

目 錄

一	前 言	3
二	整 體 描 述	6
三	細 部 設 計	8
四	安 裝 與 收 回 方 法	19
五	討 論 與 建 議	21
六	誌 謝	22
七	參 考 文 獻	23
八	圖 目 錄	24

ABSTRACT

In order to examine the impact and response of a real artificial upwelling apparatus, a pilot artificial upwelling apparatus should be built and deployed in the sea.

According to the past experiences, the authors propose a preliminary design of a pilot apparatus.

The whole pilot apparatus consists of 3 parts:

1. A contraction & expansion tube pair array, which can produce negative pressure and pump subsurface seawater as the seawater flows through.
2. A flexible upwelling pipe, which leads to the deeper ocean and carries the subsurface seawater to the surface.
3. Mooring and relieving system.

Because it is a preliminary design, for some of the special material only specifications are assumed, It is estimated that one apparatus can afford only 100 m x 100 m sea surface area.

However, one apparatus may be very expensive. And the biofouling problem which is harmful to the pumping capacity may be difficult or expensive to be solved. Due to the above-mentioned reasons, this project stops for the present time. But the present results can be applied to different aspects, such as:

1. The C & E tube pair array may be used to wind energy absorber and wind preventer.
2. The flexible upwelling pipe may be modified to an underwater OTEC cold water pipe.

摘 要

為了試驗人工湧升器在海中實際操作時對海洋的影響及其在海中的反應與產生的問題等，吾人須先建立與安放一具先導型人工湧升器，本報告乃是作者根據過去的經驗，提出一個先導型人工湧升器的初步設計來。

整個人工湧升器分為三部分：1. 縮放流管對矩陣——當海流流過將產生負壓力，可抽取深層海水。2. 軟式湧升管——通到海底將深層海水引到上層來。3. 錨碇及回收系統——將人工湧升器固定在海中某一定點及收回之用。

由於尚屬初步設計，部份特殊材料僅提出規格要求。估計一部湧升器管轄的海域面積為100公尺見方，而一具人工湧升器所需費用不貲，且人工湧升器在海中放置一段時間後，很可能附著海洋生物，將對抽水效果有不利影響，然而處理生物附著的方法費用昂貴。根據上述理由，本計畫暫時停止繼續進行，然而目前的研究成果可作其他方面的應用研究，例如：1. 縮放流管對矩陣可考慮用作為又可擋風又吸收風能的裝置，2. 柔性湧升管稍作改變，可考慮用作海洋溫差發電的冷水管等。

先導人工湧升器之初步設計

一、前言

在海洋的上層，約一百米水深以上（視海水的透明度及日光的強弱或增或減），為光合作用區。在此區域內，植物性浮游生物攝取海水中養分，如磷酸鹽 PO_4 、硝酸鹽 NO_3 及矽酸鹽 SiO_3 ，加上水、二氧化碳及日光進行光合作用，製造有機物，是食物網中的「生產者」；然後草食性浮游生物吃植物性浮游生物，小魚小蝦吃動物性浮游生物，大魚吃小魚、小蝦，人類再吃大魚小魚及蝦。自動物性浮游生物起自人類皆為「消費者」，自然界為了達到平衡，消費者死亡後，稱為「分解者」的細菌將其屍體分解，有機物還原為無機物，其中養分較重沉入較深層的海水。這樣生產者、消費者及分解者遂構成所謂食物網，為自然界循環現象之一，在海洋中由於大部的養分在光合作用區之下，如果養分不能帶到光合作用區的話，此一循環作用將被中斷。

一般海流因重力的原因，絕大部份在水平方向流動，鉛垂方向的流速極小，再加上約在海面下 50 至 200 米之間的溫度急速降低，稱為斜溫層，溫度影響密度，因此可以斜溫層中線為界分成上輕下重的兩層海水，也使得斜溫層下含高養分的冷海水很難闖過斜溫層而上來。雖然如此，在自然界仍然有某些海域中產生

下層海水流向上層的現象，這種現象稱為湧升流（Upwelling）。湧升流的形成，不外是因風沿岸吹拂，造成表面海水向外流動，因而引起下層海水上湧以補償離岸的表面海流，或是強大的洋流沿岸經過，因為地形的影響而產生，因此湧升流大都在大陸棚及大陸棚斜坡上發生。全世界只有千分之一的海面為湧升區，而漁獲量却佔了一半，由此可知，湧升流對海洋漁業的重要。

作者從1976年起迄今陸續的在進行一項人工湧升流研究計劃，（參考文獻1-4），構想乃是利用海流流過縮放流管產生柏努力效應，在縮流段產生低壓，下層海水則經由湧升管上昇而來。人工湧升器可利用海流動力將140-300米深處含養分較高的海水帶到水深20-30米處的表層海中，以提高沿海生產力形成漁場。前二年在台大造船研究所150米長4米寬2米深的試驗水槽進行模型試驗，「縮放流管對」人工湧升器的抽水能力在實驗室中的工作早已完成，以後為驗證實際海中抽水效能的工作一直不順利，其最大的困難在自製的柔性湧升管與縮放流管主體接合處容易破裂，不過上述困難並非不能克服，只是海上的試驗本來就比較難以掌握，加以經費有限，在試驗模具設計上必須考慮節省費用，所以正式的現場試驗尚未完成。但為了在有限的時間與經費下，以間接方式（以安放無垂直之柔性湧升管的縮放流管主體於海中做一實驗）估計實際海中的抽水量，進而提出未來實用人工湧升器的

構想：一具由 100 支 220 公分長之縮放流管對陣式組合而成的人工湧升器，可在 1.5 節的海流作用下自 140 米深每秒抽 0.05 立方米的海水到 30 米深的海中。

上述人工湧升器究竟能提高多少生產力？這是迫切需要了解的事，然而吾人須先建立與安放一先導型人工湧升器，來試驗人工湧升器在海中實際操作時對海洋的影響及其在海中的反應與產生的問題，方能回答上述問題，因此本報告乃是作者根據過去的經驗，提出一個先導型人工湧升器的初步設計來。

二、整體描述

如圖甲所示，人工湧升器（簡稱龍）由三部份組合而成：

- (一) 縮放流管對矩陣（人工湧升器主體）簡稱「龍頭」
- (二) 軟式湧升管，簡稱「龍身」。
- (三) 錨碇及回收系統，簡稱「龍尾」。

三者結合在一起以潛式浮球系統着力在龍頭之上，使整個系統懸浮於海中，龍頭在水面下 20~40 公尺之間。由於龍尾的錨碇作用（其重量大於淨浮力）使龍固定在某一點而不致漂移。三部份分概述如下：

1. 龍頭：將 100 支 220 公分長的縮放流管對固定由鐵管組合的主體結構架方格內（如圖甲—1 所示）。縮放流管對正對海流方向當海水流過，在中間收縮段產生負壓力，各縮放流管對之收縮段皆以連通管接到一垂直主管，此主管與龍身相通。龍頭上方繫潛式浮球系統，以支持其重量懸浮於海面下 20~40 公尺之間。

2. 龍身：為減少阻力，其斷面形狀為橢圓形。管壁用柔性人造材料，整個為一體，為維持管形，管外有護圈，護圈為橢圓形約二公尺一個，護圈與兩條護索相連，（如圖戊所示），護索為受力部份，使管壁不致受到大的張大，為使收回時龍身浮出水面，在護索上綁有浮力柱。

3. 龍尾：如圖戊所示，兩條護索向下連接一有旋轉環的圓盤，以下接一較粗的索，以索之下接一活頸鉤，活頸鉤上附有一細拉索，延龍身一直通到龍頭，要收回湧升器時，只要拉拉索，活頸鉤便脫開，湧升器便自動浮出水面。活頸鉤之下接錨鍊與水泥沈塊，其重量約在10噸左右。

三、細部設計

作者自一九七六年來，從實驗室進行模型實驗以及至今海上安放小型實驗模型八次的經驗及結果，設計實際所需安放的人工湧升器是一具由 100 支，每支 220 公分長之縮放流管而組合成的一組人工湧升器。

本節就以(一)主體(含縮放流管、浮球、中央管)即龍頭(二)湧升管(含護索、護圈)即龍身(三)錨碇系統即龍尾，三部份加以詳細說明。

(一)主體：由圖甲顯示，整個主體包含以黑線表示的縮放流管 100 支，以紅線表示由 B 型鐵管焊接而成的主體結構架，以及用來控制整組之人工湧升器在海水中平衡的浮球。再由圖甲 - 1. 以顏色及英文字母編號詳細說明如下：

1. 主體結構架：其大小尺寸由圖甲 - 1 與圖甲 - 2 顯示長 625 公分，寬 119 公分，高 600 公分，外廓是直徑 5 公分厚，0.3 公分的 B 型鐵管，其餘則為直徑 2.5 公分厚 0.15 公分之 B 型鐵管焊接而成。

2. 縮放流管：由圖乙顯示，其最大長度 219 公分，最大直徑 57 公分，由圖乙 - 1 與圖乙 - 3 顯示縮放流管對由內外縮放流管組合而成。縮放流管對以塑鋼鑄成，其聯接之塑鋼板亦一併鑄成，再以螺絲固

定。由圖乙—2、圖乙—4、圖乙—5顯示，以塑鋼匣將縮放流管用匣與主體結構架固定。

3. 中央管：由圖丙及圖丙—1顯示，為長軸 70 公分，短軸 47.5 公分，高 700 公分之橢圓柱，以塑鋼鑄成，並以 5 公分直徑的塑膠管與 100 支縮放流管連通。

(二) 湧升管：由圖甲—1 中的 D 項顯示，湧升管以高張力帆布製成。此高張力帆布製成之湧升管原擬為橢圓形，但本身質料為軟性，無法與塑鋼護圈（斷面為圓柱形）完成連續密切接合，所以取六個點，而將全部湧升管，以高週波式壓出等距離之六條雙層高張力帆布黏合一起的六條「邊」之後，如將六條「邊」往六個方向（各方向間隔為 60 度）拉開，則成為中空的六角形柱，每隔 2 公尺以一對（長軸 70 公分、短軸 47.5 公分）半橢圓塑鋼護圈（如圖丁—1、圖丁—2）各穿過已壓成六條「邊」之高張力帆布上固定的六個洞之湧升管，且全部塑鋼護圈以匣的方式將兩條 5 公分直徑的護索（尼龍索）夾住（如圖丁—2），並在護索上加耐高水壓（20 大氣壓）之硬泡綿浮力柱（如圖丁—3、圖丁—4），使全部 110 公尺長的湧升管在海水中具有稍微浮力。再以塑鋼護圈（斷面為 L 型）與中央管以螺絲固定之（如圖戊）。

(三) 錨碇系統：由圖戊顯示，二條尼龍繩護索之一端繫在主體結構架下方的鐵管上，二條護索共長 130 公尺，（視水深可以改變）每 2 公尺以匝的方式與塑鋼護圈連接，（如圖丁—2）直到不銹鋼旋轉盤，以錨鏈與活頸鉤連接，再以錨鏈與水泥錘塊連接（如圖戊所示）。活頸鉤之拉索由主體結構架上順延着每個塑鋼護圈上之洞環到活頸鉤，（如圖丁—1）而形成整組之錨碇系統。

組合而成的人工湧升器的重量、牽引力、浮力及各種材料的假設計算如下：

(一) 重量計算（空氣中重）：1. 主體 2. 湧升管

1. 主體：(1)主體結構架(2)縮放流管對(3)中央管(4)零件等重量共 2,556.23kg.

(1)主體結構架總重量：664.45kg.

