

贻贝堵塞管道的防除研究*

婁康后 刘 健

(中国科学院海洋生物研究所)

工业用的冷却管道以及其他的输水管,往往由于生物在管壁上附着生长而发生冷却效率大为降低,甚至堵塞,而不得不停工检修。这个问题不只在我国是急待解决的,在许多其他的国家里也都在不断地研究这方面的对策。有些厂虽然还没有发展到需要停工检修的严重程度,但由于生物的着生而管道的有效管径减小,摩擦力增大,因而在维持正常冷却情况下所花的费用就自然而然地增多,加以附着生物的脱落,还可能造成水阀或其他狭小孔道区堵塞的危险。在管壁附着生物内,贻贝是为害非常严重而又普遍的一种,特别是温带的紫贻贝 (*Mytilus edulis* L.^[11,21])。由于管道内某些环境条件较天然环境更适宜于贻贝的生长,例如水流速度大,供应给附着的贻贝食料多;温度高,延长了生长及繁殖季节;天然敌害较少;光线暗;氧气供应条件等^[10]较好,使管道内贻贝的生长速度远超过最好的贻贝养殖场的产量^[24]。根据文献的记载,在北大西洋沿岸的一个电厂,在同一个年度6月至11月期间,在7平方呎250呎长的洋灰进水管内,清除出来331吨紫贻贝。如按当地每年清除量来估计,至少是每英亩年产1000吨,而最好的贻贝养殖场产量也不过是每英亩年产10吨左右^[17]。其他的地方也有类似的报道。我国辽东半岛东海岸的大连碱厂也因这种贻贝的簇生阻碍海水的输送,直接影响所有冷却系统的冷却效率,严重妨碍生产任务的完成。该厂自1954年至现在,每年都需停工检修。清除的贻贝个体最大者长可达100—120毫米,高60—70毫米。在拆开的管道中,贻贝着生最厚区域可达250毫米^[1,2]。如何加以适当处理,不但是已发生问题的厂急待解决的,也是新建厂在修建设计上应当注意的问题。

一. 前人的工作

贻贝堵塞输水管道的問題既是一个相当严重而又普遍的問題,多年来在这方面也累积了不少经验,各地在各个时期,由于条件不同,采用或建议使用的方法也不一致。Dobson^[11]观察到提高水流速度至管面流速超过每秒30厘米可以降低贻贝幼虫的附着率。每周内提高流速至412厘米/秒,维持一小时之久,即可冲除已附着的小贻贝。Dobson认为本法可应用于具有相当条件的小厂,对于用水量大的厂,维持这样流速是不经济的。

工业用水的吸水管口都是有网滤装置的,因此也有人想到利用细孔金属网来阻止幼虫进入管道^[11,24]。根据我们的观察,贻贝排出卵的直径为65微米左右,刚能游泳的幼虫约为75微米。根据Chipperfield的报告^[8],幼虫在附着前,自由游泳时期为四星期,附

* 中国科学院海洋生物研究所调查研究报告第51号。

着时大小約为 400 微米—1 毫米。因此网孔大小必須小于 400 微米,最好是也小于 75 微米,使刚刚可以游泳的幼虫均无进入管道的可能。但这样小孔的金属网极易被堵塞和腐蝕。如何防止及簡便的去除堵塞物是在应用前应特别加以考虑的問題。

将管道水定期的加热以杀死貽貝是很早便使用的方法,近年还不断有这方面的报道^[7,11,14,15,17,24]。根据 Henderson 的报告^[14]紫貽貝在 40.8°C 海水中 5 分钟即可杀死。一般工厂使用的加热温度范围是 32—49°C,虽然也有成功的报道,但由于各厂工作条件不同,要求也不一致,燃料消耗的费用过高,以及基本设备的限制,使得此法不能广泛的应用,只有在有大量废热的工厂可以考虑它。

变更盐度也可使貽貝致死,因此也有人想到利用这类的方法。致死貽貝的盐度随变更速度与原生长环境而有不同^[20],因此很难归纳各种不同的試驗結果。此項方法是否能用做为防除的手段,是要看能否获得变更盐度的适当水源。盐度的变更时间必須相当长,否則对闭起壳的貽貝来說是不生效果的。

