

中华人民共和国石油天然气行业标准

盐渍土地区建筑规范

building Code for saline soil region

SY/ T 0317—97

主编单位：中国石油天然气总公司抗震办公室

批准部门：中国石油天然气总公司

石油工业出版社

1998 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 基本规定	(4)
4 勘察	(5)
4.1 一般规定	(5)
4.2 溶陷性评价	(8)
4.3 盐胀性评价	(10)
4.4 腐蚀性评价	(10)
5 设计	(14)
5.1 一般规定	(14)
5.2 防水措施	(16)
5.3 地基基础措施	(17)
5.4 结构措施	(20)
5.5 防腐措施	(22)
6 施工	(24)
6.1 防水措施	(24)
6.2 防腐措施	(25)
7 检查与维护	(27)
附录 A 盐渍土主要物理性质指标室内试验要点	(28)
附录 B 测定盐渍土地基变形模量和承载力的 现场动载荷试验方法	(31)
附录 C 测定盐渍土溶陷系数的载荷试验法	(34)
附录 D 测定盐渍土溶陷系数的液体排开法	(36)

附录 E	测定盐渍土盐胀性的现场试验方法	(39)
附录 F	盐化法施工要点	(41)
附录 G	Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量的现场快速测定方法 (试纸滴定法)	(42)
附录 H	测定盐渍土浸水影响深度的瑞利波速 试验方法	(45)
	标准用词和用语说明	(48)
附件	盐渍土地区建筑规范 条文说明	(49)

中国石油天然气总公司文件

[97]中油技监字第 698 号

关于批准发布《钢质管道熔结 环氧粉末外涂层技术标准》等三十五项 石油天然气行业标准的通知

各有关单位:

《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》等三十五项石油天然气行业标准(草案),业经审查通过,现批准为石油天然气行业标准,予以发布。

各项行业标准的编号、名称如下:

序号	编 号	名 称
1	SY / T 0315—97	钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准
2	SY / T 0316—97	新管线管的现场检验推荐作法
3	SY / T 0317—97	盐渍土地区建筑规范
4	SY / T 0407—97	涂装前钢材表面预处理规范(代替 SYJ 4007—86)

- | | | |
|----|------------------|--|
| 5 | SY / T 0419—97 | 油田专用水套加热炉制造、安装及验收规范(代替 SYJ 4019—87) |
| 6 | SY / T 0420—97 | 埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准(代替 SYJ 4020—88, SYJ 8—84) |
| 7 | SY 0422—97 | 油田集输管道施工及验收规范(代替 SYJ 4022—88, SYJ 4009—86, SY 4061—93) |
| 8 | SY / T 0442—97 | 钢质管道熔结环氧粉末内涂层技术标准(代替 SYJ 4042—89) |
| 9 | SY / T 0448—97 | 油田油气处理用钢制压力容器施工及验收规范(代替 SYJ 4048—90) |
| 10 | SY / T 0449—97 | 油气田用钢制常压容器施工及验收规范(代替 SYJ 4049—91) |
| 11 | SY / T 0450—97 | 输油(气)埋地钢质管道抗震设计规范(代替 SYJ 4050—91) |
| 12 | SY 0466—97 | 天然气集输管道施工及验收规范(代替 SY 4066—93, SY / T 4082—95) |
| 13 | SY / T 0515—1997 | 油气分离器规范(代替 SY 7515—89) |
| 14 | SY / T 5020—1997 | 钻井泵用锥柱螺纹(代替 SY 5020—80, SY 5021—80) |
| 15 | SY / T 5212—1997 | 游梁式抽油机质量分等(代替 SY 5212—87) |

- | | | |
|----|--------------------|--------------------------------------|
| 16 | SY / T 5332—1997 | 陆上二维地震勘探数据处理技术规程 (代替 SY 5332—92) |
| 17 | SY / T 5455—1997 | 陆上三维地震勘探资料采集技术规范 (代替 SY 5455—92) |
| 18 | SY / T 5595—1997 | 油田链条和链轮 (代替 SY / T 5595—93) |
| 19 | SY / T 5599—1997 | 油气探井完井地质图件编制规范 (代替 SY 5599—93) |
| 20 | SY / T 5675—1997 | 油气探井完井地质总结报告编写规范 (代替 SY / T 5675—93) |
| 21 | SY / T 5788.2—1997 | 油气探井气测录井规范 (代替 SY / T 5788.2—93) |
| 22 | SY / T 6187—1997 | 石油钻机用 190 系列柴油机使用报废条件 |
| 23 | SY / T 6285—1997 | 油气储层评价方法 |
| 24 | SY / T 6286—1997 | 碳酸盐岩储层精细描述方法 |
| 25 | SY / T 6287—1997 | 油井采油指数确定方法 |
| 26 | SY / T 6288—1997 | 钻杆和钻铤选用作法 |
| 27 | SY / T 6289—1997 | 连续电磁剖面法勘探技术规程 |
| 28 | SY / T 6290—1997 | 陆上三维地震勘探辅助数据格式 |
| 29 | SY / T 6291—1997 | 石油物探全球卫星定位系统动态测量技术规范 |
| 30 | SY / T 6292—1997 | 探井试油测试资料解释及质量评定 |
| 31 | SY / T 6293—1997 | 勘探试油工作规范 |
| 32 | SY / T 6294—1997 | 油气探井分析样品现场采样规范 |

- | | | |
|----|------------------|--------------------------------------|
| 33 | SY / T 6295—1997 | 石油钻采设备可靠性预计方法 |
| 34 | SY / T 7507—1997 | 天然气中水含量的测定 电解法(代替 SY 7507—87) |
| 35 | SY / T 7508—1997 | 油气田液化石油气中总硫的测定 氧化微库仑法(代替 SY 7508—87) |

以上标准自 1998 年 6 月 1 日起施行。

中国石油天然气总公司
1997 年 12 月 28 日

前 言

本标准是根据(96)中油技监字第52号文件,由中国石油天然气总公司抗震办公室负责主编的。

在标准的编制过程中,编写组成员总结了国内外盐渍土地地区的大量工程实践,在青海、新疆盐渍土地地区开展了系统的科学研究,获得了大批试验研究成果,进行了比较广泛的调查研究,最后由石油工程建设施工专业标准化委员会会同有关部门进行审查定稿。

本标准主要内容包括:总则、术语符号、基本规定、勘察、设计、施工、检查与维护等内容。它以盐渍土地的溶陷性、盐胀性和腐蚀性为主线,科学地解决了一系列技术难题,提出了对盐渍土地的评价标准及勘探设计、施工和防护措施。本标准的实施可使我国盐渍土地地区的工程建设做到安全可靠、技术先进、经济合理,对盐渍土地地区建筑起重要的指导作用。

本标准由中国石油天然气总公司抗震办公室负责解释。

主编单位:中国石油天然气总公司抗震办公室。

参编单位:冶金部建筑研究总院、青海石油管理局、新疆石油管理局、石油管道局、石油地球物理勘探局、华北石油勘探设计研究院。

本标准主要起草人	徐攸在	张维全	洪乃丰	周亮臣
	何文杰	李亦斌	田武鼎	白银铎
	李永金	景志军	刘志强	李西明

1 总 则

1.0.1 为使盐渍土地区的建筑做到技术先进、经济合理、安全可靠，特制定本规范。

1.0.2 盐渍土地区的建筑必须坚持因地制宜、以防为主、防治结合，综合治理的方针。根据当地盐渍土的特性，综合考虑地形、地貌、气候环境及土中水分的变化等因素，精心设计与施工。

1.0.3 本规范适用于易溶盐含量为 0.3%~20%（碎石类土不受此限）地区的工业与民用建筑的勘察、设计、施工与维护管理。对含中溶盐为主的盐渍土，可参照本规范执行。

1.0.4 盐渍土地区的建筑除应符合本规范外，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 含盐量 Salinity

土中所含盐的重量与土颗粒重量之比。

2.1.2 易溶盐 easy resolving salt

易溶于水的盐类。主要指氯盐、碳酸钠、碳酸氢钠、硫酸镁、硫酸钠等，其溶解度约为 9%~43% (20℃ 时)。

2.1.3 中溶盐 medium resolving salt

中等程度可溶于水的盐类。主要指硫酸钙，其溶解度约为 0.2%(20℃ 时)。

2.1.4 难溶盐 difficult resolving salt

难溶于水的盐类。主要指碳酸钙，其溶解度约为 0.0014% (20℃ 时)。

2.1.5 溶陷 salt resolving slump

由于土中盐类溶于水而产生的地基沉陷。

2.1.6 盐胀 salt expansion

由于土中某些盐类因温度或湿度变化而产生的地基膨胀。

2.1.7 盐化法 salination

用饱和盐水灌入地基，以减小盐渍土溶陷性的地基处理方法。

2.2 符 号

2.2.1 B ——溶于土中水的盐量

C ——含盐量

e ——孔隙比

f ——地基承载力设计值

G_s ——土的相对密度

h ——有效盐胀区厚度

h_0 ——原状土样的原始高度

h_s ——承压板下盐渍土的湿润深度

h_p ——原状土样加压至 p 时，下沉稳定后的高度

h'_p ——原状土样加压至 p 时，在浸水作用下，下沉稳定后的高度

K_G ——与土性有关的经验系数

P ——承压板或基础的底面压力

s ——由载荷引起的地基变形值

$[s]$ ——建筑物的地基变形允许值

S_0 ——总盐胀量

ΔS ——承压板压力为 p 时，盐渍土层浸水后的溶陷量

S_r ——饱和度

V_0 ——原状土样的体积

w ——烘干法测得的含水量

w_B ——盐渍土的含液量

w_L ——液限

w_p ——塑限

δ ——溶陷系数

Δ ——分级溶陷量

ρ_0 ——湿密度

ρ_d ——干密度

3 基本规定

3.0.1 在盐渍土地地区选址时，应选择溶陷性、盐胀性、腐蚀性小的场地。

3.0.2 盐渍土按含盐性质分类应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 盐渍土按含盐性质分类

盐渍土名称	$\frac{C(\text{Cl}^-)^{10}}{2C(\text{SO}_4^{2-})}$	$\frac{2C(\text{CO}_3^{2-}) + C(\text{HCO}_3^-)}{C(\text{Cl}^-) + 2C(\text{SO}_4^{2-})}$
氯盐渍土	>2	—
亚氯盐渍土	2~1	—
重硫酸盐渍土	<1~0.3	—
硫酸盐渍土	<0.3	—
碱性盐渍土	—	>0.3

1) 表中 $\frac{C(\text{Cl}^-)}{2C(\text{SO}_4^{2-})}$ 、 $\frac{2C(\text{CO}_3^{2-}) + C(\text{HCO}_3^-)}{C(\text{Cl}^-) + 2C(\text{SO}_4^{2-})}$ 是指这些离子在 100g 土中所含毫摩数的比值。

3.0.3 在盐渍土地地区进行勘察、设计和施工以及建筑、结构和水暖等各专业，均应考虑盐渍土的溶陷性、盐胀性和腐蚀性、确保工程建设的安全性和耐久性。

3.0.4 对无盐胀和非溶陷盐渍土地基，除应考虑防腐外，可按一般地基处理。

4 勘 察

4.1 一 般 规 定

4.1.1 盐渍土地区的岩土工程勘察，除应符合《岩土工程勘察规范》GB 50021（以下简称《勘察规范》）有关的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 盐渍土的类型、厚度及其分布规律；
- 2 含盐的定性、定量分析及其在岩土中的分布状况；
- 3 地下水和地表水的类型、埋深、水质及其季节性变化；
- 4 盐渍土的物理和力学性质指标；
- 5 盐渍土的溶陷性及溶陷等级的评价；
- 6 盐渍土地基的盐胀性评价；
- 7 盐渍土对建筑材料的腐蚀性评价；
- 8 天然状态和浸水条件下的地基承载力标准值。

4.1.2 各阶段岩土工程勘察应符合下列规定：

1 选址阶段，应通过踏勘及工程地质测绘，查明盐渍土分布范围、盐渍化程度及其变化规律。

2 初步勘探阶段，应查明场地盐渍土类型以及对建筑物作用的特点，进行地基处理及防护方案的论证。

3 详细勘察阶段，应根据各单项工程地段盐渍土的类型及含盐量特点，进行岩土工程分析评价，作出地基综合治理方案。

4.1.3 各阶段岩土工程勘察工作量的布置应符合下列规定：

1 勘探点的间距应根据场地复杂程度，按表 4.1.3 确定。在详勘阶段，每幢独立建筑物范围内不少于 3 个勘探点。

2 勘探点的深度应根据盐渍土的厚度、地下水位和建筑物的重要程度等条件确定，以钻穿盐渍土或至地下水位以下 2~3m 为宜，但不应小于建筑物地基压缩层的计算深度。当盐渍土

厚度很大时，钻探深度可为 15~20m，但宜有一个勘探点钻透盐渍土层。

表 4.1.3 勘探点间距 (m)

场地复杂程度	初勘	详勘
简单	100~200	50~100
中等	50~≤100	30~≤50
复杂	<50	<30

注：简单是指地形平缓，地貌、地层简单，含盐类型及溶陷等级分布单一；中等是指地形起伏较大，地貌、地层较复杂，不良地质现象局部发育，含盐类型及溶陷等级分布较复杂；复杂是指地形起伏很大，地貌、地层复杂，不良地质现象广泛发育，含盐类型及溶陷等级分布复杂，地下水位变化显著。

3 土试样的采取应符合下列规定：

- 1) 对于采取原状土试样的粘性土和粉土，应从地表以下 0.3m 处开始。取样间距：10m 深度内应为 1.0~1.5m；10m 深度以下应为 2.0m，土层有明显变化处，应加取土样。
- 2) 用于含盐量测定的扰动土试样，其取样间距：当深度小于 5m 时，应为 0.5m；当深度为 5~10m 时应为 1.0m；当深度大于 10m 时应为 2.0m。

扰动土试样的重量：对于粘性土、粉土与砂土应为 0.5kg；对于碎石类土，应视大颗粒的比例而定，取样粒径 2mm 以下的颗粒不得小于 0.5kg。

- 3) 对于难以采取原状土样以及有特殊要求的建筑场地，应进行现场浸水载荷试验，确定盐渍土的溶陷性及其承载力标准值。

4.1.4 取原状土样的钻孔，应采取措施保持土样的天然结构和含水量，在钻进时，不应向孔内注水，必要时可采用高粘度泥

浆。取土器内径不宜小于 100mm。

在取土勘探点中，应有一定数量的探井。

4.1.5 在进行盐渍土的物理性质试验时，应分别测定天然状态和排除易溶盐后的物理性质指标。对含中溶盐为主的盐渍土，必要时尚应测定排除中溶盐后的物理性质指标。各项指标的测试应符合《土工试验方法标准》GBJ 123 的规定。盐渍土主要物理性质指标室内试验要点应符合本规范附录 A 的规定。

4.1.6 盐渍土的化学分析应符合 GBJ 123 的规定，试验内容应包括：

- 1 易溶盐： Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 NH_4^+ ；
- 2 中溶盐： CaSO_4 ；
- 3 pH 值，总盐量。

4.1.7 当地下水位在勘探深度以内时，应采取水样进行室内试验。取样数量每一建筑场地不得少于 2 件，室内试验应包括下列项目：

pH、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、游离 CO_2 、侵蚀性 CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 。

4.1.8 盐渍土地基承载力标准值应同时满足地基土的强度条件和建筑物对沉降、倾斜的限制要求，应按下列规定确定：

1 对于粘性土和粉土，可依据其物理力学指标，按《建筑地基基础设计规范》GBJ 7—89 第 3 章及本规范附录 B 的有关规定确定其承载力标准值，对于土中盐分易溶失的地区，应对孔隙比 e 值作去盐修正。

2 对于砂土、碎石类土，应用静（动）载荷试验根据需要分别确定其天然状态和浸水条件下的地基承载力，如用其他原位测试方法确定地基承载力标准值时，应与载荷试验成果相对比（现场动荷载试验方法应按本规范附录 B 的规定）。

3 经过处理的盐渍土地基，应按处理后实际检测结果，确定其地基承载力标准值。

4.1.9 对采用深基础、桩基础、人工地基以及有特殊要求的建筑物地基，其勘探和试验的要求应根据工程的具体要求确定。

4.2 溶陷性评价

4.2.1 当符合下列条件之一的盐渍土地基，可初步判别为非溶陷性土或不考虑溶陷性对建筑物的影响：

1 碎石类盐渍土中洗盐后粒径大于 2mm 的颗粒超过全重 70% 时，可判为非溶陷性土；

2 碎石类、砂类盐渍土的湿度为很湿至饱和、粉土类盐渍土的湿度为很湿、粘性土类盐渍土的状态为软塑至流塑时，可判为非溶陷性土。

4.2.2 当初步判别需进一步进行溶陷性判别时，应根据现场和土质条件，采用下列试验方法确定：

1 室内压缩试验。在一定压力作用下，溶陷系数应按式 (4.2.2-1) 确定

$$\delta = \frac{h_p - h'_p}{h_0} \quad (4.2.2-1)$$

式中 δ ——溶陷系数；

h_p ——原状土样，加压至一定压力 p 时，下沉稳定后的高度，(cm)；

h'_p ——上述加压稳定后的土样，经浸水溶滤，下沉稳定后的高度，(cm)；

h_0 ——土样的原始高度，(cm)。

室内压缩试验适用于土质比较均一、不含粗砾、能采取原状土的粘性土、粉土和含少量粘土的砂土。

2 现场浸水载荷试验。选择有代表性的盐渍土场地，进行现场浸水载荷试验，平均溶陷系数应按式 (4.2.2-2) 确定。测定盐渍土溶陷系数的载荷试验方法应符合本规范附录 C 的规

定。

$$\delta = \frac{\Delta S}{h_s} \quad (4.2.2-2)$$

式中 ΔS ——承压板压力为 p 时，盐渍土层浸水后的溶陷量 (cm)；

h_s ——承压板下盐渍土的湿润深度 (cm)。

现场浸水载荷试验适用于各类土层，特别是碎石土，不能采取原状土的，必须采用现场浸水载荷试验。

注：上述室内、外试验中所采用的压力，一般可取 200kPa，有特殊要求时，可按实际设计平均压力取值。

3 当无条件进行现场浸水载荷试验和室内压缩试验时，可采用液体排开法。液体排开法试验应符合本规范附录 D 的规定。液体排开法适用于难以取出完整的原状土样，但可采取形状不规则的原状土块的盐渍土。

