

ICS 93.160
P 55
备案号 J612-2006

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 23—2006

替代 SL 23—91

渠系工程抗冻胀设计规范

**Design code for anti-frost-heave of canal
and its structure**

2006-09-09 发布

2006-10-01 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告

2006 年第 4 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水务局：

中华人民共和国水利部批准以下 9 项标准为水利行业标准，现予以公布（见附件）。

二〇〇六年九月九日

附件

序号	标准编号	标准名称	替代标准号	发布日期 (年.月.日)	实施日期 (年.月.日)
1	SL 21—2006	降水量观测规范	SL 21—90	2006.9.9	2006.10.1
2	SL 23—2006	渠系工程抗冻胀设计规范	SL 23—91	2006.9.9	2006.10.1
3	SL 44—2006	水利水电工程设计洪水计算规范	SL 44—93	2006.9.9	2006.10.1
4	SL 211—2006	水工建筑物抗冰冻设计规范	SL 211—98	2006.9.9	2006.10.1
5	SL 341—2006	水土保持信息管理技术规程		2006.9.9	2006.10.1
6	SL 342—2006	水土保持监测设施通用技术条件		2006.9.9	2006.10.1
7	SL 343—2006	风力提水工程技术规程		2006.9.9	2006.10.1
8	SL 344—2006	水利水电工程电缆设计规范		2006.9.9	2006.10.1
9	SL/Z 346—2006	水利信息系统项目建议书编制规定		2006.9.9	2006.10.1

前 言

根据水利部水利水电规划设计管理局水总局科〔2002〕15号文“关于2002年水利水电勘测设计技术标准制定、修订项目及主编单位的通知”要求，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的规定，对《渠系工程抗冻胀设计规范》(SL 23—91)进行修订。

本标准共5章16节88条和1个附录，其主要技术内容包括：

- 基本参数的确定；
- 主要结构型式的抗冻胀计算；
- 抗冻胀结构及工程措施。

本次修订的主要技术内容有：

- 拓宽了原规范的适用范围；
- 对日照及遮阴程度的冻深修正系数进行细化，提高了参数选择的精度；
- 对土的分类及名称进行了修订；
- 对土的冻胀量计算方法进行了修订，将原规范中两套计算公式修订为一组曲线图；
- 对桩、墩基础的抗冻胀计算公式进行了修改；
- 对挡土墙的水平冻胀力沿墙高的分布进行了修改；
- 对挡土墙的整体稳定验算公式进行了修改；
- 对保温材料的物理力学指标及厚度计算方法进行了修订；
- 修订了原规范不合理的用词；
- 删除了个别不实用的抗冻胀措施，增加了抗冻胀结构措施的内容；
- 对附录内容进行了删减和修改。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL 23—91

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计管理局

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：黑龙江省水利水电勘测设计研究院

本标准参编单位：黑龙江省水利科学研究院

内蒙古自治区水利科学研究院

西北农林科技大学

中科院寒区旱区环境与工程研究所冻土工

程国家重点实验室

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：王波 付宁 程满金 那文杰

张海燕 童长江 申利刚 刘刚

冷莉 王玉莲 魏延久 邵剑南

本标准审查会议技术负责人：沈凤生

本标准体例格式审查人：陈登毅

目 次

1	总则	1
2	主要术语和符号	2
2.1	主要术语	2
2.2	主要符号	3
3	基本参数的确定	5
3.1	冻结深度	5
3.2	冻胀量	13
3.3	土的冻胀性及地基土的冻胀级别	14
3.4	冻胀力	15
4	抗冻胀计算	17
4.1	一般规定	17
4.2	衬砌渠道	17
4.3	桩、墩类基础	18
4.4	板型基础	20
4.5	挡土墙	21
5	抗冻胀结构及工程措施	24
5.1	衬砌渠道	24
5.2	桩、墩类基础	27
5.3	板型基础	29
5.4	挡土墙	30
5.5	其他抗冻胀工程措施	32
附录 A	聚苯乙烯泡沫塑料板及其他材料保温厚度的 计算	33
	标准用词说明	35
	条文说明	37

1 总 则

1.0.1 为了统一渠系工程受地基土季节性冻胀作用下的抗冻胀设计，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于季节冻土冻深大于 10cm 地区的渠道衬砌和冻深大于 30cm 地区的渠系建筑物抗冻胀设计。

1.0.3 渠系工程抗冻胀设计应遵循因地制宜、安全可靠、技术先进、经济合理的原则。

1.0.4 本标准的引用标准主要有：

《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》(GB/T 10801.1—2002)

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)

《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—99)

《渠道防渗工程设计规范》(SL 18—2004)

《水工建筑物抗冰冻设计规范》(SL 211—2006)

《土工试验规程》(SL 237—1999)

《水闸设计规范》(SL 256—2001)

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)

《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ 118—98)

1.0.5 渠系工程抗冻胀设计除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 主要术语和符号

2.1 主要术语

- 2.1.1 冻土** frozen ground
具有负温度或零温度并含有冰的土和岩石。
- 2.1.2 季节冻土** seasonally frozen ground
地壳表层冬季冻结、暖季全部融化的土和岩石。
- 2.1.3 季节冻结深度** depth of seasonal freezing
整个冬季自地表算起的最大冻结深度（冻结层厚度）。
- 2.1.4 设计冻深** design freezing depth
计算点的冻结深度设计取值。
- 2.1.5 地基土设计冻深** design freezing depth of foundation
自构筑物底面算起的地基土冻结深度设计取值。
- 2.1.6 冻结指数** freezing index
整个冻结期内，低于 0°C 的日平均气温的逐日累积值。
- 2.1.7 冻胀量** amount of frost-heaving
土在冻结过程中的膨胀变形量。
- 2.1.8 地表冻胀量** amount of frost-heaving of ground surface
整个冻结期内冻结膨胀后的地面与冻前地面的高差值。
- 2.1.9 冻胀力** frost-heaving force
土的冻胀受到约束时产生的力。
- 2.1.10 水平冻胀力** horizontal frost-heaving force
土冻胀时作用于构筑物侧面水平方向的冻胀力（或构筑物侧表面的法向冻胀力）。
- 2.1.11 切向冻胀力** tangential frost-heaving force
土冻胀时作用于构筑物侧表面向上的冻胀力。
- 2.1.12 法向冻胀力** normal frost-heaving force
土在冻胀时作用于构筑物底面沿法线方向的冻胀力。

2.2 主要符号

2.2.1 作用力

F_r ——最薄弱断面以上暖土与基础侧面的总摩阻力；

F_r ——基础侧面所受的总摩阻力；

ΣF_i ——除基础自重、外荷载和摩擦力外的其他阻拔力；

f_i ——暖土层中的单位极限摩阻力；

f_y ——材料的设计强度；

G ——基础自重；

G_i ——最薄弱断面以上的基础自重；

P ——恒荷载；

T ——总切向冻胀力；

σ_h ——单位水平冻胀力；

σ_v ——单位法向冻胀力；

σ_{vs} ——单位法向冻胀力设计值；

τ_t ——单位切向冻胀力。

2.2.2 几何参数

A_s ——切向冻胀力作用下结构最薄弱断面处的截面积；

A_o ——基础板底面与地基接触面的水平投影面积；

d ——桩的直径或墩、板的长、宽方向尺寸；

h ——地表冻胀量；

h_f ——基础冻胀量；

h_i ——冻结线以下各土层厚度；

H_w ——挡土墙外露墙高；

L_b ——水平保温段长度；

R ——置换半径；

[S]——沿冻胀力方向的允许基础位移量；

u ——冻层内基础横断面的平均周长；

u_i ——冻结层下限以下各暖土层内基础横断面的平均周长；

Z_0 ——地下水对冻结层无显著影响的临界深度；

Z_b ——保温帷幕深度；
 Z_d ——设计冻深；
 Z_c ——置换深度；
 Z_f ——工程基础下的地基设计冻深；
 Z_g ——隔层封闭深度；
 Z_m ——历年最大冻深；
 Z_p ——冻结期地下水水位至冻结层下限的平均距离；
 Z_s ——保温水层厚度；
 Z_w ——地下水水位埋深；
 δ_c ——挡土墙或基础板厚度；
 δ_x ——保温材料厚度。