有些厂利用“窒息”做为防除的手段。有利用工厂排出的废液,也有的将管綫封闭一个时期,使停止的水内溶解氧迅速消耗^[11,12]。

加酸变更 pH 的方法也是最早提出的方法之一。据 Dobson 的記載^[11],当 pH 維持在 2—5 之間,1—3 小时便可使一般瓣鰓綱动物麻醉而壳微张,但致死則需要較长时间。这种方法曾在工厂方面試用过,并有一定效果^[11,24]。但由于它严重的腐蝕管道,而且費用較大,至今很少使用。

塗刷防污漆是在船底上广为应用防止附着生物的办法,因此也有人想到在管綫内应用它。但防污漆的有效寿命是有一定的,一般是不超过一年。如何应用于长年流水,固定按装的管道,是一个实际使用上的难题。

使用毒物方面做的工作虽然不少,而合乎实际要求的却不多。其中最經濟而广泛应用的是加氯的办法。有些厂的实用經驗証明連續不断的加氯需要維持剩余氯在 0.5 到 1.0 p.p.m.,才可以防止附着生物的生长^[11,16,24]。加氯的办法对于貽貝的毒害情况,根据 Dobson^[11]的試驗,紫貽貝在水温 70—72°F, 剩余氯維持 10 p.p.m. 时,成体貽貝在 5 天内完全脫落,7 天内完全死亡; 5 p.p.m. 时,脫落与死亡都在 8 天内; 2.5 p.p.m. 时,8 天还只有 50% 死亡或脫落。脫落的原因,根据他的解释,是因环境不适宜而貽貝自动地拉断足絲准备移动。根据 Turner 等的試驗^[22,24], 10 p.p.m. 及 2.5 p.p.m. 的剩余氯浓度,在 5 天内可以完全杀死貽貝成体; 而在 1 p.p.m. 的浓度时,需要 15 天的时间才可完全死去。每天以 10 p.p.m. 氯浓度施毒 8 小时,10 天后对貽貝成体毫无效果。其所以需要如此长的时间是因为闭壳的关系,而毒液只有在其不得不摄食或需要氧气的时候才发生作用。連續使用的有效浓度所以那样低是因为該浓度是防止幼虫附着的浓度,而不是毒死成体的浓度。以上我們根据所見到的資料,对旁人建議的方法做一个簡单的介绍。大多数的方法都有其特殊的要求条件,因而也就限制了它的应用面,其中还是以加氯的方法应用上较为广泛。

二. 解决問題的途徑

本試驗系针对下列三方面提出解决貽貝堵塞管道問題的方法:

(1) 工业用水量往往很大,葯剂浓度虽低,但时间过久,总用量仍极可观,而費用增大。

因此在施毒方式上,間歇施毒是比較經濟的。間歇時間愈長,則愈經濟。一般掌握間歇時間是使進入管道的幼蟲在未完成變態前被殺死。在幼蟲完成變態後,一方面生物體的抗毒力有變更,而施毒的濃度也需要適當地加以調整;另一方面完成變態後的小貽貝一旦發覺毒物,便會將殼閉緊。如此即使是在短時間便可致死的濃度內,却因而大大地延長了施毒的時間,使毒劑的效力不能充分發揮,提高了處理成本。如果選擇施用的毒品不能為貽貝成體所覺察,則使用藥品量可以省掉很多,而施毒間歇亦不一定限制在完成變態前,只要是附着的貽貝不十分影響水流前去除之即可。如此則更為經濟。

(2) 貽貝之所以能附着營固定點的生活是因為有足絲。每根足絲粗細雖然如一般絲綫,所能承受的力量也有限,但其伸縮性很大,不為一般的化學藥品所破壞或溶解,而且也不容易腐爛。每個個體可因環境需要,向不同的方向、不同的角度分泌許多足絲。個體彼此之間也可用足絲牢固地互相連結為一團,或一層。這樣就更難為一般的冷卻管水流所沖走。即使在羣體中的個體有死亡的情況下,也由於彼此連結的非常牢固,一時很難脫落。脫落時往往成為一團,易於發生堵塞管道狹窄處的危險。因此如能尋求使其短時間內各個分別脫落的藥品,既便於及時的採取適當措施清除軀殼,也可使處理的效果迅速的表現出來。