[假設] 粗 B 型不銹鋼管，直徑 $D=5\text{cm}$ 厚度 $t=0.3\text{cm}$

內徑 $ID=4.4\text{cm}$ ，不銹鋼比重 7.8g/cm^3

$$\text{單位長重量} = \frac{\pi}{4} (5^2 \text{cm}^2 - 4.4^2 \text{cm}^2) \times 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \times 7.8 \text{g/cm}^3$$

$$\times 1/1000 \text{kg/g} = 3.45 \text{kg/m}$$

$$\text{總長度} = 6 \times 10 + 6.25 \times 4 + 1.2 \times 8 = 94.6 \text{m}$$

$$\text{總重量} = 3.45 \text{kg/m} \times 94.6 \text{m} = 326.37 \text{kg}$$

[假設] 細 B 型不銹鋼管，直徑 $D=2.5\text{cm}$ 厚度
 $t=0.15\text{cm}$ 內徑 $ID=2.2\text{cm}$

$$\text{單位長重量} : (2.5^2\text{cm}^2 - 2.2^2\text{cm}^2) \times 100^{\text{cm}} / \text{m} \times 7.8^{\text{g}} / \text{cm}^3 \\ \times 1 / 1000^{\text{kg}} / \text{g} = 0.864^{\text{kg}} / \text{m}$$

$$\text{總長度} : 6 \times 8 \times 2 + 6.25 \times 9 \times 2 + 1.2 \times 9 \times 12 + 1.2 \times 16 + (0.922 + \\ 0.781) \times 20 = 391.3\text{m}$$

$$\text{總重量} : 0.864^{\text{kg}} / \text{m} \times 391.3\text{m} = 338.08\text{kg}$$

(2) 縮放流管對總重量 : 1735kg

[假設] 塑鋼比重 = $3.0^{\text{g}} / \text{cm}^3$ 縮放流管對厚度 $t=0.3\text{cm}$

$$\text{一支縮放流管對重量} : (900\pi + 300\pi + 2400\pi + 630\pi + 1600\pi + 306\pi \\) \times 0.3 \times 3 \times 1 / 1000 = 17.35\text{kg}$$

$$\text{一百支縮放流管對總重量} : 17.35\text{kg} \times 100 = 1735\text{kg}$$

$$(3) \text{中央管} : \pi \times 59 \times 700 \times 0.3 \times 3 \times 1 / 1000 = 116.78\text{kg}$$

(4) 縮放流管對、中央管等固定的塑鋼板匣零件以 40 Kg 估計之。

2. 湧升管 : (1) 湧升流管 (2) 塑鋼護圈 (3) 兩條護索等總重量
452 Kg。以浮力柱調整，使全部湧升管於水中成無重量
狀況，並有些微浮力。

- (1) 以高張力塑膠帆布製成的湧升流管比重為 1.2 重量 80. Kg。
- (2) 塑鋼護圈及其他零件假設重量 60. Kg。
- (3) 兩條護索直徑 $D=5\text{cm}$ ，單位長度重量：1.2kg/m，總重量 $1.2 \times 130 \times 2 = 312\text{kg}$ 。

整組人工湧升器總重量（不計浮球、拉索、錨鍊、不銹鋼旋轉盤、混凝土塊）。

(1) 空氣中重量： $664.45 + 1,735 + 116.78 + 40 + 80 + 60 + 312$
 $= 3,008.2 \text{ Kg}$

考慮加上油漆重量 61.8kg 則 $3,008.2 + 61.8 = 3,070\text{kg}$

(2) 水中重量： $664.45 \times \frac{6.8}{7.8} + 1,735 \times \frac{2}{3} + 116.78 \times \frac{2}{3} + 40 \times \frac{2}{3} = 1,840\text{kg}$
 （湧升管水中重不計）

(二) 牽引力計算：1. 主體 2. 湧升管 3. 浮球

1. 主體：其總牽引力為 1,676.28kg

(1) 主體結構架：假設其牽引力為 100kg。

(2) 縮放流管對：其牽引力為 $F_{DH} = \frac{1}{2} \rho C_D S_H V^2 = 1,366\text{kg}$ 。

〔假設〕其 $C_D = 1.5$ 流速 $V = 1\text{m}/\text{sec}$ ， $\rho = 1,033$

一支縮放流管對之牽引力為

$$F_{DH} = \frac{1}{2} \times 1,033 \times 1.5 \times [\pi \times (0.1^2 \text{m}^2 - 0.05^2 \text{m}^2) \times 2 + \pi \times (0.225^2 \text{m} - 0.175^2 \text{m}) \times 2] \times 1 \text{ m}^2/\text{sec}^2 = 13.66\text{kg}$$

一百支縮放流管對之牽引力為 $13.66\text{kg} \times 100 = 1.366\text{kg}$

(3)中央管：其牽引力為 210.28kg

[假設] 其 $C_D = 1.2$ 橢圓短軸長度為 47.5cm

單位長度一公尺的牽引力 $F_{DH} = \frac{1}{2} \rho C_D S_H V^2$

$$F_{DH} = \frac{1}{2} \times 1,033 \times 1.2 \times 0.475 \times 1 \times 1 \times \frac{1}{9.8} = 30.04\text{kg}$$

中央管總長度的牽引力為 $30.04\text{kg/m} \times 7\text{m} = 210.28\text{kg}$

2.湧升管：其總牽引力為 $2,233.59\text{kg}$

(1)湧升流管：[假設] 其 $C_D = 1.5$ 海流流速為 1m/sec ，

隨水深而衰減至海底為零，所以取總水深一半之海流皆均勻

1m/sec 則六角形短軸（短軸長度 $= 47.5\text{cm}$ ）垂直投影總長

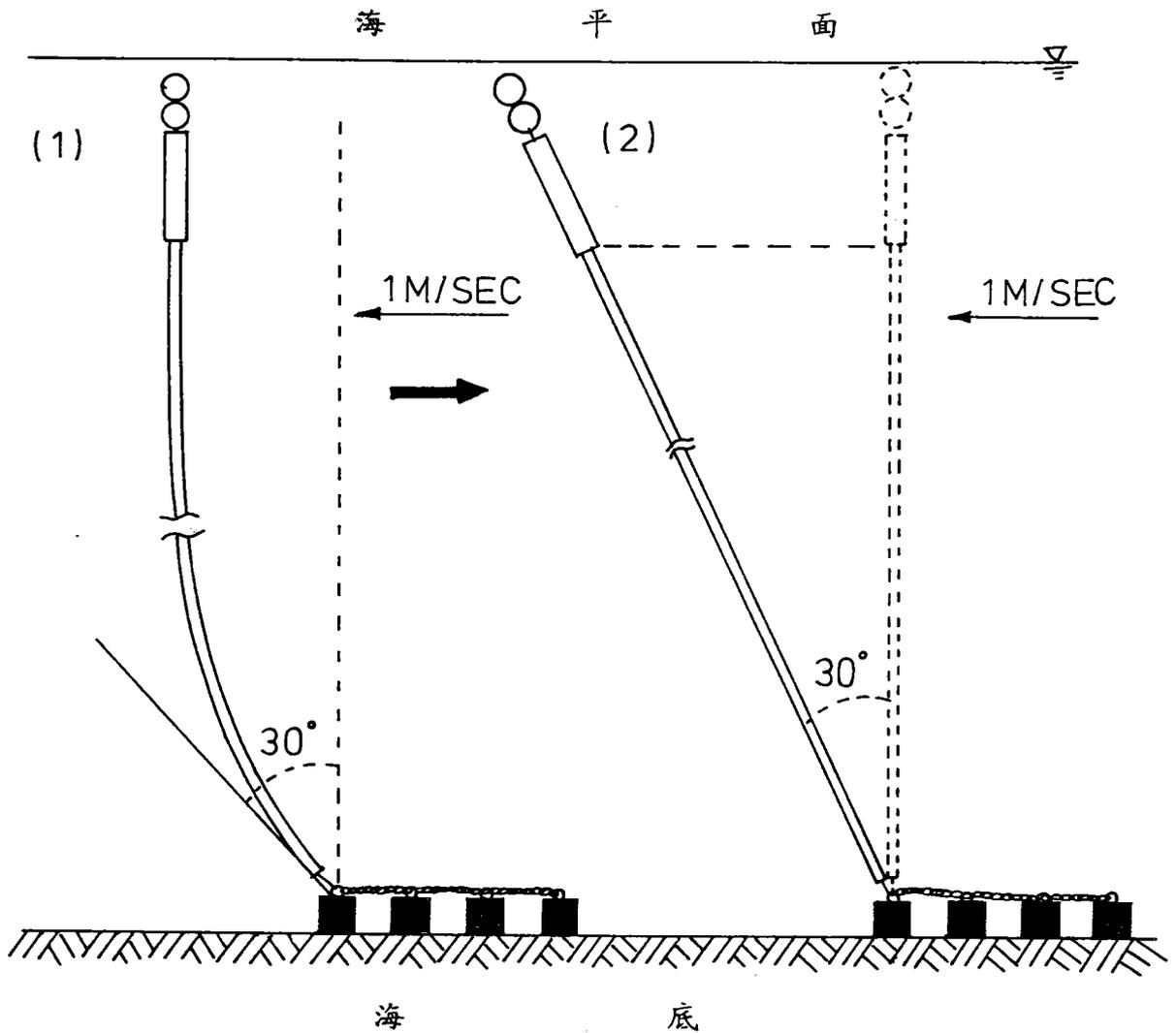
度（如圖傾斜 30 度） $110\text{m} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{2} = 47.63\text{m}$ 。

單位長度一公尺的牽引力為

$$F_{DH} = \frac{1}{2} \times 1,033 \times 1.5 \times 0.475 \text{m} \times 1 \text{m} \times (1\text{m/sec})^2 \times \frac{1}{9.8} = 37.55\text{kg/m}$$

總長度的牽引力為

$$37.55\text{kg/m} \times 47.63\text{m} = 1,788.59\text{kg}$$



(2) 護索：〔假設〕其 $C_D=1.5$ ， $D=0.05m$ ，總長投影垂直的一半

$$130m \times 2 \text{ (條)} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{2} = 112.58m$$

單位長度一公尺的牽引力為

總長度的牽引力為

$$F_{DH} = \frac{1}{2} \times 1,033 \times 1.5 \times 0.05m \times 1m \times (1m/sec)^2 \times \frac{1}{9.8} = 3.95kg$$

3. 浮球：〔假設〕不銹鋼浮球，直徑 $D=100\text{cm}$ ，厚度 $t=0.4\text{m}$

$$C_D=1.0$$

一個浮球的牽引力為

$$F_{DH} = \frac{1}{2} \times 1,033 \times 1 \times \frac{1}{4} \pi \times (1\text{m})^2 \times (1\text{m/sec})^2 \times \frac{1}{9.8} = 41.39\text{kg}$$

(1) 25.個浮球的牽引力為

$$41.39 \times 25 = 1,035\text{kg}$$

所以一組的人工湧升器的總牽引力為 = 主體牽引力 + 湧升管牽引力 + 25.個浮球牽引力

$$= 4,944.87\text{kg}$$

(2) 35.個浮球的牽引力為 $41.39 \times 35 = 1,448.65\text{kg}$

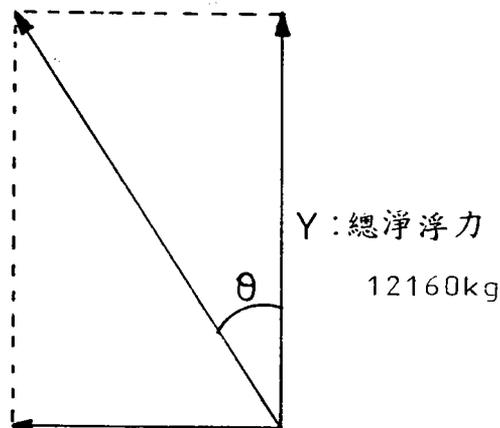
所以一組的人工湧升器的總牽引力

$$= 5,358.52\text{kg}$$

(三) 浮力計算：

1. 〔假設〕傾斜 30° 一個浮球淨浮力為 400Kg ，35.個浮球淨浮力為

人工湧升器的總牽引力為 $5,358.52\text{kg}$



X: 水平方向總牽引力

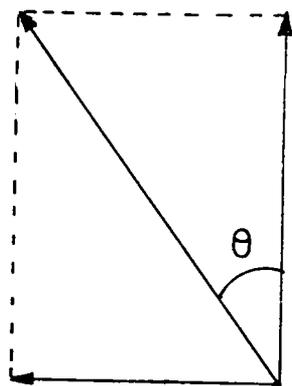
$$5,358.52\text{kg}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{Y} = \tan^{-1} \frac{5358.52}{12,160} = \tan^{-1} 0.44066 = 23.78^{\circ}$$

