

# 黄骅发电厂一期 陆域软基处理真空预压监测及效果

神华黄骅港务有限责任公司 孙宝昌  
大连理工大学土木水利学院 王宝民

## 工程概况

黄骅发电厂一期陆域软基处理工程,面积 478990m<sup>2</sup>,陆域地面高程为 5.50m(黄骅港理论基面为准),该区地质条件复杂,软土层变化较大,根据土质情况,该工程采用真空预压法进行地基处理。

### 1、地基处理要求。

处理后的地基(包括原有的淤泥,淤泥质土及吹填土)应满足地基承载力不小于 80kpa 的要求(缓冲煤场地基承载力不小于 120kpa);平均固结度不小于 85%;陆域形成后地面标高 5.5m。

### 2、地质概况。

通过真空预压前钻孔资料披露,该区主要地层自上而下分别描述如下:

1)淤泥质粉质粘土(局部为粉质粘土):灰色,软塑状,中塑性,预压后可塑状,混较多粉土,土质较杂乱、不均匀,为粉质粘土、粉土。

2)淤泥质粘土:灰色,软塑状,高塑性。平均厚度 1.8m。加固后可塑状粘土。

3)粉质粘土:灰色,软塑可塑状,中塑性,混较多粘土,土质不均匀。厚度约 2.0m。加固后为粉质粘土、粘土。

4)淤泥质粘土:灰色,软塑状,高塑性。平均厚度约 1.5m,加固后为粘土。

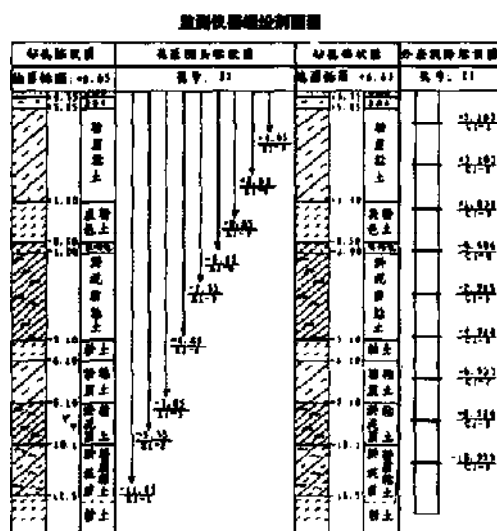
5)粉土:灰色,低塑性,混有粉质粘土,厚度约 0.8m,加固后为粉土。

6)淤泥质土:灰色,软塑可塑状,中塑性,土质不均匀。由粉质粘土、淤泥质粉质粘土及淤泥质粘土组成,呈互层状出现,加固后淤泥质粉质粘土变为粉质粘土,淤泥质粘土变为粘土。

### 3、监测方案。

根据设计要求,在真空预压进行地基处理过程中,布置了监测工作。在铺设 0.4m 水

平砂垫层后打设塑料排水板,长板打设标高为 -12.5m,短板打设标高 +0.5-0.5m。长板间距为 1.5m,在四根长板中间呈梅花形布置打设一根短板。在真空预压荷载 80kPa 条件下,当满足由实测地表沉降曲线推算的固结度大于 85% 和最终连续 10 天实测沉降速率不大于 2.0mm/天两个条件时卸载。



## 监测项目

为监测施工质量,检验地基处理效果,在真空预压进行地基处理过程中,布置了膜下真空度观测、地表沉降观测、分层沉降观测、孔隙水压力观测、侧向位移观测及地下水位观测等监测项目。另外,在真空预压处理前后,分别进行了采取原状土土工试验和现场进行十字板剪切强度测试以进行加固效果对比。

## 数据分析

### 1、地表沉降

加固区内布置地表沉降标 36 个,在真空预压期间,各沉降标平均沉降量为 646.3mm,最大沉降量为 1385mm。

利用地表沉降量,从沉降标的地表沉降~真空度~时间典型曲线上推算最终沉降量,进而计算土体的固结度。由地表沉降标实测曲线推算土体的平均固结度为 94.6%。日平均沉降量小于 2mm,满足设计提出的卸载要求。

### 2、分层沉降

#### 1) 土层的分层沉降量

根据设计要求区内埋设一组分层沉降设备,沿不同深度埋设 9 个磁环(下表 1)给出了真空预压卸载时各磁环的沉降量。

表 1 卸载时各磁环沉降量一览表

磁环编号	磁环深度/m	沉降量/mm	备注
1	0.5	15.000	700
2	1.0	15.000	700
3	1.5	15.000	700
4	2.0	15.000	700
5	2.5	15.000	700
6	3.0	15.000	700
7	3.5	15.000	700
8	4.0	15.000	700
9	4.5	15.000	700

2) 利用分层沉降各土层的沉降量,采用双曲线法进行计算分析,各土层的固结度(如表 2)

计算式如下:  $S_t = S_0 / (1 + U_t)$

$S = S_0 / (1 + U_t)$   $U_t = S_t / S$

其中:  $S_t$  -- t 时刻地基沉降量

$S_0$  -- 满载时地基沉降量

、 -- 待定常数

$t$  -- 从满载起经历的时间

$S$  -- 最终沉降

$U_t$  -- 固结度

利用实测沉降曲线 $S_t$ 与 $t$ 值绘制 $(t \sim t_0)$ 与 $(t \sim t_0) / (S_t \sim S_0)$ 关系曲线,直线段斜率即为。

计算实例:如C1-1磁环、 $t = 100$ 天、 $S_t = 700\text{mm}$ 、 $S_0 = 219\text{mm}$ 、 $U_t = 0.00191$ ,则  
 $S = 219 + 1/0.00191 = 742.56$ ,  $U_t = 700/742.56 = 0.9427 = 94.27\%$

