

水工建筑物抗冰冻设计标准

GB/T 50662—2011

局部修订条文

说明:1. 下划线标记的文字为新增内容,方框标记的文字为删除的原内容,无标记的文字为原内容。

2. 本次修订的条文应与《水工建筑物抗冰冻设计标准》GB/T 50662—2011 中其他条文一并实施。

住房和城乡建设部信息公开

浏览专用

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本资料	(6)
5	材料与结构	(9)
5.1	混凝土与砌石材料	(9)
5.2	保温材料	(11)
6	挡水与泄水建筑物	(12)
6.1	一般规定	(12)
6.2	混凝土坝与砌石坝	(12)
6.3	土石坝	(12)
6.4	溢流坝与岸边溢洪道	(13)
6.5	泄洪洞与坝体泄水孔	(13)
6.6	堤防与护岸	(13)
6.7	边坡	(14)
7	取水与输水建筑物	(15)
7.3	明渠冬季输水	(15)
7.4	暗管与隧洞及调压室	(15)
8	渠道与渠道衬砌	(16)
8.1	一般规定	(16)
8.2	衬砌结构抗冻胀稳定性要求	(16)
8.3	渠道衬砌结构	(17)

8.5	渠坡稳定	要求	.....	(18)
9	电站与泵站	与电站	建筑物	 (19)
9.1	一般规定		.....	(19)
9.2	前池	排冰	.....	(19)
10	闸涵建筑物		.....	(20)
10.1	一般规定		.....	(20)
10.2	结构与布置		.....	(20)
10.3	稳定与强度	验算	.....	(20)
11	挡土	结构(墙)	.....	(21)
11.1	一般规定		.....	(21)
11.2	水平冻胀力	的计算	.....	(21)
11.3	抗冻胀措施		.....	(22)
12	桥梁	和	与渡槽	 (25)
12.3	基础的稳定与强度	验算	.....	(25)
13	水工金属结构		.....	(27)
13.1	一般规定		.....	(27)
13.2	闸门		.....	(27)
13.3	拦污栅		.....	(29)
13.4	露天压力钢管		.....	(29)
14	多年冻土区水工建筑物		.....	(31)
14.1	一般规定		.....	(31)
14.2	地基与基础		.....	(32)
14.3	水工建筑物		.....	(33)
15	监	测	.....	(35)
15.1	一般规定		.....	(35)
15.2	冰情与冰压力		.....	(35)
15.3	冻土监测		.....	(35)

附录 B 土的冻结深度的确定	(37)
附录 E 门叶电热法防冰冻计算	(45)
附录 F 压力水射流法防冰冻计算	(46)
引用标准名录	(48)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic information	(6)
5	Materials and structures	(9)
5.1	Concrete and stone	(9)
5.2	Insulation materials	(11)
6	Water retaining and releasing structures	(12)
6.1	General requirements	(12)
6.2	Concrete and stone masonry dams	(12)
6.3	Earth-rock dam	(12)
6.4	Overflow dam and bank spillway	(13)
6.5	Spillway tunnel and outlet hole	(13)
6.6	Levee and bank protection	(13)
6.7	Slope	(14)
7	Water intake and conveyance structure	(15)
7.3	Water conveyance of open-channel in winter	(15)
7.4	Buried pipe, <u>and</u> tunnel <u>and surge chamber</u>	(15)
8	Canal <u>and its lining</u>	(16)
8.1	General requirements	(16)
8.2	<u>Stability</u> Requirements for canal lining against frost heaving	(16)

8.3	Structure of canal liners	(17)
8.5	Stability of canal slope	(18)
9	<u>Structures of pump plant and Hydropower stations and pump plants</u>	(19)
9.1	General requirements	(19)
9.2	<u>De-icing at Forebay</u>	(19)
10	Sluice and culvert structures	(20)
10.1	General requirements	(20)
10.2	Structure and layout	(20)
10.3	<u>Checking of the calculation of Stability and strength</u>	(20)
11	Soil retaining <u>structure (wall)</u>	(21)
11.1	General requirements	(21)
11.2	<u>Calculation of Horizontal frost heaving force</u>	(21)
11.3	Measures for prevention of frost heaving	(22)
12	Bridge and flume	(25)
12.3	<u>Checking of the calculation of Stability and strength of foundation</u>	(25)
13	Metal structures	(27)
13.1	General requirements	(27)
13.2	Sluice gate	(27)
13.3	Trash rack	(29)
13.4	Exposed penstock	(29)
14	<u>Hydraulic structures in permafrost regions</u>	(31)
14.1	<u>General requirements</u>	(31)
14.2	<u>Foundation</u>	(32)
14.3	<u>Hydraulic structures</u>	(33)
15	<u>Monitoring</u>	(35)
15.1	<u>General requirements</u>	(35)

15.2	Ice regime and ice pressure	(35)
15.3	Monitoring of frozen earth	(35)
Appendix B	Determination of frosted depth of soil	(37)
Appendix E	Calculation of counter-frosting by electric heating of gate flap	(45)
Appendix F	Calculation of counter-frosting by forced jet flow	(46)
List of quoted standards	.....	( 48)

1 总 则

1.0.1 为了统一在冰、冻融和冻胀作用下的水工建筑物抗冰冻设计标准和技术要求,提高水工建筑物的抗冰冻耐久性能设计水平,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于受冰、冻融和冻胀作用的新建或、改建和扩建的季节性冻土区水工建筑物,以及多年冻土区小型水工建筑物的抗冰冻设计。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1A 多年冻土 permafrost, perennially frozen ground

冻结状态持续两年或两年以上的土或岩石。

2.1.1B 多年冻土上限 permafrost table

多年冻土的顶面。

2.1.1C 年平均地温 mean annual ground temperature

地温年振幅为零处的地温。

2.1.1D 融沉系数 thaw settlement coefficient

冻土融化过程中,在自重作用下产生的相对融化下沉量。

2.1.1E 标准冻深 standard freezing depth

邻近工程地点、气温条件相近的气象台(站)实测历年最大冻深平均值。

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)。

2.1.6 冻结指数 freezing index

整个冻结期内日平均温度低于 0℃的[日平均]气温逐日累积值。

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垂直高差值。

2.1.11 切向冻胀力 tangential frost-heaving force

土冻胀时作用于建筑物侧表面切线方向向上的冻胀力。

2.1.12 法向冻胀力 normal frost-heaving force

土冻胀时作用于建筑物底面法线方向向上的冻胀力。

2.1.13 静冰压力 static ice [pressure] force

静止冰盖升温膨胀对建筑物产生的作用力。

2.1.14 动冰压力 dynamic ice pressure force

移动的冰盖或漂冰对建筑物产生的撞击力。

2.1.17 冰坝 ice dam

大量冰块在河道束窄、浅滩、未解冻前缘冰盖等处堆积,使河道阻塞,水位壅高的现象。

2.1.18 融化盘 thaw bulb under foundation

多年冻结地基土发生部分融化形成的盘、盆状土区。

2.1.19 融沉 thaw-settlement

土中过剩冰融化所产生的水排出以及土体的融化固结引起的局部地面的向下变形。

2.1.20 高温冻土 plastic frozen soil

含有超过全部孔隙水的一半的未冻水而具有粘滞性和较大的可压缩性的冻土,也称塑性冻土。

2.2 符 号

2.2.1 作用力

σ_h ——单位水平冻胀力;

σ_v ——单位法向冻胀力;

τ_t ——单位切向冻胀力;

ϕ_r ——冻层内桩壁糙度系数;

σ_{vs} ——作用在板底面上的单位法向冻胀力设计值;

p ——荷载强度,恒载;

F_a ——验算断面的拉力;

F_s ——冻层以下基础与暖土非冻土之间的总摩阻力;

P_i ——静冰压力;

F_{i1} ——冰块撞击建筑物时产生的动冰压力;

F_{i2} ——冰块切入三角形墩柱时的动冰压力;

F_{i3} ——冰块撞击三角形墩柱时的动冰压力；

f_y ——验算截面材料的强度设计值；

f_{ib} ——冰的抗挤压强度。

2.2.2 冻深、冻胀、融沉参数

β_0 ——非冻胀区深度系数；

ψ_d ——日照及遮荫程度影响系数；

ψ_e ——有效冻深系数；

ψ_w ——地下水影响系数；

Z_d ——设计冻深；

Z_e ——置换深度；

Z_f ——地基土(回填土)设计冻深；

Z_m ——历年最大冻深；

Z_w ——冻前(冻结初期)地下水位埋深；

h ——地表冻胀量；

h_d ——墙后填土的冻胀量；

h_f ——地基土冻胀量 $\square$ ；

δ_0 ——平均融沉系数。

2.2.3 热学参数

λ_c ——底板(墙)的热导率；

λ_x ——保温板热导率；

N ——加热功率；

T ——加热时间；

I_m ——历年最大冻结指数；

R_0 ——设计热阻；

t_n ——最冷月平均气温；

t_c ——门叶内部空气加热温度；

t_k ——设置地点的 $\square$ 极端 $\square$ 多年最低温度平均值；

t_w ——水温；

k_{pa} ——由门叶内部空气通过保温板向外界冷空气中的传热系数；

k_{sa} ——由门叶内部空气通过钢板向冷空气中的传热系数；

k_{sw} ——由门叶内部空气通过钢板向水中的传热系数 $[0]$ ；

t_{ws} ——过冷水温度。

2.2.4 水力参数

δ_i ——冰厚；

δ_w ——冻前底板上的水 $[层厚度]$ 深；

B_0 ——渠水不冻水面宽度；

L_0 ——渠道不结冰(不冻水面)长度。

2.2.5 几何参数

δ_c ——底板(墙)厚度；

δ_x ——保温板的厚度；

A ——面积；

B ——宽度；

$[S]$ ——建筑物 $[的]$ 允许 $[冻胀]$ 产生的垂直位移 $[值]$ 。

3 基本资料

3.0.1 水工建筑物的抗冰冻设计,应根据需要取得工程地点的气象、冰情、地质和冻土和水文地质等基本资料。

3.0.9 土的冻胀级别可根据地表冻胀量或地基土冻胀量、挡土结构后计算点土的冻胀量大小,按表 3.0.9 分级。

表 3.0.9 土的冻胀分级

冻胀级别	I	II	III	IV	V
冻胀量 h (cm)	$h \leq 2$	$2 < h \leq 5$	$5 < h \leq 12$	$12 < h \leq 22$	$h > 22$

3.0.10 多年冻土可分为不融沉、弱融沉、融沉、强融沉和融陷土,分类时应符合表 3.0.10-1 和表 3.0.10-2 的规定。

表 3.0.10-1 多年冻土的融沉等级划分

平均融沉系数 δ_0 (%)	$\delta_0 \leq 1$	$1 < \delta_0 \leq 3$	$3 < \delta_0 \leq 10$	$10 < \delta_0 \leq 25$	$\delta_0 > 25$
融沉等级	I	II	III	IV	V

表 3.0.10-2 多年冻土的融沉性分类

土的名称	总含水率 w (%)	平均融沉 系数 δ_0 (%)	融沉等级	融沉类别
碎(卵)石、砾、粗、中砂(粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不大于 15%)	$w < 10$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$w \geq 10$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉

续表3.0.10-2

土的名称	总含水率 $w(\%)$	平均融沉 系数 $\delta_0(\%)$	融沉等级	融沉类别
碎(卵)石、砾、粗、中砂(粒径小于0.075mm的颗粒含量大于15%)	$w < 12$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$12 \leq w < 15$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$15 \leq w < 25$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$w \geq 25$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
粉、细沙	$w < 14$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$14 \leq w < 18$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$18 \leq w < 28$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$w \geq 28$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
粉土	$w < 17$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$17 \leq w < 21$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$21 \leq w < 32$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$w \geq 32$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
黏性土	$w \leq w_p$	$\delta_0 \leq 1$	I	不融沉
	$w_p \leq w < w_p + 4$	$1 < \delta_0 \leq 3$	II	弱融沉
	$w_p + 4 \leq w < w_p + 15$	$3 < \delta_0 \leq 10$	III	融沉
	$w_p + 15 \leq w < w_p + 35$	$10 < \delta_0 \leq 25$	IV	强融沉
含土冰层	$w \geq w_p + 35$	$\delta_0 > 25$	V	融陷

注:1 总含水率 w , 包括冰和未冻水。

2 盐渍化冻土、冻结泥炭化土、腐殖土与高塑性黏土不在表列。

3 粗颗粒土用起始融化下沉含水率代替塑限 w_p 。

3.0.11 多年冻土类型应通过现场工程勘察确定,冻土描述与定名应符合现行国家标准《冻土工程地质勘察规范》GB 50324 的规定。冻土层的平均融沉系数 δ_0 可按式计算:

$$\delta_0 = \frac{h_1 - h_2}{h_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_1} \times 100\% \quad (3.0.11)$$

式中： h_1 ——冻土试样融化前的高度(mm)；

h_2 ——冻土试样融化后的高度(mm)；

e_1 ——冻土试样融化前孔隙比；

e_2 ——冻土试样融化后孔隙比。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

5 材料与结构

5.1 混凝土与砌石材料

5.1.1 混凝土的抗冻级别应按现行行业标准《水工混凝土试验规程》SL/T 352 规定的混凝土抗冻性试验方法(快冻法)分类,可分为 F400、F300、F250、F200、F150、F100、F50,应按现行行业标准《水工混凝土试验规程》SL 352 规定的快冻试验方法确定。需提前预判混凝土抗冻性能时,可采用现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 中的单面冻融法或称盐冻法判定。