4.2.3 每一建筑场区，均宜进行至少 3 处的浸水载荷试验，并结合其他方法，综合判定盐渍土的溶陷性。

4.2.4 盐渍土的溶陷性，按溶陷系数 δ 值判定，可分为两类：

当溶陷系数 δ 值小于 0.01 时，为非溶陷性土；

当溶陷系数 δ 值大于或等于 0.01 时，为溶陷性土。

4.2.5 盐渍土地基的分级溶陷量应按式 (4.2.5) 计算：

$$\Delta = \sum_{i=1}^n \delta_i h_i \quad (4.2.5)$$

式中 Δ ——盐渍土地基的分级溶陷量 (cm)；

δ_i ——第 i 层土的溶陷系数；

h_i ——第 i 层土的厚度 (cm)；

n ——基础底面（初步勘察自地面下 1.5m 算起）以下 10m

深度内全部溶陷性盐渍土的层数，其中 δ 值小于 0.01 的非溶陷性土层不计入。

4.2.6 盐渍土地基的溶陷等级应按表 4.2.6 划分。

表 4.2.6 盐渍土地基的溶陷等级

溶陷等级	分级溶陷量 $\Delta(\text{cm})$
I	$7 < \Delta \leq 15$
II	$15 < \Delta \leq 40$
III	> 40

注：当 Δ 值小于 7 时，可不考虑地基的溶陷性。

4.3 盐胀性评价

4.3.1 盐渍土地基的盐胀性系指整平地面以下 2m 深度范围内土的盐胀性。

4.3.2 盐渍土地基的盐胀性宜根据现场试验测定的有效盐胀区厚度 h 及总盐胀量 S_0 确定，测定盐渍土盐胀性的现场试验方法应符合本规范附录 E 的规定。

4.3.3 当盐渍土地基中的硫酸钠含量不超过 1% 时，可不考虑其盐胀性。

4.4 腐蚀性评价

4.4.1 盐渍土对建筑物的腐蚀性，可分为强腐蚀、中等腐蚀、弱腐蚀和无腐蚀四个等级。

4.4.2 盐渍土的腐蚀性，应按地下水或土中盐含量进行评价，并按表 4.4.2 确定腐蚀等级。

1 以氯盐为主的盐渍土，所含硫酸盐应按式 (4.4.2-1) 换算成氯盐后，再按表 4.2.2 进行评价。

$$Cl_{\text{总量}} = Cl^{-} + 0.25 \times SO_4^{2-} \quad (4.4.2-1)$$

2 以硫酸盐为主的盐渍土，所含氯盐应按式 (4.4.2-2) 换算成硫酸盐后，再按表 4.2.2 进行评价。

$$SO_4^{\text{总量}} = SO_4^{2-} + 0.075 \times Cl^{-} \quad (4.4.2-2)$$

3 按表 4.4.2 进行评价时，应以各项指标中腐蚀性最高的确定腐蚀等级。同时应具备弱透水性土、无干湿交替、不冻区段三个条件下的盐渍土评价，可降低一级。

表 4.4.2 盐渍土腐蚀等级

地基 介质	离子 种类	埋设 条件	指标	钢筋 混凝土	素混 凝土	砖砌 体
地下水 中盐离 子含量 (mg/L)	SO ₄ ²⁻		> 4000	强	强	强
			> 1000 ~ 4000	中	中	中
			> 250 ~ 1000	弱	弱	弱
			≤ 250	无	无	无
	Cl ⁻	间浸	> 5000	强	中	中
			> 500 ~ 5000	中	弱	弱
			≤ 500	弱	无	无
		全浸	> 20000	强	弱	弱
			> 5000 ~ 20000	中	弱	弱
			> 500 ~ 5000	弱	无	无
			≤ 500	无	无	无
	NH ₄ ⁺		> 1000	强	中	中
			> 500 ~ 1000	中	弱	弱
			> 100 ~ 500	弱	无	无
			< 100	无	无	无

续表 4.4.2

地基 介质	离子 种类	埋设 条件	指标	钢筋 混凝土	素混 凝土	砖砌 体
地下水 中盐离 子含量 (mg/L)	Mg^{+}		> 4000	强	强	强
			> 2000 ~ 4000	中	中	中
			> 1000 ~ 2000	弱	弱	弱
			≤ 1000	无	无	无
土中盐 离子含 量 (mg/ kg)	SO_4^{2-}	干燥	> 6000	强	强	强
			> 4000 ~ 6000	中	中	中
			> 2000 ~ 4000	弱	弱	弱
			≤ 2000	无	无	无
土中盐 离子含 量 (mg/ kg)	SO_4^{2-}	潮湿	> 4000	强	强	强
			> 2000 ~ 4000	中	中	中
			> 400 ~ 2000	弱	弱	弱
			≤ 400	无	无	无
	Cl^{-}	干燥	> 20000	强	中	中
			> 5000 ~ 20000	中	弱	弱
			> 2000 ~ 500	弱	无	无
			≤ 2000	无	无	无
	Cl^{-}	潮湿	> 7500	强	中	中
			> 1000 ~ 7500	中	弱	弱
			> 500 ~ 1000	弱	无	无
			≤ 500	无	无	无

续表 4.4.2

地基 介质	离子 种类	埋设 条件	指标	钢筋 混凝土	素混 凝土	砖砌 体
土中 总盐 量 (mg/ kg)	正负 离子 总和	有蒸 发面	> 10000	强	强	强
			$> 5000 \sim 10000$	中	中	中
			$> 3000 \sim 5000$	弱	弱	弱
			≤ 3000	无	无	无
		无蒸 发面	> 50000	强	强	强
			$> 20000 \sim 50000$	中	中	中
			$> 5000 \sim 20000$	弱	弱	弱
			≤ 5000	无	无	无
水土 酸度 (pH)			≤ 4	强	强	强
			$< 4 \sim 5$	中	中	中
			$< 5 \sim 6.5$	弱	弱	弱
			> 6.5	无	无	无

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1 进行总平面设计时，应使建筑物避开具有强溶陷性、盐胀性或腐蚀性的地段。

5.1.2 建造在盐渍土上的地基基础，应根据盐腐蚀性等级采取相应的防护措施，防止基础材料和其他地下设施被腐蚀。

5.1.3 建造在无盐胀可能的非溶性盐渍土上的建筑物的地基基础，除采取必要的防腐措施外，可按非盐渍土地基设计。

5.1.4 建筑物（包括槽、罐、塔等露天设备）应根据其重要性，地基受水浸湿可能性的大小和在使用上对不均匀沉降限制的严格程度，分为甲、乙、丙三类。

甲类建筑物系指地基受水浸湿可能性大的重要建筑物；或指对不均匀沉降有严格限制的建筑物。

乙类建筑物系指地基受水浸湿可能性大的一般建筑物；或指地基受水浸湿可能性较大且对不均匀沉降有一定限制建筑物。

丙类建筑物系指地基受水浸湿可能性较小的建筑物；或指次要的建筑物。

注：地基受水浸湿可能性大，系指建筑物地面经常受水浸湿或可能积水，排水沟较多或地下管道很多。地基受水浸湿可能性较大，系指建筑物内局部有一般给水、排水或暖气管道。地基受水浸湿可能性较小，系指建筑物内无水、暖管道。

5.1.5 建造在溶陷性盐渍土上的建筑物，地基基础设计，除采取必要的防腐蚀措施外，基底压力应满足 GBJ 7 的要求。

地基承载力设计值应按 GBJ 7 确定。有浸水又无现场试验资料时，可根据浸水后的物理与力学指标按 GBJ 7 确定。采用地基处理措施的，地基承载力设计值应取处理后的承载力设计值。

5.1.6 建造在溶陷性盐渍土上的建筑物，地基基础的变形验算，如确无浸水可能时，可按非盐渍土地基进行，否则，应满足式（5.1.6-1）的要求。

$$s + \Delta \leq [s] \quad (5.1.6-1)$$

式中 s ——不考虑溶陷时，由载荷引起的地基在浸水状态下的变形值（cm），可按 GBJ 7 中有关方法确定；

Δ ——地基溶陷量（cm），无试验资料时，可取分级溶陷量（无浸水可为 0），采用地基处理措施的， Δ 应按处理后的资料确定；

$[s]$ ——建筑物的地基变形允许值（cm）。

5.1.7 在变形验算中，如不满足公式（5.1.6-1）的要求时，应根据建筑物的类别和承受不均匀沉降的能力，地基的溶陷等级以及浸水的可能性，采取下列相应的设计措施：

1 防水措施。包括场地排水、地面防水、地下管、沟和集水井的敷设，检漏井、防（检）漏沟设置以及地基中隔水层的设置等（表 5.1.8 中用符号[1]表示）；

2 地基基础措施。包括消除或减小溶陷性的各种地基处理方法和采用穿透溶陷性盐渍土层的各种深基础等措施（表 5.1.8 中用符号[2]表示）；

表 5.1.8 设计措施

建筑物类别 \ 地基溶陷等级	I	II	III
甲	[1]+[2]或[1]+[3]	[1]+[2]	[1]+[2]+[3]
乙	[1]或[2]	[1]+[2]或[1]+[3]	[1]+[2]
丙	[0]	[1]	[1]

注：符号[0]表示不需要采取设计措施，符号+表示一种措施不够时可采取其他设计措施。

3 结构措施。应包括加强结构整体性，减小不均匀沉降或使其适应地基变形的措施（表 5.1.8 中用符号[3]表示）。

5.1.8 采用设计措施时，应结合具体条件和当地经验，根据技术可靠、经济合理的原则，按表 5.1.8 选用。

5.2 防水措施

5.2.1 建筑物周围场地的坡度，在建筑物外缘以外 6m 范围内不宜小于 2%；在 6m 以外，不宜小于 0.5%。在山前倾斜平原地区，应设截水沟，保证排洪畅通。在碎石类盐渍土层下有浅埋的膨胀泥岩且有地下水出露时，应设隔、排水沟。

5.2.2 建筑物周围 6m 距离内应为防水监护区。在监护区内，不宜设水池、雨水明沟、排水直埋地下管道和绿化带等，如必须设置时，应采取有效措施防止水渗入建筑物地基。

5.2.3 建筑物周围应做宽度不小于 1m 的散水，其横向坡度不得小于 5%，外缘应略高于平整后的场地，在溶陷性土上，散水下宜做厚度不小于 15cm 的沥青砂、砾石或其他不透水层，散水与外墙交接处和散水伸缩缝，应采用柔性防水材料填封。

5.2.4 给水排水、热力管网及采暖等地下管道必须设置防（检）漏管沟。压力管道宜架空。

5.2.5 防水重点应是有水渗漏可能的地方。室内外上下水道，应采用防水措施，把渗漏水导向指定的地区。室外上下水道应在一定距离内设置检漏井。检漏井及上下水道的地沟，应作水平和竖向防水层。无地沟的上下水道应做好接头防水措施。

5.2.6 检漏井应设置在管沟末端和管沟沿线的分段检漏处，并防止地面水流入。检漏井应有深度不小于 30cm 的集水坑。集水坑应做好防水措施。当检漏井与排水系统接通时，应采取防倒灌措施。

5.2.7 检漏管沟宜采用现浇钢筋混凝土结构，其变形缝间距不得超过 20m，缝内设柔性止水带。管沟底板下宜做不小于 30cm 厚的灰土垫层或 15cm 厚灌沥青的砂、砾石层（或其他不透水

垫层)。管沟壁也应采取防水措施,防止水从侧壁渗漏。管沟底面坡向集、水井,其坡度不应小于1%。集水井应采取防水措施。

5.2.8 在监护区内的管道接口宜采用柔性接头。监护区内的检查井、消火栓井、洒水栓井和阀门井等均应做水平和竖向防水处理,且不得兼做检漏井。

5.2.9 管道穿过井(或沟)时,应在井(或沟)壁处预留洞孔,管道与洞孔间的缝隙,应用不透水的柔性材料填塞。

5.2.10 室内管道应架空,并在明显部位设置截止阀门。

5.2.11 屋面应用有组织排水,选用铸铁或其他耐用材料的水落管,其末端距散水面不应大于30cm,并不应设在沉降缝处,集水面积大的外水落管,应接入专设的雨水明沟或管道中。

5.2.12 经常受水浸或可能积水的地面,应做防水地面。地面以下应做30~50cm的灰土垫层或不小于15cm的油砂层或沥青砾石层)。

5.2.13 凡采取严格防水措施,并确保使用期间无水浸入地基时,可按非溶陷性土地基设计,并毋需采用其它设计措施。

5.2.14 在中、强硫酸盐介质中,不宜采用灰土垫层。

5.3 地基基础措施

5.3.1 地基基础的处理措施,应根据盐渍土溶陷等级及现场条件进行技术经济比较后,按表5.3.1选用。对非溶陷性盐渍土地基,可采用其他地基基础处理措施。

5.3.2 采用浸水预溶地基处理措施应符合下列要求:

- 1 水头高度不应小于30cm;
- 2 浸水坑的平面尺寸每边应超过拟建房屋边缘2.5m;
- 3 应检测预溶的深度及所消除和溶陷量;
- 4 对渗透性小、含盐量高或厚度大的盐渍土地基,宜采取附加措施增大预溶效果(如钻孔渗水等)。
- 5 预溶后的盐渍土应重新检验主要土性指标。

6 浸水施工时，应防止对邻近建筑物以及管、沟、道路等工程设施产生不利影响。冬季不宜进行浸水预溶。

5.3.3 采用强夯处理措施时，应先进行试夯，确定夯实的有效深度和施工时所需的参数（锤重、落距、夯击次数及间歇时间等），并宜在试夯后进行浸水试验，检验其效果。

5.3.4 采用浸水预溶加预压地基处理措施时，除应符合本规范第 5.3.2 条要求外，尚应在施工前进行试压，以确定预压维持的时间以及效果是否达到设计要求；对压密后的盐渍土的主要特性指标应重新进行检验。

5.3.5 采用浸水预溶加强夯地基处理措施时，施工前应进行浸水及试夯试验，确定浸水所需时间及使夯实有效深度达到要求的最优强夯参数。对于夯实后盐渍土的主要土性指标，应重新进行检验。夯击能量不宜小于 $1000\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

5.3.6 采取换土地基处理措施时，应采用非盐渍土料置换。换土的厚度视工程实际需要确定；换土的施工方法与一般砂垫层或灰土垫层的施工方法相同。

5.3.7 采用盐化法处理地基时，应进行现场试验，确定达到设计要求所需的施工的主要参数（如每平方米用盐量、盐化遍数、盐化时间和间歇时间等）。盐化法处理时，基坑的宽度至少应超过基础（或建筑物）宽度 1m 。

5.3.8 采用混凝土或钢筋混凝土桩（墩）时，必须采取防止盐类对桩（墩）材料腐蚀的有效措施。在设计时，应考虑桩（墩）周围土浸水溶陷后产生的负摩擦力；桩（墩）的承载力标准值，应通过现场浸水条件下的静载荷试验或共振法试验确定。

5.3.9 凡采取完全消除溶陷性地基基础措施时，可按非溶陷性地基设计，并毋需采用其他设计措施。

5.3.10 对有盐胀性的盐渍土地基，尚应根据其有效盐胀层厚度（ h ）和总盐胀量（ S_0 ）大小，采取相应地基基础措施（如增大基础埋深，换土、设变形缓冲层等），保证建筑物不受地基膨胀的不利影响。

表 5.3.1 地基基础措施

	处理措施	适用条件	备 注
地基处理措施	浸水预溶	厚度不大或渗透性较好的盐渍土	需经现场试验确定浸水时间与预溶深度
	强夯	地下水位以上，孔隙比较大的低塑粘性土和砂土	需经现场试验，选择最佳夯击能量与夯击参数
	浸水预溶+强夯	厚度较大、渗透性较好的盐渍土，处理深度取决于预溶深度和夯击能量	需经试验选择最佳夯击能量与夯击参数
	浸水预溶+预压	厚度较大，渗透性较好的盐渍土，处理深度取决于预溶深度和预压深度	需经现场试验，检验压密效果
	换土	溶陷性或盐胀性较大且厚度不大的盐渍土	宜用灰土或易夯实的非盐渍土回填
	盐化法处理	含盐量很高，土层较厚，其他方法难以处理，且地下水位较深时	需经现场试验，检验处理效果，施工要点应符合本规范附录 F 的规定
基础处理措施	桩基础	溶陷性高、土层厚，其他方法难以处理以及荷载很大的或重要的建筑，上部地层软弱的盐沼地	需对成桩方法、浸水后桩承载力、上部土层负摩擦等进行现场试验
	墩式基础（包括：灰土墩、砾石墩、混凝土墩等）	同桩基础，但埋深不宜过大	

5.4 结 构 措 施

5.4.1 建筑物应平面规则，体型简单。

5.4.2 建筑物的结构设计，除满足有关规范的要求外，尚应遵守下列原则：

- 1 加强结构的整体性和空间刚度；
- 2 提高结构的抗不均匀沉降能力；
- 3 减轻结构自重，当场地溶陷等级为Ⅲ级时，宜优先采用轻型结构。

5.4.3 内框架和多层砖混结构，建筑物的长高比不宜大于 3，必要时可用沉降缝将其分成几个较短的独立单元。

5.4.4 多层砖混结构不宜采用纵墙承重体系。

5.4.5 墙体设计除按国家现行有关规范执行外尚应符合下列要求：

- 1 墙体内应按表 5.4.5 配置通长钢筋网片，钢筋网片宜点焊，不宜绑扎。

表 5.4.5 墙体配筋规定

溶陷等级	I	II	III	
配筋位置	底层窗台以下	底层全高或 3m	底层全高	二层以上
配筋竖向最大间距及最小直径	每 10 皮 砖 2 ϕ 6	每 10 皮 砖 2 ϕ 6	每 10 皮 砖 2 ϕ 8	每 5 皮 砖 3 ϕ 6

注：钢筋网片横向分布钢筋可选用 ϕ 5 高强钢丝。

- 2 烧结普通砖强度等级不得低于 MU7.5，砌筑砂浆强度不得低于 M5。

- 3 在同一单元宜避免内外纵墙转折；

- 4 门窗洞口应设钢筋混凝土过梁，过梁的支承长度每边应不小于 24cm。

5.4.6 圈梁设计应符合下列要求：

- 1 对于多层房屋，在基础顶面、屋面处以及每层楼板处均应设置一道钢筋混凝土圈梁；

- 2 对于单层厂房，除基础顶面和屋盖处各设置一道钢筋混

凝土圈梁外，沿墙高每隔 4m 应增设一道钢筋混凝土圈梁；

3 圈梁应在所有内外纵横墙同一标高上贯通闭合，如遇特殊情况不能闭合时，应采取加强措施；

4 圈梁的高度，在基础顶面处不得小于 24cm，在其他位置不得小于 18cm，圈梁的宽度不得小于 24cm；

5 圈梁的纵向钢筋，基础顶面处不宜少于 $6\phi 12$ ；其他位置不得少于 $4\phi 12$ ；箍筋间距宜为 200mm；但在有水源的开间及其左右各一个开间范围内，底层圈梁的箍筋间距宜适当加密；