(3) 附着生物能在新的區域內擴大其為害範圍,主要靠水流中游泳的幼蟲附着、變態、成長。因此如能阻止這些幼蟲進入管道則可徹底防止管道的堵塞現象。如何去清除這類幼蟲也是歷來從事這方面工作所密切注意的問題。

三. 試 驗 材 料

本試驗所用材料系取自大連碱廠海水冷卻管道內及該廠排水場的石壩上。經我所軟體動物小組鑑定為紫貽貝 (*Mytilus edulis* Linné), 屬於軟體動物門, 瓣鰓綱的貽貝科。它具有兩個呈楔狀的殼, 頂部狹而尖, 腹部寬而圓。殼外部呈黑色略帶黃褐色, 頂端常被磨損而露出紫色, 生長紋繞殼頂環生。貝殼內面灰白色, 具有寬的黑色邊緣^[4,5]。每個雌體排卵很多, 平均自 5 百萬至 1 千 2 百萬^[11]。受精後發育成可以游動的幼蟲, 經過變態而變為成體。它是以足絲固着於附着面上。雖然它過着固定點的生活方式, 但如環境不適宜時它是可以移動至新的較適宜的地点, 重新以足絲附着^[6,11,24]。新生的貽貝可附着在以前着生的大貽貝的殼上, 或生活在貝殼間的空隙內, 互相以足絲相連結而結成一頗為牢固的厚層。這個層的厚度可以遠較最大個體的長度為大。

上項材料取得後, 先使其各個分離, 然後洗淨裝於桶內, 不加海水, 但復蓋濕草, 使其維持濕潤狀態, 用船運回青島。在運輸過程中, 每隔 4、5 小時, 即用新鮮海水浸泡半小時, 然後將水倒出。到達青島後, 即分裝於籐筐內, 使其附着於筐壁上, 然後放養海中。

在砂濾試驗中所用幼蟲, 即系用上項材料中將近產卵時期的貽貝, 養於室內, 稍稍提高溫度刺激其產卵。有時不需溫度刺激亦可產卵。俟受精卵發育至剛能游泳的幼蟲時, 即開始試驗。

四. 試 驗 方 法 及 結 果

本試驗包括三方面:

(一) 砂濾法:以砂濾方式去除貽貝的幼虫使其无附着的可能。

(二) 毒劑法:施用毒劑在短時間內毒死已附着的成体。

(三) 溶解足絲法:溶解足絲使已附着的成体在短時間內脫落。

(一) 砂濾法 貽貝以及其他許多附着生物的成体,附着而营定点生活。幼虫能游动开辟新的生活园地,而且幼虫都要自由游泳一个时期才能附着。因此如能防止幼虫进入管綫不只能解决貽貝的堵塞为害,同样的亦可解决其他的生物性的堵塞問題。我們曾試用細砂过滤的方法滤去幼虫。所用細砂系取自海边,經用自来水洗淨后凉干,然后用一組不同号数之标准篩过篩。先用大孔篩,再将篩过的細砂逐次換用較小孔篩再篩。存留在某号篩內而不能透过之砂即作为其前一篩号的砂。用一直径为14厘米的布氏漏斗下面鋪一层粗砂,顆粒大小以恰好不能从滤斗孔中透过为适宜。在此层粗砂上再鋪一层較細的砂,大小以能阻止試驗用細砂漏过,而本身又不致漏过下面的粗砂层者为适宜。此层較細的砂在靠近漏斗瓷壁的周围垫有一圈紗布条,以防止上层的試驗砂由于砂粒与瓷壁而接触不严密而漏下。以上两层砂在本試驗內共厚約 1.5 厘米。

上面再鋪厚約 3 厘米的試驗砂层,其紧靠漏斗瓷壁处系用棉花垫紧以防幼虫自靠壁处滑过。試驗砂层上放一个薄的用粗紗布包着細木刨花的垫子,它的上面再放一表面玻璃,使水流經过表面玻璃再經过木刨花垫的分散作用防止将砂冲散。試驗装置如图 1。