2.2.3 计算系数

c_f ——挡土墙边坡修正系数；
 K_g ——基础结构安全系数；
 K_σ ——板型基础稳定安全系数；
 K_τ ——抗冻拔稳定安全系数；
 m_σ ——冻胀力衰减系数；
 α_0 ——冻胀层厚度影响系数；
 α_w ——保温材料导热系数的修正系数；
 y ——非冻胀区深度系数；
 ψ_d ——考虑日照及遮阴程度的工程设计冻深修正系数；
 ψ_e ——有效冻深系数；
 ψ_w ——工程设计冻深的地下水影响系数。

2.2.4 其他

I_0 ——冻结指数的多年平均值；
 R_0 ——地基土不产生冻结的设计热阻；
 R_i ——构筑物基础热阻；
 λ_c ——基础材料的导热系数；
 λ_x ——保温材料的导热系数。

3 基本参数的确定

3.1 冻结深度

3.1.1 历年最大冻深，应采用渠系工程所在地或气温条件相近的邻近气象台（站）的多年最大冻深值，统计资料系列不宜短于 20 年。

3.1.2 渠系工程的实测冻深资料短于 20 年或无资料时，其最大冻深值可参考 JGJ 118—98 中的“中国季节冻土标准冻深线图”选取。

3.1.3 渠系工程的设计冻深可按式（3.1.3）计算：

$$Z_d = \psi_d \psi_w Z_m \quad (3.1.3)$$

式中 Z_d ——渠系工程的设计冻深（cm）；

Z_m ——历年最大冻深（cm）。

ψ_d ——考虑日照及遮阴程度的修正系数，可按 3.1.4 条确定；

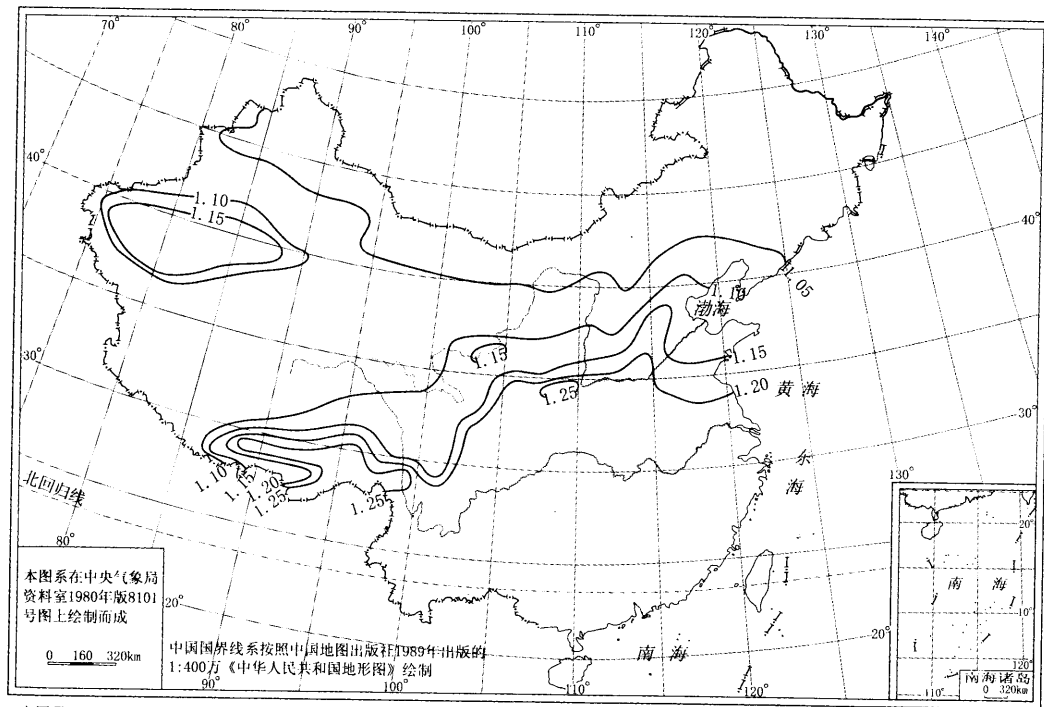
ψ_w ——地下水影响系数，可按 3.1.5 条确定。

3.1.4 考虑日照及遮阴程度的冻深修正系数 ψ_d ，可根据工程地点所在纬度及建筑物轴线走向，按式（3.1.4）计算：

$$\psi_d = \alpha + (1 - \alpha)\psi_i \quad (3.1.4)$$

式中 ψ_i ——典型断面（渠道走向 N—S，底宽与深度之比 $B/H = 1.0$ ，坡比 $m = 1.0$ ）某部位的日照及遮阴程度修正系数，阴、阳面中部的 ψ_i 值可由图 3.1.4-1 查得，底面中部的 ψ_i 值可由图 3.1.4-2 查得；

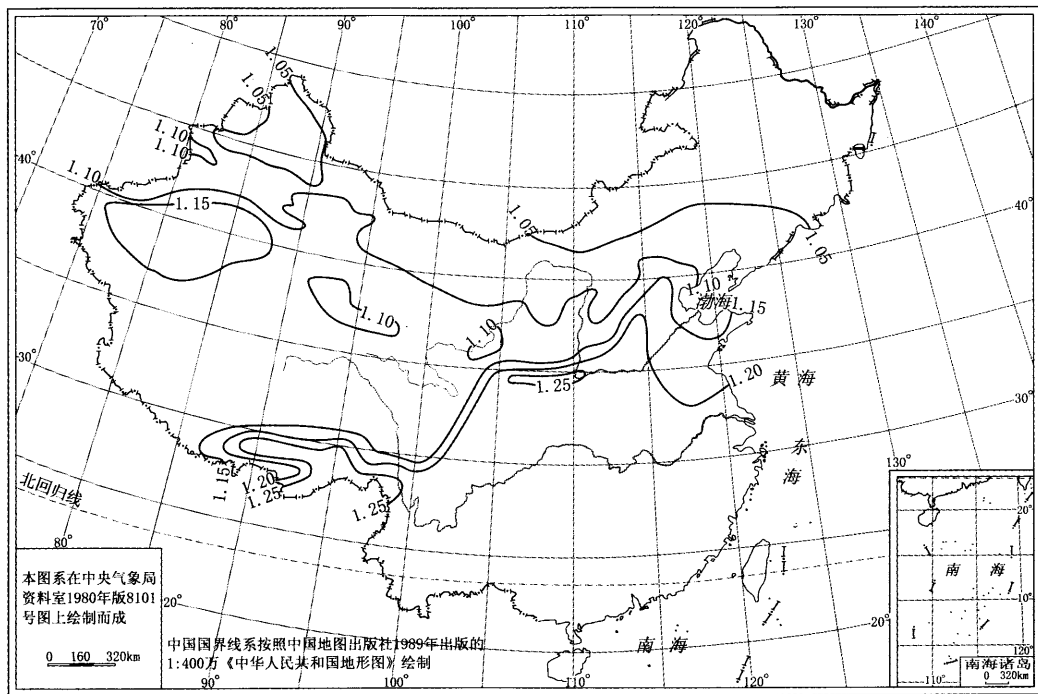
α ——系数，可根据工程所在的气候区（由图 3.1.4-3 查得）、计算断面的轴线走向、断面形状及计算点位置，由表 3.1.4 查得。若渠坡较高或建筑物上部有遮阴作用，应考虑额外的遮阴影响。



