

中华人民共和国石油天然气行业标准

油罐区防火堤设计规范

Design specification for fire-dike in tank farm

SY/T 0075—2002

主编单位：中国石油天然气管道工程有限公司

批准部门：国家经济贸易委员会

石油工业出版社

2002 北 京

目 次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 防火堤的布置	4
3.1 一般规定	4
3.2 布置	5
4 防火堤的选型与构造	7
4.1 选型	7
4.2 构造	7
5 防火堤的强度及稳定性验算	10
5.1 荷载组合及内力计算	10
5.2 强度验算	19
5.3 稳定性验算	19
附录 A 土压力系数表	22
附录 B 防火堤基底的摩擦系数	24
标准用词和用语说明	25
附件 油罐区防火堤设计规范 条文说明	26

中华人民共和国国家经济贸易委员会

公 告

2002 年第 32 号

公布 78 项石油行业标准

国家经贸委批准 78 项石油行业标准，现予公布，自 2002 年 8 月 1 日起实施。

以上标准由石油工业出版社出版、发行。

附件：78 项石油行业标准名称及编号

中华人民共和国国家经济贸易委员会

2002 年 5 月 28 日

附件:

78 项石油行业标准名称及编号

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
1	防腐蚀工程经济计算方法	SY/T 0042—2002	SYJ 42—89
2	油气田工程测量规范	SY/T 0054—2002	SY/T 0054—93
3	油罐区防火堤设计规范	SY/T 0075—2002	SY 0075—93
4	钢制储罐内衬环氧玻璃钢技术标准	SY/T 0326—2002	
5	埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准	SY/T 0413—2002	SY/T 4013—95
6	石油天然气金属管道焊接工艺评定	SY/T 0452—2002	SY 4052—92
7	油气管道钢制对焊管件设计规程	SY/T 0518—2002	SY/T 0518—92
8	地震检波器 第3部分 涡流式检波器	SY/T 5046.3—2002	
9	地震检波器 第4部分 动圈式加速度检波器	SY/T 5046.4—2002	
10	钻修井用割刀	SY/T 5070—2002	SY 5070—91 SY 5424—91 SY/T 5688—95

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
11	评定井身质量的项目和计算方法	SY/T 5088—2002	SY/T 5088—93
12	钻井液用磺化褐煤 SMC	SY/T 5092—2002	SY/T 5092—93
13	井口装置和采油树规范	SY/T 5127—2002	SY 5127—92 SY 5279.1—91 SY 5279.2—91 SY 5279.3—91 SY 5156—93
14	石油钻机用离心涡轮液力变距器	SY/T 5141—2002	SY/T 5141—93
15	岩石中金属元素原子吸收光谱测定方法	SY/T 5161—2002	SY 5161—87
16	钻柱转换接头	SY/T 5200—2002	SY 5200—93
17	岩样的自然伽马能谱分析方法	SY/T 5252—2002	SY/T 5252—91 SY/T 5253—91
18	偏心配水工具	SY/T 5275—2002	SY 5275—91
19	港口装卸用输油臂	SY/T 5298—2002	SY/T 5298—91
20	陆上地震勘探资料采集质量检查与验收	SY/T 5314—2002	SY/T 5314—95
21	撞击式井壁取心技术规程	SY/T 5326—2002	SY/T 5326—93 SY/T 5605—93
22	压裂用田菁胶	SY/T 5341—2002	SY/T 5341—88

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
23	储层敏感性流动实验评价方法	SY/T 5358—2002	SY/T 5358—94
24	扩张式封隔器	SY/T 5404—2002	SY/T 5404—91
25	特殊取心工具	SY/T 5414—2002	SY 5414—91 SY/T 6200—1996
26	石油修井绞车	SY/T 5470—2002	SY 5470—92
27	石油钻机用绞车	SY/T 5532—2002	SY/T 5532—92
28	石油钻机用 DS 系列电磁涡流刹车	SY/T 5533—2002	SY/T 5533—92
29	原油管道试运投产规范	SY/T 5536—2002	SY/T 5536—92
30	凝析气藏流体物性分析方法	SY/T 5543—2002	SY/T 5543—92
31	单螺杆抽油泵	SY/T 5549—2002	SY 5549—92
32	裸眼井、套管井测井作业技术规程	SY/T 5600—2002	SY/T 5600—93 SY/T 5606—93
33	电缆输送射孔施工技术规程及质量评定	SY/T 5604—2002	SY/T 5604—93
34	试油测试工具性能检验技术规程	SY/T 5710—2002	SY/T 5712—95 SY/T 5710—95
35	石油地质岩石名称及颜色代码	SY/T 5751—2002	SY/T 5751—1995

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
36	管输原油降凝剂	SY/T 5767—2002	SY/T 5767—1995 SY/T 5887—93
37	可控源声频大地电磁 法勘探技术规程	SY/T 5772—2002	SY/T 5772—1995
38	山区地震勘探测量技 术规程	SY/T 5775—2002	SY/T 5775—1995
39	注入、产出剖面测井 资料解释规程	SY/T 5783—2002	SY/T 5783—93
40	套管整形与密封加固 工艺作法	SY/T 5790—2002	SY/T 5790—93
41	地面重力勘探技术规 程	SY/T 5819—2002	SY/T 5819—93
42	抽油杆扶正器	SY/T 5832—2002	SY/T 5832—93
43	油水井化学剂解堵经 济效果评价方法	SY/T 5849—2002	SY/T 5849—93
44	采气工程劳动定额	SY/T 5896—2002	SY/T 5896—93
45	输气工程劳动定额	SY/T 5897—2002	SY/T 5897—93
46	钻井液用聚丙烯酰胺 钾盐	SY/T 5946—2002	SY/T 5946—94
47	石油重力、磁力、电 法、地球化学勘探图 件	SY/T 6055—2002	SY/T 6055—94

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
48	地层岩石热物性参数的测定方法	SY/T 6107—2002	SY/T 6107—1994
49	碳酸盐岩气藏开发地质特征描述	SY/T 6110—2002	SY/T 6110—94
50	天然气管道试运投产规范	SY/T 6233—2002	SY/T 6233—1996
51	油井管全尺寸试验方法 油、套管螺纹上卸扣试验	SY/T 6238.2—2002	
52	石油工业作业场所劳动防护用具配备要求	SY/T 6524—2002	
53	泡沫排水采气推荐作法	SY/T 6525—2002	
54	盐酸与碳酸盐岩动态反应速率测定方法	SY/T 6526—2002	
55	电、声成像测井原始资料质量规范	SY/T 6527—2002	
56	岩样介电常数测量方法	SY/T 6528—2002	
57	原油库固定式消防系统运行规范	SY/T 6529—2002	
58	非腐蚀性气体输送用管线管内涂层	SY/T 6530—2002	
59	油井泵体用直缝电阻焊钢管	SY/T 6531—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
60	激发极化仪校准方法	SY/T 6532—2002	
61	稳定试井测试及解释方法	SY/T 6533—2002	
62	双螺杆油气混输泵	SY/T 6534—2002	
63	高压气地下储气井	SY/T 6535—2002	
64	钢质水罐内壁阴极保护技术规范	SY/T 6536—2002	
65	天然气净化厂气体及溶液分析方法	SY/T 6537—2002	
66	配方型选择性脱硫溶剂	SY/T 6538—2002	
67	BOX 地震数据采集系统检验项目及技术指标	SY/T 6539—2002	
68	钻井液完井液损害油层室内评价方法	SY/T 6540—2002	
69	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系数设计法（增补 1）	SY/T 10009—2002	SY/T 10009—1996
70	海洋石油工程制图规范	SY/T 10028—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
71	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——工作应力设计法（增补1）	SY/T 10030—2002	SY/T 10030—2000
72	海底管道系统规范	SY/T 10037—2002	SY/T 4804—92
73	海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法	SY/T 10038—2002	SY/T 4806—92
74	浮式结构物定位系统设计与分析的推荐作法	SY/T 10040—2002	
75	石油设施电气设备安装一级一类和二类区域划分的推荐作法	SY/T 10041—2002	SY/T 4811—92
76	海上生产平台管道系统设计 and 安装的推荐作法	SY/T 10042—2002	SY/T 4809—92
77	泄压和减压系统指南	SY/T 10043—2002	SY/T 4812—92
78	炼油厂压力泄放装置的尺寸确定、选择和安装的推荐作法	SY/T 10044—2002	

前 言

本规范根据原国家石油和化学工业局国石化政发〔2000〕410号文“关于下达《2001年石油天然气、石油化工行业标准制、修订项目计划》的通知”安排，由中国石油天然气管道工程有限公司负责对《油罐区防火堤设计规范》SY 0075—93进行修订。

本次修订工作进行了大量的实地调研，总结了多年来的技术发展和实践经验，充分征求了各方面的修订意见，对内容、结构做了局部修改，增加了防火堤和隔堤的定义，明确了隔堤的作用，重新规定了罐组总容积，提高了防火堤高度，废止了素混凝土堤和毛石混凝土堤的选用。

本规范从生效之日起，同时代替SY 0075—93。

本规范由中国石油天然气集团公司提出。

本规范由中国石油天然气管道工程有限公司归口。

本规范由中国石油天然气管道工程有限公司负责解释。

本规范起草单位：中国石油天然气管道工程有限公司。

本规范主要起草人 陈辉壁 冯宝坤 刘长青 郭宝申

许启元

本规范所代替标准的历次版本发布情况为：

——SY 0075—93。

1 总 则

1.0.1 为了统一石油天然气行业的厂、站、库油罐区防火堤的设计要求，提高设计质量，确保油罐区的安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油天然气行业地上油罐区的新建和扩建工程中的防火堤设计；不适用于液化石油气和天然气凝液罐区的防护墙（堤）设计。

地上油罐区的防火堤改造工程设计，可参照本规范执行。

1.0.3 油罐区防火堤设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 防火堤 dike

油罐组在油罐发生泄漏事故时防止油体外流的构筑物。

2.1.2 油罐组 tank group

由 1 条防火堤围成的一个或几个油罐组成的储罐单元。

2.1.3 油罐区 tank

由一个或若干个油罐组组成的储油罐区域。

2.1.4 隔堤 dividing dike

为了减少油罐发生少量泄漏（如冒顶）事故时的污染范围而将一个油罐组内的油罐分成若干个分区的构筑物。

2.1.5 防火堤高 dike height

由防火堤外侧设计地面（或路面）至防火堤顶面的垂直距离。

2.1.6 防火堤有效容积 diked area capacity

一个油罐组的防火堤内可以有效利用的容积。

2.1.7 设计液面高度 deisgn height of liquid level

计算防火堤有效容积时堤内液面的设计平均高度。

2.1.8 防火堤基脚线 dike toe line

防火堤堤面或其边坡与防火堤内、外侧设计地面的交线。

注：对于内培土防火堤，基脚线指内培土坡面与设计地面的交线。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

