

# 高海拔地区建筑工程施工 → 技术指南

中铁建工集团有限公司 严 晗 编著

技术指南

中国铁道出版社有限公司  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

# 高海拔地区建筑工程施工 技术指南

严 晗 编著



中国铁道出版社有限公司

2019年·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

高海拔地区建筑工程施工技术指南/严晗编著. —北京:  
中国铁道出版社有限公司, 2019. 8

ISBN 978-7-113-26003-3

I. ①高… II. ①严… III. ①高原—建筑工程—工程  
施工—指南②寒冷地区—建筑工程—工程施工—指南  
IV. ①TU74-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 131500 号

书 名: 高海拔地区建筑工程施工技术指南  
作 者: 严 晗

策 划: 徐 艳  
责任编辑: 张 瑜  
封面设计: 刘 莎  
责任校对: 苗 丹  
责任印制: 高春晓

编辑部电话: 010-51873017

出版发行: 中国铁道出版社有限公司(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷

开 本: 850 mm × 1 168 mm 1/32 印张: 6.125 字数: 153 千

书 号: ISBN 978-7-113-26003-3

定 价: 30.00 元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

## 前 言

青藏高原(Qinghai-Tibet Plateau)是中国最大、世界海拔最高的高原,被称为“世界屋脊”“第三极”,南起喜马拉雅山脉南缘,北至昆仑山、阿尔金山和祁连山北缘,西部为帕米尔高原和喀喇昆仑山脉,东部及东北部与秦岭山脉西段和黄土高原相接,介于北纬 $26^{\circ}00'$ ~ $39^{\circ}47'$ 、东经 $73^{\circ}19'$ ~ $104^{\circ}47'$ 之间。青藏高原气候总体特点:辐射强烈,属高紫外辐射区,日照多,气温低,积温少,气温随高度和纬度的升高而降低,气温日较差大;干湿分明,多夜雨;冬季干冷漫长,大风多;夏季温凉多雨,冰雹多。青藏高原年平均气温由东南的 $20^{\circ}\text{C}$ 向西北递减至 $-6^{\circ}\text{C}$ 以下,极端高温为 $25^{\circ}\text{C}$ ~ $26^{\circ}\text{C}$ ,极端低温为 $-45^{\circ}\text{C}$ ~ $-36^{\circ}\text{C}$ 。

由于南部海洋暖湿气流受多重高山阻留,年降水量也相应由 $2\,000\text{ mm}$ 递减至 $50\text{ mm}$ 以下。喜马拉雅山脉北翼年降水量不足 $600\text{ mm}$ ,而南翼为亚热带及热带北缘山地森林气候,最热月平均气温 $18^{\circ}\text{C}$ ~ $25^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $1\,000$ ~ $4\,000\text{ mm}$ 。而昆仑山中西段南翼属高寒半荒漠和荒漠气候,最暖月平均气温 $4^{\circ}\text{C}$ ~ $6^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $20$ ~ $100\text{ mm}$ 。日照充足,年太阳辐射总量 $140$ ~ $180\text{ kcal}/\text{cm}^2$ ,年日照总时数 $2\,500$ ~ $3\,200\text{ h}$ 。冰雹日最多,如那曲年冰雹日 $20$ ~ $30\text{ d}$ 。

西宁市位于青海省东北部,青藏高原东北部,地处湟水及三条支流的交汇处,呈东西向条带状,地势西南高、东北低。四周群山怀抱,南有南山,北有北山。地理坐标东经 $101^{\circ}77'$ 、北纬 $36^{\circ}62'$ 。西宁属大陆性高原半干旱气候,年平均日照为 $1\,939.7\text{ h}$ ,年平均气温 $7.6^{\circ}\text{C}$ ,最高气温 $34.6^{\circ}\text{C}$ ,最低气温 $-18.9^{\circ}\text{C}$ ,属高原高山寒温性气候。夏季平均气温 $17^{\circ}\text{C}$ ~ $19^{\circ}\text{C}$ ,气候宜人,是消夏避暑胜地,有“中国夏都”之称。市区海拔 $2\,261\text{ m}$ ,年平均降水量