审图号：GS(2006)1523号

2006年12月15日 国家测绘局

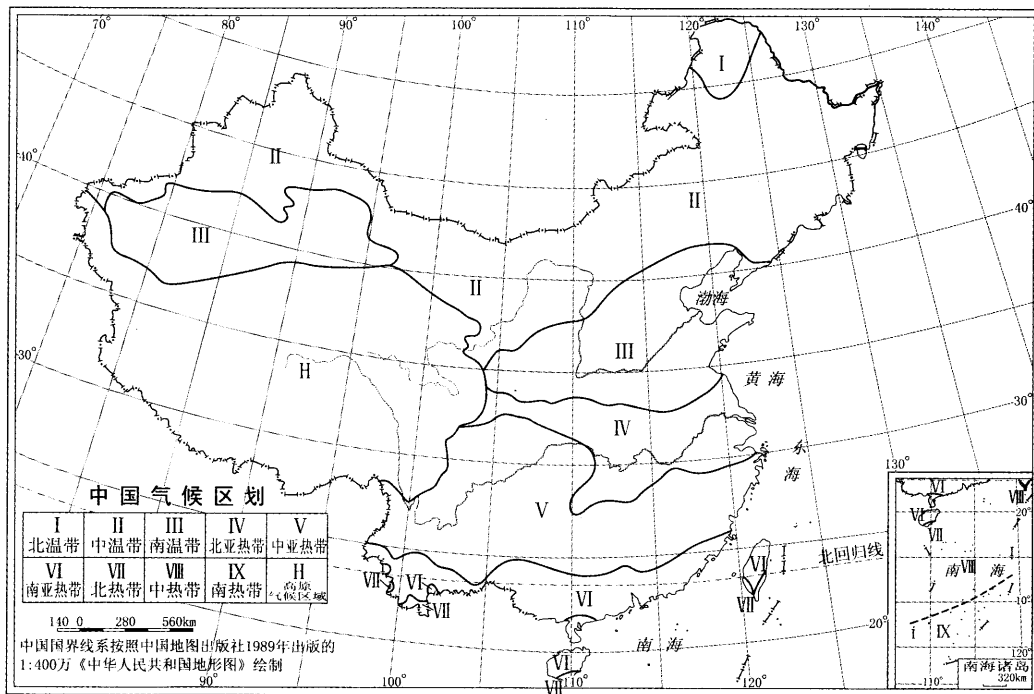
图 3.1.4-1 阴、阳面中部的 ψ_i 值分布图



审图号：GS(2006)1523号

2006年12月15日 国家测绘局

图 3.1.4-2 底面中部的 ψ_1 值分布图



审图号: GS(2006) 1523号

2006年12月15日 国家测绘局

图 3.1.4-3 中国气候区划图

表 3.1.4 系数 α 值表

B/H	坡比 m	走向	中温带			南温带			高原气候区		
			阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面
0.5	0	E—W	-3.54	-2.42	-2.3	-2.24	-1.8	-2.1	-2.43	-1.62	-2.23
	0.5	E—W	-2.89	3.76	-1.95	-1.70	1.66	-1.57	-1.32	-0.23	-1.76
	1	E—W	-2.55	4.75	-1.46	-1.36	3.96	-0.7	-0.77	0.63	0.07
	1.5	E—W	-2.25	4.42	-0.28	-1	4.21	0.59	-0.25	1.06	0.91
	2	E—W	-1.81	3.91	0.62	-0.6	3.42	0.69	0.14	1.2	0.68
1.0	0	E—W	-3.13	1.16	-2.15	-2.03	0.05	-1.8	-1.86	-1.17	-2.22
	0.5	E—W	-2.83	4.45	-1.86	-1.63	2.14	-1.34	-1.21	-0.20	-0.82
	1	E—W	-2.51	5.03	-1.05	-1.33	4.55	0	-0.71	0.7	1.02
	1.5	E—W	-2.24	4.53	0.41	-0.99	4.41	0.7	-0.22	1.1	0.68
	2	E—W	-1.8	3.96	0.73	-0.6	3.55	0.73	0.14	1.21	0.7
2.0	0	E—W	-3.00	2.57	-1.86	-1.89	0.02	-1.34	-1.65	-1.33	-0.82
	0.5	E—W	-2.76	5.12	-1.05	-1.56	3.01	-0.01	-1.09	-0.07	1.02
	1	E—W	-2.49	5.32	0.41	-1.29	4.6	0.7	-0.66	0.81	0.68
	1.5	E—W	-2.22	4.65	0.73	-0.97	4.58	0.73	-0.18	1.15	0.7
	2	E—W	-1.8	4.01	0.79	-0.58	3.85	0.8	0.16	1.24	0.77
5.0	0	E—W	-2.90	3.22	0.73	-1.80	0.32	-0.73	-1.49	-1.19	0.70
	0.5	E—W	-2.69	5.67	0.79	-1.49	4.31	0.80	-0.99	0.08	0.77
	1	E—W	-2.45	5.64	0.86	-1.24	4.42	0.85	-0.60	0.92	0.82
	1.5	E—W	-2.19	4.81	0.89	-0.94	4.70	0.88	-0.15	1.23	0.85
	2	E—W	-1.79	4.10	0.91	-0.56	4.07	0.91	0.18	1.30	0.88

表 3.1.4 (续)

B/H	坡比 m	走向	中温带			南温带			高原气候区		
			阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面
0.5	0	NE45°	-3.36	-2.24	-2.13	-2.12	-1.62	-1.97	-2.3	-1.65	-1.96
	0.5	NE45°	-2.50	0.95	-1.27	-1.46	0.06	-0.98	-1.13	-0.51	-1.06
	1	NE45°	-1.89	2.31	-0.41	-0.94	1.2	-0.24	-0.44	0.32	-0.12
	1.5	NE45°	-1.38	2.59	0.14	-0.51	1.68	0.24	0	0.75	0.33
	2	NE45°	-0.98	2.53	0.45	-0.23	1.79	0.51	0.27	0.95	0.54
1.0	0	NE45°	-2.93	-0.82	-1.75	-1.92	-1.09	-1.46	-1.8	-1.47	-1.79
	0.5	NE45°	-2.40	1.63	-0.81	-1.37	0.39	-0.65	-1.00	-0.39	-0.50
	1	NE45°	-1.85	2.6	-0.09	-0.87	1.21	0.04	-0.37	0.4	0.13
	1.5	NE45°	-1.36	2.72	0.32	-0.49	1.79	0.38	0.05	0.79	0.46
	2	NE45°	-0.97	2.59	0.55	-0.22	1.85	0.59	0.28	0.98	0.63
2.0	0	NE45°	-2.75	0.32	-0.81	-1.75	-0.68	-0.55	-1.56	-1.31	-0.5
	0.5	NE45°	-2.32	2.28	-0.09	-1.28	0.74	-0.05	-0.89	-0.26	0.13
	1	NE45°	-1.8	2.92	0.32	-0.82	1.67	0.38	-0.31	0.49	0.46
	1.5	NE45°	-1.33	2.88	0.55	-0.49	1.94	0.59	0.07	0.85	0.63
	2	NE45°	-0.95	2.68	0.69	-0.2	1.93	0.71	0.31	1.0	0.72
5.0	0	NE45°	-2.63	1.11	0.55	-1.62	-0.37	0.57	-1.40	-1.17	0.63
	0.5	NE45°	-2.23	2.88	0.69	-1.16	1.11	0.69	-0.78	-0.13	0.72
	1	NE45°	-1.75	3.28	0.76	-0.77	2.06	0.77	-0.24	0.60	0.78
	1.5	NE45°	-1.29	3.10	0.81	-0.43	2.17	0.83	0.11	0.93	0.84
	2	NE45°	0.76	0.76	0.83	-0.18	1.87	0.86	0.33	1.05	0.88

表 3.1.4 (续)

B/H	坡比 m	走向	中温带			南温带			高原气候区		
			阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面	阴面	阳面	底面
0.5	0	N—S	-2.79	-1.95	-1.97	-1.89	-2.06	-1.86			
	0.5	N—S	-1.10	0.94	-0.84	-0.90	-0.83	-1.16			
	1	N—S	-0.14	-0.24	-0.03	-0.23	-0.08	-0.29			
	1.5	N—S	0.34	0.18	0.33	0.18	0.34	0.19			
	2	N—S	0.58	0.43	0.56	0.43	0.57	0.46			
1.0	0	N—S	-2.11	-1.45	-1.56	-1.36	-1.61	-1.83			
	0.5	N—S	-0.79	-0.55	-0.66	-0.52	-0.67	-0.67			
	1	N—S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	1.5	N—S	0.42	0.33	0.38	0.32	0.38	0.34			
	2	N—S	0.62	0.52	0.58	0.51	0.59	0.56			
2.0	0	N—S	-1.56	-0.55	-1.27	-0.48	-1.37	-0.67			
	0.5	N—S	-0.48	0.00	-0.47	0.00	-0.54	0.00			
	1	N—S	0.18	0.33	0.11	0.32	0.07	0.34			
	1.5	N—S	0.51	0.52	0.44	0.51	0.43	0.56			
	2	N—S	0.68	0.64	0.63	0.64	0.62	0.67			
5.0	0	N—S	-1.13	0.52	-1.03	0.51	-1.20	0.56			
	0.5	N—S	-0.17	0.64	-0.27	0.64	-0.40	0.67			
	1	N—S	0.38	0.73	0.25	0.76	0.17	0.76			
	1.5	N—S	0.63	0.79	0.54	0.78	0.49	0.82			
	2	N—S	0.76	0.83	0.69	0.82	0.66	0.85			

