大型煤气柜地基变形破坏治理

赖正发　王晓楠
（有色昆明勘察设计研究院，昆明，650051）

提　要　通过通海氮肥厂大型煤气柜地基变形破坏治理成功实例，介绍了复合基础综合治理的原理、设计、施工等技术。

一　引　言

通海氮肥厂3万吨合成氨技改工程中主要构筑物之一的煤气柜，为封闭圆筒式薄壁钢结构，高约18.5m，直径约22.5m。基础形式：外部为宽1.80m的环形毛石+混凝土基础，埋深4.3m，内部为宽0.90m的井字形毛石+混凝土基础，埋深1.60m。在1998年4月建成后的首次注水试压过程中，发现外部环形基础断裂成8段，裂缝最大宽度约25mm，基础最大差异沉降约125mm，致使煤气柜不能正常使用。

二　工程条件

1. 地基

建筑场地位于通海县杨广镇，地处通海断陷湖盆的东北边缘，为典型的山脚地带，地势北高南低。通过勘察发现：组成场地的主要岩土层：上部为人工土，下部以第四系冲洪积及残坡风化岩土层为主，大部分钻孔已揭露基岩。

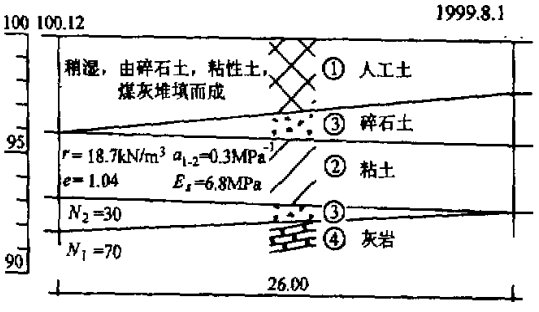


图 1　典型地质剖面图

其中人工土整个场地广泛分布，厚度2.20~4.10m。典型地质剖面见图1。

2. 基础

基础形式外部为宽1.80m的环形毛石+混凝土基础，埋深4.3m，内部为宽0.90m的井字形毛石+混凝土基础，埋深1.60m。设计均要求基底进入本土，但实施时，仅外环基础

落在本土上，而内井基础置于人工土上。基础平面布置见图 2。

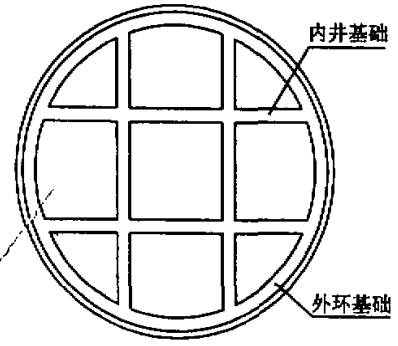


图 2　基础平面布置图

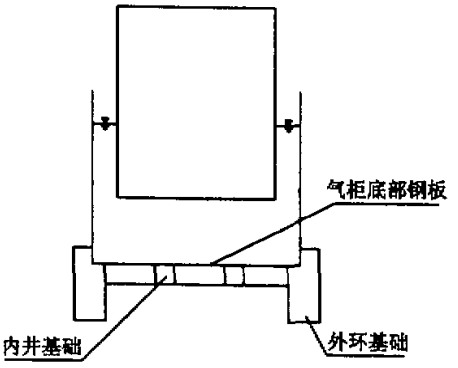


图 3　气柜结构图

3. 上部结构

煤气柜为封闭圆筒式薄壁钢结构，高约 18.5m，直径约 22.5m，属柔性结构，中间气罐漂浮在盛水的钢罐中，最大荷重 36800kN(见图 3)。1998 年 4 月试压过程中，发现外部环形基础最大差异沉降约 125mm，气柜最大倾斜度为 0.556%。

4. 地下水

勘察范围内未见地下水。

三　变形破坏原因

现场调查发现：(1)基础已断裂成 8 段，裂缝最大宽度约 25mm；(2)气柜内部的井字式基础落在人工土上，气柜底部已下沉为锅底状，沉降量约 350mm。另外灌浆成孔时也发现，内部人工土与外部人工土有所不同，由极为松散、含水量较高、孔隙较大的坡积红粘土及粉煤灰组成。由此可知，注水试压时气柜基础破坏，是因为人工土没有按设计要求碾压夯实，地基抗剪能力不足引起较大变形而导致基础破坏。当然人工土的不均匀是气柜倾斜的主要原因。

四　处理设计

根据实际情况，通过分析比较，决定采用先设置外环带+后压力灌浆+再气压灌砂的方法对气柜地基及基础进行治理。该方案主要考虑了以下几个问题：

(1)通过压力灌浆，可以将人工土密实，形成复合地基提高承载力，同时将原有基础的裂缝充填封闭，尽可能使其发挥作用。设计成全部荷载均由复合地基承担。

气柜体重+水重+基础重=36800kN

p=1.2×36800/(π ×11.75^2)