S ——荷载效应组合设计值；

p_Y , p_E , p_d ——各种荷载水平分布标准值；

p_A, p_B, p_G ——各点土压力水平分布标准值;

$P_Y, P_t, P_E, P_d, P_{tE}$ ——各种荷载计算截面以上水平合力标准值;

$M_Y, M_t, M_E, M_d, M_{tE}$ ——各种荷载对计算截面的弯距标准值;

G_l ——每米堤长计算截面以上堤身自重荷载标准值;

G ——总垂直荷载标准值;

P ——总水平荷载标准值;

M ——总的作用于基底的倾覆力矩标准值。

2.2.2 抗力及材料特性

R_H ——基底摩擦阻力;

p_p ——被动土压力;

M_w ——稳定力矩;

ϕ ——土的内摩擦角;

C ——土的粘结力;

γ_Y ——液体的重度;

γ_t ——土体的重度;

a ——内培土水平段宽度;

β ——培土坡面与地面夹角;

d ——基础埋深;

B_1 ——防火堤平均厚度。

2.2.3 计算系数及其它

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ——根据 X/H 求得的相应系数;

μ ——基底摩擦系数;

η ——被动土压力折减系数;

K_a, K_a' ——主动土压力系数;

K_p ——被动土压力系数;

f_d ——动液压力系数。

3 防火堤的布置

3.1 一般规定

3.1.1 油罐组所设的防火堤必须是封闭的。隔堤及其与防火堤的连接也必须是封闭的。

3.1.2 防火堤和隔堤必须采用非燃烧体材料建造并满足耐火极限 4h 的要求。

3.1.3 立式油罐组的防火堤高不应低于 1.0m，且不应大于 2.2m；防火堤顶面应比计算液面高出 0.2m。隔堤高度不应小于 0.8m，且隔堤顶面至少应比防火堤顶面低 0.2m~0.3m；卧式油罐组的防火堤高不应小于 0.5m。

3.1.4 防火堤内地面设计应符合下列规定：

1 一般地区，堤内地面应有不小于 0.3% 的设计地面坡度且不宜做水泥地面或用水泥砖铺砌；

2 堤内地面为湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土时应根据其严重程度，采取措施，防止水害；

3 在南方有四季长绿草坪的地区，堤内可种植高度不超过 150mm 的草坪。

3.1.5 防火堤内地面雨水排除及其它管线穿越防火堤，应符合下列规定：

1 在堤内设置集水设施，连接集水设施的雨水排除管道应从防火堤内外设计地面以下通过，并在堤内或堤外设置可靠的截油排水装置；

2 在年降雨量不大于 200mm 或降雨在 24h 内可以渗完时，可不设雨水排除设施；

3 进出油罐组的各类管线、电缆宜从堤顶跨越或从地面以下

穿过。当必须穿过堤身时，应设置套管并应采取有效的密封措施。

3.1.6 防火堤内设计地坪不宜高于堤外消防道路路面或地面。当地形条件允许时，可采用堤内设计地面低于堤外设计地面的布置形式，此时，即使根据防火堤有效容积计算不需要设防火堤，也应设置高度不小于 1.0m 的防护墙。

3.1.7 单罐容积不小于 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ 时，宜设置进出罐组的道路。进出罐组的道路可为单车道，应从防火堤堤顶通过，该道路纵坡不宜大于 8%。

3.1.8 沿无培土的防火堤内侧修建排水沟时，沟壁的外侧与防火堤基础边缘的距离不应小于 0.5m；沿内培土的防火堤内侧修建排水沟时，沟壁的外侧与防火堤内培土基脚线的距离不应小于 0.3m，且沟内应有防渗漏的措施。

3.1.9 每一罐组防火堤上必须设置不少于 2 个跨堤人行踏步，并设置在不同方位上，隔堤也应设置跨堤人行踏步。

3.1.10 立式油罐罐壁至防火堤内侧基脚线的距离，不应小于该油罐罐壁高度的一半；卧式油罐罐壁至防火堤基脚线的距离不应小于 3m。

注：高架立式油罐（指油罐环梁顶面到场内地面距离大于 1.5m 的油罐）罐壁至防火堤内侧基脚线的距离，不应小于下述高度的一半，即该高度等于油罐罐壁高度与环梁顶面到场内地面距离之和减去 1.5m。

3.2 布 置

3.2.1 油罐组总容积应符合下列规定：

- 1 固定顶油罐总容积不应大于 $12 \times 10^4 \text{m}^3$ ；
- 2 浮顶油罐（包括内浮顶油罐）总容积不应大于 $60 \times 10^4 \text{m}^3$ ；
- 3 油罐组内油罐数量，当单罐容积不小于 1000m^3 时不能多于 12 座；当单罐容积小于 1000m^3 或储存丙 B 类油品的油罐，单罐数量不限。
- 4 油罐组内宜布置同类火灾危险性的油品油罐。

3.2.2 油罐组防火堤有效容积应符合下列规定：

- 1 固定顶油罐，不应小于罐组内一个最大油罐的容积；
- 2 浮顶油罐（包括内浮顶油罐），不应小于罐组内一个最大油罐容积的一半；
- 3 当固定顶油罐与浮顶油罐同组布置时，应取分别按以上两款规定计算较大值。

3.2.3 防火堤有效容积按下式计算：

$$V = AH_j - (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) \quad (3.2.3)$$

式中 V ——防火堤有效容积 (m^3)；

A ——由防火堤中心线围成的水平投影面积 (m^2)；

H_j ——设计液面高度 (m)；

V_1 ——防火堤内设计液面高度内的一个最大油罐的基础体积 (m^3)；

V_2 ——防火堤内除一个最大油罐以外的其它油罐在防火堤设计液面高度内的液体体积和油罐基础体积之和 (m^3)；

V_3 ——防火堤中心线以内设计液面高度内的防火堤体积和内培土体积之和 (m^3)；

V_4 ——防火堤内设计液面高度内的隔堤、配管、设备及其它构筑物体积之和 (m^3)。

3.2.4 油罐组内应按下列要求设置隔堤：

- 1 单罐容积大于 $1 \times 10^4 m^3$ 的油罐，隔堤内油罐数量不应大于 2 座；
- 2 单罐容积为 $3000 m^3 \sim 10000 m^3$ 的油罐，隔堤内油罐数量不应大于 4 座；
- 3 单罐容积小于 $3000 m^3$ 的油罐，隔堤内油罐数量不应大于 6 座；
- 4 丙 B 类油品油罐，隔堤内油罐数量不受以上限制，可根据具体情况设置高度不小于 0.5m 的隔堤。

4 防火堤的选型与构造

4.1 选 型

4.1.1 防火堤的选型原则：在满足耐燃烧性、密封性、结构强度和稳定性的前提下，因地制宜，合理选型，达到经济合理、安全耐久的效果。

4.1.2 防火堤的选型应符合下列规定：

- 1 土筑防火堤，适用于占地、土质条件能满足需要的地区；
- 2 钢筋混凝土防火堤适用于抗震设防烈度大于 6 度的地震区、用地紧张地区或大型油罐区，当地下水对混凝土有腐蚀时，应采取防护措施；
- 3 浆砌毛石防火堤，适用于抗震设防烈度不大于 7 度且地质条件较好、不易造成基础不均匀沉降的地区；
- 4 砖砌防火堤，用于低洼盐碱地区时应采取可靠的保护措施。

4.2 构 造

4.2.1 防火堤（土堤除外）基础埋置深度应根据工程地质、建筑材料、冻土深度等因素及稳定性计算要求确定，且不宜小于 0.5m。

4.2.2 防火堤（土堤除外）应设置变形缝。变形缝的间距应根据防火堤的材料、气候和地质特点按有关规范确定。一般地区，钢筋混凝土防火堤的温度变形缝间距不宜大于 40m，浆砌毛石防火堤的温度变形缝间距不宜大于 20m，砖砌防火堤的温度变形缝间距不宜大于 30m。变形缝缝宽 30mm~50mm，变形缝应采用非燃烧的柔性材料或采取可靠的构造措施密封。

4.2.3 防火堤（土堤除外）应采取在堤内侧培土或喷涂防火涂料等保护措施，并应符合下列规定：

1 防火堤内侧培土高度与堤同高；培土坡度（高宽比）应为 1:1.00~1.25；培土顶面宽度不应小于 300mm；培土应分层压实，坡面应拍实，压实系数不应小于 0.85；培土表面应做面层，面层应能有效地防止雨水冲刷、小动物破坏和杂草生长。

2 防火涂料的抗压强度不应低于 1.5MPa，与混凝土的粘结强度不应小于 0.15MPa，耐火极限不应小于 2h，冻融实验 15 次强度无变化，耐雨水冲刷和适应潮湿工作环境。

4.2.4 土筑防火堤的构造应符合下列规定：

1 堤顶宽度不应小于 500mm，堤身坡度（高宽比）应为 1:1.20~1.50。

2 筑堤材料应为粘性土。当筑堤材料为高渗透性土（塑性指数 ≤ 10 ）时，应在堤内设厚度不小于 300mm 的防渗芯墙或掺入粘土等材料以降低其渗透性。

3 筑堤土应分层夯实，坡面应拍实，压实系数不应小于 0.90。

4 土筑防火堤必须设面层，面层应能有效地防止雨水冲刷、小动物破坏和杂草生长。在南方四季长青地区，可用高度不超过 150mm 的人工草皮做面层。

4.2.5 钢筋混凝土防火堤的构造应符合下列规定：

1 堤身及基础底板的厚度应由强度计算确定且不应小于 200mm。

2 受力钢筋应由强度计算确定且满足以下构造要求：钢筋混凝土防火堤应双向双层配筋；单侧竖向最小配筋率 0.25%，钢筋直径不应小于 12mm；总水平分布钢筋的最小配筋率为 0.4%，钢筋直径不应小于 10mm，钢筋间距不应大于 200mm；竖向钢筋的保护层厚度不应小于 25mm；堤身和基础混凝土强度等级不宜低于 C20。

4.2.6 浆砌毛石防火堤的构造应符合下列规定：

1 堤身及基础最小厚度应由强度及稳定性计算确定且不应小于 500mm；基础放阶宽高比允许值：当基础底面平均压力设计值不大于 100kPa 时应为 1:1.25，大于 100kPa 时应为 1:1.50，每阶宽度不宜大于 200mm。

