

專 論

曳引式收鹽機之研製

Design and Experiment of a New Type of Salt Harvester

國立臺灣大學農工系教授兼農工研究中心主任

曹 以 松

Yii Soong Tsao

國立臺灣大學農工系技士

葉 錦 文

Chin-Wen Yeh

Abstract

In order to promote the mechanization of salt harvesting in the salt fields, a salt harvester was designed and tested in this study with a view to suit the particular conditions and requirements of salt fields in Taiwan.

The prototype of this harvester was mounted on a track assembly which was designed for rice combine. Therefore, it is light in weight and has high maneuverability even in worst field conditions.

Owing to its small size, it is easy to transport from place to place. At the same time the requirement on the bearing capacity of the field is thus minimized. Of course, it has a small radius of turning.

The screw conveyer mounted at the lower part of the forehead not only can collect salt across the whole span of the conveyer but also can break up the crystallized salt layer so as to facilitate the collection and harvest of salt.

The only drawback of this machine is that its capacity is rather limited. However it can be used to pile up salts for the later collection by a larger harvester. To scale up the prototype is also a possible solution to increase the capacity.

一、前 言

鹽為人類生活所必需之物品，不可或缺，上古時夙沙氏煮海為鹽似為以人工方法製鹽之創始，周初太公封於營邱，得魚鹽之利，齊國以此富強，由此可見我國之製鹽工業已有悠久之歷史，我國之製鹽工業固然有優良之傳統與長遠之歷史，但基本上係以人工作業為主，因此在我國從農業社會進入工業社會；從開發中國家進入已開發國家之製，製鹽工業即受到極大的衝擊，工人老化而日趨缺少，工資日益昂貴，一般青年以製鹽水浸日晒，工作環境

惡劣，對於鹽灘工作裹足不前，此種趨勢今後必將繼續加強發展此種衝擊，故而使整個製鹽過程之機械化實有必要，且將成為今後製鹽工業發展之重點。

國外先進國家鹽灘早已實施機械化作業，但由於鹽灘條件與我國的情形相差懸殊，我國應根據本地之鹽灘環境逐步克服各項困難致達到所需之鹽灘機械化，臺灣鹽灘之特性為：

1. 單位面積狹小

臺灣之鹽灘主要特性為人工收鹽，因此原來即比國外鹽灘規模狹小甚多之面積上又分成小塊之鹽

田，對機械之操作確實需要化費較國外鹽灘為大之努力。

2. 鹽層之厚度薄

臺灣鹽灘，每年十月下旬至翌年五月上旬為旱季亦即為其產鹽期，但在此期間內因空氣濕度仍高蹈不下，蒸發量偏低，鹽之結晶約經三十天之曝曬，鹽層仍只有2公分左右之厚度，鹽層過薄造成機械化作業之困難，此種情形與國外之乾旱季節時間長，空氣濕度低，蒸發量高之情形造成強烈對比，大部分國外鹽灘具有較大之承載能力，不但可通行巨型之鹽灘機械，同時亦可於短期內採收大量之原鹽。

3. 鹽由之深度淺

臺灣鹽灘結晶池滷水深度較淺，與國外之深晒不同，所以採取淺晒的原因，除前述之每日之蒸發量較低外，主要基於即使在乾季時臺灣南部發生降雨之機率仍屬相當高，尤其在期中冷鋒過境時常有降雨，為減少降雨所引起之溶損，因此傳統上臺灣製鹽係採取淺晒而多次收鹽之方式以減少風險，亦因此而需有隨時收鹽之準備，以上各種情形均構成收鹽作業機械化之困難。

