

朱维益 编

建筑安装工程 质量达标 **实施手册**



机械工业出版社
China Machine Press

建筑安装工程质量 达标实施手册

朱维益 编



机械工业出版社

本书汇集了建筑工程质量标准及安装工程（与建筑物有关的工程）质量标准。质量标准中包括材料质量要求、施工要点、工程质量要求及允许偏差等。

本书是根据现行建筑工程施工及验收规范及安装工程施工及验收规范编写的。

建筑工程质量标准中包括：土方与爆破、地基处理、桩基、砌体、模板、钢筋、混凝土、钢结构、木结构、屋面、地下防水、地面、装饰、烟囱、滑模施工、升板结构、玻璃幕墙等工程。

安装工程质量标准中包括：采暖与卫生、通风与空调、1kV 以下电气装置配线、电气照明装置、低压电器安装、起重机电气装置、电梯电气装置等工程。

本书可供广大建筑、安装工程质量管理人员在施工现场检查工程质量时使用，也可作为建筑安装类高等院校师生课外专业读物。

本书编写承刘延文、吴吉杰同志协助。

图书在版编目（CIP）数据

建筑安装工程质量达标实施手册/朱维益编. —北京：机械工业出版社，2001.8

ISBN 7-111-02576-8

I. 建… II. 朱… III. 建筑安装工程—工程质量—质量标准—汇编—中国 IV. TU712-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 042872 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：何文军 版式设计：霍永明 责任校对：李汝庚

封面设计：姚 毅 责任印制：付方敏

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·7.125 印张·273 千字

0 001—4 000 册

定价：19.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

目 录

1 建筑工程质量标准 1

1.1 土方与爆破工程.....	1
1.1.1 挖方.....	1
1.1.2 填方.....	2
1.1.3 基坑(槽)和管沟.....	3
1.1.4 爆破工程.....	5
1.2 地基处理.....	6
1.2.1 换填法.....	6
1.2.2 预压法.....	8
1.2.3 强夯法.....	9
1.2.4 振冲法.....	10
1.2.5 土或灰土挤密桩法.....	12
1.2.6 砂石桩法.....	13
1.2.7 深层搅拌法.....	14
1.2.8 高压喷射注浆法.....	15
1.3 桩基工程.....	16
1.3.1 混凝土灌注桩.....	16
1.3.2 混凝土预制桩.....	19
1.3.3 钢桩.....	22
1.4 砌体工程.....	23
1.4.1 砖砌体.....	23
1.4.2 石砌体.....	25
1.4.3 混凝土小砌块砌体.....	27
1.4.4 加气混凝土砌块砌体.....	29
1.4.5 砌体工程冬期施工.....	30
1.5 模板工程.....	31
1.5.1 模板材料.....	31
1.5.2 模板安装.....	33
1.5.3 模板拆除.....	35
1.6 钢筋工程.....	35
1.6.1 钢筋材质.....	35
1.6.2 钢筋冷拉和冷拔.....	35

1.6.3 钢筋加工.....	37
1.6.4 钢筋焊接.....	37
1.6.5 钢筋机械连接.....	47
1.6.6 钢筋绑扎.....	49
1.6.7 钢筋安装.....	50
1.7 混凝土工程.....	51
1.7.1 普通混凝土.....	51
1.7.2 泵送混凝土.....	57
1.7.3 轻骨料混凝土.....	59
1.7.4 混凝土预制构件.....	62
1.7.5 混凝土冬期施工.....	64
1.8 钢结构工程.....	67
1.8.1 钢结构制作.....	67
1.8.2 钢结构安装.....	81
1.9 木结构工程.....	88
1.9.1 木桁架.....	88
1.9.2 屋面木基层.....	89
1.9.3 木顶棚和隔墙.....	90
1.9.4 木门窗.....	90
1.9.5 细木制品.....	92
1.10 屋面工程.....	93
1.10.1 卷材防水屋面.....	93
1.10.2 涂膜防水屋面.....	95
1.10.3 刚性防水屋面.....	97
1.10.4 屋面接缝密封防水.....	98
1.10.5 保温隔热屋面.....	100
1.10.6 瓦屋面.....	101
1.11 地下防水工程.....	103
1.11.1 防水混凝土.....	103
1.11.2 水泥砂浆防水层.....	105
1.11.3 卷材防水层.....	106
1.11.4 涂料防水层.....	106
1.11.5 金属防水层.....	107