所用貽貝幼虫材料系前述培养于室内的紫貽貝在控制条件下使其产卵发育。卵及刚能游动幼虫的直径各約为 65 微米及 75 微米。过滤前先将木刨花垫取出,将卵及幼虫輕輕置于試驗砂面上,再将垫及表面玻璃放好。然后用海水連續冲洗。水流速度經常維持水面在砂面上 1—2 厘米的高度。开始过滤即取一次滤过水样,以后每隔一定時間再取滤过水样一次。每次水样約取 300 毫升,用离心机分离沉淀再用解剖鏡检查。如經過几次检查仍未发现有滤过的貽貝幼虫,則将最上层經過冲濾試驗的砂放入盛有海水之烧杯內冲洗,再用解剖鏡检查其是否有活的貽貝幼虫,以确証它存在砂面而沒有滤过去(表 1)。

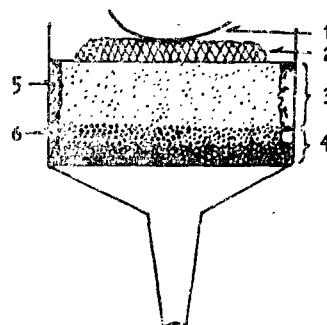


图 1 砂濾法試驗装置

1. 表面玻璃 2. 細木刨花垫子 3. 試驗砂层 (厚 3 厘米) 4. 粗砂层 (厚 1.5 厘米) 5. 棉花 6. 紗布

表 1 砂号的大小及过滤后的检查結果

篩 号	篩孔大小	过滤后取样時間	检查結果	过 滤 速 度 (吨/平方米/时) (根据过滤 300 毫升所需時間計算)
1) 20 号	0.84毫米	0 分	滤过的貽貝幼虫极多	4.8
2) 40 号	0.42毫米	0分,10分,30分, 60分,120分	未发现滤过的貽貝幼虫	1.8
3) 60 号	0.25毫米	0分,20分,35分, 60分,330分	未发现滤过的貽貝幼虫	0.8
4) 80 号	0.18毫米	0分,7分,22分, 52分,112分	未发现滤过的貽貝幼虫	0.6

由以上試驗可以看出：1) 厚达 3 厘米顆粒等于或小于 40 号篩的砂层，65 微米的貽貝卵或幼虫即不能濾过；2) 厚达 3 厘米顆粒等于或大于 20 号篩的砂层，65 微米的貽貝卵或幼虫可以濾过；3) 厚达 3 厘米顆粒为 40 号篩砂的砂层，在本試驗情況下，過濾速度为 1.8 吨/平方米/时。

(二) 毒剂法 在选择毒死貽貝成体的毒剂时，我們主要考虑到以下几点：

(1) 所施用的毒剂不致使貽貝閉壳，因而可以充分發揮藥效；

(2) 我国現在已能大量生产的藥品而且价格便宜；

(3) 工业用冷却水往往需用量极大，故藥剂浓度应低，致死時間要快，致死作用要完全，而且不致腐蝕管道；

(4) 施用浓度对貽貝的毒性大，但对人类毒性小。

在我們的試驗中，三氧化二砷是比較符合于上項要求的。Trussel 等曾經建議用亚砷酸鈉毒杀船蛆^[21]。我們試驗的方法是将一定量的三氧化二砷(化純)混入热海水內再加热促使其溶解做成濃的溶液。再取用海水稀釋成各种不同浓度的三氧化二砷溶液 150 毫升，分別放入直径为 10 厘米容积为 300 毫升的玻璃碗中。在室温下(19—23°C) 每个碗中放入貽貝成体三个。然后观察其外壳之开閉、外套膜以及水管等之活动情况。在我們使用的

表 2 不同浓度的三氧化二砷对
紫貽貝的毒殺效果

三氧化二砷浓度 (p.p.m.)	致死時間(約略数值) (水温: 19—23°C)
400	15—20分
200	30—40分
100	1: 10'— 2: 05'
50	1: 17'—23: 40'
25	23: 37'
12.5	24小时之內不能完全致死
对照	生活正常，足絲牢固地附着在碗壁上