6 圈梁与构造柱或框架、排架柱应有可靠连结。

5.4.7 构造柱设计应符合下列要求：

1 在有水源的开间及其左右各一个开间的横墙端部宜各设置一根钢筋混凝土构造柱；

2 钢筋混凝土构造柱与芯柱纵向钢筋不少于 $4\phi 12$ ，箍筋间距宜为 150~200mm；

3 构造柱和芯柱应与墙体紧密结合成整体。

5.4.8 圈梁与构造柱的混凝土强度等级不得低于 C20。

5.4.9 单层钢筋混凝土厂房，墙与柱或基础梁、圈梁与柱之间应采用拉结钢筋连成整体。

5.4.10 厂房内吊车顶面与屋架下弦之间应留有适合不均匀沉降的净空，其尺寸不得小于 40cm。当有管道穿过墙体时，管道周边应预留 10~20cm 的间隙。

5.4.11 对溶陷性不大的盐渍土地基，可采用梁板式连续基础，减小其不均匀沉降。

5.4.12 在膨胀性盐渍土地基上，建筑物的室内地坪宜采用架空地板或采用设有变形缓冲层的地面构造（图 5.4.12）；室外地坪（包括散水坡等）可根据地基的有效盐胀层厚度（ h ）和总盐胀量（ S_0 ），适当采取相应的措施（如局部换土、设变形缓冲层等）。

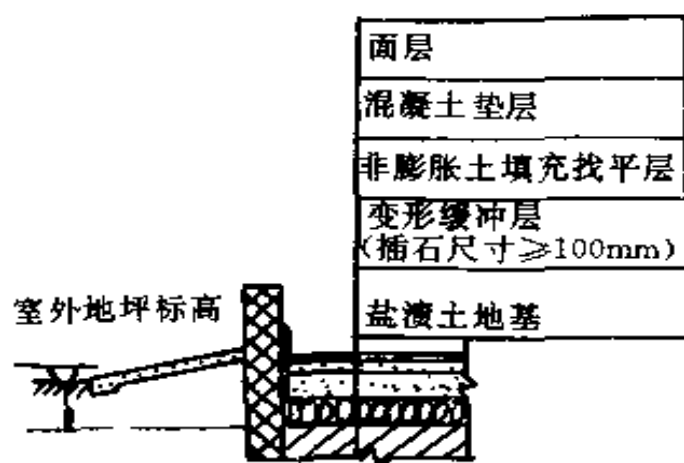


图 5.4.12 设有变形缓冲层的地面构造示意

5.5 防腐措施

5.5.1 对水泥和砖石材料为主的建筑物，其防腐措施应符合以下基本原则：

1 首先提高建筑材料自身的抗腐蚀能力，包括水泥及砖石品种的选择、提高水泥用量、降低水灰比、增加混凝土厚度等。

2 选用混凝土外加剂时，以氯盐为主的腐蚀环境，配筋材料应采用钢筋阻锈剂；以硫酸盐为主的腐蚀环境，可酌情选用抗硫酸盐水泥、减水剂、密实剂、防硫酸盐添加剂等。

3 在以上措施尚不能满足防腐要求时，应采取内、外防护相结合的措施，即在以上措施的基础上，在建筑物外表面进行涂履、渗透、隔离等处理，如加防腐涂料、浸透层、玻璃钢、砌筑耐蚀砖板、涂聚合物防腐砂浆等。

4 防腐措施的重点部位应是建筑物接近地表的区段以及干、湿交替和冻融循环的部位。

5.5.2 在强腐蚀环境中不得采用壳体、折板等薄壁形基础，在中、强硫酸盐介质中，不宜采用灰土基础，石灰桩、灰土桩。

5.5.3 基础、桩和其他地下设施，在以硫酸盐为主的环境中，宜采用铝酸三钙大于 5% 的普通硅酸盐水泥或抗硫酸盐水泥；在以氯盐为主的环境中，应加入钢筋阻锈剂。

5.5.4 盐渍土防腐蚀综合措施应按表 5.5.4 的规定执行，在强腐蚀环境中，还应同时采用外防护措施，其他情况可酌情选用。

表 5.5.4 防腐综合措施

腐蚀等级	内防护措施					外防护措施		
	水泥品种	水泥用量 (kg / m ³)	水灰比	保护层厚度 (mm)	添加剂	干湿交替	湿	干
弱	普硅水泥、矿渣水泥	≥ 300	≤ 0.60	≥ 35	—	—	—	—
中	普硅水泥、矿渣水泥抗硫酸盐水泥	330~370	≤ 0.50	≥ 40	阻锈剂、减水剂、 密实剂复合防腐剂	沥青类、渗透类涂 层	防水层	—
强		370~450	≤ 0.45	≥ 50		沥青类、渗透类、 树脂类涂层, 玻璃 钢, 耐腐蚀板砖砌 层等	防水层	沥青类涂 层

6 施 工

6.1 防 水 措 施

6.1.1 建筑物及工程设施（如管道、塔、罐、沟渠）施工时，应防止施工用水和场地雨水流入基坑或基础周围，应在施工组织设计中明确提出防止施工用水渗漏的要求。

6.1.2 施工的时间和程序安排应符合下列要求：

1 在冬季或雨季进行施工时，应采取防冻或防雨雪和排洪措施，防止管道冻裂漏水以及突发性山洪侵入地基等事故。

2 先施工埋置较深、荷重较大或需要采取地基处理措施的基础，基坑应及时回填，并夯实填土。

3 排水管道应首先安装，并保证其畅通。

6.1.3 施工期间各种用水，必须引至排水系统，不得随意排放。各用水点，均应与建筑物基础保持一定距离，其最小净距应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 施工用水点距离建筑物基础的最小净距

施工用水种类	距离基础边缘的最小净距 (m)
浇砖用水	10
临时给水管道	10
洗料场、淋灰池、混凝土搅拌站	20
水池	水池的直径或宽度，最小净距不小于 20

6.1.4 换土部分的填土，应用非盐渍土的土分层夯实，并控制夯实后的干密度不小于 $1.55\text{g}/\text{cm}^3$ （粘土、粉质粘土、粉土、粉砂和细砂） $\sim 1.65\text{g}/\text{cm}^3$ （中砂、粗砂、砾石、卵石）。

6.2 防腐措施

6.2.1 材料的含盐量控制:

- 1 成品砖中的含盐量应符合表 6.2.1-1 规定。

表 6.2.1-1 成品砖中的含盐量

盐种类	含盐量控制指标(mg / kg)	备注
SO_4^{2-}	< 700	超过者用水浸出至合格
Cl^-	< 5000	

- 2 混凝土、砂浆用砂中含盐量应符合表 6.2.1-2 的规定。

表 6.2.1-2 砂中含盐量

盐种类		含盐量(%)	规定
NaCl	有钢筋	≤ 0.04	可直接使用
		$> 0.04 \sim 0.10$	重要工程掺钢筋阻锈剂
		$> 0.10 \sim 0.30$	掺钢筋阻锈剂
		> 0.30	不宜采用
	无钢筋	≤ 0.3	可使用
		> 0.3	不宜采用
SO_4^{2-}		≤ 0.1	可使用
		$> 0.1 \sim 0.3$	一般工程可用
		> 0.3	不宜采用

- 3 施工用水的含盐量应符合表 6.2.1-3 规定。

4 材料的含盐量宜用常规方法在室内测定，在无条件时，也可采用本规范附录 G 规定的现场快速测定方法。

6.2.2 盐渍土环境中的混凝土或钢筋混凝土，在采用外加剂时

应满足下列要求:

1 在中、强腐蚀环境中, 应选用无氯盐和非硫酸盐外加剂。

2 所用外加剂不得促进盐腐蚀作用, 并保证对混凝土的质量及耐久性无危害作用。

6.2.3 必须按设计要求并遵守有关施工规程、规范, 确保土建和防腐工程质量。有关防腐工程的质量及验收标准, 除执行本规范外, 应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》GB 50212 的要求。

表 6.2.1-3 施工用水中含盐量

盐种类	含盐量(mg / L)	规 定
Cl ⁻	≤ 300	可直接使用
	> 300 ~ 600	一般工程可直接使用, 重要工程掺钢筋阻锈剂
	> 600 ~ 3000	掺钢筋阻锈剂
	> 3000	不宜采用
SO ₄ ²⁻	≤ 300	可直接使用
	> 300 ~ 1000	一般工程可用
	> 1000	不宜采用

7 检查与维护

7.0.1 建筑物使用单位必须对防水和防腐措施进行有效的定期检查记录，发现问题及时采取措施，保证建筑物及各种工程设施的正常使用。

7.0.2 给排水和热力管网系统必须定期检查，遇有漏水或故障，应立即断水（汽），排除故障后方可使用。

7.0.3 各种检漏井、检查井及其它池、沟等均应定期检查，若有积水、堵塞物或裂缝时，应及时清除和修复。

7.0.4 各种地面防水设施的检查和维护应符合下列规定：

1 每年雨季或山洪到来前，对山前防洪截水沟、缓洪调节池、排水沟、集水井等均应进行检查，清除淤积物，保证排水畅通。

2 对建筑物防护范围内的防水地面、排水沟、散水的伸缩缝和散水与外墙的交接处，室内生产、生活用水多的室内地面及水池、水槽等均应定期检查，若有缝隙，应及时修补。

3 建筑物的室外地面应经常保持原设计的排水坡度，若有积水，应及时疏导、填平。

4 建筑物周围 6m 以内不得堆放阻碍排水的物品或垃圾，保持排水畅通。

7.0.5 管道防冻检查和维护，应符合下列规定：

1 每年冻结前，均应对有可能冻裂的水管采取保温措施。

2 暖气管道在送汽前，须进行防漏检查。

7.0.6 建筑物使用期内，严禁人为损坏防水及防腐措施。

7.0.7 盐渍土浸水深度及范围可用挖深、钻探或瑞利波速试验方法确定。瑞利波速试验方法应符合本规范附录 H 的规定。

附录 A 盐渍土主要物理性质 指标室内试验要点

盐渍土的物理和力学性质指标的测定应符合 GBJ 123 的规定并应根据盐渍土的特性, 补充下列试验要点:

A.0.1 相对密度 G_s

盐渍土应分别测定天然和浸水淋滤后两种状态下的比重。前者用中性液体(如煤油等)的比重瓶法测定, 后者用蒸馏水的比重瓶法测定。

A.0.2 含盐量 C

按 GBJ 123 测定含盐量(一般测易溶盐, 必要时加测中溶盐及难溶盐), 并作全盐量分析。

A.0.3 含液量 w_B

$$w_B = \frac{w'(1+B)}{1-Bw'} \quad (\text{A.0.3})$$

式中 w_B ——含液量;

B ——溶于土中水的盐量(%)。当 B 值大于在某温度下的溶解度时, 取等于该盐的溶解度(表 A.0.3-1 和表 A.0.3-2)。

w' ——含水量, 用常规烘干法测出。

表 A.0.3-1 不同温度下土中盐的溶解度

盐类的分子式	可结合的结晶水	温度为 $t(^{\circ}\text{C})$ 时, 100 克溶液中能溶解的 盐量 (g)		
		$t=0^{\circ}$	$t=20^{\circ}$	$t=60^{\circ}$
NaCl	—	35.7	36.8	37.3
KCl	—	22.2	25.5	31.3
CaCl ₂	6H ₂ O	37.3	42.7	—
CaCl ₂	4H ₂ O	—	—	57.8
MgCl ₂	6H ₂ O	34.6	35.3	37.9
NaHCO ₃	—	6.9	9.6	16.4
Ca(HCO ₃) ₂	—	16.5	16.6	17.5
Na ₂ CO ₂	10H ₂ O	7.0	21.5	31.7
MgSO ₄	7H ₂ O	—	26.8	35.5
Na ₂ SO ₄	10H ₂ O	4.5	16.1	—
Na ₃ SO ₄	—	—	—	45.3
CaSO ₄	2H ₂ O	0.18	0.20	0.20
CaCO ₃	—	—	0.0014	0.0015

表 A.0.3-2 不同温度下 Na₂SO₄ 在不同浓度的 NaCl
水溶液中的溶解度 (g/ 100g 水)

10℃		21.5℃		27℃		33℃		35℃	
NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄
0.00	9.14	0.00	21.33	0.00	31.00	0.00	48.48	0.00	47.94
4.28	6.42	9.05	15.48	2.66	28.73	1.20	46.49	2.14	43.75
9.60	4.76	17.48	13.73	5.29	27.17	1.99	45.16	13.57	26.75

续表 A.0.3-2

10℃		21.5℃		27℃		33℃		35℃	
NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ SO ₄
15.63	3.99	20.41	13.62	7.90	26.02	2.64	44.09	18.78	19.74
21.82	3.97	26.01	15.05	16.13	24.82	3.47	42.61	31.91	8.28
28.13	4.15	26.53	14.444	18.91	21.14	12.14	29.32	35.63	0.00
30.11	4.34	31.80	10.20	19.64	20.11	32.84	8.76	—	—
32.27	4.53	33.69	4.73	20.77	19.29	33.99	4.63	—	—
33.76	4.75	35.46	0.00	32.33	9.53	34.77	2.75	—	—

A.0.4 湿密度 ρ_0

根据土的类别及试验条件, 可分别采取环刀、蜡封、灌砂和灌水等方法测定。

A.0.5 颗粒分析

砂、石类盐渍土, 应按常规土工试验方法分别进行天然(含盐时)和淋滤后(不含盐)两种状态下的颗粒分析。以后者定名, 前者作参考。

A.0.6 液限 w_L 和塑限 w_P

粘性土类盐渍土, 应按常规土工试验方法分别进行天然(含盐时)状态下的塑性界限含液量和淋滤后(不含盐)状态下的塑性界限含水量分析。以后者定名, 前者作参考。

A.0.7 其他物理性质指标

其他物理指标, 如: 孔隙比 e 、饱和度 S_r 、干密度 ρ_d 等均可根据测得的相对密度 G_s 、含液量 W_B 和湿密度 ρ_0 代入计算公式求得。

附录 B 测定盐渍土地基变形模量和承载力的现场动载荷试验方法

B.0.1 试验目的：测定在天然状态下和浸水淋滤后的盐渍土地基的变形模量 E_0 和承载力基本值 f_0 。

B.0.2 仪器设备：

- 1 信号发生器（频率 $1\sim 1\text{kHz}$ ）1 台；
- 2 电磁激振器（频率 $1\sim 1\text{kHz}$ ，激振力 $400\sim 700\text{N}$ ）1 台；
- 3 功率放大器（与电磁激振器匹配）1 台；
- 4 电荷放大器（频率 $1\sim 1\text{kHz}$ ，灵敏度 $0.1\text{mV/Pc}\sim 10\text{V/Pc}$ ）1 个；
- 5 拾振器（可用频率 $0.1\sim 1\text{kHz}$ ，灵敏度大于 2000Pc/g 的加速度计）1 个；
- 6 分析记录仪（可采用包括数据采集系统的计算机）1 台。

B.0.3 试验步骤如下：

1 在要测的天然或浸水后的盐渍土地基上，设置混凝土承压板，承压板面积与静载荷试验要求相同，且不小于 5000cm^2 。在承压板顶面安设电磁激振器和拾振器（图 B.0.3-1）。

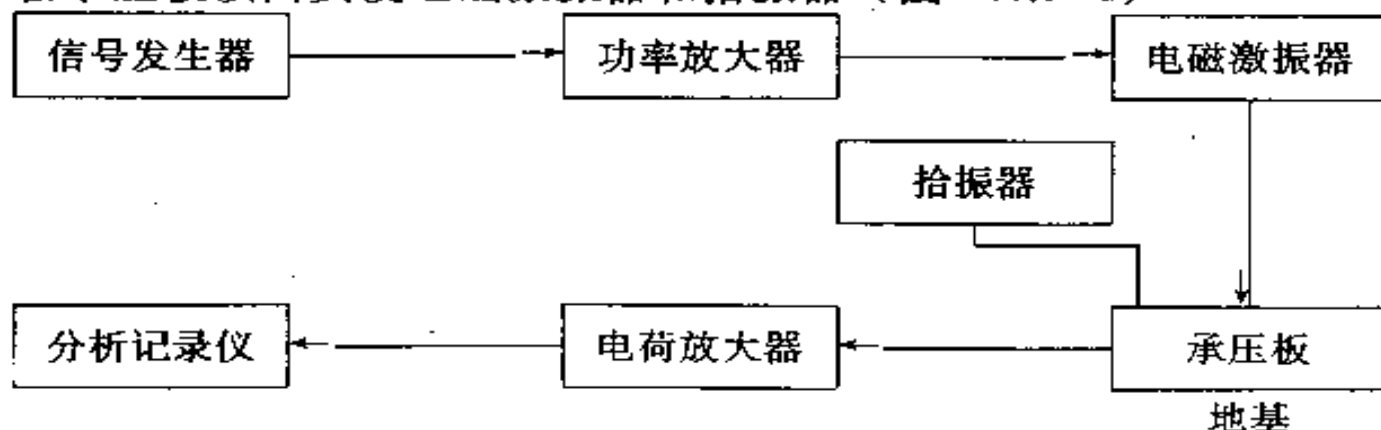


图 B.0.3-1 动载荷试验仪器设备布置

2 检查各仪器及其连接是否正常, 启动激振器, 施加小激振力, 检验整套测试系统是否正常工作。

3 进行扫频激振, 并由分析记录仪得出承压板的振动速度幅频曲线 (图 B.0.3-2)。

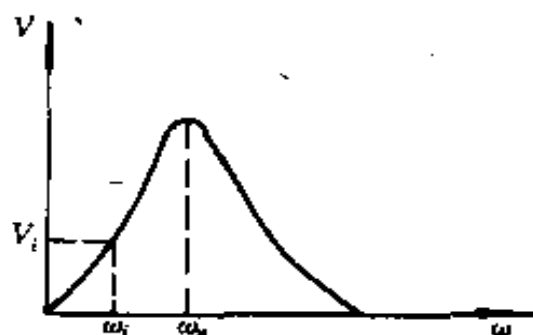


图 B.0.3-2 承压板的振动速度幅频曲线

B.0.4 试验资料整理和计算:

1 计算地基的动刚度 K 。

$$K = m\omega_n^2 \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$\text{或 } K = Q_0\omega_i / v_i \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中 K ——地基的动刚度(kN/m);

m ——承压板的质量(t);

ω_n ——振动速度幅频曲线的共振频率(1/s);

Q_0 ——激振力幅值(kN);

ω_i ——振动速度幅频曲线低频段的圆频率(1/s);

v_i ——对应于 ω_i 的振动速度幅值(m/s)。

2 计算地基的变形模量 E_0 。

$$E_0 = K / \beta_0(F + \sqrt{FF_0}) \quad (\text{B.0.4-3})$$

式中 E_0 ——地基的变形模量 (kPa);
 β_0 ——与地基有关的系数(m^{-1}), 按表B确定;
 F ——承压板面积 (m^2);
 F_0 ——基准面积, 取 10m^2 ;

3 计算地基承载力基本值 f_0

$$f_0 = \frac{E_0[s]}{\frac{\pi}{4}d(1-\mu^2)} \quad (\text{B.0.4-4})$$

式中 f_0 ——地基承载力基本值 (kN);
 $[s]$ ——容许沉降量 (cm), 对天然状态的盐渍土和浸水后的砂石类土, 取值为 $0.01B$ (B 为方形承压板边长); 对浸水后粘性盐性盐渍土, 取值为 $0.02B$;
 μ ——泊松比, 天然状态盐渍土取值为 $0.15 \sim 0.20$, 浸水后的盐渍土按常规土取值;
 d ——承压板直径(m).