380 mm,蒸发量 1 363.6 mm,湟水及其支流南川河、北川河由西、南、北汇合于市区,向东流经全市。

德令哈市位于青海省西北部,在地貌单元上分属祁连山地和柴达木盆地。柴达木盆地在大地构造上属秦岭—昆仑—祁连地槽褶皱系的一部分,为中新代凹陷盆地。盆地中心大致沿  $37^{\circ}20'$  (即宗务隆山前地带) 的纬向基底断裂控制了盆地新生构造运动的性质,该断裂线以北的盆地西部和盆地东北部,自第三纪以来,一直缓慢上升,形成主要由第三系和中下更新统砂岩组成的丘陵带。盆地南部剧烈下沉,是第四系的主要堆积场所,厚达 1 200 m,形成由上更新统的近代洪积、冲积及湖积层组成的山前倾斜平原。德令哈市属高原大陆性气候区,具有高寒缺氧、空气干燥、少雨多风、年内四季不分的特点。德令哈市地处青藏高原,日照充足,阳光充沛,日光辐射量为  $160 \sim 175 \text{ kcal/cm}^2$ ,全年日照为 3 554 h。

格尔木市地处欧亚大陆中部,地貌复杂,地形南高北低,由西向东倾斜。昆仑山、唐古拉山横贯全境,山势高峻,气势磅礴。该市居世界屋脊,境内雪峰连绵,冰川广布,冰塔林立,河流纵横,湖泊星罗棋布,为世界之最。唐古拉山主峰格拉丹东雪峰海拔 6 549 m,高峻挺拔,雄伟壮丽,是长江和澜沧江的发源地。盆地地势平坦,沙丘起伏,绿洲陷显,盐湖、碱滩、沼泽众多,其中察尔汗盐湖是世界上最大的盐湖,号称“盐湖之王”。格尔木市辖区属大陆高原气候,少雨、多风、干旱,冬季漫长寒冷,夏季凉爽短促,降雨量年平均仅 41.5 mm,年蒸发量却高达 3 000 mm 以上。日照时间长,年平均高达 3 358 h,光热资源充足。唐古拉山镇辖区属典型高山地貌,气候寒冷,仅有冬夏两季,年平均气温  $-4.2^{\circ}\text{C}$ ,极端高温  $35^{\circ}\text{C}$ ,极端低温  $-33.6^{\circ}\text{C}$ ,无绝对无霜期,年平均降水量 284.4 mm,年蒸发量 1 667 mm。

那曲县境内多山,地势呈西北向东南缓坡状,坡度较为平缓,多数山呈浑圆状,属高原丘陵地形。那曲县属高原亚寒带季风半湿润气候区,平均海拔 4 500 m 以上,高寒缺氧,气候干燥,全年大

风日 100 d 左右,年平均气温为  $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最冷时可达零下三四十摄氏度,全年日照时数为 2 886 h 以上;一年中 5~9 月份相对温暖,年降水量 400 mm 以上。全年没有绝对无霜期,每年 10 月至次年 5 月为风雪期和土壤冻结期,6 月到 8 月为生长期。

拉萨市位于青藏高原的中部,海拔 3 650 m,是世界上海拔最高的城市之一,地势北高南低,由东向西倾斜,中南部为雅鲁藏布江支流拉萨河中游河谷平原,地势平坦。气候属高原温带半干旱季风气候区,年日照时数 3 000 h,比四川省成都市多 1 800 h,比上海市多 1 100 h,在我国各城市中名列前茅,故有“日光城”的美称。拉萨市地处喜马拉雅山脉北侧,受下沉气流的影响,全年多晴朗天气,降雨稀少,冬无严寒,夏无酷暑,属高原温带半干旱季风气候。历史最高气温  $29.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最低气温  $-16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年平均气温  $7.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。降雨量集中在 6~9 月份,年降水量为 200~510 mm。太阳辐射强,空气稀薄,气温偏低,昼夜温差较大,冬春寒冷干燥且多风。年无霜期 100~120 d。

本书针对高海拔地区建筑施工特点,将高寒地区长期施工经验与高寒地区地理、气候特点相结合,从地基与基础、支护结构、高原钢筋、混凝土、防水、屋面、冬季施工、高原绿植及钢结构等领域出发,在构造措施、施工工艺、材料性能几个方面进行深入研究,总结得到高原特有的施工特点和工艺,整理出高海拔寒冷地区建筑工程施工技术指南,力求抛砖引玉、举一反三。