2 毛石强度等级不应低于 MU20，砂浆强度等级不应低于 M5。

3 堤顶应做现浇钢筋混凝土压顶，压顶在变形缝处应断开。压顶厚度不应小于 100mm，混凝土强度等级不应低于 C20，压顶内配设主筋不少于 4 ϕ 10。

4 堤身应做 1:1 水泥砂浆勾缝。

4.2.7 砖砌防火堤的构造应符合下列规定：

1 堤身砌体厚度应由强度及稳定性计算确定，且不应小于 370mm，并用水泥砂浆抹面。

2 砖的强度等级不应低于 MU10，砌筑砂浆强度等级不应低于 M5；基础为毛石砌体时，毛石强度等级不应低于 MU20。

3 堤顶应设现浇钢筋混凝土压顶，压顶在变形缝处应断开，压顶厚度不应小于 100mm，混凝土强度等级不应低于 C20，内配设主筋不少于 3 ϕ 10。

4 抗震设防烈度 7 度以上或地质条件复杂、地基沉降差异较大时宜采用加筋砌体。

5 夹芯式中心填土砖砌防火堤的构造要求；两侧砖墙厚度不应小于 240mm；沿堤长每隔 1.5m~2.0m 设 240mm 厚拉结墙与两侧墙咬槎砌筑；中间填土厚度 300mm~500mm，并宜采用 3:7 灰土分层夯实；堤顶应设厚度不小于 100mm 的现浇钢筋混凝土压顶；压顶内纵向钢筋不少于 ϕ 10@200，，横向筋不少于 ϕ 6@250。

5 防火堤的强度及稳定性验算

5.1 荷载组合及内力计算

5.1.1 防火堤设计应按承载能力极限状态进行荷载效应基本组合。在抗震设防烈度 7 度及 7 度以下地区，应按堤内满液工况进行组合计算；在 7 度以上地区，尚应按地震工况进行组合计算，并按最不利组合进行设计。

防火堤的设计计算应包括强度计算和稳定性计算。

荷载效应组合的设计值应按下式进行计算确定：

$$S = \gamma_G C_G G_k + \gamma_t C_t G_{tk} + \gamma_Y C_Y Q_{Yk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \Psi_{Ci} Q_{ik} \quad (5.1.1)$$

式中 S ——荷载效应组合的设计值；

$\gamma_G, \gamma_t, \gamma_Y$ ——分别为自重荷载、静土压力、静液压力荷载分项系数，取值见表 5.1.1；

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，取值见表 5.1.1；

G_k, G_{tk}, Q_{Yk} ——分别为自重荷载、静土压力和静液压力荷载标准值，按本规范第 5.1.2 条～第 5.1.4 条规定计算确定；

Q_{ik} ——第 i 个可变荷载（包括堤身水平地震作用、动液压力和动土压力等）标准值，按本规范第 5.1.5 条～第 5.1.7 条规定计算确定；

C_G, C_t, C_Y, C_{Qi} ——分别为自重荷载、静土压力、静液压力和第 i 个可变荷载效应系数；

Ψ_{Ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数，取值见表 5.1.1。

表 5.1.1 荷载效应组合及分项系数、组合值系数

荷载种类	堤内满液工况	地震工况	
	分项系数	分项系数	组合值系数
自重荷载	1.0	1.0	—
静土压力	1.2	1.2	—
静液压力	1.1	1.1	—
地震作用	—	1.3	0.6
动液压力	—		
动土压力	—		

注：验算抗倾和抗滑时，自重荷载的分项系数取 0.9。

5.1.2 自重荷载标准值按下式进行计算确定：

$$G_1 = \gamma B_1 H_1 \quad (5.1.2)$$

式中 G_1 ——每米堤长计算截面以上堤身自重荷载标准值 (kN/m)；

H_1 ——计算截面至堤顶的距离 (m)；

B_1 ——计算截面以上堤身的平均厚度 (m)；

γ ——材质重度 (kN/m³)。

5.1.3 防洪堤内侧所受的静液压力 (图 5.1.3) 荷载标准值应按下列公式进行计算确定：

$$p_Y = \gamma_Y Z \quad (5.1.3 - 1)$$

$$p_Y = \frac{1}{2} \gamma_Y H_Y^2 \quad (5.1.3 - 2)$$

$$H_0 = \frac{1}{3} H_Y \quad (5.1.3 - 3)$$

$$M_Y = P_Y H_Y \quad (5.1.3 - 4)$$

式中 p_Y ——每米堤长静液压力沿液体深度的水平分布荷载

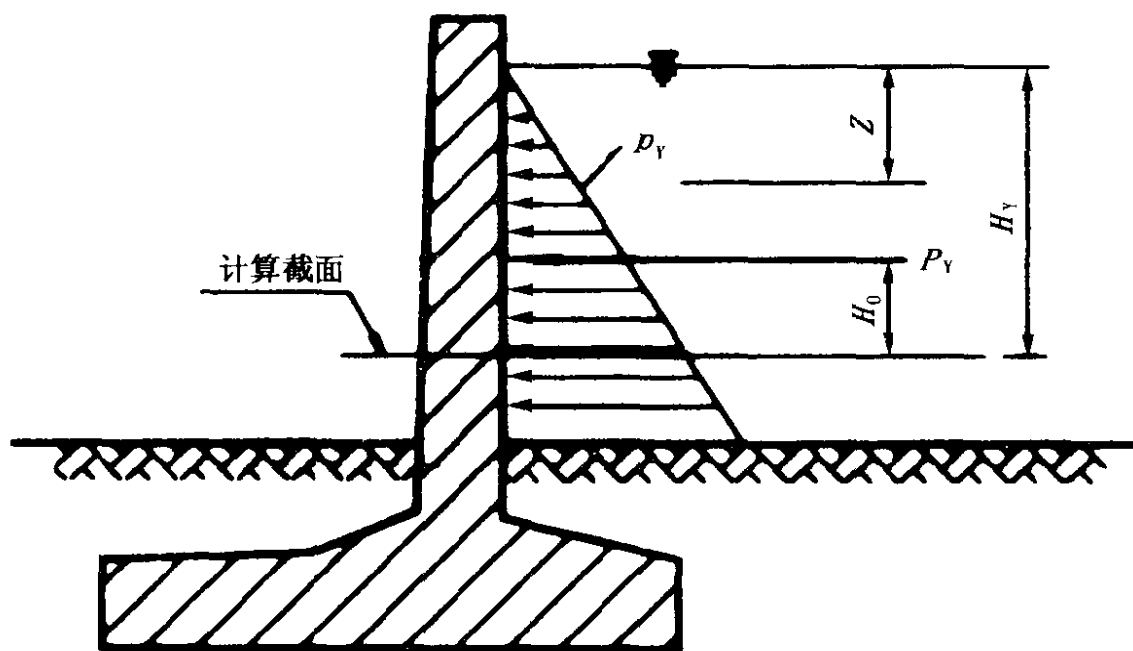


图 5.1.3 静液压力计算示意

(kN/m^2);

γ_Y ——堤内液体重度, 取 $10\text{kN}/\text{m}^3$;

Z ——液体深度 (m);

P_Y ——计算截面以上每米堤长静液压力合力标准值 (kN/m);

H_Y ——计算截面至液面距离 (m);

H_0 ——计算截面以上每米堤长静液压力合力位置至计算截面的距离 (m);

M_Y ——计算截面以上每米堤长静液压力合力对计算截面的弯矩标准值 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)。

5.1.4 防火堤内培土的静土压力荷载 (图 5.1.4) 标准值的计算应符合下列规定:

1 图 5.1.4 中的折线 ΔFD 为土压力分布曲线, F 为转折点, 其压力分布应按下列公式进行计算确定:

$$p_A = 0 \quad (5.1.4 - 1)$$

$$p_G = \frac{K_a K_a'}{K_a - K_a'} \gamma_t h \quad (5.1.4 - 2)$$

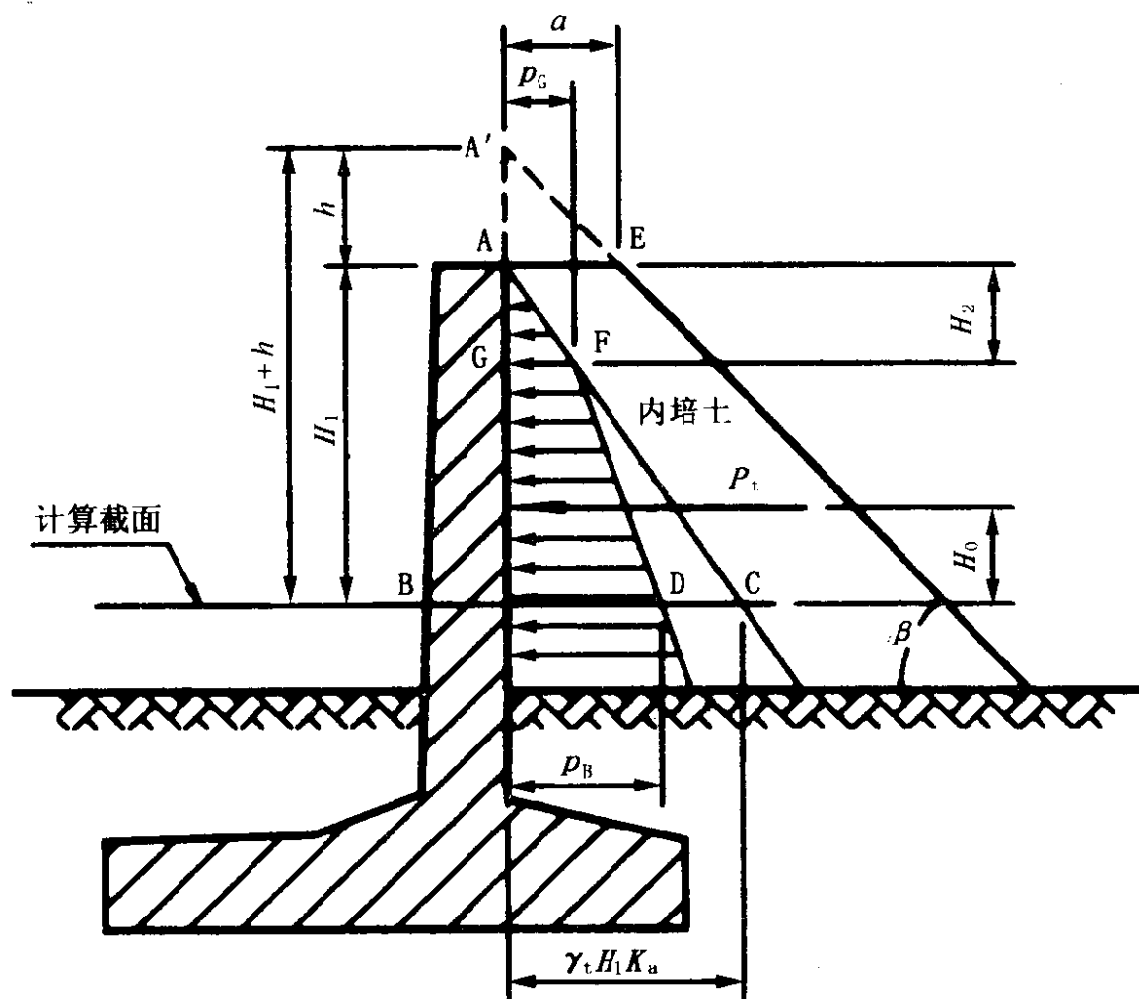


图 5.1.4 内培土压力计算示意

$$h = a \tan \beta \quad (5.1.4 - 3)$$

$$H_2 = \frac{K_a' h}{K_a - K_a'} \quad (5.1.4 - 4)$$

当 $H_1 < H_2$ 时, p_B 按下式进行计算确定:

$$p_B = \gamma_t H_1 K_a \quad (5.1.4 - 5)$$

当 $H_1 \geq H_2$ 时, p_B 按下式进行计算确定:

$$p_B = \gamma_t (H_1 + h) K_a' \quad (5.1.4 - 6)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (5.1.4 - 7)$$

$$K_a' = \frac{\cos^2 \phi}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi + \beta)}{\cos \phi}} \right]^2} \quad (5.1.4 - 8)$$