表 B 系数 β_0

地基土类别		$\beta_0(\text{m}^{-1})$
天然状态的盐渍土		0.4~0.6
浸水后的盐渍土	碎石土	0.8~1.0
	砂土	0.9~1.1
	粉土、粉质粘土	1.1~1.3
	粘土	1.3~1.5

附录 C 测定盐渍土溶陷系数的载荷试验法

C.0.1 试验目的:

测定在现场条件下的盐渍土地基的溶陷量及平均溶陷系数。

C.0.2 试验设备:

与现场静载荷试验相同。承压板的面积,宜采用 5000cm^2 ,对浸水后软弱盐渍土,不宜小于 10000cm^2 。

C.0.3 试验步骤:

1 开挖基坑至试验所需的深度(通常为基础埋深),基坑宽度不小于承压板宽度的 5 倍。

2 基坑中心处铺设 5~10cm 厚的砾砂层,然后在砾砂层上安放承压板。

3 按载荷试验方法,逐级加荷至预定的压力 p 。每级加荷后,按间隔 10、10、10、15、15min,以后每隔半小时观测一次沉降,当连续两小时内,每小时的沉降量小于 0.1mm 时,则认为稳定。待沉降稳定后,测得承压板沉降量。

4 维持压力 p 并向基坑内均匀注水(淡水),保持水头高为 0.3m,浸水时间根据土的渗透性确定,以 5~12d 为宜。观测承压板的沉降,直至沉降稳定,并测得相应溶陷量 ΔS 。

C.0.4 计算公式:

盐渍土地基试验土层的平均溶陷系数 δ :

$$\delta = \frac{\Delta S}{h_s} \quad (\text{C.0.4})$$

式中 δ ——平均溶陷系数;

ΔS ——承压板压力为 p 时，盐渍土层浸水的溶陷量 (cm)；

h_s ——承压板下盐渍土湿润深度 (cm)，通过钻探或瑞利波速测定 (见本规范附录 H)。

附录 D 测定盐渍土溶陷系数 的液体排开法

D.0.1 试验目的

测定形状不规则的原状砂土及粉土类盐渍土的溶陷系数。

D.0.2 试验仪器设备

- 1 烘箱: 应能控制温度 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$;
- 2 天平: 称量 500g , 感量 0.1g ;
- 3 量筒: 容积 2000ml (内径稍大为好), 标好刻度;
- 4 蜡封设备: 应附熔蜡加热器;
- 5 金属圆筒: 容积 250ml 和 1000ml , 内径为 5cm 和 10cm , 高为 12.7cm , 附护筒;
- 6 振动叉: 两端击球应等量;
- 7 击锤: 锤质量 1.25kg , 落高 15cm , 锤直径 5cm 。

D.0.3 试验方法

- 1 首先按下列步骤测出盐渍土试样的干密度 ρ_d :
 - 1) 选取具有代表性的试样 (土块大小以能放入量筒内且不与量筒内壁接触为宜), 清除表面浮土及尖锐棱角, 系上细线, 称试样质量 m_0 , 精确至 0.01g 。
 - 2) 将蜡熔化, 蜡液温度以蜡液达到熔点以后不出现气泡为准。
 - 3) 持线将试样缓缓浸入过熔点的蜡液中, 浸没后应立即提出, 检查试样周边的蜡膜。当有气泡时应用针刺破, 再用蜡液补平, 冷却后称蜡封试样质量 m_w 。
 - 4) 将蜡封试样挂在天平的一端, 浸没于盛有纯水的烧杯 (或量筒) 中, 测定蜡封试样在纯水的质量 m' , 并测定纯水的温度 t 。

- 5) 取出试样, 擦干蜡面上的水分, 再称蜡封试样质量 m_w 。当浸水后试样质量增加时应另取试样重新试验。
- 6) 试样的湿密度 ρ_0 , 应按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{\frac{m_w - m'}{\rho_{w1}} - \frac{m_w - m_0}{\rho_w}} \quad (\text{D.0.3-1})$$

- 式中 ρ_0 ——试样的湿密度 (g/cm^3);
- m_0 ——试样质量 (g);
- m_w ——蜡封试样质量 (g);
- m' ——蜡封试样在纯水中的质量 (g);
- ρ_{w1} ——纯水在温度 T 时的密度 (g/cm^3);
- ρ_w ——蜡的密度 (g/cm^3)。
- 7) 试样的干密度 ρ_d , 应按下式计算:

$$\rho_d = \frac{\rho_0}{1 + w_B} \quad (\text{D.0.3-2})$$

- 式中 ρ_d ——试样的干密度, (g/cm^3);
- w_B ——试样的含液量 (%)。

2 其次按下列步骤测出盐渍土试样的最大干密度 $\rho_{d\max}$:

- 1) 将上述试样剥去蜡膜, 然后用蒸馏水充分地浸泡、淋洗 (约需 1~2d), 洗去土中的盐分, 将去盐后的试样风干。
- 2) 试样经风干后碾碎、拌匀, 倒入金属圆筒进行振击, 用振动叉以每分钟往返 150~200 次的速度敲打圆筒两侧, 并用锤击试样, 直至试样体积不变。
- 3) 刮平试样, 称圆筒和试样的总质量, 计算出试样质量 m_d 。根据试样在圆筒内的高度和圆筒内径, 计算出去盐击实后的试样体积 V_d 。

4) 试样的最大干密度 ρ_{dmax} 应按下式计算:

$$\rho_{dmax} = \frac{m_d}{V_d} \quad (D.0.3-2)$$

式中 ρ_{dmax} ——试样最大干密度 (g/cm^3);

m_d ——试样质量 (g);

V_d ——试样体积 (cm^3)。

3 试样的溶陷系数 δ 应按下式计算:

$$\delta = K_G \frac{\rho_{dmax} - \rho_d(1-C)}{\rho_{dmax}} \quad (D.0.3-4)$$

式中 K_G ——与土性有关的经验系数, 取值为0.85~1.00;

C ——试样的含盐量 (%)。

附录 E 测定盐渍土盐胀性的现场试验方法

E.0.1 试验目的

测定现场条件下盐渍土地基有效盐胀区厚度及膨胀量。

E.0.2 试验时间

宜在秋后冬初、土温变化大的时候进行。

E.0.3 试验设备

高精度水准仪 1 台（读数精确到 0.05mm）；带读尺的深层观测标杆若干个；地面观测板一块；钢钢尺一个。

E.0.4 试验步骤

1 在试验区的平整地面上砌筑一高为 0.3m 面积不小于 4m × 4m 的围水墙，在其中心安放地面观测板，并在 3m 深度范围内，每隔 0.5m 设置深层观测标杆。

2 在试验区范围内均匀注水，直至浸水深度超过 1.5 倍标准冻结深度时为止，并观测地面及各观测标的沉降，直至沉降稳定。

3 继续进行停止注水后的沉降观测，每日观测两次（早 6 时，午后 3 时），直至平均盐胀量趋于稳定。

E.0.5 试验资料 and 整理

将不同深度处测点位移逐日汇总，编绘曲线图（图 E），并由图可得出该场地地基的有效盐胀区厚度（ h ）和总盐胀量 S_0 。

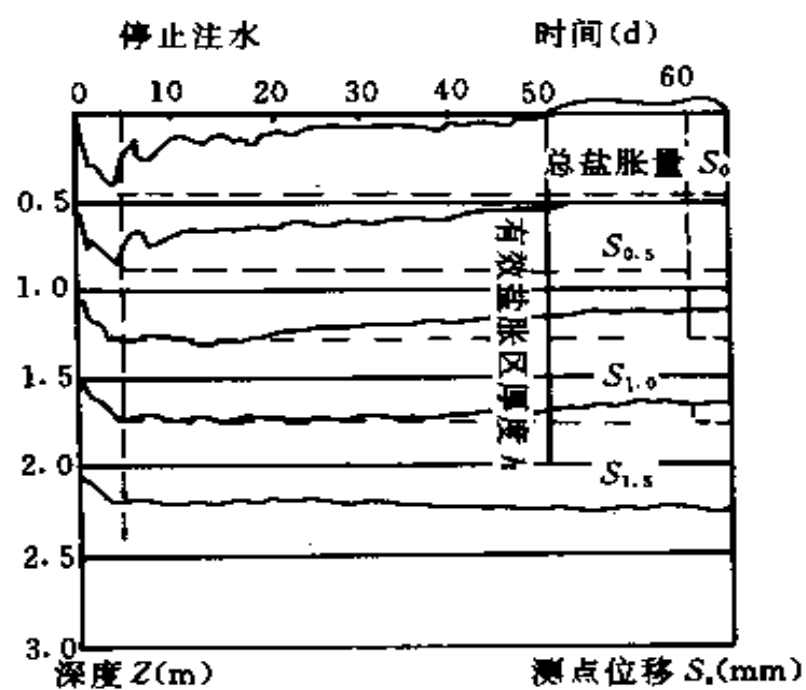


图 E 现场盐胀性试验曲线示意

附录 F 盐化法施工要点

F.0.1 目的

用灌入饱和盐水的方法达到减小盐渍土地基溶陷性的目的。

F.0.2 材料与设备

食盐或饱和盐水，制作饱和盐水装置及盛盐水的罐（桶）或池。罐（桶）应有计量刻度。

F.0.3 施工步骤

1 开挖基坑或基槽至基础设计标高，基坑宽度应超过基础边缘至少 1m。

2 沿基坑或基槽每隔一定距离放置盛饱和盐水的灌（桶），以及胶皮管或钢管。

3 将制好的饱和盐水装入罐（桶）内，安好胶皮管或钢管。

4 向基坑或基槽内注入饱和盐水，并应保持 0.3m 高的水头。盐化时间根据土的渗透性确定，以 7~10d 为宜。

5 观测是否达到设计所需的主要参数（每平方米的用盐量，盐化厚度和间歇时间等）。待盐水全部浸入地基停歇 3~5d 后，即可在盐化地基上施工基础垫层。

附录 G Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量的现场快速 测定方法(试纸滴定法)

G.0.1 试验目的

在施工现场快速测出砂石料、施工用水和土中的 Cl^- 和 SO_4^{2-} 含量。

G.0.2 试验设备

- 1 滴液: Cl^- -Y-a 型, SO_4^{2-} -J-C 型。
- 2 试纸: Cl^- -Y-b 型, SO_4^{2-} -J-d 型。
- 3 标准溶液: 应符合表 G 的规定。

表 G 标准溶液的规定

Cl^-		SO_4^{2-}	
编号	含量(mg/l)	编号	含量(mg/l)
1	6000	1	6000
2	3000	2	3000
3	1500	3	1500
4	600	4	600
5	200	5	200
6	0	6	0

- 4 其他: 滴管、烧杯、漏斗、滤纸、量筒、天平。

G.0.3 试验步骤

1 环境水中 Cl^- 含量的测定

- 1) 将 Y-a 型滴液 (瓶) 充分摇匀, 用专用滴管吸取滴

液，按下述方法滴在 Y-b 型试纸上：将试纸平铺，按图 G 滴两排共 12 个点（每点滴 1 滴），每点中心间距不少于 2cm。

I	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0
II	0 7	0 8	0 9	0 10	0 11	0 12

图 G 试纸的滴液布置

- 2) 约 2min 后（呈现 12 个棕褐色圆点），用专用滴管按表 G 序号分别吸取标准溶液（ Cl^- ），滴一滴到试纸 I 排所对应的序号点上，每滴一个点的同时，用专用吸管吸取待测溶液，滴一滴到第 II 排相对的圆点上（如 1 对 7，2 对 8……）。
- 3) 观察各点颜色变化（由棕红色→黄色），以第 I 排为色板，在 2min 时确定第 II 排颜色与第 I 排中哪个序号点相同或近似，则该序号在表 G 中所对应的 Cl^- 浓度即待测溶液浓度的近似值。
- 4) 若在 2min 内观察到两个相邻点，则此两点序号间（表 G 所对应的 Cl^- 浓度范围，即待测范围。为进一步确定，可再取一滴两点所对应的标准溶液分别滴在这两个点上，在第二排的两个点上分别滴一滴待测溶液，2min 后可进一步据颜色变化确定一个近似值。
- 5) 必要时可按上述方法做重复试验，标准溶液的浓度范围也可酌情选配。

2 环境水中 SO_4^{2-} 含量的测定

- 1) 将 J-C 型滴液（瓶）充分摇匀，用专用滴管吸取溶液按前述方法滴在 J-d 试纸上（2min 后呈 1 个粉红色圆

点);

2) 吸取标准溶液 (表G中 SO_4^{2-} 栏) 按前述方法分别滴在试纸圆点上 (由粉红→黄色), 用测定 Cl^- 的相同方法确定颜色相同或近似点, 按表 G 确定 SO_4^{2-} 浓度或范围。

3) 必要时可重复试验和酌情选配标准溶液浓度。

3 砂中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量的测定

1) 取风干砂200g置于500ml的烧杯中, 取饮用水 (滴到试纸色点上基本不变) 200ml 倒入杯中充分搅拌 5min, 静置 15min;

2) 取上部清液作为待测溶液; 按前述方法确定水中离子浓度, 计算 Cl^- 、 SO_4^{2-} 在水中重量百分比即砂中离子含量 (砂重百分比)。

4 土中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量的测定。

取风干土 200 克, 制备水样及检验过程按第 3 款进行。

5 湿砂浆、混凝土中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量的测定

取适量湿砂浆 (或混凝土) 置于有滤纸的三角漏斗内。用试管收集滤液, 静置数分钟, 取上部清液按前述方法确定离子含量, 并把已知配合比换算成按水泥或混凝土的重量百分比或单位体积含量。

6 必要时, 按下式换算成含盐量:

$$\text{NaCl}(\%) = \text{Cl}^-(\%) \times \frac{58}{35} \approx 1.66 \times \text{Cl}^-(\%) \quad (\text{G.0.3-1})$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SO}_4(\%) &= \text{SO}_4^{2-}(\%) \times \frac{142}{96} \approx 1.48 \\ &\quad \times \text{SO}_4^{2-}(\%) \quad (\text{G.0.3-2}) \end{aligned}$$

附录 H 测定盐渍土浸水影响深度 的瑞利波速试验方法

H.0.1 试验目的

测定盐渍土地基浸水的影响深度和范围。

H.0.2 仪器设备

1 程控信号发生器（包括波形调制器）1台。频率1~300Hz，分辨率为量程的0.05%；失真度小于1%，输出电压5V。

2 电磁激振器1台。频率1~300Hz，激振力幅由测试深度定，一般为400~1000kN。

3 功率放大器1台。与激振器匹配。

4 电荷放大器2个。频率0.1~200kHz，灵敏度0.1mV/Pc~10V/Pc。

5 加速度计2个。频率0.1~3kHz，灵敏度大于2000Pc/g。

6 控制计算机（包括数据采集系统）1台。内存大于512K。配2个软盘驱动器，显示器分辨率大于640×200，主频大于8M；数据采集分辨率大于12Bit，采样时间小于30μs。

7 程控滤波器1台。

8 绘图打印机1台。

H.0.3 试验步骤

1 在浸水后盐渍土地面的测点O两边分别将装有传感器的两个平面金属锥钉打入土中，两钉相距0.5~1m，距其中一个传感器距离0.5~1m处安放电磁激振器

2 检查各仪器设备及其联接是否正常。启动激振器。施加小激振力，检验整套测试系统是否正常工作。

3 输入初始参数：两传感器间距（ m ），要求检测深度

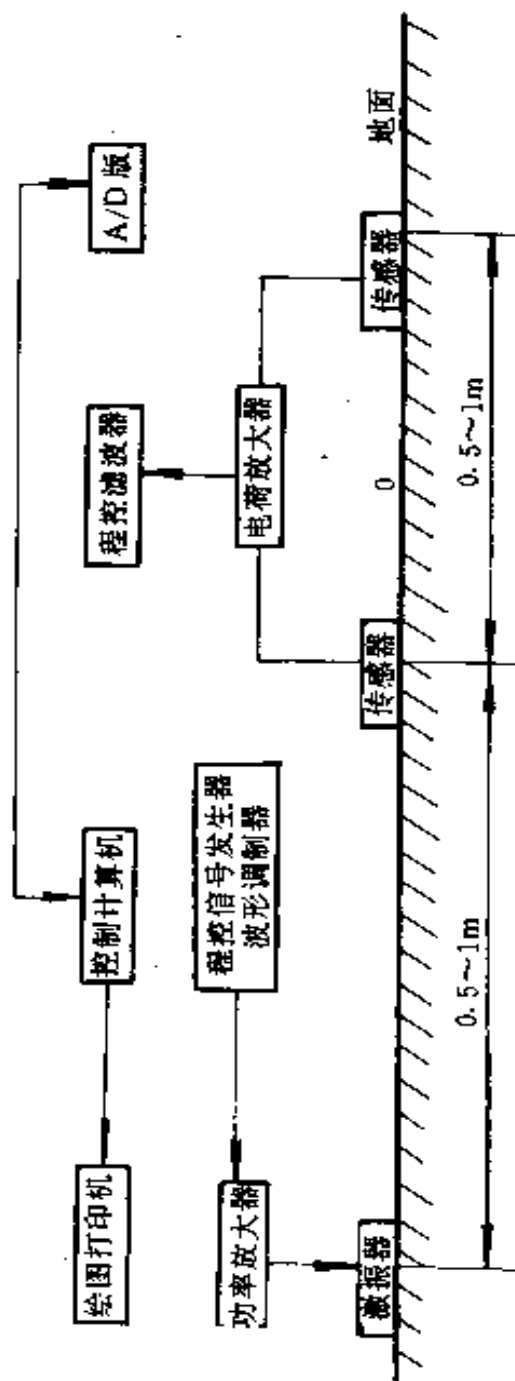


图 H.0.3-1 瑞利波速试验仪器设备布置

(m); 检测深度增量 (m); 起始检测深度 (m); 平均次数 n 。

4 按预设的频率变化自动进行扫频激振, 并自动计算出沿深度分布土层波速, 由绘图打印机绘出曲线 (图 H.0.3-2)。

H.0.4 试验结果分析

由实测波速深度的变化曲线上的突变点, 即可确定测点 0 处的浸水影响深度由若干测点处的浸水深度, 即可连成剖面图, 求得地基浸水的影响范围。

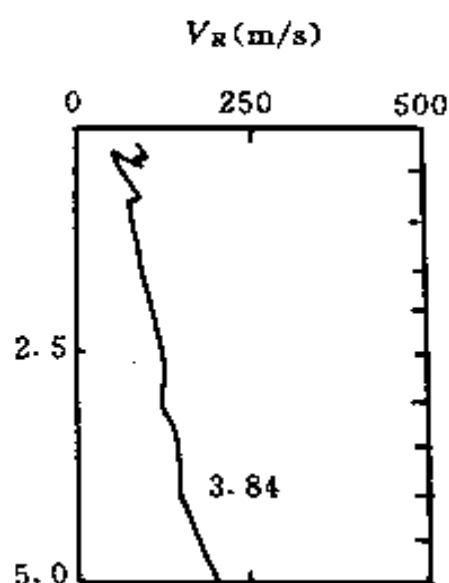


图 H.0.3-2 瑞利波速随深度的变化曲线

标准用词和用语说明

为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样作不可的：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作的：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作的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

