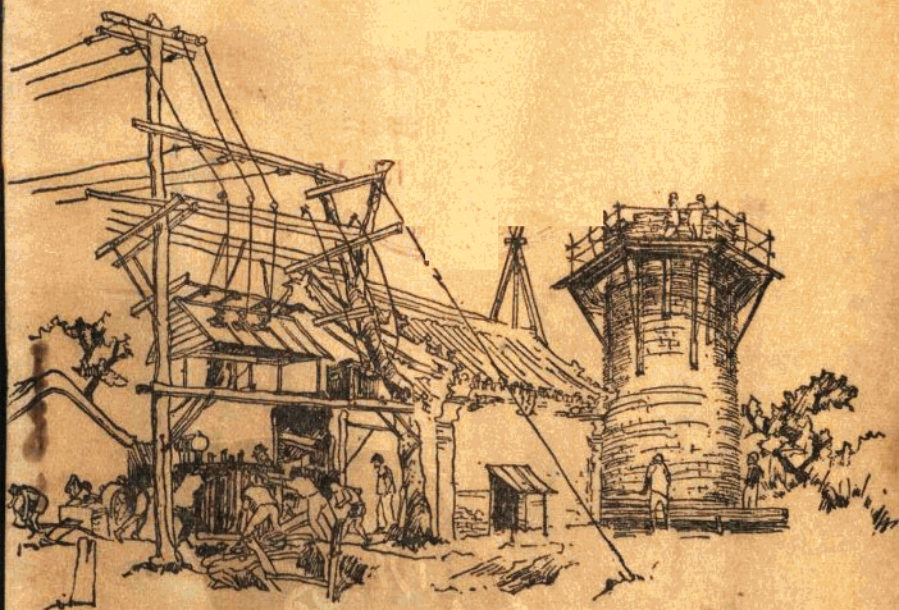


清華大學燃料綜合利用試驗電廠叢書

第 21 冊

化工車間的土造 設計和施工

電廠建設者集體編寫



水利電力出版社

目 錄

- 第一章 概述
- 第二章 總平面布置
- 第三章 化工車間各單項工程土建設計與施工
 - 第 1 節 概述
 - 第 2 節 干餾煤堆的設計與施工
 - 第 3 節 磚砌煤氣集合管的設計與施工
 - 第 4 節 焦油池的設計與施工
 - 第 5 節 管道施工中的主要教訓
 - 第 6 節 其他單項工程的設計與施工
 - 第 7 節 初次試壓後的概況

第一章 概 述

一、在燃料綜合利用發電廠中建造化工廠的重大意義：

清華大學燃料綜合利用試驗電廠包括很多生產部門，化工車間是其中之一。在化工車間里利用煤的干餾，可以生產多種產品，如半焦、煤氣、煤焦油等。半焦可用作鍋爐的燃料；煤氣可用來燒水泥或磚瓦，還可從煤氣中回收汽油；從煤焦油中提取輕重柴油和價值昂貴的酚。這樣，建造了化工車間就可以充分利用天然資源把含在煤中的寶貴的有機原料都提取出來。

在我國廣大農村中，人民正按着黨的指示迅速而廣泛地開展人民公社化的運動。在人民公社中，以縣鎮為中心建立一座燃料綜合利用發電廠是具有很大意義的。它不僅可以供給工農業以電力，而且還可以生產多種工業產品，加快公社的建設和發展。