3.1.5 地下水对冻深的影响系数 ψ_w ，可按式 (3.1.5) 计算：

$$\psi_w = \frac{1 + \beta e^{-Z_{w0}}}{1 + \beta e^{-Z_{wi}}} \quad (3.1.5)$$

式中 Z_{wi} ——计算点的冻前地下水水位深度 (m)，可取计算点地面 (开挖面) 至当地冻结前地下水水位的距离；

Z_{w0} ——邻近气象台 (站) 的冻前地下水水位埋深 (m)，当黏土、粉土 $Z_{w0} > 3.0\text{m}$ 、细粒土质砂 $Z_{w0} > 2.5\text{m}$ 、含细粒土砂 $Z_{w0} > 2.0\text{m}$ 时，可取黏土、粉土 $Z_{w0} = 3.0\text{m}$ ，细粒土质砂 $Z_{w0} = 2.5\text{m}$ ，含细粒土砂 $Z_{w0} = 2.0\text{m}$ ；

β ——系数，可按表 3.1.5 取值。

表 3.1.5 β 值 表

土 类	黏土、粉土	细粒土质砂	含细粒土砂
β	0.79	0.63	0.42

3.1.6 基础设计冻深 Z_f ，系指计算点自底板底面算起的冻深，可按式 (3.1.6-1)、式 (3.1.6-2) 和式 (3.1.6-3) 计算：

$$Z_f = \left(1 - \frac{R_i}{R_0}\right) Z_d - 1.6\delta_w \quad (Z_f \geq 0) \quad (3.1.6-1)$$

$$R_i = \frac{\delta_c}{\lambda_c} \quad (3.1.6-2)$$

$$R_0 = 0.06I_0^{0.5}\psi_d \quad (3.1.6-3)$$

式中 R_i ——底板热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$)；

R_0 ——设计热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$)；

I_0 ——工程地点的冻结指数 ($\text{°C} \cdot \text{d}$)；

Z_d ——工程地点的天然设计冻深 (m)；

Z_f ——基础下的设计冻深 (m)；

δ_c ——基础板厚度 (m)；

δ_w ——底板之上冰层厚度 (m);

λ_c ——底板 (墙) 的热导率 [$W/(m \cdot ^\circ C)$].

当 $\delta_c \leq 0.5m$ 时, 可按式 (3.1.6-4) 计算:

$$Z_i = Z_d - 0.35\delta_c - 1.6\delta_w \quad (Z_i \geq 0) \quad (3.1.6-4)$$

3.2 冻 胀 量

3.2.1 对于1、2、3级建筑物, 其冻胀量宜通过现场观测资料, 按照工程建成后的温度、水分及运行条件等进行修正后确定。野外冻胀量的观测方法可按 SL 237—1999 规定执行。

3.2.2 对于4、5级建筑物, 或没有现场试验观测条件的, 其天然状态的冻胀量 h 可根据土质和冻结前地下水水位埋深 Z_w 的情况由图 3.2.2-1、图 3.2.2-2 和图 3.2.2-3 查得。当地下水水位埋深 Z_w 值大于 2.0m 时, 取 Z_w 值等于 2.0m。

3.2.3 基础结构下冻土层产生的冻胀量 h_f 可按式 (3.2.3) 计算:

$$h_f = hZ_f / Z_d \quad (3.2.3)$$

式中 h ——工程地点天然冻土层产生的冻胀量 (cm);

h_f ——基础结构下冻土层产生的冻胀量 (cm)。

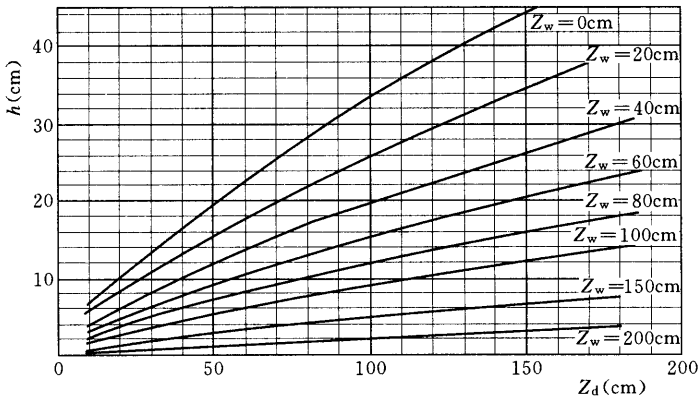


图 3.2.2-1 黏土冻深与冻胀量的关系曲线

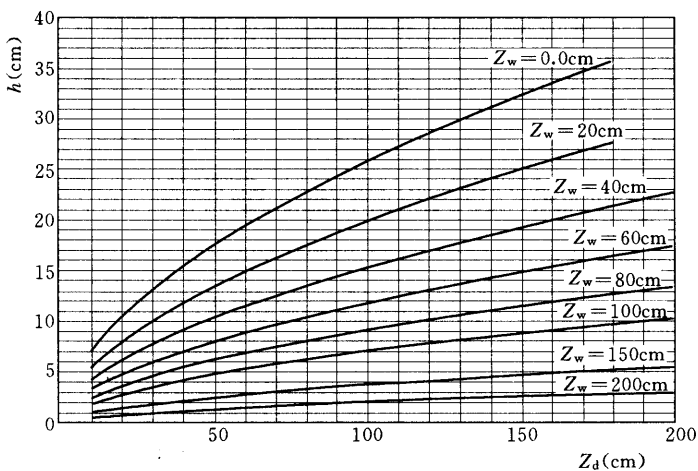


图 3.2.2-2 粉土冻深与冻胀量的关系曲线

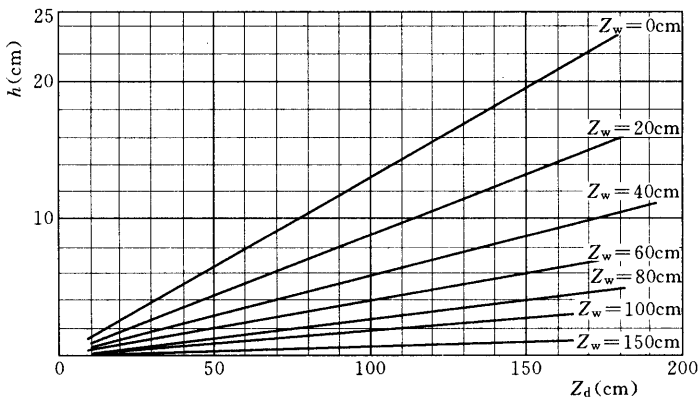


图 3.2.2-3 细粒土质砂、含细粒土砂冻深与冻胀量的关系曲线

3.3 土的冻胀性及地基土的冻胀级别

3.3.1 在土的冻胀性分类中，粗粒土中粒径小于 0.075mm 的土粒重量占土样总重量 10% 及以下时，为非冻胀性土；细粒土及粒径小于 0.075mm 的土粒重量超过土样总重量 10% 的粗粒土为冻胀性土。

3.3.2 地基土的冻胀级别，应按表 3.3.2 的规定划分。

表 3.3.2 地基土的冻胀级别

冻胀量 h_f (cm)	0~2	2~5	5~12	12~22	>22
冻胀性级别	I	II	III	IV	V

3.4 冻 胀 力

3.4.1 地基土冻胀时的单位切向冻胀力值 τ_t ，可按表 3.4.1 的规定取值。

表 3.4.1 单位切向冻胀力 τ_t 值 单位: kPa

冻胀级别	I	II	III	IV	V
τ_t	0~20	20~40	40~80	80~110	110~150
<p>注 1: 表中数值适用于混凝土桩。</p> <p>注 2: 冻层内基础侧表面粗糙的桩、墩，计算切向冻胀力时，应乘以 1.2 的系数。</p> <p>注 3: 同一冻胀级别中，表中数值可按冻胀量内插。</p>					