2. [假設] 傾斜 30 度，25 個浮球淨浮力為 $25 \times 400 = 10,000 \text{kg}$

人工湧升器的總牽引力為 $4,944.87 \text{kg}$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{Y} = \tan^{-1} \frac{4944.87}{8160} = \tan^{-1} 0.604598 = 31.22^{\circ}$$



Y: 總淨浮力
8,160kg

X: 水平方向總牽引力
4,944.87kg

(四) 說明與討論

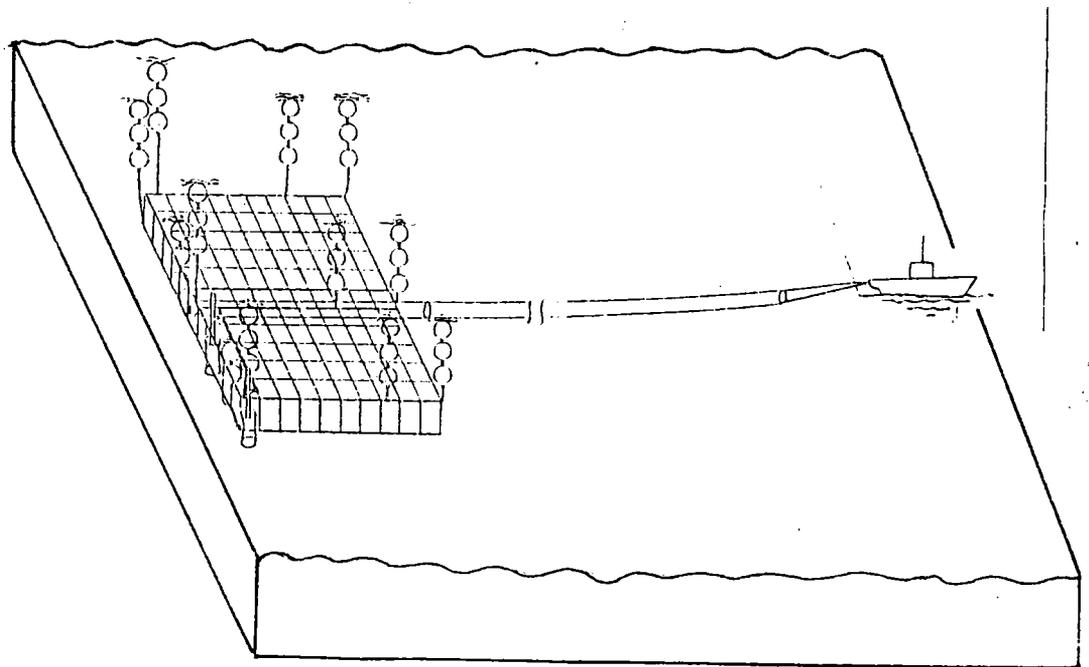
1. 護索直徑 $D=5\text{cm}$ ，能承受 $30,000\text{kg}$ 的張拉力，假設該材料之伸長或拉長之拉應變 $t=0.10\text{m/m}$ 以下，所以高張力塑膠帆布之拉應變需在 0.15m/m 以上。
2. 海流假設隨水深而衰減至海底為零，所以取至總水深之一半海流為均勻，皆為 1m/sec 故 35 個浮球整組人工湧升器之牽引力為 $5,358.52\text{kg}$ 25 個浮球整組人工湧升器之牽引力為 $4,944.87\text{kg}$ 。
3. 主結構體的牽引力因桿件細小構造較複雜因此海流流過時將產生旋渦 (Vortex)，故牽引力不易計算，暫以 100kg 估算之。
4. 若無海流時，即整組系統成鉛直時，浮球頂部在水面下 16 公尺，假設水深 150 公尺。
5. 整組系統的重心、浮心、外力作用點，皆偏在頂部主體，是屬於垂曲線 (Catenary) 型。本計算中忽略切綫方向的牽引力 (Tangential Drag force)，因 $C_T = RC_0$ $0.01 < R \leq 0.03$ 。
6. 護索、錨鍊等，承受的張力須大於 $(6042^2 + 3367.92)^{\frac{1}{2}}$
 $= 6913.31\text{Kg}$ ，取安全係數 5.0 ，則 6913.31×5
 $= 34586.55\text{Kg} = 34.59$ 噸重。以直徑 5 公分的護索 (尼龍繩)，單條破壞負載為 37.5 噸重，故兩條護索 $37.5 \times 2 > 34.59$ 噸重，足夠安全。

7. 以 25 個浮球組合而成的人工湧升器，若最大海流 1 m/sec 時其淨浮力為 8160 Kg，所以在水中混凝土塊總重量須 10 噸以上，為安裝方便則以空氣中重 1000 Kg，混凝土塊 20 個以上連接即可。

四、安裝與收回方法

(一) 安裝方法：海上的安裝工作須要有相當詳細的考慮及設計，再加上安裝時天氣的配合才能順利完成，安裝方法如下：

1. 選擇水深 2 公尺以上的漁港或商港。
2. 於碼頭附近將柔性湧升管與縮放流管主體連接完成後放置港池。
- 3.



如上圖，整組器材以平躺方式，由小船（20 噸左右）二艘，拖往放置地點後將龍頭上額外之浮球解開收回。

4. 抵達放置地點後將錨鍊、水泥、沈塊與活頭鉤連接後下水如圖甲。

(二) 收回方法：

1. 將連接活頸鉤之拉索，由小船拖開，使湧升器浮出水面。
2. 龍頭由潛水人員以浮力袋，將它放平浮於海面後加浮球，龍頭與龍身分離，分別用小船拖回港內。
3. 吊上碼頭保養。

五、討論與建議

以上的設計，在材料的選擇並未考慮經濟因素及國內是否有該材料；因此，據估計如要進行此先導人工湧流之現場試驗，所需經費不貲。如果假定自然湧升流的上升流速為 $5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ （一般自然湧升流的上升流速估計在 $10^{-3} - 10^{-5} \text{ cm/s}$ 之間），則一具人工湧升器管轄的海域面積為 100 公尺見方。此外，人工湧升器在海中放置一段時間後，很可能附着海洋生物，而這些附着物對抽水的效果極可能有不利的影響，據知，處理生物附着物的方法費用昂貴，根據上述理由，本計劃暫時停止繼續進行，俟將來在海洋工程材料及生物附着處理技術方面有突破性發展後可再考慮繼續研究。然而目前的研究成果可做其他方面的應用研究，例如：1. 縮放流管對矩陣可考慮用作又可擋風又吸收風能的裝置。2. 柔性湧升管稍作改變，可考慮用作海洋溫差發電的冷水管等。

六、誌謝

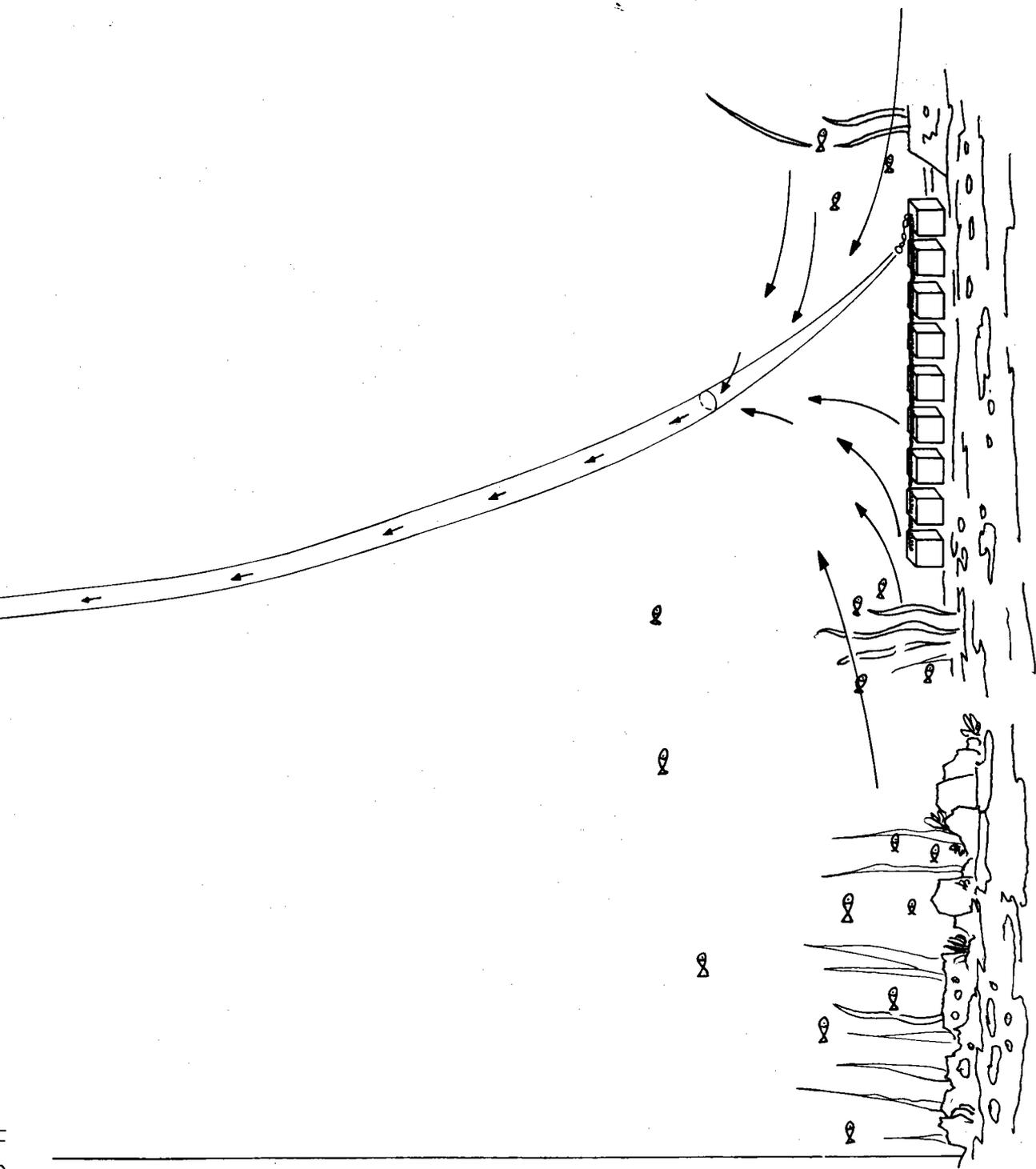
本計畫承國科會補助，特此誌謝。本所簡仲璟先生、林柏青先生的熱心釋疑及討論，楊怡芸小姐原稿的抄寫及整理，魏瓊蓉小姐、馬維倫小姐的打字，在此一併誌謝。