二、生產規模和工藝過程

根據電站的規模和建設需要，清華大學燃料綜合利用試驗電廠化工車間的產品和產量計劃如下：

半焦：年產 11580 噸，供鍋爐用；

焦油：從焦油中可以提取年產 450 噸的輕柴油，年產 66 噸的油焦，年產 64 噸的精酚和年產 128 噸的高級酚；

煤氣：每天干餾煤 54 噸，每噸煤發生煤氣 1000—1200 立方公尺，年產煤氣 1782 萬立方公尺；每年可從煤氣中回收汽油 32 噸。

化工車間整個生產工藝過程如圖 1—1 所示。

三、土建設計和施工原則

由工藝要求確定本化工車間的工程項目，計有：乾餾煤

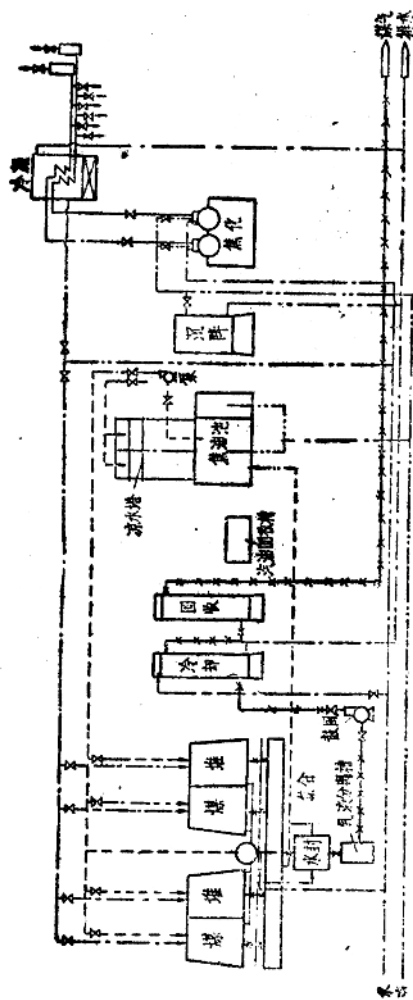


圖 1-1 化工精製工藝流程圖

堆、煤氣集合管、水封、氣液分離槽、泵房、煤氣管道、焦油缸、焦油池、沉降池、焦化釜、煙囪、冷凝器、冷却塔、洗滌台等。

進行土建設計時的主要原則是：

1. 滿足工藝要求，能正常進行生產。化工車間的工程中，有很大的一部分工程是要求不透氣的，比如煤氣集合管一般採用無縫鋼管；還有一部分是要求不透水的，比如：焦油池，沉降池等；還有一部分工程是要求耐熱的。

2. 貫徹黨的多快好省的建設方針，提出以土為主，土洋結合，儘量不用鋼材，節約水泥、木材和其他建築材料（如防水油等）。

3. 要能符合當地的自然條件，如水文、地質、氣候、溫度等。

4. 要求能便於施工。

設計要能滿足上述要求是一件很困難的事，但只有這樣才能成爲一個比較切合實際的，不致落空的，又經濟又適用的設計。

施工原則主要是如何實現設計。在施工中要堅決貫徹黨的多快好省的建設方針。

第二章 總平面佈置

一、總平面佈置的原則

化工車間是整個電廠的一部分，因此它的總平面佈置就要求與整個電廠的布局協調，同時要求化工車間本身能夠正常進行生產，滿足工藝要求。比如，除合理安排各項建築物以外，還要留必要的半焦場地、存煤場地。化工車間的產品之一——油是一種易燃物品，因此防火問題也是總平面佈置中的一個重