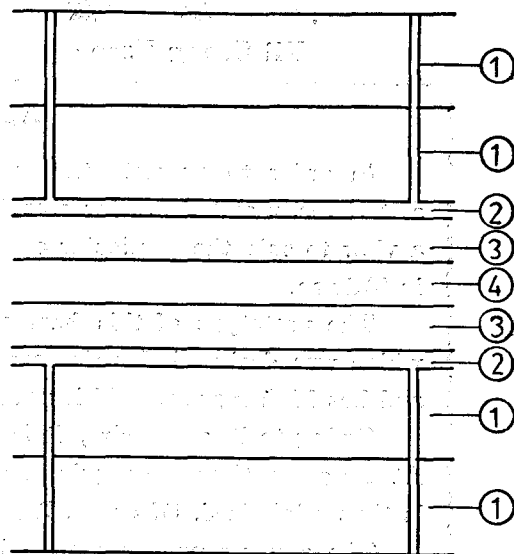
綜合以上所述可見臺灣之鹽灘作業固然有機械化之必要，但是實際上又有極多之先天性困難存在，亦由於此種先天性的困難使本省無法引進國外之鹽灘機械而直接加以應用，而必須自行發展適合臺灣本地各種特殊條件的鹽灘機械。

雖然自行發展適鹽灘機械為一耗費心力與時間之工作，但是一方面這是必需要做的工作，無法加以避免，另一方面在農業機械方面，臺灣已經早有類似的經驗；歐美的大型農機固然不能適合臺灣小農制度的田區，即使是日本的小型農機也因天候、土壤及耕作制度之不同而無法應用，由於此種原因，經過多年的努力，臺灣已自行發展了一系列的農耕機械，這些機械能適合臺灣農田的嚴格要求，而達成了農業機械化。

今天鹽灘機械化所面臨的挑戰，可以說和當年農耕機械的問題相同，鹽灘機械有很多方面也與農耕機械相類似，事實上，日本的東京大學農業工程系中從前設有製鹽工程講座，更可以看到鹽灘機械式製鹽工程與農業工程的密切關連性，本計劃之目的即在利用農業工程方面的過去經驗，來發展一種經濟實用的收鹽機，而使本省的鹽灘能早日達到機械化的目標。

二、鹽灘收鹽環境與基本條件

台灣製鹽總廠（簡稱台塩），目前仍有部份塩灘沿用傳統式人工收塩所設計之塩灘，每區面積大致為六公尺×六公尺，區與區之間設有滷水灌溉溝，另外並備有大型蒸發池，然後將已在大型蒸發池中濃縮之滷水以抽水機導入主溝再經分支溝而到達塩灘即結晶池，曝曬成塩，近年來台塩為實施收塩機械化，將部分塩灘加以重劃，如圖1所示。



- ① 結晶池：長60公尺×寬35公尺。
- ② 滷水灌溉溝：寬約1公尺。
- ③ 集塩場：寬5公尺
- ④ 輸送道路寬5公尺

鹽區之中央築一五公尺寬之輸送道路，輸送道路之兩側設有高出路面20公分而寬度為5公尺之集鹽場，集鹽場之側即滷水灌溉溝，該溝低於集鹽場約1公尺，溝寬1公尺左右，溝之內側即為由田埂圍成之結晶池，結晶池一般分為四區每寬35公尺，長60公尺以田埂相隔開，海水首先導入大型蒸發池，經曝曬蒸發海水濃縮而成滷水，滷水在結晶池內經進一步之曝曬濃度更趨稠厚，當其含鹽量達波美28度時灘面逐漸呈現白色即鹽之結晶逐漸開始形成，鹽份含量再行提高時鹽層結晶逐隨之增厚，顆粒間具有內聚力故有相互粘靠之特性，但結晶顆粒之排列常屬不整齊且其中顆粒間具有空隙存在，鹽層厚度增加至五、六公分時，其底層已形成岩板狀甚為堅硬，鹽層上往往覆蓋着約4、5公分深之滷水

