

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 303 - 2013

备案号 J 1637 - 2013

渠式切割水泥土连续墙技术规程

Technical specification for trench cutting re-mixing deep wall

2013 - 07 - 26 发布

2014 - 02 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

渠式切割水泥土连续墙技术规程

Technical specification for trench cutting re-mixing deep wall

JGJ/T 303 - 2013

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 4 年 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2013 北 京

中华人民共和国行业标准

渠式切割水泥土连续墙技术规程

Technical specification for trench cutting re-mixing deep wall

JGJ/T 303 - 2013

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：2 $\frac{1}{2}$ 字数：55 千字

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月第一次印刷

定价：**11.00 元**

统一书号：15112·23762

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 87 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《渠式切割水泥土连续墙技术规程》的公告

现批准《渠式切割水泥土连续墙技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 303-2013，自 2014 年 2 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2013 年 7 月 26 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2011 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标 [2011] 17 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 设计;5. 施工;6. 质量检验。

本规程由住房和城乡建设部负责管理,由浙江省建筑设计研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送浙江省建筑设计研究院(地址:浙江省杭州市安吉路 18 号,邮政编码:310006)。

本 规 程 主 编 单 位:浙江省建筑设计研究院
东通岩土科技(杭州)有限公司

本 规 程 参 编 单 位:浙江大学建筑工程学院
天津大学建筑工程学院
上海广大基础工程有限公司
浙江新盛建设集团有限公司
浙江天华建设集团有限公司
浙江萧峰建设集团有限公司
上海建筑设计研究院有限公司
浙江工业大学
杭州市拱墅区农转居多层公寓建设管理中心
杭州市勘测设计研究院
浙江万达建设集团有限公司
中程建工集团有限公司

浙江振越建设集团有限公司

浙江中超建设集团有限公司

本规程主要起草人员：施祖元 刘兴旺 龚晓南 樊良本
袁 静 李冰河 何一飞 吴国明
郑 刚 蒋镇华 陈旭伟 寇秉厚
李 星 黄锡刚 夏妙水 华国富
应关水 黄月祥 何政岳 边飞京
边灿才 胡 焕 张永红 胡 敏
邓铭庭

本规程主要审查人员：王梦恕 顾晓鲁 杨 斌 钱力航
王卫东 刘国楠 刘世明 刘文连
李耀良 倪士坎 史官云

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	设计	6
4.1	一般规定	6
4.2	设计计算	6
4.3	构造要求	10
5	施工	13
5.1	一般规定	13
5.2	施工准备	13
5.3	施工设备	14
5.4	材料	14
5.5	施工工艺	15
5.6	型钢加工、插入与回收	17
6	质量检验	19
6.1	一般规定	19
6.2	检验	20
附录 A	型钢起拔验算方法	22
附录 B	渠式切割水泥土连续墙施工记录表	23
附录 C	H 型钢检查记录表	24
	本规程用词说明	25
	引用标准名录	26
附：	条文说明	27

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Design Method and Conformation	6
4.1	General Requirements	6
4.2	Design Method	6
4.3	Conformation	10
5	Construction	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Construction Preparation	13
5.3	Construction Equipment	14
5.4	Materials	14
5.5	Construction Technology	15
5.6	H-shaped Steel Processing, Installation and Reuse	17
6	Quality Inspection	19
6.1	General Requirements	19
6.2	Inspection	20
Appendix A Computational Method of Pulling out		
	H-shaped Steel	22
Appendix B Construction Record of Trench Cutting		
	Re-mixing Deep Wall	23

Appendix C Supervision Record of H-shaped Steel	24
Explanation of Wording in This Specification	25
List of Quoted Standards	26
Addition: Explanation of Provisions	27

1 总 则

1.0.1 为了使渠式切割混凝土连续墙技术在工程应用中做到安全可靠、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于基坑工程、地下工程中支护结构与截水帷幕的设计、施工与质量检验。

1.0.3 渠式切割混凝土连续墙的设计和施工，应综合分析周边环境、水文地质条件、工程特点、材料性能、施工条件、工期目标和工程造价等因素。

1.0.4 渠式切割混凝土连续墙技术的设计、施工与质量检验，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 渠式切割水泥土连续墙 trench cutting re-mixing deep wall

通过链状刀具的转动和横向移动，对地基土进行渠式切割与搅拌，并与注入的固化液混合形成的水泥土地下墙体。

2.1.2 渠式切割型钢水泥土连续墙 trench cutting soil mixed deep wall

在渠式切割水泥土连续墙中插入型钢形成的水泥土地下连续墙。

2.1.3 切割液 cutting fluid

切割时使被切割土体流动并在规定时间内维持流动性，由水、粒组调整材料、外加剂等混合而成的液体。

2.1.4 固化液 curing agent

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。

2.1.5 减摩材料 friction reducing agent

为减少拔除时的摩阻力而涂抹在型钢表面的材料。

2.1.6 步进距离 advancing distance

链状刀具向开挖方向一次切割的长度。

2.1.7 一步施工法 one-step method of construction

通过切割、搅拌、混合，主机一步完成施工的施工方法。

2.1.8 两步施工法 two-step method of construction

通过切割、搅拌、混合，主机经往返两步完成施工的施工方法。

2.1.9 三步施工法 three-step method of construction

通过切割、搅拌、混合，主机经往、返、往三步完成施工的

施工方法。

2.1.10 开放长度 opening length

渠式切割水泥土连续墙施工过程中，为满足槽壁稳定和周边环境安全，对地基土体进行了切割而未进行固化的最大成槽长度。

2.1.11 泌水率 bleeding rate

泌水量与混合泥浆含水量之比。

2.2 符 号

2.2.1 抗力和材料性能

f ——钢材的抗弯、抗拉强度设计值；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值；

τ ——水泥土抗剪强度设计值；

τ_{ck} ——水泥土抗剪强度标准值。

2.2.2 作用和作用效应

M_k ——型钢水泥土连续墙墙身的最大计算弯矩标准值；

P_m ——型钢回收时的最大起拔力；

q_k ——型钢水泥土连续墙计算截面处的侧压力强度标准值；

V_k ——型钢水泥土连续墙的剪力标准值；

V_{ik} ——型钢与水泥土之间单位深度范围内的错动剪力标准值；

τ_1 ——型钢与水泥土之间的错动剪应力设计值。

2.2.3 几何参数

B ——型钢翼缘宽度；

d_{e1} ——型钢翼缘处水泥土墙体有效厚度；

h ——型钢高度；

h_1 ——型钢拼接处最大高度；

I ——型钢沿弯矩作用方向的毛截面惯性矩；

L ——相邻型钢之间的中心距；

L_1 ——相邻型钢翼缘之间的净距；

L_h —— 型钢长度；

L_{h1} —— 型钢顶部至最下一个拼接点的长度；

S —— 型钢计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩；

t —— 渠式切割水泥土连续墙厚度；

t_w —— 型钢腹板厚度；

W —— 型钢沿弯矩作用方向的截面模量。

2.2.4 计算参数

γ_0 —— 支护结构重要性系数。

3 基本规定

3.0.1 渠式切割水泥土连续墙适用于人工填土、黏性土、淤泥和淤泥质土、粉土、砂土、碎石土等地层；对于复杂地质条件，应通过试验确定其适用性。

3.0.2 渠式切割水泥土连续墙可用于截水帷幕；当插入芯材时，可结合内支撑或锚杆等用于支护结构。

3.0.3 渠式切割水泥土连续墙用于基坑支护结构时，应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定进行强度、稳定、变形及环境影响等分析，适用的基坑开挖深度应根据地质条件、环境保护要求和施工工艺等因素确定。

3.0.4 渠式切割水泥土连续墙所用水泥宜采用普通硅酸盐水泥；需要插入芯材时，宜采用型钢；对重复使用的型钢，应通过强度试验确定型钢实际强度，并根据型钢实际强度进行设计。

3.0.5 正式施工前应选取代表性的场地进行试成墙，据此确定施工机械、施工工艺及施工参数。

3.0.6 渠式切割水泥土连续墙质量检验程序和组织应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

3.0.7 施工及使用期间，应根据规定对周边环境和支护体系进行监测。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 渠式切割混凝土连续墙设计前应具备下列资料：

- 1 场地的岩土工程勘察报告；
- 2 工程用地红线图、总平面图和地下结构施工图；
- 3 周边环境资料，包括邻近建（构）筑物的基础及结构形式、轨道交通设施、道路及地下管线的详细资料等。

4.1.2 渠式切割混凝土连续墙的平面布置应简单、规则，宜采用直线布置，减少转角，圆弧段的曲率半径不宜小于 60m。

4.1.3 墙体厚度宜取 550mm~850mm，常用厚度宜取 550mm、700mm、850mm；墙深不宜大于 50m。

4.1.4 水泥用量及水灰比等参数宜根据墙体性能要求和土质条件由试验确定。水泥宜采用强度等级不低于 P.O42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺入比应根据土质条件及要求的水泥土强度确定，且不宜小于 20%，水灰比宜取 1.0~2.0；水泥土 28d 的无侧限抗压强度标准值不宜小于 0.8MPa。

4.1.5 渠式切割混凝土连续墙的抗渗性能应满足墙体自防渗要求，渗透系数不应大于 1×10^{-7} cm/s。

4.2 设计计算

I 渠式切割型钢混凝土连续墙

4.2.1 渠式切割型钢混凝土连续墙结合内支撑或锚杆支护时，设计计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 中支挡式结构的相关规定，并应计算下列内容：

- 1 型钢混凝土连续墙内力及变形计算；

- 2 基坑整体稳定性验算；
- 3 基坑底部土体的抗隆起稳定性验算；
- 4 基坑底部土体的抗管涌稳定性验算；
- 5 型钢水泥土连续墙的抗倾覆稳定性验算；
- 6 水泥土局部抗剪承载力验算；
- 7 基坑环境影响分析与评估；
- 8 型钢回收时，尚应进行型钢起拔计算。

4.2.2 抗管涌稳定性按渠式切割水泥土连续墙的深度验算，其余各项稳定性验算仅考虑型钢作用，不计入水泥土的影响。

4.2.3 内插型钢宜采用 Q235B 和 Q345B 级钢，其规格、型号及有关要求宜按国家现行标准《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》GB/T 11263 和《焊接 H 型钢》YB 3301 选用，并宜符合下列规定：

- 1 当墙体厚度为 550mm 时，内插 H 型钢截面宜采用 H400×300、H400×200；
- 2 当墙体厚度为 700mm 时，内插 H 型钢截面宜采用 H500×300、H500×200；
- 3 当墙体厚度为 850mm 时，内插 H 型钢截面宜采用 H700×300。

