

ICS 75—010

P 71

备案号：58661—2017

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 0329—2017

代替 SY/T 0329—2004

大型油罐地基基础检测规范

Code for inspection of large oil tanks foundation

2017—03—28 发布

2017—08—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

大型油罐地基基础检测规范

Code for inspection of large oil tanks foundation

SY/T 0329—2017

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：国家能源局

石油工业出版社

2017 北 京

国家能源局 公 告

2017 年 第 6 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《页岩气 储层改造 第2部分：工厂化压裂作业技术规范》等159项行业标准，其中能源标准（NB）34项、电力标准（DL）39项、石油标准（SY）86项，现予以发布。

附件：行业标准目录（节选）

国家能源局
2017 年 3 月 28 日

附件：

行业标准目录（节选）

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
74	SY/T 0060—2017	油气田防静电接地设计规范	SY/T 0060—2010		2017-3-28	2017-8-1
75	SY/T 0329—2017	大型油罐地基础检测规范	SY/T 0329—2004		2017-3-28	2017-8-1
76	SY/T 0414—2017	钢质管道聚烯烃胶粘带防腐层技术标准	SY/T 0414—2007		2017-3-28	2017-8-1
77	SY/T 0510—2017	钢制对焊管件规范	SY/T 0510—2010		2017-3-28	2017-8-1
78	SY/T 4112—2017	石油天然气钢质管道对接环焊缝全自动超声检测试块	SY/T 4112—2007		2017-3-28	2017-8-1
79	SY/T 4210—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 道路工程	SY 4210—2009		2017-3-28	2017-8-1
80	SY/T 4212—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 高含硫化氢气田集输场站工程	SY 4212—2010		2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
81	SY/T 4213—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 高含硫化氢气田集输管道工程	SY 4213—2010		2017-3-28	2017-8-1
82	SY/T 4214—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 油气田非金属管道工程	SY 4214—2010		2017-3-28	2017-8-1
83	SY/T 4216.1—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 油气输送管道穿越工程 第1部分：水平定向钻穿越			2017-3-28	2017-8-1
84	SY/T 4216.2—2017	石油天然气建设工程施工质量验收规范 油气输送管道穿越工程 第2部分：钻爆隧道穿越			2017-3-28	2017-8-1
85	SY/T 5087—2017	硫化氢环境钻井场所作业安全规范	SY/T 5087—2005		2017-3-28	2017-8-1
86	SY/T 5088—2017	钻井井身质量控制规范	SY/T 5088—2008 SY/T 5172—2007		2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
87	SY/T 5092—2017	钻井液用降滤失剂 磺化褐煤 SMC	SY/T 5092—2002		2017-3-28	2017-8-1
88	SY/T 5094—2017	钻井液用降滤失剂 磺甲基酚醛树脂 SMP	SY/T 5094—2008		2017-3-28	2017-8-1
89	SY/T 5153—2017	油藏岩石润湿性测定方法	SY/T 5153—2007		2017-3-28	2017-8-1
90	SY/T 5326.2—2017	井壁取心技术规范 第2部分：钻进式	SY/T 6792—2010		2017-3-28	2017-8-1
91	SY/T 5398—2017	石油天然气交接计量站计量器具配备规范	SY/T 5398—1991		2017-3-28	2017-8-1
92	SY/T 5431—2017	井身结构设计方法	SY/T 5431—2008		2017-3-28	2017-8-1
93	SY/T 5445—2017	石油机械制造企业安全生产规范	SY 5445—2010		2017-3-28	2017-8-1
94	SY/T 5454—2017	井中地震资料采集技术规程 (双语版)	SY/T 5454—2010 SY/T 6686—2007		2017-3-28	2017-8-1
95	SY/T 5483—2017	常规地层测试技术规程	SY/T 5483—2005		2017-3-28	2017-8-1
96	SY/T 5674—2017	油田生产井井史编制方法	SY/T 5674—1993		2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
97	SY/T 5678—2017	钻井完井交接验收规则	SY/T 5678—2003		2017-3-28	2017-8-1
98	SY/T 5679—2017	钻井液用降滤失剂 褐煤树脂 SPNH	SY/T 5679—1993		2017-3-28	2017-8-1
99	SY/T 5695—2017	钻井液用降黏剂 两性离子聚 合物	SY/T 5695—1995		2017-3-28	2017-8-1
100	SY/T 5696—2017	钻井液用包被剂 两性离子聚 合物	SY/T 5696—1995		2017-3-28	2017-8-1
101	SY/T 5856—2017	油气田电业带电作业安全规程	SY 5856—2010		2017-3-28	2017-8-1
102	SY/T 5965—2017	油气探井钻井地质设计规范	SY/T 5965—2003		2017-3-28	2017-8-1
103	SY/T 6137—2017	硫化氢环境天然气采集与处理 安全规范	SY 6137—2012 SY 6779—2010 SY 6780—2010		2017-3-28	2017-8-1
104	SY/T 6156—2017	气枪震源使用技术规范（双语 版）	SY/T 6156—2010		2017-3-28	2017-8-1
105	SY/T 6178—2017	水淹层测井资料处理与解释 规范	SY/T 6178—2011		2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
106	SY/T 6268—2017	油井管选用推荐作法	SY/T 6288—2007 SY/T 6268—2008		2017-3-28	2017-8-1
107	SY/T 6277—2017	硫化氢环境人身防护规范	SY/T 6277—2005 SY 6504—2010 SY 6781—2010		2017-3-28	2017-8-1
108	SY/T 6315—2017	稠油油藏高温相对渗透率及驱油效率测定方法	SY/T 6315—2006		2017-3-28	2017-8-1
109	SY/T 6344—2017	易燃和可燃液体防火规范	SY/T 6344—2010	NFPA 30 : 2012, MOD	2017-3-28	2017-8-1
110	SY/T 6355—2017	石油天然气生产专用安全标志	SY 6355—2010		2017-3-28	2017-8-1
111	SY/T 6423.7—2017	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第7部分：无缝和焊接铁磁性钢管表面缺欠的磁粉检测		ISO 10893-5 : 2011, IDT	2017-3-28	2017-8-1
112	SY/T 6423.8—2017	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第8部分：无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全周自动超声检测		ISO 10893-10 : 2011, IDT	2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
113	SY/T 6429—2017	海洋石油生产设施消防规范	SY 6429—2010		2017-3-28	2017-8-1
114	SY/T 6430—2017	浅海石油起重船舶吊装作业安全规范	SY 6430—2010		2017-3-28	2017-8-1
115	SY/T 6439—2017	石油地质实验室样品管理规定	SY/T 6439—2000		2017-3-28	2017-8-1
116	SY/T 6451—2017	探井测井资料处理与解释规范	SY/T 6451—2010		2017-3-28	2017-8-1
117	SY/T 6476—2017	管线钢管落锤撕裂试验方法	SY/T 6476—2013	API RP 5L3 : 2014, MOD	2017-3-28	2017-8-1
118	SY/T 6477—2017	含缺陷油气管道剩余强度评价方法	SY/T 6477—2014		2017-3-28	2017-8-1
119	SY/T 6478—2017	油管和套管表面镀层技术条件	SY/T 6478—2000		2017-3-28	2017-8-1
120	SY/T 6544—2017	油井水泥浆性能要求	SY/T 6544—2010		2017-3-28	2017-8-1
121	SY/T 6569—2017	油气田生产系统经济运行规范 注水系统	SY/T 6569—2010		2017-3-28	2017-8-1
122	SY/T 6601—2017	耐腐蚀合金管线管	SY/T 6601—2004	API Spec 5LC : 2015, MOD	2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
123	SY/T 6610—2017	硫化氢环境井下作业场所作业安全规范	SY/T 6610—2014		2017-3-28	2017-8-1
124	SY/T 6611—2017	石油定量荧光录井规范	SY/T 6611—2011		2017-3-28	2017-8-1
125	SY/T 6632—2017	海洋石油安全警示标志	SY/T 6632—2005		2017-3-28	2017-8-1
126	SY/T 6641—2017	固井水泥胶结测井资料处理及解释规范	SY/T 6641—2006		2017-3-28	2017-8-1
127	SY/T 6684—2017	气田商业评估技术要求	SY/T 6684—2007		2017-3-28	2017-8-1
128	SY/T 6771—2017	人工岛总图及岛体结构技术规范	SY/T 6771—2010 SY/T 4097—2010		2017-3-28	2017-8-1
129	SY/T 6777—2017	滩海石油人工岛安全规则	SY/T 6777—2010		2017-3-28	2017-8-1
130	SY/T 6783—2017	石油工业计算机病毒防范管理规范	SY/T 6783—2010		2017-3-28	2017-8-1
131	SY/T 6834—2017	石油企业用变频调速拖动系统节能测试方法与评价指标	SY/T 6834—2011		2017-3-28	2017-8-1
132	SY/T 6835—2017	油田热采注汽系统节能监测规范	SY/T 6835—2011		2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
133	SY/T 7318.3—2017	油气输送管特殊性能试验方法 第3部分：全尺寸弯曲试验			2017-3-28	2017-8-1
134	SY/T 7354—2017	本安型人体静电消除器安全规范			2017-3-28	2017-8-1
135	SY/T 7355—2017	油品采样测温用安全规范			2017-3-28	2017-8-1
136	SY/T 7356—2017	硫化氢防护安全培训规范			2017-3-28	2017-8-1
137	SY/T 7357—2017	硫化氢环境应急救援规范			2017-3-28	2017-8-1
138	SY/T 7358—2017	硫化氢环境原油采集与处理安全规范			2017-3-28	2017-8-1
139	SY/T 7359—2017	稀有气体同位素比值测定方法			2017-3-28	2017-8-1
140	SY/T 7360—2017	钙质超微化石分析鉴定方法			2017-3-28	2017-8-1
141	SY/T 7361—2017	稀有气体分离与组分含量分析 四极杆质谱法			2017-3-28	2017-8-1
142	SY/T 7362—2017	海相碳酸盐岩油气区带评价技术规范			2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
143	SY/T 7363—2017	黄土地区油气输送管道线路设计规范			2017-3-28	2017-8-1
144	SY/T 7364—2017	多年冻土地区油气输送管道工程设计规范			2017-3-28	2017-8-1
145	SY/T 7365—2017	油气输送管道并行敷设技术规范			2017-3-28	2017-8-1
146	SY/T 7366—2017	油气输送管道工程水域开挖穿越设计规范			2017-3-28	2017-8-1
147	SY/T 7367—2017	石油天然气工程建设卫星定位测量规范			2017-3-28	2017-8-1
148	SY/T 7368—2017	穿越管道防腐层技术规范			2017-3-28	2017-8-1
149	SY/T 7369—2017	纤维增强塑料管在油田环境中相容性试验方法		NACE TM0298: 2003, MOD	2017-3-28	2017-8-1
150	SY/T 7370—2017	地下储气库注采管柱选用与设计推荐做法			2017-3-28	2017-8-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
151	SY/T 7371—2017	石油钻井合理利用网电技术 导则			2017-3-28	2017-8-1
152	SY/T 7372—2017	微地震地面监测技术规程			2017-3-28	2017-8-1
153	SY/T 7373—2017	陆上地震勘探数字检波器通用 技术规范（双语版）			2017-3-28	2017-8-1
154	SY/T 7374—2017	地层元素测井仪（双语版）			2017-3-28	2017-8-1
155	SY/T 7375—2017	多频核磁共振测井仪（双语 版）			2017-3-28	2017-8-1
156	SY/T 7376—2017	导流能力测量仪			2017-3-28	2017-8-1
157	SY/T 7377—2017	钻井液设计规范			2017-3-28	2017-8-1
158	SY/T 7378—2017	油气藏三维定量地质模型建立 技术规范			2017-3-28	2017-8-1
159	SY/T 10017—2017	海底电缆地震资料采集技术 规程	SY/T 10017—2011		2017-3-28	2017-8-1