，臺灣之鹽灘屬於土質者海砂約佔60%而粘土佔40%，整地時以農用耕耘機耕耘刀將土打碎，此一作業並兼具攪拌作用，可促進土質之均勻，然後並以重力滾輪輾壓使土壤緊密而平實。由於鹽灘含鹽量甚高故對於金屬工具之腐蝕性極為強烈，各種工具使用之材料均要求具有耐蝕之性能，由於近年來臺鹽積極從事鹽灘現代化，輸送道路之側已裝設有220伏特之交流電源，有助於未來鹽灘機械化。

三、鹽灘機械應具有之條件

鹽雖為一生活之必需品，但價格不高，因此不宜使用昂貴之機械，同時臺灣南部鹽採取期甚短，若遇寒流冷鋒帶來的雨量更需要緊急採取，為爭取時效應具有快速大量採取之功能，為使鹽田結晶平均採取容易，灘面之平坦之保持亦極為重要，實行機械化收鹽後減少人工操作，並不需要考慮灘面之重整工作，然仍必需以機械維持灘面之平整，由於鹽灘之腐蝕性極高，易影響機械之壽命增加故障率，鹽灘機械宜以耐蝕之材料製造，並應簡化機械之零件，同時使其易於互換，故障時可隨時抽換，基於鹽田之面積不大，鹽灘機械應考慮以輕便小巧型較適合，一方面便於轉換方向及操作另一方面又可節省製造費用及降低單價，更可收節約能源之效果，堪稱一舉數得。

四、臺鹽現有之收鹽機

1. 由外國進口之收鹽機

法國米第公司PR140型，其驅動主機為履帶式推土機所改裝，將推土板改裝成鏟鹽板，另加一部17動力之柴油機用於傳動側向輸送帶，鏟鹽板之角度為35°，寬1.42公尺，由原來推土板架油壓唧筒(Hydraulic Cylinder)控制昇降，採鹽時，操作油壓唧筒放下鏟鹽板，並發動側向輸送帶引擎，使側向輸送帶運轉，主機往前行進，使鏟鹽板向前移動，鹽即沿鏟鹽板之斜面向上移昇，迫昇至頂端時下墜掉入側向輸送帶上，由側向輸送帶再掉入橫向主輸送帶，運送至集鹽區。

2. 早期國人自製之收鹽機(如圖二所示)

本機之機件部分取自農用耕耘機，包括柴油引擎、離合器、變速齒輪箱、驅動軸、車胎、尾輪、迴轉耕耘軸等，本機採用12匹馬力水冷式四衝程柴油引擎，由兩條B型三角皮帶傳動至變速齒輪箱、齒輪箱輸出兩作用軸，其一用於驅動車輪，裝配兩

