

链式切割水泥土连续墙技术规程

Code of practice for chain cutting re-mixing deep wall

2025 – 09 – 15 发布

2025 – 10 – 15 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 施工程序 2

5 勘察 2

6 设计 3

 6.1 概述 3

 6.2 设计计算 3

7 材料 6

 7.1 概述 6

 7.2 切削液 6

 7.3 固化液 6

 7.4 型钢 7

8 施工 8

 8.1 概述 8

 8.2 施工设备 8

 8.3 施工流程 9

 8.4 施工工艺 10

 8.5 型钢施工 11

9 质量检验与验收 13

 9.1 质量检验 13

 9.2 验收 13

附录 A（资料性） 固化液水泥石结石体检验表 15

附录 B（资料性） 链式切割水泥石连续墙施工记录表 16

附录 C（资料性） H 型钢检查记录表 17

附录 D（资料性） 链式切割水泥石连续墙渗透系数记录表 18

附录 E（资料性） 链式切割水泥石连续墙隐蔽工程验收记录表 19

附录 F（资料性） 链式切割水泥石连续墙检验批质量验收质量表 20

附录 G（资料性） 链式切割水泥石连续墙工程报验申请表 21

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

链式切割水泥土连续墙技术规程

1 范围

本文件确立了链式切割水泥土连续墙的设计与施工的程序，规定了勘察、设计、材料、施工、质量检验与验收等阶段的操作指示，以及上述阶段之间的转换条件，描述了施工过程、质量检验方法等追溯/证实方法。

本文件适用于基坑围护、土体加固、截水抗渗与其他工程中链式切割水泥土连续墙的勘察、设计、施工、质量检验与验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 11263 热轧H型钢和剖分T型钢

GB/T 33814 焊接H型钢

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50661 钢结构焊接规范

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

JGJ/T 199 型钢水泥土搅拌墙技术规程

JGJ/T 303 渠式切割水泥土连续墙技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

链式切割水泥土连续墙 chain cutting re-mixing deep wall

通过链状刀具垂直转动和横向移动，对地基土进行原位连续切割与搅拌，并与注入的固化液均匀混合形成的水泥土地下墙体。

3.2

切削液 cutting fluid

由水、粒组调整材料、外加剂等混合而成且能使被切削土体规定时间内维持流动性的液体。

3.3

水泥浆液 cement grout

按一定的水灰比配制的水泥浆，或添加其他外加剂的水泥浆。

3.4

三步施工法 three-step method of construction

通过切割、搅拌、混合，主机经往、返、往三步完成墙施工的链式切割水泥土连续墙施工方法。

4 施工程序

链式切割水泥土连续墙程序包括勘察、设计、材料、施工、质量检验与验收5个阶段。程序流程图如图1所示。



图1 链式切割水泥土连续墙程序

5 勘察

5.1 链式切割水泥土连续墙施工区域的岩土勘察和周边环境调查与拟建建筑的岩土工程勘察同时进行。当已有勘察成果不能满足链式切割水泥土连续墙设计和施工要求时，根据链式切割水泥土连续墙施工要求和特点，补充专项勘察，设计前具备下列资料：

- a) 场地岩土工程勘察报告；
- b) 项目用地红线图、建筑总平面图、地下结构施工图等工程设计有关文件；
- c) 周边环境资料，包括邻近建（构）筑物的基础及结构形式、道路及地上、地下管线的详细资料等；
- d) 地下障碍物资料。

5.2 勘探点沿链式切割水泥土连续墙中心线布置，基坑每边中间位置、墙体主要转角处、相邻重要建（构）筑物附近布置勘探点，勘探点间距取 15 m～25 m。若地下存在障碍物或软土、饱和粉细砂、暗沟和暗塘等特殊地段以及岩溶地区适当加密勘探点，查明其分布和工程特性。

5.3 勘探孔深度为基坑开挖深度的 2 倍～3 倍；基坑底板以下存在软弱土层或承压含水层时，勘探孔穿过软弱土层或承压含水层。在勘探深度范围内如遇中等风化及微风化岩石时，可减小勘探孔深度。

5.4 按照 GB 50021 的要求，钻入基坑底以下的砂土、粉土中的钻探孔及时进行封堵，且封堵后确保各层位地下水不能通过该钻孔相互连通。

5.5 勘察阶段查明地下水类型、地下水位、含水层埋深和厚度、相对不透水层埋深和厚度、与外界的水力联系、承压水头以及施工期间地下水变化等情况。必要时进行现场试验，确定土层渗透系数和影响半径，当水文地质条件复杂，增加水文地质条件专项勘查。并分析地下水水质对固化剂固结强度的影响。

5.6 周边环境调查的内容包括：

- a) 基坑开挖影响范围内既有建筑的层数、结构形式、基础形式与埋深及建成时间、沉降变形和损坏情况；
- b) 基坑开挖影响范围内的暗沟、暗塘、暗浜、老河道、轨道交通设施、地下人防设施及地下管线等的类型、空间尺寸、埋深及其重要性，贮水、输水等用水设施及其渗漏情况。必要时，可用坑探或工程物探方法查明；
- c) 场地周围地表水汇流和排泄条件；
- d) 场地周围道路的类型、位置及宽度、车辆最大荷载情况等；

e) 场地周围堆载及其他与基坑工程设计、施工相关的信息。

5.7 链式切割水泥土连续墙施工区域的勘察报告包括下列主要内容：

- a) 对基坑工程影响深度范围内的岩土层埋藏条件、分布和特性做出综合分析评价；
- b) 阐明地下水的埋藏情况、类型、水位及其变化幅度、与地表水间的联系以及土层的渗流条件；
- c) 提供基坑工程影响范围内的各岩土层物理、力学试验指标的统计值和计算参数的建议值；
- d) 阐明填土、暗浜、地下障碍物等浅层不良地质现象分布情况，评价对基坑工程的影响，尤其是对链式切割水泥土连续墙的影响，并对设计、施工提出建议；
- e) 分析评价地下水位变化对周边环境的影响以及施工过程中可能形成的流土、管涌、坑底突涌等现象，并对设计、施工提出建议；
- f) 对支护方案选型、地下水控制方法、环境保护和监测提出建议。