前 言

根据《国家能源局关于下达 2015 年能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2015〕283 号)文件的要求,本规范编制组结合近年来石油和化工行业大型油罐的地基基础检测工程实践,经广泛调查研究,认真总结经验,参考有关国内外先进标准和先进技术,并在广泛征求意见的基础上,修订本规范。

本规范共分为 8 章和 2 个附录,主要技术内容是:总则、术语、基本规定、换填地基、夯实地基、复合地基、桩基础、压实基础等。

本规范修订的主要技术内容是:

- 1 增加了大型油罐换填地基检测技术规定。
- 2 增加了大型油罐夯实地基检测技术规定。
- 3 增加了大型油罐复合地基检测技术规定。
- 4 增加了大型油罐桩基础检测技术规定。
- 5 增加了大型油罐压实基础检测技术规定。
- 6 删除了核子仪检测方法、环刀法、灌砂法、灌水法、钻芯法检测大型油罐基础的章节。
- 7 K_{30} 试验方法操作要点由规范正文调整为附录 A。
- 8 增加了附录 B 复合地基静载荷试验要点。

本规范由国家能源局负责管理,由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理,由中国石油管道局工程有限公司(原中国石油天然气管道工程有限公司)负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国石油管道局工程有限公司(地址:河北省廊坊市和平路 146 号,邮政编码:065000),以供今后修订时参考。

本规范主编单位：中国石油管道局工程有限公司（原中国
石油天然气管道工程有限公司）

本规范参编单位：中国石油工程建设公司华东环境岩土工
程分公司

中国石油集团工程设计有限责任公司北
京分公司

中冀石化工程设计有限公司

本规范主要起草人员：代云清 郭书太 徐华文 王玉洲
陈情来 于景军 高剑锋 李成刚
孙 岳 石磊彬 王海鹏 常 亮
许 杰 刘振谦 张景铁 郭宝申

本规范主要审查人员：王治军 郑玉刚 李艳华 姜 龙
胡树林 荆少东 刘小鹏 龙永新
杨俊伟 孔庆业 赵洪元 王利刚
吴胜元 朱文久 李书华 韩雷凯
贾金鸿

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	换填地基	6
4.1	一般规定	6
4.2	检测数量	6
4.3	评价标准	6
5	夯实地基	8
5.1	一般规定	8
5.2	检测数量	8
5.3	评价标准	8
6	复合地基	9
6.1	一般规定	9
6.2	检测数量	9
6.3	评价标准	11
7	桩基础	12
7.1	一般规定	12
7.2	检测数量	13
7.3	评价标准	13
8	压实基础	14
8.1	一般规定	14
8.2	检测数量	14
8.3	评价标准	14
附录 A	K_{30} 试验方法操作要点	16

附录 B 复合地基静载荷试验要点 20

标准用词说明 24

引用标准名录 25

附：条文说明 26

参考文献 50

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
4	Cushion ground	6
4.1	General requirements	6
4.2	Test quantity	6
4.3	Evaluation standard	6
5	Rammed ground	8
5.1	General requirements	8
5.2	Test quantity	8
5.3	Evaluation standard	8
6	Composite foundation	9
6.1	General requirements	9
6.2	Test quantity	9
6.3	Evaluation standard	11
7	Pile foundation	12
7.1	General requirements	12
7.2	Test quantity	13
7.3	Evaluation standard	13
8	Compacted foundation	14
8.1	General requirements	14
8.2	Test quantity	14
8.3	Evaluation standard	14
Appendix A	Key points for test on K_{30}	16

Appendix B	Key points for load test on composite foundation	20
Explanation of wording in this code		24
List of quoted standards		25
Addition ; Explanation of provisions		26
References		50

1 总 则

1.0.1 为了统一大型油罐地基基础检测技术要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境、数据准确、评价正确，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油和化工行业容积 $1 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 15 \times 10^4 \text{m}^3$ 钢制储罐的地基基础检测。油罐容积大于 $15 \times 10^4 \text{m}^3$ 的储罐地基基础检测可参照本规范执行。

1.0.3 大型油罐地基基础检测除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 天然地基 **natural ground**

未经人工处理的天然土（岩）地基，分为天然土地基和天然岩石地基。

2.0.2 人工地基 **artificial ground**

经过人工处理形成的地基，包括换填地基、夯实地基、复合地基等。

2.0.3 换填地基 **cushion ground**

用稳定性好的土、石等材料换填浅层软弱土层或不均匀土层，并夯压密实后形成的地基。

2.0.4 夯实地基 **rammed ground**

反复将夯锤提到一定高度使其自由落下，给地基以冲击和振动能量，将地基土密实处理或置换形成密实墩体的地基，夯实地基包括强夯地基和强夯置换地基。

2.0.5 复合地基 **composite ground**

部分土体被增强或被置换，形成由地基土和增强体共同承担荷载的人工地基。

2.0.6 砂石桩复合地基 **composite ground with sand-gravel columns**

将碎石、砂或砂石混合料挤压入已成的孔中，形成密实砂石竖向增强体的复合地基。

2.0.7 水泥粉煤灰碎石桩复合地基 **composite ground with cement-flyash-gravel piles**

由水泥、粉煤灰、碎石等混合料加水拌合在土中灌注形成竖向增强体的复合地基。

2.0.8 水泥土桩复合地基 **composite ground with cement columns**

以水泥作为固化剂的主要材料，通过深层搅拌机械，将固

化剂和地基土强制搅拌形成增强体的复合地基。

2.0.9 灰土桩复合地基 composite ground with compacted soil-line columns

用灰土填入孔内分层夯实形成增强体的复合地基。

2.0.10 多桩型复合地基 composite ground with multiple reinforcement of different materials or lengths

采用两种及两种以上不同材料增强体，或采用同一材料、不同长度增强体加固形成的复合地基。

2.0.11 桩基 pile foundation

由设置于岩土中的桩和与桩顶连接的承台共同组成的基础或由柱与桩直接连接的单桩基础。

2.0.12 压实基础 compacted foundation

利用碾压设备将油罐环墙内填土分层压实处理而形成的基础。

3 基本规定

3.0.1 大型油罐地基基础检测应综合分析地质条件、地基基础类型、施工质量可靠性、各种检测方法的特点和适用范围等因素，合理选择检测方法、确定检测数量。

3.0.2 大型油罐地基基础分为天然地基、人工地基、桩基础和压实基础。

3.0.3 天然地基基槽开挖到设计标高后，应进行基槽检验。当发现地质条件与勘察报告和设计文件不一致或遇到异常情况时，应结合地质条件提出处理意见。

3.0.4 大型油罐地基基础检测分为地基检测、桩检测、压实基础检测，应根据被检对象的特点，合理选择检测方法，并应符合下列规定：

1 地基基础检测内容应包括强度和变形参数检测。

2 地基检测方法可选择静载荷试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验、土工试验、钻芯法、工程物探等。