分层沉降固结度表

层号	深度/m	固结度/%	层号	深度/m	固结度/%	层号	深度/m	固结度/%
①	15.100	94.28	④	18.900	94.28	⑦	22.700	94.27
②	16.100	93.46	⑤	19.900	93.74	⑧	23.700	94.10
③	17.100	94.30	⑥	20.900	93.99	⑨	24.700	95.99

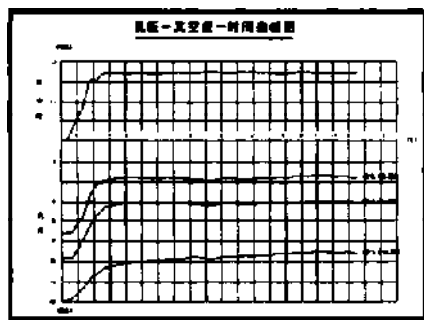
表2 分层沉降固结度表

由表2可见,实测分层沉降曲线推算的固结度大于90%。

### 3、孔隙水压力

本区布置孔隙水压力1组,埋设方法为钻孔埋入法。下图给出了孔隙水压力~真空度~时间关系曲线,在抽真空开始阶段,孔隙水压力消散很快,后期逐渐趋于平缓,变化不大。

在真空荷载作用下,土体中的总应力不变,随着孔隙水压力的逐渐消散,土体的有效应力增加,从而土体固结,强度提高。各土层的物理力学性质、排水通道的畅通与否等诸多因素决定着孔隙水压力的消散程度。从曲线上可以看出,由于土质等条件的不同,各测头的消散速率不一,消散值也有差异。粉土的渗透性强,孔隙水压力消散快,且对真空度反应敏感。粘性土中的孔隙水压力消散



则相对较慢,对真空度的反应相对滞后。

### 4、深层侧向位移

在区中间位置压膜沟外1m的地方,埋

设测斜管1个。目的是观测在加固过程中不同深度土层向加固场地内的水平位移量,根据实测数据分析,开始加载的一段时间内土体位移较大,以后位移速率减小逐渐趋于稳定,位移方向向区内。插板深度内位移较明显,插板深度以下基本无位移。

### 5、地下水位

在区外埋设水位孔1个,目的是观测加固过程中的地下水位降深情况。在开始抽真空阶段水位降深较快,后期逐渐趋于稳定。在整个真空预压期间最大降深约4.66m。

### 6、残余沉降分析

通过固结度分析计算,最终确定在相应的预压荷载下,各沉降标的残余沉降量平均值小于15cm。

表3 加固前后十字板抗剪强度变化对比表

土质	土 层	加固前 抗剪强度(kPa)	加固后 抗剪强度(kPa)
①	淤泥质粉质粘土	14.23	60.47
②	淤泥质粘土	24.91	51.92
③	淤泥质粘土	---	35.15
④	粉质粘土	23.75	60.89
⑤	粉质粘土	32.38	51.33

## 加固效果

### 1、十字板剪切试验强度的变化

在真空预压前后布置2组(4个)十字板孔,预压前后十字板抗剪强度对比可参见表3。

从表3中可以看出,预压后十字板强度增长明显,一般平均增长1.1倍。

### 2、土层物理力学性质变化

真空预压前后共布置原状取土孔2组(4个),采用薄壁取土器压入取样,

进行室内土工试验,加固前后主要土层物理力学指标统计见表4。

从表4中可以看出,表中各层土的物理指标如含水量、孔隙比、液性指数均明显降低,力学强度明显提高。

### 3、标准贯入试验

在十字板试验和原状取土过程中,对部分土层进行标准贯入

表4 加固前后主要土层物理力学指标

土质	土 层	含水量				孔隙比				液性指数				物理力学指标			
		加固前	加固后	变化率	标准差	加固前	加固后	变化率	标准差	加固前	加固后	变化率	标准差	加固前	加固后	变化率	标准差
①	淤泥质粉质粘土	30.0	26.7	-11.0	1.0	1.05	0.81	-16.2	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
②	淤泥质粘土	33.1	27.5	-16.6	1.5	1.2	0.9	-25.0	0.2	0.9	0.9	0.2	1.2	0.9	0.9	0.2	0.2
③	淤泥质粘土	40.0	30.0	-25.0	2.0	1.5	1.0	-33.3	0.3	1.0	1.0	0.3	1.5	1.0	1.0	0.3	0.3
④	粉质粘土	26.1	20.7	-20.7	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
⑤	粉质粘土	30.2	25.1	-16.9	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
⑥	粉质粘土	30.2	25.1	-16.9	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
⑦	粉质粘土	26.2	20.7	-20.7	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
⑧	粉质粘土	30.2	25.1	-16.9	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1
⑨	粉质粘土	30.2	25.1	-16.9	1.0	0.8	0.8	-23.0	0.1	0.8	0.8	0.1	1.0	0.8	0.8	0.1	0.1

试验,加固前后其标贯击数对比参见表5。

表5 加固前后部分土层标贯值对比表

土质	土 层	加固前 标贯值	加固后 标贯值	变化率	标准差
①	淤泥质粉质粘土	3	5	66.7	1.0
②	粉 土	7	12.5	78.6	1.0
③	淤泥质粘土	2	5	150	1.0
④	粉 土	10	18	80	1.0
⑤	粉 土	21	30	43	1.0

从表中可以看出,各层土的标贯击数均有所增长,但深部土层增长幅度较小,尤其是第 层粉土几乎无增长。

预压前后的检测结果表明:

在黄骅地区加固后土层物理力学性质明显改善,物理指标明显降低,力学指标明显增大。其中含水量平均降低近20%,抗剪强度平均增长1.1倍。真空预压方法在黄骅港吹填土造陆软基处理工程中效果显著。 CST