5.8 链式切割水泥土连续墙施工区的勘察成果文件附下列图件：

- a) 勘探点平面布置图；
- b) 工程地质柱状图；
- c) 工程地质剖面图；
- d) 室内土（水）试验成果图表；
- e) 原位测试成果图表；
- f) 其他所需的成果图表，如暗浜分布、地下障碍物分布图等。

6 设计

6.1 概述

6.1.1 链式切割水泥土连续墙的平面布置简单、规则，采用直线布置，减少转角，圆弧段的曲率半径不小于 60 m。

6.1.2 墙厚取 550 mm~850 mm。当墙厚为 550 mm~700 mm 时，最大应用深度不大于 35 m；当墙厚为 700 mm~850 mm 时，最大应用深度不大于 65 m。

6.1.3 水泥用量及水灰比等参数根据墙体性能要求和土质条件由试验确定。水泥采用强度等级不低于 P.0 42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺入比根据土质条件及要求的水泥土强度确定，且水泥掺入量不小于每立方米土重量的 20%，水灰比取 1.0~1.5；原位水泥土芯样的 28 d 无侧限抗压强度标准值不小于 0.8 MPa。

6.1.4 链式切割水泥土连续墙的抗渗性能满足墙体防渗要求，原位水泥土芯样的渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s。

6.1.5 链式切割水泥土连续墙中，控制内插型钢应力水平及变形，使墙体在工作状态下的有效截面能满足基坑防渗截水要求。

6.1.6 链式切割水泥土连续墙作防渗墙时，不必紧贴刚性护栏，只要保证变形协调在链式切割水泥土连续墙范围内即可。

6.1.7 按照 JGJ/T 303 和 JGJ/T 199 设计计算要求进行链式切割水泥土连续墙设计计算。

6.2 设计计算

6.2.1 链式切割水泥土连续墙结合内支撑或锚杆支护时，应计算下列内容：

- a) 链式切割水泥土连续墙内力及变形计算；
- b) 基坑整体稳定性验算；
- c) 基坑底部土体的抗隆起稳定性验算；

- d) 基坑底部土体的抗管涌稳定性验算;
 - e) 链式切割水泥土连续墙的抗倾覆稳定性验算;
 - f) 水泥土局部抗剪承载力验算;
 - g) 基坑外土体变形估算;
 - h) 基坑环境影响分析与评估;
 - i) 型钢回收时, 进行型钢起拔计算。
- 6.2.2 链式切割水泥土连续墙的墙体计算抗弯刚度, 只计算内插型钢的截面刚度。
- 6.2.3 在进行支护结构内力和变形计算以及基坑抗隆起、抗倾覆、整体稳定性等各项稳定性分析时, 支护结构的深度取型钢的插入深度, 不计入型钢端部以下水泥土连续墙的作用。
- 6.2.4 链式切割水泥土连续墙中连续墙的墙端比型钢端部深 0.5 m~1.0 m; 垂直度偏差不大于 1/250。
- 6.2.5 链式切割水泥土连续墙仅用作止水帷幕时, 其深度满足下列要求:
- a) 坑底土体的抗管涌稳定;
 - b) 控制坑外地下水位标高, 满足环境保护要求;
 - c) 当用于阻隔或截断承压水时, 结合承压水减压措施, 使坑底土体的抗突涌稳定性满足要求。
- 6.2.6 链式切割水泥土连续墙的入土深度, 除满足型钢的插入要求之外, 应满足基坑抗管涌稳定性的要求, 满足 JGJ 120 的有关规定。
- 6.2.7 链式切割水泥土连续墙中相邻型钢的净距不小于 200 mm, 并满足公式 (1) 要求:

$$l \leq 2(t + h) + b - 200 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- l ——相邻型钢之间的中心距, 单位为毫米 (mm);
- t ——渠式切割水泥土连续墙厚度, 单位为毫米 (mm);
- h ——型钢高度, 单位为毫米 (mm);
- b ——型钢的翼缘宽度, 单位为毫米 (mm)。

- 6.2.8 内插型钢的截面承载力验算满足下列要求:

- a) 作用于链式切割水泥土连续墙的弯矩全部由型钢承担, 型钢抗弯强度满足公式 (2) 要求:

$$\frac{1.25\gamma_0 M}{W} \leq f \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- γ_0 ——支护结构重要性系数, 基坑工程安全等级的重要性系数为: 一级, $\gamma_0=1.1$; 二级, $\gamma_0=1.0$; 三级, $\gamma_0=0.9$;
- M ——作用于型钢水泥土连续墙的弯矩标准值, 单位为牛顿毫米 (N·mm);
- W ——型钢沿弯矩作用方向的截面模量, 单位为立方毫米 (mm³);
- f ——钢材的抗弯、抗拉强度设计值, 单位为牛顿每平方毫米 (N/mm²), 对重复使用的型钢, 考虑折减。

- b) 作用于链式切割水泥土连续墙的剪力全部由型钢承担, 型钢的抗剪强度满足公式 (3) 要求:

$$\frac{1.25\gamma_0 V_k S}{I t_w} \leq f_v \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- V_k ——作用于型钢水泥土连续墙的剪力标准值, 单位为牛顿 (N);
- S ——型钢计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩, 单位为立方毫米 (mm³);
- I ——型钢沿弯矩作用方向的毛截面惯性矩, 单位为毫米四次方 (mm⁴);
- t_w ——型钢腹板厚度, 单位为毫米 (mm);

f_v ——钢材的抗剪强度设计值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)，对重复使用的型钢，考虑折减。