式中 p_A, p_B ——分别为堤顶和计算截面处每米堤长土压力分布值 (kN/m^2);

p_G ——土压力分布曲线转折处的每米堤长土压力分布值 (kN/m^2);

h ——培土坡线与堤背延长线的交点 A' 至堤顶的距离 (m);

a ——培土面水平段的宽度 (m);

H_1 ——计算截面以上培土高度 (m);

H_2 ——压力分布曲线转折点至堤顶的距离 (m);

β ——培土坡面与水平面的夹角 ($^\circ$)

γ_t ——土体重度, 可取 $18\text{kN/m}^3 \sim 19\text{kN/m}^3$;

K_a ——以 AB 为光滑墙背而填土面为水平时的主动土压力系数, 可按式 (5.1.4-7) 计算或查附录表 A.1;

K_a' ——以 $A'B$ 为假想墙背而填土面与水平成 β 角时的主动土压力系数, 可按式 (5.1.4-8) 计算或查附录表 A.2;

ϕ ——培土的内摩擦角 ($^\circ$), 当无实验资料时, 对于夯实砂土可取 $30^\circ \sim 40^\circ$, 夯实轻亚粘土、亚粘土和粘土可取其等效内摩擦角 $35^\circ, 40^\circ$ 和 45° 。

2 当 $H_1 < H_2$ 时, 土压力合力及弯矩应按下列公式进行计算确定:

$$P_t = \frac{1}{2} p_B H_1 \quad (5.1.4-9)$$

$$H_0 = \frac{1}{3} H_1 \quad (5.1.4-10)$$

$$M_t = P_t H_0 \quad (5.1.4-11)$$

式中 P_t ——计算截面以上每米堤长土压力合力标准值 (kN/m);

H_0 ——计算截面以上每米堤长土压力合力作用位置至计算截面的距离 (m)。

M_t ——计算截面以上每米堤长土压力合力对计算截面的弯矩标准值 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)。

3 当 $H_1 \geq H_2$ 时, 土压力合力及弯矩应按下列公式进行计算确定:

$$P_t = \frac{1}{2} p_G H_1 + \frac{1}{2} p_B (H_1 - H_2) \quad (5.1.4 - 12)$$

$$M_t = P_t H_0 \quad (5.1.4 - 13)$$

$$H_0 = \frac{1}{3} \times \frac{p_G H_1 (2H_1 - H_2) + p_B (H_1 - H_2)^2}{p_G H_1 + p_B (H_1 - H_2)} \quad (5.1.4 - 14)$$

5.1.5 防火堤受到的水平地震作用的计算应符合下列规定:

1 土筑防火堤和抗震设防烈度 7 度及 7 度以下的其它型式防火堤, 可不进行抗震计算和验算。

2 钢筋混凝土防火堤的水平地震作用 (图 5.1.5-1) 标准值应按下列式进行计算确定:

$$p_E = \eta_1 \alpha_{\max} \gamma B_1 \left(1 - \cos \frac{\pi X}{2H} \right) \quad (5.1.5 - 1)$$

$$P_E = \eta_1 \alpha_{\max} \alpha_1 \gamma B_1 H \quad (5.1.5 - 2)$$

$$M_E = P_E H_0 \quad (5.1.5 - 3)$$

$$H_0 = \alpha_2 H \quad (5.1.5 - 4)$$

式中 p_E ——距基础顶面 X 米处每米堤长水平地震作用分布值 (kN/m^2);

P_E ——计算截面以上每米堤长水平地震作用合力标准值 (kN/m);

M_E ——计算截面以上每米堤长水平地震作用合力对计算截面的弯矩标准值 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值, 当设防烈度为 8 度、9 度时, 分别取 0.16, 0.32;

η_1 ——钢筋混凝土堤基本振型参与系数, 取 1.6;

X ——计算截面至基础顶面的距离 (m);

α_1, α_2 ——根据 X/H 值求得的相应系数, 见表 5.1.5;
 H_0 ——计算截面以上每米堤长水平地震作用合力作用点至计算截面的距离 (m);
 H ——基础顶面至堤顶的高度;
 B_1 ——计算截面以上堤身平均厚度。

3 砖、石砌体防火堤的水平地震作用 (图 5.1.5-2) 应按下列公式进行计算确定:

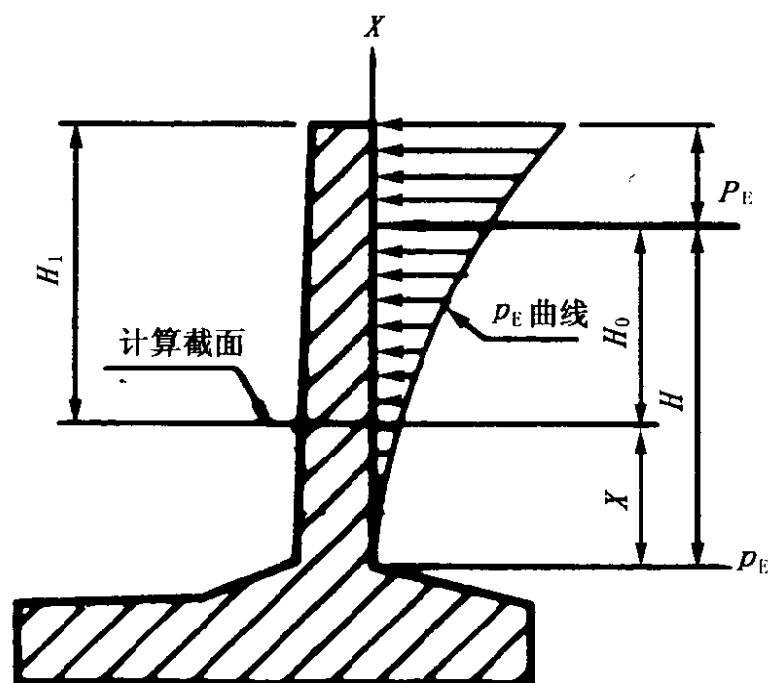


图 5.1.5-1 钢筋混凝土堤地震作用计算示意

$$p_E = \eta_2 \alpha_{\max} \gamma B_1 \sin \frac{\pi X}{2H} \quad (5.1.5-5)$$

$$P_E = \eta_2 \alpha_{\max} \alpha_3 \gamma B_1 H \quad (5.1.5-6)$$

$$M_E = P_E H_0 \quad (5.1.5-7)$$

$$H_0 = \alpha_4 H \quad (5.1.5-8)$$

式中 η_2 ——砖、石砌体防火堤基本振型参与系数, 取 1.27;
 α_3, α_4 ——根据 X/H 比值, 求得的相应系数, 见表 5.1.5;

$\alpha_{\max}$ ——水平地震作用影响系数最大值, 当设防烈度为 8 度、9 度时, 分别取 0.16, 0.32。

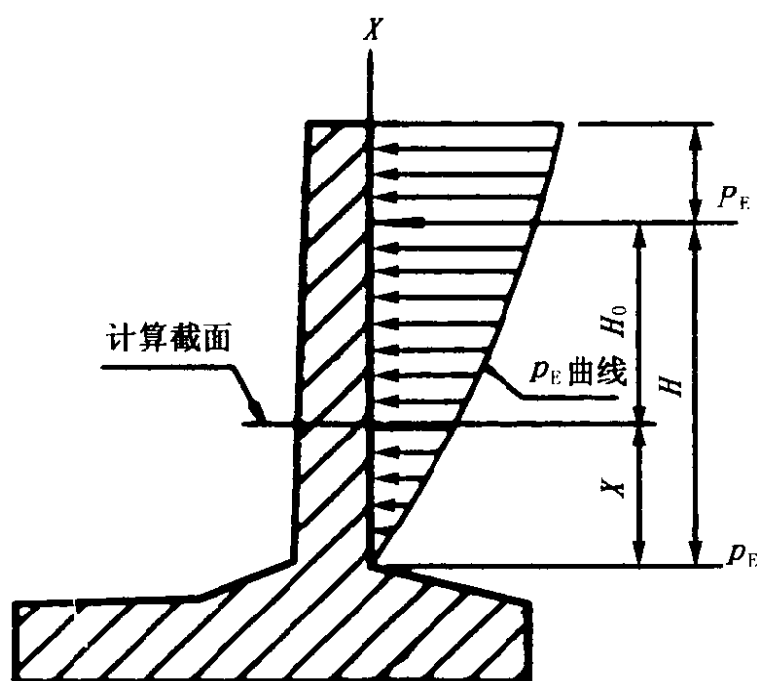


图 5.1.5-2 砖、石砌体防火堤水平地震作用计算示意

表 5.1.5 系数 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ 数值表

X/H	α_1	α_2	α_3	α_4	X/H	α_1	α_2	α_3	α_4
0.00	0.3634	0.7393	0.6366	0.6878	0.50	0.3135	0.3591	0.4502	0.2636
0.05	0.3633	0.6895	0.6347	0.5885	0.55	0.2975	0.2621	0.4135	0.2348
0.10	0.3630	0.6394	0.6288	0.5437	0.60	0.2784	0.2284	0.3742	0.2069
0.15	0.3620	0.5917	0.6190	0.5019	0.65	0.2562	0.1959	0.3326	0.1797
0.20	0.3601	0.5447	0.6055	0.4625	0.70	0.2306	0.1649	0.2890	0.1529
0.25	0.3570	0.4992	0.5882	0.4253	0.75	0.2015	0.1351	0.2436	0.1268
0.30	0.3524	0.4554	0.5672	0.3902	0.80	0.1688	0.1063	0.1967	0.1010
0.35	0.3460	0.4133	0.5428	0.3566	0.85	0.1324	0.0784	0.1486	0.0755
0.40	0.3376	0.3729	0.5150	0.3245	0.90	0.0922	0.0510	0.0996	0.0500
0.45	0.3268	0.3345	0.4841	0.2935	0.95	0.0480	0.0261	—	—