=102kPa

所以经过压力灌浆形成的复合地基的承载力必须大于 100kPa。灌浆点布置如图 4 所示。钻孔深度不小于 5.8m 且深至硬塑状态粘土。

(2)通过设置外环带可以形成“桶箍效应”，将已断裂成 8 段的外环基础补强，以加强基础的整体性。

对于外环带，其最大拉力

$$N = 1/2 \times \int_0^{\pi} pR\sin\alpha d\alpha$$

$= p \times R$=102×11.25=1147.5kN/m

每延米配筋 As =3701mm²

实配 2Φ20@150。外环带截面如图 5 所示。

(3)在首次注水试压中，由于地基抗剪能力不足引起较大变形导致基础破坏，致使气柜底部钢板与原有基础不能完全接触，形成部分空隙，压力灌浆也不能使之完全闭合，使气柜底部钢板受力不均匀产生裂缝而引起渗漏。根据业主治理气柜渗漏方面的经验，为解决均匀接触问题，可采用气压灌砂方法处理。

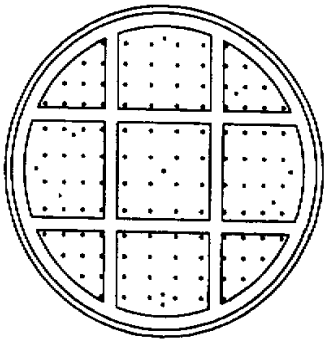


图 4　灌浆孔布置图

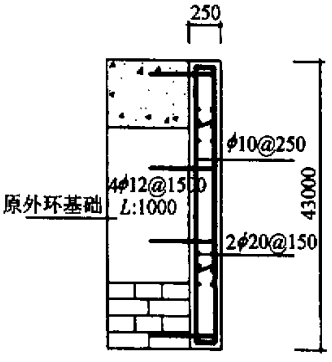


图 5　外环带结构图

五　治理施工

1. 变形观测

埋设基准点，在气柜外环基础周边均匀布置 6 个观测点，用以观测变形。

2. 外环带施工

沿外环基础外侧，开挖出宽 1m 的环形操作坑，挖至原有基础底面(约 4m 左右)。将原有基础表面清理干净，再施工钢筋混凝土外环带。操作坑用碎石土分层回填夯实。

3. 灌浆施工

灌浆时采用先外围后内部的顺序及跳孔间隔进行施工。浆料配比为：425 号普通硅酸盐水泥，水灰比 1∶1 左右，灌浆压力为 0.1~0.4MPa。施工时浆体必须充分搅拌均匀，灌浆过程中不停顿地缓慢搅拌，泵送前经过筛网过滤。

灌浆施工自 1998 年 6 月 29 日开始，连续作业，在施工时要求加强自检，局部效果不佳处及时处理，7 月 20 日灌浆施工结束。单孔灌入水泥量 250kg~4800kg，总孔数 121 个，总进尺 715.0m，总灌入水泥量 163.5t。

4. 气压灌砂施工

将干砂炒得高热，通过高压泵灌入气柜钢板底部，充实即可。

六　治理成果

根据检查孔取出土样试验结果，已形成的水泥土多呈坚硬—硬塑状态，少量为可塑状态，人工土的物理力学性质明显改善。水泥土的各项指标如下：

γ=17.7kN/m^3，　ω=36.7%

$a_{1\text{-}2}$=0.63MPa^{-1}，　I_L=0.12

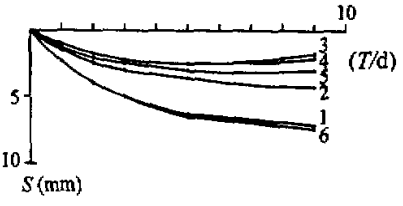


图6　各观测点沉降曲线

可以看出，人工土与水泥浆胶结正常，其抗剪强度已有很大提高。根据经验，待水泥土完全固结，形成结石体后，其承载力可以达到大于 100kPa。

治理后，气柜注水试压，基础沉降及气柜渗漏方面完全达到工程要求，使用至今效果良好。

注水试压时，各观测点的沉降见图 6。

七　结　语

通过先施工外环带+后压力灌浆+再气压灌砂处理，构筑物的传力途径发生改变；经过处理后的人工土+外环内井基础+气柜的底部钢板形成复合基础，落在本土上，传力非常明确，解决了地基变形破坏和气柜渗漏方面的全部问题。

该方案与其它治理方案相比，节约了大量资金和工期，取得了令人满意的治理效果。