6.2.9 链式切割水泥土连续墙的厚度满足下列公式要求：

a) 型钢无拼接时，取公式 (4) 和公式 (5) 结果之大值：

$$t \geq h + 100 \dots\dots\dots (4)$$

$$t \geq h + l_h/250 \dots\dots\dots (5)$$

b) 型钢有拼接时，取公式 (6) 和公式 (7) 结果之大值：

$$t \geq h_1 + 50 \dots\dots\dots (6)$$

$$t \geq h_1 + l_{h1}/400 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

t ——混合搅拌壁式水泥土连续墙体厚度，单位为毫米 (mm)；

h ——型钢高度，单位为毫米 (mm)；

l_h ——型钢长度，单位为毫米 (mm)；

h_1 ——型钢拼接处的最大高度，单位为毫米 (mm)；

l_{h1} ——型钢顶部至最下一个拼接点的长度，单位为毫米 (mm)。

6.2.10 型钢与水泥土之间的错动受剪承载力，满足公式 (8)～公式 (11) 要求：

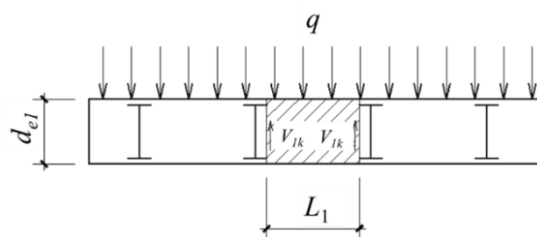


图2 连续墙局部抗剪计算示意图

$$\tau_1 \leq \tau \dots\dots\dots (8)$$

$$\tau = \frac{1.25\gamma_0 V_{1k}}{d_{el}} \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{1k} = \frac{qL_l}{2} \dots\dots\dots (10)$$

$$\tau_1 = \frac{\tau_{ck}}{1.6} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

τ_1 ——作用于型钢与水泥土之间的错动剪应力设计值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)；

τ ——水泥土抗剪强度设计值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)；

d_{el} ——型钢翼缘处水泥土墙体的有效厚度，单位为毫米 (mm)；

V_{1k} ——作用于型钢与水泥土之间单位深度范围内的错动剪力标准值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)；

q ——作用于链式切割水泥土连续墙计算截面处的侧压力强度标准值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)；

L_l ——相邻型钢翼缘之间的净距，单位为毫米 (mm)；

τ_{ck} ——水泥土抗剪强度标准值，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)，可取水泥土28天龄期无侧限抗压强度标准值的1/3。

6.2.11 水泥土局部抗剪承载力满足设计要求。当水泥土强度满足 7.1.4 的规定时，在下列情况下，可

不验算水泥土局部抗剪承载力：

- a) 安全等级为一、二级的基坑，型钢中心距小于 1.0 倍墙厚；
- b) 安全等级为三级的基坑，型钢中心距小于 1.5 倍墙厚。

6.2.12 型钢回收重复利用时，根据型钢长度、土层条件、支护结构变形控制值等计算型钢起拔力 P_m ，按公式（12）计算：

$$P_m > \psi(u_{f1}A_{c1} + u_{f2}A_{c2}) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- ψ ——考虑型钢变形、自重等因素后的调整系数。当型钢的变位率（型钢的变形与长度的比值）控制在0.5%之内时， ψ 取1.3~2.0，变形小时取下限；当变位率超过0.5%时，视实际情况增大 ψ 的取值；
- u_{f1} ——型钢翼缘外表面与水泥土单位面积的静摩擦阻力标准值，单位为牛顿每平方毫米（N/mm²），加减摩剂后一般取0.02 MPa~0.04 MPa；
- A_{c1} ——型钢翼缘外表面与水泥土的接触面积，单位为平方毫米（mm²）；
- U_{f2} ——型钢其余范围与水泥土单位面积的静摩擦阻力标准值，单位为牛顿每平方毫米（N/mm²），加减摩剂后一般取0.02 MPa~0.07 MPa（软土取低值，粉土或砂土取高值）；
- A_{c2} ——型钢其余范围与水泥土的接触面积，单位为平方毫米（mm²）。

6.2.13 型钢起拔力 P_m 同时满足型钢强度的要求，按照公式（13）计算：

$$P_m < 0.75f \cdot A_H \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- f ——型钢的抗拉强度，单位为牛顿每平方毫米（N/mm²）；
- A_H ——型钢顶部最小截面积，单位为平方毫米（mm²）。

6.2.14 链式切割水泥土连续墙结合内支撑或锚杆支护时，设计完成后通过数值模拟进行计算验证，建立考虑连续墙不同地层强度离散性的弹塑性模型，采用摩尔-库伦准则进行破坏判断。

7 材料

7.1 概述

7.1.1 链式切割水泥土连续墙所选用的水泥、型钢、膨润土、外掺剂等原材料的技术指标和检验项目设计要求和国家现行标准的规定。

7.1.2 施工过程中根据土质及现场条件对切削液、固化液的水灰比等参数，切削液混合泥浆、固化液混合泥浆的泥浆流动度进行监控和适时调整。

7.2 切削液

7.2.1 切削液的配合比结合土质条件和机械性能指标通过室内试验和试成墙确定。

7.2.2 切削液与切削土体形成的混合泥浆性能满足下列要求：

- a) 具有适度的流动性；
- b) 泌水较小；
- c) 砂砾成分的下沉较小。

7.2.3 切削液与切削土体形成的混合泥浆平板流动度控制在 160 mm~240 mm。

7.3 固化液

7.3.1 固化液的水泥用量通过室内试验和试成墙试验确定，淤泥和淤泥质土中提高水泥掺量或掺加外

加剂。固化液与切削液、切削土体形成的混合泥浆性能满足下列要求：

- a) 具有适度的流动性
- b) 泌水较小；
- c) 固化后具有要求的强度；
- d) 固化后具有要求的渗透系数。

7.3.2 固化液拌制采用 P.O 42.5 级普通硅酸盐水泥，固化液中可加入增粘剂用于抗渗防塌，加入分散剂提高水泥土的流动性，加入早强剂加速水泥水化反应，施工工期长或者芯材插入时需抑制初期强度的情况下使用缓凝剂，固化液中常用的配比可根据地层情况表 1 执行。