5.1.6 防火堤内液体水平动压力 (图 5.1.6) 标准值的计算应

符合下列规定：

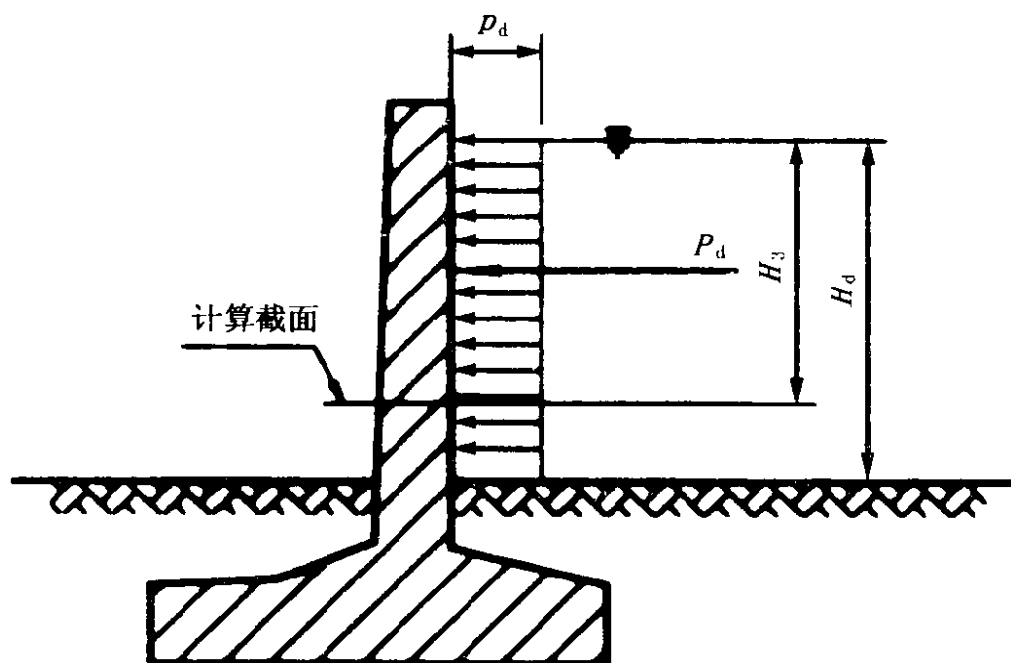


图 5.1.6 液体动压力计算示意

1 沿液体深度均匀分布的液体水平动压力应按下列公式进行计算确定：

$$p_d = \alpha_{\max} \gamma_Y H_d f_d \quad (5.1.6 - 1)$$

式中 p_d ——每米堤长液体水平动压力分布值 (kN/m^2)；

$\alpha_{\max}$ ——地震影响系数，设防烈度为 8 度、9 度时分别取 0.16, 0.32；

f_d ——水平动液压力系数，取 0.69；

H_d ——液体深度 (m)。

2 防火堤计算截面以上液体水平动压力合力及弯矩应按下列公式进行计算确定：

$$P_d = p_d H_3 \quad (5.1.6 - 2)$$

$$M_d = \frac{1}{2} p_d H_3^2 \quad (5.1.6 - 3)$$

式中 P_d ——计算截面以上每米堤长动液压力合力 (kN/m)；

M_d ——计算截面以上每米堤长动液压力合力对计算截面

的弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

H_3 ——计算截面至液面的距离 (m)。

5.1.7 防火堤培土的动土压力标准值应按下列公式进行计算确定:

$$P_{tE} = 2\alpha_{\max} P_t \tan \phi \quad (5.1.7-1)$$

$$M_{tE} = 0.4H_1 P_{tE} \quad (5.1.7-2)$$

式中 P_{tE} ——地震作用时, 计算截面以上每米堤长的动土压力合力 (kN/m);

M_{tE} ——地震作用时, 计算截面以上每米堤长的动土压力合力对计算截面的弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

P_t ——土压力合力 (kN/m), 按式 (5.1.4-9) 或式 (5.1.4-12) 计算确定。

5.2 强度验算

5.2.1 防火堤应进行截面强度验算和地基强度验算。

1 防火堤强度验算的设计表达式如下:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.2.1-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数, 取 1.0;

S ——荷载效应组合设计值, 按本规范第 5.1.1 条规定计算;

R ——防火堤抗力设计值, 按各有关规范确定。

2 进行截面抗震强度验算时, 设计表达式如下:

$$S \leq R/\gamma_{RE} \quad (5.2.1-2)$$

式中 γ_{RE} ——防火堤承载能力抗震调整系数, 对于钢筋混凝土防火堤, 取 0.85; 对于其它防火堤, 取 1.0。

5.2.2 防火堤的截面强度设计和基础设计应符合国家现行规范的有关规定。

5.3 稳定性验算

5.3.1 防火堤的稳定性验算应进行抗滑验算和抗倾覆验算。

5.3.2 抗滑验算应符合下列规定:

1 抗滑验算应按下式进行计算确定:

$$S \leq R_H + p_p \quad (5.3.2 - 1)$$

式中 S ——防火堤每米堤长所承受的总水平荷载设计值 (kN/m), 按式 (5.1.1) 计算确定;

R_H ——每米堤长基础底面摩擦阻力标准值 (kN/m), 按本条第 2 款计算确定;

p_p ——每米堤长被动土压力设计值 (kN/m), 按本条第 3 款计算确定。

2 基础底面摩擦阻力按下列公式进行计算确定:

$$R_H = \mu G \quad (5.3.2 - 2)$$

$$G = G_1 + G_j + G_t + G_Y \quad (5.3.2 - 3)$$

式中 G ——每米堤长传至基础底面的垂直荷载合力 (kN/m);

G_1 ——堤身自重荷载 (kN/m), 按式 (5.1.2) 计算确定;

G_j ——基础自重荷载 (kN/m);

G_t ——基础以上土体自重荷载 (kN/m);

G_Y ——基础以上液体自重荷载 (kN/m);

μ ——基础与地基之间的摩擦系数, 应根据试验资料取值; 当无试验资料时, 可按附录 B 取值。

3 被动土压力按下列公式进行计算确定:

$$p_p = \frac{1}{2} \eta \gamma_t d^2 K_p + 2 \eta C d \sqrt{K_p} \quad (5.3.2 - 4)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (5.3.2 - 5)$$

式中 η ——被动土压力折减系数, 取 0.3;

d ——基础埋置深度 (m);

K_p ——被动土压力系数, 按式 (5.3.2 - 5) 计算或查附录表 A.3;

C ——粘性地基土的粘结力 (kN/m^2);

ϕ ——地基土的内摩擦角 ($^\circ$)。

5.3.3 抗倾覆验算应符合下列规定:

1 抗倾覆验算应按下式进行计算确定:

$$M \leq M_w \quad (5.3.3-1)$$

式中 M ——各倾覆力矩换算至基础底面并按本规范第 5.1.1 条进行组合后的每米堤长总力矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

M_w ——每米堤长垂直荷载合力产生的稳定力矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$), 按式 (5.3.3-2) 计算确定。

2 稳定力矩应按下式进行计算确定:

$$M_w = eG \quad (5.3.3-2)$$

式中 e ——垂直荷载合力作用线至基础前端的水平距离 (m)。

附录 A 土压力系数表

A.1 主动土压力系数 K_a 见表 A.1。

表 A.1 主动土压力系数 K_a ($\alpha = 0$, $\delta = 0$)

ϕ (°)	20	22	25	28	30	32	34	36
K_a	0.490	0.455	0.406	0.347	0.333	0.307	0.283	0.260
ϕ (°)	38	40	42	45	48	50	—	—
K_a	0.238	0.217	0.198	0.172	0.147	0.132	—	—

A.2 主动土压力系数 K_a' 见表 A.2。

表 A.2 主动土压力系数 K_a' ($\alpha = 0$, $\delta = 0$)

内摩擦角 ϕ (°)	培土坡度 β (°)			
	30	35	40	45
22	0.343	0.328	0.313	0.298
25	0.308	0.295	0.282	0.268
28	0.276	0.265	0.253	0.241
30	0.257	0.247	0.236	0.225
32	0.239	0.229	0.219	0.209
34	0.221	0.213	0.204	0.194
36	0.205	0.197	0.189	0.180
38	0.189	0.182	0.174	0.167
40	0.174	0.168	0.161	0.154
42	0.160	0.154	0.148	0.151
45	0.140	0.135	0.130	0.125
48	0.122	0.118	0.114	0.109

A.3 被动土压力系数 K_p 见表 A.3。

表 A.3 被动土压力系数 K_p

ϕ (°)	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
K_p	2.20	2.37	2.56	2.77	3.00	3.25	3.54	3.85	4.20	4.60	5.04

附录 B 防火堤基底的摩擦系数

表 B 土对防火堤基底的摩擦系数 μ

土 的 类 别		摩 擦 系 数 μ
粘性土 ($17 < I_p \leq 22$ 时)	可 塑	0.25
	硬 塑	0.30
	坚 塑	0.40
粉 土	$I_L < 0.95$	0.30
中砂、粗砂、砾砂	—	0.45
碎石土		0.50
软质岩石		0.50
表面粗糙的硬质岩石		0.65
注 1: I_L——液性指数。 注 2: $I_p > 22$ 时的粘性土和易风化岩石, μ 值应经试验确定。		

标准用词和用语说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

- 1 正面词采用“必须”；
反面词采用“严禁”。
 - 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”；
反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”；
反面词采用“不宜”。
- 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

附件

油罐区防火堤设计规范

条文说明

修 订 说 明

本规范是根据原国家石油和化学工业局国石化政发〔2000〕410号文“关于下达《2001年石油天然气、石油化工业标准制、修订项目计划》的通知”的要求，由中国石油天然气管道工程有限公司负责对《油罐区防火堤设计规范》SY 0075—93进行修订，经国家经济贸易委员会（2002年第32号）文批准。

在本规范修订过程中，修订组进行了广泛的调查研究，认真总结了我国石油、石化等行业储油罐区的实践经验，同时参考了国外标准和法规；重新审查了防火材料厂家的生产设备、技术资料、产品合格证；召开了技术研讨会，广泛听取了各方意见；最后形成送审稿，经中国石油天然气集团公司油气田及管道建设设计专业标准化委员会组织有关专家审查，并一致通过。