1.11.6	细部构造	107
1.12	地面工程	108
1.12.1	基土	108
1.12.2	垫层	109
1.12.3	找平层	111
1.12.4	隔离层和填充层	111
1.12.5	整体面层	112
1.12.6	板块地面	115
1.12.7	木面层	119
1.13	装饰工程	121
1.13.1	抹灰工程	121
1.13.2	门窗工程	126
1.13.3	玻璃工程	131
1.13.4	吊顶工程	132
1.13.5	隔断工程	134
1.13.6	饰面工程	136
1.13.7	涂料工程	139
1.13.8	裱糊工程	142
1.13.9	刷浆工程	143
1.13.10	花饰工程	144
1.14	烟囱工程	145
1.14.1	基础	145
1.14.2	砖烟囱筒壁	145
1.14.3	钢筋混凝土筒壁	146
1.14.4	内衬和隔热层	148
1.15	滑模施工工程	149
1.15.1	滑模装置	149
1.15.2	滑模施工	150
1.16	升板结构工程	153
1.16.1	柱的施工	153
1.16.2	板的制作	155
1.16.3	板的提升与固定	155
1.16.4	升板结构施工质量	157
1.17	玻璃幕墙工程	157
1.17.1	玻璃幕墙材料	157
1.17.2	玻璃幕墙安装	161
1.17.3	玻璃幕墙工程质量	162

2	安装工程质量标准	165
2.1	采暖与卫生工程	165
2.1.1	室内给水系统安装	165
2.1.2	室内排水系统安装	166
2.1.3	卫生器具安装	168
2.1.4	室内采暖、热水供应系统 安装	170
2.1.5	室外给、排水管网安装	173
2.1.6	室外供热管网安装	175
2.1.7	锅炉及附属设备安装	176
2.2	通风与空调工程	178
2.2.1	金属管道制作	178
2.2.2	非金属通风管道制作	181
2.2.3	部件制作	182
2.2.4	空气处理设备与除尘器 制作	185
2.2.5	风管及部件安装	187
2.2.6	通风与空调设备安装	189
2.2.7	空调制冷系统安装	194
2.3	1kV及以下电气装置 配线工程	196
2.3.1	电气线路与管道间 距离	196
2.3.2	配管	196
2.3.3	配线	198
2.4	电气照明装置工程	203
2.4.1	灯具	203
2.4.2	插座、开关、吊扇、 壁扇	204
2.4.3	照明配电箱(板)	205
2.5	低压电器安装工程	206
2.5.1	低压断路器	206
2.5.2	低压隔离开关、刀开关、 转换开关及熔断器组合 电器	207
2.5.3	住宅电器、漏电保护器及 消防电气设备	207

2.5.4 低压接触器及电动机 起动器	209	2.6.1 滑接线和滑接器	212
2.5.5 控制器、继电器及行程 开关	210	2.6.2 配线	214
2.5.6 电阻器及变阻器	211	2.6.3 电气设备及保护装置	215
2.5.7 电磁铁	211	2.7 电梯电气装置工程	216
2.5.8 熔断器	212	2.7.1 配线	216
2.6 起重机电气装置工程	212	2.7.2 电气设备安装	218
		2.7.3 安全保护装置	219
		参考文献	220

1 建筑工程质量标准

1.1 土方与爆破工程

1.1.1 挖方

永久性挖方边坡坡度应符合设计要求。

使用时间较长的临时性挖方边坡坡度，应根据工程地质和边坡高度，结合当地同类土体的稳定坡度值确定。在山坡整体稳定情况下，如地质条件良好、土（岩）质较均匀，高度在 10m 以内的临时性挖方边坡坡度应按表 1-1 确定。挖方经过不同类别的土（岩）层或深度超过 10m 时，其坡度可作成折线形或台阶形。

表 1-1 使用时间较长的临时性挖方边坡坡度值

土 的 类 别		边坡坡度 (高:宽)
砂土 (不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.5
一般粘性土	坚	1:0.75~1:1
	硬 塑	1:1~1:1.15
碎石类土	充填坚硬、硬塑粘性土	1:0.5~1:1
	充填砂土	1:1~1:1.5

