

第

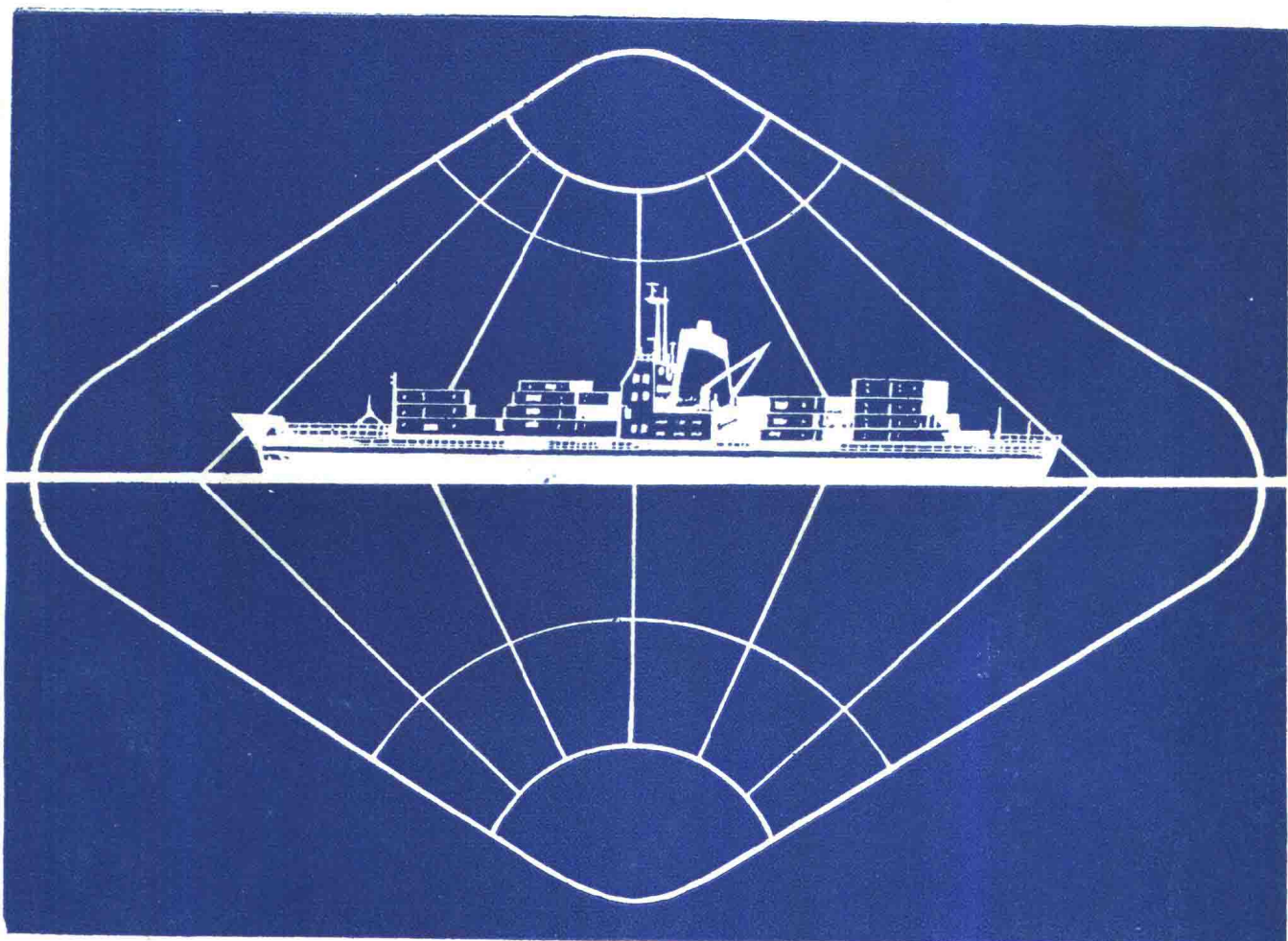
24

届

# 国际航运会议论文选

(海运部分)

交通部水运规划设计院技术情报室 编译



交通部水运规划设计院

# **第24届国际航运会议论文选**

**(海运部分)**

**交通部水运规划设计院技术情报室 编译**

## 内 容 提 要

第24届国际航运会议上提出了若干篇论文，其中河运部分的论文选已经出版。本文集选编了海运部分的12篇论文，内容包括：(1)美国各种专业化码头的规划；(2)巴西北海岸大型铁矿石出口港设计；(3)深水遮帘板桩码头的科研、设计和施工；(4)混合式防波堤角隅段的设计；(5)地下连续墙在港口工程中的应用；(6)锡尼什的三个大型油轮泊位；(7)日本原油油轮泊位的调查；(8)外海码头超级油轮在波浪作用下的撞击力、系缆力和运动；(9)码头防冲设施设计中的实际问题；(10)外海结构物的防冲设施；(11)防冲设施的经济设计准则；(12)各种新的运输系统的效果、方法及实例。可供我国航运规划、设计、科研、施工人员以及院校师生参考。

# 目 录

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 美国各种专业化码头的规划·····                    | 1   |
| 巴西北海岸大型铁矿石出口港的设计·····                | 19  |
| 深水遮帘板桩码头的科研、设计和施工·····               | 36  |
| 混合式防波堤角隅段的设计·····                    | 44  |
| 地下连续墙在港口工程中的应用·····                  | 56  |
| 锡尼什的三个大型油轮泊位·····                    | 69  |
| 日本原油油轮泊位的调查·····                     | 80  |
| 外海码头超级油轮在波浪作用下的撞击力、系缆力和运动·····       | 91  |
| 码头防冲设施设计中的实际问题·····                  | 105 |
| 外海结构物的防冲设施·····                      | 114 |
| 防冲设施的经济设计准则·····                     | 121 |
| 各种新的运输系统（集装箱、载驳船、滚装船等）的效果、方法及实例····· | 133 |

# 美国各种专业化码头的规划

Welter C. Boyer

## 一、前言

美国在件杂货运输方面有效地改用了集装化和载驳货船的方式，在世界上居于领先地位。此外，几年前已致力于对不适宜集装的货物，不断地进行改革研究。

对美国在散货设施方面的估价，1974年10月著名散货顾问保索罗斯先生 (Paul Soros) 曾作过评论。他说：“近年来美国还没有建造过重要的新型散货港口。”作者虽感此说未免过分，但也认为有改建和扩建一些重要散货港的必要。如索罗斯先生进一步所指出的，美国国内的散货装卸运输已经取得很大成就，尤其是大湖地区，创造了高效的综合运输系统。大湖运输系统向美国钢铁工业基地匹茨堡和芝加哥地区提供大部分原料。有关该系统的实例将在本文中予以探讨。