4.2.4 渠式切割型钢水泥土连续墙中相邻型钢的净距不宜小于 200mm，宜等间距布置，中心距应符合下式规定：

$$L \leq 2(t+h) + B - 200 \quad (4.2.4)$$

式中：L——相邻型钢之间的中心距（mm）；

t——渠式切割水泥土连续墙厚度（mm）；

h——型钢高度（mm）；

B——型钢的翼缘宽度（mm）。

4.2.5 内插型钢的截面承载力验算应符合下列规定：

- 1 作用于型钢水泥土连续墙的弯矩应全部由型钢承担，并按下式验算型钢抗弯强度：

$$\frac{1.25\gamma_0 M_k}{W} \leq f \quad (4.2.5-1)$$

式中： γ_0 ——支护结构重要性系数，按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 有关规定取值；但 γ_0 不应小于 1.0；

M_k ——型钢水泥土连续墙墙身的最大计算弯矩标准值 (N·mm)；

W ——型钢沿弯矩作用方向的截面模量 (mm³)；

f ——钢材的抗弯强度设计值 (N/mm²)。

2 作用于型钢水泥土连续墙的剪力应全部由型钢承担，并按下式验算型钢的抗剪强度：

$$\frac{1.25\gamma_0 V_k S}{I t_w} \leq f_v \quad (4.2.5-2)$$

式中： V_k ——型钢水泥土连续墙的剪力标准值 (N)；

S ——型钢计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩 (mm³)；

I ——型钢沿弯矩作用方向的毛截面惯性矩 (mm⁴)；

t_w ——型钢腹板厚度 (mm)；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值 (N/mm²)。

4.2.6 渠式切割水泥土连续墙的厚度应符合下列规定：

1 型钢无拼接时，应取下列公式结果较大值：

$$t \geq h + 100 \quad (4.2.6-1)$$

$$t \geq h + L_h/250 \quad (4.2.6-2)$$

2 型钢有拼接时，除应满足第 1 款要求外，尚应符合下列公式规定：

$$t \geq h_1 + 50 \quad (4.2.6-3)$$

$$t \geq h_1 + L_{h1}/400 \quad (4.2.6-4)$$

式中： t ——型钢水泥土连续墙厚度 (mm)；

h ——型钢高度 (mm)；

h_1 ——型钢拼接处的最大高度 (mm)；

L_h ——型钢长度 (mm);

L_{h1} ——型钢顶部至最下一个拼接点的长度 (mm)。

4.2.7 应控制型钢水泥土连续墙中内插型钢的应力水平及变形,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,并有利于型钢的回收和重复利用。

4.2.8 型钢水泥土连续墙中水泥土之间的错动抗剪承载力可按下列公式进行验算 (图 4.2.8):

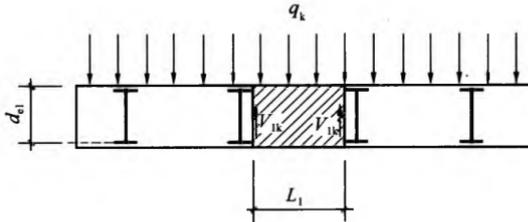


图 4.2.8 连续墙局部水泥土抗剪计算示意

$$\tau_1 \leq \tau \quad (4.2.8-1)$$

$$\tau_1 = \frac{1.25\gamma_0 V_{1k}}{\delta_{el}} \quad (4.2.8-2)$$

$$V_{1k} = \frac{q_k L_1}{2} \quad (4.2.8-3)$$

$$\tau = \frac{\tau_{ck}}{1.6} \quad (4.2.8-4)$$

式中: τ_1 ——型钢与水泥土之间的错动剪应力设计值 (N/mm^2);

V_{1k} ——型钢与水泥土之间单位深度范围内的错动剪力标准值 (N/mm);

q_k ——型钢水泥土连续墙计算截面处的侧压力强度标准值 (N/mm^2);

L_1 ——相邻型钢翼缘之间的净距 (mm);

δ_{el} ——型钢翼缘处水泥土墙体的有效厚度 (mm);

τ ——水泥土抗剪强度设计值 (N/mm^2);

τ_{ck} —— 水泥石抗剪强度标准值 (N/mm^2)，可取水泥石 28d 龄期无侧限抗压强度标准值的 1/3。

4.2.9 型钢回收起拔时，应根据型钢长度、土层条件、支护结构变形控制值等验算型钢起拔力 P_m ，验算方法宜符合本规程附录 A 的规定。

II 截水帷幕

4.2.10 当采用钻孔灌注桩等其他桩型作为围护桩，渠式切割水泥石连续墙仅作防渗截水帷幕时，平面布置宜使围护桩紧贴水泥石连续墙；当围护桩与水泥石连续墙不紧贴布置时，应采取措施加固二者之间的土体。

4.2.11 截水帷幕的深度应符合下列规定：

- 1 坑底土体的抗管涌稳定；
- 2 控制坑外地下水位标高，满足环境保护要求；
- 3 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。

4.2.12 抗管涌及抗突涌稳定性分析应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

III 其他支护结构

4.2.13 渠式切割型水泥石连续墙和渠式切割水泥石连续墙用于复合土钉墙时，应符合现行国家标准《复合土钉墙基坑支护技术规范》GB 50739 的相关规定。

4.2.14 渠式切割水泥石连续墙用于重力式支护结构时，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 中关于重力式水泥石墙的有关规定。

4.3 构造要求

4.3.1 渠式切割水泥石连续墙内插 H 型钢时，墙底宜比型钢底部深 0.5m~1.0m；墙体垂直度允许偏差为 1/250。

4.3.2 内插型钢垂直度允许偏差为 $1/250$ ；其平面布置应符合本规程第 4.2 节的有关规定，基坑的转角处应设置一根型钢，下列情况宜增加型钢插入密度：

1 周边环境要求高，位移控制严格；

2 在砂土、粉土等透水性较强的土层中，水泥土连续墙的抗裂和抗渗要求较高；

3 转角周边 2m 范围及平面形状复杂处。

4.3.3 渠式切割型钢水泥土连续墙的顶部，应设置钢筋混凝土冠梁；冠梁宜封闭，其高度、宽度及配筋应由设计计算确定。冠梁计算时应考虑由于型钢穿过对冠梁截面的削弱影响，冠梁构造应符合下列规定：

1 冠梁截面高度不应小于 600mm，当梁底位于软土地基时，不宜小于 700mm；冠梁的截面宽度宜比墙体厚度大 350mm，型钢翼缘外表面与邻近冠梁侧面的垂直距离不宜小于 250mm；

2 内插型钢应锚入冠梁，回收时应高出冠梁顶面 500mm 以上，但不宜超出地面；冠梁主筋应避开型钢设置；

3 冠梁的箍筋直径不宜小于 8mm，间距不应大于 200mm；在支撑节点位置，箍筋宜加密；由于内插型钢而未能设置封闭箍筋的部位应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应加强。

4.3.4 当采用内支撑或锚索（锚杆）支护体系时，型钢水泥土连续墙支护体系的腰梁应符合下列规定：

1 型钢水泥土连续墙可采用型钢（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。

2 腰梁宜完整、封闭，并与支撑体系连成整体。钢筋混凝土腰梁在转角处应按刚节点进行处理。钢腰梁的拼接方式应由设计计算确定，现场拼接点宜设在腰梁计算跨度的三分点处；钢腰梁在转角处的连接应通过构造措施确保腰梁体系的整体性。

3 钢腰梁应采用托架（或牛腿）和吊筋与内插型钢连接，墙体、H型钢与钢腰梁之间的空隙应采用强度等级不低于 C25 的细石混凝土填实。

4 当钢支撑与腰梁斜交时，应在腰梁上设置牛腿。

4.3.5 当采用竖向斜撑并需支撑在型钢水泥土连续墙冠梁上时，且型钢与冠梁之间采取了隔离措施，应在内插型钢与冠梁之间设置竖向抗剪构件。

4.3.6 渠式切割型钢水泥土连续墙中墙身厚度变化处或型钢插入密度变化处，墙体厚度较大区段或型钢插入密度较大区段宜作延伸过渡。

4.3.7 型钢回收应符合下列规定：

1 应具备型钢回收的场地及环境条件；

2 型钢应预先采取减摩阻措施；

3 采取有效措施使型钢与冠梁混凝土隔离，同时应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应采用不易压缩的硬质材料；

4 采用土钉或预应力锚索（锚杆）支护体系时，土钉或预应力锚索应避免型钢，其端部锚固采用的锚头构件不宜与型钢焊接；必须焊接时，宜在地下结构施工完成后通过换撑措施解除连接；

5 采用内支撑支护体系时，拆除支撑前的换撑构件不应与型钢焊接；

6 型钢拔出前围护墙与主体结构地下室外墙之间应回填密实；

7 型钢拔出后的水泥土连续墙不得作为截水帷幕，型钢拔出时间的确定应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；

8 对型钢拔除后形成的空隙宜采用注浆等方法填充。

4.3.8 对于周边环境条件复杂、支护要求高的基坑工程，型钢不宜回收。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 渠式切割混凝土连续墙施工前应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详细情况，编制施工组织设计方案，制定应急预案。

5.1.2 应根据编制的施工组织设计方案，评估成墙施工的环境影响，采取针对性的环境保护技术措施。

5.1.3 当施工点位周围有需保护的對象时，应掌握被保护对象的保护要求，严格控制开放长度，并结合监测结果通过试成墙确定施工参数。

5.1.4 邻近保护对象时，应控制渠式切割机的推进速度，减小成墙过程对环境的影响。

5.1.5 施工过程中产生的水泥土浆，应收集在导向沟内或现场临时设置的沟槽内，水泥土浆处置应符合相应环保等要求。

5.1.6 当采用钻孔灌注桩等其他桩型作为围护桩，渠式切割混凝土连续墙仅作防渗截水帷幕时，宜首先施工渠式切割混凝土连续墙，待墙体具有一定强度后，再施工围护桩。

5.1.7 型钢定位导向架和竖向定位的悬挂构件应与内插型钢的规格尺寸相匹配。

5.2 施 工 准 备

5.2.1 施工前应进行场地平整，场地便道应满足渠式切割机和起重机平稳行走、移动的要求，必要时应进行地基处理。

5.2.2 应根据定位控制线开挖导向沟槽，并在沟槽边设置定位标志；需要插入芯材时应标出芯材插入位置。

5.2.3 采用现浇钢筋混凝土导墙时，导墙宜筑于密实的土层上，

并高出地面 100mm，导墙净距应比墙体设计厚度宽 40mm～60mm。未采用钢筋混凝土导墙时，沟槽两侧应铺设路基箱或钢板。导墙的平面面积、强度和刚度等应满足渠式切割机在切割、回行、刀具立柱拔出等施工过程对地基承载力的要求。