# 目 录

1	高海拔地区地基基础施工 .....	1
1.1	冻土区地基施工 .....	1
1.2	高海拔地区盐渍土路基施工 .....	3
1.3	高原地区风沙地基的防治与施工 .....	4
1.4	砂土地区钻孔灌注桩后注浆施工 .....	6
1.5	高原地区外包布袋混凝土施工 .....	11
1.6	高海拔地区人工挖孔桩施工 .....	17
2	高海拔地区支护技术 .....	25
2.1	预应力锚杆 .....	25
2.2	复合土钉墙 .....	27
2.3	冻结法施工 .....	31
2.4	综合支护 .....	34
2.5	超深基坑支护 .....	38
3	高海拔地区混凝土结构施工 .....	42
3.1	CSA 混凝土超长结构无缝施工 .....	42
3.2	劲性柱混凝土施工 .....	48
3.3	抗腐蚀高性能混凝土施工 .....	52
3.4	发泡混凝土施工 .....	56
3.5	超大超厚超体量混凝土施工 .....	58
4	高海拔地区大跨度铝结构穹顶施工 .....	61
4.1	铝合金穹顶深化设计 .....	61

4.2	施工过程模拟计算分析 .....	62
4.3	穹顶操作平台及安装方案 .....	63
5	高海拔地区钢结构工程施工 .....	65
6	高海拔地区屋面工程施工 .....	73
6.1	改良倒置屋面施工 .....	73
6.2	呼吸式屋面排气系统施工 .....	75
6.3	种植屋面施工 .....	78
6.4	铝镁锰金属屋面施工 .....	81
7	高海拔地区保温工程施工 .....	91
7.1	玻璃纤维板外墙保温施工 .....	91
7.2	聚苯板 + 泡沫玻璃防火隔离带保温施工 .....	94
7.3	外墙、整体式屋面、地面保温施工 .....	98
7.4	无机纤维复合保温材料施工 .....	102
8	高海拔地区防水工程施工 .....	106
8.1	防水卷材施工 .....	106
8.2	防水涂料施工 .....	113
8.3	刚性防水层施工 .....	117
8.4	防渗堵漏 .....	122
9	高海拔地区装饰装修施工 .....	125
9.1	砌筑工程施工 .....	125
9.2	外墙装饰混凝土劈裂砌块施工 .....	128
9.3	民族建筑构配件做法及施工 .....	132
9.4	藏式建筑彩色混凝土施工 .....	135
9.5	高海拔强紫外线地区外墙保温及装饰施工 .....	137

9.6	外墙氟碳漆施工 .....	140
9.7	植物种植施工 .....	144
<b>10</b>	<b>高海拔地区安装工程施工 .....</b>	<b>148</b>
10.1	常规安装新技术 .....	148
10.2	消防新技术 .....	150
10.3	通风空调新技术 .....	151
10.4	铁皮风管防火加强包裹施工 .....	152
10.5	聚丙烯(PP)排水管施工 .....	157
<b>11</b>	<b>高海拔地区绿色施工 .....</b>	<b>161</b>
11.1	大面积绿化施工 .....	161
11.2	风光互补供电技术 .....	163
11.3	太阳能集中供暖技术 .....	167
11.4	自限温电拌热防冻技术 .....	168
11.5	智能控制自动供水技术 .....	170
11.6	SBR 污水处理技术 .....	172
<b>12</b>	<b>高海拔地区冬期施工 .....</b>	<b>176</b>
<b>13</b>	<b>高海拔地区职业健康管理 .....</b>	<b>182</b>
13.1	高原施工医疗卫生保障和高原职业病的诊断分析 防范 .....	182
13.2	鼠疫、病媒措施 .....	184