在深水港口的发展方面，美国确实是落后了。超级油轮(VLCCS)和特超级油轮(ULCCS)要求水深为65英尺到100英尺，并有足够的回转区。目前美国最深的公营港口，水深一般在31英尺到45英尺。相比之下，世界上约有60个港口的水深在65英尺以上。现在的情况虽有所改善，但是进展缓慢，有时处于停顿状态。我们可望今后在满足环境保护的基础上逐步得到发展。

## 二、货运量的增长

美国建国200多年来的历史，一般来说，可以认为是一个自给的国家。这个估计与实际相差不大。到了1950年，它已是世界的主要产油国和石油及其制品的输出国。国家所需的矿石和其他原料大部分可由国内市场得到供应。大部分产品面向国内市场。因此，国际贸易的重要性对美国经济来说并不显著。

但是上述观念正在发生变化，如下列指标所示：

1. 出口额占国民生产总值的比重从1971年的6%增长到1974年的10%。
2. 出口制成品的比重占14%。
3. 1971年到1974年的外贸增长率超过同期国民生产总值增长率的二倍。

第二次世界大战后，海上贸易达到空前发展的新时期。美国的贸易状况正好反映世界贸易增长的概况，并以图1表1表示之。

外贸约占全国水运总量的40%，如表1所示。

从图1中所描述的美国外贸和沿海贸易的情况可以看出，自1945~1971年期间整个贸易是沿曲线持续上升的。然而早在1964年美国商务部曾规划了一条新的增长趋势线（如虚线所示），假定美国外贸年增长率为7%，即预计出口年增长率为4%，进口年增长率为14%。

经过一段停滞，又充分显示出以上规划的相当正确性。

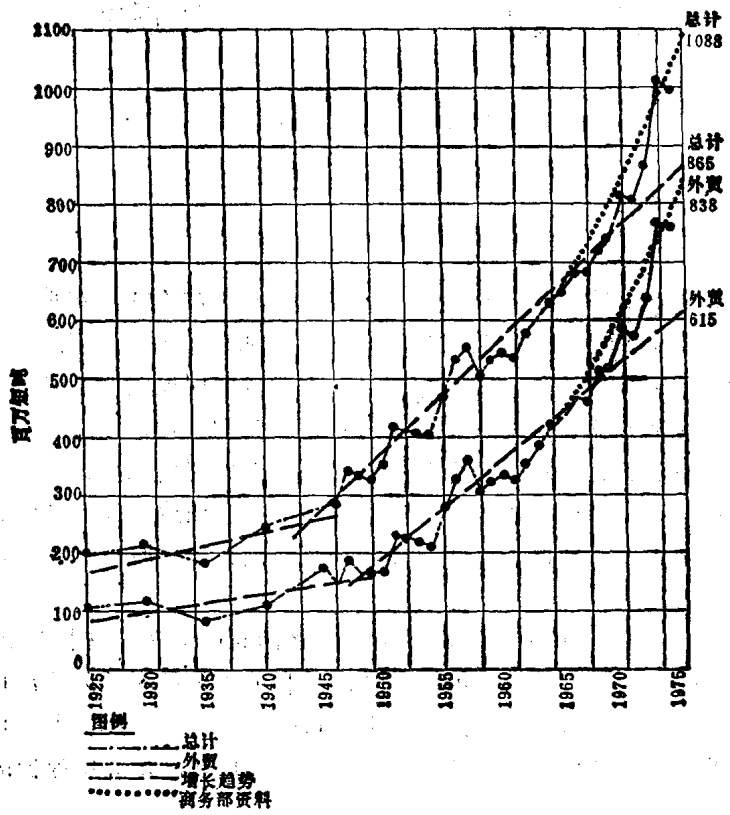


图 1 美国外贸和沿海贸易（散货和件货）图

1963~1974年水运量统计表 (单位: 百万美吨) 表 1

| 年分   | 总计      | 外 贸   |       |       | 内 贸   |       |       |       |       |     |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|      |         | 小 计   | 出 口   | 进 口   | 小 计   | 沿 海   | 大 湖   | 内 河   | 地 方   | 内 陆 |
| 1963 | 1,173.8 | 385.7 | 158.3 | 227.4 | 788.1 | 213.9 | 141.7 | 331.9 | 99.0  | 1.6 |
| 1964 | 1,238.1 | 421.9 | 173.3 | 248.6 | 816.2 | 205.7 | 151.4 | 357.9 | 99.6  | 1.6 |
| 1965 | 1,272.9 | 443.7 | 173.9 | 269.8 | 829.2 | 201.5 | 153.7 | 369.6 | 102.9 | 1.5 |
| 1966 | 1,334.1 | 471.3 | 187.5 | 283.8 | 862.7 | 208.4 | 164.0 | 389.9 | 99.2  | 1.2 |
| 1967 | 1,336.6 | 465.9 | 190.0 | 275.9 | 870.6 | 214.6 | 153.6 | 398.6 | 102.3 | 1.5 |
| 1968 | 1,395.8 | 507.9 | 197.0 | 310.9 | 887.9 | 214.3 | 151.1 | 430.2 | 90.7  | 1.6 |
| 1969 | 1,448.7 | 521.3 | 201.0 | 320.3 | 927.4 | 216.7 | 160.8 | 460.9 | 87.5  | 1.4 |
| 1970 | 1,531.7 | 580.9 | 241.6 | 339.3 | 950.7 | 238.4 | 157.1 | 472.1 | 81.5  | 1.6 |
| 1971 | 1,521.6 | 565.9 | 206.2 | 359.7 | 946.6 | 242.9 | 141.0 | 479.2 | 81.3  | 2.3 |
| 1972 | 1,616.8 | 630.0 | 232.4 | 397.6 | 986.8 | 242.7 | 145.0 | 507.0 | 90.3  | 1.9 |
| 1973 | 1,761.6 | 767.4 | 277.3 | 490.1 | 994.2 | 236.8 | 156.6 | 503.2 | 93.2  | 4.3 |
| 1974 | 1,746.8 | 764.1 | 266.8 | 497.3 | 982.7 | 233.4 | 146.1 | 511.0 | 88.2  | 4.1 |