5.3 施工设备

5.3.1 施工机械的选用应综合考虑地质条件、周边环境、成墙深度及建设工期等因素，与其配套的机具性能参数应与成墙深度、成墙宽度相匹配。

5.3.2 渠式切割机应符合下列规定：

- 1 机架系统应具有水平偏差和垂直度调整功能；
- 2 操作系统应配备监控装置和机具工作状态显示功能；
- 3 动力系统应具有遇异常情况的自动停机功能；
- 4 刀具系统内应安装测斜仪，进行链状刀具平面内和平面外水平位移监测。

5.3.3 渠式切割机的刀具系统应符合下列规定：

1 刀具链节之间、刀具链节与刀头底板之间的连接应牢固，不易松动；

2 刀头应与刀头底板可靠连接并可拆卸；

3 刀头材质应根据切割土层情况合理选取。

5.3.4 切割液和固化液制备设施的容量和处理能力应满足渠式切割水泥土连续墙施工全过程各阶段的需要，注浆泵的工作流量应能调节，其额定工作压力不宜小于 2.5MPa。

5.3.5 刀头底板应根据地质条件、周边环境、成墙宽度和深度选择排列方式；每组刀头应在墙体厚度方向全断面排列。

5.4 材 料

5.4.1 切割液的配合比应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。切割液与切割土体形成的混合泥浆性能应符合下列要求：

- 1 具有适度的流动性；
 - 2 泌水较小；
 - 3 砂砾成分的下沉较小。
- 5.4.2** 固化液的水泥用量宜通过室内试验和试成墙确定。固化液与切割液、切割土体形成的混合泥浆性能应符合下列规定：
- 1 具有适度的流动性；
 - 2 泌水较少；
 - 3 固化后具有要求的强度；
 - 4 固化后具有要求的渗透系数。

5.5 施工工艺

- 5.5.1** 主机应平稳、平正，机架垂直度允许偏差为 1/250。
- 5.5.2** 渠式切割水泥土连续墙的施工方法可采用一步施工法、两步施工法和三步施工法，施工方法的选用应综合考虑土质条件、墙体性能、墙体深度和环境保护要求等因素。当切割土层较硬、墙体深度深、墙体防渗要求高时宜采用三步施工法。施工长度较长、环境保护要求较高时不宜采用两步施工法；当土体强度低、墙体深度浅时可采用一步施工法。
- 5.5.3** 开放长度应根据周边环境、水文地质条件、地面超载、成墙深度及宽度、切割液及固化液的性能等因素，通过试成墙确定，必要时进行槽壁稳定分析。
- 5.5.4** 应根据周边环境、土质条件、机具功率、成墙深度、切割液及固化液供应状况等因素确定渠式切割机械的水平推进速度和链状刀具的旋转速度，步进距离不宜大于 50mm。
- 5.5.5** 采用一步施工法、三步施工法，型钢插入过程沟槽应预留链状刀具养护的空间，养护段不得注入固化液，长度不宜小于 3m，链状刀具端部和原状土体边缘的距离不应小于 500mm。
- 5.5.6** 施工过程中应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。
- 5.5.7** 无法连续作业时；链状刀具应按本规程第 5.5.5 条的要

求在沟槽养护段养护。长时间养护时应在切割液中添加外加剂或采取其他技术措施，防止刀具无法再次启动。

5.5.8 停机后再次启动链状刀具时，应符合下列规定：

- 1 首先应在原位切割刀具边缘的土体；
- 2 回行切割，回行切割已施工的墙体长度不宜小于500mm。

5.5.9 在硬质土层中切割困难时，可采用增加刀头布置数量、刀头加长、步进距离减小、上挖和下挖方式交错使用以及回行反复切割等措施。

5.5.10 一条直线边施工完成或者施工段发生变化时，应将链状刀具拔出。拔出位置（图 5.5.10）的确定应符合下列规定：

- 1 宜在已施工完成墙体 3m 长度范围外进行避让切割；
- 2 当不需要插入型钢时，拔出位置可设在最后施工完成的墙体内。

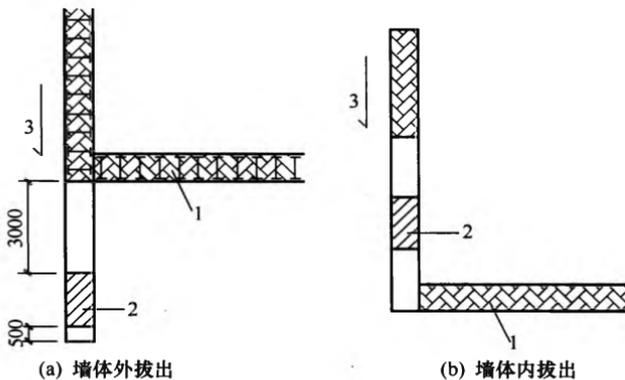


图 5.5.10 链状刀具的拔出位置

1—已完成墙体；2—链状刀具拔出的位置；3—施工方向

5.5.11 链状刀具拔出前，应评估链状刀具拔出过程渠式切割机履带荷载对槽壁稳定的不利影响，必要时应对履带下方的土体采取改良处理措施。

5.5.12 链状刀具拔出过程中，应控制固化液的填充速度和链状刀具的上拔速度，保持固化液混合泥浆液面平稳，避免液面下降或泥浆溢出。

5.5.13 链状刀具拔出后应作进一步拆分和检查，损耗部位应保养和维修。

5.5.14 施工中产生的涌土应及时清理。需长时间停止施工时，应清洗全部管路中残存的水泥浆液。

5.5.15 施工过程中应按本规程附录 B 填写相应的记录。

5.6 型钢加工、插入与回收

5.6.1 渠式切割型钢水泥土连续墙中内插型钢的加工制作应符合下列规定：

1 型钢宜采用整材，分段焊接时应采用坡口等强焊接。对接焊缝的坡口形式和要求应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定，且焊缝质量等级不应低于二级。单根型钢中焊接接头不宜超过 2 个，焊接接头的位置应避免设置在支撑位置或开挖面附近等型钢受力较大处，型钢接头距离坑底面不宜小于 2m；相邻型钢的接头竖向位置宜相互错开，错开距离不宜小于 1m。

2 型钢有回收要求时，接头焊接形式与焊接质量尚应满足型钢起拔要求。

5.6.2 拟回收的型钢，插入前应在干燥条件下清除表面污垢和铁锈，其表面应涂敷减摩材料。型钢搬运过程中应防止碰撞和强力擦挤，当有涂层开裂、剥落等现象应及时补救。

5.6.3 型钢插入时，链状刀具应移至对型钢插入无影响的位置。型钢宜在水泥土墙施工结束后 30min 内插入，插入前应检查其垂直度和接头焊缝质量。

5.6.4 型钢插入应采用定位导向架；型钢插入到位后应控制型钢顶标高，并采取避免邻近渠式切割机施工造成其移位的措施。

5.6.5 型钢宜依靠自重插入，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，应充分考虑其对周围环境的影响。

5.6.6 型钢起拔宜采用专用液压起拔机。型钢拔除时，应加强对围护结构和周边环境的监测。

5.6.7 型钢回收后，应进行校正、修复处理，并对其截面尺寸和强度进行复核。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 渠式切割混凝土连续墙的质量检验应分为成墙期监控、成墙检验和基坑开挖期检查三个阶段。

6.1.2 成墙期监控应包括下列内容：

- 1 检验施工机械性能、材料质量；
- 2 检查渠式切割混凝土连续墙和型钢的定位、长度、标高、垂直度；

- 3 切割液的配合比；

- 4 固化液的水灰比、水泥掺量、外加剂掺量；

- 5 混合泥浆的流动性和泌水率；

- 6 开放长度、浆液的泵压、泵送量与喷浆均匀度；

- 7 混凝土试块的制作与测试；

- 8 施工间歇时间及型钢的规格、拼接焊缝质量等。

6.1.3 成墙检验应包括下列内容：

- 1 混凝土的强度、连续性、均匀性、抗渗性能和水泥含量；

- 2 型钢的位置偏差；

- 3 帷幕的封闭性等。

6.1.4 基坑开挖期检查应包括下列内容：

- 1 检查开挖墙体的质量与渗漏水情况；

- 2 墙面的平整度，型钢的垂直度和平面偏差；

- 3 腰梁和型钢的贴紧状况等。

6.1.5 渠式切割混凝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，应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等的有关规定。

6.2 检 验

6.2.1 水泥、外加剂等原材料的检验项目和技术指标应符合设计要求和国家现行标准的规定。

检查数量：按检验批检查。

检验方法：查产品合格证及复试报告。

6.2.2 浆液水灰比、水泥掺量应符合设计和施工工艺要求，浆液不得离析。

检查数量：按台班检查，每台班不得少于3次。

检验方法：浆液水灰比用比重计检查，水泥掺量用计量装置检查。

6.2.3 H型钢规格应符合设计要求，检验方法与允许偏差应符合表6.2.3的规定。焊缝质量应符合设计要求和国家现行标准《焊接H型钢》YB 3301和《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。检查记录可采用本规程附录C样式进行填写。

表 6.2.3 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
5	型钢长度	±50	用钢尺量
6	型钢挠度	L/500	用钢尺量

注：表中L为型钢长度。

检查数量：全数检查。

检验方法：焊缝质量采用现场观察及超声波探伤。

6.2.4 基坑开挖前应检验墙身水泥土的强度和抗渗性能，强度和抗渗性能指标应符合下列规定：

1 墙身水泥土强度应采用试块试验确定。试验数量及方法：

按一个独立延米墙身长度取样，用刚切割搅拌完成尚未凝固的水泥土制作试块。每台班抽查 1 延米墙身，每延米墙身制作水泥土试块 3 组，可根据土层分布和墙体所在位置的重要性在墙身不同深度处的三点取样，采用水下养护测定 28d 无侧限抗压强度。

2 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应注浆填充。

3 墙体渗透性能应通过浆液试块或现场取芯试块的渗透试验判定。

6.2.5 渠式切割水泥土连续墙成墙质量检验标准应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 渠式切割水泥土连续墙成墙质量标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查数量	检查方法
1	墙底标高	+30mm	每切割幅	切割链长度
2	墙中心线位置	±25mm	每切割幅	用钢尺量
3	墙宽	±30mm	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

