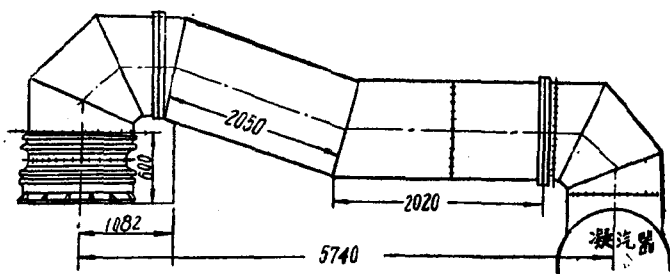


圖 2—8 膨脹限制器

最後，我們所採用的排汽管佈置方案如圖 2—8，將排汽管改裝，不破壞原有建築，並把膨脹節置於垂直方向。

以上是對於膨脹節位置的討論，下面再談一下膨脹限制器的問題。我們對膨脹限制器的要求是：

1. 有足够的强制和剛度，能承受大氣壓力。
2. 有一定的間隙，能够吸收管子的熱膨脹。因此膨脹限制器的間隙應該大於管子最大的伸縮量。

膨脹限制器的種類很多，圖 2—9 只是其中一種較為簡單的。

限制器由兩根工字形鋼柱組成，工字鋼用螺釘與支架連接，支架可直接銲在管子上，但銲接處必須加固，以保證管子的

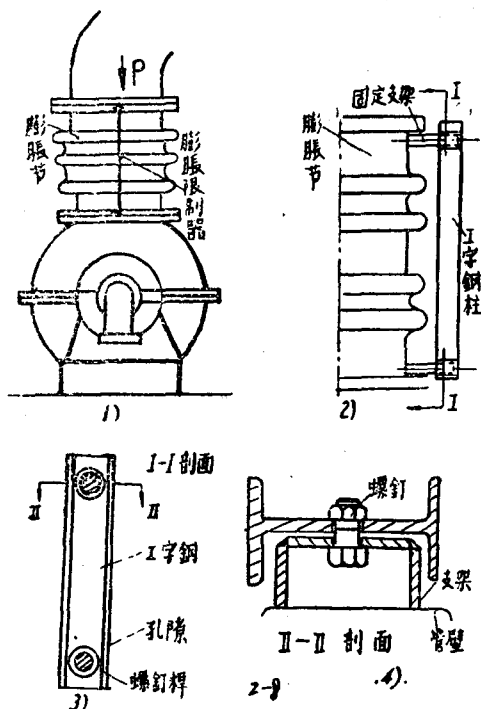


圖 2-9 排汽管引出的新方案

剛度。螺釘桿與螺釘孔（開在工字鋼上）之間必須留有間隙。

三、排汽管改裝和安裝注意事項

1. 根據房屋和制造廠提供的排汽管尺寸，具體作好詳細施工圖；
2. 地面上作好畫圖切割工作，以保證尺寸準確，施工方便；
3. 安裝起吊系用滑輪，將切割好的排汽管吊上，找正後即點銲上；

4. 各管段點銲好後，最好把銲縫放在地上來銲接，以保證質量；倘若不得已時，可在空中作業，但要確保銲縫完全嚴密。

第3節 轉子及上汽缸的起吊

一、廠房特點及其給起吊工作帶來的特殊問題

本廠的汽輪機車間系設在舊廟的正殿中，廠房系磚木結構；主機軸綫與南北側牆平行；排汽管由汽輪機上方沿屋頂坡度向南伸至屋外與凝汽器相連接；沿北牆放有油箱。冷油器及配電盤；沿南牆放有抽汽器；其他尚有各種控制表盤，整個車間的佈置是緊湊的。爲了保證發電的安全可靠和運行的經濟性，汽輪發電機一年至二年需大修一次。大修時要揭開上蓋，吊出轉子，下汽缸不動。因轉子和固定在汽缸中的隔板之間的間隙很小；因此，在起吊上汽缸和轉子時，須保證準確的垂直方向運動。上汽缸和轉子的重量都在數噸以上，無論是起吊時的細綁，或是起吊後的安放都必須合理，不允許造成設備的任何變形和損壞。一般起吊轉子和翻上汽缸都有一套特種工具。起吊工作對檢修的工期有很大影響，所以用迅速而安全可靠的方法來完成起吊任務是非常重要的。

用舊廟作爲汽輪機車間這是一項新的創舉，它適合農村的具體情況，利於促進電力事業的遍地開花。因本廠房本身的特點給起吊工作帶來了一些附加要求，而這些問題在其他廟宇作爲主廠房時也會或多或少地產生。這些特點是：

1. 屋頂較矮：由於屋頂橫梁離室內地面約 5 公尺；而汽輪機水平結合面離地面約 1 公尺；上汽缸排汽管的最高法蘭離地面約 20 公尺。並且，屋頂是南北傾斜的，因此起吊時在高度上受到很大限制，造成起吊的鋼絲繩張角太大，和起吊