3 压实基础检测方法可选择 K_{30} 试验、环刀法、灌砂法、灌水法等。

4 桩检测内容应包括桩身完整性和单桩承载力，桩身完整性检测方法可选择低应变法、高应变法、声波透射法和钻芯法等，单桩承载力检测方法应选择静载荷试验，当有本地区相近条件的对比验证资料时，高应变法可作为单桩竖向抗压承载力验收检测的补充。

5 K_{30} 试验应按本规范附录 A 执行，复合地基静载荷试验应按本规范附录 B 执行，其他检测方法应按引用标准名录中相应规定执行。

3.0.5 检测点的布置应符合下列规定：

- 1 当地质条件变化较大时，宜在岩土特性较差或较复杂的部位布置检测点。
- 2 当对地基的施工质量有异议时，宜在异议部位布置检测点。
- 3 宜在变形较大的罐中心处和变形敏感的环境处布置检测点。
- 4 除上述规定外，尚应符合均匀性和随机性要求。

3.0.6 调查、收集资料宜包括下列内容：

- 1 收集受检测工程的岩土工程勘察资料、地基基础设计及施工资料。
- 2 了解施工工艺和施工中出现的异常情况。
- 3 委托方的具体要求。
- 4 检测项目现场实施的可行性。

3.0.7 检测工作开始前，应编制检测方案，宜包括工程概况、检测内容、检测依据、检测方法、抽样方案、检测数量、检测时间及所需的机械设备和人员配备等内容。

3.0.8 当发现检测数据异常或对检测结果有疑问时，应分析原因，必要时应进行验证检测。

3.0.9 检测使用的计量器具必须经计量检定合格并在检定有效期内。

3.0.10 检测报告应 包括下列内容：

- 1 工程名称，工程地点，建设、监理、勘察、设计和施工单位名称，检测日期。
- 2 工程及场地地质概况。
- 3 检测目的、检测数量和检测依据。
- 4 检测方法和检测仪器设备。
- 5 检测对象的编号、位置和相关施工记录。
- 6 检测数据、实测与计算分析曲线、表格和汇总结果。
- 7 检测结论。

4 换填地基

4.1 一般规定

4.1.1 大型油罐换填地基应采用相同检测方法进行分层检测，并应符合设计要求。

4.1.2 大型油罐换填地基分层检测可采用 K_{30} 试验、环刀法、灌砂法、灌水法等方法；换填施工结束后，应采用静载荷试验检测换填地基质量。

4.1.3 检测点应按均匀布设及现场随机选取的原则确定。

4.1.4 下层检测合格后，方可进行上层施工。

4.1.5 应避开雨天、冰冻天气进行检测试验。

4.2 检测数量

4.2.1 换填地基每层检测点数每 $100\text{m}^2 \sim 300\text{m}^2$ 不应少于 1 个检测点。

4.2.2 静载荷试验每 $500\text{m}^2 \sim 1000\text{m}^2$ 不应少于 1 个检测点，且每个油罐不应少于 3 点。

4.3 评价标准

4.3.1 检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。当无设计要求时，检测结果大于或等于表 4.3.1 中数值为合格，小于为不合格。

表 4.3.1 换填地基压实质量控制标准

地基种类	K_{30} 试验 (MPa/mm)	压实系数	
		环刀法	灌砂和灌水法
碎石	0.20	—	0.94

续表 4.3.1

地基种类	K_{30} 试验 (MPa/mm)	压实系数	
		环刀法	灌砂和灌水法
砂	0.10 ~ 0.12	0.94	0.94
素土	—	0.95	0.95
灰土	—	0.94	0.94

5 夯实地基

5.1 一般规定

5.1.1 夯实地基检测宜在施工结束后间隔一定时间进行。碎石土和砂土强夯处理后的地基检测，间隔时间宜为 7d ~ 14d；粉土和黏性土强夯处理后的地基检测，间隔时间宜为 14d ~ 28d；强夯置换地基检测，间隔时间宜为 28d。

5.1.2 强夯处理地基检测可采用静载荷试验、静力触探试验、标准贯入试验、动力触探试验、土工试验和工程物探等方法，综合确定承载力和变形参数，并应进行均匀性评价。

5.1.3 软黏性土中的强夯置换地基承载力检测应采用单墩静载荷试验；对于其他土质地基，其承载力应通过单墩复合地基静载荷试验确定。

5.1.4 强夯置换地基均匀性检测应采用动力触探等手段查明置换墩着底情况及密度随深度的变化情况。

5.2 检测数量

5.2.1 强夯地基的检测点数量每 300m² 不应少于 1 个检测点，且每个油罐静载荷试验检测点不应少于 3 点。

5.2.2 强夯置换地基的检测点数量不应少于墩点数的 3%，且每个油罐单墩或单墩复合地基静载荷试验数量不应少于墩点数的 1%，且不应少于 3 点。

5.3 评价标准

5.3.1 检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。

6 复合地基

6.1 一般规定

6.1.1 复合地基应进行承载力、变形参数及增强体质量检测。

6.1.2 复合地基检测可采用静载荷试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验、钻芯法、低应变法、土工试验等方法。检测时宜结合工程具体情况选取两种或两种以上检测方法。

6.1.3 复合地基应在施工后间隔一定时间进行检测。当无成熟地区经验时，应符合下列规定：

1 砂石桩复合地基检测对粉质黏土地基的间隔时间可取 21d ~ 28d，对粉土地基可取 14d ~ 21d，对砂土地基不宜少于 7d。

2 水泥粉煤灰碎石桩复合地基承载力检测宜在施工结束 28d 后进行。

3 水泥土桩复合地基检测宜在施工结束 28d 后进行。

4 灰土桩复合地基承载力检测宜在施工结束 14d ~ 28d 进行。

5 多桩型复合地基检测应按各桩型规定的间隔时间执行。

6.2 检测数量

6.2.1 砂石桩复合地基检测应符合下列规定：

1 复合地基承载力检测应采用单桩或多桩复合地基静载荷试验，检测数量不应少于总桩数的 0.5%，且每个油罐不应少于 3 点。

2 复合地基增强体质量检测可采用圆锥动力触探试验，

抽检数量不应少于总桩数的 2%，检测深度不应小于处理地基深度。

3 桩间土检测可采用静载荷试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验或其他原位测试方法，检测数量不应少于总桩数的 2%，检测深度不应小于处理地基深度。

6.2.2 水泥粉煤灰碎石桩复合地基检测应符合下列规定：

1 复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验的数量不应少于总桩数的 1%，且每个油罐复合地基静载荷试验不应少于 3 点。

2 采用低应变法检测桩身完整性，检测数量不应少于总桩数的 20%。

3 当设计要求对桩间土进行检测时，桩间土检测可采用静载荷试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验或其他原位测试方法，检测数量不应少于总桩数的 2%，检测深度不应小于处理地基深度。

6.2.3 水泥土桩复合地基检测应符合下列规定：

1 复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验的数量不应少于总桩数的 1%，且每个油罐复合地基静载荷试验不应少于 3 点。

2 采用钻芯法检测成桩质量和抗压强度，检测数量不应少于总桩数的 2%，且每个油罐不少于 6 根。

3 抗压芯样试件截取，每种地层对应的桩体位置不应少于 1 组；当桩长小于 10m 时，每孔不应少于 2 组，当桩长大于 10m 时，每孔不应少于 3 组。

4 当设计要求对桩间土进行检测时，桩间土检测可采用静载荷试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验或其他原位测试方法，检测数量不应少于总桩数的 2%，检测深度不应小于处理地基深度。

6.2.4 灰土桩复合地基检测应符合下列规定：

1 随机抽样检测夯后桩长范围内灰土的平均压实系数，检测数量不应少于总桩数的 1%，且每个油罐不少于 9 根。

2 抽样检验处理深度内桩间土的平均挤密系数，检测探井

数不应少于总桩数的 0.3%，且每个油罐不少于 3 个。

3 对消除湿陷性工程，除应检测上述内容外，尚应进行现场浸水静载荷试验，试验方法应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定。

4 复合地基静载荷试验检测数量不应少于总桩数的 1%，且每个油罐不应少于 3 点。

6.2.5 多桩型复合地基检测应符合下列规定：

1 多桩型复合地基承载力检测，应采用多桩复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验，检测数量不应少于总桩数的 1%。

2 多桩复合地基静载荷试验数量每个油罐不应少于 3 点。

3 增强体施工质量检测，对于砂土桩可采用圆锥动力触探试验，抽检数量不应少于总桩数的 2%，检测深度不应小于地基处理深度；对于水泥粉煤灰碎石桩采用低应变法检测桩身完整性，检测数量不应少于总桩数的 20%；对于水泥土桩采用钻芯法检测成桩质量和抗压强度，检测数量不应少于总桩数的 2%，且每个油罐不少于 6 根；对于灰土桩随机抽样检测夯后桩长范围内灰土的平均压实系数，检测数量不应少于总桩数的 1%，且每个油罐不少于 9 根。

