

交通部第一航务工程勘察设计院 编

海港工程设计手册

HANDBOOK
FOR DESIGN OF
SEA HARBOUR

中册



日照港开敞式煤炭出口码头全景
A Full View Of RIZHAO Open-sea Coal Export Terminal

人民交通出版社

HANDBOOK FOR DESIGN OF SEA HARBOURS

海港工程设计手册

(中 册)

交通部第一航务工程勘察设计院 编

人民交通出版社

(京)新登字 091 号

(京)工商广临字 214 号

内 容 提 要

本手册共分上、中、下三册,其中上册为海港总平面及装卸工艺,包括:设计条件、港址选择、港口水域及陆域布置、各专业码头的装卸工艺及设备选型和港口经济效益分析。中册为港口水工建筑物设计,包括:设计荷载、结构选型、各种码头结构的设计、码头设备、防波堤、防沙堤及护岸和外海灯塔等。下册为港区陆域建筑物和附属设施,包括:港区客运站、港口仓库、储油设施、港区辅助建筑物、港区道路堆场、港区给排水和供热采暖通风、供电照明、港区通信和环保设计。

本手册可供从事港口管理、设计、科研、施工等工程技术人员和管理人员使用,也可供港航专业院校师生参考。

海港工程设计手册

(中 册)

交通部第一航务工程勘察设计院 编

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京巨山印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 45.75 彩插: 5 字数: 1180 千

1994 年 1 月 第 1 版

1994 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册 定价: 75.00 元

ISBN 7-114-01555-0

U · 01043

编委会名单

主 编: 顾民权

常务副主编: 谢世楞

副 主 编: 谢世楞、翁祖章、刘永绣、王守忠、邢 复、杨希宏、贺 铮

编 委: 杨桂樨、孙家明、任福延、王美茹、乐金荣、王精勇、高洪富、杨希宏、冯敏亮、
高景民、徐德沛、黄显清、秦学淮

本册主编: 谢世楞、邢 复

编写顾问名单

刘济舟、袁一虹、邹觉新

本册主审人名单

刘济舟、袁一虹、仇伯强、程觉书、俞 颖、邢次青

本册编写人员名单

谢世楞、邢 复、刘永绣、贺 铮、高洪富、马继祥、傅爱诗、宋爱平、郭莲清、何月玲、冯仲武、
王美茹、徐竞进、孙玉卿、邓重健、王 琦、徐德沛、谢善文、邱友政、金志良

责任编辑: 胡 星、董雅文

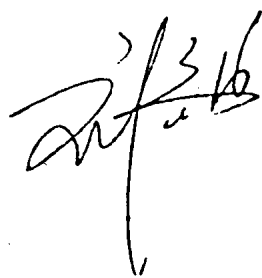
插图设计: 陈 竞

序

我国港口建设凡四十余年,不论是老港的改造、扩建,或是新港的建设,均已取得令世人瞩目的成就。港口的吞吐量与解放初期相比,已增加了数十倍,达近6亿吨。港口工程建设的大量实践经验和教训,使我们掌握了一整套适合我国国情,并正在继续向前发展的港口工程技术。

我们多么希望能够完整地、毫无保留地将几十年来获得的经验和教训整理出来,作为今后工作的基础。《港口工程技术规范》自1975年陆续颁布与实施,有些已开始修订;“水运工程技术四十年”的总结工作也在进行。但从设计角度考虑,迫切需要一本内容全面、科学、可操作性强的技术手册供设计人员参考使用。过去虽出版过《码头设计》和《海港码头结构设计手册》等,但因出版时间太早,其内容已远远落后于今天的发展。今获悉《海港工程设计手册》,历经五载,即将出版,倍感欣慰。此手册的出版无疑为广大港口设计人员提供了一件十分有用的工具,必将有助于港口设计水平的进一步提高。

衷心感谢编写者们的辛勤劳动和无私奉献。
是为序。



1994年1月

前 言

科学技术进步的最终目的,是向生产力转化。本手册的编写,旨在总结近期国内外港工技术发展中的理论和经验,用之于港口工程设计工作,为迅速发展中的我国港口建设事业,作出贡献。

本手册是在交通部的直接关怀和支持下,以我院 1975 年编写的《海港码头结构设计手册》为基础,由我院组织各专业设计人员通过几年的努力,在各兄弟单位和同行的支持下编写完成的。