6.2.6 型钢插入允许偏差应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 型钢插入允许偏差

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查数量	检查方法
1	型钢顶标高	±50mm	每根	水准仪测量
2	型钢平面位置	50mm (平行于基坑边线)	每根	用钢尺量
		10mm (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

附录 A 型钢起拔验算方法

A. 0. 1 型钢起拔力 P_m , 可按照式 (A. 0. 1) 验算。

$$P_m > \psi(u_{f1}A_{c1} + u_{f2}A_{c2}) \quad (\text{A. 0. 1})$$

式中: 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 (N/mm^2), 加减摩剂后一般取 $0.02\text{MPa} \sim 0.04\text{MPa}$;

A_{c1} ——型钢翼缘外表面与水泥土的接触面积 (mm^2);

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 (N/mm^2), 加减摩剂后一般取 $0.02\text{MPa} \sim 0.07\text{MPa}$ (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 (mm^2);

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 $1.3 \sim 2.0$, 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。

A. 0. 2 型钢起拔力 P_m 应同时满足型钢强度的要求, 可按照式 (A. 0. 2) 验算。

$$P_m < 0.75f \cdot A_H \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中: f ——型钢的抗拉强度 (N/mm^2);

A_H ——型钢顶部最小截面积 (mm^2)。

附录 C H 型钢检查记录表

表 C H 型钢检查记录表

编号：

监理单位：

施工单位：

编号	整体				截面尺寸偏差(mm)										
	钢号	垂直度 偏差	表面锈 蚀程度	长度 偏差 (mm)	热轧 H 型钢			焊接 H 型钢							
					截面 高度	截面 宽度	腹板 厚度	翼缘板 厚度	截面 高度	截面 宽度	腹板中 心偏移	翼缘板 垂直度	腹板局部 平面度		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															

质检员：

技术负责人：

监理工程师：

年 月 日

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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：

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：

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：

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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 2 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 3 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 4 《复合土钉墙基坑支护技术规范》 GB 50739
- 5 《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》 GB/T 11263
- 6 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 7 《焊接 H 型钢》 YB 3301

中华人民共和国行业标准

渠式切割水泥土连续墙技术规范

JGJ/T 303 - 2013

条文说明

制 订 说 明

《渠式切割水泥土连续墙技术规程》JGJ/T 303—2013 经住房和城乡建设部 2013 年 7 月 26 日以第 87 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设中渠式切割水泥土连续墙的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过工程实测和室内外试验取得了渠式切割水泥土连续墙设计施工的重要技术参数。

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程时能正确理解和执行条文规定，《渠式切割水泥土连续墙技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及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规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	30
3	基本规定	32
4	设计	35
4.1	一般规定	35
4.2	设计计算	37
4.3	构造要求	40
5	施工	43
5.1	一般规定	43
5.2	施工准备	46
5.3	施工设备	46
5.4	材料	49
5.5	施工工艺	51
5.6	型钢加工、插入与回收	57
6	质量检验	58
6.1	一般规定	58
6.2	检验	58

1 总 则

1.0.1 渠式切割水泥土连续墙技术是从日本引进，经国内消化、改进后发展起来。该技术通过链状刀具的横向移动、刀具链条上刀头对地基土的切割开挖，同时垂直方向上进行固化液与切割地基土的混合与搅拌，形成墙壁状的固化体地下连续墙。与三轴水泥土搅拌桩和凝土地下连续墙技术相比，主要具有如下的优点：

1 施工设备稳定性好。通过低重心设计，机械设备高度控制在 10m 左右，施工安全性高。

2 高精度施工。自身携带多段式测斜系统，可以在水平方向和垂直方向进行高精度的施工。

3 突出的开挖能力和经济性。对于坚硬地基（砂砾、泥岩、软岩等）具有较高的切割能力，可以大大缩短工期、减少工程造价。

4 垂直方向均匀的质量。在垂直方向进行整体的混合与搅拌，即使对于性质存在差异的成层地基也能够在深度方向形成强度较高的均质墙体。

5 墙体的连续性。墙体整体性好，连续性强，施工缝少，止水性能优异。

6 墙体芯材间距可任意设定。由于墙体等厚，芯材可以以任意间距插入。

7 施工过程的噪声、振动小，环境影响小。

为使渠式切割水泥土连续墙技术的设计、施工与质量检验规范化，做到安全可靠、经济合理、确保质量、保护环境，促进建筑业新技术应用，制定本规程。

1.0.2 渠式切割水泥土连续墙技术普遍应用于建筑或市政基坑

工程中的挡土结构和截水帷幕；用于挡土结构时，需要在成墙施工过程同时插入芯材，以保证墙体抗弯、抗剪性能满足要求。

1.0.4 本规程仅涉及渠式切割水泥土连续墙的相关技术要求，与之相配套的其他分项工程技术要求应按相应的国家、行业标准执行。

3 基本规定

3.0.1 在国内应用渠式切割水泥土连续墙的工程中，涉及的土层包括杂填土、流塑的淤泥质黏土、粉质黏土、粉土、N 值平均 72 击的粉细砂层。

该技术曾成功应用于切割混有直径 800mm 砾石的卵石层，以及单轴抗压强度约 5MPa 左右的基岩，但是在这些情况下，施工速度变得极其缓慢，并且刀头磨损严重。因此，在实施前应进行试验施工，以便对施工速度和刀头磨损进行确认。

对于在冰点下寒冷地区施工的情况，当水泥土暴露在外界时，冻融会导致水泥土表面崩解。该现象在白天温度上升、夜间降温到冰点以下的部位易产生，因此，需要在水泥土表面覆盖养护。

当遇到地下障碍物较多时，应充分了解障碍物的分布、特性以及对施工的影响，区分对待。

3.0.2 由于成墙深度大、地层适应性强、连续性及均匀性好等特点，渠式切割水泥土连续墙具有优异的防渗、止水性能。在国内外的实践中，常用来作为基坑的截水帷幕和水利大坝的防渗墙，部分工程利用渠式切割水泥土连续墙阻隔深层承压水，取得较好的效果。

由于水泥土强度低，抗弯及抗剪性能差，因此用于支护结构时，需要在墙体内部插入芯材，并结合内支撑或锚杆等措施改善支护结构的受力性能。

3.0.3 渠式切割水泥土连续墙用于支护结构时，其设计计算方法及安全度要求与其他类似形式的支护结构相同，应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关规定。

由于墙厚及水泥土强度限制，渠式切割水泥土连续墙内插型

钢后形成的围护体刚度主要取决于内插型钢，渠式切割型钢水泥土连续墙适用的基坑开挖深度在很大程度上取决于型钢刚度。为增加渠式切割型钢水泥土连续墙的应用范围，可对现有的 H 型钢进行改进，使 H 型钢能连续紧密的排列，相邻桩之间以特定的企口相连，形成连续的箱形结构，在增大结构刚度的同时，进一步改善了墙体止水性能。国外已有类似的实践，并在部分工程实施了“两墙合一”，即利用改进后的渠式切割型钢水泥土连续墙直接作为永久结构的地下室外墙。

当渠式切割型钢水泥土连续墙仅用于截水帷幕时，适用的开挖深度往往取决于选用的支护结构刚度。

表 1 给出了国内渠式切割型钢水泥土连续墙应用的几个典型工程案例。

表 1 渠式切割型钢水泥土连续墙应用典型工程案例

工程简称	地点	基坑深度 (m)	墙体厚度 (mm)	墙体深度 (m)	应用形式
下沙办公楼	杭州	7.1~8.7	850	20	内插型钢，支护结构
国际办公中心	杭州	12~14	700	22.5	复合土钉
近江大厦	杭州	10~14	850	24	内插型钢，支护结构
中钢项目	天津	19.2~24.1	700	45	截水帷幕
绿地中央广场	南昌	15.5~17.1	850	22.3~23.3	内插型钢，支护结构
台州路步行街	杭州	10~12	850	30	内插型钢，支护结构
华润二期	杭州	18~24	850	23	截水帷幕
雨润新天地	淮安	22.1~27.4	850	34.2~45.2	截水帷幕
中小企业总部	上海奉贤	10.2~17.1	850	25.4	内插型钢，支护结构
仁恒海河广场	天津	21	700	36	截水帷幕
国际财富广场	苏州	15.7~17.9	700	43~46	截水帷幕

3.0.4 芯材采用型钢时一般考虑回收后重复利用，当施工工期长或回收有困难时，采用混凝土预制构件作为芯材的技术经济优势较为明显。

3.0.5 由于地基土层及地下水存在较大的不确定性，切割液、固化液的配合比及应用效果应经试成墙验证和改进。对环境复杂、场地紧张、地面荷载大的工程，开放长度的确定也应通过试成墙，以确保施工过程中槽壁的稳定和周边环境的安全。

试成墙的主要目的包括以下 3 个方面：

1 确定施工机械。在一些特殊地层，如深厚卵石层、风化岩层等，水泥土连续墙的质量控制在很大程度上取决于渠式切割机性能能否满足要求。

2 确定施工工艺。施工工艺应根据地层条件合理采用，如在黏性土地层，刀具链条旋转、刀头切割搅拌土体过程中，黏土容易依附刀头表面，影响土体的切割和搅拌效果，影响施工速度。因此，应采取措施减少或避免黏土依附。在较硬地层，切割搅拌过程中链状刀具较易产生偏位，可通过试成墙，确定切割的方式和步进速度。

3 确定施工参数。根据土层情况，通过试成墙确定水泥土的配合比、水泥用量。如在地下水位高、渗透性能强且地下水流急的地层中，合理确定膨润土的用量等。

3.0.7 渠式切割水泥土连续墙有在周边环境条件特别复杂的条件下应用成功的实例，由于周边建筑物保护要求高，施工全过程进行了监测，并根据监测结果及时调整施工部署和施工参数，最终达到了周边建筑物的沉降几乎没有发展的目的，成功地保证了周边环境安全和正常使用。因此，施工过程的监测非常重要。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.2 渠式切割机就位后，在直线段连续施工的效率较高，质量也容易控制；在转角位置，一般需要拔起并拆除刀具，转向后重新就位，费时费力；当转角很多，或圆弧段的曲率半径小于60m时，建议采用其他工法。

4.1.3 目前渠式切割机主要有三种类型：Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型。不同机型的成墙深度和墙体厚度可按表2选取。