七、參考文獻

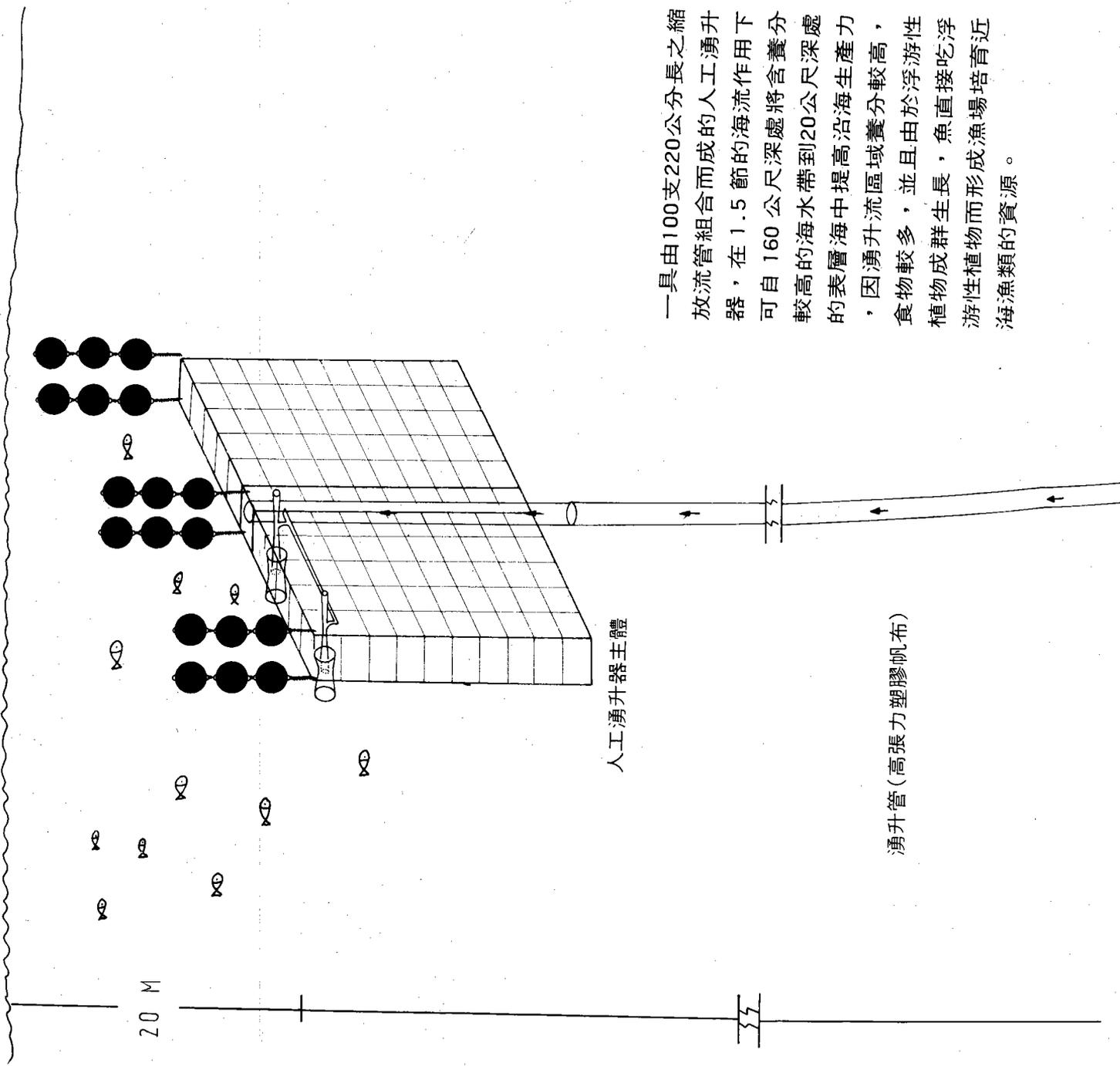
1. 梁乃匡 (1977) 人工湧升流試驗初步研究 • 第一次海洋工程研討會論文專集，PP.149-163.
2. LIANG N. K. et al. (1979) An artificial Upwelling Experiment-laboratory and field investigation Acta Oceanographica Taiwanica 10:67-80 .
3. LIANG N.K. et al.(1978) Artificial Upwelling induced by Ocean current - theory and experiment. Ocean Engag. 5: 83-94, Pergamon Press, Great Britain.
4. 梁乃匡 (1983) 「縮放流管對」人工湧升器湧升流量之估計，國立台灣大學理學院海洋研究所研究報告第十四期。
5. H.O. BERTEAUX, "BUOY ENGINEERING" 1976.
6. MICHAEL E. MCCORMICK, "OCEAN ENGINEERING WAVE MECHANICS", 1973.

八、圖目錄

1.	圖 甲		人 工 湧 升 器 示 意 圖
2.	圖 甲	- 1	人 工 湧 升 器 主 體 透 視 圖
3.	圖 甲	- 2	人 工 湧 升 器 主 體 前 視 圖、人 工 湧 升 器 主 體 上 視 圖
4.	圖 乙		縮 放 流 管 對 剖 視 圖
5.	圖 乙	- 1	縮 放 流 管 對 內 外 接 合 正 視 圖
6.	圖 乙	- 2	縮 放 流 管 對 與 主 體 結 構 架 接 合 正 視 圖
7.	圖 乙	- 3	縮 放 流 管 對 內 外 接 合 透 視 圖
8.	圖 乙	- 4	縮 放 流 管 對 與 主 體 結 構 架 接 合 圖 剖 視 圖
9.	圖 乙	- 5	縮 放 流 管 對 與 主 體 結 構 架 接 合 圖 正 視 圖
10.	圖 丙		中 央 管
11.	圖 丙	- 1	人 工 湧 升 器 主 體 側 視 圖
12.	圖 丁		人 工 湧 升 器 主 體 上 視 圖
13.	圖 丁	- 1	塑 鋼 護 圈
14.	圖 丁	- 2	塑 鋼 護 圈 與 湧 升 管 接 合 圖
15.	圖 丁	- 3	浮 力 柱 與 護 索 接 合 側 視 圖
16.	圖 丁	- 4	浮 力 柱 與 護 索 接 合 剖 視 圖
17.	圖 戊		人 工 湧 升 器 錨 碇 系 統 示 意 圖
18.	圖 戊	- 1	活 頸 鈎



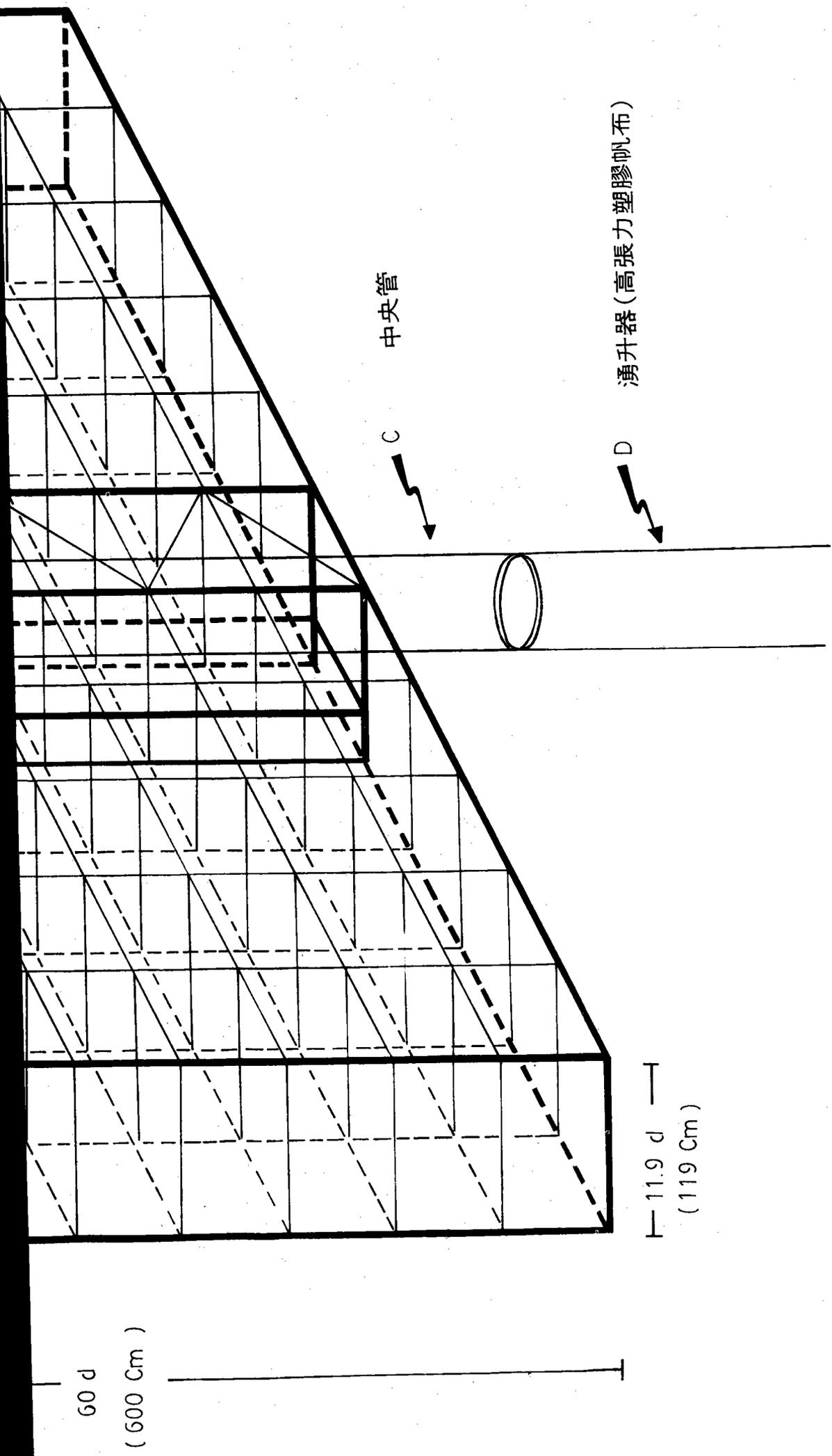
圖甲 人工湧升器示意圖



一具由100支220公分長之縮放流管組合而成的人工湧升器，在1.5節的海流作用下可自160公尺深處將含養分較高的海水帶到20公尺深處的表層海中提高沿海生產力，因湧升流區域養分較高，食物較多，並且由於浮游性植物成羣生長，魚直接吃浮游性植物而形成漁場培育近海漁類的資源。

人工湧升器主體

湧升管(高張力塑膠帆布)