要問題。

化工車間的總平面布局也要考慮到節約問題。

化工車間的建築物標高是很嚴格的，因此建廠之前要了解廠址的地質情況。地質情況對總平面佈局有着很大影響。

二、清華大學燃料綜合利用試驗電廠化工車間的總平面布置如圖 2—1 所示。

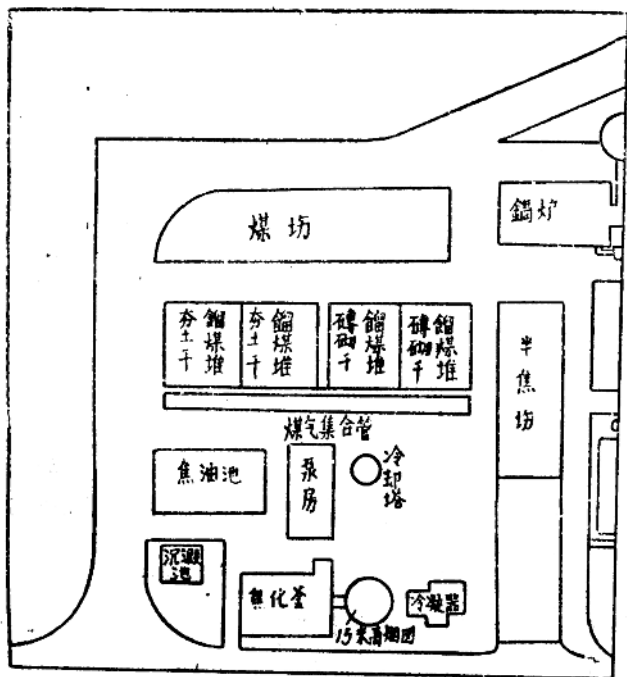


圖 2—1 化工車間總平面佈置圖

三、上節所示總平面布置中的問題

整個化工車間佔地較小，建築密度較大，地下管道交錯。

我們覺得這個面積稍緊一些。由於地勢和面積的限制，促使總平面佈局中有好些不合理的地方，簡述如下：

1. 操作場地過小，工作沒有過剩餘地。
2. 建築密度太大，某些建築物距離過近，如焦油池與煤堆相隔太近防火成了問題。
3. 焦油池在煤堆的南面，北京地區常年風向又是西北風，在煤堆使用點火時，是不安全的，必需加蓋。應放在西北角為最理想。
4. 煤堆排成長行，而比較理想的方案如圖 2—2，這樣集氣管縮短了，而且可以減少透氣的可能性，抽氣也較易均勻，使煤的燃燒充份。

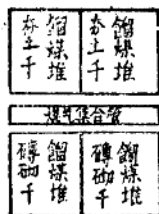


圖 2—2

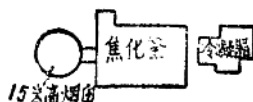


圖 2—3

5. 焦化釜的煙囪可以考慮併入發電廠的鍋爐煙囪。本車間因總平面限制，只好建造兩個煙囪。

6. 焦化釜煙囪的位置應放在焦化釜的西邊，如圖2—3。這樣油管可直接插入冷卻冷凝器。現在的位置參見總平面圖 2—1。油管要經過煙囪兩側而過，容易引起落雷危險。

第三章 化工車間各單項工程

土建設計与施工

第1节 概 述

化工車間土建部分單項工程包括：干餾煤堆、集合管、焦油池等十項工程及循環水、煤氣、排水等三個管道系統。使用上對它們提出了各不相同的技術要求，但分析起來主要的技術要求是：在土化以後，有足夠的強度及穩度；不透水、不透油，很低的滲氣性及運行暢通的管道系統。

對土化結構的強度和穩度，我們都作了必要的計算與試驗；我們用抹水泥砂漿多次壓光壓實防止透水；用防水葯水（又名防水油）水泥砂漿五層作法防止漏油；用水泥、白灰、青灰、蘇刀灰漿抹灰的辦法滿足低滲氣性的要求。

由於我們理論水平低，缺乏實際知識，化工車間土化後，又出現了許多新的課題，因而在投入生產運轉前，我們對這些措施的效果信心是不足的。但經過第一次的試運行效果還都是比較良好的，特別是在漏氣方面更是令人滿意。

第2节 干餾煤堆的設計與施工

干餾煤堆是干餾原煤而得到焦油、煤氣及焦碳的構築物。

1. 工藝技術條件及要求：

(1) 負壓：煤堆在運行操作時，堆內的壓力低於大氣壓力約 200 公厘水柱（相當於 200 公斤/平方公尺）。因此要求煤堆有較好的不透氣性（滲氣性），以免透入過多的氧氣而引