表1 链式切割水泥土连续墙固化液配比表

| 土层 | 水泥 kg/m ³ | 水灰比 | 分散剂 kg/m ³ | 缓凝剂 kg/m ³ |
|--------|-------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|
| 黏土层 | 400~450 | 1.0~1.5 | 0~10 | 0~4.4 |
| 粉细砂、粉土 | 380~440 | 1.0~1.5 | 0~2.5 | 0~2.7 |
| 中砂、粗砂 | 400~430 | 1.0~1.5 | — | 0~2.0 |
| 砾砂、砾石 | 400~450 | 1.0~1.5 | — | 0~1.5 |
| 卵石、碎石 | 400~450 | 1.0~1.5 | — | 0~1.5 |

7.3.3 固化液混合泥浆流动度控制在 150 mm~280 mm。

7.3.4 固化液初凝控制时间为 2 h~3 h，终凝控制时间为 8 h~10 h。

7.3.5 不同地层条件下固化液水泥土结石体的抗渗性能和抗压强度通过室内试验确定，填写固化液水泥土结石体检验表，格式见附录 A。

7.4 型钢

7.4.1 型钢采用整材，当需采用分段焊接时，采用坡口焊等强焊接，对接焊缝的坡口形式和要求应满足 GB 50661 的有关规定，焊接质量等级不低于二级，单根型钢中焊接接头不超过 2 个。

7.4.2 型钢有回收要求时，接头焊接形式与焊接质量应满足型钢起拔要求。

7.4.3 内插型钢采用 Q235B 和 Q355B 级钢，其规格、型号及有关要求按 GB/T 11263 和 GB/T 33814 选用，并满足下列要求：

- a) 当链式切割水泥土连续墙厚度为 550 mm 时，内插 H 型钢截面采用 H400×300，H400×200；
- b) 当链式切割水泥土连续墙厚度为 700 mm 时，内插 H 型钢截面采用 H500×300，H500×200；
- c) 当链式切割水泥土连续墙厚度为 850 mm 时，内插 H 型钢截面采用 H700×300。

7.4.4 H 型钢规格满足设计要求，检验方法与允许偏差满足表 2 的规定。

表2 H 型钢允许偏差

| 序号 | 检查项目 | 允许偏差 mm | 检查方法 |
|----|-------|------------|--------|
| 1 | 截面高度 | ±5.0 | 用钢尺量 |
| 2 | 截面宽度 | ±3.0 | 用钢尺量 |
| 3 | 腹板厚度 | -1.0 | 用游标卡尺量 |
| 4 | 翼缘板厚度 | -1.0 | 用游标卡尺量 |

表 2 H 型钢允许偏差（续）

| 序号 | 检查项目 | 允许偏差 mm | 检查方法 |
|----|------|------------|------|
| 5 | 型钢长度 | ±50 | 用钢尺量 |
| 6 | 型钢挠度 | L/500 | 用钢尺量 |

8 施工

8.1 概述

- 8.1.1 连续墙施工前掌握场地地质条件及环境资料，查明不良地质条件及地下障碍物的分布情况，采取针对性的环境保护措施，编制专项施工组织设计和应急预案。
- 8.1.2 施工机械设备及配套机具的选用综合考虑地质条件、周边环境条件、成墙深度、成墙厚度及工期要求等因素。施工前对施工场地的地基承载力进行验算，必要时进行加固，以满足设备主机、起重机等重型机械安全作业的要求，防止机械设备侧翻等事故发生。
- 8.1.3 当施工区域周围有需要保护的对象时，采取措施减少成墙施工对周边环境的影响。
- 8.1.4 当采用灌注桩排、地下连续墙等作为支护结构，连续墙用作基坑隔渗帷幕时，优先施工连续墙，待墙体达到初凝后再施工支护结构。
- 8.1.5 内插芯材需要重复回收利用时，采取措施确保其能顺利拔出，芯材拔出后留下的空隙及时注浆封填；周边环境条件复杂、环境保护要求高的工程，芯材可不回收。
- 8.1.6 连续墙施工时通过安装在内部的测斜仪进行动态监控，确保墙体的垂直度满足设计要求。
- 8.1.7 链式切割水泥土连续墙施工过程中，采取有效措施控制噪声、扬尘等对周围环境的污染，并满足国家相关法律、法规要求。
- 8.1.8 现场配备应急发电机组。

8.2 施工设备

- 8.2.1 链式切割水泥土连续墙施工根据地质条件、周边环境、成墙深度及地下障碍物情况，选用合适的施工机械，与其配套的机具性能参数与成墙深度、成墙宽度相匹配。
- 8.2.2 链式切割水泥土连续墙施工主机满足下列要求：
- a) 机架系统具有水平偏差和垂直度调整功能；
 - b) 操作系统具有自动操作功能，并配备监控装置和机具工作状态显示功能；
 - c) 刀具系统内安装多段式测斜仪，进行链状刀具平面内和平面外水平位移监测；
 - d) 主机机械和程序运行情况，确保设备平稳运行。
- 8.2.3 链式切割水泥土连续墙施工主机的刀具系统满足下列要求：
- a) 刀具链节之间、刀具链节与刀头底板之间的连接牢固，不易松动；
 - b) 刀头与刀头底板可靠连接并可拆卸；
 - c) 刀头底板根据地质条件、周边环境、成墙宽度选择适合的排列方式；每组刀头在墙体宽度方向全断面排列。
- 8.2.4 链式切割水泥土连续墙施工主机注浆泵的工作流量能调节，且与施工速度相匹配，其额定工作压力不小于 2.5 MPa，配置计量装置，切削液注浆压力控制在 1 MPa~1.5 MPa，固化液注浆压力控制在 2 MPa 以内。
- 8.2.5 链式切割水泥土连续墙施工前，根据地下连续墙布置图进行测量放样并复验验收。根据确定的施工顺序，安排型钢、配套机具、水泥、多余水泥土混合浆液等物质的放置位置。