本手册的编写,力求理论与经验并重,富有实用性。全书内容共分三卷:上册(海港总体及装卸工艺设计)、中册(港口水工建筑物设计)、下册(海港陆域建筑物及附属设施),包括了港口工程设计中的主要内容,但由于篇幅所限,一些与港口设计有关但属于常规的土木、水利、水文、地质、输变电、通信、无线电导航等内容,未列入编写范围。

在本手册编写过程中,凡是现行《港口工程技术规范》中已有相应规定的内容,则与规范的有关规定尽可能取得统一;尚无现行相应规范的章节,以结合国内已有的工程设计总结和经验编写;对国内目前还没有相应工程经验的章节,则尽可能介绍国外的工程实例和经验。对于在《港口工程技术规范》颁布后,目前已有新的科研成果和新经验的部分,在编写中也尽可能地充实进来,以便进一步丰富本手册内容。编写中,注意了各专业计量、术语和符号的统一,但由于专业多、涉及面广,仍难免有疏忽错误之处。

稿件完成后,承邹觉新、仇伯强、邢次青、洪承礼、程觉书、俞颖、李景奎、汤华畅、田佐臣、张文全对所分担的有关章节作了认真的审查并提出了很多宝贵的意见。本手册的技术顾问刘济舟总工程师、袁一虹司长对全稿作了系统的审定,人民交通出版社对本手册的编辑出版给予了很大的支持和帮助,对上述各方面的领导与专家为本手册所作出的贡献,在此一并表示感谢。

本手册是国内首次编写的港口工程方面的大型设计手册,限于我院水平和时间仓促,在内容和深度上难免有不当之处,敬请各兄弟单位及广大读者对本手册提出宝贵意见。

交通部第一航务工程勘察设计院

1993 年 12 月

目 录

第一章 荷载	(1)
第一节 建筑物等级.....	(1)
第二节 荷载的分类及组合.....	(1)
第三节 建筑物的自重力.....	(3)
第四节 堆货及人群荷载.....	(4)
第五节 装卸机械荷载.....	(10)
第六节 铁路荷载.....	(18)
第七节 汽车荷载.....	(21)
第八节 船舶荷载.....	(24)
第九节 波浪力.....	(30)
第十节 冰荷载.....	(59)
第十一节 水流力.....	(62)
第十二节 风荷载.....	(67)
第十三节 土压力.....	(69)
第十四节 地震力.....	(80)
第十五节 工程结构荷载概率模型.....	(102)
第二章 码头结构型式及其选择	(114)
第一节 码头结构型式的的选择原则.....	(114)
第二节 码头结构型式.....	(116)
第三章 重力式码头	(149)
第一节 概述.....	(149)
第二节 断面设计.....	(153)
第三节 结构计算.....	(158)
第四节 构造要求.....	(177)
第五节 算例.....	(180)
第四章 板桩码头	(188)
第一节 概述.....	(188)
第二节 板桩码头的构造.....	(192)
第三节 板桩结构计算.....	(200)
第四节 锚碇结构计算.....	(229)
第五节 帽梁、导梁及胸墙结构计算.....	(239)
第六节 整体稳定计算.....	(242)

第七节 算例	(244)
第五章 高桩码头	(261)
第一节 概述	(261)
第二节 上部结构计算	(263)
第三节 上部结构构造	(280)
第四节 桩基设计	(284)
第五节 地基加固措施	(305)
第六节 接岸结构和整体稳定性验算	(321)
第七节 算例	(328)
第六章 浮码头	(379)
第一节 概述	(379)
第二节 趸船	(379)
第三节 趸船的锚系和支撑设施	(385)
第四节 引桥	(394)
第五节 斜坡式护岸	(396)
第七章 外海开敞式泊位	(398)
第一节 开敞式固定码头	(398)
第二节 单点系泊	(414)
第八章 码头设备	(429)
第一节 概述	(429)
第二节 系船设备	(429)
第三节 防冲设备	(438)
第四节 码头路面	(451)
第五节 码头面轨道	(456)
第六节 码头供水及供电管沟等设施	(469)
第七节 爬梯和阶梯	(471)
第九章 防坡堤	(473)
第一节 设计原则和设计标准	(473)
第二节 防波堤的结构型式及适用条件	(475)
第三节 斜坡堤设计	(476)
第四节 直立堤设计	(507)
第五节 特种防波堤	(537)
第六节 潜堤	(539)
第七节 软基加固	(546)
第八节 防波堤的破坏和防止	(549)
第九节 算例	(555)
第十章 防沙堤、丁坝及护岸	(573)
第一节 防沙堤	(573)
第二节 丁坝	(579)