的浓度范围内刚开始时无中毒象征，一切活动与对照无异。当发现其有关閉的情况，或有显著地对刺激反应迟钝的情况时，立即取出用新鮮海水充分冲洗后，放于另外的新鮮海水碗內，每日換新鮮海水二、三次，經過三、四日后，不再伸出水管进行活动而且又有一般死亡后外壳微张，对針刺刺激毫无反应等情况才认为已經死亡。我們也曾經采用不管其活动情况如何，而每隔一定時間即取出，照上法換入新鮮海水內，以观察其是否死亡的方法。綜合数次的試驗，我們得出下列的結果(表 2)。

从以上結果看来，施用三氧化二砷浓度在 100—400 p.p.m. 时，致死的处理時間約需二小时零五分至二十分钟。在本試驗中我們所用的毒液量只有 150 毫升，如果以每个貽貝每小时的进出水量为 1.4—2 立升来估計^[11, 13, 23]，平均每一毫升毒液在一小时内进出貽貝身体約 30 余次。这样看来，如果在冷却管綫內应用时，由于水量大，流动快，使用毒剂浓度及施用時間还可能要低一些。当然也还有其他复杂情况需要进一步考虑的，本試驗仅提供一个初步的綫索。

(三) 溶解足絲法 貽貝的足絲是一种結構蛋白質。Brown^[6] 曾对貽貝足的解剖，足絲的分泌过程和它的理化性質做了一些比較詳細的研究。他在敘述它的化学性質时，曾提到次氯酸鈉的水溶液可以溶解足絲。Slifer 也曾用 3% 的次氯酸鈉溶液很快的去除蝗虫的同一类結構蛋白質的卵壳^[18]。这方面的試驗使我們想到漂白粉应用于去除附着貽貝的可能性。

本試驗所用材料系由大連取回放养于外海的貽貝，先使其在外海自然环境中 4—5 个貽貝互相以足絲牢固地結为一团。然后用胶綫將其悬于一 500 毫升广口瓶中。再将不同

表 3 不同浓度的漂白粉及次氯酸钠溶解贻貝足絲的試驗 (試驗水溫: 26°C)

漂白粉浓度	不加其他藥品		加入等量碳酸鈉	
	溶断足絲所需時間	足絲溶断情况	溶断足絲所需時間	足絲溶断情况
5%	2分鐘	2分鐘时貽貝已由互相固着状态散开, 脫落, 8分鐘时足絲几乎全已溶解。	2分鐘	与漂白粉者情况相同
3%	3分鐘	3分鐘互相脫落散开, 8分鐘时足絲几乎全已溶解。	4分鐘	4分鐘时互相脫落散开, 8分鐘时足絲几乎全已溶解。
1%	5分鐘	5分鐘时脫落散开, 8分鐘时足絲已被溶解只剩基部。	6分鐘	6分鐘时脫落散开, 8分鐘时足絲已被溶解只剩基部。
0.5%	27分鐘	17分鐘时开始溶断, 27分鐘时始完全脫落散开, 足絲仍呈絲状, 但已不牢固(不足以担負貽貝之体重)。	44分鐘	32分鐘时开始脫落, 44分鐘完全脫落散开, 其他情况同左。
0.3%	28分鐘	情况同上。	52分鐘	42分鐘时开始脫落, 52分鐘时完全脫落散开, 其他情况同左。
0.1%		藥品加入2小时后仍未脫落散开, 且足絲仍甚牢固。		同左

浓度的漂白粉海水溶液 250 毫升倒入瓶中將貽貝完全淹沒。立即开始在搖动器上緩緩搖动至其完全脫落散开为止。

我們曾作了次氯酸钠(漂白粉加碳酸鈉)与漂白粉溶解足絲速度的比較。先用海水配成 10% 的漂白粉溶液。將溶液的一半倒出加入等量的碳酸鈉溶液, 碳酸鈉的含量与瓶中漂白粉含量相等。將上两种溶液稀釋即得不同浓度的次氯酸鈣及次氯酸钠的海水溶液。試驗結果如表 3 及图 2。