圖甲—1 人工湧升器主體透視圖

$d = 10 \text{ CM}$

$S : 1/10$

主體結構架

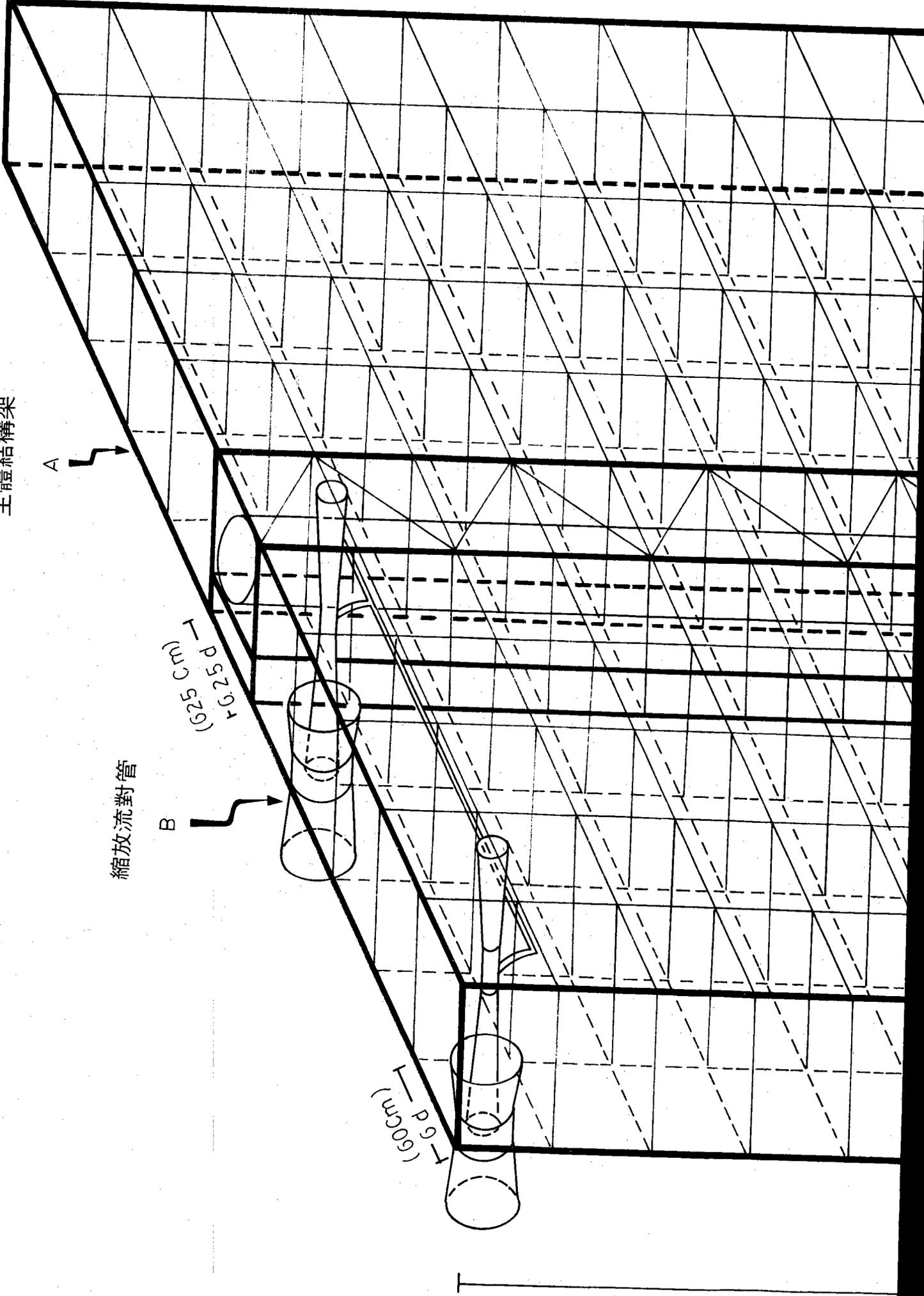
A

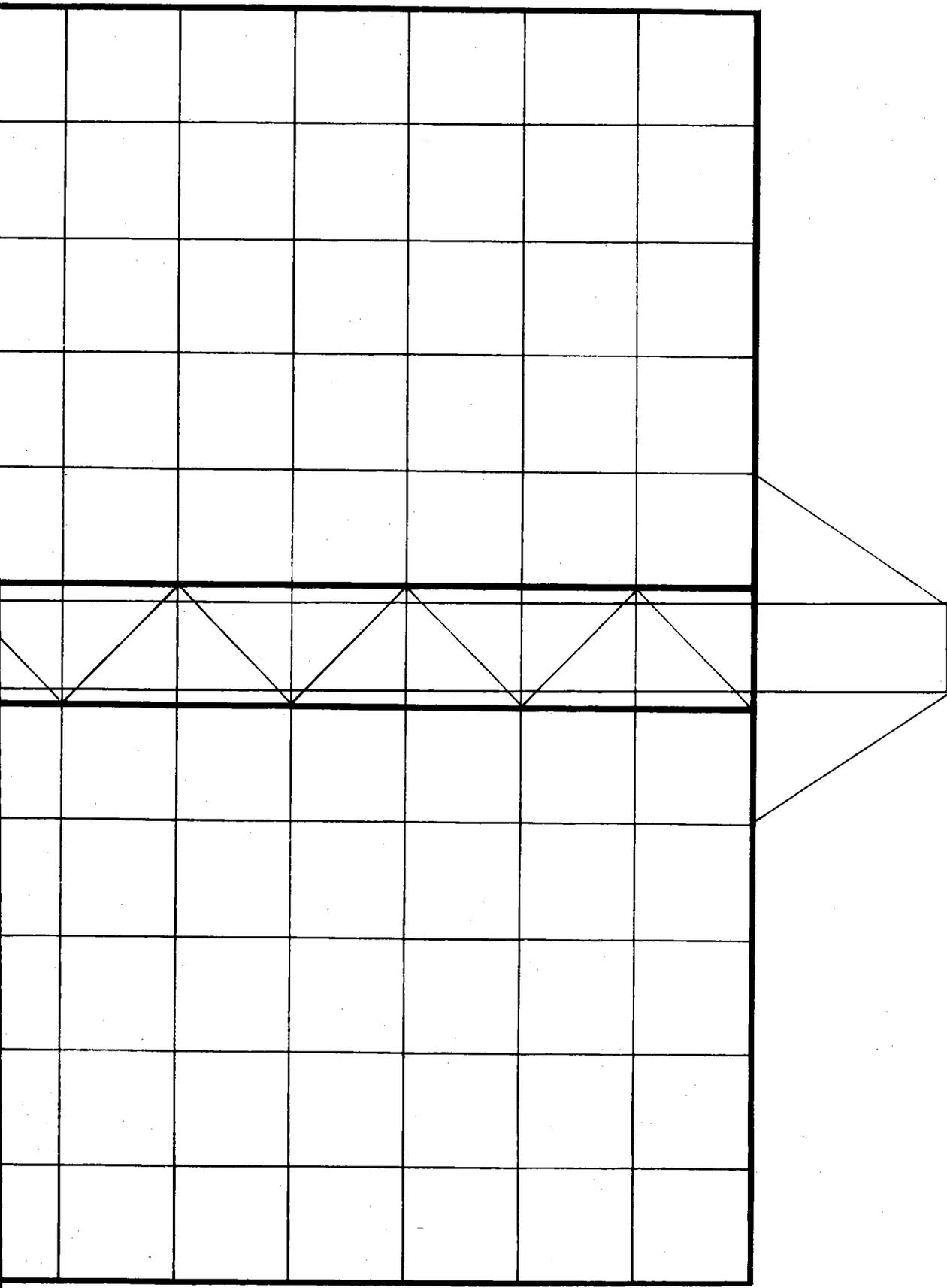
縮放流對管

B

$1 - 0.25 d$
(2.5 CM)

$1 - 6 d$
(60 CM)

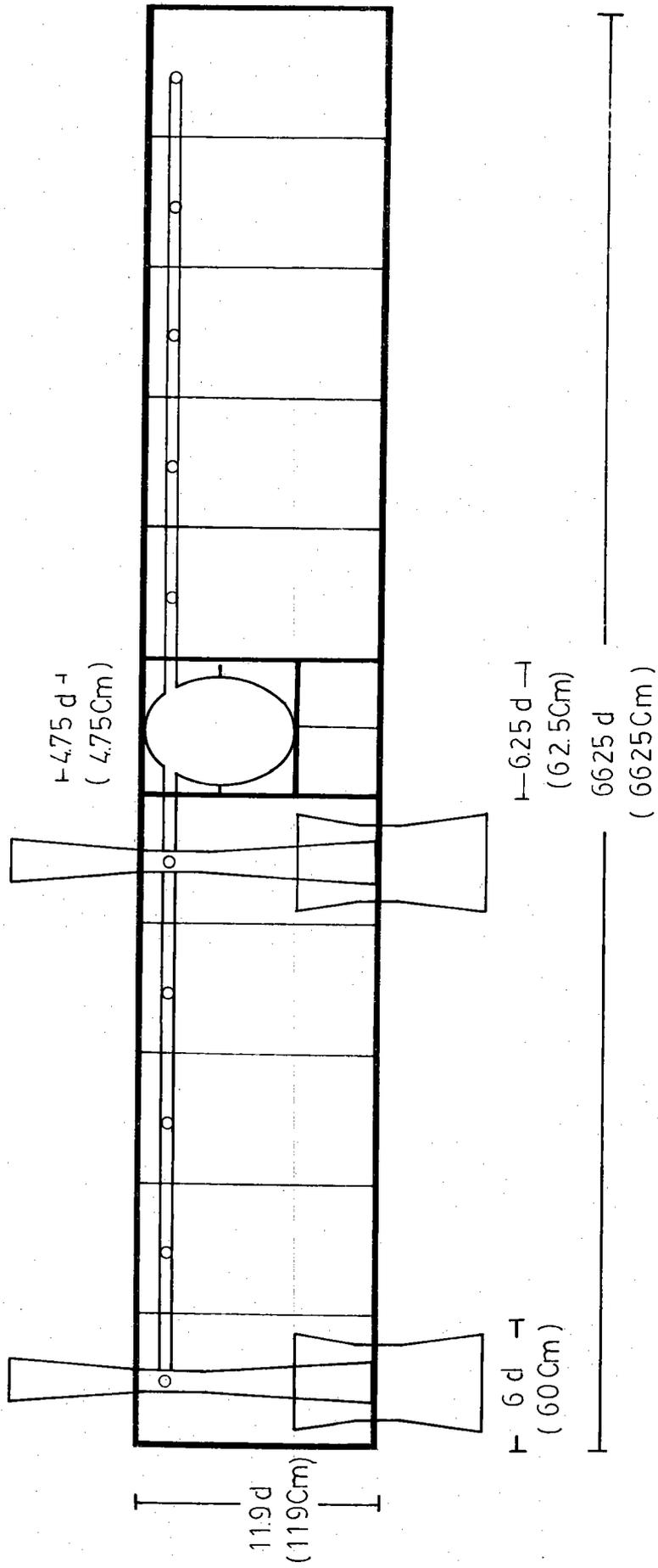




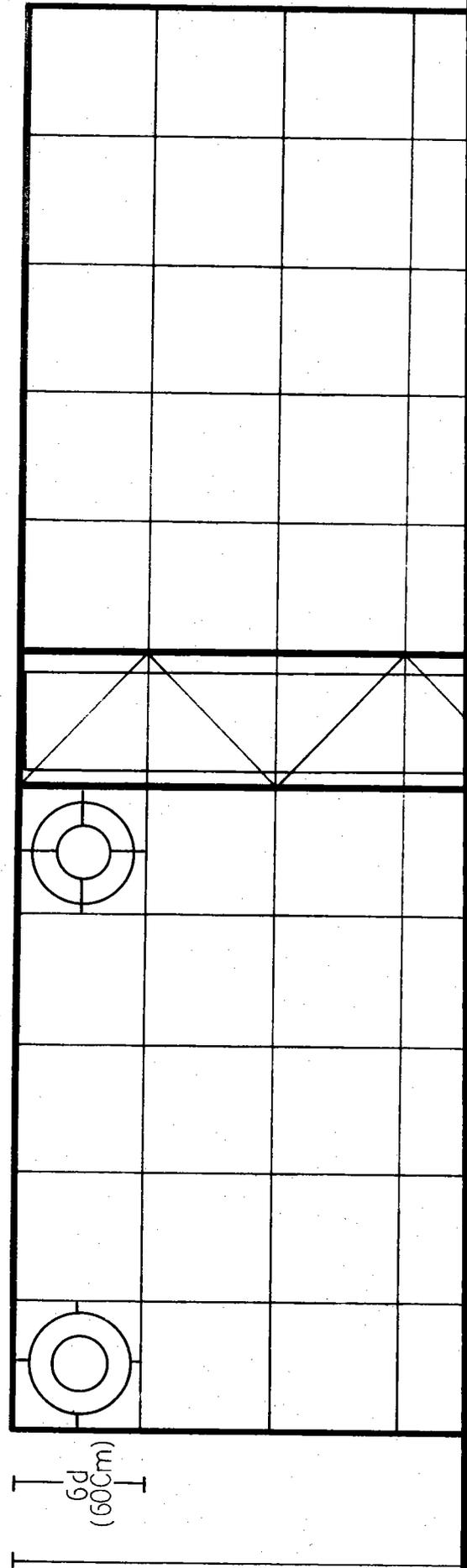
60d
(600cm)