第三节 护岸.....	(582)
第十一章 灯塔.....	(590)
第一节 外海灯塔.....	(590)
第二节 外海灯塔实例.....	(593)
附录.....	(598)
主要参考文献.....	(709)
编后语.....	(710)

第一章 荷 载

荷载是设计港口水工建筑物的重要参数。本章讨论的主要问题有：

- ①按建筑物的重要性确定其等级从而为结构设计选取相应的安全系数；
- ②按荷载的实际作用性质进行合理的分类；
- ③合理确定各项荷载数值；
- ④合理确定荷载的作用位置及范围；
- ⑤对可能同时出现的各种荷载进行相应的组合，以便进行结构分析。

第一节 建筑物的等级

一、建筑物等级的划分原则

港口水工建筑物等级的划分，主要根据港口在政治、经济、国防方面的重要性来确定。对同一港口中的各种水工建筑物，还要依据其在整个港口中的作用予以区别。

二、建筑物等级的划分

港口水工建筑物等级，按《港口工程技术规范（1987）》中的规定，划分为三级：

I级建筑物：重要港口的主要建筑物，其破坏后会造成重大损失者；

II级建筑物：重要港口的一般建筑物或一般港口的的主要建筑物；

III级建筑物：小港口中的建筑物或其它港口的附属建筑物。

建筑物等级的划分，主要用于水工结构物设计中安全等级的确定，从而确定结构设计中相应的安全系数。对III级建筑物，当自然条件比较复杂且资料不足时，为使其安全度得到保证，在选用安全系数时，经论证后可提高一级采用。对I、II级建筑物，当资料比较充足，且有较成熟的建设经验时，经论证也可将建筑物等级降低一级选用安全系数。

对港口中的临时性建筑物，可根据具体情况确定其等级。

第二节 荷载的分类及组合

一、荷载的分类方法

对港口水工建筑物所承受的荷载，大体上有如下几种分类方法：

(一)按荷载在时间 t 的变异，可分为：

1. 恒载（永久作用）：在结构设计基准期内，其量值不随时间而变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载，如建筑物的自重、水位以下的土压力及预加应力等。

2. 活载(可变作用):在结构设计基准期内,其量值随时间而变化,且其变化与平均值相比不可忽略的荷载,如堆货荷载,船舶荷载,流动起重运输机械荷载,自然荷载及施工荷载等。

3. 偶然荷载:在结构使用期内,不一定出现,一旦出现,其量值一般很大但持续时间较短的荷载,如地震荷载等。

(二)对荷载进行组合时,可分为:

1. 设计荷载:在正常使用或正常工作条件下,作用在建筑物上的荷载。
2. 校核荷载:在使用或工作条件下,其出现机率小于相应设计荷载出现机率的荷载。
3. 特殊荷载:偶然作用在建筑物上的荷载。

(三)按荷载在空间的变异,可分为:

1. 固定荷载(固定作用):在结构空间位置上具有固定分布的荷载,如建筑物的自重力、固定设备重力、土压力及预应力等。

2. 自由荷载:在结构空间位置上的一定范围内可以任意分布的荷载,如堆货荷载、流动起重机械荷载、人行荷载等。对自由荷载,在进行荷载组合时,可按其相应的不利位置进行布置。

(四)按荷载在结构上的反应,可分为:

1. 静态荷载:在结构或结构构件上不产生加速度或其加速度可忽略不计的荷载,如堆货荷载、建筑物自重力等。

2. 动态荷载:在结构或结构构件上引起的加速度不能忽略的荷载,如汽车荷载、流动起重机械荷载及波浪力、风压力等。对动态荷载,应按结构动力学方法进行结构分析。通常规范中均采用以静态荷载乘以相应动力系数后,按静力学方法进行结构分析,但对重要的高耸结构必需进行结构动力分析。

二、荷载组合原则

为使港口建筑物的设计既经济合理又稳妥可靠,在进行荷载组合时,应遵循以下原则:

(一)对实际有可能同时作用在建筑物上的各种荷载,应按其可能发生的最不利情况分别进行各种组合。

(二)对同一建筑物的不同计算项目(如结构构件计算和整体稳定计算等),应分别按各自的最不利情况进行荷载组合。

(三)对受水位影响的建筑物,在进行荷载组合时,应把水位作为一个重要组合条件。

(四)当荷载组合中包括施工荷载时,一般应作为校核组合。

(五)在荷载组合中,对两个或两个以上其各自出现机率均较小的荷载,由于彼此相遇的机率更小,可不把它们组合在一起或降低其组合等级。

(六)当有类似工程设计经验时,通常可仅就对工程起控制作用的一种或几种组合进行计算。

三、荷载组合

港口水工建筑物的荷载组合,可分为以下三种:

(一)设计组合:对设计荷载进行的最不利组合;

(二) 校核组合：包括校核荷载的组合；

(三) 特殊组合：包括特殊荷载的组合。

第三节 建筑物的自重力

一、建筑物自重力的确定

建筑物自重力包括：建筑物、位于建筑物上（中）的各种填料和固定在结构上的设备的重力。其中对建筑物，通常可根据结构或构件的设计几何尺度确定的体积乘以其材料重度的办法确定。

二、主要建筑材料的重度

建筑材料的重度，应根据材料的实际状态进行测定，在缺乏实测资料时，可采用表 1-3-1 所列数值。

常用材料重度

表 1-3-1

序号	类别及名称	重度 (kN/m ³)	说 明
1	钢铁 1) 钢、铸钢 2) 铸铁	78.5 72.5	
2	混凝土 1) 混凝土 2) 钢筋混凝土	23.0~24.0 24.0~25.0	
3	浆砌料石 1) 花岗石 2) 石灰石 3) 砂 岩	26.0~27.0 25.0 24.0	
4	浆砌块石 1) 花岗石 2) 石灰石 3) 砂 岩	24.0~25.0 23.0~24.0 22.0	
5	干砌块石 1) 花岗石 2) 石灰石 3) 砂 岩	22.0 21.0 20.0	
6	回填材料 1) 抛块石 抛块石 (水下) 2) 抛碎石 抛碎石 (水下)	17.0~18.0 10.0~11.0 16.0~17.0 10.0~11.0	

续上表

序号	类别及名称	重度 (kN/m ³)	说明	
6	3) 砂 土 (湿)	18.0	适用于粒径小于 0.1mm 颗粒含量不大于 10% 的情况	
	砂 土 (很湿)	20.0		
	4) 砂			
	细砂	18.0		
	细砂 (水下)	9.0		
	中砂	18.0		
	中砂 (水下)	9.5		
	粗砂	18.0		
	粗砂 (水下)	9.5		
	5) 砂夹卵石 (湿)	19.0		
	6) 灰土 (3:7 或 2:8)	18.0~19.0		压实 湿的
	7) 煤渣	10.0~12.0		
煤渣 (水下)	4.0~5.0			
8) 粉煤灰	12.0			
粉煤灰 (潮差段)	16.0			
粉煤灰 (水下)	7.0			
7	1) 沥青碎石路面	18.0	细砂 中砂	
	2) 泥结碎石路面	21.0		
	3) 沥青混凝土路面	20.0		
	4) 沥青混凝土路面	22.0		
8	铁路碎石道碴	20.0	包括线路上部建筑	

注：表中未注明者均为水上重度。

第四节 堆货及人群荷载

一、确定堆货荷载时应考虑的主要因素

(一) 装卸及堆码垛工艺

一般货物的堆码垛，通常由装卸机械进行。不同机械性能上的差异，直接影响货物堆存的极限高度；即使是同一种货物，由于所用装卸工艺不同，其堆货荷载值也不相同。如散货的堆垛，采用一般流动皮带机一次堆高达 5.5m；用门式起重机配抓斗可达 9~10m；而用单斗装卸车则只能堆到 2.5m。

(二) 货种及包装方式

不同货物重度上的差异，造成相同堆存条件下，其荷载值也有差异。有些货物，由于自身的原因必须对堆高加以限制，如堆煤过高会引起自燃，袋装水泥堆得太高不仅会压坏纸袋，而且会使水泥结块，造成货损；圆木、橡胶堆得太高易滚落发生事故。