3.4.2 地基土冻胀时的单位法向冻胀力值 σ_v ，可按表 3.4.2 取值。

表 3.4.2 单位法向冻胀力 σ_v 值 单位: kPa

冻胀级别	单块基础板面积 (m^2)			
	5	10	50	100 及以上
I	50~100	30~60	20~50	10~30
II	100~150	60~100	50~80	30~60
III	150~210	100~150	80~130	60~100
IV	210~290	150~220	130~190	100~150
V	290~390	220~300	190~260	150~210
<p>注 1: 同一冻胀级别中，表中数值应先按冻胀量内插，再按基础板面积内插。</p> <p>注 2: 本表适用于短边尺寸不小于 2.0m 的板型基础，如基础板面积小于 $5m^2$，按 $5m^2$ 取值。</p>				

3.4.3 迎土面铅直的挡土结构（墙）墙后土冻胀时的单位水平冻胀力值 σ_h ，可按表 3.4.3 取值。

表 3.4.3 单位水平冻胀力 σ_h 值 单位：kPa

冻胀级别	I	II	III	IV	V
σ_h	0~30	30~50	50~90	90~120	120~170
注：同一冻胀级别中，表中数值可按冻胀量内插。					

4 抗冻胀计算

4.1 一般规定

4.1.1 渠系工程抗冻胀计算应包括：渠道衬砌结构及板式护面结构的冻胀位移量，渠系建筑物在冻胀力作用下各部位的稳定性、强度和位移量。渠系建筑物经计算后不能满足抗冻胀设计要求时，可按本标准的有关规定，采取抗冻胀措施。

4.1.2 各种冻胀力是渠系工程在冻结期的基本荷载，应按有关标准要求参加荷载组合并选取安全系数。

4.2 衬砌渠道

4.2.1 渠道衬砌的抗冻胀设计，应按下列要求进行：

1 在衬砌渠道沿线应按土质、水分条件和渠道走向基本相同的原则划分不同的渠段。

2 在各分段可选择 1~2 个具有代表性的横断面，通过观测或按 3.1 节和 3.2 节的规定确定断面上各代表性计算点（如渠底、坡脚、坡中、坡顶）的设计冻深、冻胀量以及基土的冻胀性级别。

3 根据渠道各部位的冻深和冻胀量，选择适宜的渠道断面形式、衬砌材料和结构。

4 应验算渠道各部位的冻胀位移量，确定必要的抗冻胀措施。

4.2.2 渠道衬砌结构的抗冻胀稳定性可按表 4.2.2 所规定的衬砌结构允许法向位移值作为控制指标。

4.2.3 衬砌结构的冻胀位移值可按渠道地基土的冻胀量确定。当该位移值大于允许值时，应根据需要和具体条件选用一种或多种适宜的抗冻胀措施。同一断面的不同部位可采用不同的抗冻胀措施。

表 4.2.2 渠道衬砌结构允许法向位移值 单位: cm

断面形式	衬砌材料		
	混凝土	浆砌石	沥青混凝土
梯形断面	0.5~1.0	1.0~3.0	3.0~5.0
弧形断面	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~6.0
弧形底梯形	1.0~3.0	2.0~5.0	4.0~6.0
弧形坡脚梯形	1.0~3.0	2.0~5.0	4.0~6.0
整体式 U 形槽或矩形槽	2.0~5.0	3.0~6.0	—
分离挡墙式矩形断面 (底板)	4.0~5.0	5.0~6.0	7.0~8.0

注: 断面深度大于 3.0m 的渠道, 衬砌板单块长边尺寸大于 5.0m 或边坡陡于 1:1.5 时, 取表中小值; 断面深度小于 1.5m 的渠道, 衬砌板单块长边尺寸小于 2.5m 或边坡缓于 1:1.5 时, 取表中大值。

4.2.4 对冻结期行水、地下水水位高出渠底、渠底有积水 (冰) 或有傍渗水补给的渠道, 在确定其设计冻深时, 对于水 (冰) 面或傍渗水逸出点以上 1.0m 范围内的边坡, 地下水水位应取水 (冰) 面或傍渗水逸出点高程, 选取地下水影响系数; 在确定其冻胀量时, 对于水 (冰) 面或傍渗水逸出点以上 0.5m 范围内的边坡, 应按地下水水位埋深为零计算。

4.3 桩、墩类基础

4.3.1 在冻土地区, 应对冻胀性地基中的桩、墩基础进行抗冻拔稳定计算和结构强度计算。除经特殊论证外, 桩、墩的允许冻拔位移量应为零。对于埋置深度不小于工程设计冻深的板、墙等其他基础, 也应按本节的有关规定, 对其在切向冻胀力作用下的抗冻拔稳定性、位移量和结构强度进行验算。

4.3.2 基础所受的总切向冻胀力 T 可按式 (4.3.2) 计算:

$$T = \phi_c \tau_c u Z_d \quad (4.3.2)$$

式中 T ——总切向冻胀力 (kN);

u ——冻土层内基础横断面的平均周长 (m);

τ_c ——单位切向冻胀力 (kPa), 应按本规范表 3.4.1 选用;

ψ_e ——有效冻深系数, 可根据土质类别和地下水条件按表 4.3.2 选用。

表 4.3.2 有效冻深系数 ψ_e 值

土类	黏土、粉土			细粒土质砂			含细粒土砂		
冻前地下水水位距地面的距离 (m)	>2.0	2.0~1.0	<1.0	>1.5	1.5~0.8	<0.8	>1.0	1.0~0.5	<0.5
ψ_e	0.6	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0

4.3.3 基础所受的总摩阻力 F_s 可按式 (4.3.3) 计算:

$$F_s = 0.4 \sum (f_i h_i u_i) \quad (4.3.3)$$

式中 F_s ——总摩阻力 (kN);

f_i ——各暖土层对基础侧壁的单位极限摩阻力 (kPa);

h_i ——基础周围各暖土层厚度 (m);

u_i ——各暖土层接触的基础横断面的平均周长 (m)。

4.3.4 在切向冻胀力作用下, 基础抗冻拔的稳定条件应按式 (4.3.4-1) 和式 (4.3.4-2) 校核。

$$P + G + F_s + \sum F_i \geq K_r m_o T \quad (4.3.4-1)$$

$$m_o = 1 - \left(\frac{[S]}{h_i} \right)^{0.5} \quad (4.3.4-2)$$

式中 $\sum F_i$ ——除 P 、 G 、 F_s 外基础所受的其他阻拔力 (kN);

G ——基础自重 (kN), 水下部分取浮重;

K_r ——基础抗冻拔稳定安全系数, 可按表 4.3.4 选取;

m_o ——冻胀力衰减系数;

P ——结构恒荷载 (kN), 跨年度施工时取停工入冬前的最小恒荷载;

$[S]$ ——沿冻胀力方向的允许基础位移量 (cm), 对于桩、墩基础 $[S] = 0$, 对于板型基础可由表 4.4.2 查得。

表 4.3.4 最小稳定安全系数 K_r 值

构筑物级别	1	2、3	4、5
K_r	1.3	1.2	1.1

4.3.5 基础的结构抗拉强度 f_y 应按式 (4.3.5) 计算:

$$K \left[\frac{m_s T - (P + G_i + F_r)}{A_s} \right] \leq f_y \quad (4.3.5)$$

式中 A_s ——最薄弱断面处的截面积 (m^2), 基础若为钢筋混凝土, 则为纵向受拉钢筋横断面积的总和;

F_r ——最薄弱断面至冻土层下限间的融土与基础侧面的总摩阻力 (kN);

G_i ——最薄弱断面以上的基础自重 (kN);

f_y ——材料的抗拉设计强度 (kPa), 如为钢筋混凝土, 则为钢筋的抗拉设计强度;