- 8.2.6 根据定位控制线开挖导向沟，并在沟槽边设置水泥土墙定位标志。需要插入型钢时标出型钢插入位置。
- 8.2.7 链式切割水泥土连续墙主机和供浆系统预先组装、调试，在试运转正常后方可开始链式切割水泥土连续墙施工。
- 8.2.8 型钢定位导向架和竖向定位的悬挂构件根据内插型钢的规格尺寸制作。
- 8.2.9 根据现场施工条件在工程场地进行试成墙试验，试成墙区域地层是施工区域典型地层，试成墙试验段长度 8 m~15 m，最小深度不小于施工区域内的最大深度。
- 8.2.10 试成墙施工前应进行专门的技术交底，编制试成墙试验段实施方案。
- 8.2.11 试成墙试验段实施过程中，加强材料质量检测和现场巡视，建立施工方案定期协商机制。
- 8.2.12 试成墙试验段实施过程中，根据地层条件和实际施工效果调整切削液和固化液的配合比。
- 8.2.13 试成墙完成后，检测成墙质量，编写试成墙报告，确定施工速度（垂直、水平）、切削液和固化液的配合比、注浆压力等关键参数。

8.3 施工流程

8.3.1 工序流程

链式切割水泥土连续墙三步施工法工序流程见图3。

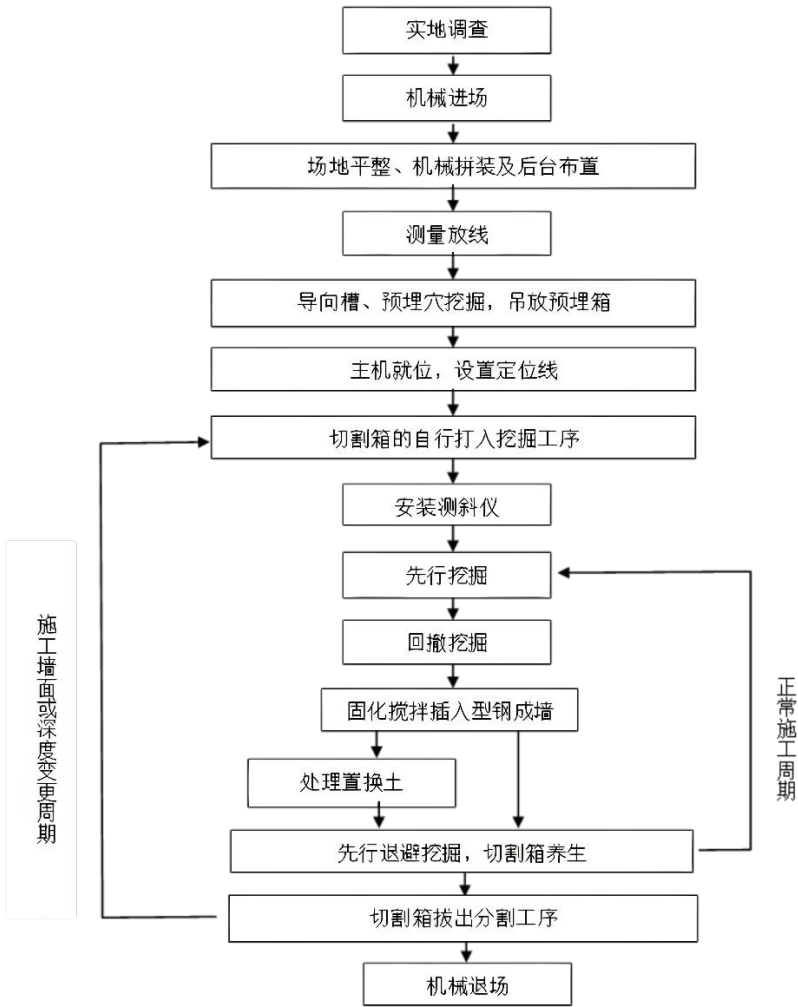


图3 链式切割水泥土连续墙三步施工法工序流程图

8.3.2 测量放线

施工前,根据设计图纸坐标基准点,精确计算出链式切割水泥土连续墙中心线角点坐标,利用测量仪器进行放样,并进行坐标数据复核。

8.3.3 开挖导向槽

根据主机设备重量,对施工场地进行铺设钢板等加固处理,施工场地满足机械设备对地基承载力要求,确保主机的稳定性,用挖掘机沿中心线平行方向开挖导向槽。

8.3.4 吊放预埋箱

用挖掘机开挖一定尺寸的预埋穴,利用吊车将预埋箱吊放入预埋穴内。

8.3.5 主机就位

指挥主机就位,移动前观察上、下、左、右各方位的状况,发现有障碍物及时清除,移动结束后检查定位情况并及时纠正,桩机平稳、平正。

8.3.6 连接切割箱与主机

吊车将切割箱逐段吊放入预埋穴,利用支撑台固定;主机移动至预埋穴位置连接切割箱,主机再返回预定施工位置进行切割箱自行打入挖掘工序。按设计深度要求,将切削箱体垂直向下切削压入地层。

8.3.7 安装测斜仪

切割箱自行打入到设计深度后,安装测斜仪。通过安装在切割箱内部的多段式测斜仪,可进行墙体的垂直精度管理。

8.3.8 成墙施工

在切割箱底部注入切削液预先切割土层一段距离,再回撤挖掘至原处,注入固化液使其与切削液混合泥浆强制混合搅拌,形成链式切割水泥土连续墙;如为形成链式切割水泥土连续墙,则应混合搅拌完成后,立即插入提前准备好的型钢。

8.3.9 处理置换土

将链式切割水泥土连续墙施工过程中产生的废弃泥浆统一堆放,集中处理。

8.3.10 拔出切割箱

链式切割水泥土连续墙各工作段施工结束后,利用吊车将切割箱分段拔出,设备转移至下一工作面准备施工。

8.4 施工工艺

8.4.1 链式切割水泥土连续墙主机平稳,链状刀具的组装满足下列要求:

- a) 首先将带有随动轮的箱节与主机连接;
- b) 将箱节逐节连接,使其长度逐步达到起始墙幅的成槽深度,满足水泥土墙的设计深度要求。

8.4.2 根据土质条件、机械的水平推力、箱式刀具各组成部位的工作状态及其整体偏位,选择向下或向上切割方式,必要时,可交错使用上述两种切割方式。

8.4.3 链式切割水泥土连续墙切割箱自行打入挖掘工序及先行挖掘地基过程中,切削液的注入量控制

到最小，必要时可预先回填粘土。

8.4.4 当土层强度低或深度浅时可采用一步施工法；当切割土层较硬、墙体深度深或墙体防渗要求高时，采用三步施工法。

8.4.5 切割、搅拌土体时未进行固化的最大成槽长度根据周边环境、土质条件确定，一般不超过 8 m～15 m。

8.4.6 根据周边环境、土质条件、机具功率、成墙深度、切削液及固化液供状况等因素确定切割机械的水平推进速度和链状刀具的旋转速度，步进距离不大于 50 mm。

8.4.7 三步施工法及型钢插入过程中，预留链状刀具养护的空间，链状刀具端部和原状土体边缘的距离不小于 500 mm。成槽长度大于注浆墙幅宽度 2 m。

8.4.8 施工过程中检查链状刀具的工作状态以及刀头的磨损度，及时维修、更换和调整施工工艺。

8.4.9 无法连续作业时，链状刀具应在墙体养护段内养护，养护段不注入固化液。

8.4.10 停机后再次启动链状刀具时，同时满足如下要求：

- a) 首先，垂直切割刀具边缘的土体，待机器工作平稳后，再回行切割；
- b) 回行切割时，回行切割已施工的墙体长度不小于 500 mm。

8.4.11 在硬质土层中切割困难时，可采用刀头加长、步进距离减小、上下切割方式交错使用以及回行反复切割等措施。

8.4.12 施工至转角位置时，链状刀具拔出、拆卸、改变方向并重新组装。切削箱拔出时，调整固化液注入速度与拔出速度相配合。转角施工采用墙外拔出切割箱的方法。在阳角位置，向墙体外侧多施工 1 延米，形成“十”字形式的转角接头。

8.4.13 链状刀具的拔出与拆分满足下列要求：

- a) 拔出前链状刀具与主机分离并拆分；
- b) 链状刀具拔出时沟槽内及时注入固化液，固化液填充速度与链状刀具拔出速度相匹配；
- c) 拔出后的每段链状刀具在地面作进一步拆分和检查，损耗部位保养和维修。

8.4.14 链式切割水泥土连续墙施工中产生的涌土及时清理。若长时间停止施工，清洗全部管路中残存的固化液。

8.4.15 施工过程产生的水泥土浆，收集在导向沟内或现场临时设置的沟槽内，水泥土浆处置满足相应环保等要求。

8.4.16 水泥土墙成墙施工过程采用动态化调整与信息化施工。

8.4.17 填写水泥土连续墙施工过程记录表（见附录 B）。

8.5 型钢施工

8.5.1 除环境条件有特殊要求外，内插型钢可预先采取减摩措施，并拔除回收。拟回收的型钢，插入前在干燥条件下清除表面污垢、铁锈、残留构件、电焊疤等，其表面均匀涂敷减摩材料，在搬运过程中防止碰撞和强力擦挤，减摩材料如有脱落、开裂等现象及时修补，并填写 H 型钢检查记录（见附录 C）。