(三) 货物的批量和堆存期

货物在港内通常都分票（货主）堆存，除大宗货物外，小批量货物或零担货不可能堆成大堆。另外，从管理上来说，临时堆存的货物，为拆垛方便，不宜堆得太高；只有堆存期较长的货物，为了提高库场利用率，才有可能堆成大堆。

(四) 码头的结构型式

不同结构型式的码头,对堆货荷载反应的敏感程度有很大差别。如对高桩梁板结构,堆货荷载的增加,可使其构件内力成比例增加;对重力式实体结构,堆货荷载是通过土压力传到结构上的,由于土壤自重压力的存在使堆货荷载的增加对土压力并不造成倍增长。另外,一般件杂货并非分布荷载,而是通过货盘或垫舱板以线荷载形式作用于码头上,因而对高桩梁板结构和重力式结构,其换算的均布荷载值是有差异的。

(五) 管理水平

实际货物的堆货荷载值及其作用范围,与港口营运的管理水平有很大关系。凡是管理比较严格的库场,不仅货物堆存井井有条,其库场利用率也高,一般不会出现超载情况;否则,会出现乱堆乱放,库场利用率低,且往往发生严重超载,造成库场沉陷过大和码头结构的损坏。

二、堆货荷载的分区

根据港口码头的实际营运情况和多年使用经验,现行荷载规范,将码头堆货荷载的分布分成三个区域,即码头前沿、前方堆场和后方堆场。

(一) 码头前沿

在大多数情况下,码头前沿不堆货物,仅作为流动起重机械进行装卸作业和各种运输设备的通道和货物的倒载场地;其分布宽度:对设有门式起重机的码头,取 14m(即从门式起重机后轨外 1.5m 到码头前沿线的实际距离);对于没有设置门式起重机的码头通常取 10m。必须指出,上述宽度与码头平面布置设计所确定的码头前沿宽度是两个概念。因上述前沿宽度仅适用于码头的结构设计,因而采用的是可能出现的最小宽度。

(二) 前方堆场

该部位是港口件杂货泊位中利用率最高的堆场,因该部位使用最方便,货物运距最短,因而在实际使用中,前方堆场也是件杂货泊位中实际堆存荷载最大的部位;其宽度对设有门式起重机情况,取 18m 或 23m(分别对应于门式起重机最大回转半径为 25m 和 30m 的情况),该宽度是按门式起重机吊臂可以伸到的位置确定的,详见图 1-4-1。对于不设门式起重机的码头,由于各港采用的装卸设备和管理使用经验不尽相同,因而对前方堆场宽度难作出统一的规定,而应按使用的实际情况确定;对于设有前方仓库的泊位,由于管理上的习惯,通常采用与前方仓库等宽。

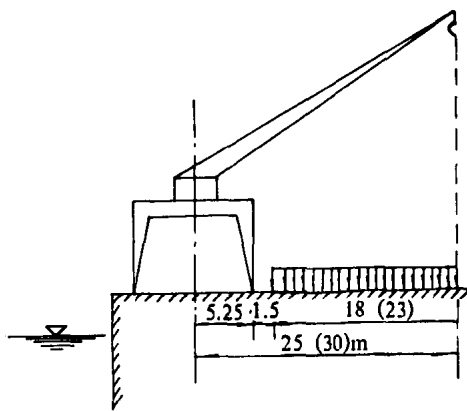


图 1-4-1 前方有门机的码头的前方堆场宽度

(三) 后方堆场

通常指前方堆场以后的堆场。后方堆场通常位于港口水工建筑物边缘或以外。由于该部位对码头结构物的影响较小,因而在使用管理上并不像前方堆场那么严格。通常用来堆存批量较大、堆存期较长的货物,或堆存较重的五金钢铁等荷载值较大的货物。由于该部位一般不设置门式起重机等大型装卸设备,因而其货物堆高受到一定限制,其荷载值不会大于前方堆场相