K ——安全系数, 可按表 4.3.5 选取。

表 4.3.5 最小安全系数 K 值

构筑物级别	1	2、3	4、5
K	1.65	1.50	1.40

4.4 板型基础

4.4.1 本节适用于基础底面平面投影面积大于 $5m^2$ 、短边尺寸不小于 2m 的基础板结构抗冻胀设计。

4.4.2 除有特殊要求外, 基础板在冻胀作用下的允许垂直位移值 $[S]$ 可按表 4.4.2 查得。构筑物基础板在未采取抗冻胀措施情况下的位移值应取地基的冻胀量 h , h 值可按 3.2 节的规定计算。当计算值大于表 4.4.2 的允许值时, 应按 5.3.1 条的规定采取抗冻胀措施。

表 4.4.2 板型基础允许垂直位移值 [S] 单位: cm

构筑物类型及结构部位		[S]
涵、闸进出口板型基础		2.0
闸室段钢筋混凝土基础板		2.5
陡坡段底板、护坦板	有约束钢筋混凝土板	2.5
	无约束钢筋混凝土板	3.0

4.4.3 板型基础所受单位法向冻胀力设计值 σ_{vs} 可按式 (4.4.3-1) 和式 (4.4.3-2) 计算:

$$\sigma_{vs} = m_o \alpha_o \sigma_v \quad (4.4.3-1)$$

$$\alpha_o = (Z_i/Z_d)^{0.65} \quad (4.4.3-2)$$

式中 α_o ——冻胀层厚度影响系数;

σ_v ——单位法向冻胀力 (kPa), 可由表 3.4.2 查取。

4.4.4 基础板抗冻胀验算应满足式 (4.4.4-1) 和式 (4.4.4-2) 的要求。否则, 应按 5.3.1 条的规定采取抗冻胀措施。

1 整体稳定条件要求:

$$K_o (\sigma_{vs} A_o + \tau_i S) m_o \leq P + G \quad (4.4.4-1)$$

式中 K_o ——基础板抗冻胀稳定安全系数, 允许基础板发生位移时取 1.1, 不允许基础板发生位移时取 1.2;

A_o ——基础板底面与地基接触面的水平投影面积 (m^2);

S ——基础侧面与冻土的接触面积 (m^2)。

2 冻胀位移要求:

$$h_f \leq [S] \quad (4.4.4-2)$$

4.5 挡土墙

4.5.1 本节适用于冻深大于 0.3m, 墙前地面至墙后填土顶面之间的高差 H_w 不大于 5m 的薄壁挡土墙。当超过上述限定时, 宜按 5.4 节的有关规定采取抗冻胀措施或作专门研究。

4.5.2 单位水平冻胀力沿墙高的压强分布可按图 4.5.2 所示的图形确定。

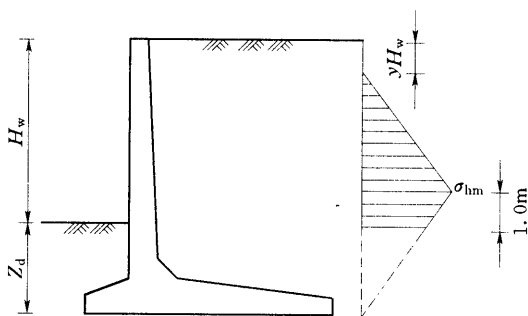


图 4.5.2 挡土墙单位水平冻胀力分布图

y ——非冻胀区深度系数；

H_w ——自墙前地面算起的墙后填土高度 (m)。

表 4.5.2 非冻胀区深度系数 y 值

墙后土冻胀性级别	I、II	III	IV	V
y	0.21	0.21~0.17	0.17~0.1	0.1
注：当 $H_w \leq 2m$ 时取 y 等于零。				

4.5.3 水平冻胀力根据图 4.5.2，按式 (4.5.3-1) 和式 (4.5.3-2) 计算。图中阴影部分面积即为挡土墙单位长度所受的水平冻胀力。

$$\sigma_{hm} = m'_o c_f \sigma_h \quad (4.5.3-1)$$

$$m'_o = 1 - ([S'] / h'_f)^{0.5} \quad (4.5.3-2)$$

式中 c_f ——挡土墙迎土边坡影响系数，可按表 4.5.3-1 取值；

h'_f ——挡土墙后填土的冻胀量 (cm)；

m'_o ——墙体变形影响系数；

$[S']$ ——墙身允许水平位移值 (cm)，可参照表 4.5.3-2 选取；

σ_h ——单位水平冻胀力 (kPa)，可按表 3.4.1-3 取值；

σ_{hm} ——最大单位水平冻胀力 (kPa)。

表 4.5.3-1 挡土墙迎土面边坡影响系数 c_f 值

迎土面坡比	0	0.1	0.2
c_f	1.00	0.90	0.85

表 4.5.3-2 挡土墙允许位移值 $[S']$ 表 单位: cm

挡土墙结构类型	$[S']$	
	垂直方向	水平方向
浆砌石重力式	2.0	0
混凝土重力式	2.0	(0.001~0.002) 墙高
钢筋混凝土悬臂式、整体 U 形槽侧墙	2.0	(0.004~0.005) 墙高
其他型式钢筋混凝土独立式挡土墙	3.0	(0.004~0.005) 墙高

注: 上述为挡土墙顶部的允许位移值, 抗冻胀计算时, 计算点的允许位移值应取表中数值的 1/2。

4.5.4 挡土墙的整体稳定和抗冻胀强度验算应在计入水平冻胀力后按国家现行有关规范的规定执行。

4.5.5 挡土墙垂直方向的稳定条件应满足下列要求:

- 1 抗冻拔条件应符合 4.3.4 条的规定。
- 2 冻胀量应符合 4.4.4 条第 2 款的规定。

5 抗冻胀结构及工程措施

5.1 衬砌渠道

5.1.1 冻胀性渠道的衬砌宜优先采用能适应冻胀变形的柔性结构。当渠基土的冻胀量大于允许位移值时，可选用 5.1.2～5.1.9 条规定的措施，或采用其他有效措施。

5.1.2 当渠基土的冻胀级别为 I、II 级时，可结合渠道防渗要求采用下列渠道断面和衬砌结构：

- 1 整体式混凝土 U 形槽衬砌。
- 2 弧形断面或弧形底梯形断面的板膜复合衬砌结构。
- 3 宽浅渠道宜采用弧形坡脚梯形断面的板膜复合衬砌结构，并适当增设纵向伸缩缝，以适应冻胀变形。
- 4 梯形混凝土衬砌渠道，可采用架空梁板式（预制 II 形板）或预制空心板式结构。
- 5 浆砌石衬砌等其他结构型式。

5.1.3 当渠基土冻胀级别为 III、IV、V 级时，可采用下列渠道断面和衬砌结构：

- 1 采用地表式整体混凝土 U 形槽或矩形槽。槽底可设置保温层或非冻胀性土置换层，槽侧回填土高度宜小于槽深的 1/3。
- 2 渠深不超过 1.5m 的宽浅渠道，宜采用矩形断面，渠岸采用挡土墙式结构，渠底采用平板结构，墙与板连接处设冻胀变形缝。
- 3 可采用桩、墩等基础支撑输水槽体，使槽体与基土脱离。桩的允许冻拔量应为零。
- 4 可采用暗渠或暗管输水。

5.1.4 刚性材料衬砌渠道的分缝应能适应冻胀变形，可分为横向缝和纵向缝。横向缝可采用矩形或梯形，缝宽 20～30mm；纵向缝可采用铰形、梯形或矩形，如图 5.1.4 所示，缝宽 20～40mm。