我們也曾將貽貝的足絲剝落放于試管中, 然后倒入 10 毫升漂白粉溶液, 搖动, 并观察其溶解情况。在室溫 27°C 时, 5% 溶液中, 4—6 分鐘已成碎块; 3% 溶液中, 8 分鐘即成碎块。結合着以上情况, 說明貽貝的脫落不是由于其本身因环境不适宜而拉断足絲, 而是由于足絲被溶解后无法附着。

为了更正确的比較上列結果, 同时測定漂白粉中的有效氯, 我們曾取出上列两种 5% 的溶液各 1 毫

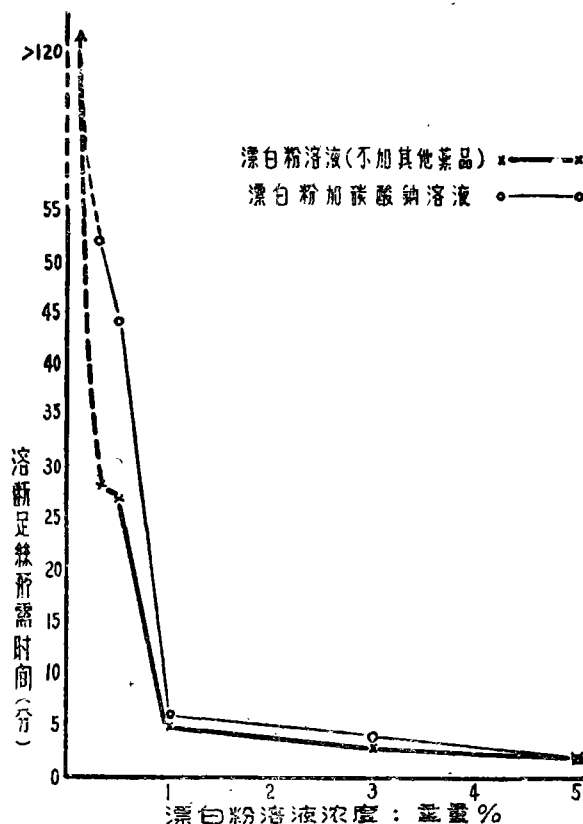


图 2 貽貝足絲在不同浓度之漂白粉及漂白粉加碳酸鈉溶液中溶解速度曲线

升用碘滴定法^[19]来测定。漂白粉的有效氯之百分数为 38.6%¹⁾，而用于配制次氯酸钠液的漂白粉则只相当于含有效氯 36.4%。足丝在后一溶液内溶解时间较长，或许是由于有效氯较低之故。但试验说明次氯酸钠溶液之效果并不比单独的漂白粉溶液好，以上试验说明含有效氯 38.6% 的漂白粉溶液，浓度在 1% 或 1% 以上者，在 10 分钟以内，即可使足丝溶解。