起爆炸。

(2) 堆壁、堆底的耐熱：煤燃燒層溫度為 1000°C ，干餾層的溫度為 $500-600^{\circ}\text{C}$ 。出焦前要連續噴水熄焦，因而堆壁經受着熱、冷，冷、熱的交替作用，在這種作用下堆壁不能產生嚴重的裂縫致使漏氣，堆底也不能產生裂縫以免焦油流失。

(3) 堆底設計要便於焦油的排除。

(4) 足夠的容量：設計容量為 54 噸/每個；煤的單位重為 0.9 噸/立方公尺，故需淨體積大於 60 立方公尺。

2. 設計時對幾個重要問題的考慮：

(1) 材料的選擇，我們曾用了土煤堆和磚煤堆兩種。

紅磚是地方性材料，各地均能製造。磚煤堆許多地方曾經採用過，但磚的缺點是在 $500-600^{\circ}\text{C}$ 溫度作用下，特別是冷熱交替下容易裂開，滲氣性可能嚴重，但總的壽命可能比土的要長，並且在煤堆內壁上塗泥，使之不直接與外界接觸，熱交替引起的開裂現象不會嚴重。

黃土比磚更容易得到也很經濟，更應推廣。夯土牆在熱交替作用下雖不易開裂，滲氣性差，但粉脫現象估計會比較嚴重，而且會減少堆的使用期限，影響焦油的質量。

上述問題多半是估計的，因為目前尚難作出肯定的結論。為了取得經驗，向全國尤其是各人民公社推廣，我們選擇了兩種方案——兩個磚煤堆，兩個夯土牆煤堆。

(2) 煤堆的平面佈置：四個煤堆成兩組，每兩個為一單元（圖 1—1），這樣可節省用地面積，中間牆兩邊共用，節省材料，改善結構的受力情況。不過，這種排列法還不如圖 2—2 所示的好。

(3) 焦油的排洩及煤氣的排除：

① 沿煤堆寬度作成 $\geq 5\%$ 的坡度（見圖 3—1 甲—甲剖

面)，在堆前設計油溝，油溝也要有 $\geq 3\%$ 的坡度（見圖3—1乙—乙剖面）。

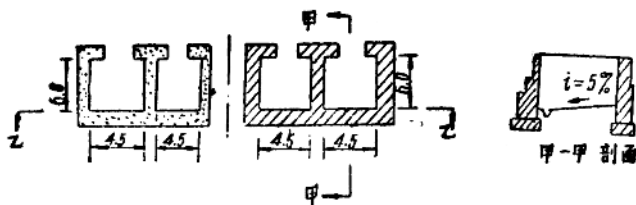


圖 3—1

② 煤堆底開始往上砌 30 公分的煤磚道（見圖 3—2），磚道兩個方向均有孔洞，磚道鋪設 50 公分原卵石，這樣便於煤氣排除及焦油的排洩，並且使煤炭等不與焦油混雜。

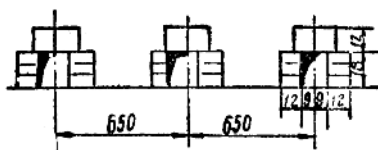


圖 3—2 煤氣磚道圖

（4）煤堆高度的確定：煤堆太高，煤的側壓力就大，牆的厚度也要大，上煤出焦都不方便；若太低，則增加佔地面積，增加管道等其他設施的費用。在施工前，我們曾考慮了煤堆的容量，場地的大小，工藝上作磚道鋪卵石層的高度以及上煤干餾時要封水等問題；煤表面距牆頂需 30 公分，確定煤堆高 4 公尺，底面積為 4.5×6 公尺。

（5）基礎深度：基礎砌置深度取決於冰凍綫及地基情況。在這個設計里主要考慮了冰凍綫，北京地區的冰凍綫在地面下 80—100 公分，考慮煤堆生產時經常處於較高溫度狀況下，周

