

學校實驗室排放化學物質廢水處理之研究

國中組應用科學科第二名

高雄市立五福國民中學

作者：莊詩穎、陳雅詩

張慧君、黃雅惠

指導教師：陳東璧、蘇真秀

一、研究動機

- (一)行政院環保署已將學校實驗室列屬於水污染防治管制對象之一，故對學校實驗室排放化學物質廢水處理之研究有其必要性。
- (二)高雄市政府教育局 79 年 10 月 1 日高市教育五字第三一〇二〇號文，主旨：請貴校儘速完成實驗室之廢水處理專責單位人員。並未依規定辦理之學校，屆時環保單位依據水污染防治相關規定告發處分。

二、研究目的

- (一)解決目前各級學校實驗室排放化學物質廢水污染環境問題。
- (二)為節省教育部暨各級學校教育經費之運作，使以最低的經費處理實驗室排放化學物質廢水。防止施工廠商藉機抬高工程費用，消耗公帑。

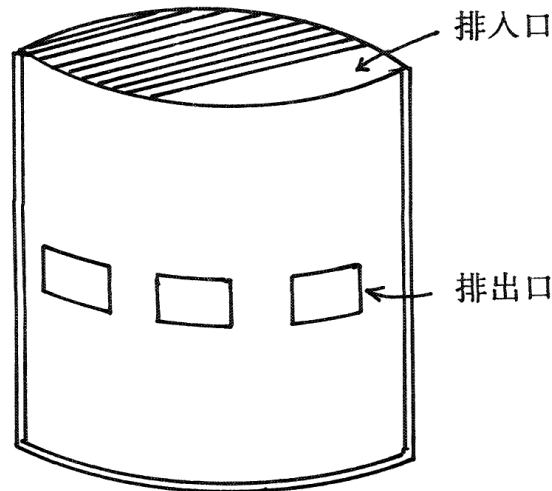
三、研究設備器材

- (一)實驗室排放化學物質廢水收集儲存槽及化學物質廢水。
- (二)化學物質廢水電解凝聚運作流程系統。
- (三)鐵、鋁金屬電極組。
- (四)直流電源器。
- (五)活性炭。
- (六)離子交換樹脂。
- (七)酸鹼測定儀。

四、研究過程

- (一)調查各級學校實驗室使用的化學物品、及實驗後所排放之化學物質廢水成份。將其性質特性加以分析。並依據教材進度列表：
- (二)就實驗室所排放之化學物質廢水利用物理方法及化學方法加以處理。
※物理方法：用比重分離法處理——

去除可沈降懸浮固體物質，如砂、無機固體物質、懸浮性有機物質，以及減少污染物質之排放。最終分離污泥與廢水之混合水，濃縮生物性污泥，排出清澄之廢水。該級之結構如圖。



上述為排入口，中間為排出口。由排出口之位置上下不同，可做選擇性之排放功能。排出口越上方，其選擇比重越小的廢水排放，而排出口越下方，其選擇比重越大的廢水排放。

※化學方法：用電解凝聚法處理——

(1)理論依據：

對酸、鹼、鹽等電解質水溶液通電流時，常在陰極發生氫，故有還原作用。而在陽極發生氧，故有氧化作用。

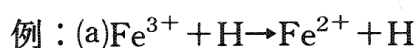
(A)酸的電解：陰極常發生氫，在陽極變成陰離子的分子狀，或發生第二次反應的生成物氧。

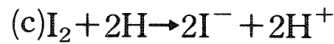
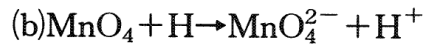
(B)鹼的電解：陰極發生的是鹼金屬與水反應生成物氫等物質，而在陽極發生氧。

(C)鹽類的電解：在陰極游離氫或金屬，在陽極生成第二次反應生成物氧或鹵素。

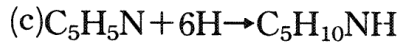
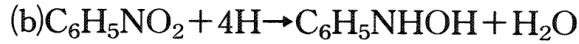
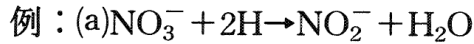
(D)電解還原的種類：電解還原作用是在陰極放電的原子態氫的作用所致，分別有下列二種。

①從溶液中被還原的物質陽離子接收其一部份電荷，再成氫離子，減少其他陽離子的電荷，如下例(a)。或增加陰離子的電荷如下例(b)，屬原子價起變化的還原。或本身成為陽離子，另外成為陰離子如下例(c)的還原作用，原子數無變化，乃離子電荷變化所致。



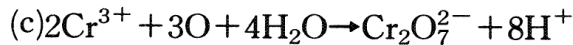
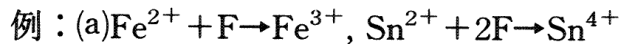