圖甲—2 人工湧升器主體前視圖

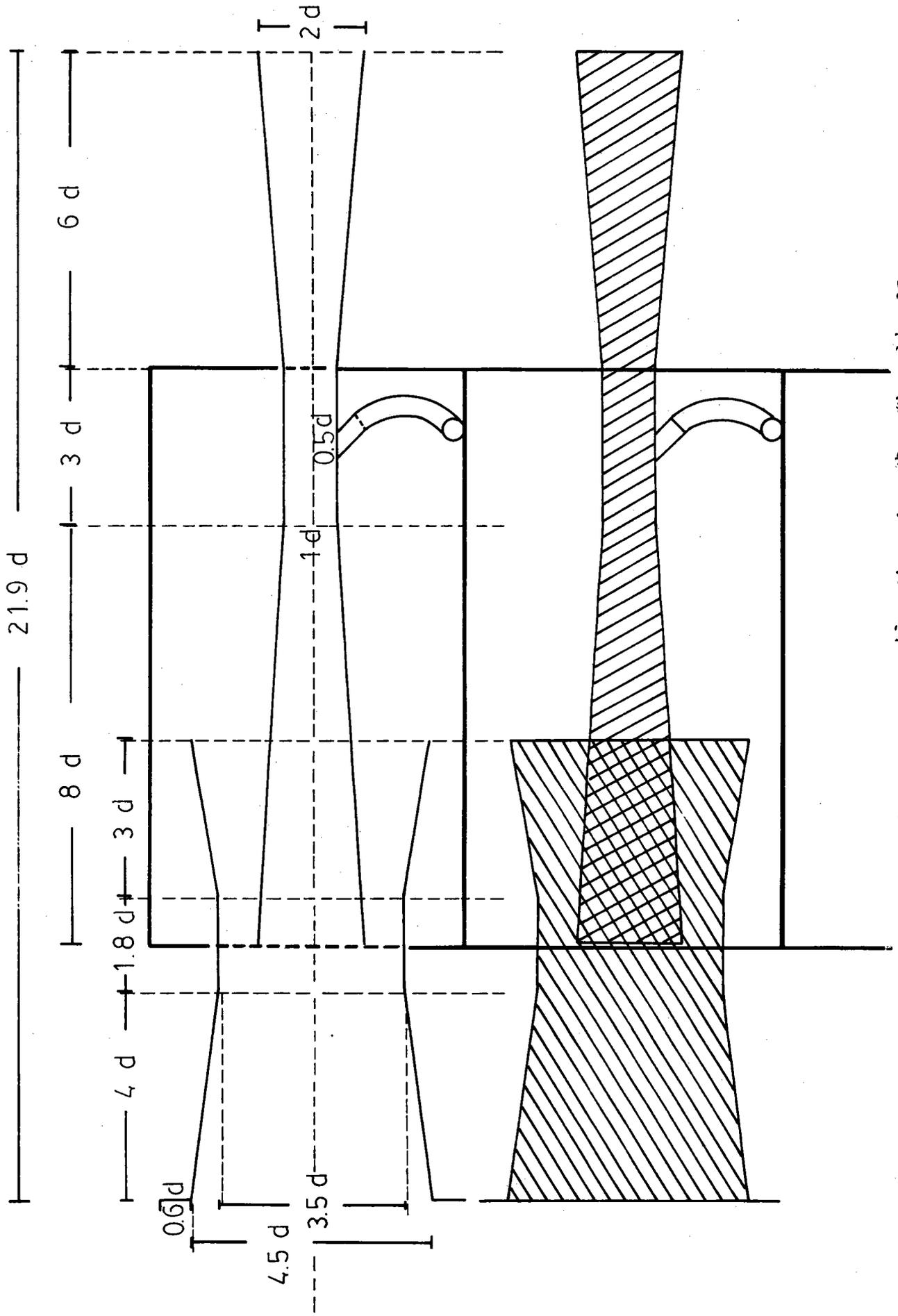
$d = 10\text{CM}$ $S : 1/10$



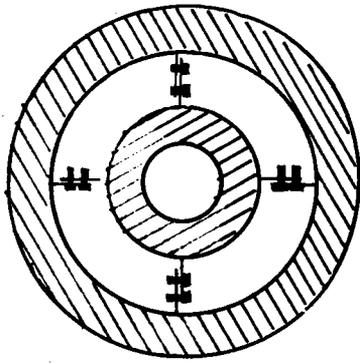
人工湧升器主體上視圖



$d = 10 \text{ CM}$

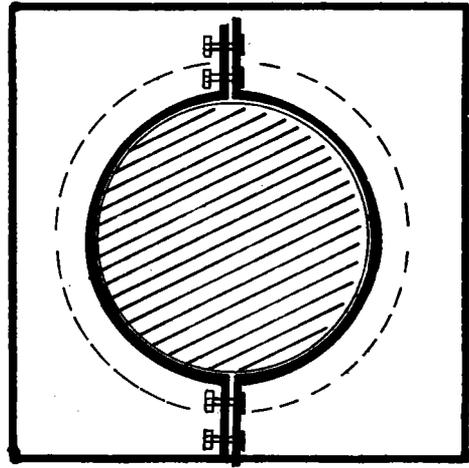


圖乙 縮放流管對剖視圖



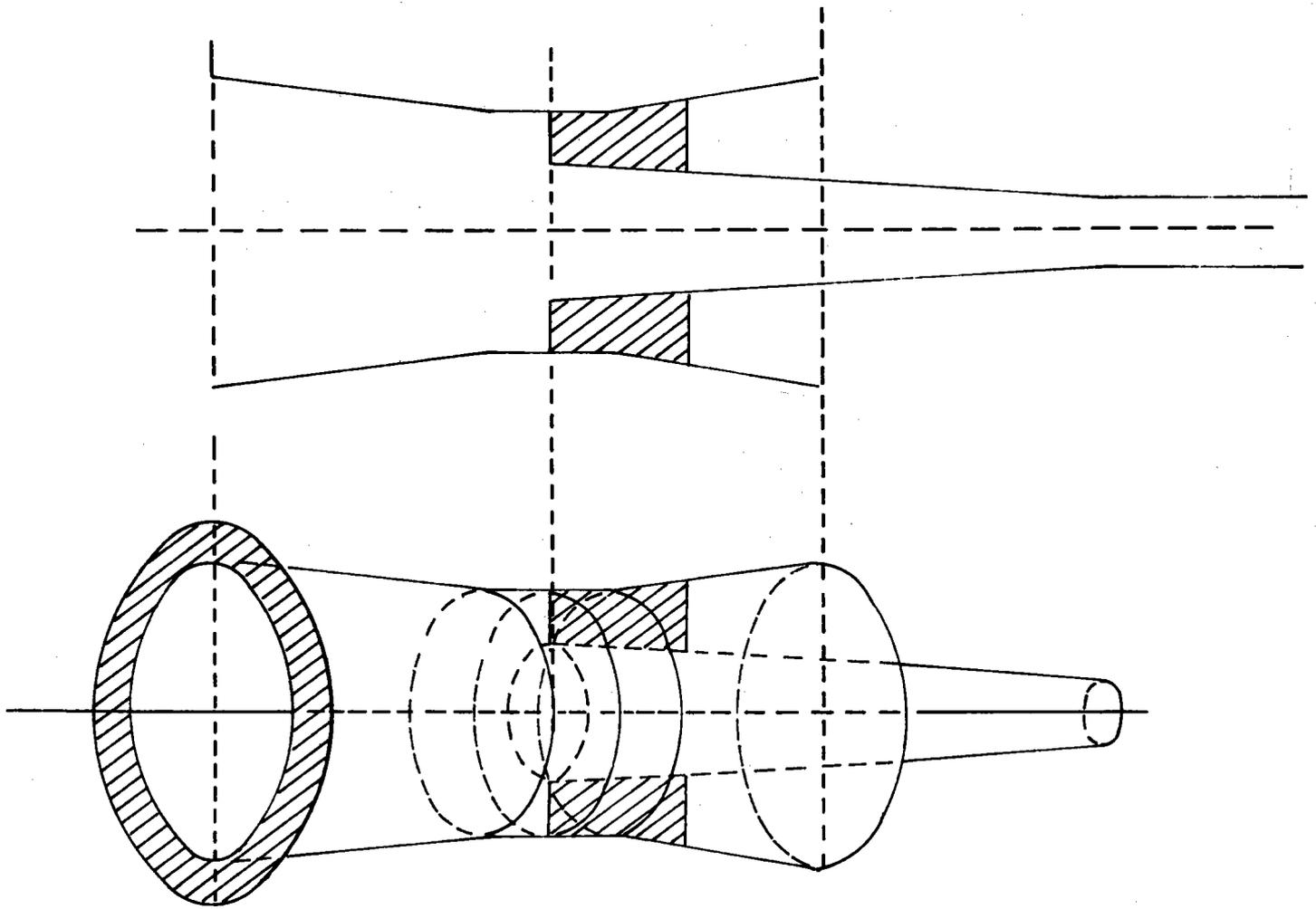
圖乙—1

縮放流管對內外接合正視圖



圖乙—2

縮放流管對與主體結構架接合正視圖