# 1 高海拔地区地基基础施工

## 1.1 冻土区地基施工

### 1.1.1 总 则

1. 为规范高海拔冻土地区地基施工,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本指南。

2. 本指南适用于一般房屋建筑工程、市政公用工程、公路工程、铁路工程的冻土区地基施工。

3. 冻土地区地基施工除应符合本指南外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

### 1.1.2 术 语

1. 冻土地基:埋藏在冻土层里的地基被称为冻土地基。冻土层分季节冻土和多年冻土两种。

2. 冻胀:土冻结过程中,土中水分(包括外界向冰锋面迁移的水分及空隙中原有的部分水分)冻结成冰,形成冰层、冰透镜体、多晶体冰晶等形式的冰侵入体,引起土颗粒的相对移动,使土体产生不同程度的扩张现象。

3. 融沉变形:融沉又称热融沉陷,是指土中过剩冰融化所产生的水的排除以及土在融化固结过程中局部地面的向下运动。

4. 保持冻结法:始终保持地基处于冻结状态的设计方法。

5. 允许融化法:利用正在融化或融化后的土作为地基的设计方法。

### 1.1.3 基本原理及适用范围

1. 当冻土厚度较大,土温比较稳定,或者是坚硬的和融陷性很大的冻土,采用保持冻结法比较合理,通过采取隔热措施,保证基础周围冻土地基温度不比天然状态高。保持冻结状态的设计宜用于下列情况:

- (1)多年冻土的年平均地温低于 $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地基;
- (2)持力层范围内的地基土处于坚硬的冻结状态;
- (3)最大融化深度范围内,存在融沉、强融沉、融陷性土及其夹层的地基。

2. 当上部结构刚度较好或对不均匀沉降不敏感的结构物,按允许融化原则进行设计。允许融化状态的设计宜用于下列情况:

- (1)多年冻土的年平均地温为 $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的场地;
- (2)持力层范围的地基土处于塑性冻结状态;
- (3)在最大融化深度范围内,地基土为不融沉和弱融沉性土。

### 1.1.4 技术工艺

1. 季节性冻土的冻胀、融沉处理措施主要削弱冻胀、水分含量和温度对地基土工程力学性质的影响来达到防治冻害的目的。

2. 处理季节性冻土可以采用换填法、物理化学法、保温法。

3. 多年冻土除了考虑常规的地基变形外,还应关注与温度密切相关的有效应力和温度分布。

4. 多年冻土的地基处理根据上部建筑结构、施工条件和地基土性质,采用维持冻土、逐渐融化和主动融化三种原则来考虑工程措施。

### 1.1.5 注意事项

1. 当存在冻土地基时,基础的埋置深度应大于地基土的标准冻结深度,并采取消减冻胀力的措施。

2. 冻土区地基施工前应做试验段,对设计进行验证并取得相关施工参数。

## 1.2 高海拔地区盐渍土路基施工

### 1.2.1 总 则

1. 为规范高海拔地区盐渍土路基施工,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本指南。

2. 本指南适用于一般市政公用工程、公路工程、铁路工程的盐渍土路基施工。

3. 盐渍土路基施工除应符合本指南外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

### 1.2.2 术 语

盐渍土:在深 1 m 的地表土层内,易溶盐含量大于 0.3% 的土。盐渍土易遭溶蚀而产生湿陷、坍塌等病害,但在干燥条件下,氯盐却可起粘固作用。

### 1.2.3 基本原理及适用范围

1. 用盐渍土作路基填料,其含盐量应在容许范围之内。

2. 路基排水系统应保证排水通畅,以避免路基附近出现积水现象。路基应有足够的高度,以避免冻胀、翻浆和再盐渍化。

### 1.2.4 技术工艺

1. 在盐渍土地区筑路,应尽可能地考虑当地盐渍土的水盐状态特点,力求在土的含水率接近于最佳含水率的时期不发生冻结,也不在积水季节进行施工。

2. 当地下水位高,对黏性土的盐渍土地区,以夏季施工为宜;对于不冻结的土,可以考虑冬季施工。盐渍土路基的处理宜在干

旱季节进行。

3. 当盐渍土的允许含盐量符合相关技术规范要求时,盐渍土路堤应分层填筑、分层碾压。对于黏质盐渍土,每层松铺厚度不大于 20 cm;对于砂类盐渍土,每层松铺厚度不得大于 30 cm。