圍土壤不會凍結很深。所以基礎埋深至地面下 60 公分。

(6) 設計標高：煤堆是產焦油、半焦、出煤氣的構造物，它和全廠每個建築物都有直接和間接的關係，確定它的設計標高，也就是確定全廠區的設計標高問題。

在工藝上要求出油管要有坡度，焦油池底面必須較煤堆底面低 2.5 公尺，以便焦油流動。焦油池面積不宜過大，否則表面油層太薄不易分離。廠區的地勢較低，地下水位較高（地面下 80—100 公分），構造物不宜建得太下，如果將焦油池底標高抬高，煤堆也要相應地抬高，這樣二者之間的某些管道將暴露於地面，冬季將會凍結，以致於開裂（因為我們採用的是缸管）。如果把某些地段填高，土方工程增加很多，土的來源就成問題。如果煤堆底面標高設計成地坪標高，管道不致凍裂、凍結，土方工程量也小，並且在操作時上煤出焦都較便利，但是，這樣會由於焦油池底面標高很低，地下水的作用給焦油池的設計與施工帶來很大的困難。

經過各方面的研究，全面考慮了工藝使用的要求、冰凍情況及設計施工條件，決定將煤堆的底面標高設計在地坪以上 0.45 公尺處。

，應該說明，在地下水位較低的地區，應盡可能使焦油池底標高降低，以相應降低煤堆的標高。

3. 結構的計算

煤堆的牆是按擋土牆的理論進行計算的，作了下述的假定：

- (1) 牆是無限長的；
- (2) 牆面光滑；
- (3) 煤的內摩擦角 $\varphi = 40 \sim 50^\circ$ （按卵石考慮）；

單位重 $\gamma_{\text{煤}} = 0.9$ 噸/立方公尺。

(4) 堆材料單位重 $\gamma = 1.8$ 噸/立方公尺。

在設計時，我們沒有考慮同荷載及地震的作用。

經過計算，結構的強度和穩度都是安全的，各項技術指標如表 1 所示。

磚、土煤堆技術及經濟指標

表 1

指標內容 煤堆名稱	抗滑移 安全度 K_1	抗傾覆 安全度 K_2	抗壓強 度安全 度 K_3	滲氣含 氣率 %	單位容積 造價 元/ 立方公尺	備註
磚 煤 堆	3.2	1.7	4			
土 煤 堆	1.2~ 1.57*	1.46	2.5**	0.3~ 0.8%		

* 摩阻系數 $f=0.3$ 時， $K_1=1.2$ （地基為粘土時）； $f=0.4$ 時， $K_1=1.57$ （地基為沙質粘土時）。

**土牆的抗壓計算強度按 2.5 公斤/平方公分 採用時。

從表 1 可以看出，兩種煤堆在技術上都是相當安全可靠的，我們採用的假定條件也都是近似和偏於安全的，因此，我們認為這種煤堆在全國各地均能建造，可以不受水文地質條件的限制。但是必須提出，在不同條件下應該採用相應的措施，否則將會發生危險。

(1) 7 級及 7 級以上的地震區：有地震，不僅僅是煤堆的強度穩度可能有問題，最關鍵的問題還在於釐瓦管的接口，在這樣的地區，結構及管道的處理請參考“地震區建築規範草案”。

(2) 冰凍深度 >100 公分的地區：如我國東北等地，煤堆基礎深度建設取用 $h=0.7h^B$ 。

h^B ——標準凍結深度。

但對於管道的位置深度，僅考慮凍結時不得小於 h^u 即可。

(4) 土煤堆的施工

磚煤堆的施工和一般磚砌體的施工相同，只是因為要求不滲氣，故砌築時灰漿必須飽滿，不得有道縫。

土煤堆可以用坯、垛泥及夯土牆幾種方法，我們採用的是夯土牆的方法。

在夯土牆煤堆施工中，碰到幾個關鍵問題，提出以供參考：

(1) 地基的處理：建廠地區地下水位較高，又逢雨季，基礎開挖後，在夯實時，遇到某些地基越夯越軟，猶如橡皮，一般稱之為“橡皮地”。我們將軟土挖出，填以碎磚（也可以填入砂或碎石、卵石）。