表2 不同机型的成墙深度和墙体厚度

机型	深度 (m)	墙体厚度 (mm)
Ⅰ型	20	450~550
Ⅱ型	35	550~700
Ⅲ型	50	550~850

目前工程中Ⅲ型使用最为普遍，Ⅰ型基本不用。实际工程中施工50m深度以上的墙体时，难度大、质量控制难、机械损耗严重，因此本规程建议成墙深度不宜超过50m，当超过50m时，应采用性能优异的机械和由经验丰富的施工班组施工，且通过试验确定施工工艺、施工参数。

工程中常用的墙体厚度为550mm、700mm和850mm，当工程中需要采用其他规格的墙体厚度时，应在550mm~850mm之间按50mm的模数选取。

4.1.4 水泥土的技术要求主要包括下列两个方面：

1 水泥土配比的常规技术要求如下：

(1) 合理确定水泥浆水灰比，水灰比可根据土层条件取1.0~2.0，对含水量较高的淤泥和淤泥质土，水灰比宜取较低值；

当渠式切割水泥土连续墙仅用作截水帷幕时，水灰比取值宜适当降低。

(2) 水泥土 28d 的无侧限抗压强度需满足设计要求。

(3) 当需要插入型钢时，在确保水泥土强度的同时，尽量使型钢靠自重插入，或略微借助外力，就能使型钢顺利插入到位，水灰比可根据土层条件取 1.5~2.0，常取 1.5；型钢需要回收时，水泥土与涂有减摩剂的型钢之间应具有良好的握裹力，确保整体受力性能满足要求，并创造良好的型钢回收条件，使型钢拔除时，水泥土能够自立不坍塌，便于充填空隙。

我国的应用实践表明，软土地基上的水泥掺量可适当加大，土体的有机质含量较高时，可掺加针对有机质的外加剂，以保证水泥土的强度满足要求；对黏性土地基，可适量掺加促进流动性、缓和胶状化的外加剂（流动化剂）；当需要延迟固化液混合泥浆的凝结，减少废泥土的产生时，可适量掺加延迟硬化、降低胶状化体强度的外加剂（缓凝剂）。

2 水泥土的强度影响因素主要有：土质条件、水泥掺入量、水泥强度等级、龄期、外加剂等。

(1) 土质条件

在水泥掺量相同的情况下，软土地基中形成的水泥土强度低，粉土地基中形成的水泥土强度高。

根据国内现有工程的统计资料，渠式切割水泥土连续墙 28d 龄期的最低强度指标约 0.8MPa；粉土地基现场取芯的水泥土强度普遍较高，但离散性较大，水泥土 28d 龄期的强度一般在 0.98MPa~2.37MPa。

(2) 水泥掺入比

水泥土的强度随着水泥掺入比的增加而增大，当水泥掺量低于 5% 时，水泥与土的化学反应微弱，土的强度改善不明显。由于渠式切割水泥连续墙一般用于重要的深大基坑工程，为确保质量，水泥掺量不宜小于 20%。当墙体深度深、水文地质条件复杂时，水泥掺量应适当加大；在已完成的工程项目中，部分工程

的水泥掺量达到 25%~27%。实际应用中的具体水泥掺量应通过试成墙确定。

(3) 水泥强度等级

当水泥土配比相同时，水泥土的强度随水泥强度等级的提高而增大。

(4) 龄期

水泥土的强度随着龄期增大而增大，在龄期超过 28d 后，强度仍有明显的增加，一般以 90d 的强度作为水泥土的标准强度。

(5) 其他

水泥土的强度还与外加剂的掺量、养护条件、地基土的含水量等有关。

4.1.5 渠式切割水泥土连续墙的重要功能之一是截水帷幕，因此抗渗性能是检验的重要指标。实际工程中影响水泥土渗透性能的因素主要包括：

- 1 切割液及固化液的合理配比；
- 2 切割及搅拌的充分性和均匀性；
- 3 基坑开挖过程中，合理控制基坑变形，保证水泥土在工作状态下的截水效果。

4.2 设计计算

I 渠式切割型钢水泥土连续墙

4.2.1 渠式切割型钢水泥土连续墙结合内支撑或预应力锚索（锚杆）支护时的设计计算内容与一般支挡式结构的内容基本一致。根据其特点，主要增加了型钢之间的水泥土应力分析和型钢起拔计算等内容。

4.2.2 型钢的插入深度应满足基坑的稳定及变形要求，并应分析型钢回收的施工可行性；抗管涌稳定性分析应按水泥土连续墙的深度进行。

型钢的插入深度计算时不应计入型钢端部以下水泥土连续墙

的作用。因为型钢端部的水泥土强度低，不能起嵌固作用，插入深度应按型钢的实际插入深度计算；型钢的长度确定时也要综合考虑现有的施工水平，包括渠式切割水泥土连续墙的施工能力及回收装置的起拔能力等。

4.2.4 型钢的最大间距控制主要是保证型钢之间水泥土的拱效应成立，避免水泥土出现拉应力，此时只需要验算中间土的抗压和抗剪性能。

4.2.5 试验及理论分析结果表明，水泥土对型钢的约束作用对型钢水泥土连续墙的刚度及稳定性具有重要作用，基坑变形较小、水泥土质量比较有保证时，水泥土对型钢水泥土连续墙整体刚度的贡献更为明显。计算分析时，作用在型钢水泥土连续墙的弯矩全部由型钢承担，而不考虑水泥土的作用，主要是基于下列因素考虑：

1 我国已经完成的渠式切割型钢水泥土连续墙项目中，型钢基本按回收利用考虑。为满足型钢回收需要，型钢表面需要涂刷减摩剂以降低型钢与水泥土之间的黏结力，这对型钢与水泥土的共同作用有不利影响。

2 工程实践表明，基坑开挖时，型钢迎坑面的水泥土难以保留，型钢表面常常处于直接暴露状态；在承载能力极限状态下，水泥土将出现开裂、破坏等现象，刚度明显下降。

3 由于型钢的弹性模量远远大于水泥土，尽管水泥土的截面积较大，型钢的抗弯刚度与水泥土的抗弯刚度仍然相差很大，可以不计水泥土的作用。

4.2.7 应合理控制内插型钢的应力水平，根据已有的工程经验，型钢应力不宜超过其强度设计值的70%。这条规定主要是基于如下考虑：

1 基坑开挖时如渠式切割型钢水泥土连续墙中内插型钢的应力水平过高，水泥土将进入开裂状态，裂缝深度的大小取决于型钢的应力水平，因此应合理控制内插型钢的应力水平，使水泥土开裂后的有效厚度满足抗渗要求（图1）；

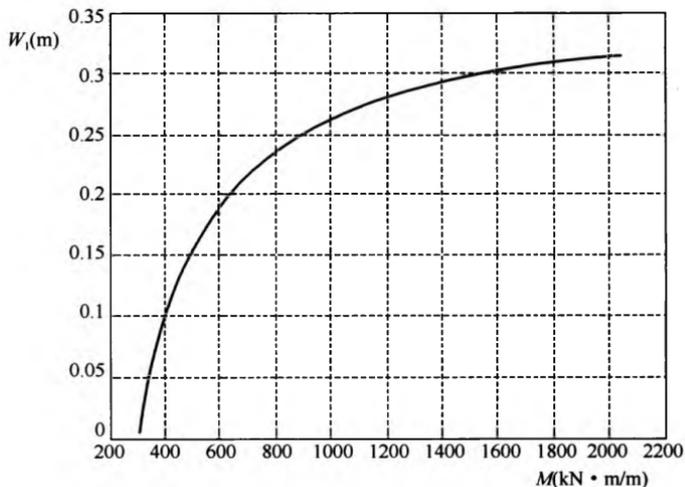


图1 某工程型钢水泥土连续墙
墙身弯矩与裂缝深度的关系 (墙厚 850mm)

W_1 —裂缝深度 (m); M —弯矩 (kN·m/m)

2 工程应用实践表明, 当型钢应力水平过高及周边水泥土约束不强时, 型钢翼缘及腹板产生局部屈曲, 影响整体承载性能;

3 便于型钢回收和重复利用。

4.2.9 通过型钢起拔力计算可以评估型钢的回收难度, 为回收施工技术措施的确定提供依据。经对我国多个实际工程的试算及反分析, 得到了附录 A 提供的起拔力计算公式及经验参数, 实际应用时应结合工程经验、工程特点及型钢状况对计算结果合理修正。

II 截水帷幕

4.2.10 当采用钻孔灌注桩等其他桩型作为围护桩, 渠式切割水泥土连续墙作为截水帷幕时, 应采取措施保证二者的协同作用。以围护桩采用钻孔灌注桩为例, 宜首先施工渠式切割水泥土连续墙, 然后跟进施工钻孔灌注桩, 使渠式切割水泥土连续墙紧贴围

护桩。此时应合理控制两种桩型施工之间的时间差，避免因水泥土强度过高而导致钻孔桩施工时桩周介质强度严重不均匀，进而影响钻孔桩的正常施工及施工质量。如果首先施工钻孔灌注桩，由于钻孔灌注桩常存在扩颈、垂直度偏差等现象，渠式切割水泥土连续墙一般需与灌注桩保留 100mm~200mm 的净距方可施工，此时应采取高压旋喷或注浆等手段加固水泥土连续墙与钻孔桩之间的土体。

4.2.11 渠式切割水泥土连续墙作为截水帷幕在工程应用中存在下列 4 种情况：

1 仅用于截断浅层潜水，帷幕底部进入相对不透水层。此时坑内降水基本不影响坑外水位。

2 潜水深度大，帷幕没有完全将之截断。此时帷幕首先需要满足坑底土体的抗管涌要求，同时应考虑坑内降水引起的坑外水位下降，通过渗流分析及坑外水位控制要求确定帷幕深度。

3 用于截断深层承压水，帷幕底部进入承压水层以下的相对不透水层，解决了深层承压水可能引起的坑底土体突涌问题。

4 帷幕进入承压水层一定深度，但没有截断承压水层。此时应结合坑内减压井的设置和帷幕的实际深度，进行降水分析，完善承压水处理方案，保证坑底土体的抗突涌稳定满足要求。

III 其他支护结构

4.2.13 当型钢插入密度较大，渠式切割型钢水泥土连续墙的刚度有保证时，也可将土钉视为地基加固措施，根据提高后的土性指标按悬臂支护结构分析型钢水泥土连续墙的内力及变形。

4.3 构造要求

4.3.2 基坑转角处设置一根型钢可改善渠式切割型钢水泥土连续墙的整体受力效果，便于腰梁与墙体的连接。对某些空间效应较弱的平面形状变化处，如基坑阳角，通过加大型钢插入密度可有效提高该部位围护体的刚度和强度，改善围护体系整体受力