注：1. 使用时间较长的临时性挖方是指使用时间超过一年的临时道路、临时工程的挖方。

2. 岩石边坡坡度应根据岩石性质、风化程度、层理特性和挖方深度确定。

3. 黄土（不包括湿陷性黄土）边坡坡度应根据土质、自然含水量和挖方高度确定。

4. 有成熟施工经验时，可不受本表限制。

土方工程的挖方、填方和场地平整的允许偏差和检验方法应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 土方工程的允许偏差和检验方法

项次	项 目	允许偏差/mm			检 验 方 法
		挖方、填方、场地平整		地面、路面下的地基	
		人工施工	机械施工		
1	表面标高	± 50	± 100	0 ~ - 50	用水准仪检查
2	长 度、宽 度 (由设计中心线向 两边量)	不应偏小	不应偏小	—	用经纬仪、拉线和尺 量检查
3	边坡坡度	表面平整、 不应偏陡	基本成型、 不应偏陡	—	观察或用坡度尺检查
4	平整度	—	—	≤20	用 2m 直尺和楔形塞尺 检查

1.1.2 填方

土方回填基底的处理，应符合设计要求。设计无要求时，应符合下列规定：

1. 基底上的树墩及主根应拔除，坑穴应清除积水、淤泥和杂物等。

2. 在建筑物和构筑物地面下的填方或厚度小于 0.5m 的填方，应清除基底上的草皮和垃圾；

3. 在土质较好的平坦地上（地面坡度不陡于 1/10）填方时，可不清除基底上的草皮，但应割除长草；

4. 在稳定山坡上填方，当山坡坡度为 1/10~1/5 时，应清除基底上的草皮；坡度陡于 1/5 时，应将基底挖成阶梯形，阶宽不小于 1m；

5. 当填方基底为耕植土或松土时，应将基底碾压密实；

6. 在水田、沟渠或池塘上填方前，应根据实际情况采用排水疏干、挖除淤泥或抛填块石、砂砾、矿渣等方法处理后，再进行填土。

永久性填方的边坡坡度应按设计要求施工。

使用时间较长的临时性填方边坡坡度：当填方高度在 10m 以内，可采用 1:1.5；高度超过 10m，可作成折线形，上部采用 1:1.5，下部采用 1:1.75。

填方土料应符合设计要求。如设计无要求时，应符合下列规定：

1. 碎石类土、砂土（使用细、粉砂时应征得设计单位同意）和爆破石碴，可作表层以下的填料；

2. 含水量符合压实要求的粘性土，可作各层填料；

3. 碎块草皮和有机质含量大于 8% 的土，仅用于无压实要求的填方；

4. 淤泥和淤泥质土一般不能用作填料，但在软土或沼泽地区，经过处理含水量符合压实要求后，可用于填方中的次要部位；

5. 含盐量符合表 1-3 规定的盐渍土一般可以使用。但填料中不得含有盐晶、盐块或含盐植物的根茎。

表 1-3 盐渍土按含盐程度分类

盐渍土名称	土层的平均含盐量（重量%）			可 用 性
	氯盐渍土及 亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土	
弱盐渍土	0.5~1	0.3~0.5	—	可用
中盐渍土	1~5 ^①	0.5~2 ^①	0.5~1 ^②	可用
强盐渍土	5~8 ^①	2~5 ^①	1~2 ^②	可用但应采取措施
过盐渍土	>8	>5	>2	不可用

① 其中硫酸盐含量不超过 2% 方可用。

② 其中易溶碳酸盐含量不超过 0.5% 方可用。

碎石类土或爆破石碴用作填料时，其最大粒径不得超过每层铺筑厚度的 $2/3$ （当使用振动碾时，不得超过每层铺筑厚度的 $3/4$ ）。铺填时，大块料不应集中，且不得填在分段接头处或填方与山坡连接处。

填方施工应接近水平地分层填土、压实和测定压实后土的干容重，检验其压实系数和压实范围符合设计要求后，才能填筑上层。填土压实后干容重，应有 90% 以上符合设计要求，其余 10% 的最低值与设计值的差，不得大于 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$ ，且应分散不得集中。采用环刀法取样时，基坑回填每 $20\sim 50\text{m}^3$ 取样一组（每个基坑不少于一组）；基槽或管沟回填每层按长度 $20\sim 50\text{m}$ 取样一组；室内填土每层按 $100\sim 500\text{m}^3$ 取样一组；场地平整填方每层按 $400\sim 900\text{m}^2$ 取样一组。取样部位应在每层压实后的下半部。采用灌砂（或灌水）法取样时，取样数量可较环刀法适当减少。取样部位应为每层压实后的全部深度。