5.1.2 各类水工结构和构件的混凝土抗冻级别应根据气候分区、冻融循环次数、表面局部小气候条件、水分饱和程度、结构构件重要性和检修条件等按表 5.1.2 选定。在不利因素较多时,可选用提高一级的抗冻级别。

表 5.1.2 水工结构和构件混凝土抗冻级别要求

气候分区	严寒		寒冷		温和
年冻融循环次数(次)	≥ 100	< 100	≥ 100	< 100	—
结构重要、受冻严重且难于检修部位: 1)水电站尾水部位,蓄能电站进出口冬季水位变化区的构件、闸门槽二期混凝土、轨道基础; 2)坝厚小于混凝土最大冻深 2 倍的薄拱坝、不封闭支墩坝的外露面、面板堆石坝水位变化区及其以上部位的面板和趾座; 3)冬季通航或受电站尾水位影响的不通航船闸的水位变化区的构件、二期混凝土; 4)流速大于 25m/s、过冰、多沙或多推移质过坝的溢流坝、深孔或其他输水部位的过水面及二期混凝土; 5)冬季有水的露天钢筋混凝土压力水管、渡槽、薄壁充水闸门井	F400	F300	F300	F200	F100

续表 5.1.2

气候分区	严寒		寒冷		温和
年冻融循环次数(次)	≥ 100	< 100	≥ 100	< 100	—
受冻严重但有检修条件部位： 1) 混凝土坝上游面冬季水位变化区； 2) 水电站或船闸的尾水渠、引航道的挡墙、护坡； 3) 流速小于 25m/s 的溢洪道、输水洞(孔)、引水系统的过水面； 4) 易积雪、结霜或饱和的路面、平台栏杆、挑檐、墙、板、梁、柱、墩、廊道或竖井的单薄墙壁	F300	F250	F200	F150	F50
受冻较重部位： 1) 外露混凝土 坝外露 阴面部位； 2) 冬季有水或易长期积雪结冰的渠系建筑物	F250	F200	F150	F150	F50
受冻较轻部位： 1) 外露混凝土 坝外露 阳面部位； 2) 冬季无水干燥的渠系建筑物； 3) 水下薄壁杆件； 4) 水下流速大于 25m/s 的过水面	F200	F150	F100	F100	F50
表面不结冰和水下、土中、大体积内部混凝土	F50				

注：1 年冻融循环次数分别按一年内气温从 $+3^{\circ}\text{C}$ 以上降至 -3°C 以下，然后回升到 $+3^{\circ}\text{C}$ 以上的交替次数和一年中日平均气温低于 -3°C 期间设计预定水位的涨落次数统计，并取其中的大值。

- 2 冬季水位变化区指运行期内可能遇到的冬季最低水位以下 0.5m~1.0m，冬季最高水位以上 1.0m(阳面)、2.0m(阴面)、4.0m(水电站尾水区)。
- 3 阳面指冬季大多为晴天，平均每天有 4h 以上阳光照射，不受山体或建筑物遮挡的表面。当不满足条件时，均为阴面。
- 4 累年最冷月平均气温低于 -25°C 地区的混凝土抗冻级别应根据具体情况研究确定。

对于严寒地区特殊工程的水位变化区混凝土，抗冻级别可根据实际情况采用比 F400 更高抗冻等级的混凝土。

5.1.5 1 级~3 级建筑物的抗冻混凝土的材料和配比应通过试验

确定。在试验过程中除应控制混凝土含气量和水灰比外,有条件时宜进行混凝土气泡间距系数的测试。

4 级、5 级建筑物抗冻混凝土的配比可根据抗冻等级和所用骨料的粒径按表 5.1.5-1 和表 5.1.5-2 选用含气量和水灰比,并应使用有引气作用的引气剂。

表 5.1.5-1 抗冻混凝土的适宜水灰比

抗冻级别	F300	F250	F200	F150	F100	F50
水灰比	<0.45	≤0.48	<0.50	<0.52	<0.55	<0.58

表 5.1.5-2 抗冻混凝土的适宜含气量

抗冻级别	≥F200	≤F150
最大骨料粒径 10mm	(7±1)%	(6±1)%
最大骨料粒径 20mm	(6±1)%	(5±1)%
最大骨料粒径 40mm	(5.5±1)%	(4.5±1)%
最大骨料粒径 80mm	(4.5±1)%	(3.5±1)%
最大骨料粒径 150mm	(4±1)%	(3±1)%

注:如含气量试样需经湿筛时,按湿筛后最大骨料粒径取用相应的含气量。

5.1.6 抗冻混凝土现场取样试件的试验结果合格率,素混凝土不应低于 80%,钢筋混凝土不应低于 90%。

5.1.7 抗冻混凝土应防止早期受冻。冬季施工时,应根据具体情况采取保温措施或掺加通过试验确定的对混凝土抗冻性性能没有影响的适量的混凝土防冻剂。

5.2 保温材料

5.2.2 有机保温材料应选用高等级阻燃材料,并应采取防火措施,采用聚合物保温材料时,所用产品的材料技术指标应符合国家现行有关标准和设计技术要求的规定。

6 挡水与泄水建筑物

6.1 一般规定

6.1.1 坝顶超高应按常规设计和抗冰要求计算,并应取常规设计和抗冰要求计算超高的较大值。当坝顶高程由抗冰设计超高控制且工程量增加较大时,应做专题论证。

按抗冰要求计算的抗冰设计超高应只算至坝顶,不应算至计入防浪墙顶高度。

6.1.6 安全监测设施应避免结霜、冰冻或冻胀的影响。设计中在分析和使用已有观测成果时应检查有无这种影响。

6.1.7 对重要结构、受冻严重部位混凝土,论证后可采用新材料、新技术提高建筑物抗冻耐久性能。

6.2 混凝土坝与砌石坝

6.2.7 砌石坝应作好防渗、分缝和内部排水,下游渗水出逸点部位应覆土石保温采取防冰冻措施。上下游面宜用粗方石或条石砌筑。严寒地区宜采用上游现浇钢筋混凝土护面防渗型式。

6.3 土石坝

6.3.1 土石坝的土质心墙、沥青混凝土心墙、斜墙和防渗铺盖应防止运行和施工期冻结。当采取覆土防冻时,覆土厚度不宜小于当地最大冻深。土质防渗体与防浪墙、齿墙、翼墙联结面应采取防冻措施。

6.3.7 混凝土面板堆石坝,除应符合现行行业标准《混凝土面板堆石坝设计规范》SL 228 的有关规定外,还应符合下列要求:

- 1 垫层料中,粒径小于 0.075mm 的含量不宜超过 8%。
- 2 止水[片]结构在冬季最低气温下应具有符合设计要求的延伸率和三向变形能力。
- 3 面板与坝顶防浪墙接缝的止水应防止冰推力的作用发生破坏。
- 4 水库死水位以上或冬季最低水位以上区域,应防止垫层料产生冻胀对面板造成破坏。
- 5 水位变动区面板的止水防护结构应防止冰推力的作用发生破坏。

6.4 溢流坝与岸边溢洪道

- 6.4.5 1、2、3 级泄水建筑物的上下游冬季水位变化区的岸坡,应采取防止冻融作用引起的崩塌或滑坡的工程措施。

6.5 泄洪洞与坝体泄水孔

- 6.5.5 采用锚筋将斜坡式进水口的闸门轨道基础混凝土固定于岸坡岩基上时,锚筋深度应超过基础设计冻深 1.0m。
- 6.5.6 在严寒和寒冷地区,冬季不泄洪的断面较大、洞身长度较短的无压隧洞,进出口无法设置封闭式保温措施时,应采取防渗和排水措施。

6.6 堤防与护岸

- 6.6.2 受流冰作用的堤岸护坡,除应符合常规要求外,还应根据冰块撞击等作用的影响进行设计。
- 6.6.4 岸坡护面层宜根据工程现场实际情况,选用适宜的混凝土结构形式[采用砌石、混凝土、模袋混凝土等],其结构、护面层厚度及超出设计水面的高度应满足抗冻胀要求。在水位变化区砌体的砌筑[及灌缝]宜采用二级配混凝土,混凝土抗冻等级不应低于本标准表 5.1.2 的要求。

6.7 边 坡

6.7.1 冬季水位变化区的岸坡,应采取防止冻融作用引起的崩塌或滑坡的工程措施。

6.7.2 高山峡谷泄洪消能区的边坡,应采取预防冬季泄水水雾冻融引起边坡失稳的措施。

6.7.3 严寒和寒冷地区边坡支护混凝土的抗冻等级应满足本标准表 5.1.2 的要求。

7 取水与输水建筑物

7.3 明渠冬季输水

7.3.9 冬季行水渠道,当有外来热源能形成不结冰渠段时,不结冰渠段的长度可按下列公式计算:

$$L_0 = K \frac{300Q t_w}{(9.5 - t_k) B_0} \quad (7.3.9-1)$$

$$t_w = \frac{Q_1 t_1 + Q_2 t_2}{Q_1 + Q_2} \quad (7.3.9-2)$$

式中: L_0 ——渠道不结冰长度(km);

Q ——渠道总流量(m^3/s);

t_w ——渠水水温或混合水温($^{\circ}\text{C}$);

t_k ——最近连续5年的极端设置地点的多年最低温度平均值($^{\circ}\text{C}$);

B_0 ——渠水不冻水面宽度(m);

Q_1 ——原渠道流量(m^3/s);

t_1 ——原渠道水温($^{\circ}\text{C}$);

Q_2 ——泉水或井水入渠流量(m^3/s);

t_2 ——泉水或井水水温($^{\circ}\text{C}$);

K ——根据渠道遮荫程度确定的系数,可取 0.7~1.0。

7.4 暗管与、隧洞及调压室

7.4.6 严寒和寒冷地区的埋藏式调压室顶部埋深宜大于设计冻深。

7.4.7 严寒和寒冷地区半埋藏式调压室和地面式调压室,应采取防冰冻措施。

8 渠道与渠道衬砌

8.1 一般规定

8.1.2 渠道衬砌的抗冻胀设计应符合下列要求:

1 应调查、收集衬砌渠道沿线的土质、地下水位、冻深和已有工程运行等资料,并预估渠道建设与运行对地下水位的影响,并应按土质、地下水深度和渠道走向基本相同的原则划分不同的渠段。

2 应在各分段选择 1 个~2 个具有代表性的横断面,并应通过观测或按本标准附录 B 和附录 C 确定断面上各代表性计算点的设计冻深和地表冻胀量,划分土的冻胀级别。

3 应根据渠道各部位的冻深和冻胀量,选择适宜的渠道断面型式、衬砌材料与结构。

4 应验算渠道各部位的冻胀位移量,并应采取必要的抗冻胀措施。

8.2 衬砌结构抗冻胀稳定性要求

8.2.1 衬砌结构的抗冻胀要求稳定性可按表 8.2.1 所列的衬砌结构允许法向位移值作为控制指标。

表 8.2.1 衬砌结构允许法向位移值(mm)

断面型式	衬砌材料		
	混凝土	浆砌石	沥青混凝土
梯形断面	5~10	10~30	30~50
弧形断面	10~20	20~40	40~60
弧形底梯形	10~30	20~50	40~60

续表 8.2.1

断面型式	衬砌材料		
	混凝土	浆砌石	沥青混凝土
弧形坡脚梯形	10~30	20~50	40~60
整体式 U 形槽或矩形槽	20~50	30~60	—
分离挡墙式矩形断面(底板)	40~50	50~60	70~80

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。

8.3 渠道衬砌结构

8.3.1 当渠道地基土的冻胀级别属 I、II 级时,宜按渠道大小等情况分别可结合渠道级别、防渗要求及渠道断面形式采用下列渠道断面形式和衬砌结构:

- 1 小型渠道 U 型断面宜采用整体式混凝土 U 形槽衬砌结构。
- 2 中型渠道弧形断面或弧形底梯形断面宜采用弧形断面或弧形底梯形断面、板模复合衬砌结构。
- 3 大型(或宽浅)渠道弧形坡脚梯形断面宜采用弧形坡脚梯形断面、板模复合衬砌结构,并应适当增设纵向伸缩缝。
- 4 梯形混凝土衬砌渠道,可采用架空梁板式或预制空心板式结构。
- 5 砌石衬砌。
- 6 其他适宜的结构型式。

8.3.2 当渠道地基土冻胀级别属 III、IV、V 级时,宜按渠道流量和形式等情况分别可采用下列渠道断面和衬砌结构:

1 **小型渠道宜**采用地表式整体混凝土 U 形槽或矩形槽衬砌结构。槽底应按本标准第 8.4.1 条或第 8.4.2 条的规定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,渠岸宜用挡土墙式结构,渠底宜用平板结构,墙与板连接处宜设冻胀变形缝。