②從溶液中的化合物奪取氧如下例(a)及(b)或結合氫不足的化合物如下例(c)的還原作用。

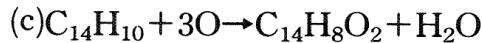
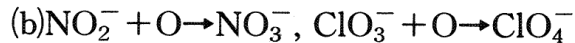
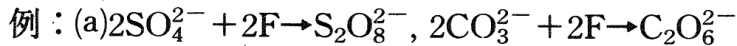


(E)電解氧化的種類：電解氧化作用為陽極原子態氧所致，分別有下列二種：

①離子電荷數的變化——亦即陽離子電荷數增加如下例(a)。或陰離子電荷數減少如下例(b)。或從陽離子變成陰離子如下例(c)，等等所致的氧化作用。



②陰離子的含氧量增加，即陰離子聚合如下例(a)。或氧原子增加如下例(b)。或氫含量減少如下例(c)，等等所致的氧化作用。



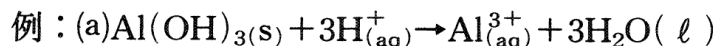
電解還原及氧化反應很受電極性質、電流密度、溫度、電解液狀況等等的影響，故須找出適當的電解條件。電解還原及氧化之際，不同種類的電極造成不同的電解反應，其理由如下兩點：

(甲)各電極金屬對氫及氧的發生有獨特的電解電壓值。

(乙)金屬對還原及氧化作用的接觸作用造成不同的影響。

(2)電解凝聚槽電極材料之選用：

在一般的化合物中我們知道氫氧化鋁為兩性化合物，即兼具酸與鹼之性質。其與強酸作用則生鋁鹽，如下例(a)與強鹼作用則生鋁酸鹽如下例(b)。



由以上(a)(b)之特性，故氫氧化鋁在化學物質廢水電解中能吸附離子或與其化合凝聚，亦能膠結廢水中之濁質及細菌而使其凝聚沈降。故電解凝聚槽電極材料選用鋁棒及鐵棒。

(3)電解凝聚槽運作原理：

以鋁棒及鐵棒配合成組，分別當電解的正極及負極。將化學物質廢水導入電解槽中通直流電壓於正負兩極。而廢水處理之功能在於電極棒上之反應如下：

(A)氧化反應：即陽極反應

由於水之電解，陽極棒上產生氧氣，當作強氧化劑，從陽極棒逐漸溶出金屬離子於廢水中，則與之形成金屬態之氧化物及氫氧化物而沈析出來。而有機物則部份被氧化而增加了分子的極性，使其更易形成有機金屬之錯化合物。（如上述離子反應模式）

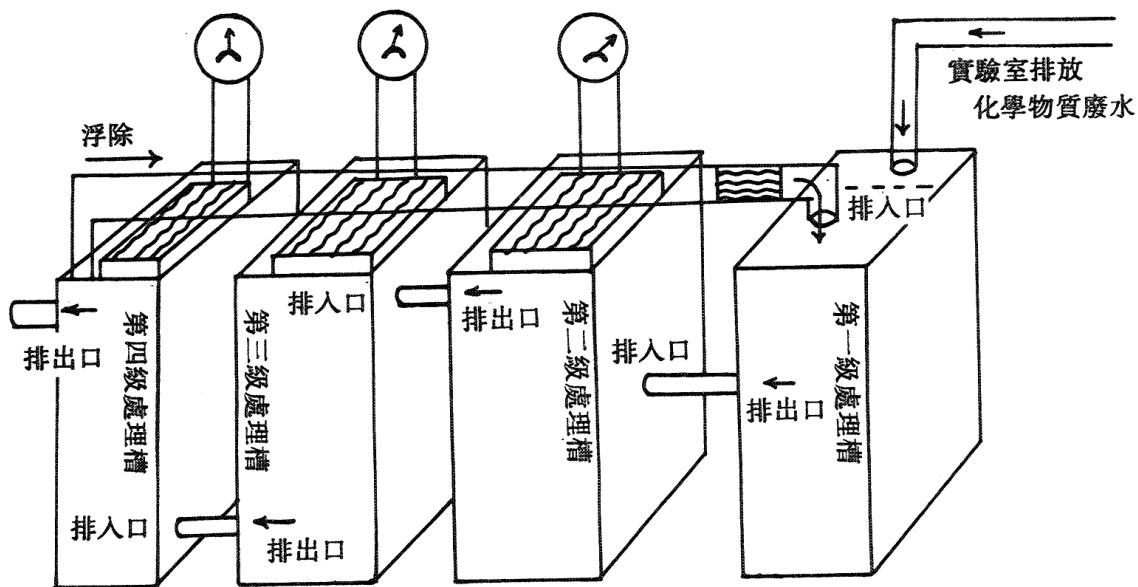
(B)浮除功能：即陰極反應

另在陰極則產生氫氣，氫氣並不參與任何化學反應。細微均勻之氫氣泡由陰極表面釋出，擔負將水中生成沈澱殘渣浮在廢水之上方，以便清除

(C)形成錯化合物

從陽極棒逐漸溶出之 Al^{3+} 或 Fe^{3+} 廢水中之有機物形成有機金屬錯化合物，特別是芳香族及烷類等之有機物。這些錯化合物極不溶於水，可由浮除或沈澱方式，自廢水中除去。