填方每层铺土厚度和压实遍数应根据土质、压实系数和机具性能确定，或按照表 1-4 选用。碾压时，轮（夯）迹应相互搭接，防止漏压。

使用 $8\sim 15\text{t}$ 重的振动平碾压实爆破石碴或碎石类土时，铺土厚度为 $0.6\sim 1.5\text{m}$ ，宜先静压、后振压，碾压遍数应由现场试验而定，一般为 $6\sim 8$ 遍。

表 1-4 填方每层的铺土厚度和压实遍数

压实机具	每层铺土厚度 /mm	每层压实遍数 /遍	压实机具	每层铺土厚度 /mm	每层压实遍数 /遍
平 碾	200~300	6~8	蛙式打夯机	200~250	3~4
羊足碾	200~350	8~10	人工打夯	不大于 200	3~4

碾压机械压实填方时，应控制行驶速度，一般不应超过以下规定：

平碾	2km/h
羊足碾	3km/h
振动碾	2km/h

采用机械填方时，应保证边缘部位的压实质量。填土后，如设计不要求边坡修整，宜将填方边缘宽填 0.5m ；如设计要求边坡整平拍实，宽填可为 0.2m 。

分段填筑时，每层接缝处应作成斜坡形，碾迹重迭 $0.5\sim 1.0\text{m}$ 。上、下层错缝距离不应小于 1m 。

填方工程的允许偏差和检验方法见表 1-2。

1.1.3 基坑（槽）和管沟

基坑（槽）底部的开挖宽度，除基础底部宽度外，应根据施工需要增加工作面、排水设施和支撑结构的宽度。管沟底部开挖宽度（有支撑者为撑板间的净宽），除管道结构宽度外，应增加工作面宽度。每侧工作面宽度应符合表 1-5 的

规定。

表 1-5 管沟底部每侧工作面宽度

管道结构宽度 /mm	每侧工作面宽度/mm		管道结构宽度 /mm	每侧工作面宽度/mm	
	非金属管道	金属管道或砖沟		非金属管道	金属管道或砖沟
200~500	400	300	1100~1500	600	600
600~1000	500	400	1600~2500	800	800

- 注：1. 管道结构宽度：无管座按管身外皮计；有管座按管座外皮计；砖砌或混凝土管沟按管沟外皮计。
2. 沟底需增设排水沟时，工作面宽度可适当增加。
3. 有外防水的砖砌或混凝土沟时，每侧工作面宽度宜取 800mm。

土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，其挖方边坡可作成直立壁不加支撑。挖方深度应根据土质确定，但不宜超过下列规定：

密实、中密的砂土和碎石类土（充填物为砂土）	1m
硬塑、可塑的轻亚粘土及亚粘土	1.25m
硬塑、可塑的粘土和碎石类土（充填物为粘性土）	1.5m
坚硬的粘土	2m

地质条件良好、土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，挖方深度在 5m 以内不加支撑的边坡的最陡坡度应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 深度在 5m 内的基坑（槽）、管沟边坡的最陡坡度（不加支撑）

土 的 类 别	边坡坡度（高:宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的轻亚粘土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（充填物为粘性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的亚粘土、粘土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土（经井点降水后）	1:1.00	—	—

- 注：1. 静载指堆土或材料等，动载指机械挖土或汽车运输作业等。
2. 当有成熟施工经验时，可不受本表限制。

开挖基坑（槽）或管沟不得超过基底标高，如个别地方超挖时，应用与基土相同的土料填补，并夯实到要求的密实度，或用碎石类土填补并夯实。在重要部位超挖时，可用低强度等级混凝土填补。

基坑（槽）回填应在相对两侧或四周同时进行。管沟回填应先在管道周围填土人工夯实，并从管道两边同时进行，直到管顶 0.5m 以上，在不损坏管道的情况下，方可采用机械回填夯实。

基坑（槽）和管沟工程的允许偏差及检验方法应符合表 1-7 的规定。

表 1-7 基坑（槽）和管沟工程的允许偏差及检验方法

项次	项 目	允许偏差/mm		检验方法
		基坑（槽）、管沟	排水沟	
1	底面标高	0～-50	0～-50	用水准仪检查
2	底面长度、宽度 (由设计中心线向两边量)	不应偏小	±100	用经纬仪、拉线和尺量检查
3	边坡坡度	不应偏陡	表面平整、不应偏陡	观察或用坡度尺检查