3 1、2、3 级渠道,应结合本标准第 8.4 节的规定,采用适宜的渠道断面和衬砌结构,并宜通过专门研究确定。

4 宜采用桩、墩等基础支撑输水槽体。桩的允许冻拔量应为零。

5 深挖方渠段,可采用暗渠或暗管输水。

8.5 渠坡稳定要求

8.5.2 **渠床土**渠道地基土冻胀级别属Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级的 1、2、3 级渠道,应以融冻层交界面或土工合成材料交界面为滑动面,并应验算边坡稳定性。交界面土的抗剪强度应通过试验或根据类似工程资料确定。

9 电站与泵站与电站建筑物

9.1 一般规定

9.1.1 电站与泵站与电站建筑物的整体布置和结构型式除应按国家现行标准的有关规定设计外,尚应设计应在充分收集和分析基本资料的基础上,根据当地冰情、自然条件和引水系统的运行方式进行设计。

9.2 前池排冰

9.2.2 采用输水(冰)方式时,应根据地形、地质、气象、水文、冰情等因素选择排冰布置方式;宜首选正向排冰布置方式,并宜采用双层式结构布置形式。排冰流速不宜小于 1.2m/s 。

9.2.7 采取弯道排冰方式时,应在排冰闸前凸岸设置活动导冰筏,其平面位置与水流方向的夹角宜为 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。

10 闸涵建筑物

10.1 一般规定

10.1.3 有过冰要求的拦河闸和渠系水闸,宜采用开敞式。必要时,闸上游可设导冰墙(筏)、破冰墩或拦(滞)冰设施等;有条件时,闸墩(破冰墩)前沿宜作设计成斜面。下游宜设导墙和护岸。1、2级建筑物宜作整体过冰模型试验。

10.2 结构与布置

10.2.4 冬季暴露的大、中型水闸上游阻滑板(铺盖)和护坡板,宜减小分块尺寸。混凝土板的分块尺寸不宜大于板厚的25倍,其中基土的冻胀性大、靠近边墙或厚度较薄的板宜取小值分块尺寸不宜大于板厚的20倍。护坡板垂直水流方向的边长宜小于顺水流方向的边长,阻滑板相邻板块间应设置允许自由伸缩的联结钢筋。防渗铺盖应按本标准第5.3节的规定作做好分缝止水。

10.3 稳定与强度验算

11 挡土结构(墙)

11.1 一般规定

11.1.1 冻胀性地基上和墙后回填冻胀性土的挡土结构(墙)的稳定和强度验算,除常规荷载外,还应计算冻胀力的作用。

11.1.4 严寒地区的薄壁式挡土墙顶宽不宜小于 0.3m;当不采取其他抗冻胀措施时,最小配筋率宜适当增加;平面布置宜避免直角,有可能条件时,墙后宜减小填土高度,并应做好填土顶面的防水和排水措施。

11.2 水平冻胀力的计算

11.2.1 墙前地面至墙后填土顶面之间的高差在 1.5m~5.0m 的悬臂式及其他薄壁式挡土结构(墙),水平冻胀力应按本标准第 11.2.2 条的规定计算。墙前地面至墙后填土顶面之间的高差超过 5.0m 时,宜作专门研究。

11.2.2 最大单位水平冻胀力设计值和水平冻胀力沿墙高的分布可分别按下列公式和图 11.2.2 确定:

$$\sigma_{hs} = \alpha_d C_f \sigma_h \quad (11.2.2-1)$$

$$\alpha_d = 1 - \sqrt{\frac{[s']}{h_d}} \quad (11.2.2-2)$$

式中: σ_{hs} ——最大单位水平冻胀力设计值 (kPa);

α_d ——系数,悬臂式挡土墙可取 0.94,变形性能较大的支挡建筑物可按公式(11.2.2-2)计算;

C_f ——挡土墙背坡坡度影响系数,可取 0.85~1.0;

- σ_h ——单位水平冻胀力 (kPa),可按本标准表 4.0.3-2 取值;
- $[s']$ ——自墙前地面(冰面)算起 1.0m 高度处的墙身水平允许变形量(cm),可根据国家现行有关标准,以及结构强度和具体工程条件确定;
- h_d ——墙后填土的冻胀量(cm),可按本标准附录 C 确定,并取墙前地面(冰面)高程以上 0.5m 的填土处为计算点。

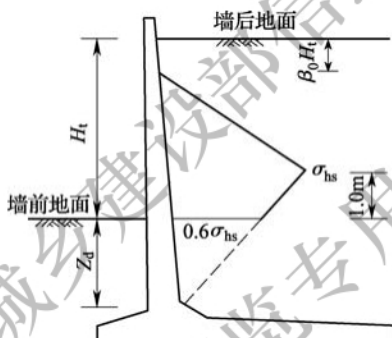


图 11.2.2 单位水平冻胀力分布

H_t ——自挡土结构(墙)前地面(冰面)算起的墙后填土高度(m);

σ_{hs} ——最大单位水平冻胀力设计值(kPa);

β_0 ——非冻胀区深度系数,可按表 11.2.2 取值

表 11.2.2 系数 β_0

挡土结构(墙)后计算 点土的冻胀级别	$\leq \text{II}$	III	IV	V
β_0	0.21	0.21~0.17	0.17~0.10	0.10

注:表中数值可内插。当地下水位距墙后填土面小于 1.0m 时,取 $\beta_0 = 0$ 。

11.3 抗冻胀措施

11.3.2 水平冻胀力在满足防渗渗流要求的条件下,墙后回填土

宜采用粗颗粒材料。置换范围不宜小于如图 11.3.2 所示的范围。

当置换材料含有较多细粒或置换范围小于如图 11.3.2 所示的要求时,应根据细粒含量和地下水位计算可能产生的水平冻胀力。水平冻胀力可按本标准公式(10.4.4-3)进行计算,但公式(10.4.4-3)中的 σ_{vs} 应改为挡土[结构(墙)]后的单位水平冻胀力设计值 σ_{hs} (kPa)。

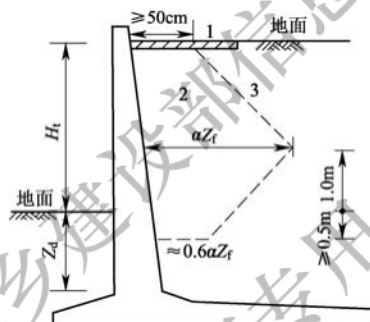


图 11.3.2 挡土[结构(墙)]非冻胀性回填土范围示意

1—封闭层;2—非冻胀性材料;3—置换范围线;

Z_d —墙前土的设计冻深(m); Z_f —回填土的设计冻深(m);

H_t —自挡土[结构(墙)]前地面(冰面)算起的墙后填土高度(m);

α —系数(见表 11.3.2)

表 11.3.2 系数 α

挡土[结构(墙)]后计算点 土的冻胀级别	I、II	III	IV	V
α	≤ 0.3	$0.3 \sim 0.6$	$0.6 \sim 0.9$	$0.9 \sim 1.1$

11.3.3 采用保温材料防止挡土[结构(墙)]后土冻结时,应符合下列要求:

1 应按本标准第 10.4.2 条的规定确定保温材料的性能和铺

设厚度。

2 保温材料的铺设可采取单向和双向方式(图 11.3.3)。在墙较矮且地下水位较高、墙后有铺面道路或其他露天设施时,宜采用双向铺设方式。

3 采用双向铺设时,其水平段的铺设长度应根据上部设施的要求确定,但不宜小于设计冻深的 1.0 倍;垂直段宜作做成大于 1:0.3 的斜坡,其长度亦不宜小于设计冻深的 1.0 倍。采用全水平铺设时,其水平铺设长度宜大于设计冻深的 2.0 倍。

4 保温材料可采用聚苯乙烯泡沫塑料板或其他适宜的保温材料。保温材料的性能应符合国家现行有关标准的规定。保温板厚度可按本标准第 8.4.1 条的规定确定。

5 保温板间应做好接缝和与墙体的连接,并应避免脱缝。

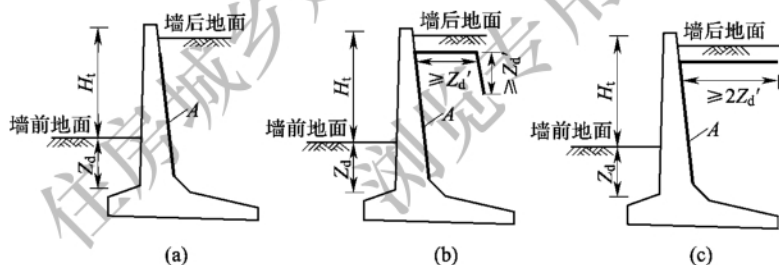


图 11.3.3 挡土结构(墙)保温范围示意

H_t —自挡土结构(墙)前地面(冰面)算起的挡土结构(墙)后填土高度(m);

Z_d —挡土结构(墙)前土的设计冻深(m);

Z_d' —挡土结构(墙)后部填土的设计冻深(m);

A—保温板

12 桥梁和与渡槽

12.3 基础的稳定与强度验算

12.3.3 桩、墩基础的抗冻拔稳定安全系数可按下式验算：

$$K_d = \frac{P + G + F_s}{T_r} \quad (12.3.3)$$

式中： K_d ——桩、墩基础抗冻拔稳定安全系数，其最小安全系数值应符合表 12.3.3 的规定；

P ——作用于桩（墩）顶的恒载（kN）；

G ——桩、墩自重及墩台基础边上的土重（kN）；

F_s ——冻层以下基础与暖土非冻土之间的总摩阻力（kN），可按本标准第 12.3.4 条的规定确定；

T_r ——总切向冻胀力（kN）。

表 12.3.3 抗冻拔稳定最小安全系数

建筑物级别	1 级	2 级、3 级	4 级、5 级
最小安全系数	1.3	1.2	1.1

12.3.4 基础侧壁与暖土非冻土之间的总摩阻力可按下式计算：

$$F_s = 0.4 \sum (f_{si} Z_i U_i) \quad (12.3.4)$$

式中： F_s ——基础侧壁与暖土非冻土之间的总摩阻力（kN）；

f_{si} ——冻结层以下基础侧壁与各层暖土非冻土之间的单位极限摩阻力（kPa）；

Z_i ——冻结层以下基础侧壁与各层暖土非冻土间的接触长度（m）；

U_i ——冻结层以下各暖土非冻土层范围内基础截面的平

均周长(m)。

12.3.5 桩、墩基础的结构抗拉强度安全系数可按下式验算：

$$K_l = \frac{f_y A}{T_r - P - G_f - F_i} \quad (12.3.5)$$

式中： K_l ——桩、墩基础的抗拉强度安全系数，对于钢筋混凝土结构，其最小安全系数值应符合表 12.3.5 的规定；

f_y ——验算截面材料设计抗拉强度(kPa)，对于钢筋混凝土结构， f_y 为受力钢筋设计抗拉强度(kPa)；

A ——验算截面的横截面面积，对钢筋混凝土结构， A 为纵向受力筋截面面积之和(m²)；

P ——作用于桩(墩)顶的恒载(kN)；

G_f ——验算截面以上基础的自重(kN)；

F_i ——验算截面以上至冻结层层底面之间暖土非冻土的摩阻力(kN)。

表 12.3.5 抗拉强度最小安全系数

建筑物级别	1 级	2、3 级	4、5 级
最小安全系数	1.65	1.50	1.40

13 水工金属结构

13.1 一般规定

13.1.1 冰冻期运行和操作的发电、泄水、排冰的闸门、拦污栅和启闭机,以及露天压力钢管等水工金属结构设备,应采取防冰和防冰冻措施。

13.1.6 深孔弧形闸门的伸缩式充压变形水封止水装置,应采用气压变形水封止水装置气体冲压。

13.1.7 闸门主轮和弧门支铰的润滑剂应采用低温润滑脂或采用自润滑轴承。

13.1.8 液压启闭机、液压清污机、液压自动挂脱梁、液压制动器等设备,其液压油的凝固点,应低于当地极端环境最低温度 10°C 以上平均值,其液压泵站总成和电控柜应宜置于室温不低于 5°C 的机房中。

13.1.9 严寒地区的引水枢纽渠首的引水发电进水闸闸门应采用潜孔闸门。

13.2 闸 门

13.2.1 冰冻期挡水而不开启的表孔闸门,应与在闸门前冰盖之间上保持不结冰的水域或水缝。水域或水缝可采用冰盖开槽法、冰盖保温板法、压力水射流法、压力空气吹泡法和门叶电热法等生成水域或水缝。

13.2.2 冰冻期挡水且需要操作的表孔闸门和非闸井中潜孔闸门受冰

冻影响的门槽埋件以及必要时的门叶,可应采用电热法防冰冻措施。

13.2.3 严寒地区的坝式、岸式、塔式和井式进水口的事故闸门和调压井内的快速闸门,宜设置保温的闸门室和启闭机室,也可在闸门井内设置采暖设施,并应在井顶加盖保温。

13.2.4 严寒地区的泄洪洞和排沙洞进口或中部的工作闸门或和事故闸门的闸门井上,宜设置保温的闸门室和启闭机室。

13.2.7 排冰的舌瓣闸门两侧的埋固止水座板应做成箱体结构,且应宜采用电热法防冰冻,宜采用卷扬式弧门启闭机。舌瓣闸门应设置上部带滑轮的起吊拉杆,在闸门全开时起吊钢丝绳不应浸入水中。