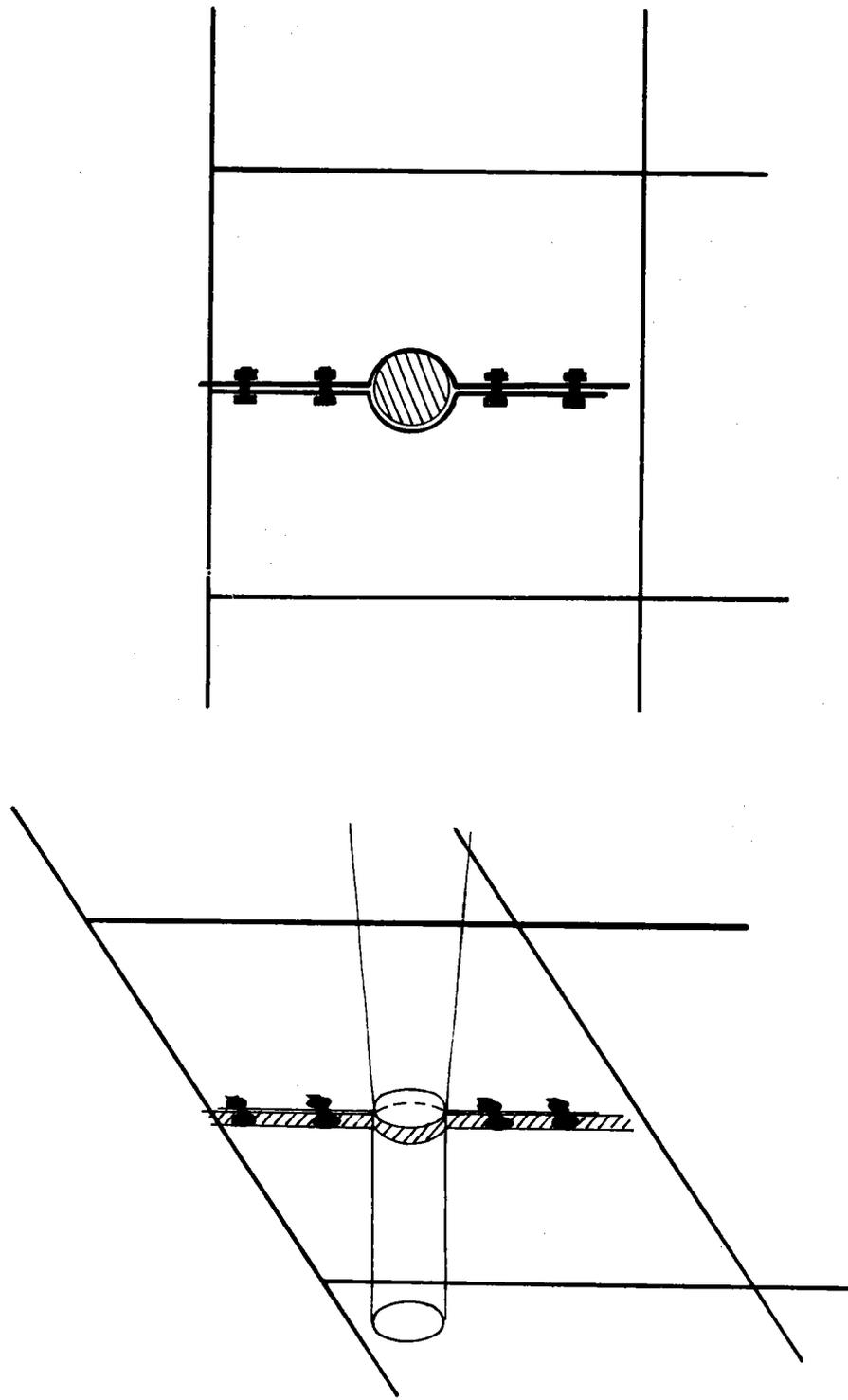


圖乙—3

縮放流管對內外接合透視圖

剖面圖

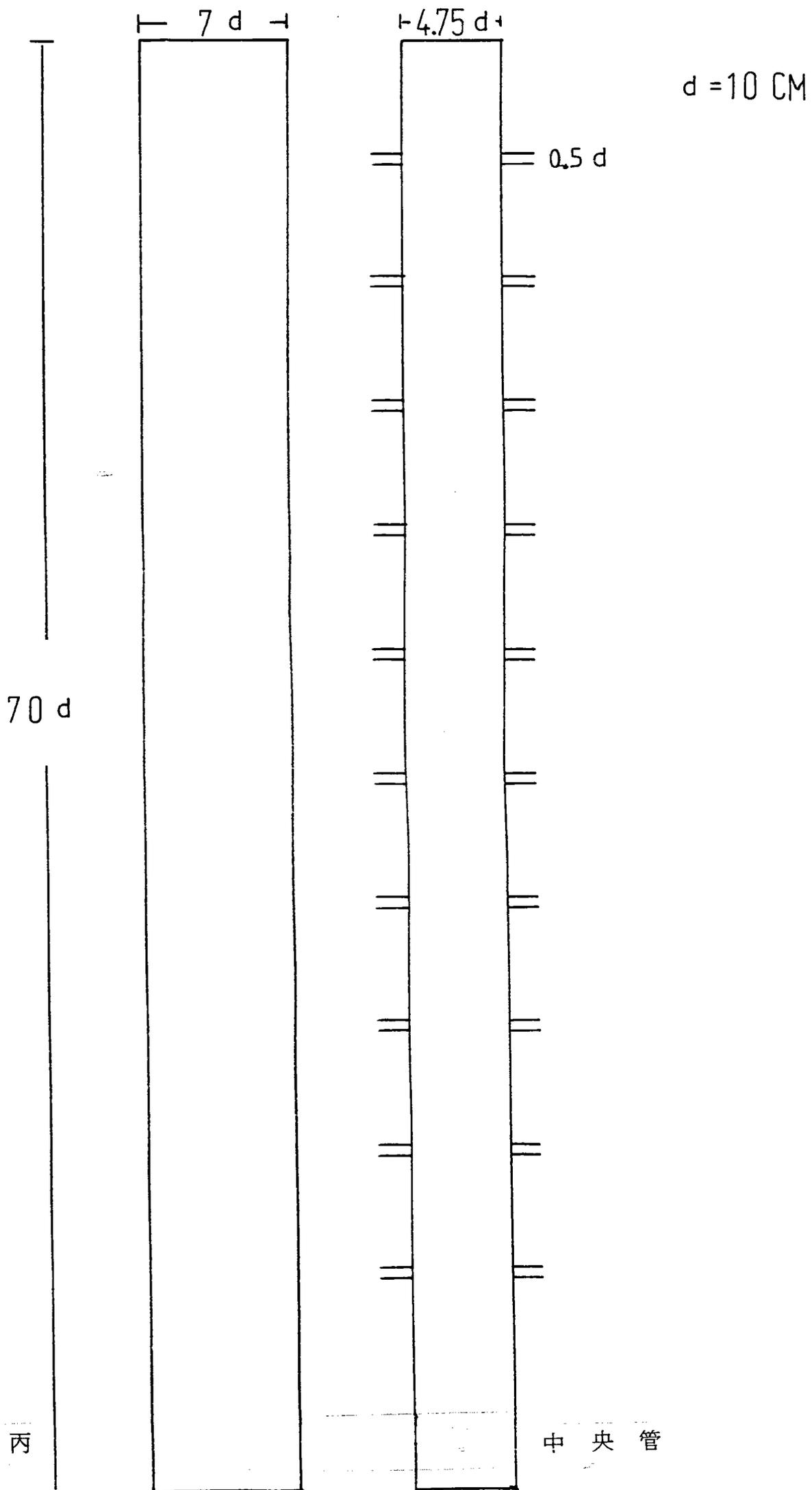
正視圖

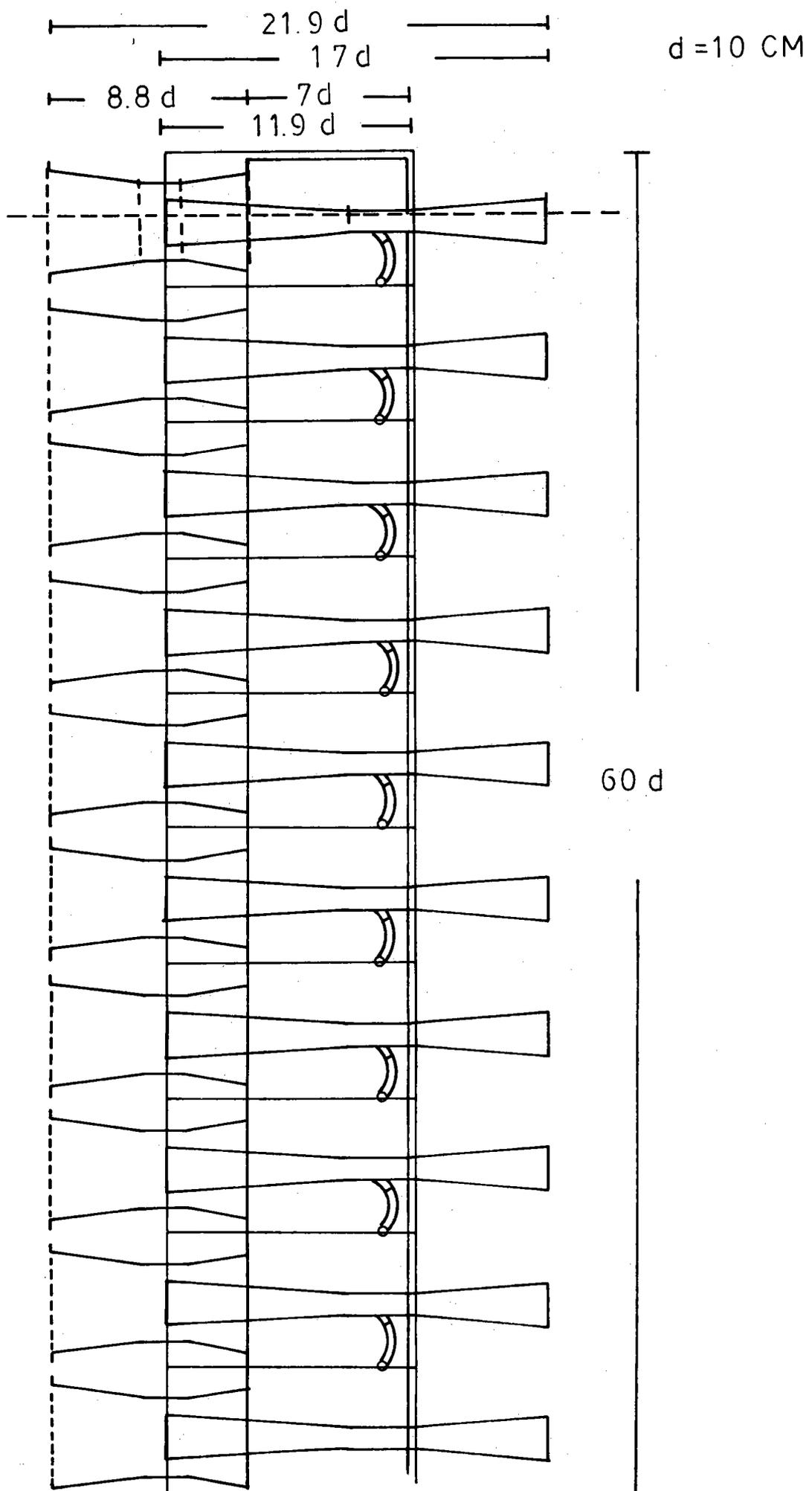


圖乙—4

圖乙—5

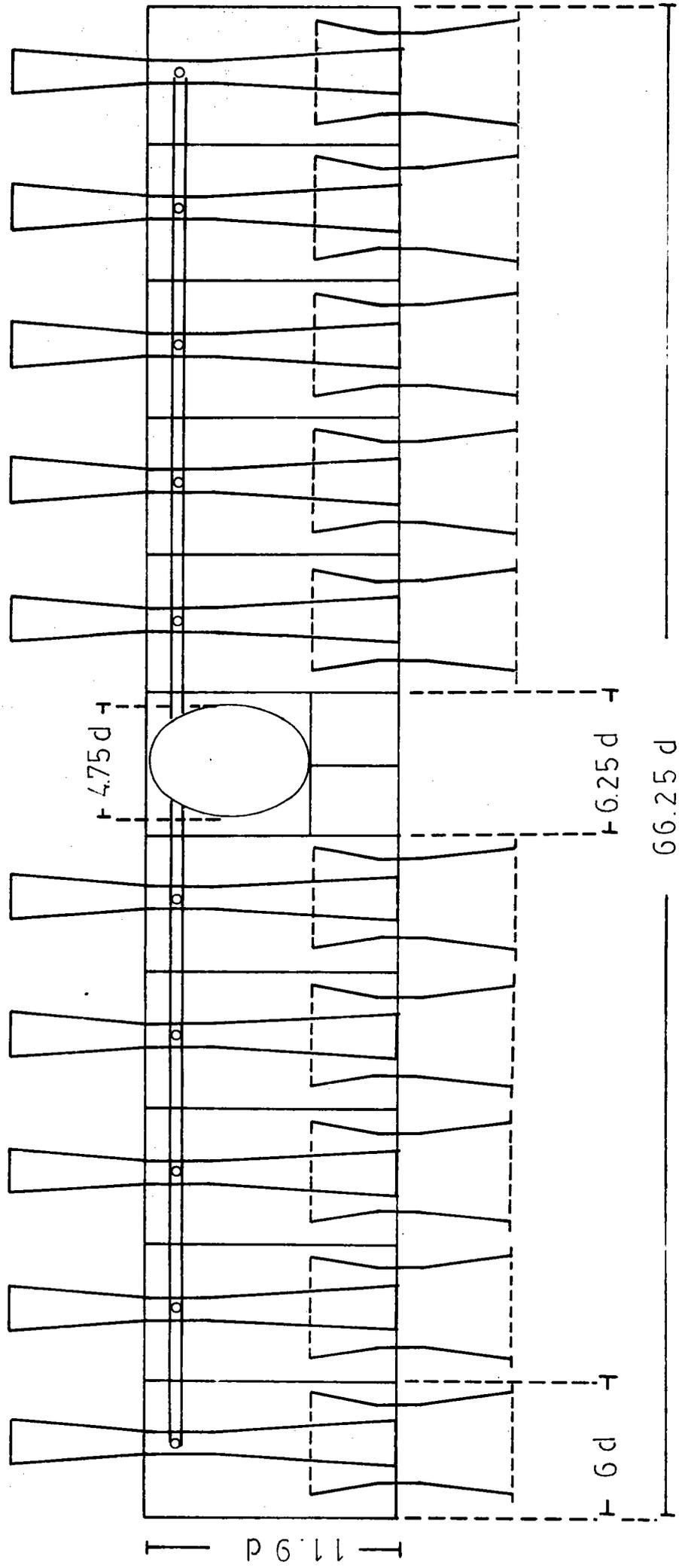
縮放流管對與主體結構架接合圖



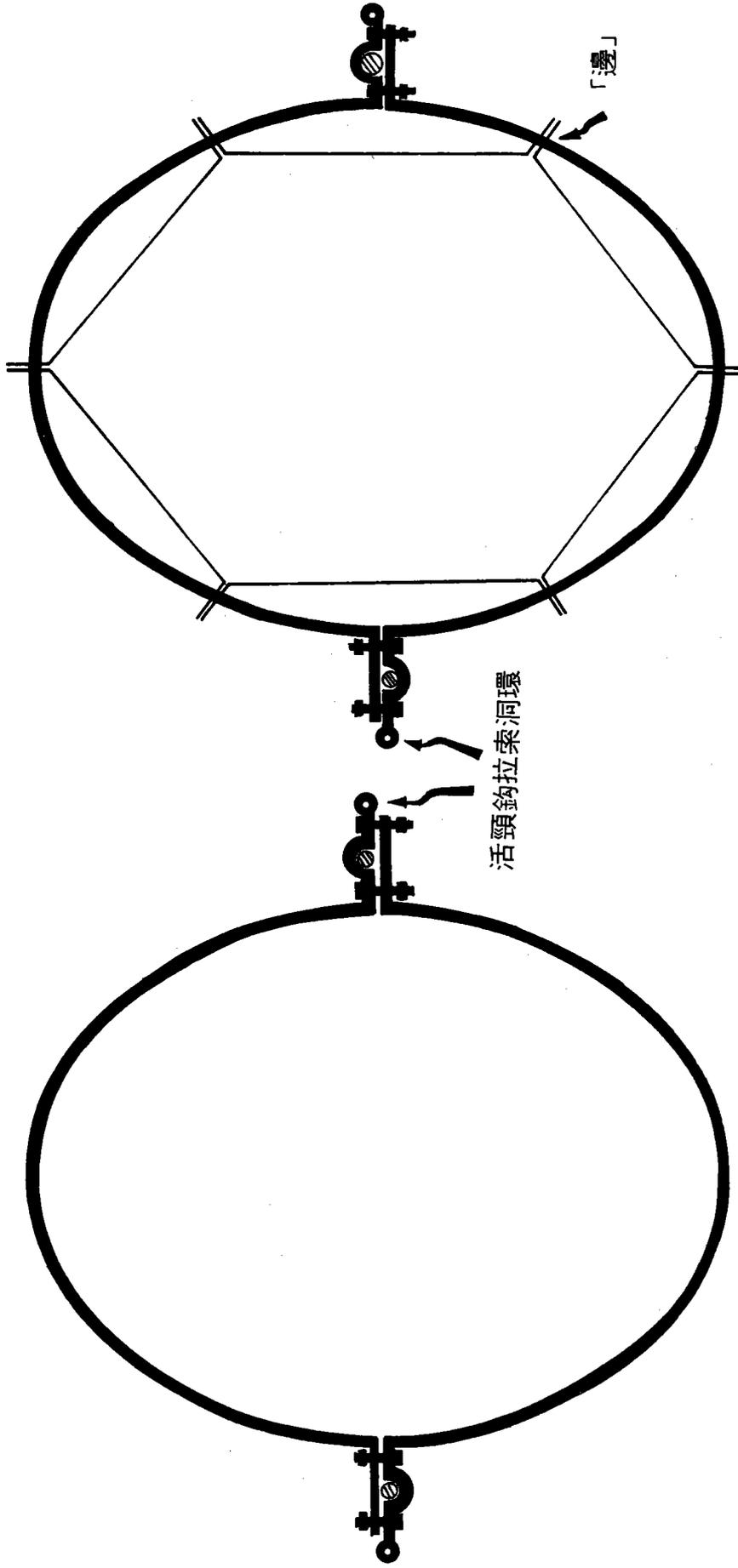


圖丙—1 人工湧升器主體側視圖

$d = 10 \text{ CM}$