6.3 评价标准

6.3.1 检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。

6.3.2 复合地基增强体质量应符合设计要求。

7 桩 基 础

7.1 一 般 规 定

7.1.1 基桩检测应进行单桩承载力和桩身完整性检测。

7.1.2 基桩检测开始时间应符合下列规定：

1 当采用低应变法或声波透射法检测时，受检桩混凝土强度不应低于设计强度的 70%，且不应低于 15MPa。

2 当灌注桩采用钻芯法和静载荷试验法进行检测时，受检桩的混凝土龄期应达到 28d，或受检桩同条件养护试件强度应达到设计强度要求。

3 预制桩承载力检测前的休止时间，当无成熟的地区经验时，不应少于表 7.1.2 规定的时间。

表 7.1.2 休止时间

土的类别		休止时间 (d)
砂土		7
粉土		10
黏性土	非饱和	15
	饱和	25

7.1.3 基桩的承载力检测应依据设计确定的基桩受力状态，采用单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验和单桩水平静载试验。

7.1.4 基桩的桩身完整性检测可采用低应变法、高应变法、声波透射法和钻芯法进行检测。

7.1.5 基桩的检测程序应按国家现行标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定执行。

7.2 检测数量

7.2.1 试验桩检测数量应满足设计要求，且在同一条件下不应少于 3 根。

7.2.2 每个油罐混凝土桩的桩身完整性检测数量不应少于总桩数的 30%，且不应少于 20 根；当采用大直径嵌岩桩或大直径灌注桩时，应在上述检测数量范围内按不少于总桩数 10% 的比例采用声波透射法或钻芯法检测。

7.2.3 每个油罐的基桩静载荷试验检测数量不应少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根。

7.3 评价标准

7.3.1 桩身完整性检测结果评价，应判定每根受检桩的桩身完整性类别。桩身完整性分类应符合表 7.3.1 的规定。

表 7.3.1 桩身完整性分类

桩身完整性类别	分类原则
I 类桩	桩身完整
II 类桩	桩身有轻微缺陷，不会影响桩身结构承载力的正常发挥
III 类桩	桩身有明显缺陷，对桩身结构承载力有影响
IV 类桩	桩身存在严重缺陷

7.3.2 基桩承载力检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。

8 压实基础

8.1 一般规定

8.1.1 大型油罐压实基础应采用相同检测方法进行分层检测。

8.1.2 压实基础的压实系数检测宜根据填料不同选择合适的检测方法，砂、碎石填料宜选用 K_{30} 试验法，素土、灰土、砂土宜选用环刀法、灌砂法、灌水法。

8.1.3 检测点应按均匀布设及现场随机选取的原则确定。

8.1.4 下层检测合格后，方可进行上层施工。

8.2 检测数量

8.2.1 压实基础每层检测点数应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 大型油罐压实基础分层检测数量

序号	罐基础直径 (m)	检测数量
1	25 ~ 49	5 ~ 9
2	50 ~ 59	9 ~ 13
3	60 ~ 89	13 ~ 17
4	90 ~ 100	17 ~ 23

注：直径小者取低值，大者取高值，中间可插值。

8.2.2 检测点应在罐基础中心布置 1 个，其余各点均匀布设。

8.3 评价标准

8.3.1 检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。当无设计要求时，检测结果大于或等于表 8.3.1 中数值为合格，小于为不合格。

表 8.3.1 压实基础压实质量控制标准

基础种类	K_{30} 试验 (MPa/mm)	压实系数	
		环刀法	灌砂和灌水法
碎石	0.20	—	0.94
砂	0.10 ~ 0.12	0.94	0.94
素土	—	0.95	0.95
灰土	—	0.94	0.94

8.3.2 有设计要求时压实基础检测结果符合设计要求判定为合格，不符合设计要求判定为不合格。

附录 A K_{30} 试验方法操作要点

A.0.1 K_{30} 试验检测方法属平板静力载荷试验。用以测定地基土在外力作用下产生单位变形所需的应力，也称弹性抗力系数或地基反力系数。它反映承压板下 1.5 ~ 2.0 倍承压板直径深度范围内地基强度、变形的综合性状。

A.0.2 本试验适用于各类材料的压实填土，特别是碎石或粗粒土的压实质量检测。

A.0.3 试验仪器设备应符合下列规定：

1 承压板应具有足够的刚度，为直径 300mm、厚度 25mm 的圆形钢板。

2 测力装置的仪器应具有出厂产品的质量检验合格证，并进行定期检验和标定。仪器使用后应及时保养，注意防雨、防潮、减少震动。

3 加荷装置为 5t ~ 10t 的千斤顶，其反力应大于施加在承压板上的最大载荷 10kN。

4 沉降装置应采用不少于 2 只百分表或电子数显百分表，其精度不应低于 $\pm 0.01\text{mm}$ ，并配有可调式固定支架。

A.0.4 现场试验装置应按下列步骤进行（如图 A.0.4 所示）：

1 将承压板放置于测点处，并保持与地面接触良好和水平，必要时可铺设 3mm ~ 5mm 的干燥砂。

2 安放加荷千斤顶，应与承压板中心一致，千斤顶上部对准反力支点。

3 安装好百分表或电子数显百分表，使其位于压板同一直径的两端，并与载荷板中心保持等距，沉降观测固定支架应设在不受变形影响的位置。

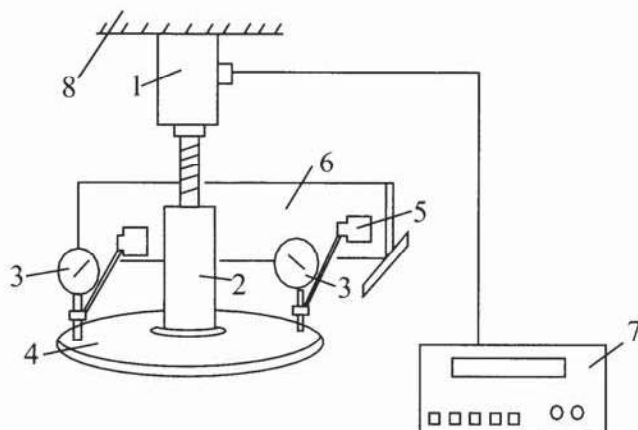


图 A.0.4 K_{30} 试验装置

1—压力传感器；2—加荷千斤顶；3—百分表；4—承压板；
5—百分表支架；6—沉降观测固定支架；7—仪器主机；8—反力装置

A.0.5 K_{30} 试验加载应按下列步骤进行试验：

1 为稳固承压板，预先加 10kPa 荷载，保持约 30s，待稳定后卸除荷载，将百分表读数调到零或读取百分表读数作为下沉量的初始读数。

2 以 40kPa 的增量，逐级加荷，每施加一级荷载，需待沉降稳定后，方可再施加下一级荷载。

3 每级荷载，当 1min 的下沉量不大于该级荷载总下沉量的 1%，即可认为已达稳定。

A.0.6 当出现下列情况之一时，可终止试验：

- 1 总下沉量超过试验规定的基准值 (5mm)。
- 2 荷载强度超过承载力设计值的 1.5 倍，而承压板稳定沉降量小于或等于 5mm 时。
- 3 已达到地基屈服点，即荷载与沉降关系出现明显的陡降。

A.0.7 K_{30} 值可按下列公式计算：

- 1 当总下沉量达到或超过 5mm 时采用下式计算：

$$K_{30} = \frac{P_5}{S_5} \quad (\text{A.0.7-1})$$

式中： K_{30} ——由直径 300mm 的承压板测得地基反力系数 (MPa/mm)；

P_5 ——当下沉量 $S=5\text{mm}$ 时所对应的荷载强度 (MPa) ;

S_5 ——沉降量, 取 5mm 。

2 当试验已达到承载力设计值的 1.5 倍, 承压板稳定沉降量小于或等于 5mm 时采用下式计算 :

$$K_{30} = \frac{P_p}{S_p} \quad (\text{A.0.7-2})$$

式中 : P_p ——相当于承载力设计值的荷载强度 (MPa) ;

S_p ——与 P_p 相对应的稳定沉降量 (mm)。

A.0.8 现场试验记录参见表 A.0.8, 现场 K_{30} 试验所得的各项数据和资料, 均应整理、检查、分析, 确认无误后方可进行成果报告的编制。

表 A.0.8 K_{30} 载荷试验记录表

工程名称 :							
试验点编号 :				仪器型号 :			
罐位编号 :		试验方位 :			传感器系数 :		
垫层标高 :		试验点位 :			试验日期 :		
加荷等级	加荷时间 (min)	力传感器读数 ($\mu\epsilon$)	荷载强度 (MPa)	沉降量			备注
				百分表读数 (mm)			
				左	右	平均	
计算沉降量 : mm				K_{30} : MPa/mm			