13.2.9 冰冻期需要操作运行的闸门,通气孔内不应结冰盖。

有压洞中的事故闸门的通气孔进口可布置在闸房内;无压洞中的事故闸门的通气孔进口可布置在闸房外。压力前池下游止水事故闸门和快速闸门门后的通气孔可布置在闸房内。凡是通气孔布置在闸房内的闸房,通气孔进口宜布置在保温房内,其门窗宜为双向开合。

13.2.12 门叶结构主梁、次梁、边梁、隔板、支臂结构上和启闭机门架、机架结构上的制造孔、安装孔和漏水开孔,不应对接补焊。调质钢上不应采用塞焊和槽焊焊缝。

13.2.14 在负气温下清除门叶上和门叶与门槽之间的结冰时,应宜采用加热化冰的方法除冰,不应宜采用人工打冰方法除冰和压力蒸汽化冰。

13.2.16 埋件电热法防冰冻的加热可按下列公式计算:

1 定时加热。只要求融化钢埋件工作表面上一定厚度的冰,所需加热功率可按下列公式计算:

$$N=170(1-0.006t_k)\delta_i A_n/T \quad (13.2.16-1)$$

式中: N ——加热功率(kW);

t_k ——设置地点的[极端]多年最低温度平均值(°C);

δ_i ——需要融化的冰厚(m);

A_n ——钢埋件加热面积(m²);

T ——拟定的加热时间(h)。

2 连续加热。不允许部分在空气中和部分在水中的钢埋件工作表面上结冰时,其加热功率可按下式计算:

$$N=0.03(1-2t_k)A_k+0.3A_w \quad (13.2.16-2)$$

式中: A_k ——空气中的钢埋件加热面积(m²);

A_w ——过冷水中的钢埋件加热面积(m²)。

13.3 拦污栅

13.3.1 严寒地区引水式水电站的压力前池进水口宜采用[提升]活动式潜孔拦污栅,不宜采用固定式拦污栅。采用[表孔]露顶式拦污栅时,宜把拦污栅布置在闸门室内,且闸门室应采暖保温。

13.3.2 压力前池机械排冰宜采用回转栅式排冰清污机,其上游[应]宜布置检修闸门,其下游应布置排冰道或带式输冰设备。

13.3.5 结冰盖运行的明渠引水式水电站压力前池的拦污栅,应布置在闸门室内,且闸门室应采暖保温。采用[表孔]露顶式拦污栅时,应把闸房上游墙下的承重梁与冰盖相接。

13.4 露天压力钢管

13.4.2 冬季运行的露天压力钢管可采用下列任意一种防冰冻措施:

1 [可]建暖棚。

2 可回填土料,其厚度自钢管顶部计起应大于设计冻深的1.2倍,且不应有外水侵入回填层。

3 可采用发热电缆并包覆保温材料。

4 可在钢管外表面喷覆或包覆保温层,其外层应用不透光的防水材料封闭。采用聚苯乙烯泡沫板保温时,板的厚度可按下式计算:

$$\delta_x = \alpha I_m^{0.5} \quad (13.4.2)$$

式中: δ_x ——聚苯乙烯泡沫层或板的厚度(m);

I_m ——历年最大冻结指数($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$);

α ——系数, $\alpha=0.003 \sim 0.004$,严寒地区宜取大值。

13.4.3 压力钢管进入孔井和伸缩节井应加盖保温,必要时井内可设置采暖设施。排气阀及其接管不应被冰冻死。

14 多年冻土区水工建筑物

14.1 一般规定

14.1.1 多年冻土区的水工建筑物应根据气候条件、冻土工程地质条件和建筑物级别、类型、施工方法、运行条件,经技术经济比较,选择下列一种设计原则:

1 预先融化状态设计原则,在建筑物施工前,使多年冻土融化至计算深度或全部融化;

2 保持冻结状态设计原则,在建筑物施工和使用期间,地基土始终保持冻结状态。

14.1.2 当符合下列条件之一时,宜采用预先融化状态设计原则:

1 布置过水建筑物场地的多年冻土的年平均地温不低于 -2°C ,布置非过水建筑物场地的多年冻土的年平均地温不低于 -1.5°C ;

2 持力层范围内的地基土处于塑性冻结状态;

3 最大融化深度范围内,存在融沉变形量为不允许的各类冻土及其夹层的地基;

4 采用主动冷却措施不能使地基土保持冻结状态。

14.1.3 当符合下列条件之一时,宜采用保持冻结状态设计原则:

1 布置过水建筑物场地的多年冻土的年平均地温低于 -2°C ,布置非过水建筑物场地的多年冻土的年平均地温低于 -1.5°C ;

2 持力层范围内的地基土处于坚硬冻结状态;

3 最大融化深度范围内存在融沉、强融沉、融陷性冻土及其夹层的地基;

4 采用主动冷却措施可使地基土保持冻结状态。

14.1.4 同一整体建筑物应采用相同设计原则。当相邻建筑物采用不同设计原则时,应结合建筑物之间接触带的结构及其相互影

响进行专题研究。

14.1.5 水工建筑物设计应依据冻土工程地质特性进行抗冻胀与抗融沉验算。

14.1.6 当采用保持冻结状态设计原则进行地基基础及水工建筑物设计时,应进行专题研究。

14.2 地基与基础

14.2.1 地基基础采用预先融化状态设计原则时,宜采取土石方挖填平衡与集中取土的原则;采用保持冻结状态设计原则时,应进行专题研究,并宜采用宁填勿挖与集中取土的原则。

14.2.2 取、弃土场应布置在建筑物边界线 500m 以外且植被稀少的Ⅰ、Ⅱ级融沉性冻土地段,并应及时保护。取、弃土和施工场地、营地不得布置在高含冰量冻土地段及大面积湿地分布区。

14.2.3 挡水建筑物宜布置在岩石基础上。多年冻土区含土冰层不应作为建筑物的地基持力层。

14.2.4 电(泵)站、闸室等建筑物地基宜选择岩石或Ⅰ、Ⅱ级融沉性的冻土、河底融区(土),基础埋深应大于最大融化深度。当地基存在高含冰量冻土时,宜采用桩基,桩身应穿过融化盘或至岩石弱风化带。季节冻土层内应采取防冻胀措施。

14.2.5 桥梁和渡槽宜采用桩基,布置在岩石或Ⅰ、Ⅱ级融沉性冻土上的桥梁和渡槽,可采用条形基础。

14.2.6 闸涵建筑物宜采用桩基,Ⅰ、Ⅱ级融沉性冻土基础埋深应大于最大融化深度。

14.2.7 涵管地基与基础设计应符合下列要求:

- 1 涵管基础应与冻土类型相适应;
- 2 应采用预先融化状态设计原则,当地基存在高含冰量冻土,且水流径流期长、流量大时,宜采用钢筋混凝土基础和相应的防冻胀措施,也可采用桩、墩等基础;
- 3 位于冻土上限较深、地基承载力较低的高含冰量冻土地段

的刚性涵管,宜采用桩基;

4 应少挖,并应缩短基坑开挖时间和暴露时间。

14.3 水工建筑物

14.3.1 水工建筑物设计应根据多年冻土的工程地质特点,选择合理的结构型式。

14.3.2 水工建筑物与上下游的连接设计,应计及地基土的温度及其物理力学性质在冻融过程中的变化。

14.3.3 挡水建筑物宜采用土石坝或重力坝。岸边泄水、引水建筑物可采用隧洞、暗管或渠道等型式。

14.3.4 水工建筑物水库设计,应对水库库岸进行再造预测,并应采取工程防护措施。

14.3.5 土石坝断面设计应计及多年冻土影响,应核算冻融交界面的抗滑稳定,并应通过试验或工程类比确定冻融交界面土的抗剪强度。

14.3.6 当河床分布有深层或贯通融区,而两岸分布的强融沉性冻土厚度不大且其下土层融化时压缩性较小时,土石坝宜采用预先融化状态设计原则。应预先清除强融沉性冻土层并换填低压缩性土,也可采取人工融化并压实的方法进行处理。

14.3.7 土石坝采用预先融化状态设计原则时,坝基与两岸冻结覆盖层之间应采用齿墙连接,齿墙应伸入到岸坡内,并宜采取主动冷却措施。排水体应布置在坝体断面的不冻结部位,应考虑坝体运行过程中通过排水体水流的热力作用,并应采取隔热保温措施。

14.3.8 挡水建筑物采用预先融化状态设计原则时,应在水库蓄水前对坝基裂隙岩体及粗颗粒冻土进行预先融化和处理。

14.3.9 泄水和取水建筑物设计应计及过水对地基土和建筑物温度场及其物理力学性质的影响。

14.3.10 位于坝体内的泄水和取水建筑物应与坝体采用相同的设计原则,岸边泄水与取水建筑物的设计原则应经技术经济比较

确定。

14.3.11 输水管线宜采用钢筋混凝土管或金属波纹管。当可能产生较大变形时,宜采用钢筋混凝土拼装管或金属波纹管,并应保证节间的连接及防渗可靠。

14.3.12 作用于隧洞和暗管上的荷载应根据隧洞和暗管围岩(土)施工期及运行期的温度场变化确定。

14.3.13 多年冻结岩体中的隧洞宜采用有压隧洞。对于含水率较大且冻结时膨胀的岩体,应计及岩体融化对建筑物的影响。

14.3.14 隧洞基底存在高含冰量冻土时,应清除后回填混凝土。

14.3.15 隧洞进出口冻土层应做好保护。有高含冰量冻土时,应采用碎石土换填并分层夯实,其厚度应根据热工计算确定,且不应小于当地多年冻土上限深度。

14.3.16 隧洞衬砌应设全封闭式保温层,且保温材料应具有低吸水率和一定的强度,其厚度可由热工计算或参考工程实例确定。

14.3.17 I、II级融沉性地基土的渠道,防渗结构和抗冻胀稳定性可按季节冻土区的要求设计。I、II级融沉性的高温冻土地段,宜按预先融化原则进行设计。衬砌体下可采取防渗和保温措施,保温板厚度宜通过现场试验或工程类比确定;无条件时可按本标准公式(8.4.1)确定。应对渠坡冻融交界面或防渗材料交界面的抗滑稳定性进行验算。

14.3.18 强融沉性地基土的渠道宜采用填方渠道、暗渠或暗管。

14.3.19 挡土墙宜采用预制拼装式的轻型、柔性结构或混凝土悬臂式挡土墙。

15 监 测

15.1 一 般 规 定

15.1.1 对于冻土区水工建筑物,除应进行常规监测设计外,还应根据建筑物等级及场地的气象、冰情、地质及冻土等基本资料进行冰冻监测设计。

15.1.2 冰冻监测的主要内容应包括冰情与冰压力,冻土的地温、冻结与融化深度,土的冻胀量或融沉量、地下水位、土的冻前含水率等。

15.1.3 监测断面及监测项目应根据不同建筑物的级别、运行及冰冻危害特点设置。

15.1.4 严寒和寒冷地区的安全监测设施应满足低温环境运行要求。

15.2 冰情与冰压力

15.2.1 冰情监测应包括封冰(冻)日期、解冰(冻)日期、流冰历时、冰厚、冰块尺寸、冰流量、流冰总量、流冰种类及性质等。

15.2.2 压力和温度传感器应根据冰厚大小在冰面以下布置。封冰(冻)期,宜进行静冰压力、冰温、水温和流冰速度监测,并应监测气温。

15.2.3 在流冰时应进行动冰压力监测,宜在建筑物前缘布置压力传感器,并宜监测风速和风向。

15.3 冻 土 监 测

15.3.1 建筑物冻土地基宜进行地温、冻融深度、冻胀与融沉量、地下水位及土的冻前含水率等的监测,并宜同时监测气温。

15.3.2 季节冻土区地温监测最大深度应至最大冻深以下 1.0m，多年冻土区监测深度应达到地温年变化深度以下 1.0m。温度探头精度不应低于 0.2℃。

15.3.3 冻结深度可采用直接测量法或间接测量法监测，融化深度可采用间接测量法监测。

15.3.4 冻胀量可采用水准仪和冻胀尺等方法监测。

15.3.5 地下水位可采用钻孔埋管法监测。

附录 B 土的冻结深度的确定

B. 0.1 设计冻深可按下列公式计算：

$$Z_d = \psi_d \psi_w Z_m \quad (\text{B. 0. 1-1})$$

$$\psi_d = \alpha + (1 - \alpha) \psi_i \quad (\text{B. 0. 1-2})$$

$$\psi_w = \frac{1 + \beta e^{\frac{Z_{wo}}{Z_{wi}}}}{1 + \beta} \quad (\text{B. 0. 1-3})$$