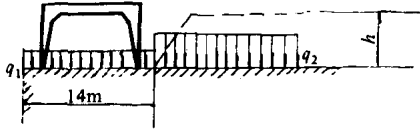
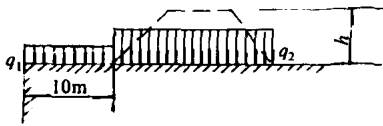
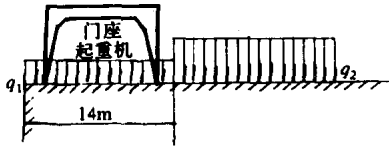
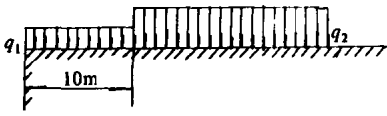
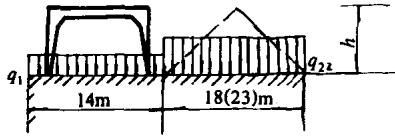
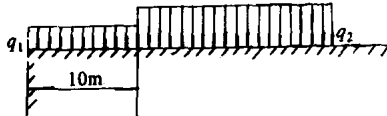
同货种的荷载值。

海港码头堆货荷载

表 1-4-1

序号	码头类别	荷载图式	结构型式	堆货荷载(kN/m ²)			说明
				前沿 q_1	前方堆场 q_2		
					构件计算	整体计算	
1	件杂货码头		不限	20	40(60)	30(40)	前方堆场有少量钢铁时用()内数值。码头前沿有重件落地时 q_1 用 30 kN/m ² 。门机下无铁路时 q_1 用 25 kN/m ²
2	客货码头		不限	20	30	25	
3	散货码头		透空式	20	100	80	垛高 h 按 4m 考虑
			实体式	20	150	120	垛高 h 按 6m 考虑
	(1) 金属矿石		不限	30 (50)	70	60	前沿经常堆货时用()内数值
	(2) 煤码头		不限	20	100	70	垛高 h 按 10m 考虑

续上表

序号	码头类别	荷载图式	结构型式	堆货荷载(kN/m ²)			说明
				前沿 q_1	前方堆场 q_2		
					构件计算	整体计算	
	(2) 煤码头		不限	20	100	100	双线门机垛高 h 按 10m 考虑
			不限	20 (30)	50	50	垛高 h 按 5m 考虑 前沿需堆货时 用 () 内数值
3	(3) 非金属矿石(包括砂、石料)码头		不限	20	80 (100)	60 (80)	前方堆场堆存量较大时 用 () 内数值
			不限	20 (30)	60	60	前沿经常堆货时 用 () 内数值
	(4) 盐码头		不限	20	90	60	垛高 h 按 10m 考虑
			不限	20	50	50	垛高 h 按 5.5m 考虑

续上表

序号	码头类别	荷载图式	结构型式	堆货荷载 (kN/m ²)			说明
				前沿 q_1	前方堆场 q_2		
					构件计算	整体计算	
4	五金 钢铁 码头		不限	30	80	60	
5	油 码头		不限	5~10 (15)	—	—	前沿堆桶装油 时用()内数 值
6	木材 码头		不限	20	30	25	
7	港 作船 码头		不限	10~20	10~20	10~20	

注：① q_2 的分布宽度（除注明者外）应根据使用要求确定。 q_2 范围以后的堆货荷载值，应按表 1-4-2 后方堆场荷载采用。

②当码头前沿布置有双股以上铁路时， q_1 的分布宽度，应根据实际情况确定。

③荷载图式中，当门座起重机吊幅分别为 25m 及 30m 时， q_2 分布宽度分别为 18m 及 23m。

④计算土压力时，应按整体计算荷载值采用。

⑤码头前沿有重物落地或拖拉重物时，应采取措施，将荷载适当扩散。不应提高堆货荷载值。

三、堆货荷载的标准值

荷载规范中所规定的堆货荷载值，基本是按尽量满足码头实际使用要求的原则确定的。现就各区荷载值的确定情况分别说明如下：

（一）前沿堆货荷载 q_1

不按货物堆存情况确定，主要是从码头结构设计的安全出发，给定荷载值。根据我国 40 年来港口建设经验，一般 q_1 均采用 20kN/m^2 （81% 以上工程采用该值）；对于前方不设门式起重机的散货码头（金属矿石、建筑材料、煤等），为缩短船舶在港时间，卸船可能临时堆存散货，故根据实际可能的堆存情况， q_1 值可采用 30 或 50kN/m^2 ；对油码头 q_1 值降低至 $5\sim 10\text{kN/m}^2$ 。