性能。

4.3.3 型钢顶部高出冠梁顶部 500mm 以上是基于型钢的回收需要；型钢顶部超出地面会影响基坑周边的场地利用，应尽量避免。在出土口范围，型钢顶部应采取可靠的保护措施，避免因重车反复碾压损伤型钢。

当型钢不考虑回收时，冠梁设计同普通的围护桩顶部冠梁，型钢顶部可直接锚入冠梁一定深度或通过焊接附加钢筋的形式锚入冠梁，冠梁的箍筋如遇到型钢可直接焊接在型钢上。型钢表面不需要涂刷减摩剂，型钢与冠梁之间也不需要设置隔离材料。

4.3.4 渠式切割型钢水泥土连续墙围护体系的造价与施工工期关系较大，工期越长，型钢的租赁费用越高。因此为节省工期，提高施工工效，与钢结构腰梁及支撑配套使用较多。

钢腰梁的拼接应按照等强度、等刚度连接的原则，根据钢腰梁现场拼接的施工特点，对内外侧拼接处的缀板及焊接等提出具体明确的要求。曾有工程在腰梁施工时，为图方便而没有对各段腰梁交接处进行有效连接，致使支撑体系的整体性差，基坑变形过大而产生险情。

施工过程中，水泥土连续墙、内插型钢存在定位和垂直度偏差，型钢表面的水泥土保护层也常常剥落，因此腰梁与墙体之间常常存在一定的空隙，如不采用可靠的材料填实，将直接影响围护体系的整体受力性能。

4.3.5 型钢如需回收，为保证型钢的正常回收，型钢与冠梁需采取隔离措施，当竖向斜撑支撑在冠梁上时，如不设置竖向抗剪构件，冠梁可能会在支撑力作用下向上位移，影响支撑的效果，且可能造成内插型钢与冠梁交接处的节点破坏。

4.3.7 对于拟考虑型钢回收的项目，应预先分析型钢回收的场地及环境条件，考虑型钢回收的技术路线、吊车停靠位置等。

换撑构件如与型钢焊接，型钢侧向受到约束而增加起拔难度，影响型钢的回收，因此换撑构件不应与型钢焊接，并按悬臂构件设计。

型钢回收起拔时，渠式切割混凝土连续墙的墙体会受到较大影响，防渗截水帷幕的功能难以保证。因此，在渗透性较强的地层中，型钢拔出前应评估型钢拔出后的地下水状态，确保地下室及周边环境的安全和正常使用，有条件时宜在混凝土连续墙内外的水头基本齐平后回收型钢。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 施工前应收集如下资料：

- 1 施工区域的地形、地质、气象和水文资料；
- 2 邻近建筑物、地下管线、轨道交通设施和地下障碍物等相关资料；
- 3 测量基线和水准点资料；
- 4 环境保护的有关规定。

以此为基础查明障碍物的种类、分布范围及深度，必要时用小螺钻、原位测试和物探手段查明。对于重要工程，也可针对围护结构的施工范围进行施工勘察。对于浅层障碍物，宜全部清除后回填素土，然后进行渠式切割水泥土连续墙的施工；对于较深障碍物，尽量清障。当地紧张，周边环境恶劣，障碍物较深、较多不具备清障条件时，强行施工将造成刀具卡链、刀具系统损坏以及埋入，刀具立柱无法上提等现象，严重损伤机械设备并造成经济损失。因此，该种情况下不应采用渠式切割水泥土连续墙。

进行现场勘察时需整理、核对勘察内容，表3为现场勘察项目实例。

表3 现场勘察项目实例

项目	子 项	勘 察 内 容
工程内容	工程概况	工程名称、地点；业主、设计单位、监理单位、施工单位；工程规模、建筑形式、结构体系等
	地下工程	基础形式、地下室深度、基坑围护形式

续表 3

项目	子 项	勘 察 内 容
周边状况	通行路线	道路宽度, 高度限制; 交通限制
	出入口	宽度、高度、坡度、可否转弯等
	邻近地块	场地界限、用地红线边界
	与邻近地块的协议	协议内容(开工日、作业时间等)
	水井	水位、水质和利用状况
场地状况	场地	施工范围、机械拆装场地、配套设备场地、材料场地、材料运输道路、泥浆池
	地基	场地表层土的承载力(是否需加固); 场地平整度; 排水设施
	导沟	可否开挖导沟, 周边地基是否需要加固
	地下障碍物及埋设物	地下管线及避让措施、暗井、防空洞、残留构筑物
	地上障碍物	有无架空线
	其他	侧向伸出的树木等突出物、型钢拔出的场地条件
地基	土质	颗粒级配、含水量、渗透系数; 标准贯入试验结果、无侧限强度; 有无有机质土等特殊土类
	地下水	地下水位、地下水与周边水系的水力联系; 有无承压水等
邻近建(构)筑物	地上建(构)筑物	与施工位置最近点的距离
	地下建(构)筑物	有无对振动敏感的精密仪器或设备、与施工位置最近点的距离、埋藏深度、基础形式
水电设施	工程用水	供给能力(出水口径、水压)
	工程用电	有无动力用电源及其功率

5.1.2 施工组织方案除了包括工期、施工设备的配置、主要材料与数量、施工顺序、人员组织、场地布置、质量控制及安全、

环保措施外，还应包括下列内容：

1 渠式切割机的施工操作规定。该规定应根据设备性能、地质条件和施工要求制定，包括：设备操作步骤和要点、主要施工参数的控制方法、步进距离、刀具链条的旋转速度以及应急预案等。

2 根据基坑的平面形状，确定施工段和施工顺序，明确每一个施工段的起始位置、链状刀具拔出位置以及全部施工完成后刀具的拔出位置。

3 根据环境保护要求，明确环境保护措施，通过施工方法、切割液、固化液、开放长度和施工速度的合理控制，在确保环境安全基础上，提高施工工效。

4 信息化施工及应急预案。

5.1.3 施工时必须注意噪声、振动、泥土的飞散和流失、地基沉降等对周边环境的不良影响。大量现场施工过程的测试表明，正常施工时，渠式切割水泥土连续墙施工全过程的噪声一般在85dB以下，对周边的振动影响不明显。施工过程，链状刀具内部的多段式测斜仪能监控墙体的垂直状态，根据监控情况，合理操作，使墙体的垂直度满足要求，同时结合成墙速度和开放长度控制，尽量减少对周边环境的影响，确保周边建筑物及设施的安全和正常使用。

5.1.5 采用三步施工法时，各个施工循环中，需注入切割液与固化液。对于黏土地基，排出的泥土量与注入液的体积基本相当；对于砂、砾地基，切割地基土时排出的泥土量较少，在回行、搭接切割和墙体建造过程中排出的泥土量增多。

泥土产生量与以下因素有关：

- 1 土质条件；
- 2 注入量；
- 3 链状刀具的清洗水；
- 4 场地内泥土中离析出的水。

现场产生的泥土应及时清理，保持现场的文明、整洁。

5.2 施工准备

5.2.1 渠式切割机重量重且机架系统单边悬挂于主机上，距离开挖沟槽越近，沟槽侧壁的负荷越大；同时渠式切割机为连续切割、搅拌作业，成墙长度及时间长，对周边土体将产生扰动。因此，渠式切割机施工作业时，应复核地基表层的承载力是否满足使用要求，防止产生因地基稳定性不足而造成上部沟槽坍塌，对周边环境产生不利影响。

此外，当施工位置地基软弱，产生沉陷和地基失稳问题时，渠式切割机主机下沉，导致施工中的链状刀具发生异常变形，产生异常应力，使得施工精度与生产效率显著下降，严重时导致设备损坏。

起重机起吊和拔出刀具立柱时，表层地基的压应力最大，尤其是近沟槽部位，因此通常需要对起重机履带正下方的地基承载力进行复核和处理。

沟槽边放置定位钢板对其上荷载产生压应力分散作用，一定程度上可提高表层地基的承载力。

5.2.3 导墙具有定位、保证浅层土体稳定、便于机械操作和型钢插入等功能，导墙底部的土体应有一定的承载能力，应根据施工荷载大小及土层条件进行复核，必要时采取浅层地基处理措施，如换填、注浆等。

5.3 施工设备

5.3.1 以某一特定工程为例，渠式切割水泥土连续墙施工主要有表4施工机械及设备；图2为渠式切割机示意图。

表4 施工机械及设备构成

编号	名称	规格	数量	摘要
1	主机	—	1台	—
2	履带式起重机	油压驱动	1台	墙体深度35m以下采用60t，35m以上采用80t以上

续表 4

编号	名称	规格	数量	摘要
3	空气压缩机	—	1台	—
4	钢垫板	—	按需要	用于主机、全自动注入液制备设施、水泥筒仓
5	反铲	—	1台	导沟开挖、泥土堆放、固化处理等
6	芯材	H型钢等	按需要	放在堆场
7	高压清洗机	—	1台~2台	—
8	发电机	—	1台	全自动注入液制备设施、水泥筒仓以及其他动力使用
9	全自动注入液制备设施	—	1台~2台	根据1工作日墙体施工工程量选择
10	水泥筒仓	—	1台~2台	根据1工作日施工工程量选择
11	水槽	—	1台~2台	根据1工作日施工工程量选择
12	翻斗车	—	按需求	根据1工作日施工工程量选择
13	泥土坑	—	1个~2个	根据1工作日施工工程量选择

5.3.2 渠式切割机由主机和刀具系统组成。主机包括底盘系统、动力系统、操作系统、机架系统。主机底盘下设履带，用两条履带板行走；底盘上承载主机设备。动力系统包括液压和电力驱动系统。操作系统包括计算机操作系统、操作传动杆以及各类仪器仪表。机架系统在履带底盘上设置有竖向导向架和横向门型框架。横向门型框架上下设有2条滑轨，下滑轨铰接于主机底盘上，上滑轨由背部的液压装置支撑锁定于垂直位置上。根据待建设墙体的需要，门型框架通过液压杆可在 $30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 范围内旋转，从而进行与水平面最小成 30° 的斜墙施工。

渠式切割机的操纵室应设置机械的监控装置，操作人员可以在操纵室内观察机具各部位的工作状态。为防止操纵人员疲劳工作，渠式切割机还应装有自动切削控制系统的附属设备。此外，