1972年外贸货物组成表

表 2

|         | 吨 位 (百万短吨)   |              |              |
|---------|--------------|--------------|--------------|
|         | 出 口          | 进 口          | 合 计          |
| 件 货     | 34.8(15.0%)  | 52.5(13.2%)  | 87.3(13.9%)  |
| 干 散 货   | 194.1(83.5%) | 101.5(25.5%) | 295.6(47.0%) |
| 液 体 散 货 | 3.5(1.5%)    | 243.6(61.3%) | 247.1(39.1%) |
| 合 计     | 232.4        | 397.6        | 630.0        |
|         | 价 值 (百万美元)   |              |              |
|         | 出 口          | 进 口          | 合 计          |
| 件 货     | 17,714       | 27,584       | 45,298       |
| 干 散 货   | 8,145        | 3,723        | 11,868       |
| 液 体 散 货 | 85           | 3,933        | 4,018        |
| 合 计     | 25,944       | 35,240       | 61,184       |

进口的大宗散货参见表 3。

表 3

| 原 料   | 进 口 量 占 全 国 消 费 量 的 % |
|-------|-----------------------|
| 铁 矿 石 | 32                    |
| 原 油   | 33                    |
| 铅     | 44                    |
| 石 棉   | 85                    |
| 铝 土 矿 | 87                    |
| 镍     | 88                    |
| 锰 矿 石 | 89                    |
| 铬 铁 矿 | 100                   |
| 钴     | 100                   |
| 橡 胶   | 100                   |
| 锡     | 100                   |

根据近来海运部的报告, 1966~1972年的港口投资概况如表 4。

1966~1972年北美港口投资概况 (单位: 百万美元)

表 4

| 地 区           | 件 货   | 专用件杂货 | 散货(干货、液货) | 地 区 合 计 | 占总计的 % |
|---------------|-------|-------|-----------|---------|--------|
| 北 大 西 洋       | 105.9 | 156.9 | 120.4     | 383.2   | 33     |
| 南 大 西 洋       | 55.4  | 25.8  | 26.8      | 108.0   | 9      |
| 太 平 洋 沿 岸     | 65.8  | 171.5 | 57.1      | 294.4   | 25     |
| 阿拉斯加、夏威夷、波多黎各 | 7.6   | 28.1  | 30.9      | 66.6    | 5      |
| 美国大湖区         | 9.8   | 1.3   | 4.1       | 15.2    | 2      |
| 海 湾           |       |       |           |         |        |
| 美 国 合 计       | 294.4 | 404.5 | 344.1     | 1,043.0 | 88     |
| 占美国合计的 %      | 29    | 38    | 33        |         |        |
| 加 拿 大         | 37.3  | 32.3  | 62.5      | 132.1   | 12     |
| 总 计           |       |       |           | 1,175.1 | 100    |

应该特别注意的是在“专用件杂货”一栏的投资，是表示由公共团体投资的集装箱泊位设施。

1973~1977年期间的港口投资如表5所示。

1973~1977年北美港口投资计划 (单位: 百万美元) 表5

| 地 区           | 件 货   | 专用件杂货 | 散货(干、液货) | 地 区 合 计 | 占总计的 % |
|---------------|-------|-------|----------|---------|--------|
| 北 大 西 洋       | 85.3  | 216.0 | 5.8      | 307.2   | 19     |
| 南 大 西 洋       | 49.3  | 61.7  | 3.4      | 114.3   | 7      |
| 海 湾           | 51.0  | 48.8  | 485.6    | 585.4   | 36     |
| 太 平 洋 沿 岸     | 66.5  | 205.6 | 71.0     | 343.0   | 21     |
| 阿拉斯加、夏威夷、波多黎各 | 13.9  | 16.5  | 5.3      | 35.7    | 2      |
| 美国大湖区         | 2.6   | 3.6   | 5.8      | 12.0    | 1      |
| 美国合计          | 268.6 | 552.2 | 576.9    | 1,397.6 | 86     |
| 占美国合计的 %      | 19    | 40    | 41       |         |        |
| 加 拿 大         | 34.8  | 132.6 | 61.1     | 213.5   | 14     |
| 总 计           |       |       |          | 1,616.1 | 100    |

把两个时期的投资进行比较，可发现有明显区别。1966~1972年期间的12亿美元的投资中，约有38%用于发展件杂货专用船舶——集装箱船、滚装船、载驳货船码头先进设施，29%用于传统杂货设施。上述两项约占整个投资的2/3，剩下的1/3款项用作散货设施之需。

在1973~1977年期间，相当于40%的投资计划用于件杂货专用码头，而用于传统件杂货码头设施的投资明显地减少了。

海运商务助理布莱克威尔 (R. J. Blackwell) 在赞扬港口的宏伟革新规划的同时，提到贯彻这些规划可尽量发挥美国港口的潜力，从传统来源获得所需资金。

他列举了可能遇到的问题和商业部门对港口发展的援助。

这些问题有：

1. 像集装箱码头那样的先进装卸设施耗资巨大。过去只要有了码头和仓库就能满足装运需要的时代快过去了。今天，为适应停靠巨轮的大型泊位提供足够的集装箱堆场和专用吊车以及为船舶服务的其他设备是必不可少的。

2. 这种设施的建造费和营运费都大大提高了，这就意味着即使提高设备利用率，偿还基建投资仍要有相当的时间。

3. 港口同其他海运工业部门一样，受到为减轻环境污染而日益增长的压力，因此，必须分出一笔资金用于防止污染计划，而该项资金一般来说是不产生利润的。

4. 许多港口必须对付不断增长的大批其他用途的需要而拨出一部分公共基金。国家企业对城市改造、防止污染和居民拆迁的负担增加了，分去了一部分用于港口改造的资金。

防止污染费用之大，可以引用美国港口协会 (American Association of Port Authorities) 理事长舒尔茨 (Richard L. Schultz) 给美国众议员海运及渔业委员会主席萨里温 (Leonor K. Sullivan) 信中的两段话：

“美国港口协会”对环境保护费的调查表明，美国港口在过去5年中为治理废气、废水和实施安全保险条例已化了近2亿美元，在预见的将来，仍将化费同等数目的资金。这笔资金

相当于全部投资的15~20%。不然的话，地方当局就可用于港口的现代化和扩建工程，这就严重损害了分配给美国港口系统财政投资的发挥。

“一个水上货运量超过15亿吨的国家，港口系统适宜分散管理。地方当局对港口设施的补助投资，十分接近联邦政府对水道和港湾的投资。”

### 三、件杂货码头

值得令人注意的是我们进入集装箱时代恰好20年光景，而开始视作“集装箱革命”的标志还不到10年。然而，在短短的时期内，世界工业投资于集装箱船舶、码头、集装箱以及其它设备竟超过了100亿美元。现仍在努力改进中，以提高建筑结构、港口设备以及其他方面的工作效率，形成一个真正的综合运输系统。