8.5.2 型钢插入采用定位导向架，型钢定位导向架和竖向定位的悬挂构件与内插型钢的规格尺寸相匹配。

8.5.3 在插入过程中，链状刀具移至对型钢插入无影响的位置，并采取措施保证型钢垂直度。

8.5.4 型钢插入到位后，用悬挂构件控制型钢顶标高，并采取避免邻近切割机施工造成其移位的措施。

8.5.5 型钢依靠自重插入，当插入困难时可采用辅助措施下沉。采用振动锤下沉工艺时，监控其对周围环境的影响。

8.5.6 链式切割水泥土连续墙中内插型钢的平面布置满足 6.2 的有关规定，基坑的转角处设置一根型钢，在下列情况下增加型钢配置密度：

- a) 周边环境要求高，位移控制严格；

- b) 在砂土、砾砂层等透水性较强的地层中，链式切割水泥土连续墙的抗裂和抗渗要求较高；
 - c) 转角周边 2 m 范围及平面形状复杂处。
- 8.5.7 型钢的焊接接头位置避免设在支撑位置或开挖面附近等型钢受力较大处；相邻型钢的接头竖向位置相互错开，错开距离不小于 1 m，且型钢接头距离基坑底面不小于 2 m。
- 8.5.8 链式切割水泥土连续墙的顶部，设置钢筋混凝土冠梁，冠梁封闭。冠梁的高度、宽度及配筋由设计计算确定，当考虑型钢回收时，计算时宜考虑由于型钢穿过对冠梁截面的削弱影响。冠梁构造满足如下要求：
- a) 冠梁截面高度不小于 600 mm，当梁底位于软土地基时，不小于 700 mm；冠梁截面宽度比墙体厚度大 350 mm，型钢翼缘外表面与邻近冠梁侧面垂直距离不小于 250 mm；
 - b) 内插型钢锚入冠梁并高出冠梁顶面 500 mm 以上，但不超出地面；冠梁主筋避开型钢设置；
 - c) 冠梁的箍筋直径不小于 8 mm，间距不大于 200 mm；在支撑节点位置，箍筋加密；由于内插型钢而未能设置封闭箍筋的部位在型钢翼缘外侧设置封闭箍筋予以加强，型钢削弱处旁边箍筋加强。
- 8.5.9 当采用内支撑或锚索（锚杆）支护体系时，链式切割水泥土连续墙支护体系的腰梁满足下列要求：
- a) 采用型钢（或组合型钢）腰梁或钢筋混凝土腰梁，并与内支撑或锚索（锚杆）相结合。内支撑可采用钢管支撑、型钢（或组合型钢）支撑、钢筋混凝土支撑；
 - b) 腰梁完整、封闭，并与支撑体系连成整体。钢筋混凝土腰梁在转角处按刚节点进行处理。钢腰梁的拼接方式由设计计算确定，现场拼接点设在腰梁计算跨度的三分点处；钢腰梁在转角处的连接通过构造措施确保腰梁体系的整体性；
 - c) 钢腰梁采用托架（或牛腿）和吊筋与内插型钢连接，水泥土连续墙、H 型钢与钢腰梁之间的空隙采用强度等级不低于 C25 的细石混凝土填实；
 - d) 当钢支撑与腰梁斜交时，在腰梁上设置牛腿。
- 8.5.10 当采用竖向斜撑并需支撑在链式切割水泥土连续墙压顶梁上时，如型钢与压顶梁之间采取了隔离措施，在内插型钢与压顶梁之间设置竖向抗剪构件。
- 8.5.11 链式切割水泥土连续墙中墙身厚度变化处或型钢插入密度变化处，连续墙厚度较大区段或型钢插入密度较大区段作延伸过渡。
- 8.5.12 型钢回收满足下列要求：
- a) 具备型钢回收的场地及环境条件；
 - b) 采取有效措施使型钢与冠梁混凝土隔离，同时保证冠梁的受力性能满足要求；型钢与冠梁间的隔离材料在基坑内一侧采用不易压缩的硬质材料；
 - c) 采用预应力锚索（锚杆）支护体系时，预应力锚索避开型钢，其端部锚固采用的钢筋或型钢不与型钢水泥土连续墙中的型钢焊接，焊接时，在地下结构施工完成后通过换撑措施解除连接；
 - d) 采用内支撑支护体系时，拆除支撑前的换撑构件不与链式切割水泥土连续墙中的型钢焊接；
 - e) 型钢拔出前链式切割水泥土连续墙与主体结构地下室外墙之间回填密实；
 - f) 型钢拔出后的链式切割水泥土连续墙不作为截水帷幕，型钢拔出时间的确定考虑型钢拔出后坑内外地下水的渗流作用可能产生的环境影响；
 - g) 对型钢拔除后形成的空隙采用注浆等措施填充，充填浆液采用水泥浆液，且保证充填密实。
- 8.5.13 起拔前水泥土搅拌墙和主体结构之间的孔隙回填密实。在拆除支撑和腰梁时将残留在型钢表面的腰梁限位或支撑抗剪构件、电焊疤等清除干净。
- 8.5.14 型钢起拔采用吊车、专用液压起拔机等设备，设备性能满足吊装要求。型钢拔除时，继续进行围护结构和周边环境的监测。
- 8.5.15 型钢回收后，进行校正、修复处理，并对其截面尺寸进行复核。

9 质量检验与验收

9.1 质量检验

- 9.1.1 地下连续墙的强度、抗渗性的检测采用如下测试方法：
- a) 钻孔取芯测试连续墙无侧限抗压强度，分地层记录芯样强度、水泥含量、完整性；
 - b) 钻孔护壁泥浆冲洗干净后，开展压水实验，检测墙体的渗透系数，填写渗透系数记录表（见附录D）。
- 9.1.2 链式切割水泥土连续墙中，内插型钢规格、型号、间距、露出长度等参数满足设计要求。
- 9.1.3 链式切割水泥土连续墙的接头、转角、地质条件剧烈变化等区域，是检查重点区域，采用如下测试方法：
- a) 对各钻孔内壁进行图像扫描，观测钻孔内侧水泥与原状土胶结情况，是否存在裂缝、孔洞、蜂窝或松散缺陷；
 - b) 采用电磁波钻孔雷达对各钻孔进行扫描，观测钻孔周围一定范围内搅拌墙是否存在明显裂缝、孔洞或松散缺陷。
- 9.1.4 检查开挖墙体的质量与渗漏水情况：
- a) 墙体水泥土强度采用室内实验确定；
 - b) 需要时可采用钻孔取芯等方法综合判定墙身水泥土的强度。钻取芯样后留下的空隙注浆填充；
 - c) 墙体的渗透性能通过浆液试块或现场取芯试块的渗透试验判定；
 - d) 现场取样后，采取保持钻取芯样湿度、温度等环境因素措施。
- 9.1.5 墙面的平整度，墙身的垂直度和平面偏差；链式切割水泥土连续墙成墙质量检验标准满足表 3 的规定。

表3 链式切割水泥土连续墙成墙质量标准

| 序号 | 检查项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检查方法 |
|----|--------|---------|------|----------|
| 1 | 墙底标高 | + 30 mm | 每切割幅 | 切割链长度 |
| 2 | 墙中心线位置 | ± 25 mm | 每切割幅 | 用钢尺量 |
| 3 | 墙宽 | ± 30 mm | 每切割幅 | 用钢尺量 |
| 4 | 墙垂直度 | 1/250 | 每切割幅 | 多段式倾斜仪测量 |

- 9.1.6 型钢的插入角度、贴紧状况等满足表 4 的规定。

表4 型钢插入允许偏差

| 序号 | 检查项目 | 允许偏差 | 检查数量 | 检查方法 |
|----|--------|-----------------|------|--------|
| 1 | 型钢顶标高 | ± 50 mm | 每根 | 水准仪测量 |
| 2 | 型钢平面位置 | 50 mm (平行于基坑边线) | 每根 | 用钢尺量 |
| | | 10 mm (垂直于基坑边线) | 每根 | 用钢尺量 |
| 3 | 型钢垂直度 | 1/250 | 每根 | J经纬仪测量 |
| 4 | 形心转角 | 3° | 每根 | 量角器测量 |

9.2 验收

- 9.2.1 按照 GB 50202 和 JGJ 120 等的有关规定进行链式切割水泥土连续墙基坑工程中的支撑系统、土方开挖等分项工程的质量验收满足。

9.2.2 链式切割水泥土连续墙的竣工资料包括下列内容：

- a) 设计图纸、说明书、技术要求、设计变更及补充文件；
- b) 竣工报告、竣工总平面图及剖面图；
- c) 施工原始记录、工序质量检查资料、原材料检验资料、墙体检查孔成果资料、重大事故报告等；
- d) 填写混合搅拌壁式地下连续墙隐蔽工程验收记录表（见附录 E）、混合搅拌壁式地下连续墙检验批质量验收质量表（见附录 F），和混合搅拌壁式地下连续墙工程报验申请表（见附录 G）；
- e) 有关的专题试验研究报告等；
- f) 工程建设大事记。