附件

盐渍土地区建筑规范

条 文 说 明

制 订 说 明

本规范是根据中国石油天然气总公司(96)中油技监字第52号文件的要求,由中国石油天然气总公司抗震办公室负责会同有关勘察、设计、科研和大专院校等单位,共同编制而成的。经中国石油天然气总公司1997年12月28日以[97]中油技监字第(698)号文批准发布。

在本规范的制订过程中,编写组进行了广泛的调查研究,并作了大量的试验,认真总结了我国工程建设盐渍土地区建筑的施工经验,同时参考了国外的一些有关施工经验和作法,最后形成送审稿,经石油工程建设施工专业标准化委员会组织有关专家审查并一致通过。

为便于广大基建、设计、施工、科研高等院校等有关单位人员在使用本规范时,能正确理解和执行条文规定,本标准编写人员根据有关编制标准、规范条文说明的统一要求,按正文的章节条顺序编制了本条文说明,供各有关人员参考。

鉴于本规范为初次编制,望各单位在执行过程中,结合工程实践认真总结经验,注意积累资料,如发现需修正或补充处,请将意见和有关资料,寄交主编单位中国石油天然气总公司抗震办公室。地址:北京六铺炕.邮编:100724,以便修订时参考。

中国石油天然气总公司抗震办公室
1997年12月

目 次

1	总则	(52)
4	勘察	(54)
4.1	一般规定	(54)
4.2	溶陷性评价	(59)
4.3	盐胀性评价	(61)
4.4	腐蚀性评价	(62)
5	设计	(64)
5.1	一般规定	(64)
5.2	防水措施	(65)
5.3	地基基础措施	(66)
5.4	结构措施	(75)
5.5	防腐措施	(77)
6	施工	(79)
6.1	防水措施	(79)
6.2	防腐措施	(79)
7	检查与维护	(81)

1 总 则

1.0.1 鉴于石油部门的许多油田、厂矿及长输管道等工程建设，均位于我国的盐渍土地地区，而我国目前尚未制订盐渍土地基的勘察、设计与施工规范，为保证工程建设的安全可靠和经济合理，特编制本规定，以满足盐渍土地地区进行工程建设的需要。

1.0.2 本条是在盐渍土地地区进行工程建设的基本要求和原则，也是成功经验的总结。

盐渍土地基的主要特点是：一、浸水后因盐溶解而产生地基溶陷，溶陷量大小主要取决于易溶盐的含量，盐渍土层的厚度、土的类别和原始结构状态、浸水和渗水条件等；二、在盐类溶滤过程中，土的物理力学性质会发生变化，其强度指标显著降低；三、某些盐渍土（如含硫酸钠的土），在温度和湿度变化时，会产生体积膨胀，对建筑物和地面设施造成危害；四、土中的盐溶液会导致建筑物基础或地下设施的材料腐蚀。因此，对盐渍土地基上建筑物或其他设施的设计、施工以及使用和维修时，均必须充分考虑到这些特点，并结合各地盐渍土的区域特点（地形、地貌、气候和地下水等条件），根据具体情况，因地制宜，采取防水与地基处理或结构措施相结合的综合治理原则，以防为主，实践证明，按照这一原则，是可以保证建筑物的安全和正常使用的。

1.0.3 盐渍土中的盐类，按其在水中的溶解性，可分为：易溶盐（如氯化钠 NaCl 、氯化钾 KCl 、氯化钙 CaCl_2 、硫酸镁 MgSO_4 、碳酸钠 Na_2CO_3 、碳酸氢钠 NaHCO_3 等）；中溶盐（如石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、无水石膏 CaSO_4 等）；难溶盐（如碳酸钙 CaCO_3 、碳酸镁 MgCO_3 等）。

难溶盐基本上不溶解于水，对土性的变化影响不大，可视作

固体颗粒，国内外在定义盐渍土时均不予考虑。

中溶盐的溶解需要大量的水，而且溶解过程的时间很长，危害性较小，为了减少试验工作量，根据工程的实际经验，一般情况下，也可不考虑其含量。

在定名为盐渍土的易溶盐含量标准上，国内外有关规定各有不同：我国的《岩土工程勘察规范》沿用的标准是易溶盐含量与干土重量之比超过 0.5% 时，定名为盐渍土，这与前苏联铁路部门的有关规定吻合，前苏联建筑部门的有关规定，是分别按土的类别给出的，比较合理，对易溶盐最小含量标准是 0.3%。前苏联公路部门规定易溶盐的含量也是一致的。

我国一些盐渍土地区的勘察资料表明，不少土样含盐量虽小于 0.5%，其溶陷系数 δ 却大于 0.01（最大达 0.099）。此外，我国有些地区的盐渍土层很厚（达 20m 以上）渗透性好，累计的溶陷量大，许多工程事故已证明其危害性很大，不容忽视。因此，编制组经过讨论认为，当土中易溶盐含量超过 0.3% 时，就应满足本规定的各项要求。

1.0.4 在盐渍土地区进行工程建设时，必须满足本规范的要求，本规范未包括的部分，则应符合国家现行有关标准、规范的规定。

4 勘 察

4.1 一 般 规 定

4.1.1~4.1.2 盐渍土地区的工程地质勘察除了与一般地基土相同的要求外，还要满足本条的八项要求。其重点则是查明盐渍土的厚度及分布规律；盐渍土的主要物理力学性质指标；盐渍土的溶陷性、盐胀性和腐蚀性的评价。

盐渍土的分布范围很广，青海、新疆有大面积的内陆盐渍土，沿海各省有滨海盐渍土，内地还有冲积平原盐渍土。这三种盐渍土在成因、颗粒级配、厚度和工程特性上各不相同。内陆盐渍土的特点是：成因复杂，颗粒粗细混杂，厚度多变，对工程危害性大。这类盐渍土的冲积、洪积和风积等成因均有；在颗粒级配上从以粗颗粒为主、粗细混杂的碎石土到以细粒为主的粘性土、粉土、黄土状土都出现过；在厚度上从几米到超过 20m 不等，变化很大；在对工程的危害性方面，干燥的盐渍土则以溶陷性为主，盐胀性次之，腐蚀性较轻，含水量大的盐渍土则以腐蚀性为主，基本不具有溶陷性。滨海盐渍土和冲积平原盐渍土在颗粒级配上主要是细颗粒的粘性土，厚度均不大，一般不超过 4m，其工程危害性也比较单一，主要是腐蚀性。综上所述，我们在盐渍土地区进行勘察时，要特别注意内陆地区干燥的盐渍土，这种土在天然状态下有较高的结构强度，较大的地基承载力，但一旦浸水后产生较大的溶陷变形，而且大都具有自重湿陷性，对工程建设的危害极大。

4.1.3 本条根据盐渍土地基特点，提出了勘探深度，取土勘探点数目，取原状土样的密度以及取样方法的要求。规定的勘探深度，以钻穿盐渍土或至地下水位以下 2~3m 为原则，这样才能满足地基分级溶陷计算的需要。每一个建筑场地，原则上要求有

一个勘探点钻穿盐渍土层，这对于选择合理的地基处理措施是十分重要的。考虑到西北地区有些山前倾斜平原，含盐的碎石土层很厚，可能超过 20m，在这种情况下，勘探深度规定为 15~20m，对于一般建筑工程，已足够了。

根据大量调查资料统计，盐渍土的含盐量一般是距地表不深处变化较大，尤其是表层 1.0~1.5m 深度盐分比较富集，深部变化较小。因此，对取土样间隔的规定，浅层较小，深部较大。

对于碎石类盐渍土，难以采取原状土样进行室内试验，还有一些有特殊要求的重要建筑场地，均应在现场进行浸水载荷试验，以取得设计必需的盐渍土溶陷性和承载力标准值等参数。

4.1.4 由于盐类易溶于水，为了保证含盐量分析结果的可靠性，规定取土孔不能加水钻进，且对钻头的磨损极大。因此，允许采用高粘度泥浆钻进取心。实践证明：性能好的高粘度泥浆，失水率极小，取出的原状土，外部被泥浆形成一层薄泥饼包住，仅表层 1~2mm 稍湿，内部仍然很干，保持天然结构和盐分，未被水浸。

4.1.5 本条是对盐渍土进行物理性质试验的规定。

盐渍土需要测定的物理指标与一般土相同，但因含盐的土的三相体与常规土不同（图 1），在其固态骨架中除土的固体颗粒外，还有不稳定的结晶盐，遇水后部分转变成液态，如同冻土中的冰结晶一样。所以，测定盐渍土的物理指标时应考虑到两种状态，即天然状态和浸水（盐溶解后的）状态。

1 相对密度 G_s ：盐渍土颗粒本身的矿物成分与一般土相同，故其 G_s 值一般在 2.67~2.75 之间。但在测定时，则可能有两种情况：一、采用中性液体（如煤油）进行相对密度试验时，盐类不能溶解。则相当于图 1 中（b）的状态。所测得的 G_s 值显然偏小，因一般盐类的相对密度小于矿物颗粒（如 NaCl 为 2.17， $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 为 1.46 等），通常 G_s 在 2.42~2.65 之间；二、采用水进行试验，故测得的 G_s 与土颗粒的相差不大，随难溶盐的成分和含量而变（如 CaCO_3 的相对密度为 2.83）。

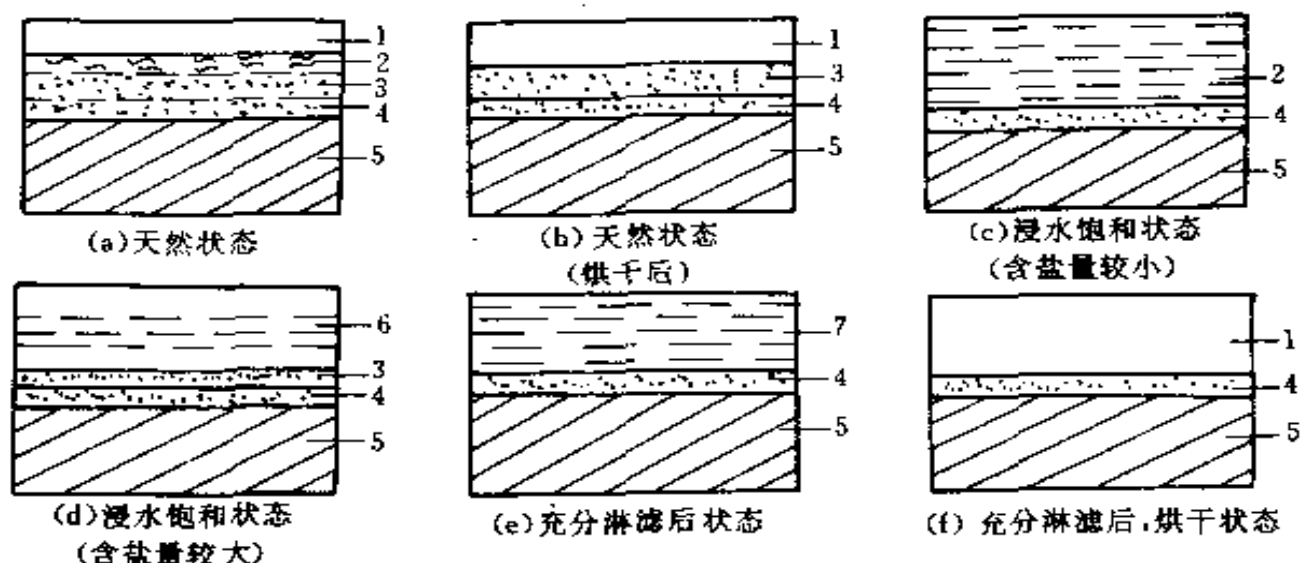


图1 盐渍土三相示意图

1—气；2—盐溶液；3—易溶盐；4—难溶盐；
5—土颗粒；6—饱和盐液；7—水

2 湿密度 ρ_o 和干密度 ρ_d : 盐渍土的天然密度随含盐量和孔隙率的多少以及埋藏深度不同而变化较大, 一般 ρ_o 为 $1.48 \sim 1.95 \text{ g/cm}^3$, ρ_d 为 $0.98 \sim 1.45 \text{ g/cm}^3$, 这一干密度指标也可以定性地衡量盐渍土的溶陷性大小, 因为 ρ_d 是在土样经过淋滤后所测得的, 而不是相当于图1中(b)状态单位体积的固体骨架(包括易溶盐在内)质量。

3 含水量 ω : 盐渍土的含水量也同样有两种计算方法。一是目前勘察单位常用的以图1中(b)状态的骨架重量为基础, 即所谓的含水量 $\omega' = g_w / (g_s + g_c) \times 100\%$, g_w 表示土样中含水重量; g_s 表示土样中土颗粒重量; g_c 表示土样中含盐重量。这与通常含水量 ω 定义相比显然偏小, 不反映真实状态。二是盐渍土应采用含液量 ω_B 的指标, 其定义为土样中液体与固体的重量百分比, 即 $\omega_B = (g_w + g'_c) / (g_s + g''_c)$ 式中: g'_c 为溶于土中水的盐重量百分比; $g'_c = \omega \cdot B$ (B 为一定温度下, 该盐的溶解度, 可查本规范附录A、表A₁); g''_c 为未溶于水的盐结晶重量百分比, 当土的含盐 C 小于或等于 $\omega' B$ 时, $g''_c = 0$ 。由含液量定义可导出

其计算公式: $\omega_B = \omega' (1+B) / (1-\omega'B)$ 。

应当说明, 土中的难溶盐和中溶盐基本上不溶于土中水, 故实际上起作用的仅是易溶盐。盐渍土中常遇到有两种易溶盐含量均较多的情况。这两种盐均可能溶于土中水。此时, 其含液量的计算方法举例如下:

某盐渍土易溶盐含量为 2.14%。其中 NaCl 含量为 1.128%, Na_2SO_4 含量为 1.012%。用烘干法测得 $\omega' = 13.87\%$ 。查表 A.0.3.1, 得 NaCl 溶解度为 36%, 故土中 NaCl 含量 1.128%, $0.36 \times 13.87\%$, 全部溶于水 (无 NaCl 结晶), 浓度为 8.13%。再查表 A.0.3.2, 得此 NaCl 溶液中 Na_2SO_4 的溶解度为 16.15%, 故土中 Na_2SO_4 含量为 $1.012\% < 0.16 \times 13.87\%$, 全部溶于水 (无 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 结晶)。故最终算出该盐渍土的含液量 $\omega_B = (\omega' + 1.128 + 1.012) / (1 - 0.01123 - 0.01012) = 16.36\%$ 。

可以看出在此情况下含液量与含水量的差别是不容忽视的。另外, 溶液中不扣除强结合水 (为了简便) 和盐的结晶水 (因在 105°C 下烘干得的 ω' 中不包含结晶水), 使计算大为简化。

4 塑限 ω_p 、液限 ω_L 和塑性指数 I_p : 含盐量对土的塑性界限影响较大, 但是对其影响的趋势, 许多试验研究结果却显示不同或相反的结论。对塑性较小的粉土, 如某盐渍土样, 无盐时 ω_p 为 24~26, ω_L 为 30~34; 有盐时 ω_p 为 39~45, ω_L 为 47~70, 这是因为盐的存在形成有粘聚力的结构。但对多数粘性土则有相反的情况, 某些塑性较大的 (无盐时 I_p 为 12~42) 土做的试验资料表明, I_p 值随着土的易溶盐含量 (NaCl 和 CaCl_2) 的增加而显著降低 (但对 Na_2SO_4 则相反), 这是因为此时盐结晶起了粗颗粒的作用所致。青海的盐渍土属低塑性土, 接近于前一种变化规律, 而新疆地区的盐渍土则多属于后者。可见, 盐渍土用常规的试验方法得出的塑性指数、塑限、液限以及由此得出的液性指数 I_L , 不一定能合理评价土的性质, 如有的土虽然含水量超过液限, 但仍然是坚硬的。

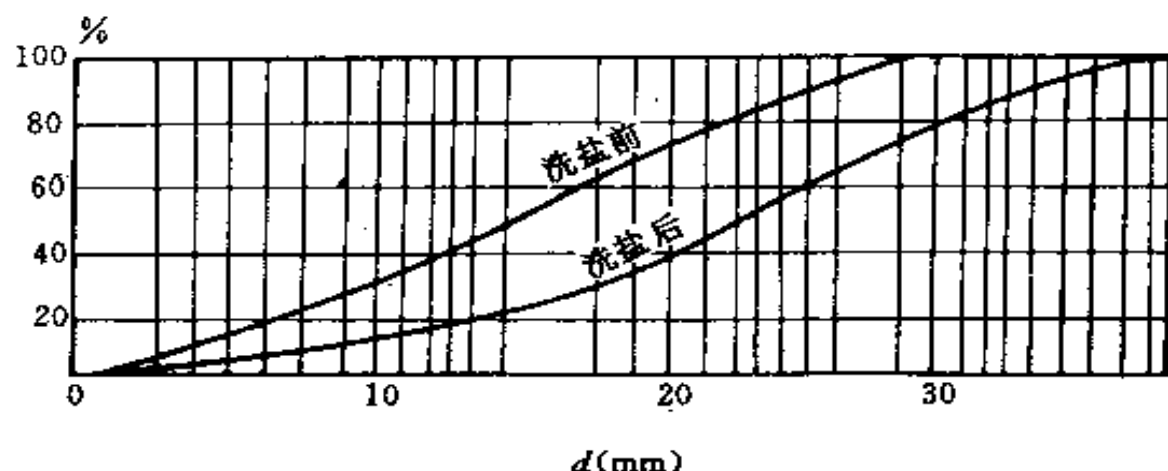


图2 盐渍土浸水前后颗粒分析曲线

5 粒径组成：由于土中含有盐类，使土中微粒形成小集粒，此外，盐结晶本身也经常 would 形成较大的颗粒，所以随着含盐量的增大，土的细颗粒减少。当土浸水后，随盐的溶化，土颗粒分散度增高，尤其对粘土颗粒的含量影响很大（图2）。故应在排除盐的条件下进行颗粒分析试验，以得到正确的粒径组成，并以此定名。