集装箱概念的起源要归功于美国的发明创造，而且美国的主要港口都热情采纳这项革新。到1972年前，美国十大集装箱港口已装卸了集装箱货物2,583万短吨，占全部集装箱化货物装卸量的91.2%。

1975年是美国经济衰退年，但却并未丝毫减少扩展集装箱港口的热情。大湖地区明尼苏达州的德卢思第一个全集装箱港的建成；纽约市豪兰湾码头（Howland Hook Terminal）的落成；加利福尼亚州奥克兰一座占地32英亩（12.8万平方米）码头工程的开工；萨凡纳（Savannah）和莫比尔（Mobile）新集装箱码头计划的批准都是明显的例子。

作为集装箱港口规划的最好实例是纽约港。它是美国年装卸量达100万只集装箱以上的第一个港口，同时也是许多集装箱港口革新的策源地。

纽瓦克码头是纽约港的最早集装箱泊位。在1947年之前，一直受纽瓦克市管辖经营，最后那年该港接纳了450艘船舶和811,780吨货物。在以后的25年中，纽约和新泽西港务局投资了约1.433亿美元，建造了拥有789英亩（约315.6万平方米）的海港，配有各种港口设备和港口辅助服务设施。就以1972年而论，该码头就接纳了991艘船舶，通过了各种货物3,744,376长吨。

为了提前实施港口的长远规划，港务委员会在1956年于纽瓦克码头附近获得一块沼泽地，开始筹建伊丽莎白码头——世界上第一个集装箱海港。工程于1958年正式动工，第一个深水海港在4年后投产。这个大型集装箱港口占地1,165英亩（446万平方米），于1962年开港。海陆航运公司的“伊丽莎白港”号货轮首次进港靠泊，宣告世界件杂货运输的新纪元开始。

在第一年（1963年）全年经营中，伊丽莎白码头总共通过了1,504,021吨货物，到港船舶242艘。1973年运量大幅度增长，码头接纳了1,215艘船舶，总共通过了7,360,743吨货物。码头最终计划发展到年通过量为1,200万吨，并将由港务局提供2.236亿美元总投资。

海陆麦克莱恩运输公司（Sea-Land Mclean Trucking Company）在1974年3月正式占有伊丽莎白码头处一块232英亩（92.8万平方米）的新土地，用少量集装箱和几条1956年改装的油轮，开始了惊人的现代化扩建工程。1974年3月出版的“纽约港经历”（Via Port of New York）对该设施的描述如下：

新的码头设施与18年前甚至10年前大不相同。堆场可以容纳6,600个集装箱底盘车，让箱子留在车上，以便立即发送或到船侧快速装船。6台高速集装箱吊车排列在沿纽瓦克湾和邻近航道一侧的4,519英尺（1,380米）码头线旁。这种外形较矮的“门架式”（Portainers）

集装箱吊车与海陆公司在过去伊丽莎白码头用过的 A 形构架 (A-frame) 有明显的区别。吊车总高130英尺 (40米), 跨于轨距100英尺的轨道上, 并具有 300 英尺 (91.5米) 的滑动吊臂, 外伸距为115英尺 (35米), 向场地一侧的后伸距为 $88\frac{1}{2}$ 英尺 (27 米)。上述的宽轨距使吊车门柱间可通行 7 条集装箱路线, 便于快速装卸。

新码头在纽瓦克湾泊位与靠近新航道边泊位直角相交处设有转盘。由于这一独特的构造, 使 6 台“门架式”集装箱吊车工作十分机动。例如要求以最快速度装卸完一条集装箱船, 可以调动所有 6 台吊车于一个船位处。这种巨大吊车藉自身动力行至转盘, 在 5 分钟左右就能转向完毕。

在建筑方面, 新码头有一座 20 条车道、面积为 30.6 万平方英尺 (28.4 万平方米) 的 U 型联合大楼; 一座昼夜监视全世界海陆公司集装箱船舶的海运调度大楼; 还有一批辅助性建筑, 如面积为 7.5 万平方英尺 (7,000 平方米) 的维修车库。此外还有一座面积为 2 万平方英尺 (1,860 平方米) 的独立建筑用作修理和冷藏库和办理其他专用集装箱。

有 20 条车道的联合大楼是整个 232 英亩码头的枢纽中心。当指定 7 条车道为进货, 7 条车道为出货时, 余下的 6 条车道可根据主要货流决定其方向。大门的数量二倍于前伊丽莎白海峡处 100 英亩集装箱码头。由于集装箱可在到达或发送至货主途中进行分理, 故而效率高出一倍。

海陆公司以计算机管理 (包括集装箱操纵管理) 而闻名于世。最近首创一种集装箱自动鉴别系统的电子控制装置。新码头已安装了这种装置, 利用扫描器对集装箱旁侧标准位置上的金属码牌进行扫描识别, 并立即报告识别数字。

其次, 各条高速公路竖着刻有色码的停车牌, 协助司机迅速把车辆停到指定的停车地点。此外, 集装箱自动鉴别系统扫描器还能在装船前告诉你每个集装箱的精确堆放位置。这样就避免了放错位置。

“海陆公司码头自开港以来, 始终保持优良服务传统和设备完好状态。”

1972 年 6 月, 旧金山港正式为载驳货船新码头举行落成仪式。

这个第一座载驳货船码头占地 50 英亩 (20 万平方米), 有两个泊位。该码头的特征是:

1. 驳船货栈的尺度为  $853' \times 266'$  ( $260 \times 81$  米)。这座建筑还可接长到 1,203 英尺 (370 米), 停靠一艘超级驳船, 是世界上独一无二的。它不用桩基, 而采用浮筏基础建造在填土上。这样一旦发生地震, 移动 4 英尺也不致产生塌坍, 而且埋有千斤顶, 以备沉陷后进行调整。

2. 五台 5 吨起重机以装卸沿岸驳船。沿岸可同时停靠 15 艘驳船, 上部并设有顶蓬。

3. 进口有 3 条车道, 旁边是门房, 司机可不用下车。靠里侧车道紧挨“询问窗”, 外侧两条车道有风管和扩音器相连系。

4. 前后有两台 50 吨吊车, 总吊重能力为 100 吨, 用来起吊空载驳船到岸上进行维修。

5. 集装箱货场在码头前设有特别集装箱金属货架 (Container-holding metal racks)。货架是可移动的, 所以卡车和集装箱可并排停立, 便于装卸 (铲车需采取 U 形循环操作)。