(4)流程運作系統：現在以四個級次處理槽之作業流程加以討論：



(1)第一級處理槽或稱承接級處理槽：（又稱廢水收集儲存槽）

首先承接實驗室排放出之化學物質廢水，該槽之結構是一圓型或方型的容器以不銹鋼或塑膠材質等。在容壁四週圍中間處開鑿出若干個洞口，成為該級排放口。而排入口為該容器上方的開口。首先接收實驗室排放出之化學物質廢水，其中比重大的化學物質下沉在容器底部，比重小的化學物質

浮在容器的上方處，而在容器中間處大約為比重 1 的水及廢水由中間的排放口排出進入第二級處理槽。

※功能：

(a) 首先作油脂與密度小的化學物質及不溶於水的無機鹽與密度大的化學物質過濾出來。

(b) 存留在該級的化學物質或酸或鹼可和新排進來的化學物質或酸或鹼進行酸鹼中和的反應產生鹽與水。該鹽類如果不溶於水就沈澱在底部。

(c) 該級處理槽可提出將存留物回收作為再生資源，或用塑膠容器包裝進行貯存之處理，但不要做第二次污染源。

(2) 第二級處理槽（或第四級、第六級、第八級……）：

承接第一級處理槽（或上級次處理槽）所排放之化學物質廢水。而第一級處理槽排出口的高度與第二級處理槽排入口的高度相同。存留在該級的化學物質或酸或鹼可和新排進來的化學物質或酸或鹼自行進行酸鹼中和的反應，產生鹽與水。該鹽類如果不溶於水，就沈澱在底部。然而該級處理槽之排出口高度位於容器壁的上部部位，其功能只讓比重小的化學物質廢水排放出去，而比重較大的存留在該級處理槽裡面。並在該級次配設電解極棒進行電解凝聚操作，而將廢水中的污染物質浮除在該級廢水上面，加以攔截清除。

(3) 第三級處理槽（或第五級、第七級、第九級……）：

承接第二級處理槽（或上級次處理槽）所排放之化學物質廢水。而上級次處理槽之排出口的高度與該級次處理槽排入口的高度相同。該級次處理槽之排出口位於容壁的下面部位，（即與排入口相反高度之部位）。其功能只讓比重較大的化學物質廢水排放出去，而比重較小的化學物質廢水存留在該級次裡面。並在該級次配設電解極棒，進行電解凝聚操作，而再度將廢水中的污染物質浮除在該級廢水上面，加以攔截清除。

(4) 第四級處理槽：或稱排放級處理槽：

承接第三級處理槽所排放之化學物質廢水，該級次之排入口與上級次之排出口的高度相同，位於容器壁的下面部位。而該級次的排出口在容器壁的上部部位，（即與排入口相反高度之部位）。該級次可以與第二級次相同，並且在該級次處理槽內填充活性碳或離子交換樹脂，將污染物質作最後的攔截後，再行放流。