试验人 : _____

校核人 : _____

A.0.9 试验成果报告应包括下列内容：

- 1 文字部分应包括工程概况、设计要求、试验方法及使用仪器设备和检测质量评价。
- 2 图件部分包括试验点平面位置图、基础垫层分层图、检测成果表、荷载强度与沉降关系曲线图。

附录 B 复合地基静载荷试验要点

B.0.1 本试验要点适用于单桩复合和多桩复合地基载荷试验。

B.0.2 复合地基静载荷试验用于测定承压板下应力主要影响范围内复合土层的承载力和变形参数。复合地基静载荷试验承压板应具有足够刚度。单桩复合地基静载荷试验的承压板可用圆形或方形，面积为一根桩承担的处理面积；多桩复合地基静载荷试验的承压板可用方形或矩形，其尺寸按实际桩数所承担的处理面积确定。桩的中心或形心应与承压板中心保持一致，并与荷载作用点相重合。

B.0.3 承压板底面标高应与桩顶设计标高相适应。承压板底面以下宜铺设 50mm ~ 150mm 中、粗砂垫层，桩身强度高时取大值。试验标高处的试坑宽度和长度不应小于承压板尺寸的 3 倍。基准梁及加荷平台支点或锚桩宜设在试坑以外。

B.0.4 试验前应采取措施，避免冰冻、浸水等，保持试验土层的天然结构和湿度。当试验标高低于地下水位时，应先将地下水位降低到略低于试验标高后再进行开挖，待试验设备安装后使地下水恢复到原水位再开始试验。

B.0.5 试验的反力装置可采用锚桩法或堆载法。当采用堆载法加载时应符合下列规定：

- 1 堆载支点施加于地基的压应力不宜超过地基承载力特征值的 1.5 倍。
- 2 堆载的支墩位置以不对试桩或基准桩的测试产生较大影响确定，无法避免时可采取有效措施。
- 3 当堆载量较大时，可利用工程桩作为堆载支点。
- 4 试验反力装置的承重能力应满足试验加载要求。
- 5 压重宜在检测前一次加足，并均匀稳固地放置于平台

上。当支墩反力不足时，基于安全考虑亦可分两到三次压重，但确保堆荷过程中加荷量值稳定。

B.0.6 试验性施工检测的复合地基静载荷试验应采用慢速维持荷载法。慢速维持荷载法试验应符合下列规定：

1 加载等级可分为 8 ~ 12 级。试验前应进行预载，预载量宜为上覆土自重，且预压荷载不应大于总加载量的 5%。最大加载压力不应小于预估极限承载力或设计要求承载力特征值的 2 倍。

2 每加一级荷载后第一小时内按 5min, 15min, 30min, 45min, 60min 读记承压板沉降量一次，以后每 0.5h 读记一次。当 1h 内沉降量小于 0.1mm 时，即可加下一级荷载，对于淤泥质土等软土地基，当 1h 内沉降量小于 0.25mm 时，可加下一级荷载。每级加荷过程中应保持加荷量值的稳定。

3 卸载级数可为加载级数的一半，等量进行，每卸一级，间隔 0.5h，读记回弹量，待卸完全部荷载后间隔 3h 读记总回弹量。

B.0.7 施工验收检测的复合地基静载荷试验宜采用慢速维持荷载法。当有成熟的地区经验时，可采用快速维持荷载法。快速维持荷载法试验应符合下列规定：

1 加载等级可分为 8 ~ 12 级。最大加载压力不应小于设计要求承载力特征值的 2 倍。

2 每级荷载施加维持 1h，按第 5min, 10min, 15min, 30min 测读承压板沉降量，以后每隔 15min 测读一次。测读时间累积为 1h 时，若最后时间间隔的沉降量与相邻 15min 时间间隔的沉降量相比未明显收敛时，应延长维持荷载时间，直至沉降增量趋于收敛。试验的最后一级应达到慢速维持荷载法的稳定标准。

3 卸载级数为加载级数的一半，每级荷载维持 15min，按第 5min, 15min 测读沉降量后即可卸下一级荷载。卸载至零后，应测读残余沉降量，累计测读时间 1h，测读时间为第 5min，

15min, 30min, 以后每隔 15min 测读一次。

B.0.8 当出现下列现象之一时可终止试验：

- 1 沉降急剧增大, 土被挤出或承压板周围出现明显的隆起。
- 2 承压板的累计沉降量已大于其宽度或直径的 10%。
- 3 当达不到极限荷载, 而最大加载压力已达到设计要求承载力值的 2 倍。
- 4 在某级荷载作用下承压板的沉降量大于前一级荷载的 2 倍, 且经过 24h 尚未稳定, 同时累计沉降量达到载荷板宽度或直径的 7% 以上。

B.0.9 复合地基承载力特征值的确定应符合下列规定：

1 当压力—沉降 ($P-S$) 曲线能确定极限荷载, 而其值不小于对应的比例界限的 2 倍时, 应取该比例界限所对应荷载值; 当其值小于对应比例界限的荷载值的 2 倍时, 应取极限荷载值的一半。

2 当压力—沉降 ($P-S$) 曲线是平缓的光滑曲线时, 可按下列相对变形值确定：

- 1) 相对变形值等于承压板沉降量与承压板宽度或直径的比值, 其中当承压板宽度或直径大于 3.0m 时, 可按 3.0m 计算。
- 2) 对砂石桩复合地基, 桩间土以黏性土为主时, 可取相对变形值等于 0.02 所对应的压力; 桩间土以粉土或砂土为主时, 可取相对变形值等于 0.015 所对应的压力。
- 3) 对灰土挤密桩复合地基, 可取相对变形值等于 0.008 所对应的压力。
- 4) 对水泥粉煤灰碎石桩复合地基, 当桩间土以卵石、圆砾、密实粗中砂为主时, 可取相对变形值等于 0.008 所对应的压力; 当桩间土以黏性土、粉土为主时, 可取相对变形值等于 0.01 所对应的压力。

- 5) 对水泥土桩复合地基，可取相对变形值等于 0.008 所对应的压力。
- 6) 对有经验的地区，也可按当地经验确定相对变形值。
- 7) 按相对变形值确定的承载力特征值不应大于最大加载压力的一半。

B.0.10 复合地基变形模量的确定应按现行国家标准《钢制储罐地基处理技术规范》GB/T 50756 的有关规定执行。

B.0.11 参加统计的试验点的数量不应少于 3 点，当满足其极差不超过平均值的 30% 时，设计时可取其平均值为复合地基承载力特征值。当极差超过平均值的 30% 时，应分析原因，增加试验点数量或取低值作为复合地基承载力特征值。

标准用词说明

1 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，非这样做不可的用词：

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做的用词：

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做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025

《钢制储罐地基处理技术规范》GB/T 50756

《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

中华人民共和国石油天然气行业标准

大型油罐地基基础检测规范

SY/T 0329—2017

条 文 说 明

修 订 说 明

《大型油罐地基基础检测规范》SY/T 0329—2017，经国家能源局 2017 年 3 月 28 日以第 6 号公告批准发布。

本规范是在《大型油罐基础检测方法》SY/T 0329—2004 的基础上修订而成的，上一版主编单位是中国石油天然气管道工程有限公司，主要起草人员是陈连成、许杰、陈瑞光、郭书太、刘振谦、邢燕生、张景铁、郭宝申。本次修订的主要技术内容是：

- 1 增加了大型油罐换填地基检测技术规定。
- 2 增加了大型油罐夯实地基检测技术规定。
- 3 增加了大型油罐复合地基检测技术规定。
- 4 增加了大型油罐桩基础检测技术规定。
- 5 增加了大型油罐压实基础检测技术规定。
- 6 删除了核子仪检测方法、环刀法、灌砂法、灌水法、钻芯法检测大型油罐基础章节。
- 7 K_{30} 检测方法由规范正文调整为附录 A。
- 8 增加了附录 B 复合地基静载荷试验要点。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国石油化工大型油罐地基基础检测中针对不同类型地基与基础的检测方法、各种方法检测数量以及检测质量评价标准，同时参考了国内外相关行业的先进技术法规和技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，本规范编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依

据以及在执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与本规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握本规范规定的参考。

目 次

1	总则	30
2	术语	31
3	基本规定	32
4	换填地基	35
4.1	一般规定	35
4.2	检测数量	38
4.3	评价标准	39
5	夯实地基	40
5.1	一般规定	40
5.2	检测数量	41
5.3	评价标准	41
6	复合地基	42
6.1	一般规定	42
6.2	检测数量	43
6.3	评价标准	44
7	桩基础	45
7.1	一般规定	45
7.2	检测数量	46
7.3	评价标准	47
8	压实基础	48
8.1	一般规定	48
8.2	检测数量	48
8.3	评价标准	49

1 总 则

1.0.1 随着我国大规模的基本建设，可用于建设的土地减少，大型油罐建设近些年规划至山区或地形、地质条件复杂地区，需要进行地基基础处理的工程也逐渐增多。为了突出大型油罐地基基础检测的特色，提高地基基础检测技术水平，保证大型油罐的建设质量，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量和保护环境，对目前大型油罐地基基础处理中常用检测方法、检测数量及评价内容等进行规范，使其具有可操作性。