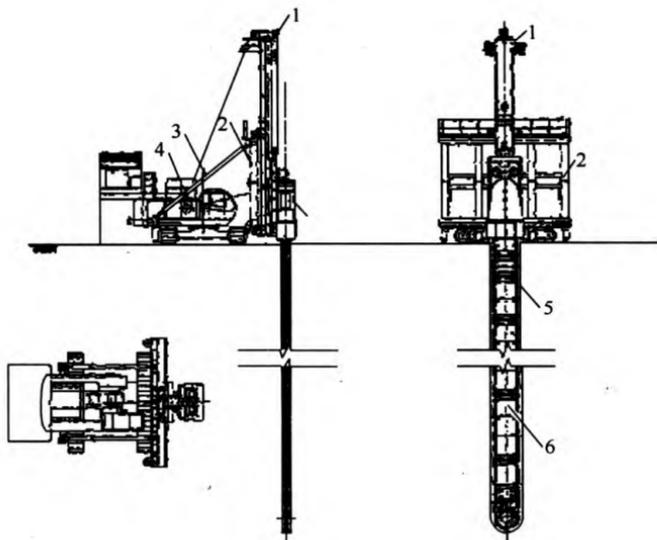


图2 渠式切割机示意

- 1—竖向导向架；2—横向门型框架；3—背部斜撑；
4—操纵室；5—链状刀具；6—刀具立柱

切削、搅拌较硬土层时，一旦刀具系统产生较大变形，操作人员强行操作出现水平推力超出限值时，渠式切割机械应有自动停机功能，防止设备损坏。

5.3.3 由刀具立柱、刀具链条、刀头底板和刀头组成的刀具系统统称为链状刀具。刀具立柱设置于渠式切割机机架内，其上安装刀具链条。

刀头底板位于刀具链条上，具有不同的规格，宽度为325mm~875mm。渠式切割机通过改变刀头宽度，形成以50mm为一级，宽度变化范围为450mm~850mm的水泥土连续墙。

刀头底板上安装有数个可拆卸刀头，具体刀头数量由刀头底板的排列方式确定，以保证墙体宽度方向能全断面覆盖有刀头。可拆卸刀头在切削施工中磨损后，可方便地拆卸、更换，有效地降低了维护成本和维护人员的劳动强度，提高了设备的工作

效率。

5.3.4 渠式切割水泥土连续墙浆液包括切割液和固化液。浆液制备装置包括水泥筒仓、钢制水槽、计量器具、搅拌机以及泵机等，以上设备型号选择时应保证具有充足的容量与浆液制备能力，满足每日浆液最大需求量。为了保证浆液的质量，浆液制备和注入的各个环节宜采用全自动化设备，不宜采用手工操作。全自动浆液制备装置不仅能够进行原材料、浆液注入量的全自动量测，并且可根据实际施工墙体的体积调整注入量。

5.4 材 料

5.4.1 切割液是指为了使被切割土体流动化，在切割时注入的由水、膨润土和其他混合剂等构成的液体。由于在切割土体和切割液混合构成的泥浆中刀具链条需要转动或者长时间停止，因此必须减小混合泥浆对刀具链条的抵抗作用。切割液的配合比应通过试验确定，表5给出了一般情况下切割液的配合比；遇有含盐类土或土中溶解金属阳离子较多时，膨润土的保水性能将受到影响，必须通过试验配制切割液。添加膨润土后，泥浆中的钙离子会促进固化液产生早期凝结（胶状化），在水泥土墙施工中应予以注意。

表5 切割液的配合比（每 1m^3 土体）

岩土条件	膨润土 (kg)	增粘剂 (kg)
黏性土	0~5	—
粉细砂、粉土	5~15	—
中砂、粗砂	15~25(20)	0~1.0
砾砂、砾石	25~50(30)	0~2.5
卵石、碎石	50~75(40)	0~5.0

注：1 切割液的配合比应通过试验确定，本表仅供参考。

2 括号内的数字是指添加了增粘剂的量。

表6给出了切割液的配合调整原则。为了保证泥浆具有一定

的流动性和浮力，混合泥浆中的细颗粒需具有一定的浓度。因此需要在切割液中加入一定的粒组调整材料，同时添加防止脱水与胶状化的各种添加剂。对于黏土成分较少的碎石土，应保证一定的细颗粒浓度，需要添加粒组调整材料；砂性土地基中大深度施工时，应掺入减少脱水的添加剂。

表 6 切割液的配合调整原则

土类	粒组特性	混合泥浆的性质和调整原则
黏性土	黏粒+粉粒 40%以上	将含水量提高到液限以上即具有流动性。为了缓和由黏土中可溶阳离子产生的胶状化，需掺入必要的添加剂
黏性土	黏粒+粉粒 30%~40%	加水即具有流动性。当黏土成分较少时，泥浆静置时会产生固液分离现象，丧失流动性。此时需添加固液分离抑制剂以及缓和胶状化的添加剂
砂质土	黏粒+粉粒 20%~30%	加水和搅拌即具有流动性。泥浆静置时会产生固液分离现象，丧失流动性。需要掺入减少脱水的添加剂、粒组调整材料以及缓和胶状化的添加剂
砂	黏粒+粉粒 20%以下， $d_{50} \leq 2.0$	加水和搅拌后会流动，静置会立即固液分离，砂粒下沉，丧失流动性。需要添加粒组调整材料保证砂粒的悬浮以及其他减少脱水的添加剂
砾质土	黏粒+粉粒 20%以下， $2.0 \leq d_{50} < 50$	仅仅加水和搅拌很难流动。为了防止粒径较大砾石下沉应含有 20% 以上的黏土成分。需要添加粒组调整材料、增粘以及减少脱水添加剂
	黏粒+粉粒 20%以下， $d_{50} \geq 50$	即使加水和搅拌也不会流动。为粉碎较大砾石，需要增加细粒成分。有必要添加适当的粒组调整材料以及减少脱水添加剂，有时还需要添加流动化剂

注：1 当没有粒组级配数据时，可参考勘察柱状图。特别是当溶解阳离子影响较大时，关于黏土层的成因要特别注意。

2 d_{50} 为平均粒径，指土中大于或小于此粒径的土粒含量均占 50%，单位 mm。

5.4.2 固化液的主要材料为普通硅酸盐水泥，工程中水泥石强度要求提高时，应增加水泥的掺入量或提高水泥的强度等级。

在黏粒含量较高时可参加提高固化液混合泥浆流动性的外加剂（流动化剂）。施工中需要延长固化液混合泥浆的凝固时间时，应添加缓凝剂，以防链状刀具在泥浆中抱死，无法启动或损坏设备。

常用的固化液配比可按表 7 执行。

表 7 渠式切割水泥石连续墙固化液配比表 ($q_u=800\text{kPa}$ 时)

土层	水泥 (kg/m^3)	水灰比	流动化剂 (kg/m^3)	缓凝剂 (kg/m^3)
黏性土	400~450	1.0~2.0	0~10	0~4.4
粉细砂、粉土	380~440	1.0~2.0	0~2.5	0~2.7
中砂、粗砂	380~430	1.0~2.0	—	0~2.0
砾砂、砾石	370~420	1.0~2.0	—	0~1.5
卵石、碎石	360~400	1.0~2.0	—	0~1.5

5.5 施工工艺

5.5.1 渠式切割水泥石连续墙的垂直度高，墙面平整度好，通过链状刀具内安装的多段式倾斜仪可以对墙体进行平面内和平面外实时监测以控制垂直度，从而实现高精度施工。渠式切割水泥石墙体垂直偏差应小于 $1/250$ 。图 3 为渠式切割水泥石墙施工顺序示意图。

1 主机施工装置连接，直至带有随动轮的链状刀具节抵达待建设墙体的底部；

2 主机沿沟槽方向作横向移动，根据土层性质和刀具各部位的工作状态，选择向上或向下的切割方式；切割过程中由链状刀具底部喷出切割液和固化液；在链状刀具旋转作用下切割土与固化液混合搅拌；

3 主机再次向前移动，在移动的过程中，将型钢按设计要

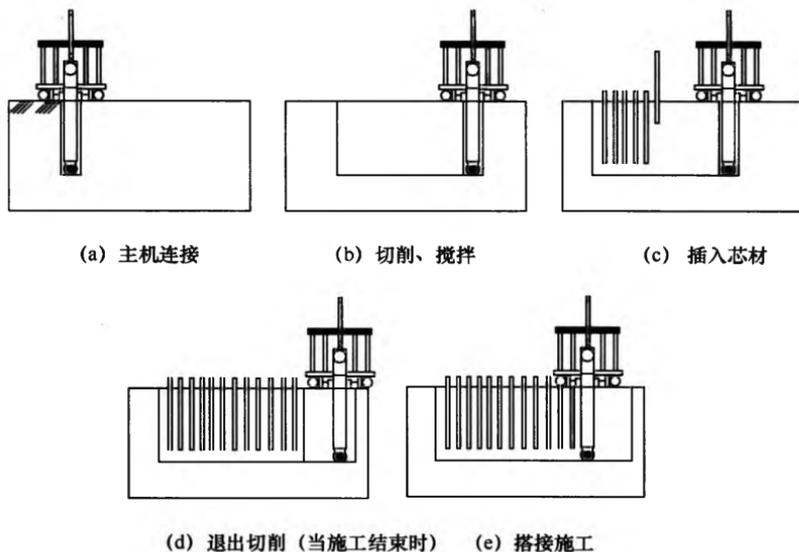


图3 施工顺序示意

求插入已施工完成的墙体中，插入深度用直尺测量；

4 施工间断而链状刀具不拔出时，须进行刀具养护段的施工；

5 再次启动后，回行切割和先前的水泥土连续墙进行搭接切割。

刀具立柱由刀具立柱节组装而成。刀具立柱节、刀具链条、刀头底板和刀头组成链状刀具节。链状刀具安装前，场地的平整度、地基的承载力需满足机架平稳、平正的施工要求。

图4为链状刀具组装示意图，其顺序如下：

1 首先将带有随动轮的链状刀具节与主机连接，切割出可以容纳1节链状刀具的沟槽（图4a）；

2 切割结束后，主机将带有随动轮的链状刀具节提升出沟槽，往与施工方向相反的方向移动；移动至一定距离后主机停止，再切割1个沟槽，切割完毕后，将带有随动轮的链状刀具节与主机分解，放入沟槽内，同时用起重机将另一节链状刀具放入