由盐渍土的三相图中可看出：难溶盐基本不溶解，故可作为固体骨架，所以在测定上述盐渍土的物理指标中，含盐量 C 中不包含难溶盐。至于是否包含中溶盐，则视具体情况而定。就我国西部青海、新疆地区的盐渍土来说，中溶盐的含量均比较小，一般为1%左右，即使有条件使土中全部中溶盐全部溶解（而实际溶解度很小，如石膏仅为0.2%），对物理指标的影响也不大。如以青海花土沟中溶盐含量（%）为1.733为例，计算结果表明，如骨架中含与不含中溶盐，两者对 G 、 w 、 ρ_0 、 ρ_d 、 e 、 n 、 S_r 分别相差百分数为1.8、1.7、1.7、1.8、0.6、0.1。考虑到中溶盐含量的分析试验较为困难，本规定除以中溶盐为主的盐渍土外，可不考虑中溶盐对物理指标的影响。

4.1.6~4.1.7 这两条是根据 GB 50021—94 对土和腐蚀性测试项目的要求制定的。

4.1.8 本条对如何取得盐渍土地基承载力标准值作了规定。重

点指出，在有浸水可能时，应按浸水条件（或去盐后）的载荷试验或物理力学指标确定其承载力标准值。

4.1.9 深基础、桩基及其他人工地基在盐渍土地区有良好的应用背景，尽管这些基础形式在其它地方已很成熟，但在盐渍土上应用仍然需要试验研究，取得经验才能推广。其勘探和试验的要求应根据工程实际需要确定。例如，采用桩基穿过溶陷性盐渍土层，桩尖持力层为非溶陷性的土层或岩层，则只需进行盐渍土的腐蚀性试验，考虑盐渍土对桩身的腐蚀及防护措施，而不必进行盐渍土的溶陷性试验。

4.2 溶陷性评价

4.2.1 本条规定可减少一些盐渍土的溶陷性试验工作量。

4.2.2 本条规定盐渍土溶陷性的试验方法。

根据调查统计，干燥的和稍湿的盐渍土才具有溶陷性，且大都为自重溶陷性，土的自重压力一般均超过起始溶陷压力。所以，没有必要再区分自重溶陷与非自重溶陷，故本规范仅采用溶陷系数 δ 作为评价盐渍土溶陷性的指标。

关于确定盐渍土溶陷系数 δ 值的试验方法，根据土质条件而定。

对于土质比较均一、不含粗砾的粘性土、粉土和含少量粘性土的砂土，均可采取原状土，以室内压缩试验测定溶陷系数，其测定方法与黄土的湿陷系数相同。

对于土质不均一、含粗粒的盐渍土以及碎石土，难以采取原状土，则需在现场进行浸水载荷试验。实践证明：现场浸水载荷试验测定的盐渍土溶陷系数与实际情况最为接近，且对各类盐渍土均可采用。

现场浸水载荷试验方法虽很好，但比较费工，难以在每一项工程均采用，因此，本规范列入液体排开法，适用于难以取出完整的原状土，但可采取形状不规则的原状土块的盐渍土，可在室内测定其溶陷系数值。应当说明，液体排开法是通过盐渍土样去

盐前后的体积变化来确定 δ 值，与室内压缩试验的结果有差异，要作适当修正。公式 (D.0.3-4) 中的系统 K_G 与每个地区每种土的土性有关，需要通过一系列对比试验确定。每一类土至少做三组试验，取其平均值。

4.2.3 前已提到，现场浸水载荷试验方法测定的盐渍土溶陷系数最接近实际，故认为是最基本的方法。每一建筑场区，特别是重要建筑，均宜进行这种现场浸水载荷试验，结合其它试验方法，综合判定盐渍土的溶陷性，比较可靠。

如果现场条件许可，每个建筑场地最好进行大型试坑浸水试验，试坑直径大于或等于 10m，浸水时间 40~60d，水头保持 30cm。这种试验可实测自重溶陷量，最为可靠。有的大型试坑浸水试验可与强夯处理结合进行。

4.2.4~4.2.5 有关非溶陷性土 δ 小于 0.01 值，是参考前苏联有关资料及我国西部地区盐渍土的特点规定的，它比黄土规范中有关湿陷性黄土的标准湿陷系数 $\delta_s=0.015$ 要严格，这是因为盐渍土浸水后的溶陷发展速度一般比黄土快，尤其对砂类和碎石土类盐渍土（而黄土为粘性土，浸水后尚有一定粘性）。其次，有的盐渍土均匀性比黄土差得多，渗透性大。工程经验表明，溶陷引起的建筑物的破坏性较严重，所以对 δ 要控制更严格。必须确保 δ 小于 0.01 的盐渍土才可以按一般土处理。

对盐渍土的进一步分类，没有特别重要的工程意义，因为 δ 的含义只表示一个土样的溶陷沉降量，即使溶陷性大的盐渍土，如该土层厚度不大，也不会产生较大的溶陷量；反之亦然。所以，在评价盐渍土地基时，还必须同时考虑盐渍土层的厚度，采用可能产生的分级溶陷量 Δ 来评价盐渍土地基的溶陷等级。

盐渍土地基浸水后实际产生的溶陷量必定小于 Δ ，因为前者还取决于浸水的程度、基础的埋深等等。所以按 Δ 值进行分级设计，偏于安全。

4.2.6 盐渍土地基溶陷等级的划分，是参考原《湿陷性黄土地区建筑规范》TJ 25—78 关于湿陷性黄土地基的湿陷等级划分，

但盐渍土溶陷与黄土湿陷在机理上有所不同，因此，在溶陷等级划分上亦有所区别。

4.3 盐胀性评价

4.3.1 根据大量调查结果，由于盐渍土产生盐胀的土层厚度一般在 1m 多以内，当建筑物基础埋深在 1.2m 以下，一般均未发现有盐胀的危害。盐胀造成破坏的主要有：室内外地坪、路面、路沿石、台阶、花坛、球场、溜冰场、仓库地面等。至于地基上的垂直压力，则对遏制盐渍土的膨胀起着有利作用。虽然有的室内试验资料表明，膨胀力有时可达 0.3MPa，但从实际工程情况及现场试验来看，似乎没有如此严重。我们在新疆库尔勒的现场试验中，基础块底面压力分别为 0、50、100、200kPa，试验结果表明，基底压力为 50kPa 以上时，膨胀量已不显著（图 3）。综上所述，故本规范对于盐渍土地基的盐胀性只需考虑整平地面以下 2m 范围内的盐胀性即可。

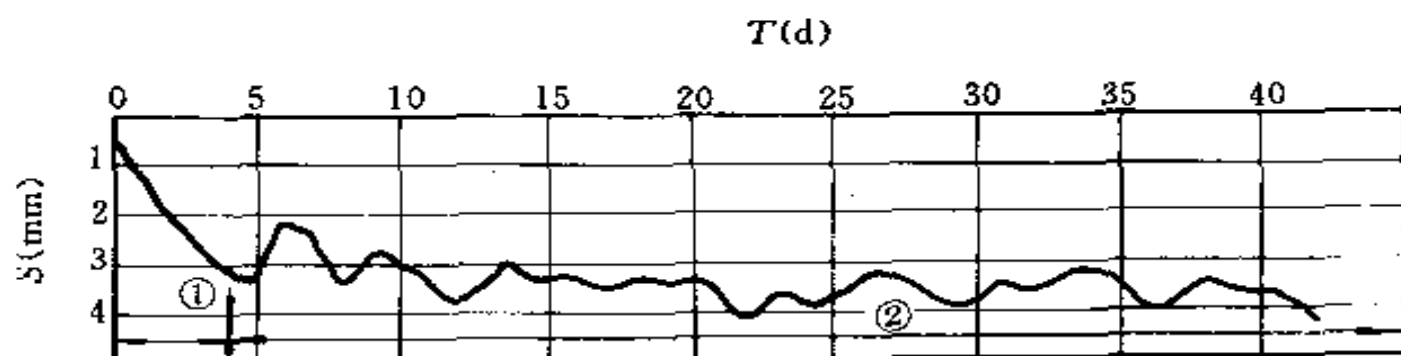


图 3 盐渍土浸水溶陷①和停水膨胀②随时间的变化
(基底压力 $P = 50\text{kPa}$)

4.3.2 盐渍土的盐胀同膨胀土的膨胀机理完全不同，且不如膨胀性那么严重，加以具有盐胀性的盐渍土，大多难以采取原状土进行室内试验，因此，评价盐渍土地基的盐胀性，本规范以根据现场试验测定的有效盐胀区厚度及总盐胀量确定为宜。

4.3.3 盐渍土地基产生膨胀的主要原因，是土中硫酸钠在温度

或湿度变化时结晶而发生体积膨胀的。硫酸钠的溶解度随温度的变化曲线如图 4 所示。当温度由高变低时，溶液（土中水）的溶解度变小，使部分硫酸钠结晶析出。当地温低于 32.4°C 时，如土的原始含水量较高，溶解了解多的硫酸盐，后因水分蒸发含水量减小，也会使水中含盐量饱和以重结晶析出。硫酸钠结晶时，结合 10 个水分子，体积膨胀可达 3 倍以上，造成不良后果。

由上所述，盐渍土地基的膨胀量大小，除与含硫酸盐的含量有关外，主要取决于温度和含水量的变化大小。此外，它还与地基上压力的大小有关，当土中硫酸钠的含量小于 1% 时，可以不考虑其膨胀作用。

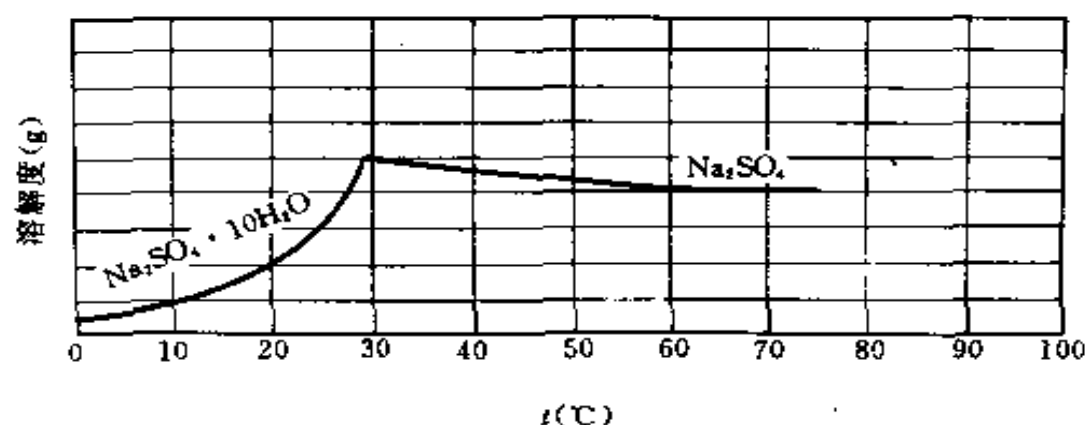


图 4 硫酸钠的溶解度曲线

4.4 腐蚀性评价

4.4.1~4.4.2 腐蚀等级划分及评价指标，主要是参照和综合国内外有关规程、规范并结合我国盐渍土方面的研究成果，地区经验等制定出来的，主要参照及依据规范、规定有：

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046—95

《岩土工程勘察规范》GB 50021—94

《建筑结构防腐蚀设计规范》（前苏联）СНип.03.85

《铁路砟及砌石工程施工规范》

TJB 210—86、DIN4030、DIN4226

《盐渍土地地区建筑规定》中国石油天然气总公司基建工程局
《盐渍土地地区工业民用建筑规程》新疆维吾尔自治区计划委员会

1~2 我国盐渍土以含氯盐和硫酸盐为主，就腐蚀作用而言，氯盐主要腐蚀钢筋，从而破坏砼结构，而硫酸盐主要是与砼起物理、化学作用，两种盐同时存在时，更促进了对钢筋和砼的腐蚀，因此，首先应判明以何种盐对腐蚀起主导盐，并按表4.4.2 进行腐蚀等级评价。

3 腐蚀介质相同的条件下，对弱透水性土且建筑物不存在干湿交替和冻融循环的情况下，腐蚀不易发生和发展，可按表4.4.2 低定一级，相应的防护措施也可低一个级别，这样在保证重点防护的基础上节省开支。

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1~5.1.3 盐渍土与一般土所不同之处，即在于它具有溶陷性、盐胀性和腐蚀性，所以在进行总平面设计时，尽可使建筑避开强溶陷性、盐胀性或腐蚀性的地段，以降低造价。但不同地区或不同条件下的盐渍土，除了都具有不同程度的腐蚀性外，其溶陷性和盐胀性就不一定都存在。地势低、地下水位高的盐渍土（如滨海区、盐湖区等），往往不具有溶陷性和盐胀性。所以，对于这类盐渍土，除了应根据腐蚀性等级采取相应的防护措施，以防止基础材料和其它地下设施的腐蚀外就可以按一般非盐渍土地基来设计。

5.1.4 本条是参照《湿陷性黄土地区建筑规范》TJ 25—78 制定的。

5.1.5~5.1.6 建造在溶陷性盐渍土上的建筑物，地基基础设计除采取必要的防腐措施外，也要满足《建筑地基基础设计规范》的要求，既满足地基承载力设计值的要求，又要满足地基变形的要求，在有浸水可能时，应采用浸水后的地基承载力设计值并考虑浸水后的地基溶陷量。

5.1.7~5.1.8 对溶陷量较大的地基，难以满足式（5.1.6-1）的变形要求时，应根据防治结合，综合治理的原则，按具体情况，采取相应的设计措施。

防水是最基本的措施，本规定从场地排水、地面防水、地下管、沟和地基中隔水层等几方面以及施工、维护管理中的一系列防水措施出发，以使防水能切实有效。防水措施对防基础材料的腐蚀也有利，两者可以结合进行。

实践证明，在目前的设计、施工和管理水平条件下，很难保

证地基不浸水。因此，对部分重要建筑物还要酌情采取相应的地基基础措施和结构措施。即使如此，如果采用措施不当或后期管理不善，建筑物仍有可能发生溶陷性破坏。

设计措施应按建筑物的重要性，地基的溶陷等级，结合具体情况按表 5.1.8 采用。应当说明，各种设计措施并非要全部采用，表 5.1.8 中的加号是表明当一种措施不完全解决问题时可同时采用另一种措施，并非必须采用几种措施。

5.2 防水措施

5.2.1 有的盐渍土地区为山麓斜坡堆积地带，应注意建筑物“背面”（上坡方向）的地面坡度和排水，避免上游雨水流入建筑物地基。对膨胀泥岩上的碎石类盐渍土采用隔、排水沟效果尤好。

5.2.2 根据石油部管道勘察设计研究院 1981 年《花土沟矿区工程地质勘察报告》中“试坑浸水试验”，在无外荷情况下，距水坑边 6m，深 3m 的三个观测点，均未出现自重下沉，故本规范取 6m。在监护区内的给水排水、热力管网及采暖等地下管道，则必须设置检漏管沟，以防止有压水管爆裂或下水系统大量漏水使建筑物产生不均匀沉降，同时便于发现和修补漏水点。

5.2.3~5.2.5 条是对一般最容易造成水从室内外渗入地基的部位提出的防水措施。

5.2.6 要求防止地面水流入是避免泥砂淤积管沟和集水井，造成漏水倒流危害建筑物。

5.2.7 检漏管沟宜采用现浇钢筋混凝土整体结构，是指全封闭式整体结构。若采用砖砌结构时，砖墙应采用防水砂浆作内防水，底板应为现浇钢筋混凝土。

在防水监护区之外的检漏管沟的变形缝，可不采用柔性止水带。当采用柔性防水材料填充时，应剔除缝间的模板。半通行管沟，净高不小于 1.2m，净宽不小于 0.8m；通行管沟净高不小于 1.6m，净宽不小于 0.6m；集水井不应设置在防水监护区之内。

5.2.8 该规定是指采用铸铁管、水泥管而言，对于钢管道一般

不存在接口问题。

5.2.9 本条是为防止洞孔与管道互相挤压破裂而漏水。

5.2.10 该规定的目的是便于及时关闭室内漏水点的阀门。阀门距室内地面高度不应超过 1.8m。

5.2.11 是解决雨水渗入地基的措施。

5.2.12~5.2.13 防止水由室内浸入地基。地面下的垫层既作隔水层也起防止盐渍土从基底对基础材料的腐蚀。但在中、强硫酸盐土中因灰土本身要腐蚀，不宜采用灰土垫层。

5.2.14 根据盐渍土地区建设经验如确保无水浸入地基，则毋需采用其他设计措施。

5.3 地基基础措施

5.3.1 表 5.3.1 列举了可能采用的 6 种地基处理措施和 2 种基础处理措施，都是已经在盐渍土地区采用过的。鉴于调查中发现不少建筑物（包括已采取地基基础措施的）浸水后都产生不同程度损坏，需要分析某些地基基础措施到底是否有效，能否达到预期的效果，因此本规范要求，在采用某种地基处理措施前，需要进行现场试验。

规定容许结合具体条件，采用表 5.3.1 以外的地基措施，但也必须进行现场试验，检验其效果，并获得施工必要的参数。

5.3.2 对易溶盐含量较高的盐渍土地基，采用预溶的方法是有效的。这样可以在建造房屋和构筑物之前消除大部分或一部分溶陷量，这等于改善地基的溶陷等级。图 5 为在青海花土沟所进行的盐渍土地基的预溶试验结果。浸水坑直径为 10m，水深 0.3m，浸水 33d 后得出盐渍土地基不同深度 Z 的溶陷量 S 和相应的分层平均相对溶陷量 $\Delta S / \Delta Z$ 。