(2) 材料問題：黃土：以砂質粘土最為適宜，但含砂太多，不易打實；用粘土，若掌握不好加水量也不易打實。白灰：生石灰要用水淋過，使之消解，然後過篩，不能有大塊石灰，以免牆夯不實。

無論 3:7 灰土（白灰 30%，黃土 70% 用於牆基）或是 1:9 灰土（白灰 10% 黃土 90% 用於地坪標高上 +0.60 公尺處），都需要拌和均勻，濕度合適。判斷溫度是否合適的方法是用手握一團土，看是否能捏實，若捏不實就是土太乾或是黃土含砂太多，若手上覺着潮濕即是太濕。

(3) 土牆的夯實：夯土牆施工時，考慮要趕工期，採用了全部牆面支模的方案，模板之佈置如圖 3—3。

事實證明，這種支模板的施工方案，縮短了工期，但用的優等木材較多，提高了造價。這種施工方案應該說是不妥當的，不值得推廣。我們認為我國農村廣泛使用的滑動夾板式夯

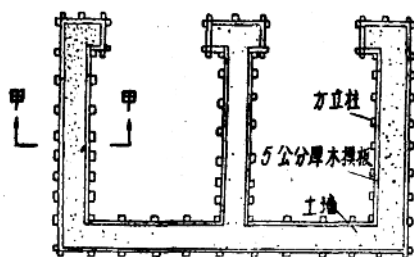


圖 3-3 模板佈置圖 剖面甲—甲。

土牆的方法是較好的。夯土牆時，要注意夯打密實，通常以鋪 23 公分的土夯至 15 公分為宜。在全部牆面立模的夯土牆時，要注意轉角、模板接頭及牆側面的夯實。對滑動夾板式夯土牆的要求是：注意側面的夯實，並作好孔洞的填實工作。

5. 磚煤堆、土煤堆的技術經濟分析：

如前面所述，已被我們採用的磚煤堆和土煤堆都能滿足使用上的要求，並且相當安全可靠，差別不太大，可能磚煤堆的使用年限要比土的長些，這點還有待時間作結論。兩種煤堆的工程耗費如表 1 所示。

這次耗費是我們建廠中的子決算費用，從表 1 中可看出，土煤堆較磚煤堆要貴 72.5 元，這是一種不正常的現象，實際不是如此。所以造成這種現象的原因是：

- (1) 我們採用的是子算定額的單價，土的價格較高；
- (2) 模板的折舊費太大。

因此，可以肯定的說，若採用合理的施工方法，土的來源容易解決的話，土煤堆一定比磚煤堆經濟。

土煤堆雖然經濟，但使用年限可能差一些，並且在操作時內牆壁容易掉灰土。我們建議再設計時採用內皮為磚，外皮為

泥的干餾煤堆。

磚、土煤堆的工程耗費表

表 2

工 程 名 稱	單位	單位造價 (元)	磚 煤 堆		夯土煤堆		備 註
			數量	總 值	數量	總 值	
挖 土 方	M ³	0.2019	21	4.39	36	7.52	
素土夯实	M ³	0.5015			15.7	7.9	
3:7 灰土	M ³	11.75	29.1	350.75	36	422.0	
1:9 灰土	M ³	14.867*			127	1824.61	
砌 磚	M ³	26.27	89.2	2303.59	19.55	513.0	
瓦 斯 磚 道 砌 磚	M ³	29.58*	5.45	161.00	5.45	161.00	
溝 縫	M ²	0.274	233.6	64.0			
磚 地 面	M ³	28.27	6.5	170.8			
地面抹灰	M ²	0.444	76.8	34.08			
耐 熱 混 凝 土	M ³	25.17*			4.32	109.00	
牆面抹灰	M ²				303	103	
全部工程			3081.73 元		3154.23 元		