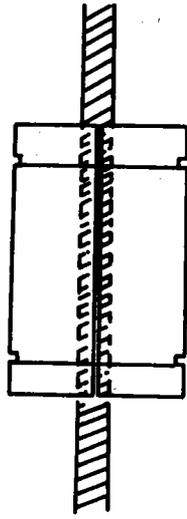


圖丁 人工湧升器主體上視圖

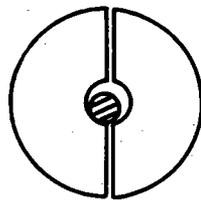


圖丁—1
塑鋼護圈

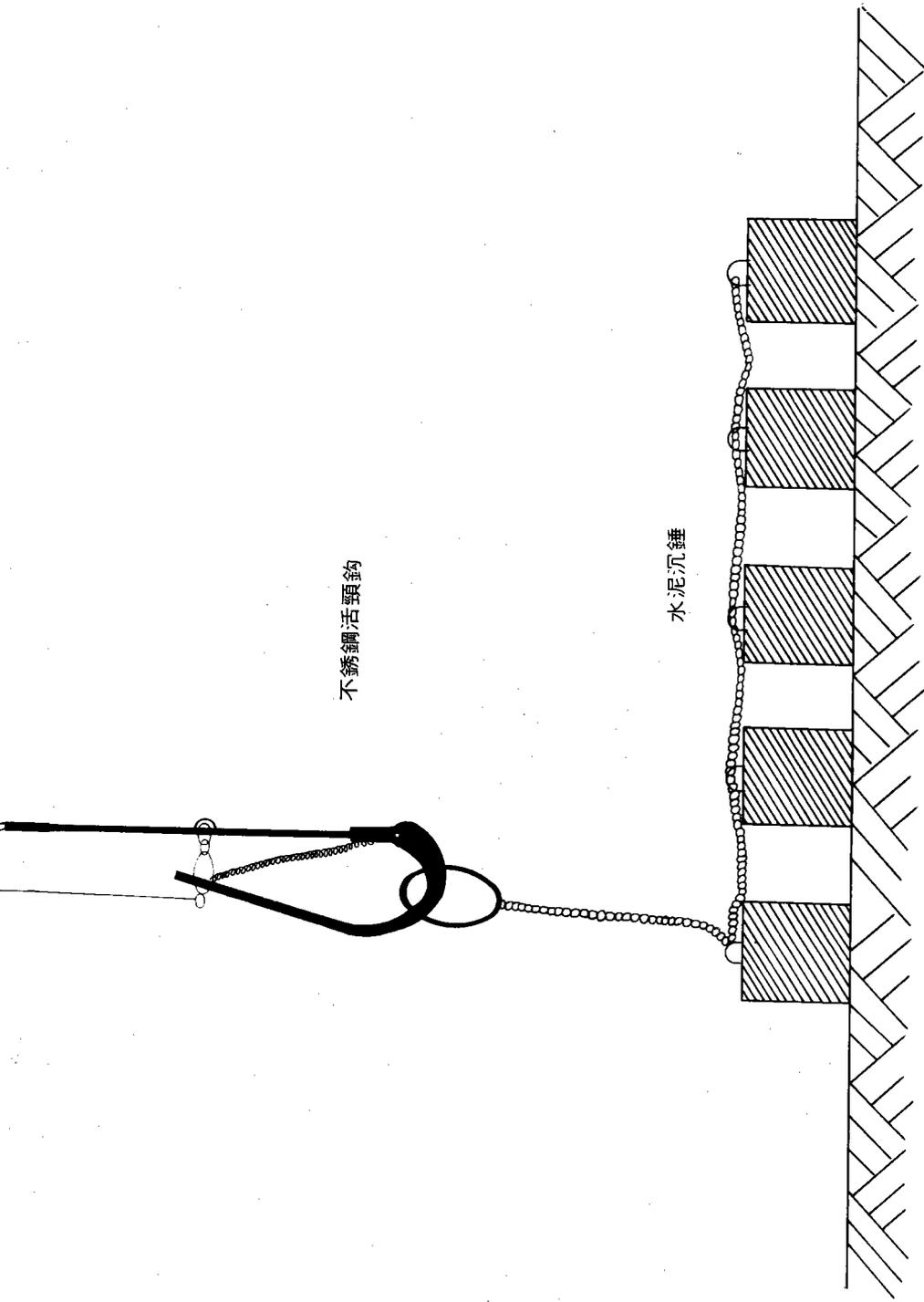
圖丁—2
塑鋼護圈與湧升管接合圖



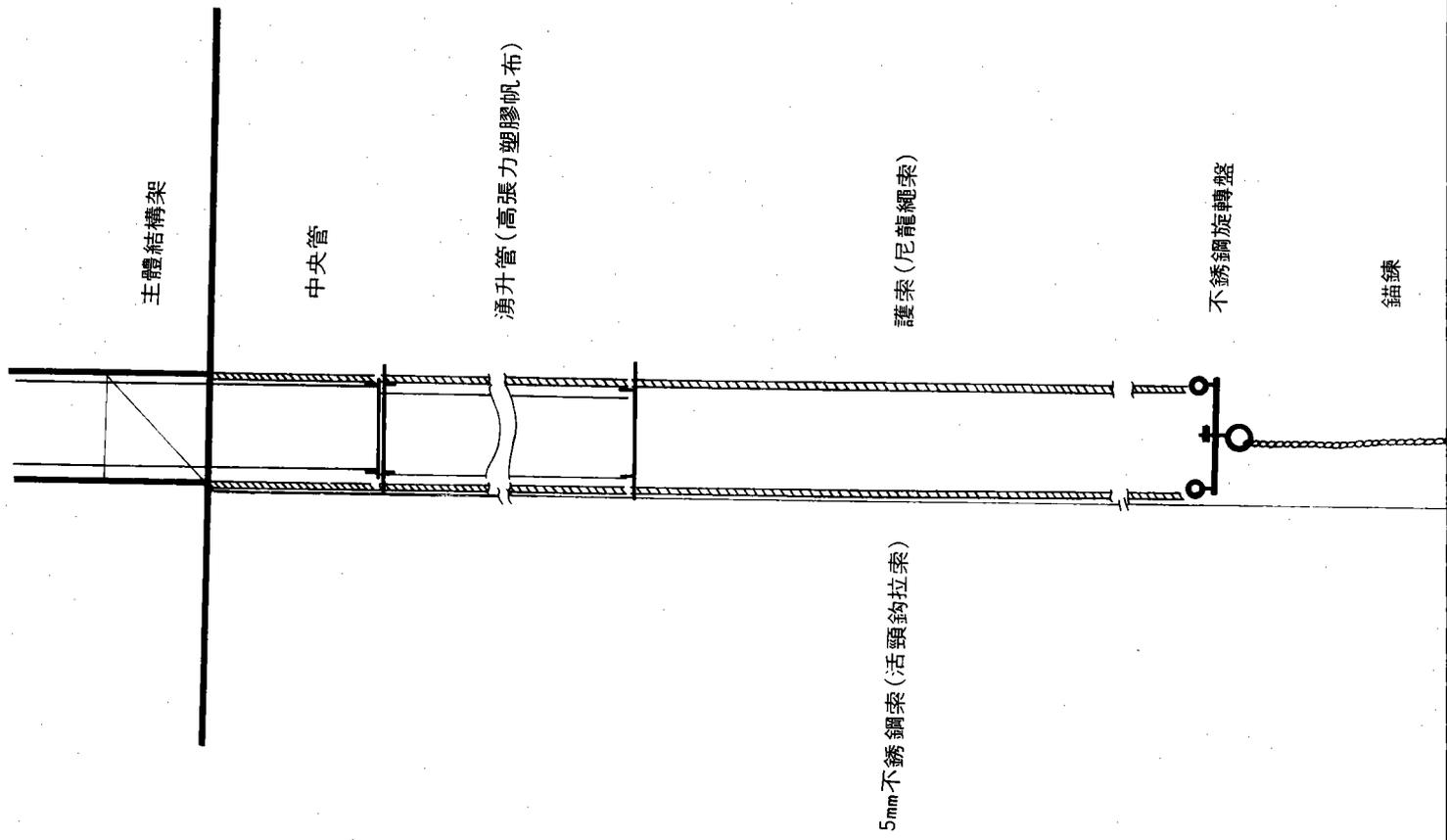
圖丁—3 浮力柱與護索接合側視圖



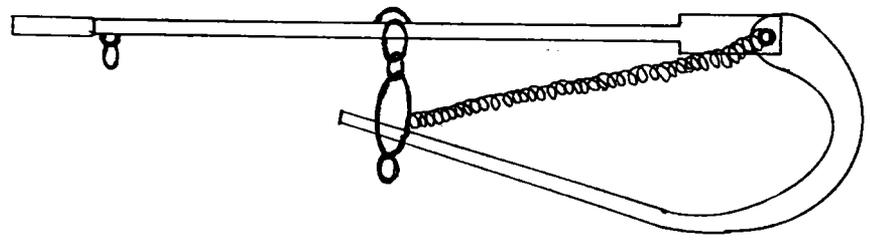
圖丁—4 浮力柱與護索接合剖面圖



圖戊 人工湧升器錨錠系統示意圖



正視圖



側視圖



活頸鈎

圖 戊 一 1