式中： Z_d ——设计冻深(m)；

ψ_d ——日照及遮荫程度影响系数；

ψ_w ——地下水影响系数；

Z_m ——实测历年最大冻深(m)；

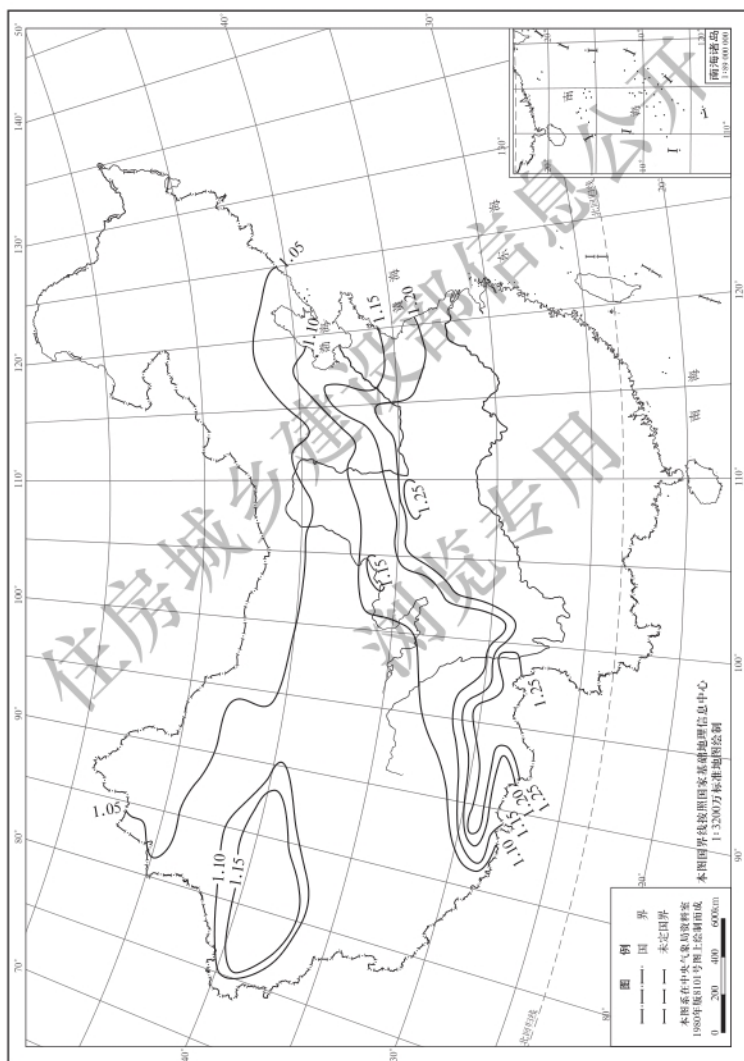
ψ_i ——典型断面(建筑物或渠道走向 N—S, 底宽与深度之比 $B/H=1.0$, 坡率 $m=1.0$)某部位的日照及遮荫程度修正系数, 阴(或阳)面中部的 ψ_i 值按地理位置可由图 B. 0. 1-1 查得, 底面中部的 ψ_i 值可由图 B. 0. 1-2 查得；

α ——系数, 可根据建筑物所在的气候区(由图 B. 0. 1-3 查得)、建筑物计算断面的轴线走向、断面形状及计算点位置可由表 B. 0. 1-1 查得, 若渠坡较高或建筑物上部有遮荫作用时, 表 B. 0. 1-1 中的数值应根据遮荫程度适当增大；

β ——系数, 可按表 B. 0. 1-2 取值；

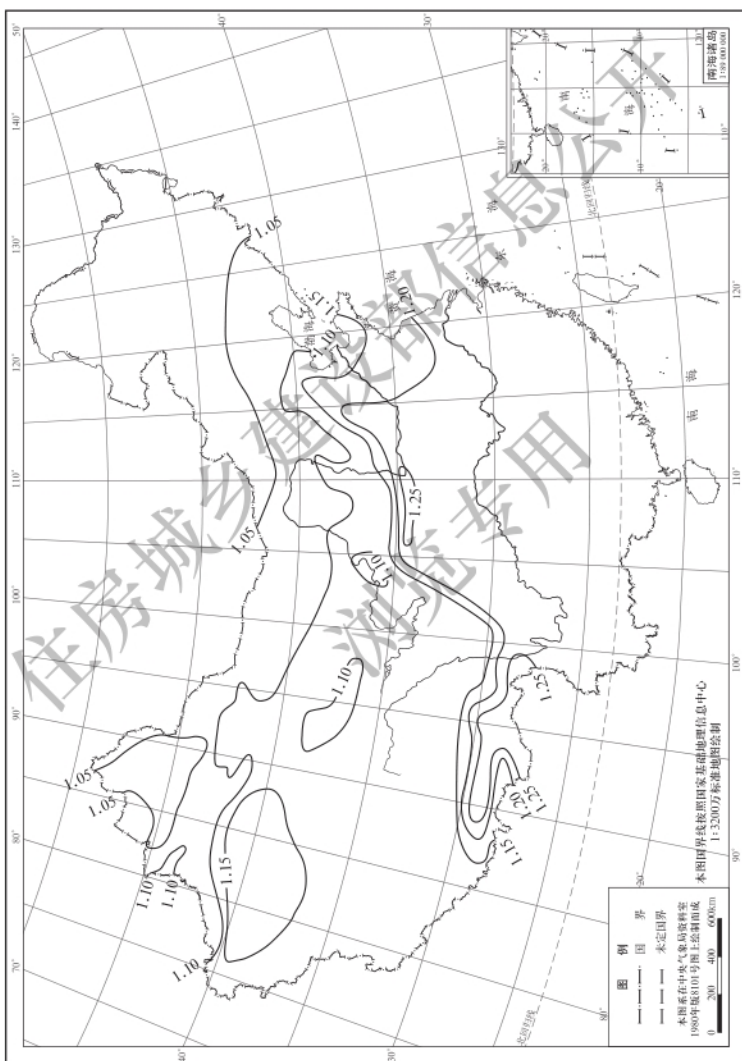
Z_{wo} ——当地或邻近气象台(站)与最大冻深相应的冻前地下水位深度(m)。当黏土 $Z_{wo} > 3.0\text{m}$, 粉土 $Z_{wo} > 2.5\text{m}$, 细粒含量 $\leq 15\%$ 的砂 $Z_{wo} > 2.0\text{m}$ 时, 可分别取黏土 $Z_{wo} = 3.0\text{m}$, 粉土 $Z_{wo} = 2.5\text{m}$, 砂 $Z_{wo} = 2.0\text{m}$ ；

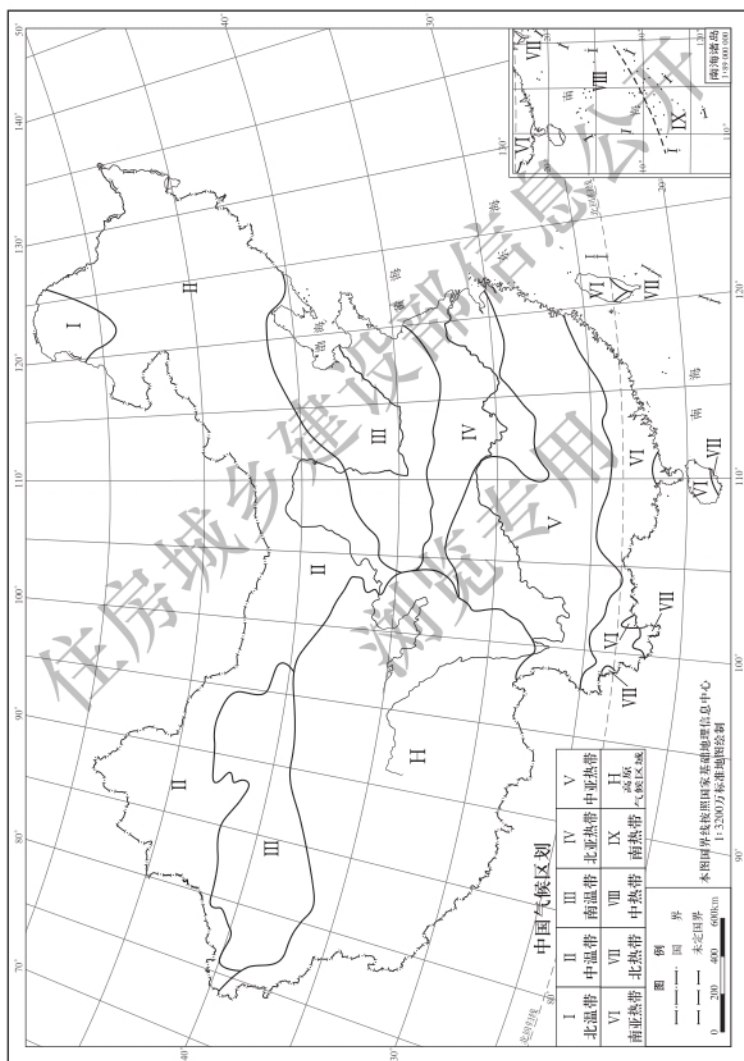
Z_{wi} ——计算点的冻前地下水位深度(m), 可取计算点地面或开挖面至当地冻结前地下水位的距离, 对于挡土墙, 可取距墙前地面以上 0.5m 处为计算点。