4. 盐渍土路基的施工应分段一次完成。自清除基底含盐量较大的表土开始,连续施工,一次做到路床设计标高。

5. 当盐渍土含盐量超过相关规范的规定时应换填渗水性土,当基底含水率超过液限的土层厚度在 1 m 以内时,必须全部换填渗水性土,并应在路堤下部设置封闭隔水层。

6. 无合适填料,需用易溶盐含量特大的土、砂砾时,应根据当地气候、水文地质情况,通过试验决定。

7. 施工时应首先做好排水系统,不应使路基及其附近有积水。无论是填筑黏性土或换填渗水性土,其压实度均应符合土方路基压实度标准。

8. 盐渍土地段用土工布作为隔水层时,土工布应无破损、无老化、无污染,上、下层接缝应错开。

### 1.2.5 注意事项

1. 通过盐渍土地区的路线应尽可能避开易遭洪水冲淹的低洼地区以及经常潮湿或积水的强盐渍土地带。

2. 盐渍土路基施工前应做试验段,对设计进行验证并取得相关施工参数。

## 1.3 高原地区风沙地基的防治与施工

### 1.3.1 总 则

1. 为规范高原地区风沙地基施工,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本指南。

2. 本指南适用于公路工程、铁路工程的风沙路基施工。

3. 风沙地基施工除应符合本指南外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

### 1.3.2 术 语

1. 沙埋:风沙流通过路基时,由于风速减弱,导致沙粒沉落,堆积掩埋路基或由于沙丘移动上路而掩埋路基。

2. 风蚀:在风沙的直接冲击下,路基上的沙粒或土颗粒被风吹走,出现路基削低、掏空和坍塌等现象,从而引起路基宽度和高度的减小。

### 1.3.3 适用范围

风沙路基的防治主要是避免风沙对路基产生沙埋或风蚀作用。

### 1.3.4 技术工艺

1. 风沙地区路基施工宜在风速较小或有雨季节分段集中施工,并在大风来临之前配套完成。施工中应采取措施保护线路两侧防护范围内原有的地表植被和硬壳。当施工使其受损时,应按设计要求设置防护。

2. 路堤应随摊铺随压实,每次施工的未完成部分应结合气象、风沙流动情况作出必要的临时防护。

3. 路基本体防护可采用卵(碎)石、黏土、草皮、水泥胶砂板或沥青胶砂板,喷洒沥青乳液或盐卤水等。

4. 路基两侧防护可采用重型材料覆盖沙面、沥青乳胶固沙、草方格沙障、卵(碎)石花格沙障、黏土方格沙障等。

5. 路肩和边坡的防护层应随路基填筑、开挖一次做完。

6. 固沙、阻沙设施应随路基主体工程及时配套完成。

### 1.3.5 注意事项

风沙地基施工前应做试验段,对设计进行验证并取得相关施工参数。

## 1.4 砂土地区钻孔灌注桩后注浆施工

### 1.4.1 总 则

1. 本技术指南的制定是为了加强灌注桩后注浆施工的过程控制,保证安全生产和工程质量。

2. 本技术指南适用于西北砂土地区建筑工程、市政工程、路桥工程的灌注桩后注浆施工。

3. 灌注桩后注浆施工除参考本技术指南外,尚应符合现行的国家、行业和地方有关标准的规定。

### 1.4.2 术 语

1. 渗透注浆:属于偏适应性注浆,是在不足以破坏土体结构的压力(即不产生水泥劈裂)下,把浆液注入粒状土的孔隙中,从而取代、排除其中的空气和水。

2. 压密注浆:一种半适应性半强制性注浆,其特点是通过注浆对砂土和黏土中孔隙等软弱部位起到压密作用。压密注浆在注浆处形成球形浆泡,浆体的扩散靠对周围土体的压缩。

3. 劈裂注浆:属于偏强制性注浆,是通过较高压力使浆体产生扩充,当液体压力超过劈裂压力(渗透注浆和压密注浆的极限压力)时,土体产生水力劈裂,也就是在土体内突然出现裂缝,于是吃浆量突然增加,克服土体初始应力和抗拉强度,在钻孔附近形成网状浆脉,通过浆脉挤压土体和浆脉的骨架作用加固土体。