青海盐渍土浸水预溶前后含盐量 C 以及干密度 ρ_d 的变化，可从图 6 所示现场试验的结果中看出。应当注意，图中的“干”是包括盐在内的干土的骨架重量。

图 7 为盐渍土浸水预溶前后孔隙率 (n) 和压缩模量 (E_s) 的

变化。

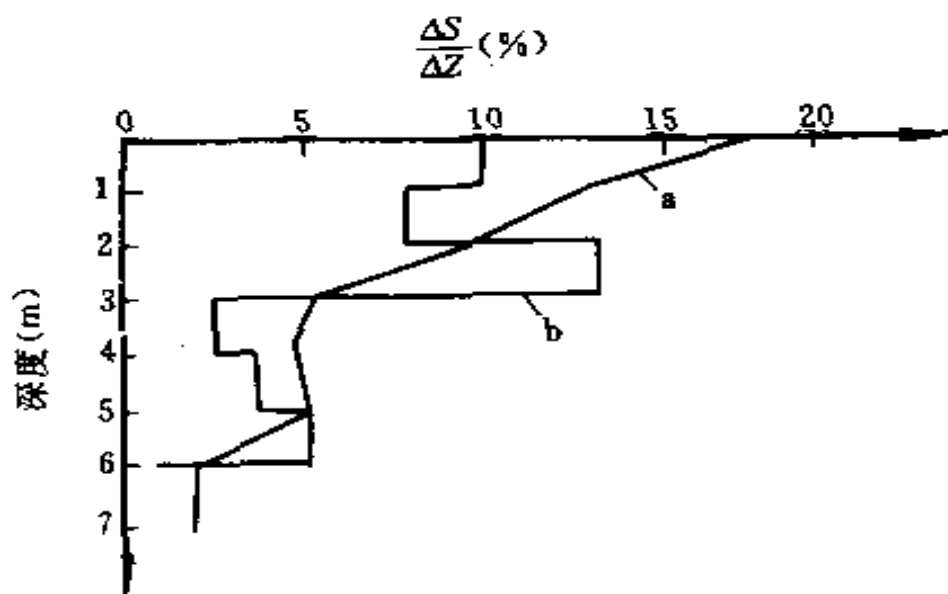


图5 青海盐渍土地基浸水预溶试验后总溶陷量
a 和相对溶陷量 b 随深度的变化

从上述试验结果可以看出，在青海西部地区，采用浸水预溶方法处理盐渍土的溶陷性是有效果的，而且主要在 6~7m 以内，所以它尤其适用于表层土中含易溶盐多、渗透性较好的盐渍土，这与国外的经验是一致的。对于渗透性较差的粉土和粘性土预溶效果不好（如新疆阜康等地区），预溶的有效深度除与地基中原有的含盐量分布有关外，还取决于盐渍土的渗透性。考虑到青海盐渍土层较厚，通常超过 10m 以上，为了改善盐渍土（尤其是下部土层的）浸水预溶陷的效果，加速溶陷速度和节约用水（当地淡水较贵），建议采用下列补充措施：

1 对厚度超过 4m 的盐渍土层，以及渗透性较小的（ K 小于 10^{-7}cm/d ）盐渍土层，宜在浸水前先设置透水砂孔，孔径不小于 10cm，孔深为盐渍土层厚的 0.8~0.9 倍，砂孔间距 3~8m（视土的渗透性而定）。

2 为了增加浸水预溶效果，在现场有条件的情况下，可以升高水的温度，以使盐的溶解度增加若干倍，节约用水。

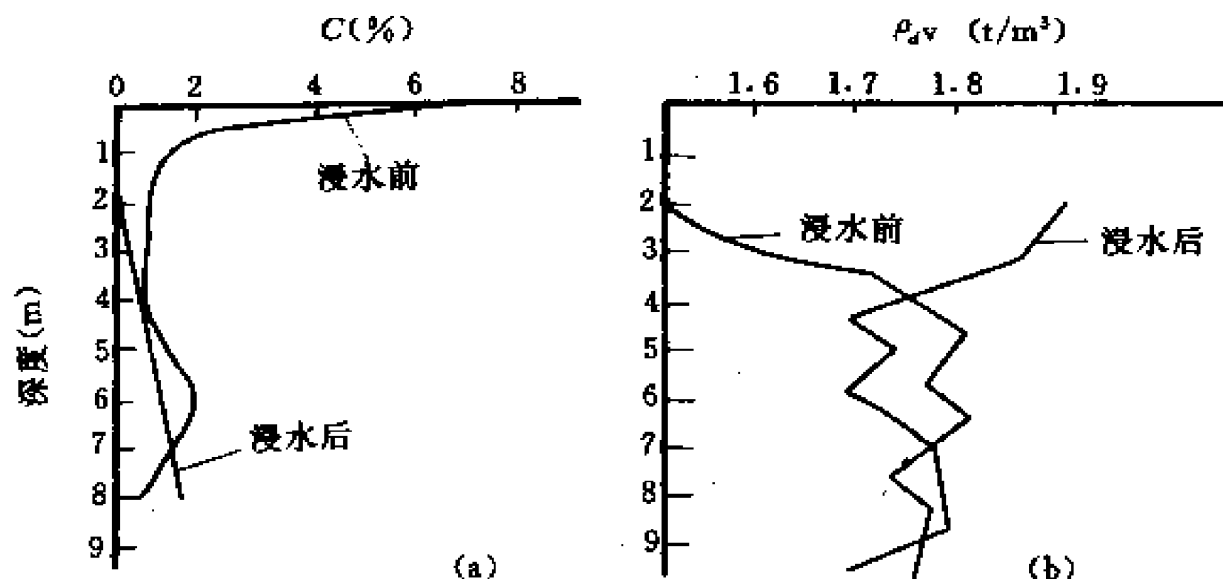


图6 青海盐渍土地基浸水预溶前后含盐量和干密度随深度变化
(a) 含盐量 C ; (b) 干密度 ρ_d

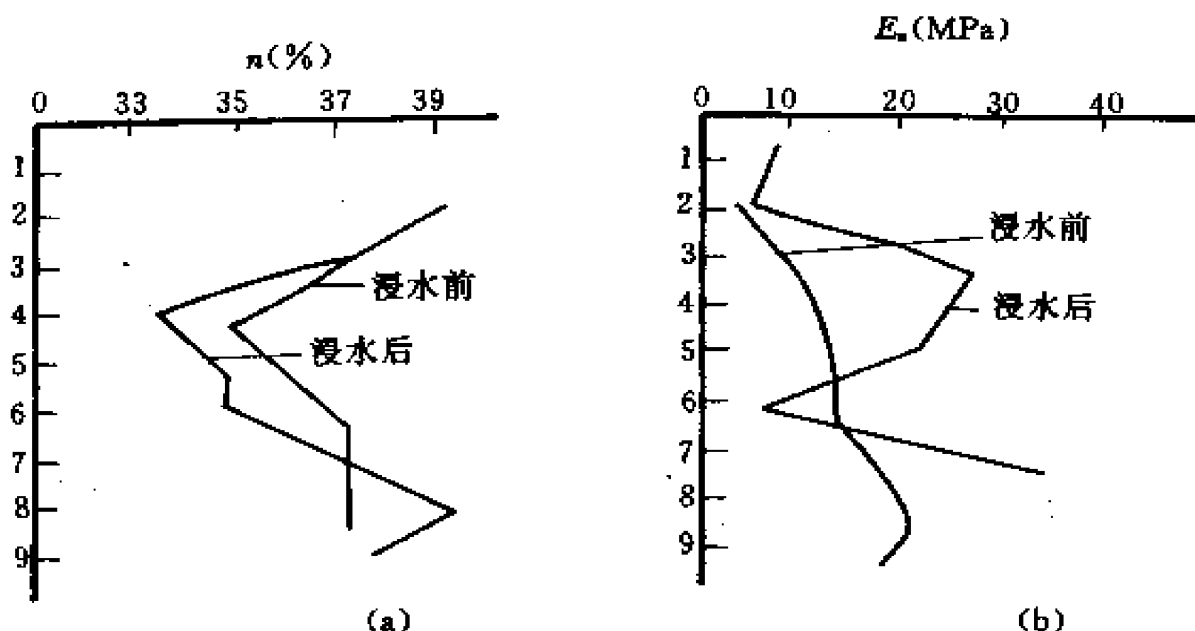


图7 青海盐渍土地基浸水预溶试验前后孔隙率和
压缩模量随深度的变化
(a) 孔隙率 n ; (b) 压缩模量 E_s

3 浸水期间应保持水头高度不小于 30cm，浸水坑的平面尺寸每边应超过拟建房屋尺寸不少于 2.5m；但也不宜过大，否则将浪费用水。对某些独立的构筑物，如烟肉、水塔、油罐和其他炼油设施，可以直接在基坑标高上浸水，坑底宜铺设厚度为

20cm 左右的砂层，这样可节省预溶的时间和用水量。

采用浸水预溶时，应考虑对邻近建筑物和其他设施的影响，根据个别试验结果，其影响半径可达 1.2 倍浸水坑的直径，这可能与盐渍土层在水平方向的渗透性较大有关。

5.3.3 单纯的强夯对含盐结晶较多的砂石类土，效果不好，但对于含盐结晶不多、孔隙比较大的非饱和低塑性土，用强夯处理盐渍土的溶陷性，还是比较成功的，如新疆阜康石油基地的盐渍土，以粉土和粉质粘土为主，含盐量 C 约在 2% 左右（以 NaCl 和 Na_2SO_4 为主） S_r 在 80% 以下，一般均为可塑状态，当地采用能量为 $1000\text{kN} \cdot \text{m}$ （锤质量 10t，落距 10m），夯锤直径为 1.5m 左右，夯点间距小于或等于 50cm，并以最后一击的夯沉量小于 6cm 来定击数。其加固效果可以从夯前及夯后的物理力学性质指标的变化中看出（表 1、图 8、图 9、图 10、图 11、图 12）。其加固深度可达 7m，5m 深度内效果最好，基本上可以消除其溶陷性。

表 1 新疆阜康地区盐渍土强夯前后的物理力学指标

土类	深度 (m)	干重度 γ_d		孔隙比 e		压缩系数 a_{1-2}		压缩模量 E_{s1-2}		湿陷系数 δ_s		天然重度 γ	
		夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后	夯前	夯后
粉土	1.5	14.59	16.3	0.865	0.644	0.17	0.12	10.71	14.79			15.62	17.78
粉土	3.0	13.1	16.72	1.06	0.579	0.30	0.12	5.32	3.1	0.047	0.041	14.41	7.86
粉土	7.0	13.66	15.33	0.955	0.748							15.56	17.96
粉土	8.0	15.8	15.84	0.692	0.692							17.65	18.97

注：表中数据单位： γ 、 γ_d 为 kN/m^3 ， a_{1-2} 为 MPa^{-1} ， E_{s1-2} 为 MPa

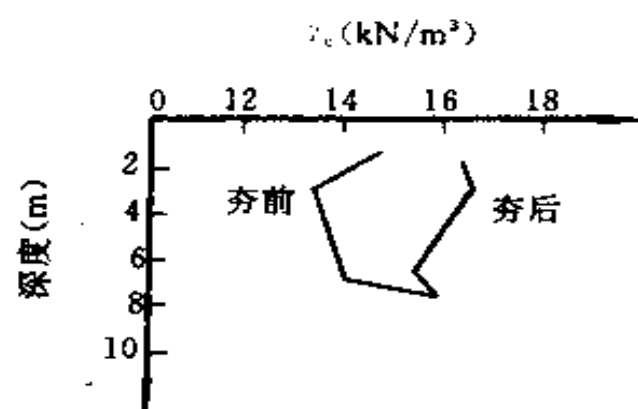


图 8 强夯前后深度与干重度的变化

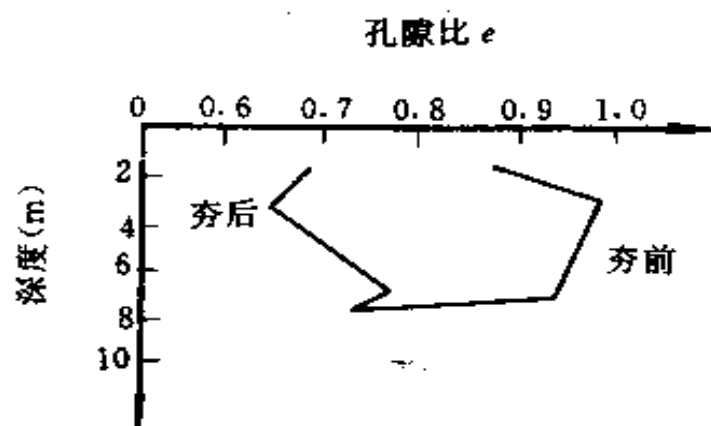


图 9 强夯前后深度与孔隙比的变化

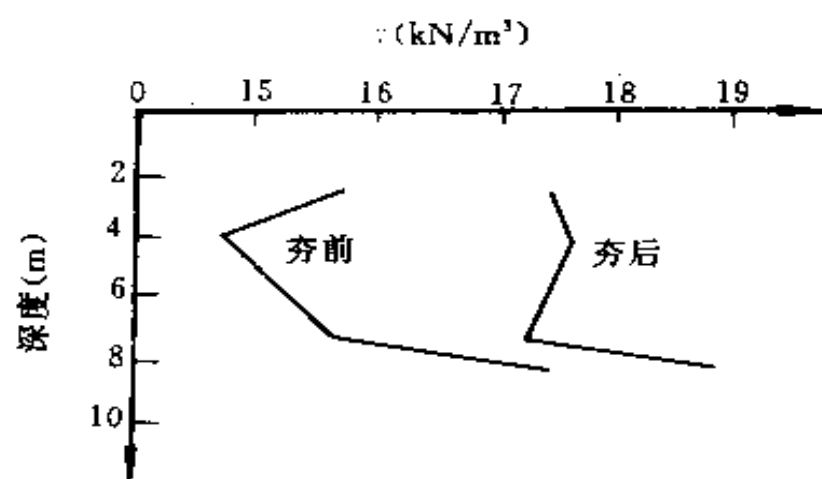


图 10 强夯前后深度与天然重度的变化

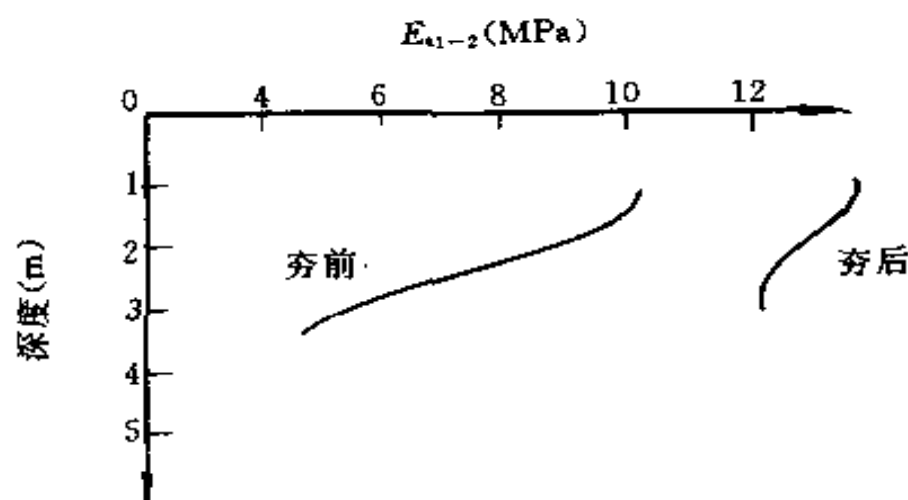


图 11 强夯前后深度与压缩模量的变化

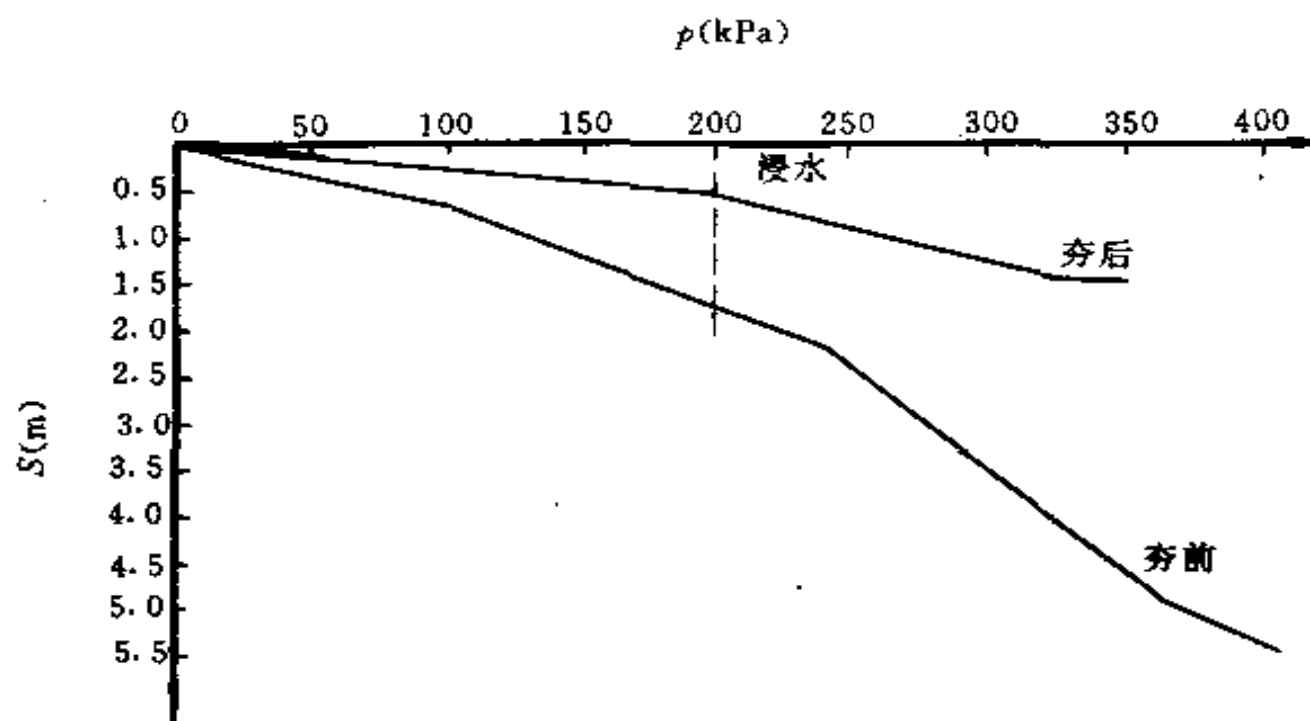


图 12 强夯前后基体压力与地基变形值的变化

5.3.4~5.3.5 浸水预溶加预压或加强夯。在含结晶盐较多的砂石类土中宜采用此法，在前苏联还采用浸水预溶加爆炸压密的方法处理盐渍土，取得良好效果。经验表明，在预溶的基础上，结合现场条件（如有砖或其它堆载物），进行预压处理，可取得比单纯预浸水更好的处理效果。预压可以与浸水同时进行，只要水头和预压强度达到要求，就能够基本消除地基的浸水溶陷量，并因预压而使土浸水后的密度提高，浸水加强夯的处理效果与爆炸处理效果比较接近，青海西部地区的盐渍土大多属于砂石类土，