注：项次第 2 项中，排水沟只检查底面宽度。

1.1.4 爆破工程

炮孔爆破是指装药孔径小于 300mm 的各种炮眼或深孔爆破。其主要参数为：最小抵抗线长度一般为装药直径的 20～40 倍；爆孔间距一般为最小抵抗线长度的 1～2 倍；钻孔深度一般为梯段高度的 0.9～1 倍。采用炮孔爆破开挖基坑（槽）、管沟时，炮孔深度不应超过坑（槽）上口宽度的 0.5 倍，如超过 0.5 倍时，应采用分层爆破。为使边坡稳定、岩面平整，在边坡处宜采用预裂爆破或光面爆破。预裂爆破的炮孔间距一般为炮孔直径的 8～12 倍；光面爆破的炮孔间距一般为炮孔直径的 10～16 倍。光面爆破最小抵抗线长度一般为炮孔间距的 1.2～1.4 倍。

药壶爆破适用于软岩和中等坚硬岩层，炮孔深度为 3～8m。扩壶次数应根据岩石特性确定，扩壶药量应逐次递增，各次药量的重量比一般为：扩壶两次——1:2；扩壶三次——1:2:4；扩壶四次——1:2:4:6。

洞室爆破的药包位置应尽量布置在比较完整的岩层中，药包的最小抵抗线长度与埋设深度之比，一般为 0.6～0.8。横洞药室的堵塞长度，一般不应小于横洞高度或宽度中最大尺寸的 3 倍。靠近平洞口（或竖井口）的药室的堵塞长度，不应小于最小抵抗线长度。

采用炮孔爆破拆除建筑物时，承重墙的炮孔位置距地面不应小于 0.5m；设计爆裂口高度不宜小于该处壁厚的 1.5 倍；炮孔深度一般为构件厚度的 0.65～0.75 倍；炮孔堵塞长度不宜小于最小抵抗线长度。

采用垂直炮孔爆破拆除基础时，如基础较厚应分层爆破，每层厚度不宜超过 1.5m；炮孔深度一般为每层厚度的 0.8～0.9 倍；最小抵抗线长度一般为炮孔深度的 0.5～0.7 倍。

拆除烟囱采用定向倒塌爆破时，应在爆塌方向的烟囱外壁布置炮孔，范围为烟囱外壁周长的 2/3，高度距地面一般为 0.7～1m；设计爆裂口高度应小于烟囱

壁厚的 1.5 倍。

水下爆破的炮孔间距一般为最小抵抗线长度的 0.8~1.5 倍，排距一般为炮孔间距的 0.8~1 倍。超钻深度应较陆上炮孔爆破适当增大。水下裸露爆破的药包间距或排距，一般均为爆破深度的 1~1.5 倍。

爆破工程的允许偏差及检验方法应符合表 1-8 的规定。

表 1-8 爆破工程的允许偏差和检验方法

项次	项 目	允许偏差/mm			检验方法
		场地平整爆破	基坑(槽)或管沟爆破	水下爆破工程	
1	水平标高	+100 -300	0 -200	0 -400	用水准仪检查
2	底面长度、宽度 (由设计中心线向两边量)	-100 +400	-0 +200	0 +1000	用经纬仪、拉线和尺量检查
3	边坡坡度	不应偏陡	不应偏陡	不应偏陡	观察或用坡度尺检查

1.2 地基处理

1.2.1 换填法

换填法是将换填垫层的设计，选择换填材料和夯压施工方法，适用于淤泥、淤泥质土、湿陷性黄土、素填土、杂填土地基及暗沟、暗塘等的浅层处理。

(一) 垫层材料

1. 砂石

应级配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。当使用粉细砂时，应掺入 25%~30% 的碎石或卵石。最大粒径不宜大于 50mm。对湿陷性黄土地基，不得选用砂石。

2. 素土

土料中有机杂质含量不得超过 5%，亦不得含有冻土或膨胀土。当含有碎石时，其粒径不宜大于 50mm。用于湿陷性黄土地基的素土垫层，土料中不得夹有砖、瓦和石块。

3. 灰土

石灰宜用消石灰，其颗粒不得大于 5mm。土料宜用粘性土及塑性指数大于 4 的粉土，不得含有松软杂质，并应过筛，其颗粒不得大于 15mm。灰土配合比宜为 2:8 或 3:7。