任何单位和个人在使用本规范时，如遇到不确切或不清楚之处，请即时与中国石油天然气管道工程有限公司土建室联系，通信地址：河北省廊坊市金光道22号，邮政编码：065000，电话：0316-2073809，联系人：陈辉璧、冯宝坤，以便进行调查或采取适当的措施。

中国石油天然气管道工程有限公司

2001年11月

目 次

1 总则.....	29
2 术语、符号.....	30
2.1 术语	30
3 防火堤的布置.....	31
3.1 一般规定	31
3.2 布置	33
4 防火堤的选型与构造.....	35
4.1 选型	35
4.2 构造	37
5 防火堤的强度及稳定性验算.....	39
5.1 荷载组合及内力计算	39
5.2 强度验算	44
5.3 稳定性验算.....	44

1 总 则

1.0.1 本规范是在《油罐区防火堤设计规范》SY 0075—93（以下简称“原规范”）的基础上修订的。为了说明本规范的制定目的，特做本条说明。

1.0.2 本条规定了本规范适用和不适用的范围。本规范作为行业标准，必须服从国标的有关规范，如《石油库设计规范》GB 50074—2002、《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001、《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89、《砌体结构设计规范》GBJ 3—88、《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89、《建筑地基基础设计规范》GBJ 7—89 等。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1~2.1.3 本次修订的重点内容之一是将隔堤与防火堤的功能加以区分：只有防火堤才具有油罐发生泄漏事故时防止油体外流的功能，而隔堤不赋予这项功能。如果赋予隔堤与防火堤相同的功能，则由于隔堤可能受到两个方向的油体压力，则其截面设计比防火堤还要大得多，显然在经济上是不合理的。参考国外规范有关规定，本规范明确规定，隔堤的作用就是在油罐发生少量的泄漏事故（如冒顶）时，把油体污染范围控制在一个较小的范围内。

2.1.4 防火堤高之所以定义为防火堤外侧地面（或路面）至防火堤顶的垂直距离，是为了与本规范第 3.1.3 条的规定统一。

2.1.5 因为防火堤内场地地面有设计坡度，所以计算液面高度应取平均高度。

3 防火堤的布置

3.1 一般规定

3.1.1 防火堤的密封性要求，是对防火堤的功能提出的最基本的要求。现场调研发现，许多罐区的防火堤的堤身有明显的裂缝，或温度缝处理得不封闭，或管道穿堤处没有密封。这些现象导致防火堤不封闭，一旦发生事故，后果不堪设想。因此，做出该条文规定。

3.1.2 油罐区发生泄漏和火灾时，火场温度达到 1000 多摄氏度，防火堤和隔堤只有采用非燃烧体材料建造并满足耐火极限 4h 的要求才能抵抗这种高温烧烤，给消防灭火工作赢得时间；耐火极限取 4h 是参考《建筑设计防火规范》关于防火墙的耐火极限为 4h 确定的。

3.1.3 立式油罐组的防火堤高规定上限高度为 2.2m，比原规范增加 0.2m，主要是考虑单罐容积和罐组容积越来越大，罐区占地面积急剧增加，为减少占用土地，在基本满足消防操作视野要求的前提下，适当提高防火堤高，在同样占地面积情况下增大防火堤有效容积。防火堤高最小定为 1m，是为了保护消防操作人员少受火场热辐射的伤害，也是为了限制罐组占地面积过大。

隔堤高度规定与原规范有所变化：原规范规定隔堤高比防火堤顶面低 0.2m~0.3m；本规范允许设计人员根据具体情况在 0.8m 到比防火堤顶面低 0.2m~0.3m 之间进行选择。换言之，不管防火堤高是多少，隔堤高度最小可以取为 0.8m。国外 NFPA 30 1990 年版规定隔堤的高度为 450mm。

防火堤高，对于同一罐组，将随堤内场地地形的变化而变化，但必须保持堤顶在同一水平面上，并应随实际防火堤高的变

化而改变截面设计,以保证其强度和稳定性满足规范要求。

3.1.4 防火堤内场地地面设计,是一个比较复杂的问题,难以用一个统一的标准来要求,故本次修订根据调研结果分别对待。

1 除少数降雨量很少的地区(比如年降雨量不超过200mm),防火堤内降水很快渗入地下因而不需要设地面排水坡度外,对于大部分地区,为了排除雨水或消防水,堤内地面均应有不小于0.3%的设计地面坡度;一般地区堤内地面不做铺砌,是为了降低场内地面温度。各地可根据当地经验执行。

2 调研发现,湿陷性较严重的失陷性黄土、膨胀土、盐渍土地区,在降雨或喷淋试水后地面产生沉降或膨胀,可能危害到油罐和防火堤的基础安全,所以应采取预防措施,防止水害。

3 南方地区,四季长青,堤内种植草坪,既可降低地面温度,又可美化环境,特做此规定。

3.1.5 本条与原规范相比,对于是否设雨水排除设施不再统一规定。另外,由于新型可靠的自动截油排水装置的出现,使传统的人工开闭排水阀门的做法将成为历史,故无须再强调显示开闭的明显标志。

3.1.6 防火堤内设计地坪如果高于堤外消防道路路面或地面,不仅加大了防火堤高,使防火堤设计断面加大,而且给人以不安全感,而利用地形做成内低外高的所谓“秧田式”布置,则大大提高油罐组的安全性。修订组在管道局铁岭泵站调研时,该站油罐区“秧田式”布置就给人一种强烈的安全感,故条件允许时值得提倡。

3.1.7 大型油罐在检修时,往往要进出大型起重设备和车辆,如果不设置进出罐组的道路,势必要在防火堤上扒开缺口,即使再恢复,也难以达到原堤的强度和密封程度。所以,本条要求设置进出罐组坡道,并从防火堤顶通过。

3.1.9 不同方位设置跨堤人行踏步,不仅方便日常管理和检修人员进出罐组,而且在油罐发生火灾事故时便于罐组内的人员就近撤出或消防人员进入扑救。

3.1.10 根据隔堤的定义,对于隔堤到油罐的距离,设计人员可以根据操作要求确定,规范不再做出规定;对于高架立式油罐的罐壁到防火堤内堤脚线的距离,以注解的形式加以规定。

原规范的 3.1.9 和 3.1.10 条因所涉及的内容超出本规范的范围而取消。

3.2 布 置

3.2.1 油罐区分组布置的目的在于一旦发生火灾并继续扩展时,能使其控制在一定范围内,避免更大损失。油罐组的总容积不可过大,也不可过小。总容积规定得过大,一旦发生火灾则损失太大,而总容积规定得太小,罐区占地面积太大,经济上又不合理。随着油罐制作技术、消防技术和罐区管理水平的进步和提高,加之土地资源日趋紧张,油罐组的总容积有不断增大的趋势。本次修订后的油罐组的总容积就比原规范增大很多:固定顶油罐总容积由不大于 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 增加到不大于 $12 \times 10^4 \text{m}^3$,浮顶油罐总容积由不大于 $20 \times 10^4 \text{m}^3$ 增加到不大于 $60 \times 10^4 \text{m}^3$ 。本条规定的这些变化与《石油库设计规范》的原则是一致的。

3.2.2 油罐组防火堤内的有效容积的规定,主要出发点是:

1 固定顶油罐,油品装满半罐的油罐如果发生爆炸,大部分是炸开罐顶,因为罐顶强度相对说来要小些,而且油气聚集在液面以上,一旦火灾爆炸,掀开罐顶是多见的,而罐底和罐壁则往往保持完好。根据有关资料介绍,在 19 起油罐火灾导致油罐破坏的事故中,有 18 起是破坏罐顶的,只有 1 次是爆炸后撕裂罐底的(撕裂原因是罐内中心柱与罐底板焊死)。另外,在一个罐组内,同时发生一个以上油罐破裂事故的几率极小。因此,规定油罐组防火堤的有效容积不应小于罐组内一个最大油罐的容积是合适的。

2 浮顶油罐(包括内浮顶油罐),因浮顶下面基本上没有气体空间,不易发生爆炸。即使发生爆炸,也只能将其浮顶盘掀掉,不会破坏油罐的下部,所以油体流出油罐的可能性小,即使

有些油体流出，其量也不大。故防火堤内的有效容积，对于浮顶罐来说，规定不应小于最大罐容积的二分之一是安全的。

3.2.3 防火堤的有效容积计算，设计人员常有错误发生。为统一计算方法，本条给出计算公式。公式中各参数的图示见图 1。

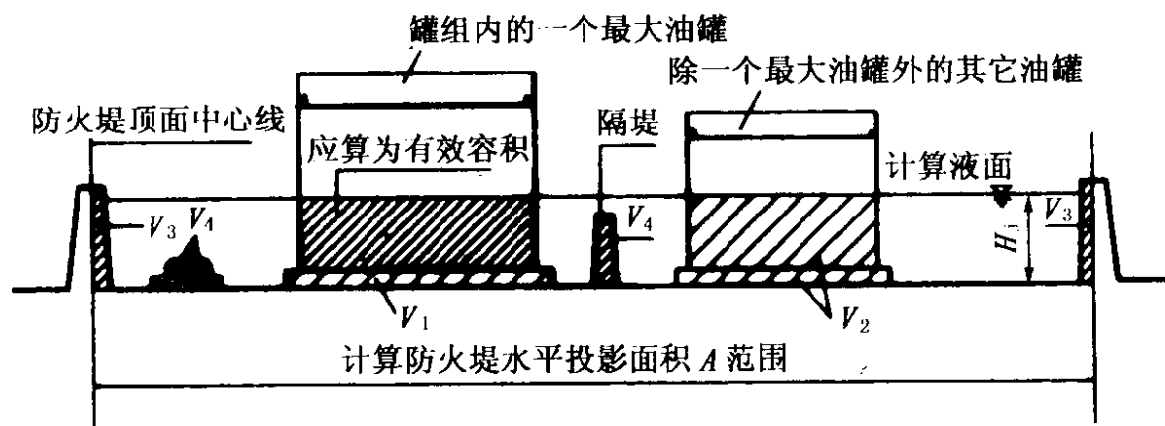


图 1 防火堤有效容积计算示意

3.2.4 本条规定了油罐组内隔堤的设置，目的是当油罐发生冒顶、漏油等事故时，把这些事故控制在较小的范围内，使污染及扑救在尽可能小的范围内进行，以减小损失。

4 防火堤的选型与构造

4.1 选 型

4.1.1, 4.1.2 本节所述的防火堤的选型原则归根结底就是要考虑技术因素、经济因素、环保因素和安全因素,即在满足一定的安全要求条件下综合考虑技术、经济、环保等要求。各种材料的防火堤的技术、经济、环保和安全方面的性能分别简述如下,以供设计人员选型时参考。