五. 讨 论

采用适当的砂滤方法可以滤去所有附着生物的幼体，因此他的应用也就不仅限于解决贻贝堵塞的问题上。应用砂来过滤可以避免，因使用金属滤网而遭到的腐蚀问题，同时也比较易于清除堵塞物质，这方面水厂积累有很多经验可供参考。砂滤法因受滤速的限制，用水量不宜过大，如能适当的利用天然渗滤也是一个办法。本试验的数据仅提供为初步的参考。因过滤速度及滤过生物体的大小，一方面受砂面上水柱高度的影响，另一方面也因砂层厚度而变化。施用三氧化二砷的优点是贻贝不会察觉施用毒物，因此毒效来得快，需要的致死时间短，而且可以完全杀死。施用时，可采用间歇施毒法。间歇时间视贻贝生长情况而定，只要在不十分影响水流前，去除之即可。如此间歇时间可以适当的延长。主要的缺点是毒性太大，使用时不可不加以注意。根据中国药典，成人一日用极量为 0.01 克^[3]。致死量约为 100 毫克^[9]，在施用时应根据具体设备情况，选择应用浓度。用漂白粉溶解足丝的办法优点是效果来得快，施用时期短。要使附着的贻贝脱落，即使是在拆开管线检修的时候，也是一个难题。大连碱厂曾多次试用各种药剂加以试验，最后才找到用热的 160 克/升的烧碱液处理的办法。使碱液在管线内不断的循环约四小时才可使贻贝脱离管壁^[1,2]。脱落的原因可能有两方面：(1) 根据文献记载紫贻贝在 40.8°C 的海水中五分钟即可致死^[4]。因此在该厂 60—80°C 的循环液温下，几分钟应可死亡。死亡后壳便张开，而内部肉与碱接触，壳肉分离而脱落。(2) 足丝在热的浓碱液内溶化。采用此法不仅要停工检修影响生产，而且需用热的浓碱液，本身的费用也较大。采用漂白粉的办法虽然需要浓度在 0.3—1%，但处理时间短而且无需加热，因此无需停工即可施用。但需注意的是贻贝并未杀死需要及时采取适当措施，如用滤网或沉积搜集槽之类的装置，由管线内清理出来以防其再度附着或移动。因为本问题是在不影响生产的情况下进行防除有害生物的工作，因此在选择适当的处理方法之前，以及衡量所采取的具体措施是否合乎经济的原则，既需要考虑到厂内的特点及周围的自然环境，也需要对生活在线管内的特殊环境条件下的生物体作一番详细的了解，适当的具体措施还需要有关部门配合共同研究解决。

六. 摘 要

本文从三方面提供可能应用于解决管道中贻贝堵塞问题的办法：

(1) 砂滤法：在海水进入水管前用砂将贻贝幼虫滤去，凡颗粒小于 40 号筛的砂，厚度在 3 厘米以上，65 微米的贻贝卵或幼虫即不能滤过。

1) 本试验所用漂白粉系购自市面的散装漂白粉精，因保存不好，故含有效氯的百分数较一般的漂白粉精低得多，但较一般漂白粉略高。一般市售漂白粉含有效氯约 30—32%。