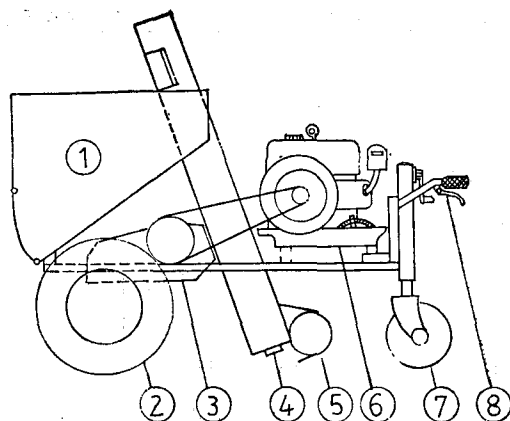


圖 2

- ① 貯鹽箱 ② 八字農用車輪 ③ 變速齒輪箱
④ 垂直輸送軸 ⑤ 橫向螺旋耙鹽器
⑥ 柴油引擎 ⑦ 尾輪 ⑧ 手把及側向離合器

八字農用車胎，另一作用軸輸出動力以鍊條傳動一橫向螺旋耙鹽器，鍊條傳動之同軸以傘齒輪箱(Bevel Gear)轉角向上傳動復以垂直輸出軸連接萬向接頭(Universel Joint)，再以鍊條傳動垂直螺旋輸送管，其螺旋輸送管之前方設置一貯鹽箱，本機操作之機械功能及其操作方法與農用耕耘機大致完全相同，拉開離合器之手把後，發動柴油機，驅動軸共有四組變速，前進三速倒檔一速，選擇其中之一速而進檔，耕耘軸分兩檔快慢兩速，而選擇其中之一，並調整尾輪控制深度，緩慢放開離合器後，車輪往前行走，耕耘軸傳動橫向螺旋耙鹽器，耙鹽器下方之刮板刮動鹽層，耙鹽器為螺旋輪葉狀，其轉動使已碎之鹽推向中間，由垂直螺旋輸送管送上貯鹽箱，貯鹽箱裝滿時將尾輪架高，耕耘軸置空檔，將本機開往集鹽場，卸下所收集之全部鹽量後，再重行下鹽田採取。

3. 臺鹽所開發之履帶式臺鹽一號收鹽機(如圖三所示)

本機之驅動主機係利用農用水稻收穫機之動力及車體製成，收鹽設備由另外附加一部八馬力柴油引擎傳動側向輸送帶作為動力，本機之基本原理與法國製RP140型應用相同之機構而縮小其體型及馬力，另於鏟鹽板上加添鍊條帶動之耙鹽板，以增加收鹽之效果，其鍊條耙鹽板為協助不使鹽堆積於鏟鹽板上，鹽可順着鏟鹽板直上頂端後掉入側向輸送帶，鏟鹽板之兩側加裝兩深度穩定輪，因應鹽田中鹽層之深度而隨時加以調整，穩定輪之作用，灘面並非完全平直，且屬於履帶式之驅動，其機身有前

後搖擺之特性，若向前傾時將使鏟鹽過深或鏟到灘面之泥土，鏟鹽板之兩側加上穩定輪時兩者可同步上下以防止鏟到鹽灘土壤，本機之工作功能，將人工耙成之長條鹽堆使用本機連續送上主輸帶運往集鹽場。

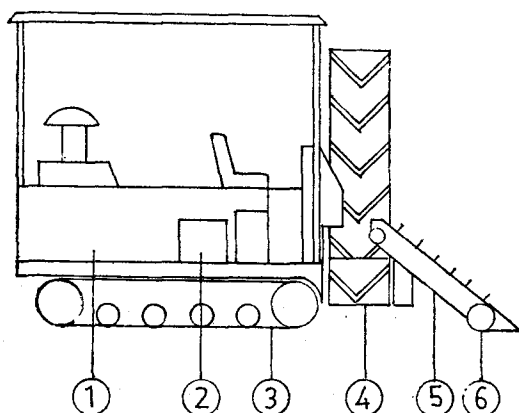


圖 3

- ① 驅動主機之引擎及變速箱。
- ② 側向輸送帶之引擎。
- ③ 驅動履帶。
- ④ 側向輸送帶。
- ⑤ 鏟鹽板及鍊條刮鹽板。
- ⑥ 穩定輪。

4. 臺鹽使用臺鹽一號收鹽機械收鹽作業步驟

- ① 使用耕耘機先將鹽打碎，成為碎鹽。
- ② 以人工將寬六公尺之碎鹽耙成一條一條之鹽畦，每一鹽畦寬約五十公分高約三十公分。
- ③ 以上述履帶式收鹽機，將鹽耙上採取後，轉入側向輸送帶，再掉進橫向主輸送帶，由主輸送帶送上集鹽場。
- ④ 主輸送帶每部長七公尺，每次十部主輸送帶由集鹽場橫向串接，以利連續輸送，其動力係利用集鹽場裝設之交流 220 伏特之電源，每一主輸送帶均由一部馬達各別傳動。
- ⑥ 主輸送機在橫向移動時需人手六名，耕耘機手一名，採鹽機手一名，合計每組機械採鹽所需人手八名，工作時間七小時，每天採收量約 300 噸。