1.0.2 由于大型油罐的底面荷载大，不均匀沉降要求严格，一旦发生事故则损失巨大，因此大型油罐地基基础是否安全成为油罐是否安全的关键一环。大型油罐地基基础施工质量的好坏尤为重要，对地基基础的检测理应从严，但各个单位的地基基础检测方法不一，标准控制不一，因此编制统一的大型油罐地基基础检测方法及检测标准是非常必要的。大于 $15 \times 10^4 \text{m}^3$ 非标准的大型油罐，因设计及构造较为复杂，可根据罐基础的构造确定适宜的检测方法。

储罐介质温度高于 95°C 、低温和储存酸碱腐蚀介质时，罐基础应采取特殊的措施来克服以上不利条件，罐基础的构造也和一般罐基础不同，这类罐基础的检测应根据自身特点来确定测试方法。

1.0.3 本规范只针对大型油罐地基基础检测特点做出规定，本规范中明确规定的，按照本规范执行，没有规定的，可执行国家现行有相关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 本章节对大型油罐常用地基或基础形式的术语进行规定，术语定义与相关规范进行了统一。由于建设场地越来越复杂，岩土条件逐步多样性，大型油罐除选择在地质条件较好的天然地基地区外，为满足工程需要对地基进行处理的情况愈来愈普遍。

2.0.2 大型油罐采用的人工地基形式受本身构筑物特性影响，因此一般采用换填地基、夯实地基、复合地基这几种形式较多，尤其压实基础虽然也是一种人工地基形式，但是在大型油罐中是特有的一种基础形式，所以作为单独术语进行定义。

2.0.12 大型油罐环梁内回填采用的级配碎石、砂需经过分层碾压，习惯称为压实基础，本条术语专指这类经过处理的地基基础。

3 基本规定

3.0.1 地基基础工程质量与地质条件、设计要求、施工因素密切相关。因此应根据检测目的、检测方法的适用范围和特点，结合场地条件，考虑上述各种因素，合理选择检测方法，实现各种方法合理搭配、优势互补，使各种检测方法尽量能互为补充或验证，在达到安全适用的同时，又要体现经济合理性。

3.0.2 本规范将大型油罐地基基础分为地基和基础两部分，天然地基包括天然土地基和天然岩石地基，人工地基本规范中仅包括大型油罐常用的换填地基、夯实地基、复合地基和桩基础，其他类型的处理地基可参照相关规范执行，压实基础作为大型油罐环梁内经常采用的基础形式而单独进行说明。

3.0.3 本条规定明确了天然地基开挖后，应会同业主、勘察、设计、施工以及监理等共同进行基坑验槽，以及出现异常情况时的处理方法，随着大桩径嵌岩桩应用愈来愈广泛，验槽工作也逐步向对嵌岩桩桩端持力层的判定延伸。

3.0.4 本条规定明确了大型油罐地基基础检测内容和检测方法。

地基基础检测内容主要是强度和变形参数检测，强度指标主要指天然地基、处理地基以及桩基等承载力特征值；变形参数主要指变形模量、压缩模量、剪切模量等，强度和变形参数应根据设计或业主要求，选择适合的检测方法进行检测，提供准确可靠的检测数据。

单桩承载力检测方法应首选静载荷试验，在可采用高应变法检测单桩承载力的省份，且有相近条件的对比验证资料时，方可选用该方法作为单桩竖向抗压承载力验收检测的补充。

本规范中列出的地基基础检测方法是大型油罐地基基础常用的检测方法，实际工作中可选用不限于本规范的其他有效检

测方法，但应满足设计等提出的技术要求并应符合相关的技术标准规范。

本规范中列出的地基基础检测方法均为常用的方法，技术方法相对成熟，故附录中未进行一一列举， K_{30} 试验应按本规范附录 A 执行，复合地基静载荷试验应按本规范附录 B 执行，处理后的地基静载荷试验宜参照国家现行标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 相关条款执行；静力触探试验、圆锥动力触探试验、标准贯入试验宜参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关条款执行；钻芯法宜参照国家现行标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 相关条款执行；环刀法、灌砂法、灌水法等宜参照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 相关条款执行。

3.0.5 本条规定明确了检测点位布置应遵循的原则，重点强调检测点应布置在地质条件较差的地段、施工质量存在异议的部位以及罐中心和变形敏感的环境处，在满足上述条件后，检测点应均匀随机布置。

3.0.6 本条规定明确了在开展检测工作前应进行的准备工作，强调了现场调查和资料收集，检测技术人员应了解检测对象及环境条件，为编制科学合理的检测方案和检测工作顺利开展奠定基础。

3.0.7 本条规定明确了在开展检测工作前，应根据现场调查和收集的资料编制有针对性的、可实施的检测方案，同时也明确了检测时间和仪器、人员配备。

3.0.8 本条规定了检测数据异常处理办法，着重强调了在查找分析原因后，必要时应重新验证检测。验证检测是用准确可靠程度或直观性高的检测方法来弥补或复核准确可靠程度低的检测方法结果的不确定性。例如：

- 1 可采用平板静载荷试验验证标准贯入试验、静力触探试验、圆锥动力触探试验确定地基承载力。

- 2 低应变检测出的浅部缺陷，可进行开挖验证其缺陷程度

及位置。

3 桩身完整性判定为Ⅲ类的桩或原位测试检测出的相对软弱区域，可采用静载荷试验的方法验证桩或地基的承载力。

4 当对检测结果有怀疑时，也可在原检测点附近或原受检桩上采用同种方法重新进行检测。

3.0.9 本条规定了检测过程中所有使用的计量器具应送到法定计量检定单位进行定期检定，且在现场检测时必须在检定的有效期内，以保证检测数据的准确可靠性和量值溯源。

3.0.10 本条规定了检测报告应包括的内容，重点在实测与计算分析曲线、表格等，检测结论应明确。

4 换填地基

4.1 一般规定

4.1.1 为便于质量控制，对于同一层填土的压实效果应采用相同的方法进行检测，并应使上下相邻两层填土的检测点位置不重叠。当同时采用两种及以上检测方法时，应评价各种方法之间的相关性，并经设计确认后使用。

4.1.2 大型油罐换填地基质量检验包括分层施工质量检查和工程质量检测验收，验收标准见表 1。

表 1 换填地基验收标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定的方法
	2	配合比	设计要求		按拌和时的体积
	3	压实系数	满足本规范第 4.3.1 条或设计要求		现场实测
一般项目	1	石灰粒径	mm	≤ 5	筛分法
	2	土（砂石）中有机质含量	%	≤ 5	试验室焙烧法
	3	砂石料含泥量	mm	≤ 5	水洗法
	4	土颗粒粒径	mm	≤ 15	筛分法
	5	含水量（最优含水量）	%	± 2	烘干法
	6	分层厚度偏差（与设计要求比较）	mm	± 50	水准仪

环刀法只能用于测定不含砾石颗粒的细粒土的密度。此方法操作简便而准确，是室内外普遍采用的一种有效方法。灌砂

法一般在现场应用，是利用事先准备好的均匀颗粒的标准砂，由一定高度下落到规定容积的筒或坑内，按其单位重量不变的原理来测定试坑的容积。灌砂法只适用于测定试样粒径不大于 50mm 的土。灌水法适用于测定粗粒土的密度及压实度的检测，为施工现场检测粗粒土密实度的主要手段之一。 K_{30} 试验法适用于砂土或级配碎石密实度检测。

环刀法、灌砂法及灌水法试验方法应按照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 中的相关规定执行。

对粉质黏土、灰土、砂石、粉煤灰垫层的施工质量，可选用环刀取样、静力触探、轻型动力触探或标准贯入试验等方法进行检验；对碎石、矿渣垫层的施工质量，可采用重型动力触探试验等进行检验。压实系数可采用灌砂法、灌水法或其他方法进行检验。换填施工结束后，应采用静载荷试验检测换填地基质量。

当采用其他方法，如载荷试验、贯入仪、标准贯入试验、动力触探试验、静力触探试验等进行检验时，必须首先通过现场试验，在达到设计要求压实系数的换填试验区内，测得标准的贯入深度或击数，然后再以此作为控制施工压实系数的标准，进行施工质量检验。利用传统的贯入试验进行施工质量检验，必须在有经验的地区通过对比试验确定检验标准，再在工程中实施。

载荷试验、贯入仪、标准贯入试验、动力触探试验、静力触探试验等方法在检测实践中，应用极其广泛，方法成熟，在不同的地区积累了很多经验，并早已为广大同仁认可和掌握。在现行规范中也被广泛使用（如《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012），因此，在这里提出了这些方法，工程实践中应针对这些试验方法参照相关标准执行。

填土压实质量宜按 200mm ~ 500mm 分层进行检验，或视施工机械按照表 2 确定。

表 2 填土压实分层厚度表

施工设备	每层铺填厚度 (mm)
平碾 (8t ~ 12t)	200 ~ 300
羊足碾 (5t ~ 16t)	200 ~ 350
振动碾 (8t ~ 15 t)	500 ~ 1200
冲击碾压 (冲击势能 15kJ ~ 25kJ)	600 ~ 1500