附 录 A
(资料性)
固化液水泥土结石体检验表

固化液水泥土结石体检验表见表A. 1。

表A. 1 固化液水泥土结石体检验表

工程名称：_____ 固化液配比：_____ 时间：_____年_____月_____日

| 序号 | 地层条件 | 深度范围 | 抗压强度 | 渗透系数 | 备注 |
|----|------|------|------|------|----|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| | | | | | |

附 录 B
(资料性)
链式切割混凝土连续墙施工记录表

链式切割混凝土连续墙施工记录表见表B. 1。

表B. 1 链式切割混凝土连续墙施工记录表

承包单位:

监理单位:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|---------|-----------|------|---|---|-----------|---------|---------------|----------|-----------|---------|----------|----------|---------|------|----------|----------|--|----|----|--|--|
| 工程名称 | | | | | | | 工程部位 | | | | | 渠式切割机型号 | | | | 水泥产地 | | | | 温度 | | | |
| 施工单位 | | | | | | | 外掺剂名称 | | | | | 水泥标号及批号 | | | | | | 场地地面标高 | | | | | |
| 序号 | 起点编号 | 深度 m | 墙体厚度 m | 工作时间 | | | 混凝土墙形成记录 | | 水泥 用量 t | 试块 编号 | 水泥掺 入比 | 水灰比 | 如有, 则填写 | | | | | | | | 备注 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 芯材 | | | | 芯材插入 | | | | | | |
| | | | | 起 | 止 | 计 | 时间 min | 长度 m | | | | | 尺寸 mm | 顶标高 m | 长度 m | 垂直度 | 开始 时间 | 结束 时间 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

班组长: 质检员: 技术负责人: 监理工程师: 年 月 日

附 录 C
(资料性)
H 型钢检查记录表

H型钢检查记录表见表C.1。

表C.1 H型钢检查记录表

承包单位:

监理单位:

编号:

[illegible]

质检员:

技术负责人:

监理工程师:

年 月 日

附 录 D
(资料性)

链式切割水泥土连续墙渗透系数记录表

链式切割水泥土连续墙渗透系数记录表见表D. 1。

表 D. 1 链式切割水泥土连续墙渗透系数记录表

工程名称：_____ 固化液配比：_____

钻孔编号：_____ 时间：_____年_____月_____日

| 序号 | | 地层条件 | 深度范围 | 渗透系数 | 备注 |
|-------------|--|------|------|------|----|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 注：抗渗性异常情况记录 | | | | | |

附 录 F
(资料性)

链式切割水泥土连续墙检验批质量验收质量表

链式切割水泥土连续墙检验批质量验收质量表见表F. 1。

表 G. 1 链式切割水泥土连续墙检验批质量验收记录表

编号：

| | | | | | |
|--|------|---------------------------|--|------------------|--|
| 工程名称 | | 分项工程名称 | | 项目经理 | |
| 施工单位 | | 验收部位 | | | |
| 施工执行标准 名称及编号 | | | | 施工员 | |
| 分包单位 | | 分包项目经理 | | 施工班组长 | |
| 质量验收规范的规定 | | 施工单位自检记录 | | 监理(建设)单位 验收记录 | |
| 检查项目 | 质量要求 | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 施工操作依据 | | | | | |
| 质量检查记录 | | | | | |
| 分包单位自检评定结果： 质量检查员： 技术负责人： 年 月 日 | | | 施工单位检查评定结果： 质量检查员： 技术负责人： 年 月 日 | | |
| 监理（建设）单位 验收结论 | | 监理工程师意见： 年 月 日 | | | |

附 录 G
(资料性)

链式切割水泥土连续墙工程报验申请表

链式切割水泥土连续墙工程报验申请表见表G. 1。

表 G. 1 链式切割水泥土连续墙工程报验申请表

| | |
|-------|-----|
| 工程名称: | 编号: |
|-------|-----|

致: _____ (监理单位)

我单位已完成了_____工程, 按设计文件及有关规范进行了自检, 质量合格, 请予以审查和验收。

附件: 1、链式切割水泥土连续墙隐蔽工程验收记录 []

2、链式切割水泥土连续墙施工记录 []

3、型钢链式切割水泥土连续墙质量验收记录 []

总包单位 (章): _____ 分包单位 (章): _____

项目经理: _____ 项目经理: _____

日 期: _____ 日 期: _____

审查意见:

☐ 所报隐蔽工程的技术资料 ☐ 齐全/ ☐ 不齐全, 且 ☐ 符合/ ☐ 不符合要求, 核查☐合格/ ☐不合格, ☐同意/☐不同意隐蔽。

☐ 所报检验批的技术资料☐齐全/☐不齐全, 且☐符合/☐不符合要求, 经现场检测、核查☐合格/☐不合格, ☐同意/☐不同意进行下道工序。

☐ 检验批的技术资料基本齐全, 且基本符合要求, 因☐砂浆/☐混凝土试块强度试验报告未出具, 暂同意进行下道工序施工, 待☐砂浆/☐混凝土试块试验报告补报告, 予以质量认定。

☐ 所报分项工程的各检验批的验收资料☐完整/☐不完整, 且☐全部/☐未全部达到合格要求, 经现场检测、核查☐合格/☐不合格。

☐ 所报分部 (子分部) 工程的技术资料☐齐全/☐不齐全, 且☐符合/☐不符合要求, 经现场检测、核查☐合格/☐不合格。

☐ 纠正差错后再报。

项目监理机构 (章): _____

总/专业监理工程师: _____

日 期: _____

注: 本表一式三份, 经项目监理机构审核后, 建设单位、监理单位、承包单位各存一份