5. 本研究製造之機構說明

本研究定名為「曳引式收鹽機之研製」，利用牽引力之觀念達成收鹽的目的，動力在前方曳引，收鹽機在後方承受牽引力而作功收鹽，在農業機械方面及土木機械方面也使用很多曳引式的原理，臺

鹽所屬各鹽場已備有農用曳引機，分別為 24 馬力及 38 馬力數部，為使充分加以利用，若本研究製造成果可適用時，一部曳引機可裝配各種不同用途之附件，研究工作之開始，由臺鹽提供一部曳引機，以配合收鹽機之設計製造之用，該曳引機為日本三菱牌 2400 型，配備一部 24 馬力之柴油四行程水冷式引擎，引擎於無負荷狀態油門最大時，其最高轉數為每分鐘 2600 迴轉，變速齒輪箱主變速分快慢兩速，副變速分四檔，前進三檔後退一檔，機後具動力輸出迴轉軸 (Power Take Out) 通稱 P. T. O. 及一套油壓牽引桿，該機速率特性請參看下表：

主 變 速	副 變 速	引擎迴轉數	前進速度	P. T. O
快 慢	檔	R. P. M	K. P. H	R. P. M
慢	1	2520	0.9	420
慢	2	2400	2.72	400
慢	3	2220	5.54	370
快	1	2430	1.44	405
快	2	2340	4.36	390
快	3	2100	8.73	350

本研究製造第一部試驗機如圖 4 所示，本機之動力取自於曳引機之 P. T. O. 使用一組萬向接頭 (Universal Joint) 直接傳動一部雙出軸減速齒輪箱，一輸出軸以鍊輪鍊條帶動直向輸送帶，其同軸又以鍊輪鍊條傳動耙鹽板，直向輸送帶具有斜度調整螺絲，可調角度為 27°~38°，帶寬 60 公分，輸送帶中心軸距 120 公分，鏟鹽板寬度 40 公分，減速