1 从技术角度分析,土堤耐燃烧性能最好,不需要设伸缩缝,也没有管道穿堤时密封不严的难题,但维护工作量大;砖砌防火堤取材方便、施工简单,但不耐盐碱,而且使用过程中难免出现温度裂缝或沉降裂缝;浆砌毛石防火堤在山区、半山区取材方便、施工简单,但整体性差、抗基础不均匀沉降能力低、抗震性能差;钢筋混凝土防火堤整体性、密封性好,强度高,抗震性能好。

2 从经济角度分析,砖堤、毛石堤相差不大,而钢筋混凝土防火堤的自身价格为砖堤的 1.68 倍~2.16 倍,见图 2。该曲线是根据中国石油天然气管道工程有限公司编制的防火堤标准图和河北省预算定额(1998 年)制作的。对于土堤,因土的来源不同,土堤本身的造价差别很大,故没有在图 2 中表示。

实际上,罐区投资不仅决定于防火堤自身的造价,还包括土地征用费,在山区半山区还有土石方工程费等。对于土地资源紧缺的地区,即使土堤本身的造价较低,但如果加上土堤多占土地而提高的其它费用后可能就不占优势了,而 8 度抗震、2m 高的钢筋混凝土堤,堤身厚度只有 0.25m(同样高的砖堤厚度为 0.93m),由于占地面积小,在土地资源紧缺的地区,钢筋混凝

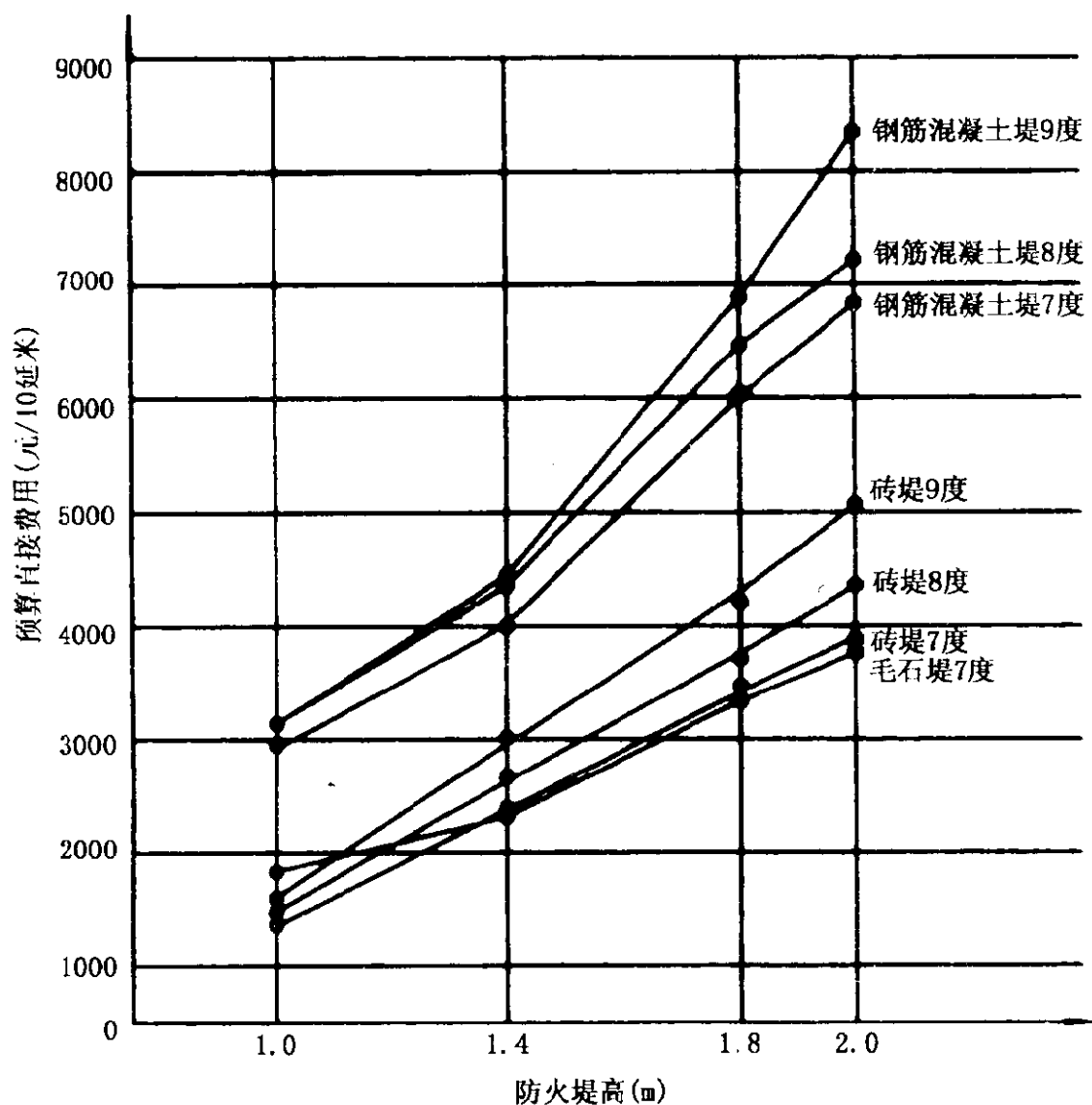


图2 不同材料防火堤预算直接费用对比

土堤就有经济优势了。因此，考虑防火堤的经济性，应根据具体情况，综合考虑，才能降低油罐区的总造价。

3 从环保角度分析，土堤占用土地资源多，砖堤因取土烧砖破坏土地资源，将逐步受到限制和最终被淘汰。毛石堤因整体性能差只能用于抗震烈度小于或等于7度地区，因此从环保角度看，钢筋混凝土防火堤将以其少占土地保护资源而将占主导地位。

4 从安全角度分析，土堤耐燃烧性和密封性都是最好的，

只要维护得当则其安全性是最好的；钢筋混凝土堤整体性好、强度高、抗震性能和安全性能好，特别是当罐区下游地区为重要工业区或生活区时采用强度和密封性皆佳的钢筋混凝土堤更具有明显的安全意义；砖堤和毛石堤均属脆性材料，使用中容易出现裂缝，耐久性、安全性较差，使用上必然受到限制。

4.2 构造

4.2.1 本规定是考虑到防火堤的抗滑、抗倾的要求，也考虑到基础埋深如果过浅，小动物容易从基础下打洞从而破坏防火堤的密封性。当然，在岩石地基上建造的防火堤不受此限制。

4.2.2 由于各地的材料、气候和地质特点不同，防火堤（土堤除外）的变形缝间距难于统一规定，本条规定也是给出一个参考值，设计人员应结合本地区特点和经验，因地制宜，合理确定。

防火堤的温度变形缝做法应根据防火堤的材料特点，采用耐火的柔性材料（如石棉绳等）或构造（如双堤“瓮城”构造等）密封。

4.2.3 防火堤（土堤除外）在堤内侧培土或喷涂防火涂料等保护措施，是为了防止砖、石、混凝土等筑堤材料在火灾高温烧烤下产生崩裂而破坏。

1 考虑到实际使用情况，防火堤内侧培土高度由原规范的 $2/3$ 堤高改为等于堤高；培土表面面层可用水泥砖平铺并勾缝，每隔 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ 设 20mm 宽的温度缝，内灌柔性密封材料。

2 1992年4月27日由中国石油天然气管道局科技委员会和中国有色第六冶金建设公司在洛阳联合主办了《防火堤内衬涂料应用技术观摩研讨会》，经过分别对砖、石、混凝土和钢板上喷涂的该公司所属的高温耐火涂料厂生产的SJ-1型防火涂料的现场试烧和测试，证明该涂料完全符合国家标准和防火堤的使用要求，并通过了会议纪要，取得了一致的肯定意见。

由于防火堤内侧涂防火涂料代替内培土可以减少占地，故近年来各地采用比较普遍，并取得了成功的经验，如1994年北京

输油公司石楼泵站油罐区改造时涂刷的 SJ-1 型防火涂料, 经过 7 个年头的风雨日晒, 本次调研时涂料层基本完好; 南疆的轮库线库尔勒末站油库毛石防火堤内侧涂刷的 SJ-1 型防火涂料经过 6 年的强烈日晒和高温气候考验, 至今完好。可见, 其粘结强度和耐久性可以满足使用要求。但是, 也有个别罐区, 把用于室内的防火涂料用于室外工作环境的防火堤, 结果经受不住雨水的冲刷而脱落, 故本款规定了用于防火堤的防火涂料的性能指标。

2001 年 4 月下旬, 规范修订组赴洛阳, 对 SJ-1 型防火涂料的生产现状进行了考察。经考察发现, 现行生产的 SJ-1 型耐火材料符合防火堤涂抹要求。

4.2.4 土筑防火堤的耐燃烧性虽好, 但如果设计得不规范, 或建造时不严格, 或日常疏于维护管理, 则其密封性难于保证。故本条对土筑防火堤的构造提出了详细的要求。

4.2.5~4.2.7 规范对砖砌防火堤、钢筋混凝土防火堤和浆砌毛石防火堤的构造做出了详细的规定。规范修订组在调研中发现, 不少砖砌防火堤, 不管多高, 截面厚都是 370mm, 虽然满足不小于 370mm 的构造要求, 但并不满足强度和稳定性要求, 故本次修订时强调截面设计首先要进行强度和稳定性计算, 同时还要满足构造要求。

5 防火堤的强度及稳定性验算

5.1 荷载组合及内力计算

5.1.1 由于防火堤在正常使用时,除温度应力外,基本上是自承重体,没有水平荷载,其温度作用已通过设置变形缝来解决,因此,不再进行正常使用极限状态的验算。另外,对于数值很大而出现机率又非常小的油罐破裂时油品对防火堤的冲击力,尽管我们曾与天津大学联合进行了专题研究并对其成果完成了技术鉴定,规范也没有考虑这种偶然组合。

根据对各种荷载产生的内力的计算结果表明,静液压力产生的内力一般远大于其它荷载产生的内力。因此,表 5.1.1 内两种工况的荷载分项系数和组合值系数,是以静液压力为主要活荷载来规定的。堤身的地震作用、动液压力和动土压力三者同时出现且均达到标准值的机率很小,而且为瞬时作用,故取组合值 $\Psi_{Gi}=0.6$,能够满足安全要求。

5.1.3, 5.1.4, 5.1.6, 5.1.7 这四条中的水平推力和弯矩的计算公式,只适用于计算截面取在地面线以上或地面线上的情况。至于地面线以下的截面内力,可根据地面线处的截面内力进行换算确定。