(四) 研究設計發明化學物質廢水處理槽、池等類別，以便就各種不同環境因素之使用。並提供設計圖，施工材料，及費用之參考資料，讓各級學校參考以早

日完成實驗室排放化學物質廢水之處理。

(1)圓型母子套接實驗室化學物質廢水處理系統：(TP-O 型)：

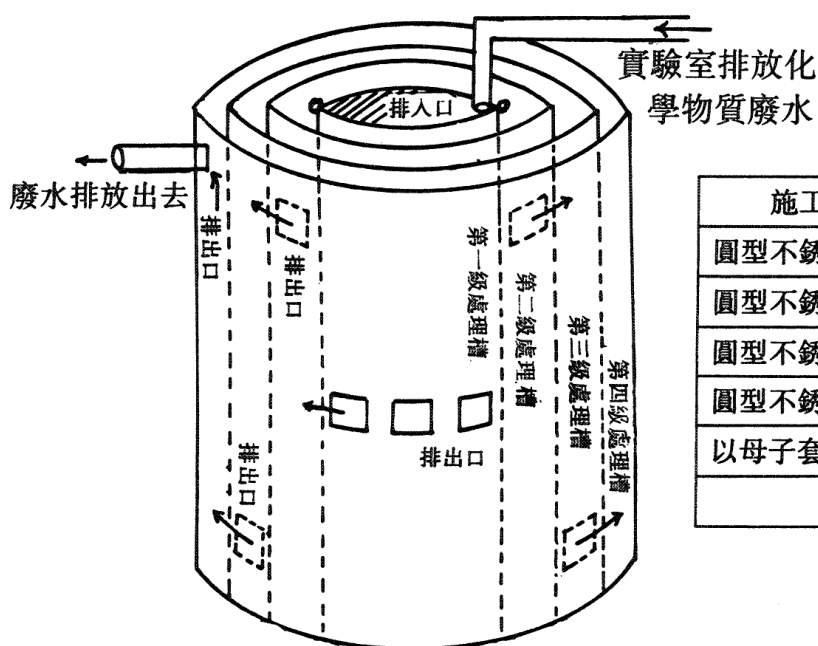
(a)結構與原理：

以四個級次處理槽，依大小順序套接成一體，中間最小的處理槽為第一級處理槽首先承接實驗室或實驗桌所排放的化學物質廢水。而向外類推為第二、三、四級處理槽。第四級處理槽為排放級處理槽。依據前述化學物質廢水處理系統及流程處理進行運作。

(b)優點：

- ①該系統化學物質廢水處理槽體積小，適用承接實驗桌排放化學物質廢水，在防治污染及資源回收過程方便，並不佔大的空間。
- ②以母子套接方法組合，其各級次處理槽之間不用連接導管接合，可防止漏水之缺點為本研究所發明者。
- ③製造設備經費低廉、操作簡單。
- ④在化學處理過程中有自行中和現象可節省管制中和之加藥費用。

(c)施工設計圖及材料費用：



施工材料	費用之參考資料
圓型不銹鋼容器大	3000
圓型不銹鋼容器中	2000
圓型不銹鋼容器小	2000
圓型不銹鋼容器小	1500
以母子套接的方式	

(2)直線型實驗室化學物質廢水處理系統：(TP-1 型))

(3)TP-2 型：為方型實驗室化學物質廢水處理系統。

五、研究結果

本研究結果得到相當豐碩之成果，針對目前學校實驗室排放化學物質廢水處理工作上助益良多。特別對化學物質廢水應用電解凝聚法將污染物浮除，完成學

校實驗室排放化學物質廢水處理的功效。

研究發明各種型式實驗室化學物質廢水處理槽、池。以便各級學校不同環境因素之使用。

①TP-0 型，圓型母子套接實驗室化學物質廢水處理系統。就其優點適用在承接實驗桌水槽排放之廢水。為本研究之新發明者。

②TP-2 型：為方型實驗室化學物質廢水處理系統——及 TP-1 型；直線型實驗室化學物質廢水處理系統。就其優點適用設立在室外，成為學校實驗室排放化學物質廢水處理池，進行防治污染及資源回收之功效。為一創新發明者。

六、討論

在化學物質廢水處理工作上，傳統處理方法是添加化學藥品及助凝劑於廢水中，使污染物形成沈澱物而分離，在添加化學藥劑時通常多超過所需劑量，造成高操作成本，又產生大量之固體污泥。如果採用本研究方法，其是利用電解方式，不添加任何化學藥劑，可直接將廢水中污染物質凝聚而浮除。只使用少量價廉的鋁、鐵棒作電極棒消耗。因此操作費用非常經濟。

七、結論

本研究工作確實可提供學校實驗室排放化學物質廢水處理之良方，作好環保工作又可節省公帑。甚善！甚善！

該項研究發明對各級學校實驗室排放化學物質廢水處理工程提供最佳的資料，並為教育經費節省上億元之金錢。

(1)解決目前各級學校實驗室排放化學物質廢水污染環境問題。

(2)將各級學校實驗室排放化學物質廢水中再行處理行進資源回收。

(3)為節省教育部暨各級學校教育經費之運作，使以最低的經費處理實驗室排放化學物質廢水。防止施工廠商藉機抬高工程費用，消耗公帑。

(4)學校是教育機構，在防止環境污染之工作上，理應率先起步進行環境保護。並對學生加以教導，使學生對實驗研究工作所排放化學物質廢水污染環境之認識，進而處理反污染工作。留給我們子孫一個乾淨的天地。

評語

本研究運用基本物理、化學知識設計簡易之流程，處理學校實驗室廢水。作者對目前實驗室廢水嚴重性有深刻瞭解，對廢水成份資料收集尚屬完整，作者之

基本電化學知能學以致用，亦值肯定。唯過去之圓型母子套廢水處理系統與本次之直線型實驗室廢水處理系統之比較應多加討論，以顯示何者較優。又，廢水處理後是否可以達到環保排放標準應再努力。