4. 闭式注浆:将预制的弹性良好的腔体(又称注浆胶囊)随钢筋笼放入孔底,成桩后通过压力注浆使弹性腔体逐渐扩张、挤密沉

渣和桩端土层来提高桩的承载能力。

5. 开式注浆:把浆液通过注浆管直接注入桩端或需要加固补强的位置,浆液与桩端沉渣周围土体呈混合状态,呈现出渗透、填充、压密、劈裂、固结等效应,以提高桩的承载能力。

6. 单桩竖向极限承载力:单桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的最大荷载,它取决于土对桩的支承阻力和桩身承载力。

### 1.4.3 基本原理及适用范围

灌注桩在成桩后一定时间内,由预设于桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧注浆阀通过高压注浆泵注入一定压力的水泥浆,通过浆液对桩端沉渣和桩端持力层及桩周泥土起到渗透、填充、压密、劈裂、固结等作用来增强桩端土和桩侧土的强度,从而提高单桩承载力、减少沉降量的一项技术措施。此技术适用于砂土地区,主要用于提高桩基承载力。

### 1.4.4 技术工艺

#### 1. 工艺流程

灌注桩后注浆施工工艺流程如图 1-1 所示。

#### 2. 操作要点

(1) 注浆钢导管的埋设应竖直,应与钢筋笼加劲筋绑扎固定或焊接,且与钢筋笼一起下孔;每下一节钢筋笼时,应在注浆管内灌水并检查接头密封性,以免泥浆或混凝土进入注浆管导致堵管;注浆管应通向自然地坪且临时封闭,桩身空孔部分的注浆管不宜设置接头。

(2) 注浆钢导管可用丝扣连接或外架短套管电焊,连接应紧密且不应焊穿钢管或漏焊,以免漏浆。

(3) 后注浆钢导管注浆后可等效替代纵向主筋。

(4) 注浆头的制作主要有打孔包扎法、单向阀法、U形管法等。

打孔包扎注浆头制作是将钢管的底端砸成尖形开口,钢管底端40 cm左右打上4排每排4个 $\phi 8$ 小孔,然后在每个小孔中放上图钉(单向阀作用),再用绝缘胶布外加硬包装带缠绕包裹,以防小孔被浇桩的混凝土堵塞。

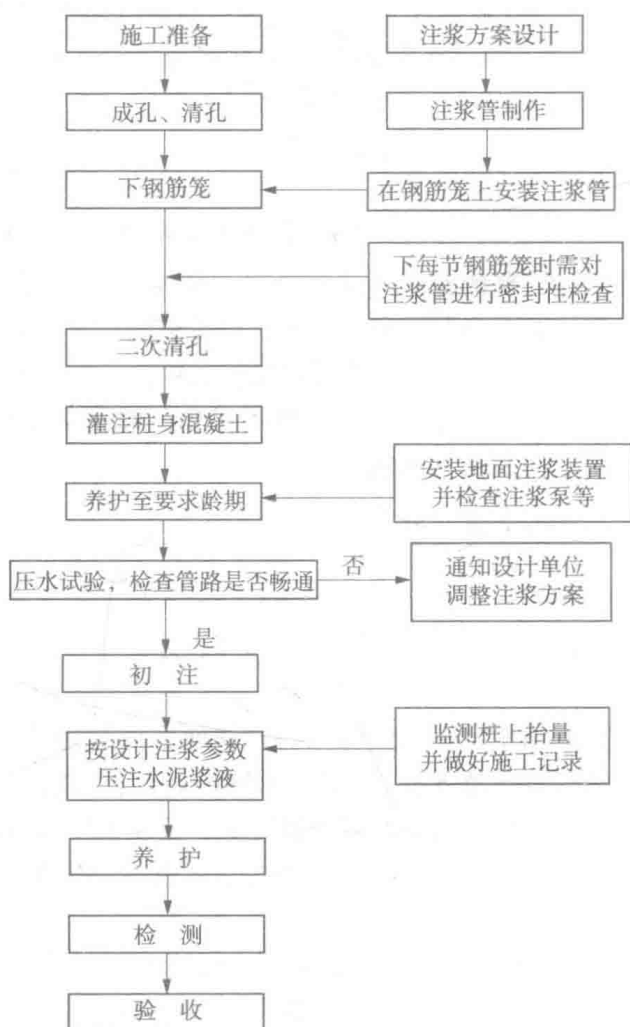


图 1-1 灌注桩后注浆施工工艺流程图