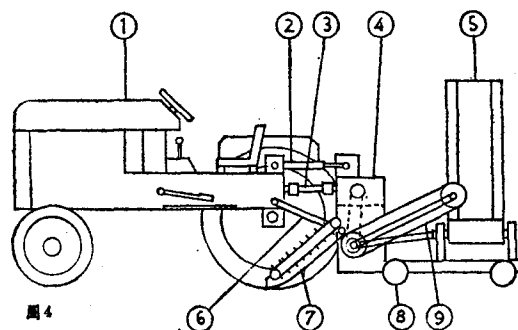


圖 4

- ① 曳引機 ② 上拉桿 ③ P. T. O
- ④ 雙出軸減速齒輪箱 ⑤ 側向輸送帶
- ⑥ 油壓牽引桿 ⑦ 耙鹽板 ⑧ 橡皮輪
- ⑨ 直向輸送帶

齒輪箱之另一輸出軸使用傘齒輪 (bevel gear) 轉角 90° 以軸承支撐，再以萬向接頭直接傳動側向輸送帶，側向輸送帶為一轉角輸送帶，帶寬30公分，並具有斜度調整設備，本機之機架以四個可調整高度之橡皮輪控制收鹽之深度，本機之連結機構，上具一上拉桿，油壓牽引桿撐住兩側方，曳引機轉彎時油壓牽引桿將整部採鹽機抬起後再轉彎。本機試製完成時鹽灘尚無鹽可做採收試驗，經過多方的研討，就決定再做第二部試驗機，第二部試驗機係綜合臺鹽所製造之採鹽機之各種優點，經研究改良，取其優點改善其缺點，本機之前端裝有橫向螺旋輪葉，輪葉之直徑為22公分，葉片周圍桿接 2×3 公分之碎鹽刀，故兼具碎鹽之功能，在鹽不甚厚時不須用耕耘機打碎鹽層即可採鹽，機身向前推進時，輪葉迴轉，碎鹽片首先將鹽層打碎，橫向螺旋輪葉於是發揮集鹽之功能，將碎鹽往中央刮集中，在碎鹽往中間合攏之同時，與橫向螺旋輪葉同一迴轉軸中間之鍊條刮鹽板順其迴轉方向由下往上耙，將碎鹽耙上鏟鹽板，當碎鹽到達鏟鹽板之上端時，下墜掉入側向開放式螺旋輸送機，由螺旋輸送機再轉入主輸送帶，將鹽送上集鹽場。本機之動力使用一部7馬力空冷四行程汽油引擎為動力，動力輸出軸使用拉緊帶輪 (Tension Pully) 為動力傳輸之離合機構，將動力以三角皮帶直接傳動一座雙出軸之減速齒輪箱 (Speed Reducers Gear Box)，減速齒輪箱之規格為70#，減速比為20:1，其雙出軸分成兩組茲說明如下，其一為驅動軸系統，經過兩組鍊輪 (Sprocket Wheel)，鍊條規格採用RS40，分別為24齒傳動42齒一組，由42齒之從動軸再以16齒傳動48齒，鍊輪48齒之軸心即為本機迴轉履帶之主軸，驅動主軸之兩側裝有爪型離合器 (Claw Clutch) 為需要達到控制兩條履帶在轉向時作不同之各別動作，使一條履帶轉動，另一條履帶停止轉動，即可供機身轉向之用，履帶採用國產野興牌1300型，為橡片履帶。減速機之另一輸出軸，以三角皮帶輪B型2條主動輪7英吋直徑傳動5英吋之三角皮帶輪，即為鍊條刮板之主動軸，鍊條刮鹽板之從動軸兩側，在同一軸心上裝有兩螺旋輪葉，鍊條刮鹽板之鍊條規格便RS60# 輸送配件鍊條。因此碎鹽經橫向螺旋輪葉推攏到中間由鍊條刮鹽板將碎鹽耙上，碎鹽耙上頂端時墜入側向開放式螺旋輸送輪，向側方輸送，側向螺旋輸送輪之直徑為15公分長140公分，輪葉間距為10公分，原來設

計為圓管式輸送輪，經實際採鹽時發現圓管式之摩擦過大，後更改為開放式，其詳細觀念構造如圖5所示。

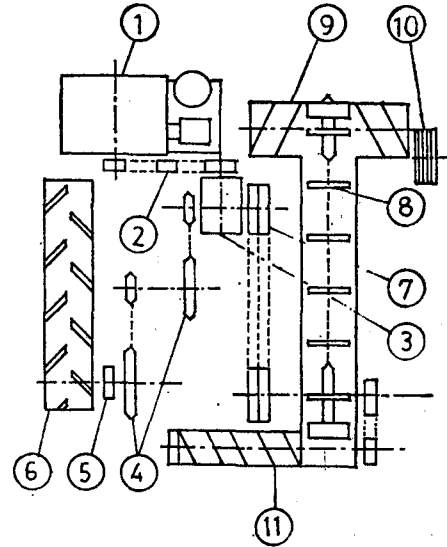


圖 5

- ① 引擎 ② 拉緊帶輪 ③ 減速齒輪箱
- ④ 兩組鍊輪及鍊條 ⑤ 爪型離合器 ⑥ 履帶
- ⑦ B型兩條三角皮帶與皮帶輪 ⑧ 鍊條刮鹽板
- ⑨ 橫向螺旋輪葉 ⑩ 穩定輪
- ⑪ 側向開放式螺旋輸送輪