审图号: GS京(2024)1437号

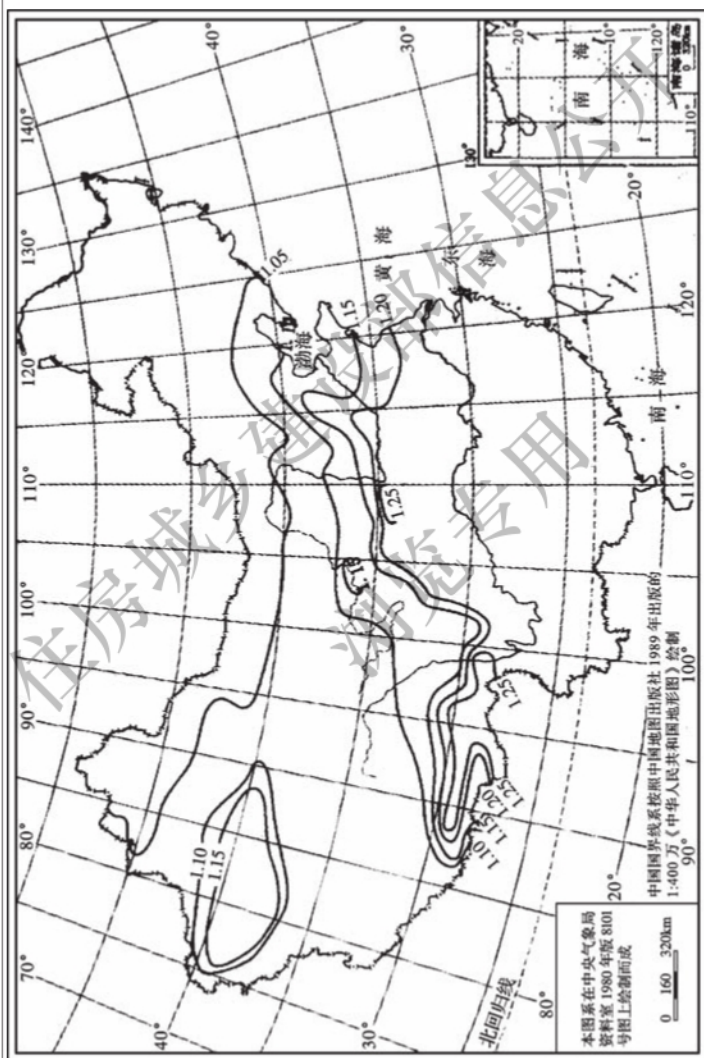
图B.0.1-1 阴、阳面中部的 ψ 值分布图





图B.0.1-3 中国气候区划图

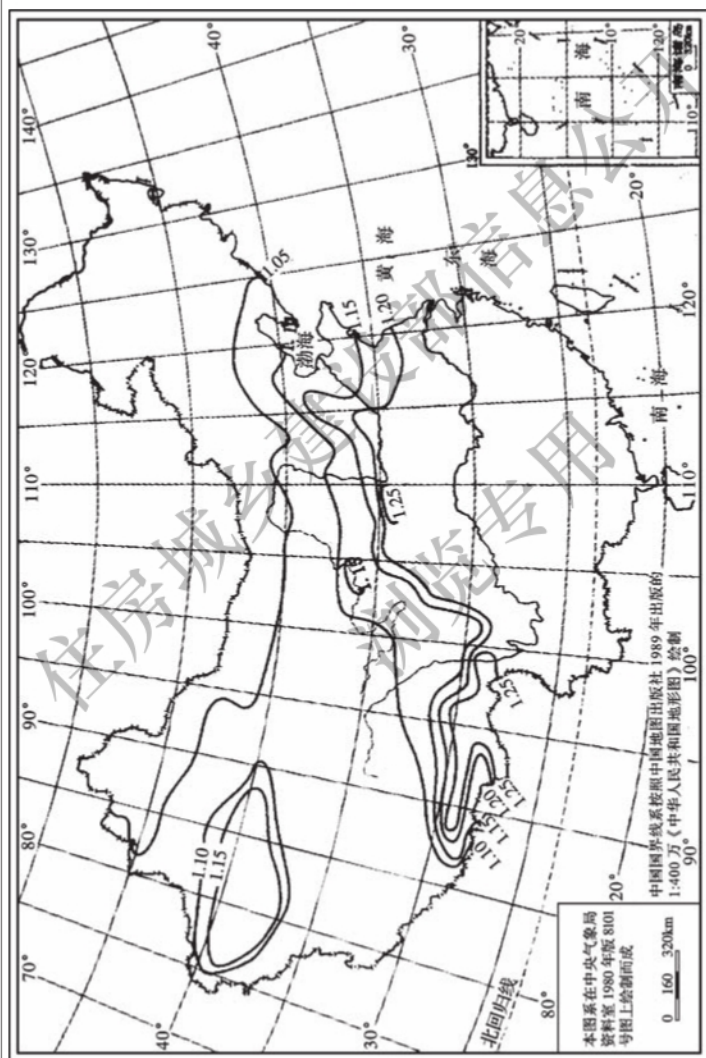
审图号：GS京（2024）1437号

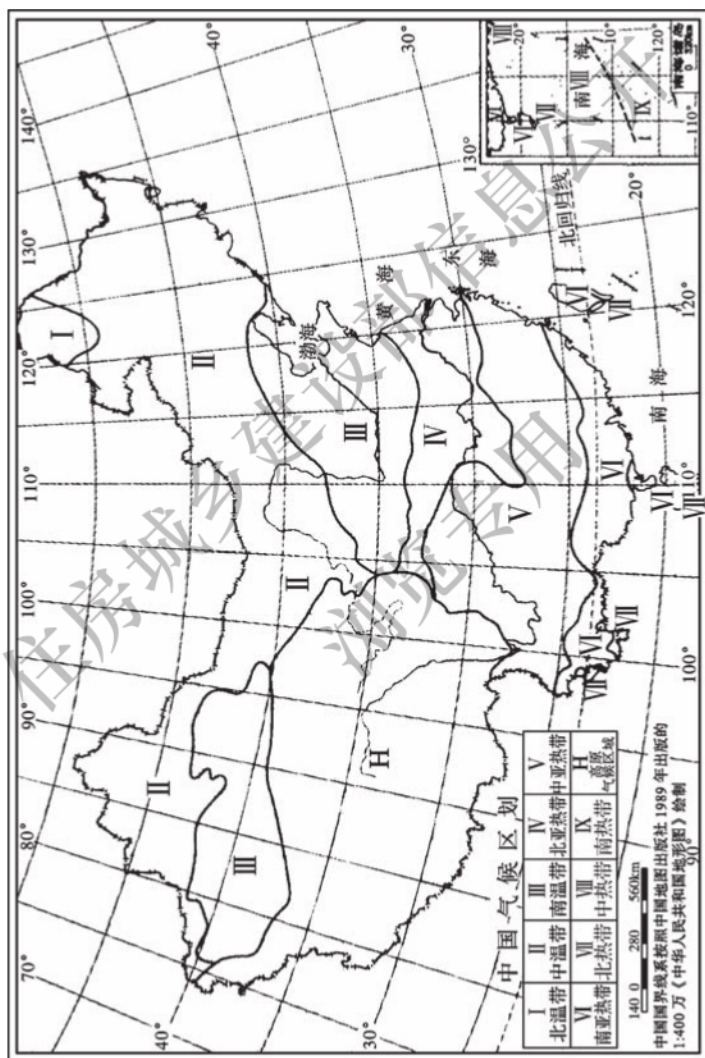


2006 年 12 月 15 日 国家测绘局

图 B.0.1-1 阴、阳面中部的 w_1 值分布图

审图号: GS (2006) 1525 号





2006年12月15日 国家测绘局

图B.0.1-3 中国气候区划图

B.0.2 当涵闸底板(或墙)的厚度 $\delta_c > 0.5\text{m}$ 时,地基土设计冻深可按下列公式计算:

$$Z_f = \left(1 - \frac{R}{R_0}\right) Z_d - 1.6\delta_w \quad (Z_f \geq 0) \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$R = \frac{\delta_c}{\lambda_c} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中: Z_f ——地基土(回填土)设计冻深(m);

R ——底板热阻($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{W}$);

R_0 ——设计热阻($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{W}$),见本标准表 8.4.1;

δ_w ——冻前底板上面的水深(m);

δ_c ——涵闸底板(或墙)的厚度(m);

λ_c ——底板混凝土的热导率($\text{W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$)。

附录 E 门叶电热法防冰冻计算

E. 0.2 通过门叶钢板向过冷水中传热所需的加热功率可按下列公式计算：

$$N_1 = K_{sw}(t_c - t_{ws})A_w \quad (\text{E. 0.2-1})$$

$$t_c = 0.3 | t_k | \quad (\text{E. 0.2-2})$$

式中： N_1 ——通过门叶钢板向过冷水中传热所需的加热功率(kW)；

K_{sw} ——由门叶内部空气通过钢板向过冷水中的传热系数， $K_{sw} = 0.233 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ；

t_c ——门叶内部空气加热温度($^\circ\text{C}$)；

t_k ——设置地点的极端多年最低温度平均值($^\circ\text{C}$)；

t_{ws} ——过冷水温度，计算采用 $t_{ws} = -0.1^\circ\text{C}$ ；

A_w ——门叶钢板与过冷水接触的面积(m^2)。

E. 0.4 通过门叶保温板向冷空气传热所需的加热功率可按下式计算：

$$N_3 = K_{pa}(t_c - t_k)A_p \quad (\text{E. 0.4})$$

式中： N_3 ——通过门叶保温板向冷空气传热所需的加热功率(kW)；

K_{pa} ——由门叶保温板向冷空气的传热系数，当采用聚苯乙烯泡沫板保温，而且其热导率 $\lambda_x \leq 0.03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，厚度 $\delta_x \geq 0.03 \text{ m}$ 时，可取 $K_{pa} = 0.007 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ；

A_p ——保温板与冷空气的接触面积(m^2)。

附录 F 压力水射流法防冰冻计算

F.0.1 冰盖下水温补给的热潜水泵流量可按式计算:

$$Q_h = 0.6 Q_p t_w \quad Q_p = 1.7 Q_h / t_w \quad (\text{F.0.1})$$

式中: Q_h ——冰盖下水温需要补给的热流量(kW);

Q_p ——潜水泵流量(m^3/h);

t_w ——潜水泵放置水深 H_p 处的水温($^{\circ}\text{C}$)。

F.0.3 水气交界面辐射、蒸发和对流的全部热流量损失强度可按式计算:

$$S = 0.014(9.5 - t_k) \quad (\text{F.0.3})$$

式中: S ——水气交界面的全部热流量损失强度(kW/m^2);

t_k ——设置地点的极端多年最低温度平均值($^{\circ}\text{C}$)。

F.0.4 冰盖下水温补给的热流量应符合下式的要求:

$$Q_h > S B_0 L_0 \quad (\text{F.0.4})$$

式中: B_0 ——不冻水面宽度(m),可取 $B_0 = 0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$;

L_0 ——不冻水面长度(m)。采用集中布置时, L_0 为全部孔口加闸墩宽度;采用单独布置时, L_0 为单个孔口宽度。

F.0.5 按本标准公式(F.0.1)计算潜水泵的流量可按式选择进行验证,其扬程应满足大于潜水泵放置水深 H_p 的 2 倍 $H \geq 2H_p$, 且 $H_p \geq 5\text{m}$:

$$Q_p > 0.023 \frac{(9.5 - t_k) B_0 L_0}{t_w} \quad (\text{F.0.5})$$

F.0.6 射流管上的射流孔射流速度可按式计算:

$$V_0 = \frac{0.16V_c h_g}{d} \quad (\text{F.0.6})$$

式中： V_0 ——射流孔的出口流速(m/s)；

V_c ——到水面或到冰盖下的射流冲击速度，可采用 $V_c \geq 0.3\text{m/s}$ ；

h_g ——自冰盖下表面算起的射流管放置水深(m)；

d ——射流孔直径(m)。

F.0.7 潜水泵的配用功率可按下式计算：

$$[N]N_b = 0.6Q_p V_0^2 \quad (\text{F.0.7})$$

式中： N_b $[N]$ ——潜水泵的配用功率(kW)。

F.0.8 射流管放置水深 h_g 应按本标准公式(F.0.6)的计算值在现场进行调试。射流管应能随库水位变动而保持其最佳放置水深。

引用标准名录

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《堤防工程设计规范》GB 50286

《冻土工程地质勘察规范》GB 50324

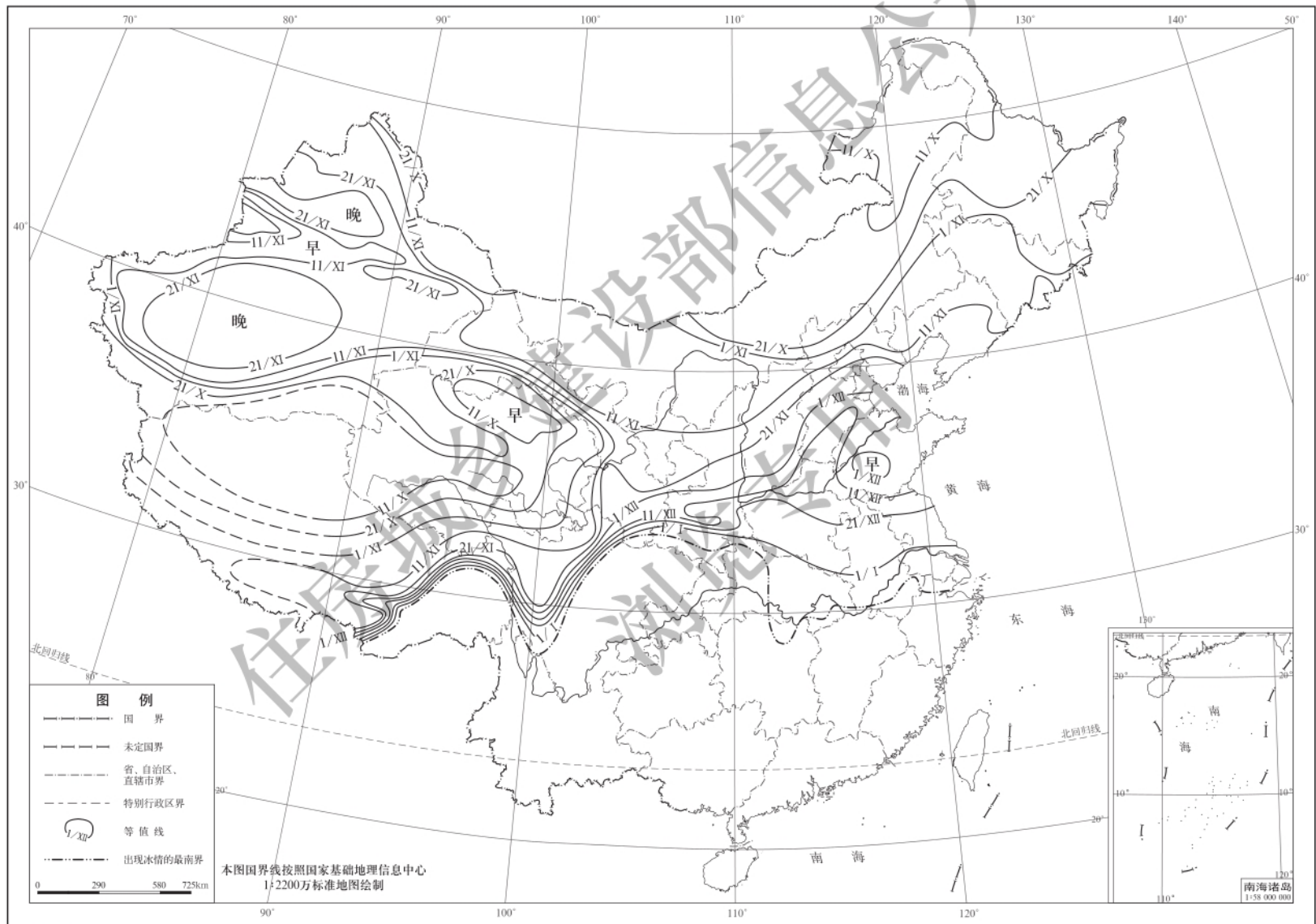
《砌石坝设计规范》SL 25

《混凝土面板堆石坝设计规范》SL 228

《水闸设计规范》SL 265

《碾压式土石坝设计规范》SL 274

《水工混凝土试验规程》SL/T 352



审图号：GS京（2024）1437号

图 A.0.2-1 中国河流稳定初冰期图(日/月)