5.1.4 防火堤内培土静压力的计算公式是根据库伦主动土压力理论并按培土与水平夹角为 $-\beta$ 推导出来的,如图 5.1.4 所示,延长培土倾斜面交堤面延长线于 A' 点,分别计算堤背为 AB 而填土面为水平时主动土压力强度分布图形 ABC,及以堤背为 $A'B$ 而填土表面倾角为 $-\beta$ 时的主动土压力强度分布图形 $A'BD$,这两个图形交于 F 点,则实际计算截面以上主动土压力强度分布图形可近似取图中的 ABDF A,它的面积就是主动土压力 P_1 的近

似值。

如果内培土的土质为粘性土，计算主动土压力时，应采用粘性土的等效内摩擦角 ϕ_D 。等效内摩擦角 ϕ_D 与内摩擦角 ϕ 的关系，可用下式表示：

$$\operatorname{tg} \phi_D = \operatorname{tg} \phi + \frac{C}{\sigma} \quad (1)$$

式中 C ——土的粘结力；

σ ——等值法向应力。

所谓等值法向应力，本应指滑动面上的平均法向应力，实际上常以土压力合力作用点处的自重应力来代替，即：

$$\sigma = \frac{2}{3} \gamma H \quad (2)$$

这样 ϕ_D 的值就应随堤高而变化，不同的计算截面处所取的 ϕ_D 值应当有所不同。为了简化计算，进行了如下处理：

根据有关粘性土的物理力学指标，基本达到最优含水率的土的力学性质见表 1。

表 1 $I_L = 0 \sim 0.25$ 时的粘性土的 γ , ϕ , C 统计值

土 的 类 型	重度 γ (kN/m ³)	内摩擦角 ϕ (°)	粘结力 C (kN/m ²)
轻亚粘土	21	26	15
亚粘土	20	23	40
粘 土	19	20	60

注：本表数据摘自天津大学等单位编著的《地基与基础》表 8-7。

根据式 (1) 按堤高 $H=1.8\text{m}$ 和 $H=1.0\text{m}$ 计算出的等效内摩擦角 ϕ_D 值见表 2。由该表可知本规范对粘性土的等效内摩擦角 ϕ_D 的取值是偏于安全的。

5.1.5 规范给出的防火堤水平地震作用的计算方法分三种情况。

1 对各种荷载产生的内力计算表明，设防烈度为 7 度时，水平地震作用产生的内力值均小于总内力的 5%，故本规范规

定, 设防烈度 7 度及 7 度以下时不再进行抗震计算。

表 2 粘性土的等效内摩擦角 ϕ_D 计算值及规范取值

土 的 类 型	ϕ_D (°)		规范取值 (°)
	堤高 $H = 1.8\text{m}$	堤高 $H = 1.0\text{m}$	
轻亚粘土	47.3	57.3	35
亚粘土	64.4	73.7	40
粘 土	71.5	78.9	45

2 由于钢筋混凝土堤的高厚比一般都大于 4, 在水平地震作用下, 以弯曲变形为主, 计算式 (3) ~ 式 (6) 就是以纯弯曲变形理论为基础确定的。为了简化计算, 选用了比较简单的振型函数 (见图 3):

$$Y(\bar{X}) = a \left(1 - \cos \frac{\pi \bar{X}}{2H} \right) \quad (3)$$

该式满足下端的变形条件:

当 $X=0$ 时, 挠度 $Y(0) = 0$,

转角:

$$\frac{dY}{dX} \Big|_{X=0} = \frac{a\pi}{2H} \sin \frac{\pi X}{2H} \Big|_{X=0} = 0$$

检验上端力的边界条件: 当 $X=H$ 时有弯矩:

$$EI \frac{d^2 Y}{dX^2} \Big|_{X=H} = EIa \left(\frac{\pi}{2H} \right)^2 \cos \frac{\pi X}{2H} \Big|_{X=H} = 0 \quad \text{满足。}$$

$$\text{剪力} \quad EI \frac{d^3 Y}{dX^3} \Big|_{X=H} = -EIa \left(\frac{\pi}{2H} \right)^3 \sin \frac{\pi X}{2H} \Big|_{X=H}$$

$$= -EIa \left(\frac{\pi}{2H} \right)^3 \neq 0 \quad \text{不满足。}$$

可见式 (3) 除自由端剪力不满足力的边界条件外, 其它边界条件均能满足。

用能量法计算上式所表达的振动的固有频率为:

$$\omega_1^2 = \frac{\int_0^H EI \left(\frac{d^2 Y}{dX^2} \right)^2 dX}{\int_0^H m(X) Y^2 dX} = \frac{EI \frac{\pi^4}{16H^4} \cdot \frac{H}{2}}{\bar{m} \left(H - \frac{4H}{\pi} + \frac{H}{2} \right)} = 13.42 \frac{EI}{mH^4}$$

所以：

$$\omega_1 = \frac{3.664}{H^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (4)$$

而按纯弯曲悬臂杆理论计算出的精确值为：

$$\omega_1 = \frac{3.515}{H^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

前者仅高出后者 4.2%，故以式 (3) 作为振型函数来计算钢筋混凝土堤的水平地震作用，其精确度能够满足工程要求。

$$\eta_1 = \frac{\int_0^H \bar{m}(X) Y dX}{\int_0^H m(X) Y^2 dX} = \frac{\int_0^H \left(1 - \cos \frac{\pi X}{2H} \right) dX}{\int_0^H \left(1 - \cos \frac{\pi X}{2H} \right)^2 dX} = \frac{2\pi - 4}{3\pi - 8} = 1.6025 \quad (5)$$

式 (3) 的振型参与系数：

钢筋混凝土防火堤的基本周期一般都小于 0.1s，考虑到地震反应曲线在 $T_1 = 0s \sim 0.1s$ 之间的数值离散性较大，虽然现行抗震规范中将此区间加工成一条斜线，但实际上人为因素较大，故为安全起见，本规范仍然取地震影响系数最大值 $\sigma_{\max}$ ，偏于安全。

3 砖石砌体防火堤一般为变截面的悬臂结构。其高厚比一般在 2~4 之间，经过实算，接近于纯剪切变形。本规范中表达水平地震作用的分布值公式 (5.1.5-5) 就是按等截面纯剪切理论推导出来的，其振型函数为：

$$Y(X) = a \sin \frac{\pi X}{2H} \quad (6)$$

基本振型参与系数 η_1 为：

$$\eta_1 = \frac{\int_0^H \bar{m}(X) Y(X) dX}{\int_0^H \bar{m}(X) Y^2(X) dX} = \frac{\int_0^H \bar{m} \sin \frac{\pi X}{2H} dX}{\int_0^H \bar{m} \sin^2 \frac{\pi X}{2H} dX} = \frac{4}{\pi} = 1.27 \quad (7)$$

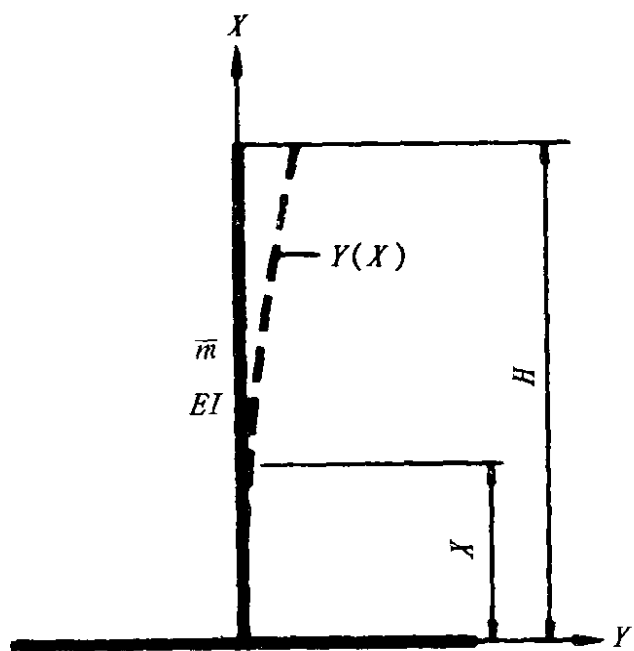


图3 振型函数曲线

系数 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 都是通过积分推导出来的，其表达式见式 (8) ~ 式 (11)，也可以直接查本规范表 5.1.5。

$$\alpha_1 = \frac{\pi - 2}{\pi} - \frac{X}{H} + \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi X}{2H} \quad (8)$$

$$\alpha_2 = \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} + \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \sin \frac{\pi X}{2H} + \frac{4}{\pi^2} \cos \frac{\pi X}{2H} \right] / \left(\alpha_1 - \frac{X}{H} \right) \quad (9)$$

$$\alpha_3 = \frac{2}{\pi} \cos \frac{\pi X}{2H} \quad (10)$$

$$\alpha_4 = \frac{4}{\pi^2 \alpha_1} \left(1 + \frac{\pi X}{2H} \cos \frac{\pi X}{2H} - \sin \frac{\pi X}{2H} \right) - \frac{X}{H} \quad (11)$$

5.1.6 动液压力的矩形分布是参照《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范及编制说明》(TJ 32) 第 17 条，动水压力系数的值取自该条表 3。

5.1.7 动土压力的计算公式是参照 TJ 32 第 18 条给出的。由于动土压力的合力与动土压力分布值成正比，为了简化计算，本规范把 TJ 32 第 18 条的动土压力分布值直接换算成动土压力合力

值。

为了简化计算，取动土压力的力矩为 $0.4H_1$ ，偏于安全。

5.2 强度验算

5.2.2 本规范对防火堤截面强度设计和地基承载力设计只给出应符合国家现行规范的有关规定。具体地讲，对于砖、石防火堤，应根据《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)第4.1.5条和第4.5.1条规定验算截面强度，对于钢筋混凝土防火堤，应根据《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)第4.1.15条规定进行正截面偏心受压承载力计算，也可按该规范附录三的方法进行配筋计算，并根据第4.2.10~4.2.12条进行斜截面抗剪验算。

防火堤地基强度验算应符合《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)第五章第一节的规定要求；地震条件下地基承载力设计值尚应根据《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)第3.2.2条进行调整。

5.3 稳定性验算

5.3.2条中，被动土压力计算式(5.3.2-4)是根据朗肯被动土压力理论公式，考虑了粘性土和非粘性土两种情况。由于达到被动极限平衡状态所需的防火堤的位移是相当大的，按太沙基的试验为4%的墙高，照此推断，当基础埋深0.8m时，就需要32mm，这显然不允许，所以计算出来的被动土压力必须打个折扣，参照重力式码头设计规范，本规范取被动土压力折减系数 $\eta=0.3$ 。