在压实填土的施工过程中，壳牌公司规范《储罐基础和罐区场地准备及土方工程规范》DEP-34-11-00-11-GEN (Site preparation and earthworks including tank foundations and tank farms) 第 5.5.5 条规定取样检验分层土的厚度按照 0.3m 分层。

国内规范取样检验分层时，土的厚度一般情况下按 200mm ~ 500mm 分层进行检验 (《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 第 10.2.3 条、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 第 4.3.2 条、《广东省标准建筑地基基础检测规范》DBJ 15-60—2008 第 3.2.6 条以及四川和重庆规范)，本规范结合目前广泛使用的施工机械类型，为在工程实践中简便易行，增加了表 2 内容。

除在换填施工过程中应进行分层检验外，施工结束后，尚应对整个换填垫层进行工程质量检测验收。

本规范要求采用静载荷试验检测换填地基质量，检测数量按照本规范第 4.2.2 条进行。静载荷试验方法可参照国家现行标准《岩土静力载荷试验规程》YS 5218、《岩土工程勘察规范》GB 50021 或《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。在有充分试验论据时，也可采用标准贯入试验和静力触探试验进行检测验收。

本条借鉴了壳牌规范，其要求采用静力触探法 (包括荷兰锥 DCPT) 对罐基础整体进行检测 (如图 1 所示)，要求处理后的罐基础整体满足设计要求，要求采用静载荷试验检测换填地

基质量，检测频数依据大罐直径进行。

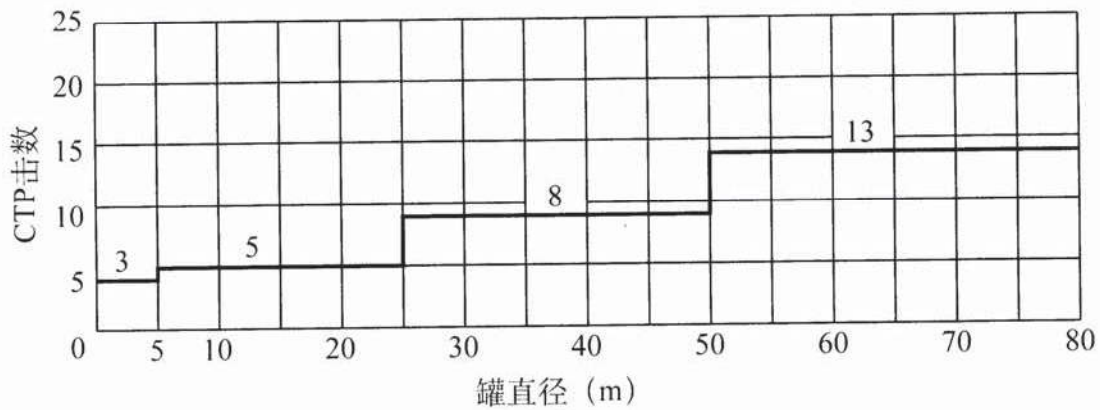


图 1 大罐基础 CPT 检测频数

4.1.3 检测点的布置宜遵循以下原则：

- 1 一般情况下宜在整个大罐基础内均匀布置检测点。
- 2 当大罐基础所处场地地质条件变化较大时，应在较差地段增设检测点。
- 3 当对换填垫层施工质量有异议时，应在有异议部位布置检测点。
- 4 应在大罐中心部位布置检测点。
- 5 检测点的布置宜由建设或监理单位会同勘察、设计、施工及检测单位共同确定。

4.1.4 换填地基必须在每层密实度检验合格后再进行下一层填土的施工。

4.1.5 试验期间，试验面应避免阳光照射、冰冻和雨水侵入，以保持试验土层结构和湿度不变。

4.2 检测数量

4.2.1 对于大型基坑换填地基抽检数量，国内标准一般要求每 $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 内不得少于 1 个检测点，而国外规范（如壳牌规范）对罐基础每层的检测点数明显低于国内标准。因此按照多年的工程经验，本规范将检测数量适当放宽，便于提高施工、检测效率。

4.2.2 为确保载荷试验成果极差不得超过其平均值的 30%，每个油罐基础静载荷试验不应少于 3 点，参照《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 第 C.0.8 条及壳牌规范，实际检测过程中可参照表 3 灵活掌握。

表 3 静载荷试验检测数量表

序号	罐基础直径 (m)	检测数量
1	25	3
2	49	3 ~ 4
3	50	3 ~ 4
4	59	3 ~ 6
5	60	3 ~ 6
6	90	7 ~ 13

4.3 评价标准

4.3.1 换填地基的压实系数是填土地基的重要指标。压实填土的最大干密度的测定，有室内试验和现场试验两种。室内试验应严格按照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定进行，轻型和重型击实设备应严格限定其使用范围。

以细颗粒土作填料的压实填土，一般采用环刀取样检验其质量。对于以岩石碎屑为主的粗粒土填料，目前存在一些不足，实验室击实试验值偏低而现场小坑灌砂或罐水法所得值偏高，导致压实系数偏高较多。应在现场对土料做不同击实功下的击实试验，根据土料性质取不同含水量，采用灌水法和灌砂法测定其密度，并按其最大干密度作为控制干密度。

对于换填地基的压实系数，参照国家现行标准《石油化工钢制储罐地基与基础施工及验收规范》SH/T 3528 提出最小要求，如果设计要求高于表内控制值，应满足设计要求。

5 夯实地基

5.1 一般规定

5.1.1 经强夯和强夯置换处理的地基，其强度是随着时间增长而逐步恢复和提高了，因此，夯实地基检测宜在施工结束间隔一定时间后方能进行。其间隔时间根据土的性质而定。

5.1.2 强夯处理后的地基检测，除静载荷试验为必须进行检测项目外，其他检测项目应根据地质条件的适用性选用，由于检测方法的局限性，单一的检测方法往往不能合理准确地确定和评价地基处理效果，因此宜在同一检测点采用两种或两种以上的方法进行检测，以便于相互补充和验证。工程物探方法可作为一种辅助检测评价手段，可与其他原位测试方法的结果验证后使用，根据近些年的工程实践，强夯处理地基最常用的物探方法是瑞雷波法，对于强夯处理后的地基均匀性有较好的评价效果，也有单位根据载荷试验结果，对瑞雷波速度值根据经验公式进行拟合，推算出强夯处理后的地基土承载力，弥补静载荷试验数量不足的问题。

5.1.3 对软黏土中的置换墩不考虑墩间土的承载力，主要原因是：第一，淤泥或流塑软土中强夯置换国内有个别不成功的先例，为安全起见，须等有足够工程经验后再进行修正，以利于此法的推广应用；第二，某些国内工程因单墩承载力已够，而不再考虑墩间土的承载力；第三，强夯置换法在国外亦称为“动力置换与混合”法，因为墩体填料为碎石或砂砾时，置换墩形成过程中大量填料与墩间土混合，越浅处混合的越多，因而墩间土已非原来的土而是一种混合土，含水量与密实度改善很多，可与墩体共同组成复合地基，但目前由于对填料要求与施工操作尚未规范化，填料中块石过多，混合作用不强，墩间的淤泥

等软土性质改善不够，因此不考虑墩间土的承载力较为稳妥。

5.2 检测数量

5.2.1 根据《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 第 6.3.14 条的规定，强夯地基均匀性的检测点数量对于重要建筑地基，每 300m² 不少于 1 个检测点，且不少于 3 点；强夯地基承载力载荷试验检测点数量对于简单场地上的一般建筑，每个建筑地基载荷试验点不应少于 3 点，对于复杂场地和重要建筑地基应增加检测点。考虑到均匀性检测方法同时也可作为承载力的检测方法，因此本条将均匀性检测点和承载力检测点的数量做了统一规定，同时规定了静载荷试验点数量的最低限。

5.2.2 本条规定了采用动力触探等手段进行强夯置换地基的均匀性检测点数量的最低要求，同时又规定了静载荷试验点数量的最低限。

5.3 评价标准

5.3.1 夯实地基依据罐型、容积和岩土性质结合施工工艺，设计要求对夯实地基承载力特征值、地基变形参数有不同要求，检测评价应以此为评判依据。

6 复合地基

6.1 一般规定

6.1.1 承载力和变形参数是复合地基主要评价内容，其是否满足设计要求直接影响到地基基础的设计；增强体质量是复合地基承载力的重要保障和支撑，其完整性、强度等是评价复合地基处理效果的重要依据；桩间土检测应根据设计要求进行。

6.1.2 复合地基检测可采用的方法较多，但各检测方法均有其适用性和局限性，检测方法选择主要应考虑下列内容：

1 不同增强体类型检测方法亦不同，如水泥粉煤灰碎石桩宜采用低应变法检测其桩身完整性，水泥土桩宜采用钻芯法检测其桩身强度，砂石桩宜采用圆锥动力触探试验检测其桩身密实度。

2 桩间土根据地质条件应采取不同的检测方法，如软黏土时宜采用静力触探试验，砂土时宜采用标准贯入试验，碎石土时宜采用圆锥动力触探试验。

3 为保证检测结果的可靠性和准确性，必要时可采用多种方法进行对比检测，如同时采用标准贯入试验和静力触探试验检测桩间土，采用单桩复合静载荷试验和多桩复合静载荷试验检测复合地基承载力。