6. 有能堆放 210 只 20 英尺冷藏集装箱或相当 40 英尺集装箱的场地和电气插头。

7. 有可堆放 2,000 只 20 英尺集装箱或相当 40 英尺集装箱的场地。

8. 两台 Paceco 大型集装箱吊车, 其起重能力为 30 长吨, 伸幅 115 英尺。

9. 集装箱和驳船货栈之间有轨道相连系。

## 四、煤 码 头

煤是世界贸易中的主要散货之一。美国有重要的出口市场，但以国内为主。它在美国的经济中占有相当重要的地位。以1970年电力用燃料为例，用煤作燃料发电的占总发电量的50%，天然气占23%，石油占8%，水力占17%，原子能发电虽在逐年发展，至今仅占2%。

众所周知，美国煤的蕴藏量十分丰富，占地下燃料资源的90%。到1990年，国内产量计划达到12亿吨，大约相当1976年预计产量6.95亿吨的二倍。这些数字包括占总产量10%的出口冶金工业用煤。煤的最大消费部门发电公司1975年的需要量几乎占全国的2/3，预计到1990年至少为1/2。

煤的发展速度取决于以下因素：煤的价格、熟练工人的来源、露天采矿条例的内容以及烟道脱硫技术的发展。

美国主要煤矿的位置可参见图2。

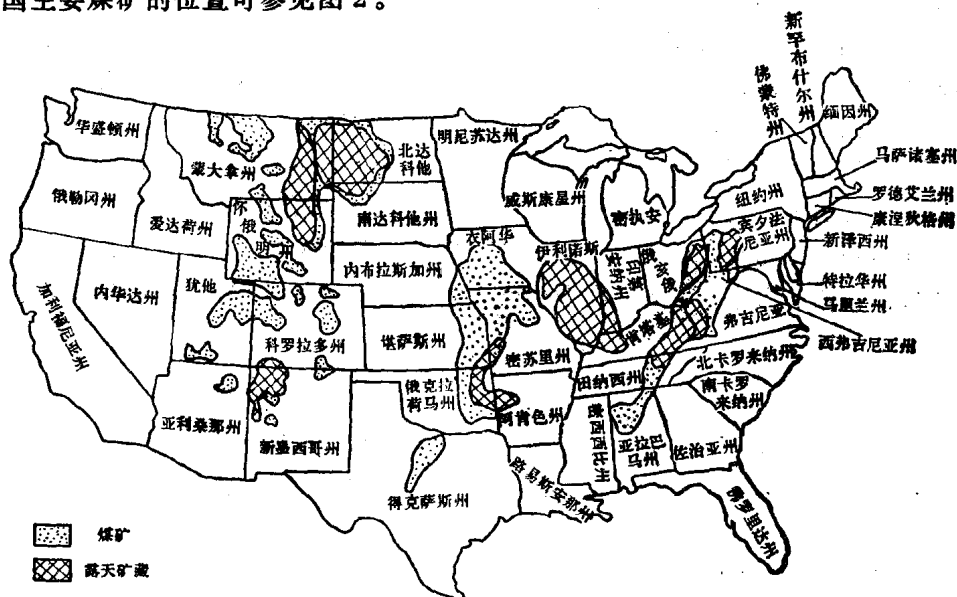


图2 美国主要煤矿位置图

实际上全部无烟煤和绝大部分烟煤矿位于密西西比河东部。西部是一大片半烟煤矿和褐煤矿。西部煤已经开发，1975年估计占全国煤产量的14%。然而根据计划，今后大部分煤的供应将来自西部煤矿。参见图3。

其主要原因是环境保护条例要求大大增加低硫煤的比重。西部煤的含硫量约0.4%，与有代表性的东部伊利诺斯州煤含硫量2.5~3.0%形成明显对比。然而对低硫煤的要求还不足以充分说明移到西部的理由。首先，我们可以消除那种全部东部煤都是高硫煤的无稽之谈。事实上，阿巴拉契山的煤矿估计约占全国的28%，是低硫煤。

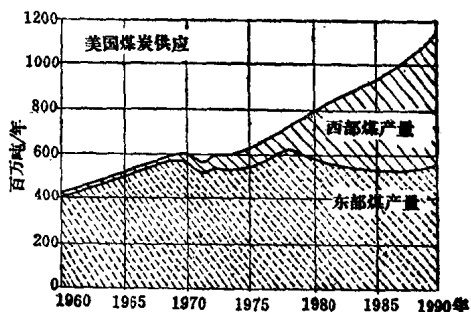


图3 美国煤产量图

西部煤的含热量较低,平均每磅约 9,000B.T.U.,而东部煤每磅约 12,000B.T.U.。

开发西部煤还涉及其他的重要考虑。西部煤的煤层厚度常达 100 英尺,且接近地面,因此利于露天开采。蒙大拿州和怀俄明州的采掘生产率为 100 吨/人天,相应地东部深层矿的采掘生产率为 12 吨/人天,俄亥俄州露天矿为 35 吨/人天。西部煤是露天开采的,每吨成本 3~5 美元,而东部深层矿的成本(按 1974 年年中价格)为 9~14 美元。

但是发展西部煤也引起了争议。这些低级燃料矿藏可帮助我们解决能源不足的困难,但就自然环境保护学家的观点来看,是对环境的极大破坏。煤矿的表面多数是薄的、含水量低的土层,因此由采掘而引起的后果是很大的。

以上的讨论介绍了远景煤矿分布,开发西部煤的有关因素。实现西煤东调是一种需要,但它易受运输方式的影响。

奥柏公司 (Orba Corp) 经理、物料装卸、运输、采矿专家俞先生 (A. Tobey Yu) 写了一篇出色的关于煤的输送系统方案实例的报告。该文叙述将美国西部煤通过大湖水系运到东部电厂的过程。尽管西部煤的单位含热量较低,但它的天然含硫量低,符合美国的空气净化标准,两者权衡结果,选择了后者。环境保护影响始终对方案的选择起重要作用。

然而西部煤离用户约 1,500 英里,而东部煤仅 200 英里,参见图 2。东部煤含热量高,但需处理含硫高的问题。因此,减少西部煤的运费是关键问题。

第一种方案是从矿区到用户全部以火车运输。因为没有一条专线,线路间的转运增加了许多站台上的中转时间。这些设想是不可取的,只会增加西部煤在经济上的不利。

相反,由专用列车与技术先进的大湖船舶通过中转港的联运,已被证明是各种系统比较中最优的方案。该系统方案(图 4)与全部火车运输比较,每吨货净节省费用 6~8 美元。