4. 工业废渣

应质地坚硬、性能稳定和无侵蚀性。其最大粒径及级配宜通过试验确定。

5. 土工合成材料

可选用由涤纶、尼龙、腈纶、丙纶等高分子化合物经加工后构成的产品，如土工织物、土工膜、土工网、土工格栅、土工垫、土工格室、土工排水带及土工复合材料等。土工合成材料在垫层中受力时延伸率不宜大于4%~5%。当铺设多层土工合成材料时，层间应填以中、粗砾砂或细粒碎石等。

(二) 夯压施工

垫层夯压施工应根据不同换填材料选择施工机械。素填土宜采用平碾或羊足碾；砂石宜用振动碾和振动压实机。当有效夯实深度内土的饱和度小于并接近0.6时，可采用重锤夯实。

垫层的每层铺填厚度及压实遍数可参照表1-9的规定。

表 1-9 垫层的每层铺填厚度及压实遍数

施工设备	每层铺填厚度 /mm	每层压实遍数	施工设备	每层铺填厚度 /mm	每层压实遍数
平碾 (8~12t)	200~300	6~8	振动压实机 (2t, 振动力 98kN)	1200~1500	1.0
羊足碾 (5~16t)	200~350	8~16			
蛙式夯 (200kg)	200~250	3~4	插入式振动器	200~500	—
振动碾 (8~15t)	600~1300	6~8	平板式振动器	150~250	—

重锤夯实的夯锤宜采用圆台形。锤重宜大于2t，锤底面单位静压力宜为15~20kPa，夯锤落距宜大于4m。夯击宜分2~3遍进行，累计夯击10~15次，最后两击平均夯沉量，对砂土不应超过5~10mm，对细颗粒土不应超过10~20mm。

铺设土工合成材料时，土层表面应均匀平整，其端头应固定或回折锚固。搭接联结时，搭接长度宜为300~1000mm；胶结联结时，搭接长度不应小于100mm；并均应保证主要受力方向的联结强度不低于所采用材料的抗拉强度。

为获得最佳夯压效果，宜采用垫层材料的最优含水量作为施工控制含水量。对于素土和灰土，施工含水量宜控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 范围内。对于砂石料可根据不同施工方法按经验控制适宜的施工含水量，即用平板式振动器时可取15%~20%；当用平碾或蛙式夯时可取8%~12%；当用插入式振动器时宜为饱和。

(三) 质量检验

对素土、灰土和砂垫层可用贯入仪检验垫层质量，对砂垫层也可用钢筋检验，并均应通过现场试验以控制压实系数所对应的贯入度为合格标准。压实系数

的检验可采用环刀法等。

垫层的质量检验必须分层进行。每夯压完一层，应检验该层的平均压实系数。当压实系数符合设计要求后，才能铺填上层。

当采用环刀法取样时，取样点应位于每层 $2/3$ 的深度处。对大基坑每 $50 \sim 100\text{m}^2$ 应不少于 1 个检验点；对基槽每 $10 \sim 20\text{m}^2$ 应不少于 1 个点；每个单独柱基应不少于 1 个点。

当采用贯入仪或钢筋检验垫层质量时，检验点间距应小于 4m 。

重锤夯实的质量检验，除按试夯要求检查施工记录外，总夯沉量不应小于试夯总夯沉量的 90% 。

1.2.2 预压法

预压法处理地基分为加载预压法和真空预压法两类。加载预压指的是砂井（或塑料排水带）地基加载预压和天然地基加载预压；加载材料常用砂、石、土料等，对于油罐、水池等可利用其本身的容积进行充水预压。真空预压指的是砂井（或塑料排水带）真空预压。预压法适用于处理淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和粘性土地基。

（一）加载预压法

1. 选择砂井或塑料排水带

砂井分普通砂井和袋装砂井。普通砂井直径可取 $300 \sim 500\text{mm}$ ，袋装砂井直径可取 $70 \sim 100\text{mm}$ 。砂井的平面布置可采用等边三角形或正方形排列。砂井的间距可根据地基上的固结特性和预定时间内所要求达到的固结度确定。砂井深度应根据建筑物地基的稳定性和变形的要求确定。