註：表中除 “*” 項的單價為本工地測定外，全部單價系查用我國建設委員會 1957 年所制定頒發的建筑工程預算定額。

第 3 節 磚砌煤氣集合管的設計與施工

煤氣集合管位於兩種煤堆之前（見圖 2—1）。煤堆中產生的瓦斯經過諸煤氣誘導管（聯接煤堆及集合管的短管）會集於此。過去多採用鋼管，大鹽池後各地的土化工廠多用磚砌，我們也採用了磚砌的方法，並用了特殊的抹灰方法。經過試驗

及運轉，証明其滲氣率是很低的。下面將我們的設計及施工情況介紹一下，以供參考。

一、工藝技術條件及要求

1. 負壓：操作時有 200 公厘水銀柱的負壓，滲入氣量過多則爆炸；

2. 不漏水；

3. 底面要水平，瓦斯誘導管管口在同一水平面上，否則將使煤堆內的燃燒不均勻，影響煤堆干餾的均勻程度。

二、怎樣考慮及解決滲氣問題

因考慮到邊發礎邊內部抹灰施工非常不便，所以採用了圍邊及底砌磚，頂蓋用預制竹筋混凝土板的方案（圖 3—4）。

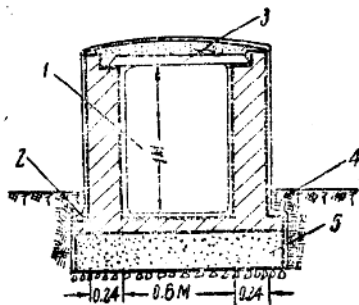


圖 3—4 煤氣集合管的剖面及構造示意圖

1—刷青灰漿兩遍；水泥、白灰膏、青灰、麻刀抹灰壓實；
復蓋麻刀一層；水泥、石膏、青灰漿一層；15 公厘 1：3 水泥砂漿找平；砌磚滿鋪、滿擠；15 公厘 1：3 水泥砂漿找平；5 公厘 1：2 水泥砂漿壓光；2—外抹灰包過，基礎側面；3—1：5 水泥砂漿頂部找平；4—一層富粘土；5—灰土基礎；

我們用內部抹水泥砂漿並壓實壓光以防止漏水的方法，並

採用較合宜的施工程序——砌磚、安裝瓦斯誘導管，砌磚抹灰、蓋頂蓋、外部抹灰及施工方法保證瓦斯誘導管在集管中的管口位於同一水平面上。關於負壓滲水問題的解決情況介紹如下。

1. 材料及其配合比：水泥砂漿抹面可以有很大的強度，壓光後可以不透水，但往往透氣。我們認為這是由於抹面太薄、砂粒太粗、石灰麻刀容易開裂、孔隙多等原因造成的。經過與瓦工師傅反覆的探討，採用了抹灰的辦法防止漏氣，選用了顆粒細小富粘性、干縮性小的材料，但這種材料是很不容易找到的。因為顆粒細小富於粘性的材料，干縮性往往很大；施工後干裂、干縮性小的材料往往質地不很嚴密，如水泥沙漿。經過研究後，我們選用了水泥、白灰（石灰）膏、青灰漿這些顆粒極細、膠結力很強的材料，再加入適量的麻刀以防干裂。這些材料的配合比是：

水泥：石灰膏 = 1 : 1.5（體積）。

用青灰漿將它們調勻，放入麻刀再調勻，即可進行抹灰。

2. 試驗結果及分析：

為了便於就地取材，我們對一些地方性的材料作了試驗，結果與分析方法介紹如下。

（1）試驗布置及試體：試體採用半磚厚的磚砌體，其淨空的長×寬×高為 48.5×37×51 公分，抹灰後的外部尺寸為 74×62×70 公分，構造及試驗布置如圖 3—5。

兩次抽氣的記錄見表 3 及表 4。

（2）氧氣增加率的計算方法：試體的表面積。

$$A_1 = 20095 \text{ 公分}^2。$$

$$\text{淨體積 } V_1 = 90280 \text{ 公分}^3。$$

3. 施工及操作上的要求：集管較長（全長 23.5 公