部分土层为轻亚粘土。因此，浸水预溶后再采用强夯可以进一步增加其密度。在这样处理过的地基上建造房屋，如果以后地基浸水深度超过此有效深度，显然还是要产生较大溶陷的。但这并不证明预溶加强夯没有减小溶陷的效果，而只是加固措施的设计不完善，预溶所消除的溶陷量未能达到保障建筑物浸水安全的程度。要使其达到整个溶陷性土层厚度，仅仅处理基底以下压缩层范围的土层是不够的；为此，应根据处理土层厚度采用大夯击能量，预计影响深度应至少达 7~12m。强夯后地基的变形模量和承载力指标(E_0 和 f_0) 宜采用现场的静或动荷载试验方法确定。

预溶加强夯处理地基的方法的成本比较高，除对很重要的工程外，一般需经过经济技术比较后方可采用。

如果时间和条件允许，可以就地利用施工用的建筑材料作为浸水预溶时堆载预压的荷重，要比强夯经济得多。

5.3.6 有的盐渍土地区产砂石较多，故采用不含盐的砂、石或其他材料（如灰土等）替换盐渍土层，可能较经济合理（但要注意许多地方砂中含盐量亦较高，如需洗盐处理，会使成本增高）。尤其当盐渍土层不厚，基础面积不大时，采用砂、石（或灰土）等垫层较为经济。当替换土层很厚时，则可以使用挖孔砂、石（或灰土）墩。这种砂石（砂）垫层或砂石（或灰土）墩处理方法的优点是不怕盐的腐蚀，施工简单，不需要大型机械设备，在地下水位较深的情况下，更为适宜。

换土的厚度宜超过有效的溶陷性（或盐胀性）土层厚度，保证残留的盐渍土的溶陷量或盐胀量不超过上部结构容许的变形值。换土的宽度则应保证下卧层顶面处的压力小于该土层浸水后的承载力，同时还应保证周围土溶陷时换土部分土体的稳定性。在任何情况下，垫层宽度至少要比基础宽度宽出 1m。

换土对处理盐渍土地基盐胀尤为适宜，因为盐胀的有效深度不大，所以比较经济合理，特别是室内外地坪、散水、台阶、道路、机场等对盐胀敏感的设施。

换土可与防水措施结合进行，此时，应采用透水性小的置换

材料（如灰土、沥青碎石、沥青砂等），形成水平隔水层。

砂石（或灰土）垫层或墩的施工方法与一般砂、石或灰土垫层的施工方法相同，也可采用强夯夯实回填的砂石。

5.3.7 对于含盐量很高，土层很厚，难以用其它经济的方法处理时，可以考虑用：“以盐治盐”的方法，在地基中注入饱和（或过饱和）盐溶液，形成一定厚度的不透水的饱盐土层，既保持原土层较高的结构强度，又使遇到浸水时，也不会产生太大的溶陷。这在地下水位低，气候干燥的西部地区是有可能实现的，特别是防水排水措施结合起来，是一种经济有效的处理措施，我们在青海进行了现场盐化处理试验，试验结果表明，可以使盐渍土地基的溶陷性减小为原来的 $1/5 \sim 1/7$ （图 13）。

这种盐化层，可根据需要设置成基底的水平层，盐化应在基坑内进行，盐化后宜间隔一段时间再施工，以便提高其表层强度。由于这种地基处理的方法是一项新技术还没有丰富的经验，故建议先作小规模现场试验，以取得必要的经验和数据后，再在工程中应用。

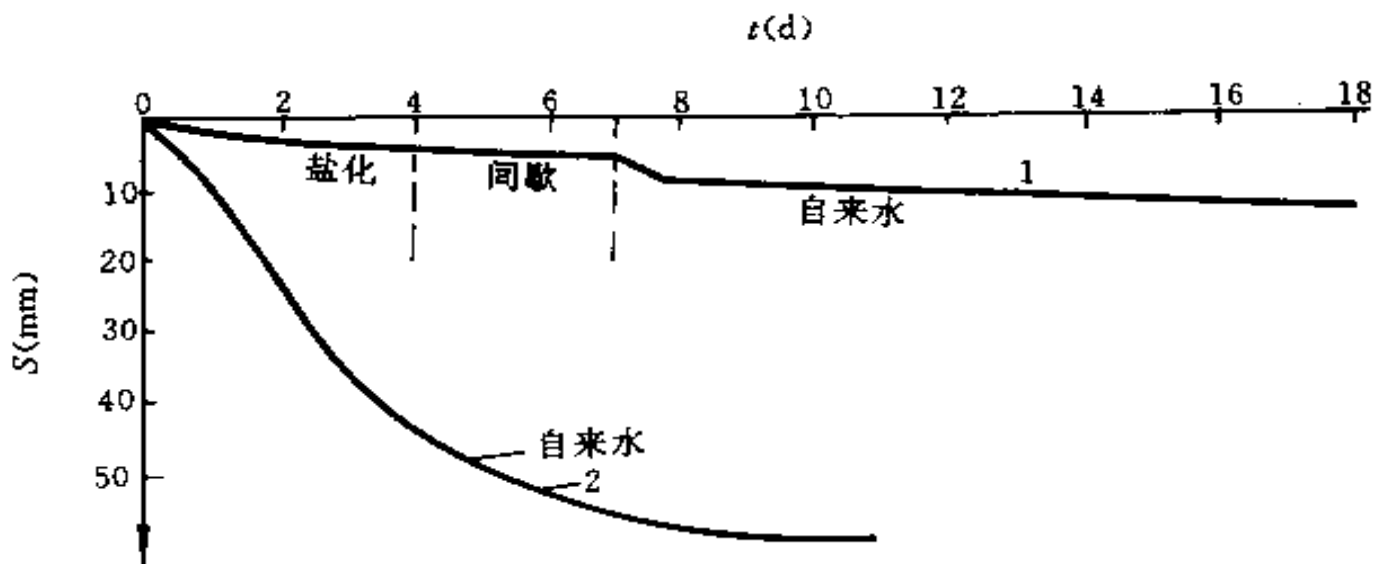


图 13 盐化 1 与非盐化 2 地基浸水溶陷试验曲线

5.3.8 桩基础是防止结构受地基沉陷影响的一种良好的基础形式。迄今为止，我国在盐渍土地基中采用的桩基经验不多，前苏

联在这方面的实践经验可供我们借鉴。盐渍土中采用打入式预制钢筋混凝土桩的主要问题，除了防止盐对桩身材料的侵蚀外，还须解决难打入的问题。前苏联在工程中曾有大量的预制桩被打坏，他们认为必须采用重型桩锤，同时不能采用预应力钢筋混凝土桩，最好采用加强型的预制桩，目前我国还无采用条件。

为了减少预制桩的打入阻力，建议采用先钻后打的施工方法，钻孔直径应小于（或等于）桩径，钻孔深度应浅于设计桩尖标高 0.5~1.0m。

若盐渍土的易溶盐含量很高（超过 20%），则可采用注水打桩的施工方法，国外的经验表明，若用热水注入盐渍土中，可以较好地减小打桩阻力，显著提高打桩效率。

在盐渍土地区采用灌注桩可能比预制桩更为合适，在前苏联多采用钻孔灌注桩。结合我国西部地区盐渍土层的特点，可根据盐渍土层的厚度和溶陷性以及荷载情况，除钻孔灌注桩外还可采用挖孔灌注桩（或墩）。此外，也可在浇灌时掺入毛石以降低成本。采用灌注桩时，应防止混凝土（特别是新浇灌的混凝土）受盐类的侵蚀，为此，可采用抗硫酸盐的水泥或在混凝土中加入防腐剂的添加剂。此外，在浇灌混凝土前，在土层表面喷（抹）上各种涂料，防止盐类侵入桩（墩）体内。这些涂料可以是：碳酰胺（尿素）树脂、聚合物材料、水玻璃以及当地容易获得且成本不高的其它有效材料。

采用桩（或墩）基础时，应考虑桩（或墩）周围盐渍土浸水溶陷后产生的负摩擦力。并建议按有效应力办法计算单位负摩擦力 q_n ：

$$q_n = \sigma' k \tan \varphi' \quad (1)$$

式中 σ' ——桩周土中的垂直有效应力；

k ——水平的与垂直的有效应力之比，可取 $k = k_0$ （静止土压力系数）；

φ' ——桩周上的有效内摩擦角。

$ktg\varphi'$ 与土质条件、桩的条件以及施工方法等有关，应由试验确定。在缺乏试验资料及其他可靠的参考资料时，可参照表2采用（综合灌注桩基础设计规程及波兰规范的数值）。

盐渍土中桩基或墩基，浸水前后标准承载力 f_k 通过现场条件下的静荷载或“共振法试验”确定。共振法试验是一项国家科委建议推广的新技术，已在许多工程中应用并取得了成功的经验，它比静荷载试验要简便、经济，不需做到极限荷载，特别适合于象黄土、冻土、盐渍土这些浸水或溶解前后土性变化很大的情况下确定桩的容许承载力和进行对比。

表 2

土类	$ktg\varphi'$
粉土	0.2~0.4
砂土	0.3~0.5
圆砾	0.25~0.45

5.3.9 根据盐渍土地地区建设经验，如已采取完全消除溶陷性的地基基础措施时，则毋需采用其他设计措施。

5.3.10 盐渍土地基有效盐胀区的厚度（ h ）和总盐胀量（ S_0 ），通常取决于土的温度和湿度的变化幅度，一般浅层比较显著，所以为保证建筑物不受影响，可根据具体情况，采取适当增加基础埋深、设保温层以及局部换土等简单方法处理。对室内地面，可采用设有变形缓冲层的构造措施。

5.4 结 构 措 施

5.4.1 本条提出的建筑物平面规则，体型简单的要求是基于下列两点考虑的：一是为了便于采取措施，使加强结构整体性的目的得以实现；二是为了一旦由于地基溶陷而在建筑物某部位产生

破坏时，可使该处的集中应力沿简捷路径分配到其他部位，从而减轻破坏的发展。

5.4.2 加强建筑物的整体性和空间刚度对抵抗地基不均匀沉降有较好的作用。结构的整体性强、刚度大，一是可使地基溶陷引起的局部构件的附加应力有效地传给其他构件，使尽可能多的构件参与工作；二是可新调整建筑物对地基的压力，下沉尽可能均匀。

提高结构构件的抗不均匀沉降能力，主要包括提高构件的强度和变形能力两方面内容。

地基溶陷后建筑物的破坏程度与建筑物荷重成正比，故应尽量减轻建筑物的荷重，这也是我国西部地区建筑物破坏经验的总结。

5.4.3 限制内框架和多层砖混结构的长高比是为了保证该类结构具有较好的整体性和一定的刚度。

5.4.4 青海西部多层砖混结构破坏的调查结果表明，地基溶陷后，往往外纵墙破坏较为严重，因此应该避免采用纵墙承重的方案。

5.4.5 对墙体的要求是出于下述目的：加强结构的整体性，提高墙体的变形能力，提高墙体的抗剪强度。

5.4.6~5.4.8 青海西部地基溶陷造成建筑物破坏的调查结果表明，合理地设置一定数量的钢筋混凝土圈梁和构造柱，可使破坏明显减轻，分析其原因在于圈梁和构造柱有效地加强了结构的整体性，加强了砌体的整体承载能力。考虑到有的盐渍土地区也是地震区，圈梁和构造柱既可作为抗局部溶陷构件又可作为抗震构件，起到一举两得的作用。

5.4.9 采用嵌砌墙可使单层厂房的整体性加强；再者，当墙体与柱连接效果好时，嵌砌墙可以帮助柱子共同抵抗局部溶陷减小结构变形。

5.4.10 本条是从修复角度提出的要求，即一旦厂房发生破坏，可以保证能够修复和便于修复。

5.4.11 这是减小盐渍土地基不均匀溶陷的结构措施，但对过大的溶陷效果不佳。

5.4.12 本条是根据盐渍土地区已有经验而定的。对开间很大的房屋，如单层厂房、会议大厅或电影院等，不宜采用架空地板；设变形缓冲层的地面构造，在盐胀性盐渍土地区应用较广泛，效果较好，还可与部分换土的地基处理措施结合使用。室外地坪，散水等则应根据地基的盐胀性来处理，必要时也可采用类似室内地面的构造措施。

5.5 防腐措施

5.5.1 设计人员在理解的基础上认真贯彻执行，所述基本原则是至关重要的。盐渍土地区的砂、石、施工用水等，有可能含有相当数量的盐分，若不严格控制，让其预先混入砖或混凝土中，等同于制造隐患。内部盐份的存在，除腐蚀外还会发生因盐析破坏装修层、防护层等问题。因此，对原材料的盐含量必须进行严格控制。除控制内部盐含量外，外部环境中的盐，主要通过渗透作用扩散到建筑物内部，因此，提高水泥制品，混凝土及砂浆的密实性是防止盐渗透的重要途径，选择优良水泥品种、提高水泥用量，减少水灰比，增加混凝土保护层厚度等，是提高建筑物自身防盐腐蚀能力的重要措施，在此基础上在以氯盐为主的腐蚀环境中，采用钢筋阻锈剂，即可望达到防腐蚀目的，是经济有效的措施，RI-1 系列钢筋阻锈剂已用于上百个工程，并纳入国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB 50046—95）和国家行业标准《钢筋阻锈剂使用技术规程》（YBJ 231—91）。在氯盐为主同时含硫酸盐的腐蚀环境中，掺硅灰或复合防腐剂（如改性的 RI-103），也是有效的措施。

当硫酸盐为主，且含量很高（强腐蚀）的情况下，除提高混凝土的密实性外，需要另外加涂层防护。

抗硫酸盐水泥，对单纯硫酸盐环境，在 SO_4 含量不超过规定范围的条件下是有效的。在复合盐特列是以氯盐为主的环境

中，抗硫酸盐水泥，表现了较差的抗蚀性能，在内防护措施不能满足防腐要求的区段与部位，应采取外部防护措施，主要是加涂层，渗透层，隔离层或聚合物防腐砂浆抹面等。建筑物接近地面或受干湿交替，冻融循环的部位，也是通常腐蚀破坏明显的部位，这些部位首先破坏，影响结构物整体使用及安全，因此应重点防护，以达到耐久的目的。

5.5.2~5.5.4 在明确基本原则的基础上，为防止硫酸盐的物理，化学破坏和氯盐对钢筋的电化学腐蚀作用，在设计、选材及制定综合防腐蚀方案时，设计者需全盘考虑，制定出技术可靠，经济合理的防腐蚀措施。

在 GB 50046—95 和 GB 50021—94 及一些地方法规中，均规定在腐蚀环境中的钢筋砼需要最低水泥用量，最大水灰比及最小保护层厚度，这是因为这三项指标是保证砼具有一定密实性的起码要求，在混凝土密实的基础上掺加钢筋阻锈剂或复合防腐剂，对大多数以氯盐为主同时含有一定量的硫酸盐的环境，可以达到长期防腐蚀的目的，在更严酷的条件下，需考虑选用外防腐涂层。

6 施 工

6.1 防水措施

6.1.1~6.1.2 调查表明，有相当一部分工程是在施工过程中就已溶陷。所以，规定要求图纸明确提出对雨水和施工用水的防渗漏要求。施工时间安排和工序搭接要考虑出现水害可能，采取预防措施。通常，土建工种与其他专业工种不协调，造成基坑长时间不能回填或者填挖频繁交替，不仅浪费人力物力，拖延工期，而且可能对建筑物地基造成直接或潜在危害。因此，应引起足够重视。

6.1.3 表 6.1.3 的最小净距是根据现场调查和浸水试验结果规定的，如果现场条件允许，可适当再远一些，更偏于安全。

6.1.4 尽可能不用现场挖出的盐渍土回填。回填时，在土中可掺其他材料，以提高地基防水能力。

6.1.5 施工、试验（如浸水试验）的临时用水管道，历来疏于检查验收，漏水现象十分普遍，因此规定要打压检验。临时用水的排水问题也不容忽视。施工验收范围，要扩大到整个防水监护区，这是针对过去的教训而规定的。

6.2 防腐措施

6.2.1 材料含盐量的控制，砖中含盐量的控制指标是参照新疆地区相关规定和实际经验中盐析情况制定的。砂中盐含量，其中氯盐是参照日本和我国海上工程相关规定制定的，硫酸盐（ SO_4 ）是参照有关规范关于水、土中的有害量和英国资料中认为 SO_4 进入砼中的量 $>0.4\%$ （水泥重量）可能产生危害而制定的，目前，国内尚无相关 SO_4 在砂中限量的明确规定，施工用水则应保证为无腐蚀或弱腐蚀。

6.2.2 因盐渍土本身已具腐蚀性，故要求不再掺入氯盐，硫酸盐作为砼外加剂等是十分必要的。否则钢筋砼结构将受到内、外盐侵蚀，造成更大危害。

6.2.3 防止盐渍土的腐蚀破坏，除设计采取措施外，特别重要的是土建工程质量和防腐施工质量。在一定条件下，施工质量起着决定性作用，因此，对施工质量的严格把关和严格遵守有关规定规程、规范是十分重要的。

7 检查与维护

7.0.1 大部分溶陷和腐蚀的危害是在使用过程中发生的，因此，一整套行之有效的定期检查、维护和管理制度是必不可少的。对每一个用水的环节，都不能有“三不管”空白点。

鉴于过去发生溶陷和腐蚀危害的经验教训，生产和使用部门专设用水安全检查员的经验是值得推广的。

经验表明，仅依靠基建部门防水是不够的，但是基建部门应该把用水安全作为自己的一个重要职责，在选厂、设计、施工和使用维护中，自始至终密切配合各有关方面做好防水、排水和防腐安全措施，特别是在交付使用以后，也要严格执行本规定的要求，确保建筑物安全使用。

7.0.2~7.0.6 为保证建筑物安全的各项防水、防腐检查措施，应该形成规章制度，在任何情况下均应严格执行。

7.0.7 为了查明使用期间因漏水而造成的盐渍土浸水范围，可采用本条所列的手段。瑞利波速试验方法是较简便可靠的，已在青海盐渍土地区成功应用。