(2) 用三氧化二砷杀死已附着的贻贝成体,优点是贻贝不能发觉,施毒时间短而毒效大,用浓度 400—100 p.p.m. 时 20 分钟至 2 小时即可杀死。

(3) 用漂白粉使贻贝的附着足丝溶解而将其从水管中冲出的办法,含有效氯为 38.6% 的漂白粉 1% 溶液在 10 分钟内即可使足丝溶解,贻贝脱落。

参 考 文 献

- [1] 大连碱厂,1955. 海水中海虹对冷却管及海水管线的影晌及处理情况与今后的要求。(未发表)
- [2] 大连碱厂,1955. 第三次海水管线内海虹处理情况调查报告。(未发表)
- [3] 中华人民共和国药典,1953. 中央人民政府卫生部。
- [4] 张翼、齐鍾彦、李浩民,1955. 中国北部海产经济软体动物。科学出版社出版。
- [5] 内田清之助等,1957. 日本动物图鉴,第 18 版。日本东京北隆馆。
- [6] Brown, C. H., 1952. Some structural proteins of *Mytilus edulis*. *Quart. J. Micr. Sci.*, **93**, 487—502.
- [7] Chadwick, W. L., F. S. Clark & D. L. Fox, 1950. Thermal control of marine fouling at Redondo steam station of the Southern California Edison Company. (Symposium on marine fouling) *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs.*, **72**, 127—31. (Chem. Abst. 44: 3665).
- [8] Chipperfield, P. N. J., 1953. Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L) in British waters. *J. Mar. Biol. Assoc.*, **32**, 449—476.
- [9] Cook, E. F. & E. W. Martin, 1948. *Remington's Practice of Pharmacy*. (Ninth edition).
- [10] Coulthard, H. S., 1929. Growth of the sea mussel. *Contr. Canad. Biol. and Fish.*, **N. S.**, **4**, No. 1—2, 123—136.
- [11] Dobson, J. G., 1946. The control of fouling organisms in fresh and salt-water circuits. *Trans. A.S.M.E.*, 1946: 247—265.
- [12] Duplice, H. T. & R. C. Alexander, 1954. The mitigation of marine fouling by anaerobic treatment. *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs.*, **76** 241—3. (Chem. Abst. 48: 4154e).
- [13] Fox, D. L., H. V. Sverdrup & J. P. Cunningham, 1937. The rate of water propulsion by the California mussel. *Biol. Bull.*, **72**, 417—438.
- [14] Henderson, J. T., 1929. Lethal temperatures of Lamellibranchiata. *Contr. Canad. Biol. and Fish.*, **N. S.**, **4**, No. 25—29, 397—411.
- [15] Myskowski, L. J. & M. A. Quinones, 1951. Puerto Nuevo to fight fouling. *Power*, **95**, No. 5, 90—3. (Chem. Abst. **45**, 5849e).
- [16] Patten, I. A., 1950. Project study for the mitigation of marine fouling. (Symposium on marine fouling) *Trans. Am. Soc. Mech. Engr.* **72**, 109—15. (Chem. Abst. 44: 3665).
- [17] Richards, A. P., 1953. The use of chlorination and heat in the control of marine borers. Report of marine borer conference. Sponsored by The William Clapp Laboratory & The Marine Laboratory, University of Miami. (Coral Gables).
- [18] Slifer, E. H., 1945. Removing the shell from living grasshopper eggs. *Science*, **102**, No. 2646, 282.
- [19] Talbot, H. P., 1951. *Quantitative Chemical Analysis*. 19 Ed. (张泽尧译、商务版)。
- [20] Topping, F. L. & J. L. Fuller, 1942. The accommodation of some marine invertebrates to reduced osmotic pressures. *Biol. Bull.* **82**, No. 3, 372—384.
- [21] Trussel, P. C., C. O. Fulton, C. J. Cameron & B. A. Greer, 1955. Marine borer studies: Evaluation of toxicants. *Can. J. Zool.*, **33**, No. 4. 327—8.
- [22] Turner, Jr., H. J., D. M. Reynolds & A. C. Redfield, 1948. Chlorine & sodium pentachlorophenate as fouling preventives in sea-water conduits. *Ind. Eng. Chem.* **40**, 450—3. (Chem. Abst. 42:3880c).
- [23] Willemsen, J., 1952. Quantities of water pumped by mussels (*Mytilus edulis*) & cockles (*Cardium edule*). *Arch. Neerland.* **10** (2) 153—159. (Biol. Abst. 27: 18946).
- [24] Woods Hole Oceanographic Institution, 1952. *Marine Fouling & its Prevention*. United States Naval Institute. Annapolis. Pp. X+388.

STUDIES ON PREVENTION AND EXTERMINATION OF MUSSEL GROWTHS IN PIPELINES

(ABSTRACT)

LOU KANG-HOU AND LIU JIEN

(Institute of Marine Biology, Academia Sinica)

On the basis of experimental results, the following three methods are suggested to prevent the settling of larvae and the killing or removing of adults of fouling mussels in pipelines:

1. Sand filtration. Before water is pumped into the pipelines, it is made to pass through sand layer 3 cm. or more in thickness and consisting of grains between No. 40 and No. 60 standard sieve in size. It has been proved, that with such thickness and grain size, the sand layer is effective in preventing the entrance of eggs or larvae of mussels and other fouling organisms 65μ or more in size.

2. Poisoning with arsenic trioxide. One of the great difficulties of exterminating mussels is that they are able to protect themselves by closing their valves in the presence of poisonous substances, hence greatly prolonging the time needed for chemical treatment. If chemicals can be found which are poisonous to the mussels but to the presence of which they are not very sensitive then the duration of chemical treatment will be greatly shortened. Experiments prove that arsenic trioxide is the desired chemical, concentration of 100—400 p. p. m. being sufficient to kill the mussels in 20 minutes to 2 hours.

3. Chlorinated lime treatment. One percent chlorinated lime, containing 38.6% available chlorine, in sea water is found to be able to dissolve the attached byssus threads of the mussels in 10 minutes. By such a treatment, the mussels will be detached from the pipelines and may be easily washed off with water flow.

It is suggested that the second and third treatment may be periodically used before the mussels grow to a size that will be detrimental to the plant equipments.