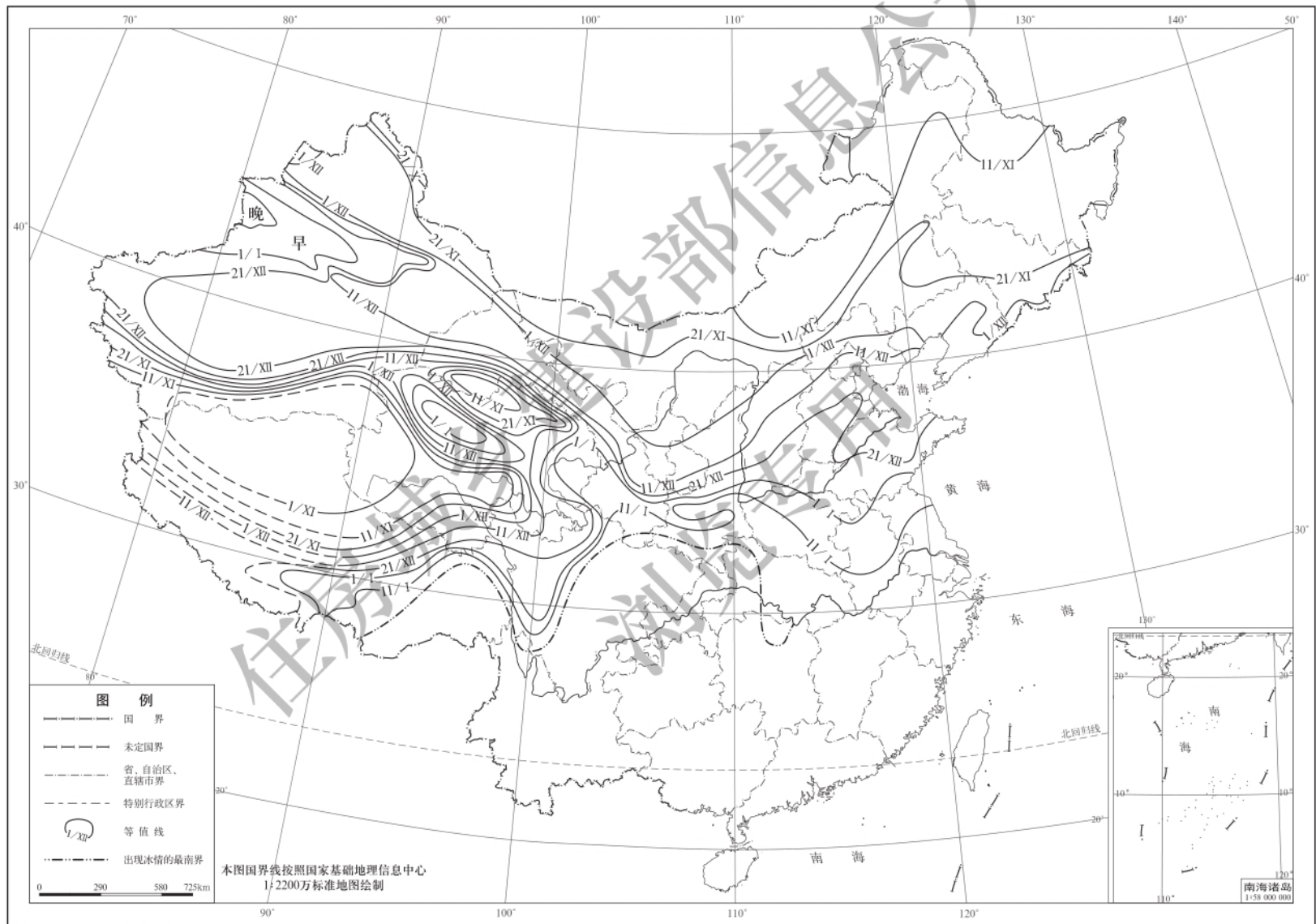
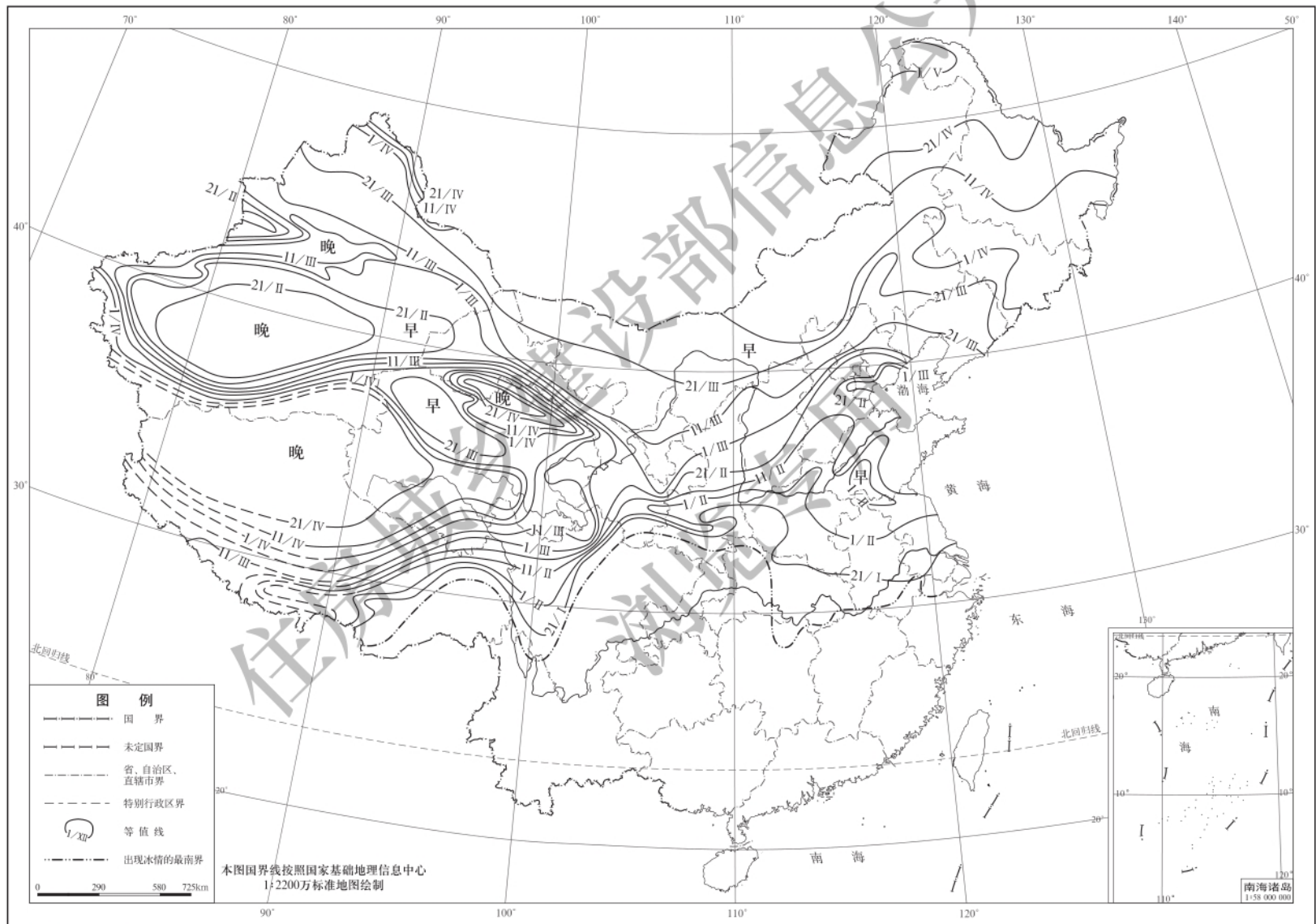
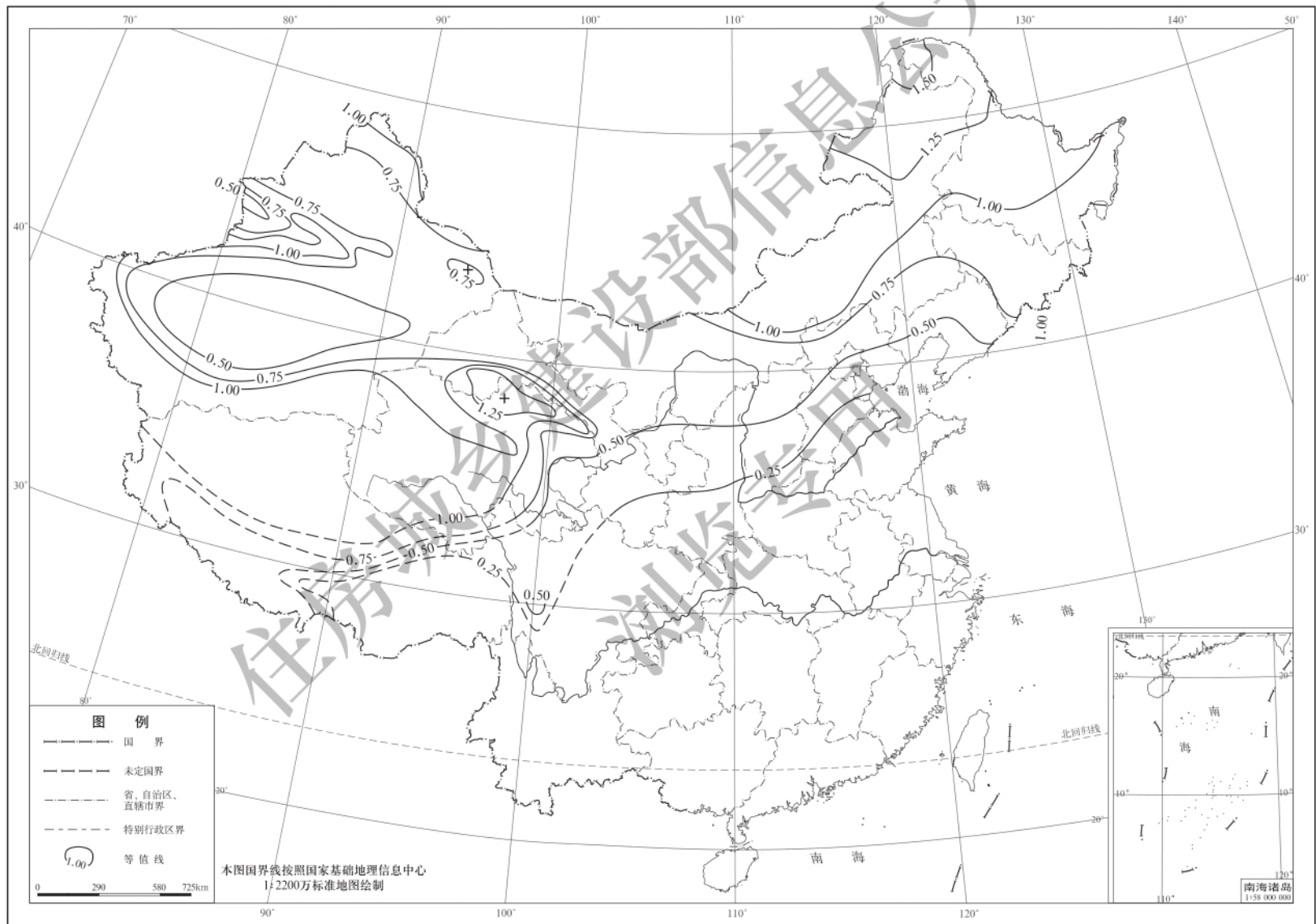


图 A.0.2-2 中国河流平均封冰日期图(日/月)