变形缝内宜填充黏结力强、变形性能大、在当地最高气温下不流淌、最低气温下仍具柔性的止水材料。

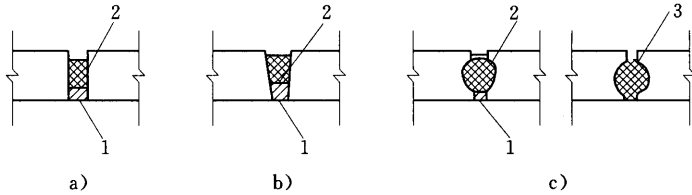


图 5.1.4 冻胀变形缝型式

a) 矩形缝；b) 梯形缝；c) 铰形缝

1—填充料；2—弹塑性胶泥；3—弹塑性止水带

5.1.5 当渠基土冻胀级别为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级时，可采用置换措施防止冻胀破坏。置换时应采用非冻胀性土置换渠床原状土。当置换层有被淤塞危险时，应在置换体迎水面铺设土工膜料或土工织物保护；若置换体有可能饱水冻结时，应保证冻结期置换体有排水出路，其措施可按 5.1.6 条执行。渠床各部位置换深度 Z_e 可按式 (5.1.5) 计算：

$$Z_e = \epsilon Z_d - \delta_0 \quad (5.1.5)$$

式中 Z_e ——置换深度 (cm)；

δ_0 ——衬砌板厚度 (cm)；

ϵ ——置换比 (%)，可结合当地经验，参照表 5.1.5 选取。

表 5.1.5 渠床置换比 ϵ 值

地下水埋深 Z_w (cm)	渠床土质	ϵ (%)	
		坡面上部	坡面下部、渠底
$>Z_d+200$	黏土、粉土	50~70	70~80
$>Z_d+150$	细粒土质砂	50~70	70~80
$>Z_d+100$	含细粒土砂	40~50	40~50
小于上述值	黏土、粉土、细粒土质砂	60~80	80~100
	含细粒土砂	50~60	60~80

5.1.6 当采用排水措施抗冻胀时，应符合下列规定：

1 当渠床的冻融层或置换层下不透水或弱透水层较薄、深层地下水埋深大于工程设计冻深时，可在渠底每隔 10~20m 设一眼盲井，使冻融层或置换层与地下水联通。

2 当渠床的冻融层有排水出路时，可在工程设计冻深底部设置纵、横向排水暗管，将渠床冻融层中的重力水或渠道傍渗水排出渠外。

3 对冬季输水的衬砌渠道，当渠侧有傍渗水补给渠床时，可在最低行水位以上设置反滤排水体，排水口设在最低行水位处，将傍渗水排入渠内，避免浸湿渠床。

5.1.7 当采用保温措施抗冻胀时，应符合下列规定：

1 在衬砌体（包括封顶板）下铺设保温材料，材料性能应符合附录 A 的要求。

2 采用保温材料时，其厚度可按附录 A 规定的方法确定。

3 冬季行水渠道，水位按等流量（水位）控制时，在设计最小水位条件下，可按冰（水）保温考虑；在冰（水）面以上可采用保温材料抗冻胀。

5.1.8 当地下水在渠底以下的埋深大于或等于地下水影响冻结锋面的临界值（ $Z_0 + Z_d$ ），且无傍渗水补给时，可在衬砌体下铺设防渗土工膜；衬砌体与膜料间可用水泥砂浆、砂砾石或粗砂做过渡层。 Z_0 为地下水对冻结层无显著影响的临界深度，可按表 5.1.8 取值。

表 5.1.8 临界深度 Z_0 值

单位：m

土 类	黏土、粉土	细粒土质砂	含细粒土砂
Z_0	2.0	1.5	1.0

5.1.9 衬砌渠道的抗冻胀还可采取下列措施：

1 有条件时，衬砌渠道的线路宜避开强冻胀性土和地下水埋深较浅的地段；宜采用填方渠道并使渠底高于地下水水位的距

离不小于 $(Z_0 + Z_d)$ ；对挖方渠道应同时考虑傍渗水的排除措施。

2 对于强冻胀性地基土，宜选用以土石料护面的埋铺式土工膜防渗方案。

3 冬季不行水渠道，宜在日平均气温稳定进入 0°C 日前 10d 停水；冬季连续行水的渠道，在负温期宜保持在最低设计水位以上运行。

5.1.10 土质渠道或以土石料护面的埋铺式膜料防渗渠道应采用适应冻胀融沉变形的断面型式（弧底梯形或弧形坡脚梯形），宽深比宜大于 1.0，边坡系数可根据类似工程经验选定。

5.1.11 当渠基土冻胀性属Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级时，应以融冻层交界面或土工膜交界面为滑动面，验算其边坡稳定性。交界面土的抗剪强度 C 、 ϕ 值应通过试验或参考类似工程资料确定。如不满足要求，可采用置换、排水、支挡等综合工程措施。

5.1.12 为防治边坡冻融滑坍，渠坡可采用土工编织布砂（土）袋分层砌筑或土工带拉锚固定。坡脚埋设土工布砂（土）袋镇脚。渠坡表面可采用生物护面。

5.2 桩、墩类基础

5.2.1 当桩、墩类基础不能满足切向冻胀力作用下的抗冻胀要求时，可从削减切向冻胀力和增加基础的锚固力两方面，选用 5.2.2~5.2.4 条规定的任一种方法或几种方法相结合的综合措施，以及其他有效措施。

5.2.2 当用非冻胀性土置换冻胀性地基土时，应符合下列要求：

1 当地基土的冻胀级别属Ⅲ级及以上级别时，宜按全部工程设计冻深置换；当地基土属Ⅰ、Ⅱ级时，可按 $2/3$ 工程设计冻深置换。

2 置换的平面范围可按式（5.2.2）确定：

$$R = \frac{d}{2} + \psi_c Z_d \quad (5.2.2)$$

式中 d ——桩的直径或墩、板等的长、宽方向尺寸（cm）；

R ——以桩纵轴为基准的置换半径，或以墩、立板等中心线为基准的置换宽度（cm）。

3 在置换层顶面宜铺设土工织物防止细颗粒土侵入，土工织物上盖以保护层。

4 置换层宜设排水出路。

5.2.3 削减切向冻胀力可采取下列对基础表面进行处理的措施：

- 1 冻层范围内的基础侧表面平滑、光洁。
- 2 冻层范围内的基础侧表面包裹隔离材料。
- 3 对冻层范围内的基础侧表面作涂层处理。
- 4 在允许条件下，可减小冻层范围内与基土接触的基础面积。

5.2.4 桩、墩类基础还可采用下列增大基础锚固力的结构措施：

- 1 增加桩、墩类基础深度。
- 2 采用独立扩大式基础、锚固底梁基础、变径桩基础、爆扩大头桩基础、阶式基础、扩大式墙基础、锚固环式基础等，如图 5.2.4 所示。

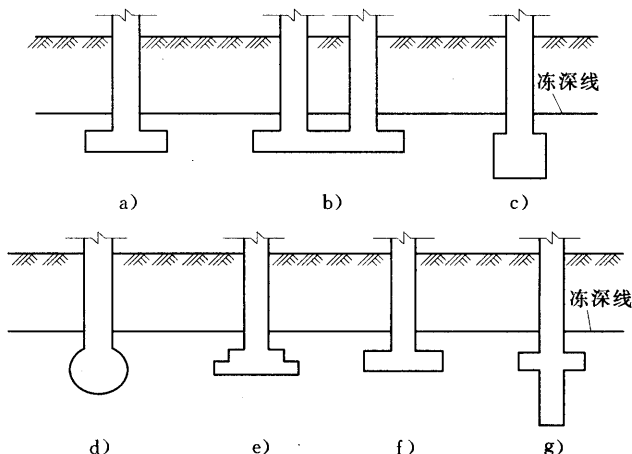


图 5.2.4 常用扩大式基础示意图

- a) 独立式扩大桩基础；b) 锚固底梁；c) 变径桩；d) 爆扩桩；
e) 阶式基础；f) 扩大式墙基础；g) 锚固环基础

5.3 板型基础

5.3.1 板型基础可采用 5.3.2~5.3.6 条中的任一种抗冻胀措施或综合措施。

5.3.2 当采用非冻胀性土置换冻胀性地基土时,可根据工程的重要性、当地工程经验、结合计算综合确定其置换深度。

1 置换深度 Z_c 可按式 (5.3.2) 计算:

$$Z_c = \psi_c Z_d \quad (5.3.2)$$

2 置换平面范围宜为沿基础平面轮廓线向外加大 50cm。

3 有条件时,宜设置排水出路。

5.3.3 当采用土工膜将地基土隔层封闭时,应按下列要求执行:

1 封闭深度 Z_g 可按式 (5.3.3) 计算:

$$Z_g = Z_d - 0.35\delta_c \quad (5.3.3)$$

式中 Z_g ——从基础底面算起的隔层封闭地基深度 (cm)。

2 封闭平面范围为沿基础平面轮廓向外加大 50cm。

3 回填土料应满足以下规定:每一隔层土厚 30~50cm,含水量低于 0.8 倍塑限含水量,干密度不低于原基土天然干密度的 1.05 倍。

4 各封闭层应保证严密、不透水;确保土工膜料不发生损坏。基础侧面应采取削减切向冻胀力的措施。

5.3.4 当基础采用保温措施时,保温材料的厚度可按本规范附录 A 的方法计算,并应符合下列规定:

1 根据基础稳定和强度要求,保温基础的结构型式可采用叠层式或夹层式结构。

2 根据基础型式、施工条件等具体情况,保温基础四周可分别选用水平保温和竖向保温帷幕两种方法,消除周边的影响。

水平保温段长度 L_b 或竖向保温帷幕深度 Z_b 可按式 (5.3.4) 计算:

$$L_b = Z_b = Z_d - \delta_c \quad (5.3.4)$$

式中 L_b ——水平保温段长度 (cm);

Z_b ——竖向保温帷幕深度 (cm)。

5.3.5 当采用在基础板上蓄水保温时,水(冰)层厚度 Z_s 可按式 (5.3.5) 确定:

$$Z_s \geq 0.6(Z_d - 0.35\delta_f) \quad (5.3.5)$$

式中 Z_s ——基础板上水(冰)层厚度 (cm)。

5.3.6 当地基有排水条件时,可参照 5.1.6 条采用排水措施。

5.4 挡土墙

5.4.1 提高挡土墙的抗冻胀能力可采取下列措施:

- 1 选用适应冻胀变形能力强的结构型式。
- 2 采用消除或削减挡土墙后土体冻胀的措施。

5.4.2 抗冻胀挡土墙的结构型式可根据工程实际情况选择,宜优先选用悬臂式挡土墙,其基础顶面埋深宜大于或等于工程设计冻深。

5.4.3 在满足渗透稳定的条件下,挡土墙墙体宜设排水孔,墙后土体中宜设排水设施。

5.4.4 挡土墙迎土面宜平整光滑。

5.4.5 当采用非冻胀性土置换冻胀性的墙后土体时,应满足渗透稳定和置换范围的要求。

置换范围应不小于图 5.4.5 所示的尺寸。

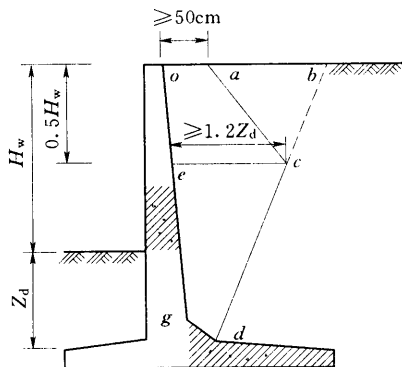


图 5.4.5 挡土墙回填土置换范围

置换断面尺寸的确定如下：

- 1 墙顶最小置换宽度为 50cm。
- 2 自墙顶算起， $0.5H_w$ 处的最小置换宽度为 $1.2Z_d$ 。
- 3 墙基处最小置换宽度 $0.5Z_d - \delta$ ， δ 为墙基处墙的厚度。

5.4.6 当采用隔层封闭措施时，应符合 5.3.3 条的有关规定。隔层封闭范围可与 5.4.5 条规定的置换范围相同。

5.4.7 当采用保温材料防止墙后土体冻胀时，应符合下列规定：

1 当墙后填土的冻胀性不强、地下水埋深较大时，可采用仅在挡土墙迎土面铺设保温材料的单向保温法；否则，应采用在挡土墙迎土面和墙后填土上部水平方向铺设保温材料的双向保温法。挡土墙单向和双向保温布置如图 5.4.7 所示。

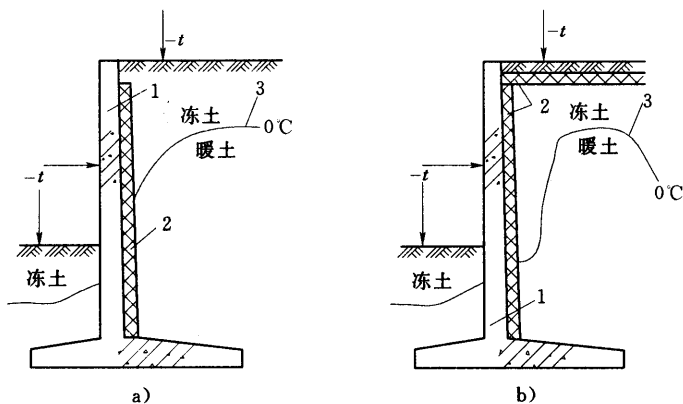


图 5.4.7 挡土墙单向和双向保温示意图

a) 单向保温；b) 双向保温

1—混凝土挡土墙；2—保温板；3—冻土暖土分界线

- 2 保温板的厚度，可按附录 A 的方法计算。
- 3 竖向保温板的铺设范围为由墙后填土地面以下 20cm（保护层）至底板顶面。
- 4 水平及侧向保温板的宽度为 $1.5Z_d$ 。
- 5 双向保温的竖向保温板和水平及侧向保温板应做好衔接，

避免脱缝，影响保温效果。

5.5 其他抗冻胀工程措施

5.5.1 对于渠系构筑物，可采取减少构筑物与基土接触面积、加大地基荷载、适应冻胀变形等抗冻胀的结构型式。

5.5.2 对于水闸，可选用一字型闸结构，并应符合下列规定：

1 一字型闸的平面尺寸和埋置深度应同时满足抗冻拔稳定、抗倾覆稳定和渗透稳定等要求。

2 当抗冻拔稳定条件不满足时，可采取增加自重、改善地基土质及采用趾板型基础等措施。

5.5.3 对于小型水闸，可采用筛网式消能工或竖井消能工。

5.5.4 对于小型泵房（站），可采用以单排或双排钢筋混凝土灌注桩为基础的井柱式泵房，灌注桩基础应满足抗冻拔稳定要求，其他部位均可按常规方法设计。

附录 A 聚苯乙烯泡沫塑料板及其他材料 保温厚度的计算

A. 0.1 保温用聚苯乙烯泡沫塑料板的物理机械性能应满足表 A. 0.1 的要求。

表 A. 0.1 保温用聚苯乙烯泡沫塑料板的物理机械性能

项 目	单 位	性 能 指 标					
		I 型	II 型	III 型	IV 型	V 型	VI 型
表观密度 (\geq)	kg/m ³	15	20	30	40	50	60
压缩强度 (相对变形 10%)	kPa	60	100	150	200	300	400
导热系数 (\leq)	W/(m·K)	0.041		0.039			
尺寸稳定性 (\leq)	%	4	3	2	2	2	1
吸水率 (体积) (\leq)	%	6	4	2	2	2	2

A. 0.2 对于重要工程或基础采用其他材料保温的工程，保温材料厚度可按式 (A. 0.2) 计算：

$$\delta_x = \alpha_w \lambda_x \left(R_0 - \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right) \quad (\text{A. 0.2})$$

式中 δ_x ——保温材料厚度 (m)；

R_0 ——工程保温基础设计热阻值 (m²·°C/W)，按公式 (3.1.6-3) 计算；

α_w ——保温材料的导热系数修正系数， $\alpha_w = \lambda_b / \lambda_x$ ，可按表 A. 0.2 选取；

δ_c ——基础材料厚度 (m)；

λ_x ——保温材料在自然状态下的导热系数 [W/(m·°C)]；

λ_c ——基础材料的导热系数 [W/(m·°C)]，可根据工程实际情况确定。

表 A.0.2 保温用聚苯乙烯泡沫塑料板的导热系数修正系数 α_w 值

体积吸水率 (%)	0	1	2	3	4
α_w	1.0	1.05	1.1	1.2	1.4
注：本表允许内插取值。					

A.0.3 如果实际工程只要求部分消除地基冻层，即在保温基础下可保留部分冻土层时，保温材料厚度可按式 (A.0.3-1) 和式 (A.0.3-2) 计算：

$$\delta_n = \alpha_w \lambda_x \left(R_n - \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right) \quad (\text{A.0.3-1})$$

$$R_n = nR_0 \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中 n ——设计要求消除冻层占天然冻层厚度的比例；

R_n ——消除部分地基冻层所需保温基础的热阻值，(m²·°C/W)；

δ_n ——消除部分地基冻层所需保温材料厚度 (m)。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	