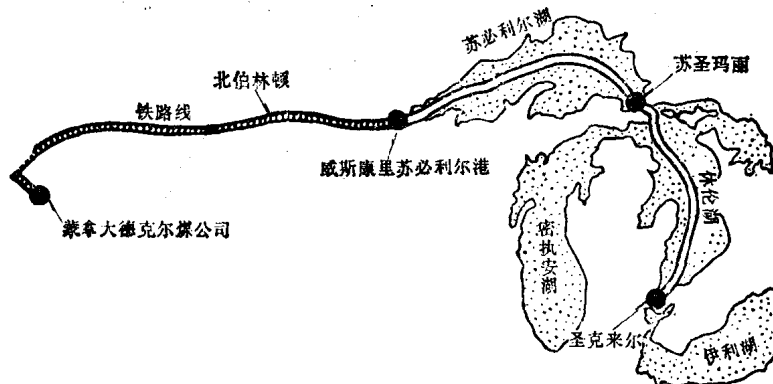


图 4 煤的联合运输系统

俞先生对联合运输系统的主要组成部分,叙述于下:

1. 专用列车: 包括机车、车厢、守车等整体。在某些情况下,专用列车的应用大大减少了运费。

2. 高能、快速船舶: 在内河水道中,吃水是一个问题。由快速顶推拖轮和 1,500 吨级大型驳船组成的船队降低了运费。大湖地区苏圣玛丽处苏船闸 (Soo Lock) 的扩建开辟了巨轮航运的新时代。计划新造一大批设有两台自卸吊车的 1,000 英尺级的船舶。这种船舶将提高对大量散货和低值货的装卸能力,并大大降低其费用。近来海运部的研究表明,这种船的每吨英里的营运费用相当于现有船舶的 1/2,仅为专用列车的 1/3 左右。

3. 中转港：这也许是联合运输系统中最重要的一环。没有设计港口的高效率和可靠性，专用列车和巨型船舶两者就不可能充分发挥其作用。实际上，由于港口的延误，造成高额的滞期费和很长的中转时间，将大大降低车船联运的效率和经济性。

以上各部分组成一个工作整体，对中转港发展有重要关系。中转港既起沟通车船的纽带作用，又对进出口货流起着调节作用。有时，同时兼有两者功能。当进出口货流相对等时，就只需要少量的堆场和堆装设备。这种类型的港口，往往设在内河，那里终年通航，且无冰冻之虞。所需的堆存能力只要按满足船舶到港的间隔时间而定。

然而和在大湖地区的许多码头一样，中转港必须另具一种调节机能，即在水上航运一旦停止时，专用列车和矿山作业仍能终年不停地继续工作。中转港不但要适应日常水陆联运的需要，而且还要满足12个月中火车来煤和8~9个月船舶装运之间的脱节问题。因此调节作用要求做广泛和深入的分析及规划工作。

在阐述中转港的设计时，包含很多复杂要素。列车运行的易变性、船舶的不平衡性以及其它因素大大妨碍港口的正常营运和效能的发挥，以致不可能全部达到设计要求。

幸而取得了强有力的工具——运筹学。特别是计算机模拟技术的应用，十分有效地解决了各种事件的处理问题。通常以列车和船舶的运行表为准则，并根据经验确定偏离率分布。仔细检查运行表的执行情况，将会发现疑难事件的发生频率，例如船舶误期或港内阻塞。现有的大湖地区航运统计资料以及船舶经纪人的实际经验都是有用的基本资料。

由上述分析结果，能合理地确定码头后方堆场的大小和前方堆场的能力。堆场设施的大小必须能够适应实际周转时间和阻塞所提出的要求。此外，作为重要运输系统的主要环节，港口运行的可靠性是其中的首要因素。同时，经济性总是主要指标之一，因此一个最好的中转港设计应能为电厂提供每吨价格最低廉的燃料煤。

这个设想正变为现实。1976年4月，投资达3,000万美元的苏必利尔中转港开始接纳从北伯林顿专用列车运来西部煤。在冬季，煤将在港内贮存3~4个月。770英尺和1,000英尺级自卸轮将来港装煤，并通过苏圣马里船闸把煤运到大湖电厂。这个占有200英亩土地的港址坐落在圣路易斯湾威斯康星州苏必利尔城北端。设备设计可装卸多种煤，密执安州圣克莱尔的底特律爱迪生火电站是其中的主要顾主之一。港口设施的年最大通过能力为2,000万短吨。

装载11,000短吨的专用列车经过环形线路把煤运到苏必利尔港。车厢接头装有旋转式车钩，可使列车在翻车机中连续卸煤。然后通过每小时能力为3,500短吨的（60英寸）一号皮带机系统把煤送到高架梭式2号输送机。600英尺长的梭式输送机将煤分送到1,200英尺长的坑道顶上。煤由一系列在坑内行走的旋转刨煤机送到96英寸坑道上的3号输送机。该输送机再将煤通过4号输送机和码头上的5号输送机送到码头装煤机。

当大湖封冻，船舶停航时，凡铁路来煤均由流动机械运到后方堆场。按通常堆存高度50英尺计算，苏必利尔港冬季煤的最高贮存量可达600万吨以上。

码头装煤机将是世界上最大的，它是一种具有平舱用梭式输送带的可行走的门架式机械，每小时装船效率为11,000短吨。它沿码头来回移动，使长达1,000英尺的船舶无须移位。梭式装船臂设有可伸缩滑槽，可伸入船舱以减少粉尘污染。不使用时，装煤机的梭式装船臂可以吊起，保持码头面的畅通。在停放位置上，装煤机用插销固定，防止大风暴时发生事故。

与传统系统不同，装煤机及其码头上的皮带机都是密闭的，以防煤粉逸出。码头防冲设

施采用“西武式”(Seibu-type)折迭式橡胶防冲设备以吸收巨大撞击能量。负责本工程的帕森·布林克霍夫(Parsons·Brinckerhoff)顾问工程师在报告中认为码头工程成功地 把经济效果和工程创新结合了起来。对停靠 1,000 英尺长的 56,000 吨煤船, 码头长度取 1,215 英尺。这种船满载吃水为 27 英尺, 因此码头前沿水深要求浚至大湖水位以下约 28 英尺。码头为 H 形钢桩钢筋混凝土梁板式结构。沿码头外档为可通行 20 吨卡车的钢筋混凝土面板。在码头两头有混凝土面板, 东头供卡车调头, 西头为装煤机服务。为了保护码头免受因船舶操纵而产生的涡流影响, 码头前沿设有护栏, 伸出码头两头约 12 英尺。如此, 煤船在前后两条拖轮顶推下靠泊时, 可以平靠在护栏上。