砂井的砂料宜用中粗砂，含泥量应小于 3% 。砂井的灌砂量，应按井孔的体积和砂在中密时的干密度计算，其实际灌砂量不得小于计算值的 95% 。灌入砂袋的砂宜用干砂，并应灌制密实，砂袋放入孔内至少应高出孔口 200mm 。袋装砂井施工所用钢管内径宜略大于砂井直径。袋装砂井施工时，平面井距偏差应不大于井径，垂直度偏差宜小于 1.5% ，拔管后带上砂袋的长度不宜超过 500mm 。

塑料排水带应具有良好的透水性、足够的湿润抗拉强度和抗弯曲能力。需要接长时，应采用滤膜内芯板平搭接的连接方法，搭接长度宜大于 200mm 。

2. 确定加载的数量、范围、速率和时间

预压荷载的大小应根据设计要求确定，通常可与建筑物的基底压力大小相同。

加载的范围不应小于建筑物基础外缘所包围的范围。

加载速率应与地基土增长的强度相适应，在加载各阶段应进行地基的抗滑稳定计算。

预压时间应根据计算确定。

在加载过程中，应每天进行竖向变形、边桩位移及孔隙压力等项目的观测，根据观测资料严格控制加载速率。竖向变形每天不应超过 10mm，边桩水平位移每天不应超过 4mm。

预压法处理地基必须在地表铺设排水砂垫层，其厚度宜大于 400mm。砂料宜用中粗砂，含泥量应小于 5%，砂料中可混有少量粒径小于 50mm 的石粒。砂垫层的干密度应大于 1.5t/m^3 。在预压区内宜设置与砂垫层相连的排水盲沟，并把地基中排出的水引出预压区。

（二）真空预压法

真空预压法处理地基必须设置砂井或塑料排水带，其直径、间距、排列方式和深度选择同加载预压法中所述。砂井的砂料应采用中粗砂，其渗透系数宜大于 $1 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 。

真空预压的总面积不得小于建筑物基础外缘所包围的面积，每块预压面积宜尽可能大且相互连接。

真空预压的膜下真空度应保持在 79.9932kPa (600mmHg) 以上，压缩土层的平均固结度应大于 80%。

真空预压的抽气设备宜采用射流真空泵，每块预压区至少应设置两台真空泵。真空管路各连接点应严格进行密封。

水平向分布滤水管可采用条状、梳齿状或羽毛状等形状。滤水管设在排水砂垫层中，其上宜有 100~200mm 砂覆盖层。滤水管可采用钢管或塑料管，管外宜围绕铅丝，外包尼龙纱或土工织物等。

密封膜应采用抗老化性能好、韧性好、抗穿刺能力强的不透气材料。密封膜热合时宜用两条热合缝的平搭接，搭接长度应大于 15mm。密封膜宜铺设 3 层，其覆盖周边应密封。

（三）质量检验

对于以抗滑稳定控制的重要工程，应在预压区内选择代表性地点预留孔位，在加载不同阶段进行不同深度的十字板抗剪强度试验和取土进行室内试验，以验算地基的抗滑稳定性，并检验地基的处理效果。

真空预压处理地基除应进行地基变形和孔隙水压力观测外，尚应量测膜下真空度和砂井不同深度的真空度，真空度应满足设计要求。

预压后的地基应进行十字板抗剪强度试验及室内土工试验等，以检验处理效果。

1.2.3 强夯法

强夯法是将很重的锤从高处自由落下，给地基以冲击和振动，从而提高地基

土的强度并降低其压缩性。适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。

(一) 强夯施工

强夯施工宜采用带有自动脱钩装置的履带式起重机。

夯锤重可取 $10 \sim 25\text{t}$ 。其底面应呈圆形，锤底静压力值可取 $25 \sim 40\text{kPa}$ 。锤的底面宜对称设置若干个与其顶面贯通的排气孔，孔径可取 $250 \sim 300\text{mm}$ 。

强夯的单位夯击能，在一般情况下，对于粗颗粒土可取 $1000 \sim 3000\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ ；细颗粒土可取 $1500 \sim 4000\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ 。

夯点的夯击次数，应按现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定，且应同时满足下列条件：

- (1) 最后两击的平均夯沉量不大于 50mm ，当单击夯击能最大时夯沉量不大于 100mm ；
- (2) 夯坑周围地面不应发生过大的隆起；
- (3) 不因夯坑过深而发生起锤困难。