五、結 論

本機原來之構想為曳引式採鹽機，即採用一部農用曳引機為動力，機後牽引採鹽機，曳引機本身之機構特性其機後具動力迴轉軸 (Power Take Out) 簡稱 P. T. O，可使收鹽機構獲得迴轉動力，另兩具油壓拉桿，可作牽引之拉桿尚可昇降，以供其附件 (Attachment) 之無作功之移動及迴轉之用，但曳引機之淨重為1.8噸，驅動輪之着地點為點接觸，據臺鹽之資料，灘面承載壓力鹽層厚度4公分時為 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ ，以致在試驗時曳引機在通過時驅動輪即陷入鹽層而形成兩條帶齒之深溝，鹽層之下方之灘面土壤含砂達60%，致泡於滷水中時極易含水而膨脹，因土壤膨脹其表層鬆軟，經曳引機行走過後之灘面即下陷而形成兩條相當深的溝，若以鏟鹽板採收只能採收小部分之鹽，溝底之鹽根本無法採收，此外更為嚴重之後果為輪痕破壞灘面，以致灘面必須另行重整，因此曳引機之圓形車輪無法使用於灘面，其後之設計採用履帶，其效果極佳，毫無灘面之破壞情形。有關輸送部分，利用皮

帶輸送帶 (Belt Conveyer)，其優點為其輸送過程屬於連續性，可達快速與大量之輸送，且輸送機不重複行走於灘面之同一部分，灘面不致受損。本機之試製首先不加考慮材料之問題，汽油引擎更不適合鹽灘之用，其他材料應以不銹鋼 304 號，橡皮、塑膠、玻璃纖維，木材等為主，本機之機械功能頗能適合臺省鹽灘採鹽之特性，可謂已達到試驗目的。

綜合以上所述本研究試驗所研製之採鹽機具有下列之優點：

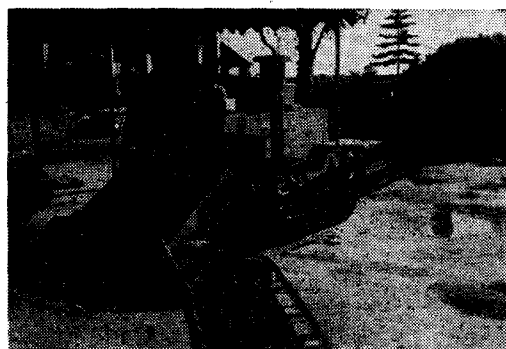
- (1) 機身輕便，迴轉半徑小，能行足於較薄鹽層之上，而不致損壞灘面。
- (2) 在鹽層較薄時，本身即具有碎鹽之功能而不須先引用耕耙機打碎鹽層。
- (3) 兼具收鹽與堆鹽之功能。

(4) 機件簡單，製造及維護容易。

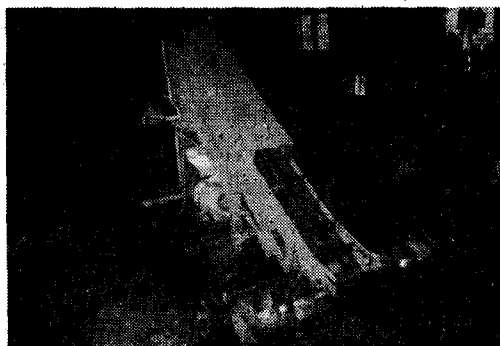
(5) 造價低廉，在大量生產時，成本可以降至每具 20 萬以下。

尚待改進之處經檢討亦有下列各點：

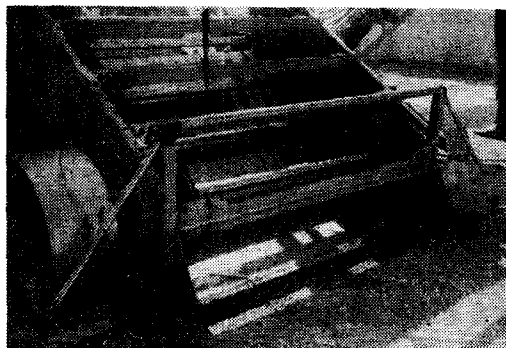
- (1) 耐鹽性尚待加強，本次試製之採收機因主要屬於試驗性質，雖已盡量採用耐鹽材料，但因部分零件利用市場中成品，耐鹽性欠強。
- (2) 本機缺乏倒車檔，影響操作之靈活性。
- (3) 收鹽速度較慢，此點可藉加寬集鹽螺旋裝置之長度及加大機身之馬力達成之。
- (4) 機身馬力加大後，可期將打碎作業、收集作業及堆鹽作業成為一貫性之連續作業。
- (5) 與輸送帶系統間之配合尚待加強，俾能進一步減少作業之人工。