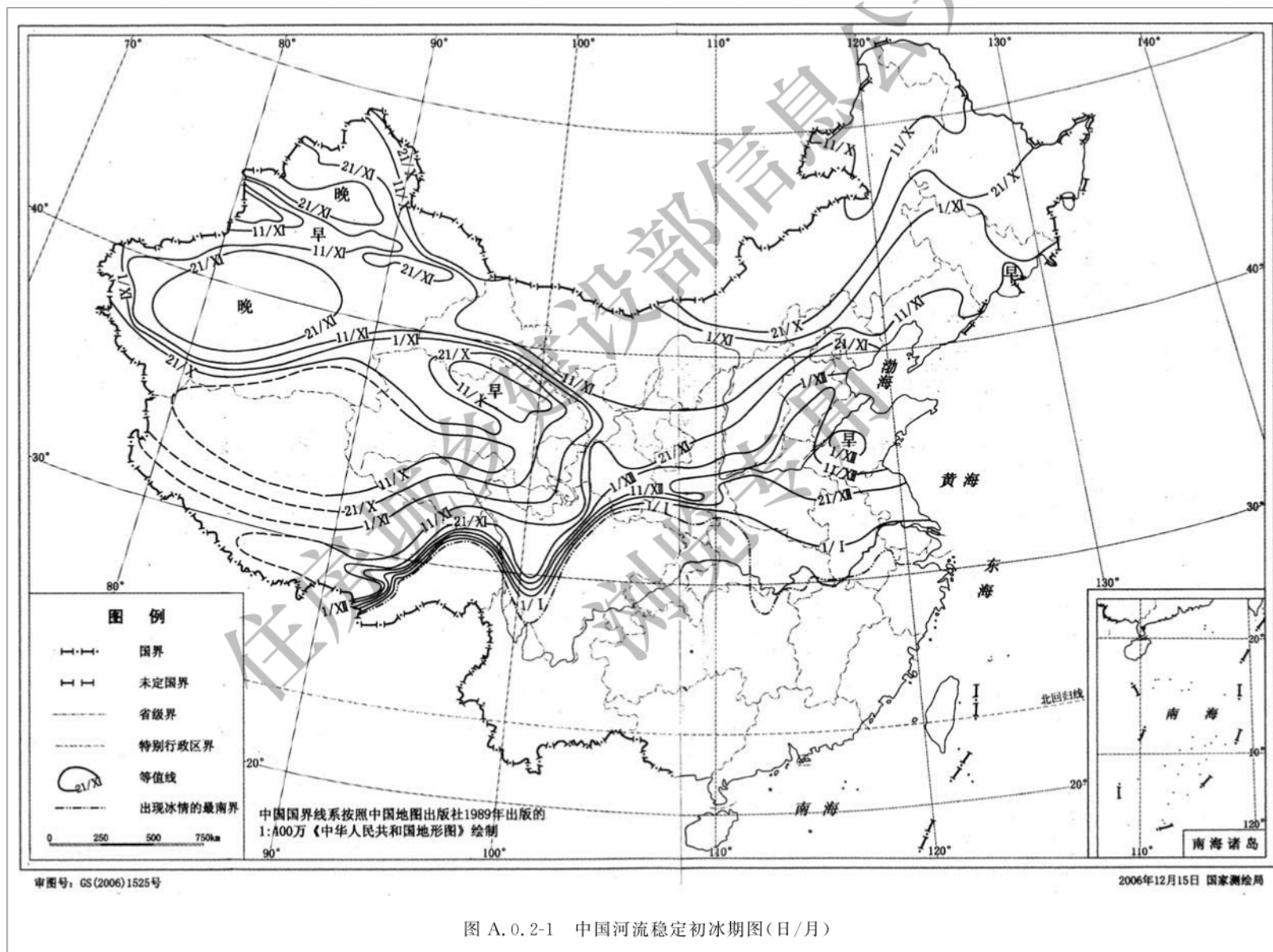
审图号: GS京(2024)1437号

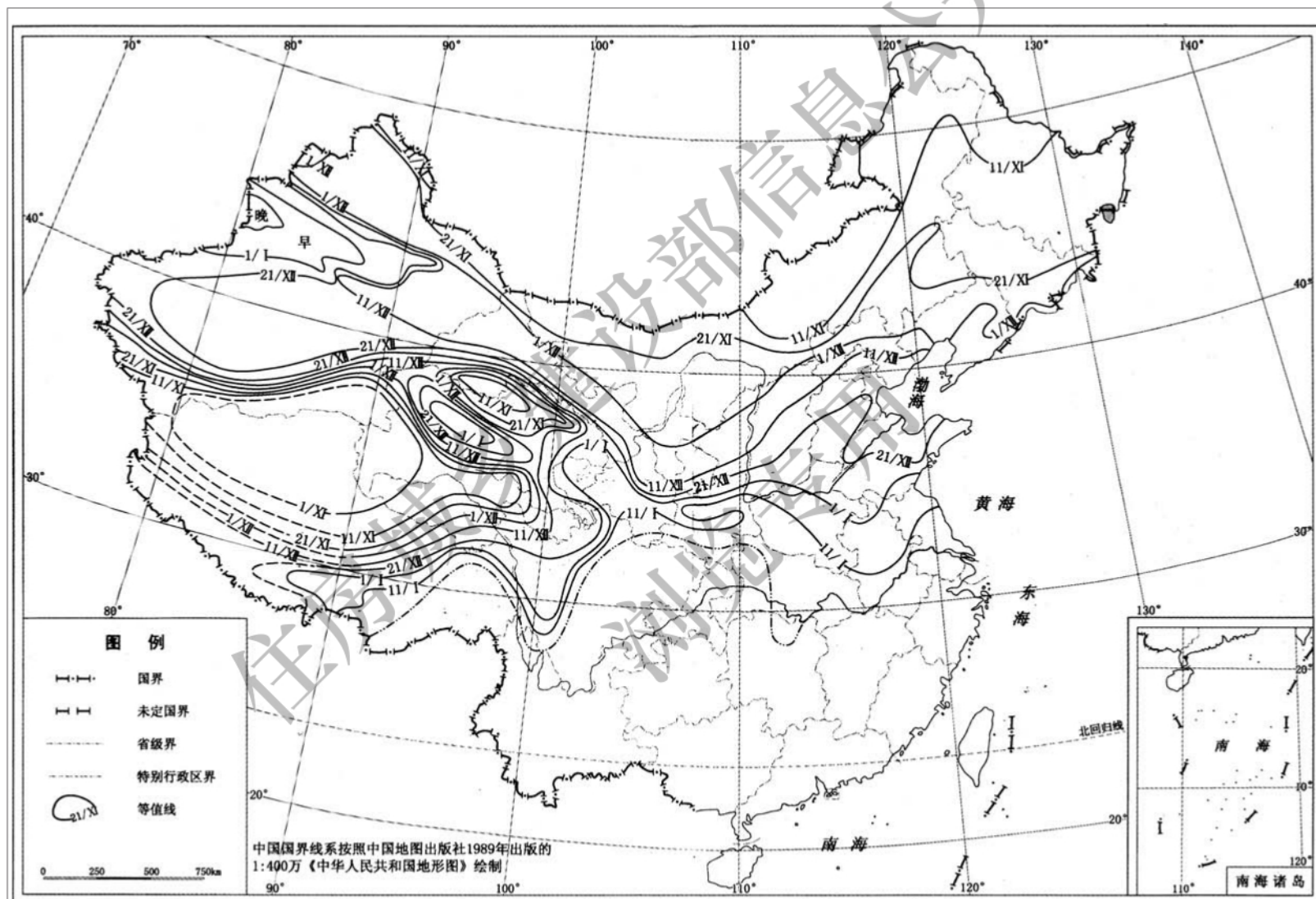
图 A.0.2-3 中国河流平均解冻日期图(日/月)



审图号：GS京（2024）1437号

图 A.0.2-4 中国河流平均最大冰厚图(单位:m)

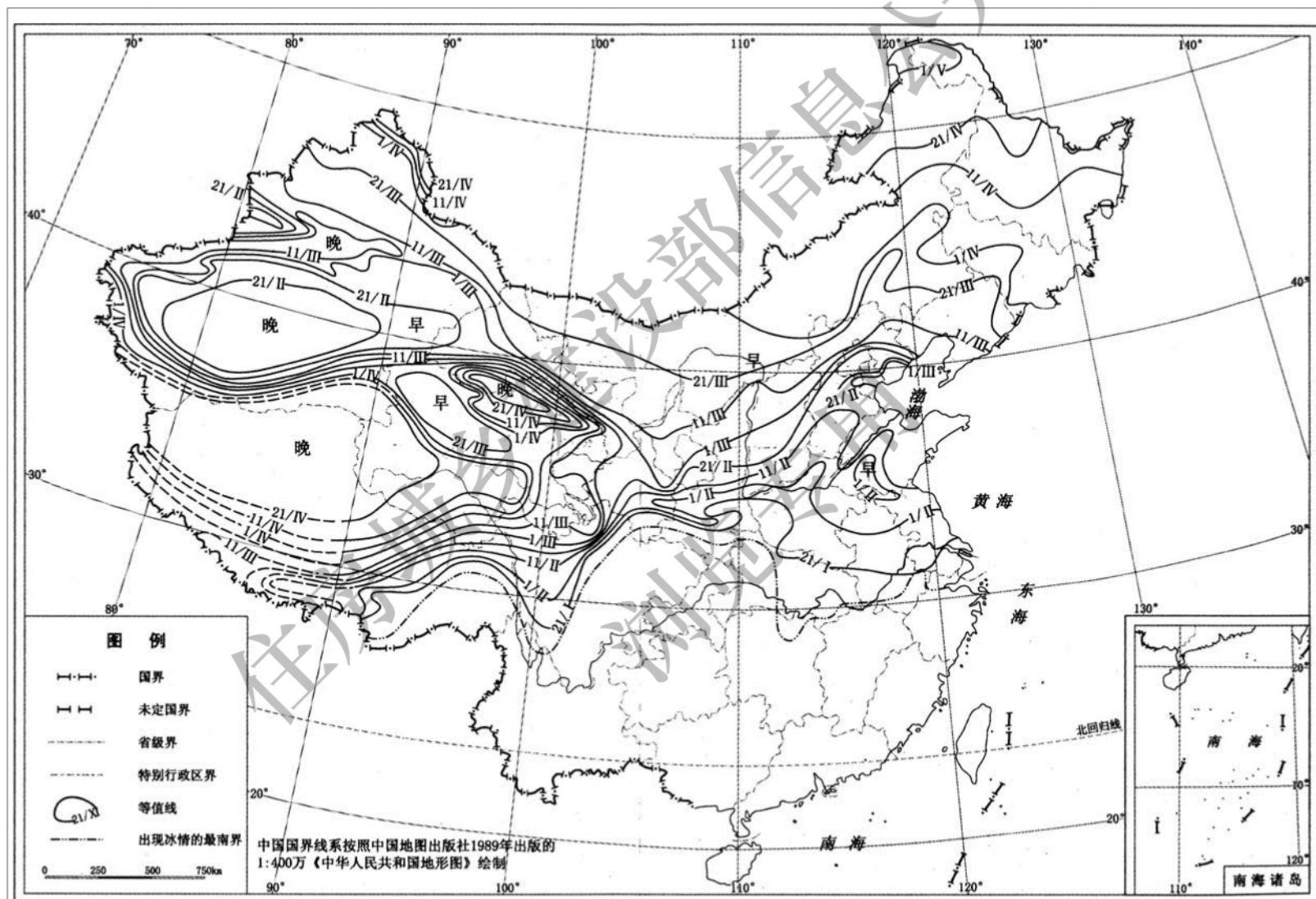




审图号: GS(2006)1525号

2006年12月15日 国家测绘局

图 A.0.2-2 中国河流平均封冰日期图(日/月)



审图号: GS(2006)1525号

2006年12月15日 国家测绘局

图 A.0.2-3 中国河流平均解冻日期图(日/月)

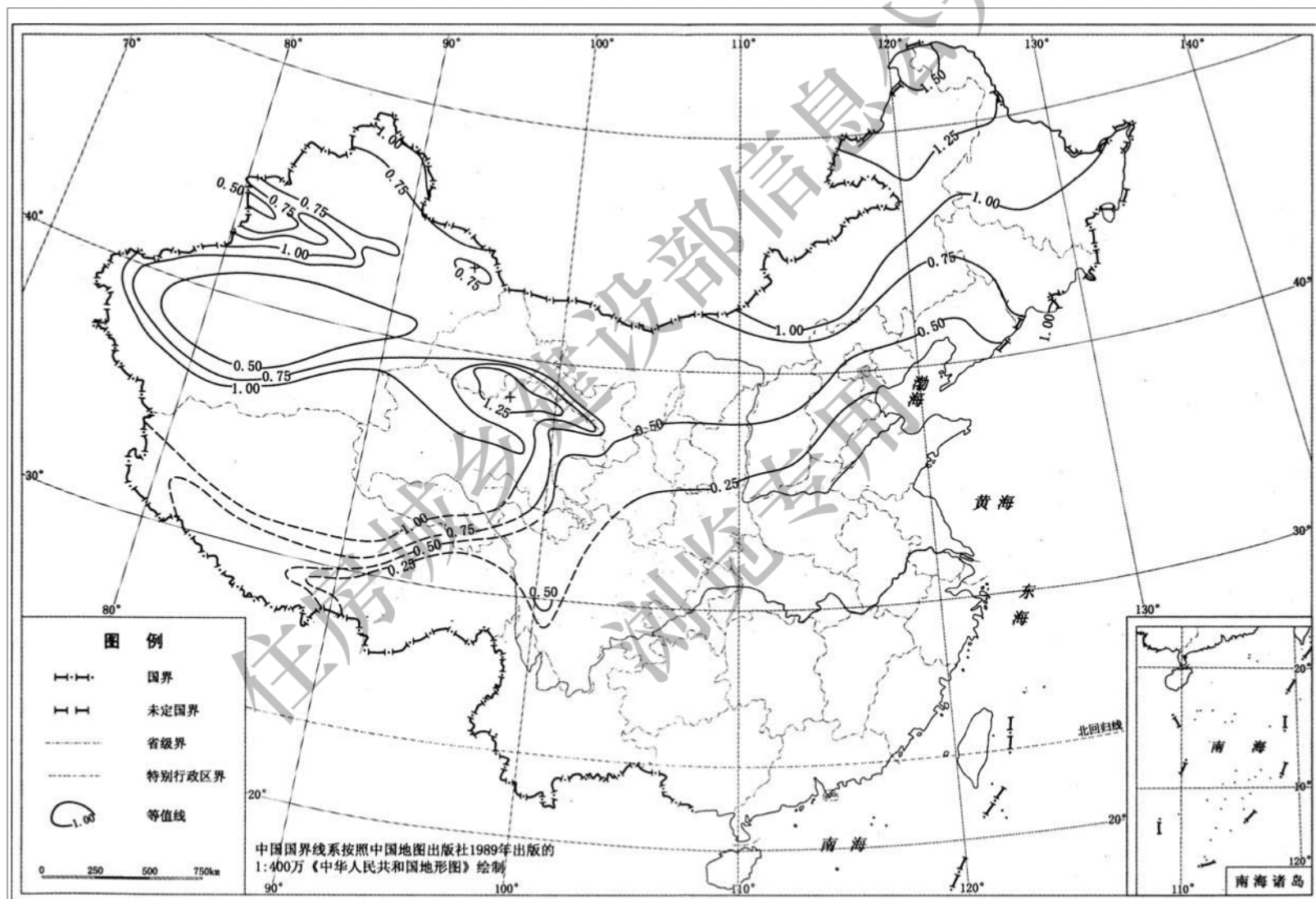


图 A.0.2-4 中国河流平均最大冰厚图(单位:m)