夯击遍数应根据地基土的性质确定，一般情况下，可采用 $2 \sim 3$ 遍，最后再以低能量满夯一遍。

两遍夯击之间应有一定的时间间隔。间隔时间取决于土中超静孔隙水压力的消散时间。也可根据地基土的渗透性确定，对于渗透性较差的粘性土地基的间隔时间，应不少于 $3 \sim 4$ 周；对于渗透性好的地基可连续夯击。

夯击点位置可根据建筑结构类型，采用等边三角形、等腰三角形或正方形布置。第一遍夯击点间距可取 $5 \sim 9\text{m}$ ，以后各遍夯击点间距可与第一遍相同，也可适当减小。

强夯处理范围应大于建筑物基础范围。每边超出基础外缘的宽度宜为设计处理深度的 $1/2$ 至 $2/3$ ，并不宜小于 3m 。

(二) 质量检验

强夯施工结束后应间隔一定时间方能对地基质量进行检验。对于碎石土和砂土地基，其间隔时间可取 $1 \sim 2$ 周；低饱和度的粉土和粘性土地基可取 $2 \sim 4$ 周。

质量检验方法，宜根据土性选用原位测试和室内土工试验。对于重要工程，也可做现场大压板载荷试验。

质量检验数量，对于简单场地上的一般建筑物，每个建筑物地基的检验点不应少于 3 处；对于复杂场地或重要建筑物应增加检验点数。检验深度应不小于设计处理的深度。

1.2.4 振冲法

振冲法分为振冲置换和振冲密实两类。振冲置换是在地基土中制造一群以石

块、砂砾等散粒材料组成的桩体，这些桩与原地基土一起构成复合地基，使承载力提高，沉降减少。振冲密实是利用振动和压力水使砂层发生液化，砂颗粒重新排列，孔隙减少，从而提高砂层的承载力和抗液化能力。

振冲置换法适用于处理不排水抗剪强度不小于 20kPa 的粘性土、粉土、饱和黄土和人工填土等地基。振冲密实法适用于处理砂土和粉土等地基。不加填料振冲密实法仅适用于处理粘粒含量小于 10% 的粗砂、中砂地基。

(一) 振冲置换法

处理范围应大于基础底面面积。对一般地基，在基础外缘宜扩大 1~2 排桩；对可液化地基，在基础外缘应扩大 2~4 排桩。

桩位布置，对大面积满堂处理，宜用等边三角形布置；对独立或条形基础，宜用正方形、矩形或等腰三角形布置。

桩的间距可取 1.5~2.5m。

桩长不宜短于 4m。

在桩顶部应铺设一层 200~500mm 厚的碎石垫层。

桩体材料可用含泥量不大的碎石、卵石、角砾、圆砾等硬质材料。材料的最大粒径不宜大于 80mm。碎石常用粒径为 20~50mm。

桩的直径可按每根桩所用的填料量计算，常为 0.8~1.2m。

振冲施工可用功率为 30kW 的振冲器；水泵的水压可用 400~600kPa，水量可用 200~400L/min。

(二) 振冲密实法

处理范围应大于建筑物基础范围，在建筑物基础外缘每边放宽不得少于 5m。

振冲点宜按等边三角形或正方形布置。间距可取 1.8~2.5m。

填料宜用碎石、卵石、角砾、圆砾、砾砂、粗砂、中砂等硬质材料。每一振冲点所需的填料量随地基土要求达到的密实程度和振冲点间距而定。

振冲施工可用功率为 30kW 的振冲器；水泵的水压可用 400~600kPa，水量可用 200~400L/min。

(三) 质量检验

振冲施工结束后，除砂土地基外，应间隔一定时间方可进行质量检验。对粘性土地基，间隔时间可取 3~4 周；对粉土地基，可取 2~3 周。

振冲桩的施工质量检验可用单桩载荷试验。试验用圆形压板的直径与桩的直径相等。可按每 200~400 根桩随机抽取一根进行检验，但总数不得少于 3 根。对砂土或粉土层中的振冲桩，除用单桩载荷试验外，尚可用标准贯入、静力触探等试验对桩间土进行处理前后的对比检验。

复合地基的处理效果检验，宜用单桩复合地基载荷试验或多桩复合地基载荷试验。检验点应选择在有代表性的或土质较差地段，检验点数量可按处理面积大