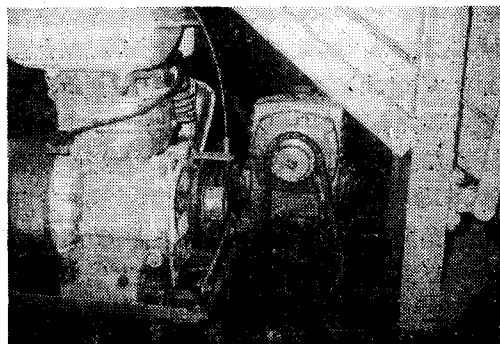
臺鹽一號機



本研究試驗第二部收鹽試驗機



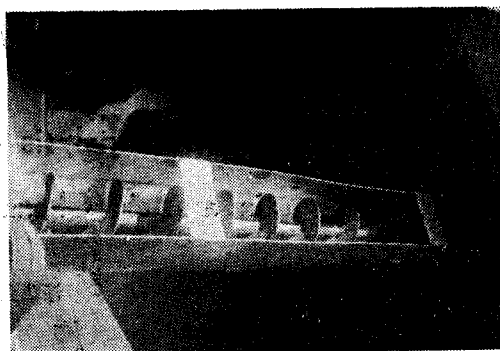
臺鹽一號收鹽機之穩定輪、鏟鹽板及鍊條刮鹽板



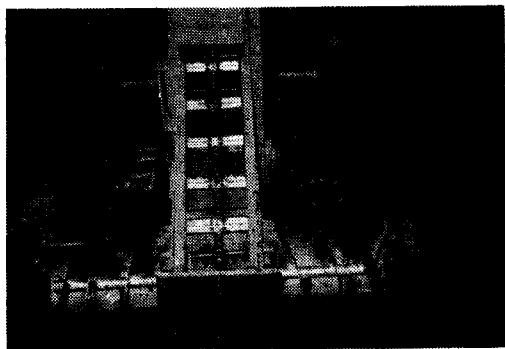
動力傳動機構驅



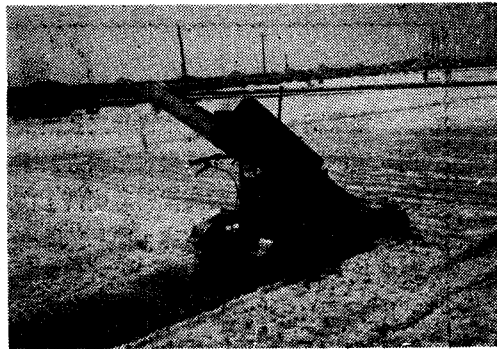
驅動履帶



側向開放式螺旋輸送輪



橫向螺旋輪葉及刮鹽板



鹽灘採收試驗



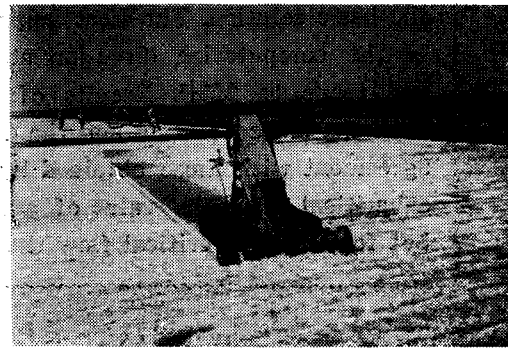
橫向螺旋輪葉實際耙鹽之情形



鹽灘採收試驗



穩定輪之調整



鹽灘採收試驗