除了所述世界上效率最高的装船机和大型快速的地下煤炭取送系统外, 苏必利尔港将首次应用许多新的运输设施。它是大湖地区第一个现代化联合运输系统中转港。也是一个由单家集团全部承担设计、施工、经营管理的港口。

从环境保护观点出发, 苏必利尔港在设计开始时就树立了消尘思想, 并在粉尘控制上取得良好效果。

### 五、矿石码头

大湖水运网为苏必利尔湖和加拿大的矿石运到美国中西部重工业中心, 提供了方便的运输条件。该水网系统也促进了船舶和港口的现代化。匹茨堡和康尼奥特码头公司最近建成的

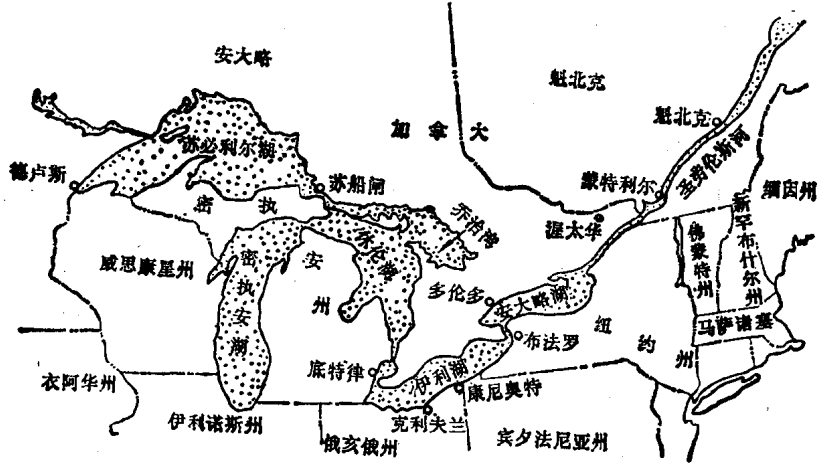


图 5 康尼奥特卸矿码头位置图

卸矿码头, 就是一个主要例子。其地理位置参见图 5。

钢铁厂的矿石供应, 一般是由铁路直接从码头运到厂内堆场, 经过按级混合送到高炉冶炼。

康尼奥特矿石码头采取扩大堆场的办法, 以解决大湖水网一年中约四个月冰冻期的矿石供应问题。堆场系统的平面布置见图 6。

码头设计要使火车把矿石运到钢

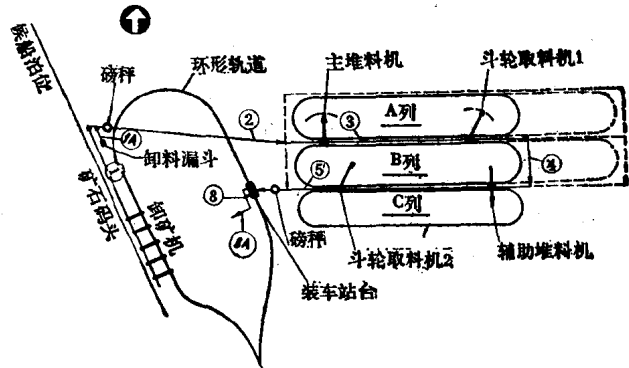


图 6 康尼奥特矿石码头工艺流程图

厂不受船舶到港的影响，而把堆存能力提高，满足冬季矿石的需要。

索罗斯设计事务所为矿石和石灰石的自动装车，设置了微型计算机控制系统。自动计算送料过程中矿石的密度、工作场地到料斗的距离、装载的车皮数量以及皮带或料斗上的矿石数量。

一个系统每小时可卸矿石10,000吨，在12小时内可装满400节火车车皮（每节车皮100吨），并可堆存各种等级矿石、球团矿、石灰石共320万吨（全年通过910万吨）。

该现代化矿石——石灰石码头和堆场系统于1971年末开始动工，1973年春竣工。最近完工是1975年的扩建工程，使码头年通过能力增到1,100万吨。

1974年码头接纳了419艘船舶，通过8,199,000吨货物，最大一次到货50,783吨。

最近美国建造的其他著名矿石码头设施有：

1. 伯利恒钢铁公司在马里兰州巴尔的摩处的斯帕罗斯角新建了一座卸矿码头，装有3台美国最大的卸矿机，总的卸矿能力每小时6,450吨（注：原文为每小时64.5亿吨）。

2. 美国金属钢铁公司在加利福尼亚州的圣佩德罗洛杉矶港，设计了一座装矿石和球团矿的码头，可在8小时内卸完200节车皮。铁路车皮可直接装船或送至堆场，每小时效率为2,700吨（注：原文为27亿吨/小时）。

## 六、其他散货码头

某些港口在多种散货装卸方面所面临的问题是怎样经济而有效的完成装卸任务，又符合环境保护条例，避免可能的交叉污染。然而各种不同批量小的散货不能采用大型专用机械设备，对港口及其所服务的地区来说，把货物进行组合在经济上特别有利。

佐治亚州萨凡纳港就遇到这个问题。该港装卸几十种从铁路和公路来的散货，包括高岭土、矿石、化学制品、化肥、渣块、花生及其他。直到最近，大船和驳船的效率都因缺乏足够的和合适的库棚以及装卸能力的低劣而不能充分发挥。因此装卸费很大，而且一旦进港，一些散货会形成粉尘，在港内造成污染。

一般传统的方法是把货物集合起来，用各种设备进行装卸，由于数量过小，无法提高设备的装卸效率。发展多货种码头是唯一的好办法，把货物组合起来，由一个高效机械进行作业，这样可以提高年通过能力。见图7。