预制沟槽内，并加以固定（图 4b）；

3 主机向放入预备沟槽内的链状刀具节移动（图 4c）；

4 主机与预备沟槽内的链状刀具节相连接，然后将其提升出沟槽（图 4d）；

5 主机带着这一节链状刀具向放在沟槽内带有随动轮的链状刀具节移动（图 4e）；

6 主机移动到位后停止，与带有随动轮的链状刀具节连接，同时原位进行更深的切割（图 4f）；

7 根据设计施工深度的要求，重复图中 b~f 的顺序，直至完成施工装置的架设。

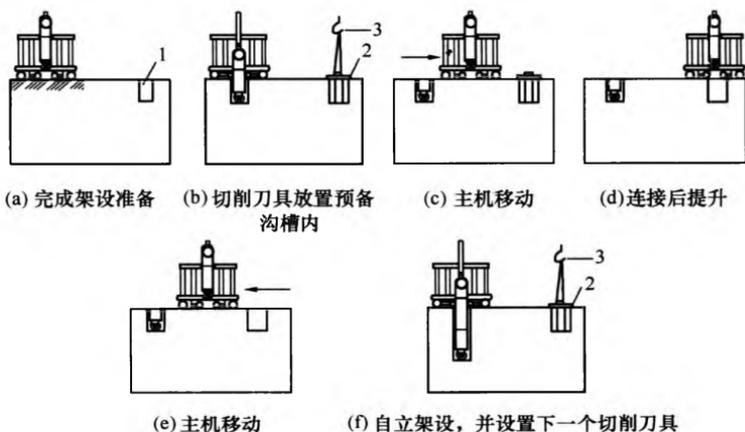


图 4 链状刀具组装示意

1—预备沟槽；2—支承台；3—起重机

链状刀具设置于主机的机架系统内，驱动轮可沿竖向导杆上下移动，用以提升和下放链状刀具。驱动轮的旋转带动刀具链条运动，从而切割、搅拌和混合原状土体。同时竖向导杆和驱动轮也可沿横向架滑轨横向移动，带动链状刀具作水平运动。当驱动轮水平走完一个行程后，解除压力成自由状态。主机向前开动，相应的驱动轮回到横向架的起始位置，开始下一个行程，如此反

复直至完成墙体施工。

5.5.2 根据施工机械是否反向施工以及何时喷浆的不同，渠式切割混凝土连续墙施工工法有—步施工法、两步施工法、三步施工法三种。表8列出了三种施工方法的特征。

表8 三种施工方法的特征

	—步施工法	二步施工法	三步施工法
施工概要	切割、固化液注入、芯材插入是一次同时完成，直接以固化液进行切割、固化	单向进行切割，全部切割结束后返程，在返程过程中进行固化液的注入和芯材的插入	将整个施工长度划分为若干施工段，在每一个施工段，先进行切割，切割到头后返回到施工段起点，再进行固化液注入与芯材插入
说明图			
开放长度	短	长	短
注入液	固化液	切割液→固化液	切割液→固化液
适用深度	比较浅	可以大深度施工	可以大深度施工
地基软硬	比较软的地基	软到硬的地基	软到硬的地基
对周边的影响	小	需要分析	小
对障碍物的适应性	不好	较好	较好
综合评价	由于直接注入固化液，当出现问题时，链状刀具周边发生固化，有可能发生无法切割的问题。常用于墙体较浅情况	由于开放长度较长，长时间会对周边的环境产生影响。在施工长度不长的场合使用	对于障碍物的探知、芯材的插入等可以保证充足的施工时间，对链状刀具以及周边影响较小，通常采用该施工方法

一步施工法在切割、搅拌土体的过程中同时注入切割液和固化液。三步施工法中第一步横向前行时注入切割液切割，一定距离后切割终止；主机反向回行（第二步），即向相反方向移动；移动过程中链状刀具旋转，使切割土进一步混合搅拌，此工况可根据土层性质选择是否再次注入切割液；主机正向回位（第三步），链状刀具底端注入固化液，使切割土与固化液混合搅拌。两步施工法即第一步横向前行注入切割液切割，然后反向回行并注入固化液。

两步施工法施工的起点和终点一致，一般仅在起始墙幅、终点墙幅或短施工段采用，实际施工中应用较少。一般多采用一步和三步施工法。三步施工法搅拌时间长，搅拌均匀，可用于深度较深的水泥土墙施工；一步施工法直接注入固化液，易出现链状刀具周边水泥土固化的问题，一般可用于深度较浅的水泥土墙的施工。

5.5.3 开放长度越长，当施工的墙体长度一定时，机械回行搭接切割的次数就越少，效率也越高；但越长对周边环境的影响越大。邻近场地周边有待保护的建（构）筑物或其他荷载时，需要对开放长度进行现场试验，必要时进行槽壁稳定分析，分析方法与钢筋混凝土地下连续墙槽壁稳定分析方法相同。

5.5.4 渠式切割水泥土连续墙施工时，应控制成墙速度，即每次切割的前进距离。前进距离过大，容易造成墙体偏位、卡链等现象，不仅影响成墙质量，而且对设备损伤大。

5.5.5~5.5.7 鉴于链状刀具拔出和组装复杂，操作时间长，当无法24h连续施工作业或者夜间施工须停止时，链状刀具可直接停留在专门的养护段中。待第二天施工时再重新启动，继续施工。为此，当天施工完成后，还需再进行链状刀具养护段的施工。此时，养护段注入切割液时可根据养护时间的长短，确定是否掺加适量的外加剂，以防第二天施工时链状刀具抱死，无法正常启动。

5.5.8 机械须反向行走的工况，除停机后再次启动外，还包括

三步施工法中的第二步等。上述情况下，后幅墙体与前幅墙体均应进行搭接切割施工，以防出现冷缝，确保渠式切割水泥土连续墙的均匀性、连续性和防渗止水效果。

5.5.9 切割较硬土层时，水平推进力大，刀具系统较易产生变形，此时可采取刀头底板排列加密、刀头加长等措施，以增强每次步进的切割能力。如原刀头底板间距为 1200mm，可加密至 600mm。

当墙体深度深且土质较硬时，墙体底端阻力大，链状刀具运行过程中产生较大偏位和变形，墙体底部存在三角土体。强行运动将造成水平推力过大现象，操作不当甚至损害设备。此时，应根据渠式切割机的实时监控和显示系统，机械回行一小段距离，沿导向架上提链状刀具至顶点，驱动轮反转切割搅拌土体并同时向下运动，如此反复，切除底部的三角土体。

5.5.10~5.5.13 一般情况下，在施工完成的墙段端部拔出链状刀具。当需要插入型钢时，为了不影响转角型钢的插入，在场地条件允许的前提下，宜在墙体端部以外继续切割搅拌土体，形成避让段，避让长度不宜小于 3m。

链状刀具拔出作业时，应在墙体施工完成后立即与主机分离。根据链状刀具的长度、起重机的起吊能力以及作业半径，确定链状刀具的分段数量。

链状刀具拔出过程中应防止混合泥浆液面下降，为此，应注入一定量的固化液，固化液填充速度应与链状刀具拔出速度相匹配。拔出速度过快时，固化液填充未及时跟进，混合泥浆液面将大幅下降，导致沟壁上部崩塌，机械下沉无法作业；同时链状刀具底端处形成真空，影响墙体质量。反之，固化液填充速度过快，注入量过多会造成固化液的满溢，产生不必要的浪费。

一般，链状刀具拔出时的固化液注入量为：

$$V \approx A_p L_s \quad (1)$$

式中： V ——固化液注入量；

A_p ——链状刀具的横截面积；

L_s —— 刀具切割深度。

考虑链状刀具的刚度以及再次施工时组装的需要，拔出后的链状刀具应进一步拆分成各个刀具节。操作人员应仔细检查链状刀具节的每个组件，包括刀具链条、刀具底板、刀头的磨损和损耗，对受损刀具进行保养和维修，损伤部件及时更换。

5.6 型钢加工、插入与回收

5.6.2 减摩剂完全熔化且拌和均匀后，才能涂敷于 H 型钢的表面，否则涂层不均匀，易剥落。遇雨雪天，型钢表面潮湿，应先用抹布将型钢表面擦干，采用加热措施待型钢干燥后方可涂刷减摩剂；不能在潮湿表面上直接涂刷，否则将导致涂层剥落。H 型钢表面涂刷完减摩剂后若出现剥落现象，须将其铲除，重新涂刷减摩剂。

5.6.5 一般情况下，固化液配合比适当、型钢插入时间合适时，型钢依靠自重都能在已施工完成的墙体中顺利插入。但在黏性成分少的砂性土中，墙体底部会产生土颗粒沉积。此时，宜在导向架协助下用静力方式将型钢插入到位。应避免采用自由落体方式下插型钢，该种方式型钢容易发生偏转，垂直度控制差，难以保证型钢插入位置的准确性。采用振动方式下插型钢时，对周边环境的影响大，墙体位置附近有待保护的建筑物和管线时，应慎用。

5.6.6 型钢起拔过程中，将对周边环境产生一定的扰动。为控制起拔速度，尽可能减少对周边环境的影响，需继续进行围护结构和周边环境的监测。

5.6.7 型钢使用过程中，不仅因基坑侧向变位产生挠曲变形，而且起拔也导致型钢产生伸长变形，尤其是在粉土、砂土地层中，型钢起拔的变形量较大。上述变形使型钢截面尺寸减小，韧性降低，脆性增加，型钢强度也有所下降。因此，型钢回收后，不仅应校正其平直度，复核其截面尺寸，而且应复核强度，确保型钢重复利用的安全性。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.2 切割液与切割土体形成的混合泥浆流动性按 $135\text{mm} \leq TF \leq 240\text{mm}$ 标准控制, 泌水率应小于 3%; 固化液混合泥浆流动性按 $150\text{mm} \leq TF \leq 280\text{mm}$ 标准控制, 泌水率应小于 3%, TF 值 150mm 是芯材插入时的最小要求。 TF (Table Flow) 为跳桌法得到的反映泥浆流动性的参数, 在进行芯材插入时的跳桌试验时, 应充分考虑从墙体施工完成到芯材插入为止的时间差。

6.2 检验

6.2.1 严禁使用过期水泥、受潮水泥, 对每批水泥进行复试, 合格后方可使用。

6.2.3 现行行业标准《焊接 H 型钢》YB 3301 规定了焊接 H 型钢梁的型号、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、焊接工艺方法等。现行行业标准《焊接 H 型钢》YB 3301 未规定事宜, 应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 有关规定执行。

6.2.4 需要时可根据 28d 龄期后钻孔取芯等方法综合判定。取芯检验数量及方法: 按一个独立延米墙身取样, 数量为墙身总延米的 1%, 且不应少于 3 处。每延米取芯数量不应少于 5 组, 且在基坑坑底附近应设取样点。钻取墙芯应采用双管单动取芯钻具。钻取桩芯得到的试块强度, 宜根据芯样的情况, 乘以 1.2~1.3 的系数。



1 5 1 1 2 2 3 7 6 2



统一书号：15112·23762
定 价： 11.00 元