4 当设计有要求时，应评价桩间土物理力学性质，必要时现场应采取土样进行室内土工试验。具体各检测方法的适用范围及目的详见表 4。

6.1.3 考虑间歇时间是因为地基土的密实、土的触变效应、孔隙水压力的消散、水泥或化学浆液的固结等均需有一个期限，施工结束后立即进行检测难以反映地基处理的实际效果。在正式施工前，可设置试验区，在桩周土内埋设孔隙水压力计，监

测超孔隙水压力消散规律，为后续施工检测时间间隔的选取提供依据。当无成熟地区经验时，针对不同复合地基类型和不同地质条件的间歇时间，本规范相应章节也进行了规定。

表 4 复合地基检测方法及检测目的

检测方法	检测目的
增强体单桩竖向抗压静载荷试验	用于检测增强体竖向抗压承载力
复合地基静载荷试验	用于检测单桩复合及多桩复合地基承载力和变形参数
桩间土静载荷试验	用于检测桩间土承载力和变形参数
圆锥动力触探试验	用于散体材料增强体和砂土、碎石土等桩间土检测，评价增强体和桩间土的密实度、均匀性及承载力等
静力触探试验	用于黏性土、粉土、砂土等桩间土检测，分层评价桩间土状态、强度、压缩性、承载力及均匀性等
标准贯入试验	用于黏性土、粉土、砂土等桩间土检测，分层评价桩间土状态、强度、压缩性、承载力及均匀性等，消除液化处理时可用于液化判别
钻芯法	用于检测有粘结强度增强体长度、强度、缺陷及其位置，判定桩身完整性
低应变法	用于检测有粘结强度增强体缺陷及其位置，判定桩身完整性类别
钻孔及室内土工试验	用于检测桩间土物理力学性质，室内土工试验主要包括土的物理性质试验、固结试验、黄土湿陷试验等

6.2 检测数量

6.2.1 ~ 6.2.5 为保证复合地基的质量，在施工结束后一定时间后应对复合地基进行相应的质量检测，并对检测结果进行综合分析评价。这几条结合《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 的相关内容，针对不同类型的复合地基质量检测方法和数量给出相应的规定和要求。

6.3 评 价 标 准

6.3.1 复合地基依据复合桩型、成桩工艺和施工工艺检测评价重点不同，设计要求对复合地基承载力特征值、地基变形参数有不同要求，检测评价应以此为评判依据。

6.3.2 对于大型油罐常用的砂土桩、水泥粉煤灰碎石桩、水泥土桩和灰土桩等几种常用桩型的增强体应进行检测并满足设计要求。

7 桩 基 础

7.1 一 般 规 定

7.1.1 工程桩的承载力和桩身完整性是《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 桩基验收中的主控项目，工程桩的竖向承载力检验是现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 以强制性条文形式规定的必检项目。因工程桩的预期使用功能要通过单桩承载力实现，完整性检测的目的是发现某些可能影响单桩承载力的缺陷，最终仍是为减少安全隐患、可靠判定工程桩承载力服务。所以，基桩质量检测时，承载力和完整性两项内容密不可分，往往是通过低应变完整性普查，找出基桩施工质量问题并得到对整体施工质量的大致估计，而工程桩承载力是否满足设计要求则需通过有代表性的单桩承载力检验来实现。

7.1.2 低应变法和声波透射法的检测内容是桩身完整性，对混凝土强度的要求可适当放宽。但如果混凝土龄期过短或强度过低，应力波或声波在其中的传播衰减加剧，或同一场地由于桩的龄期相差大，声波的变异性增大。因此，对于低应变法或声波投射法的测试，规定桩身混凝土强度应大于设计强度的 70%，并不得低于 15MPa。

钻芯法检测的内容之一是灌注桩的桩身混凝土强度，显然受检桩应达到 28d 龄期或同条件养护试块达到设计强度，如果不是以检测混凝土强度为目的验证检测，也可根据实际情况适当缩短混凝土龄期。桩的承载力检测包含两层含义，即桩身结构承载力和支撑桩结构的地基岩土承载力，桩的破坏可能是桩身结构破坏或支撑桩结构的地基岩土承载力达到了极限状态，多数情况下桩的承载力受后者制约。如果混凝土强度过低，桩

身结构可能产生破坏而地基土承载力尚未完全发挥，桩身产生的压缩量较大，检测结果不能真正反映设计条件下的桩的承载力与桩的变形情况。因此，对于承载力检测，应同时满足地基土休止时间和桩身混凝土龄期（或设计强度）双重规定，若验收检测工期紧，无法满足休止时间规定时，应在检测报告中注明。

7.1.3 大型油罐桩基除了承受较大的竖向力外，往往还承受水平推力和上拔力，因此，基桩的承载力检测除应进行单桩竖向抗压静载试验外，还应根据基桩是否承受水平推力和上拔力相应进行单桩竖向抗拔静载试验和单桩水平静载试验。

7.1.4 桩身完整性检测应在保证准确全面判定的原则上，首选适用、快速、经济的检测方法。当一种方法不能全面判别基桩完整性时，应采用两种或多种检测方法组合进行检测。

7.2 检测数量

7.2.1 本条规定同一条件下的试桩数量不得少于一组 3 根，是保障合理评价试桩结果的最低要求。若实际中由于某些原因不足以为设计提供可靠依据或设计另有要求时，可根据实际情况增加试桩数量。另外，如果施工过程中桩参数发生了较大变化或施工工艺发生了变化，应重新试桩。

7.2.2 本条规定了基桩承载力检测数量的最低限，当施工质量有疑问的桩和局部地基条件出现异常的桩的数量较多时，或为了全面了解整个工程基桩的桩身完整性情况时，宜增加检测数量。

大直径嵌岩桩和大直径灌注桩一般设计承载力高，桩身质量是控制承载力的主要因素；随着桩径的增大，尺寸效应对低应变法的影响加剧，而钻芯法、声波透射法恰好适合于大直径桩的检测（对于嵌岩桩，采用钻芯法可同时钻取桩端持力层岩芯和检测沉渣厚度）。同时，对大直径桩采用组合检测方式，多种方法并举，可以实现低应变与钻芯法、声波透射法之间相互

补充或验证，提高完整性检测的可靠性。

7.2.3 本条规定了基桩承载力检测数量的最低限。当单桩承载力检测结果不满足设计要求时，分析原因并扩大检测。

7.3 评 价 标 准

7.3.1 桩身完整性检测的分类方法依照国家现行标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相关规定执行。

8 压 实 基 础

8.1 一 般 规 定

8.1.2 压实基础的填料以砂和级配碎石方法为主，关于这类压实地基基础的检测方法我国在 20 世纪 80 年代初从国外引进 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 大型油罐设计时即同时引用 K_{30} 试验作为检测方法，同时铁路系统中《铁路工程土工试验规程》TB 10102 对土石混合料的地基系数也是采用 K_{30} 试验方法获取。

8.2 检 测 数 量

8.2.1 本条针对不同大罐直径给出了更加详细的检测数量，以便于工程实践。参照《广东省标准建筑地基基础检测规范》DBJ 15-60—2008 第 3.2.6-2 条、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 第 4.4.3 条、《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 第 10.2.3 条等。由 $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 内不得少于 1 个检测点，可得到表 5。

表 5 国内规范大基坑换填地基分层检测数量

罐基础直径 (m)	检测数量	罐基础直径 (m)	检测数量
25	4.9 ~ 9.8	49	18.8 ~ 37.7
50	19.6 ~ 39.3	59	27.3 ~ 54.7
60	28.3 ~ 56.5	90	63.6 ~ 127.2
>90	63.6 ~ 127.2		

壳牌公司《储罐基础和罐区场地准备及土方工程规范》DEP-34-11-00-11-GEN 第 5.5.5 条规定，环刀法、灌砂法试

验频数按照表 6 执行，对罐基础每层的检测点数明显低于国内标准。

表 6 壳牌规范油罐换填地基分层检测数量

序号	罐基础直径 (m)	检测数量
1	5	3
2	5 ~ 25	5
3	25 ~ 50	9
4	50 ~ 80	13

8.2.2 碎石环梁部位的垫层也应进行检测，检测点宜沿环梁圆周每 25m ~ 30m 布置 1 个检测点达到均匀布置目的。

8.3 评价标准

8.3.1, 8.3.2 大型油罐压实基础部分的填料主要采用级配碎石和砂两种，其评价标准与本规范第 4.3 节换填地基相同。

参 考 文 献

- [1] 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- [2] 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- [3] 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- [4] 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202—
2002
- [5] 《钢制储罐地基基础设计规范》 GB 50473
- [6] 《油气田及管道岩土工程勘察规范》 GB 50568
- [7] 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- [8] 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- [9] 《石油化工钢制储罐地基与基础施工及验收规范》 SH/T
3528
- [10] 《铁路工程土试验规程》 TB 10102
- [11] 《岩土静力载荷试验规程》 YS 5218
- [12] 《广东省标准建筑地基基础检测规范》 DBJ 15—60—
2008
- [13] 《储罐基础和罐区场地准备及土方工程规范》 DEP—34—
11—00—11—GEN