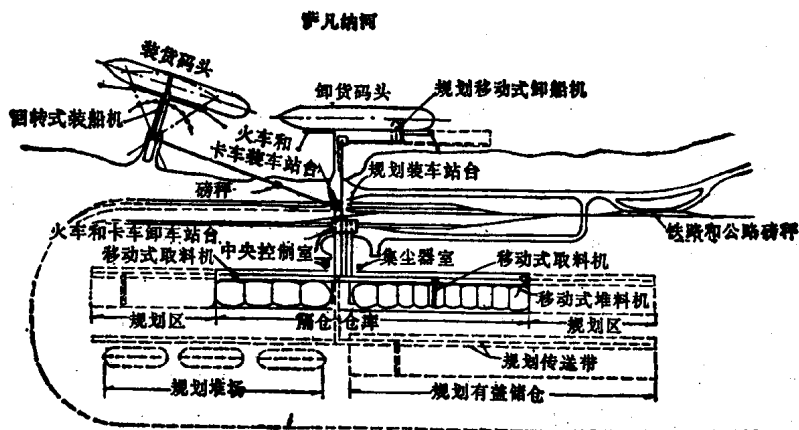


图7 多货种码头总平面图

新码头的主要特征是有一定的适应性，它既为今后的发展留有余地，又能同时进行各种货物的装卸作业。为此目的，所有库场、装卸系统能同时装卸两种不同货种，设备主要适用于大宗货种，但也兼顾其他少量货种。另一个特征是物料在运输系统中往复循环，防止装载结束时损漏。

码头分装船和卸船两个泊位，分别设有火车和卡车的装卸设备。每个泊位有两条铁路和单独的几条公路及回车道。装车或卸车站台用来装卸各种铁路和公路车辆。

有盖库场宽170英尺、长1,368英尺，有14个隔仓，堆存能力自2,500吨到8,000吨不等。在需要适应新的货运发展时，可以将长度接长到2,600英尺而不影响装卸作业。

库场备有两台移动式堆料机，其能力分别为800吨/小时和1,400吨/小时。堆装时可防止物料散落，以避免货物降级和粉尘对相邻货物的污染。

物料由移动式刮板取料机，以6英尺6英寸宽的一系列刮板将料从料堆顶连续取送到沿堆场的取料皮带，无粉尘飞扬。取料机横跨整个料堆，沿库场两侧轨道往复行走，其能力为1,400吨/小时。

这样，所有库场内的物料均可由一台单机提取，而无须推土机或流动铲斗机。各个库场设有倾斜地坪，以便在更换货种时进行扫除和清洗。

出料皮带把料送到库场中央的装料站台，并有两台供料皮带给料。设计准备将来再安装一台取料机，这样可以对两种物料同时提取。

每条铁路装车系统设有不同类型的漏斗，专门用于各种火车车皮和卡车，以提高卸料效率。皮带机系统的能力为每小时1,200吨。每条铁路或公路的装车设施连接一只100吨的调节仓，且配有装料滑槽适于顶部或侧向装车，装料能力为1,400吨/小时。

大船和驳船可由1,400吨/小时的回转式装船机装载。该机由索罗斯设计事务所首创，它有一个沿弧形轨道绕枢轴旋转的桥臂。桥臂上设有装船皮带，皮带既可伸缩，也可俯仰，直接把物料装到船舱的任何部位。

装船机的装料滑槽设有可旋转的喷水咀。其他装置与装船机皮带一样都是密闭的，并与集尘装置相连接。

## 七、液化天然气码头

目前美国国内天然气的产量，由于受到价格的影响，正在减少。新的动向是供应进口液化天然气。埃尔帕索天然气公司已与阿尔及利亚的索纳脱拉哈公司签订了一项为期20年，每年供应10亿立方英尺（注：原文为每天）的合同，于1981年开始实施。

南马里兰州的科佛角码头将投资2.25亿美元进行建造，并投资7,500万美元建筑一条长86英里的管线与弗吉尼亚州卢都县（Loudoun County）哥伦比亚天然气公司的干管相接。上述投资是可观的，但比起包括9艘新的液化天然气船（每艘1亿美元）在内的水上运输系统的18亿美元的投资来，可谓小巫见大巫了。今后由阿尔及利亚来的液化天然气船，每隔二天半将来港卸货。

该卸货码头是十分特殊的。原来的设想是把码头伸到距岸约6,000英尺外的40英尺等深线处，管道由岸上通过栈桥敷设至码头。然而，由于环境保护条件的限制，纵使设计上能完全妥善处理好环境保护方面提出的问题，也受到法律上的困难。这样，一个独特、但造价略高的方案诞生了。

一座2,500英尺长的预应力混凝土桩基预制装配码头坐落在离岸6,000英尺的近海，管道系统敷设在5,200英尺长的海底隧道内。隧道沉埋在开挖的基槽内。它包含两条8英尺宽放置低温管的分隔通道，中间是6英尺宽的长廊，备检修管道并通至码头。每条分隔通道有一根32英寸低温液化天然气管和一根14英寸蒸气回管。交通长廊将设置辅助管道、通讯线路和供电电缆。

隧道基本上采用随挖随填的施工方法，这种方法曾用于穿越河口软土地基的公路隧道。钢管外壳具有混凝土衬砌。浮运到施工现场后，沉至预定位置，接头以导管浇筑混凝土封没。

科佛角码头的卸货码头、水下隧道和陆上操作区布置简图见图8。为了减轻陆上贮库设施对环境的影响，设有广大的缓冲区。

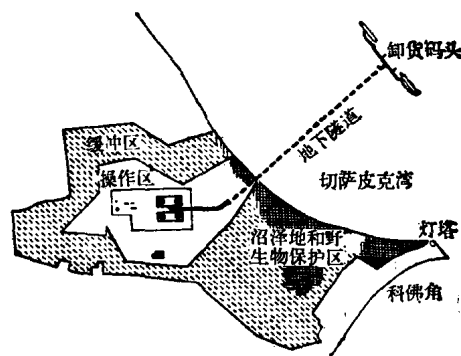


图8 科佛角码头简图

## 八、深水进口石油码头

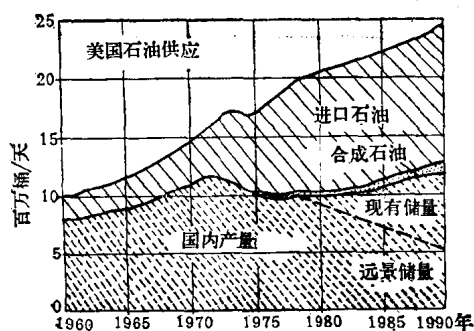


图9 美国石油供应资源图

第二次世界大战前，美国是全世界的主要石油输出国。但是自从能源需要不断增加，超过美国国内生产能力后，1960年就从国外进口180万桶/天。以后急剧增加，到1976年已达到800万桶/天。石油禁运曾产生过暂时的刺激效果，企图以别的能源代替某些需要。但实际上一切计划表明，直到本世纪末仍需依靠国外进口石油。由埃索公司制订的石油供应资源计划（图9）是经过周密考虑并按适当比例以确定



图10 防区石油管理局划分的分区图