

双轮铣在花岗岩硬岩地层中的地下连续墙成槽工艺

唐国康

441621199012195975 广东省 广州市 510507

DOI:

1 概述

广州地铁十八号线番禺广场站车站全长 540m、车站标准段宽 50m,基坑开挖深度 40m,围护结构采用厚 1200mm 地下连续墙,工字钢接头,连续墙深度为 32~42m。

施工区域的地质情况:地层依次为素回填土、中粗砂层、淤泥质土层、花岗岩残积层、全风化花岗岩、强风化花岗岩、中风化花岗岩、微风化花岗岩。花岗岩中风化带<8H>岩面埋深约 16~23m,地下连续墙嵌入中、微风化花岗岩厚度达 20 米以上。

根据地质资料,番禺广场站中、微风化花岗岩岩芯呈暗紫红色,深灰色,隐晶质结构,斑状构造,基质为隐晶质,成分主要为石英,次为斜长石,钙质胶结,裂隙稍发育,岩体较完整,岩芯多呈长短柱,少量呈碎块状,岩质坚硬。据详勘报告,中风化花岗岩强度参考值为 25—35Mpa,微风化花岗岩强度平均值 79.55 Mpa,最高 109.05 Mpa,岩石 RQD 为 37%~65%,部分钻孔达 86%。

广州地铁十八号线穿越南沙区、番禺区、海珠区和天河区,且与多条既有线路交汇并下穿,车站埋深普遍较深,车站及盾构井等围护结构连续墙深度普遍较大,根据区域地质资料,十八号线约一半线路穿越花岗岩区,万顷沙~西沥水道以北、番禺广场~鹤庄站、火车东站以北都是花岗岩发育地区,因此,番禺广场站连续墙成槽施工工艺对于其他在坚硬花岗岩嵌入深度较大的工点有普遍参考意义。

2 地下连续墙成槽施工情况

2.1 机械配置

番禺广场站南端工区连续墙施工设备配置了土力 SC135 双轮铣 SC130 双轮铣各一台、中车 TG50 液压抓斗一台、土力 SR80 旋挖钻、SR75 旋挖钻各一台,后陆续配置冲孔桩机 15 台及大直径潜孔锤钻机 1 台。

土力 SC135 双轮铣设备参数:卡特彼勒 C27 柴油发动机,最大功率 653 千瓦,切割马达最大扭矩 109KNm * 2,泥浆泵流量 450m³/h,使用了适用于微风化坚硬岩层的 II 型锥齿轮。同时,配置原装成套筛分系统 SMD500,泥浆处理能力 500m³/h。



2.2 施工过程

2.2.1 土层至强风化岩成槽

土层至强风化岩上层,直接用液压抓斗成槽。抓土过程中不断向槽内补充泥浆,抓斗不能进尺时停止,并收底使槽底基本保持水平,为后续入岩铣槽创造条件,以免偏孔。根据岩面起伏,抓土施工深度在 13~17 米之间,最浅 10 米。

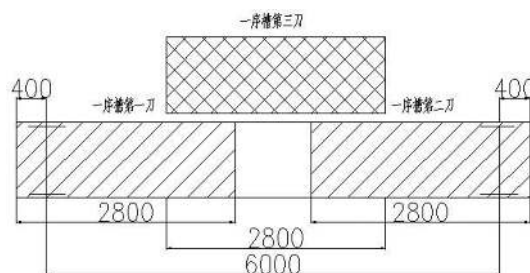
2.2.2 中、微风化层直接铣削成槽

在进场施工的最初阶段,在土层至强风化层上层抓斗施工至不能进尺后,强风化层下部以及中、微风化层硬岩采用了双轮铣直接铣削成槽工艺。

由于番禺广场地下连续墙采用了工字钢接头设计,根据双轮铣刀架尺寸,每一幅 6 米标准墙幅采用三刀成槽,总铣削幅宽 6.8 米,工字钢中对中 6 米,左右两侧各预留 400mm 作为工字钢二序槽接头位。

在成槽过程中,为了保证垂直度要求,刀架的四边需要有围岩做支撑,为其纠偏板提供反力,从而达到纠偏效果。如果有某一侧是临空面,会导致刀架往临空一侧偏移。且根据围岩强度情况,第二刀作业时,与第一道间隔要大于 0.4 米,才不至于中间间隔的部分在刀架纠偏时被挤垮。

刀架位置如下图所示:



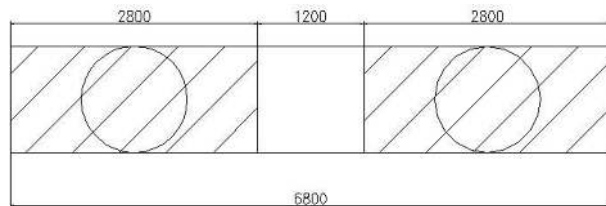
施工记录显示,直接铣削成槽第一、第二刀平均每小时进尺约 0.5 米,在 28 米以下平均每小时进尺往往不到 0.3 米。且铣轮锥齿损耗较大,平均每米 15 个。

2.2.3 中、微风化层引孔后铣削成槽

为提高成槽效率,后来在中、微风化层采取了引孔的辅助措施,引孔主要有冲击钻机成孔、旋挖钻引孔两种方式,但由于旋挖钻成孔在入岩后垂直度偏差较大,遂重点采用冲孔桩机成孔及潜孔锤成孔。

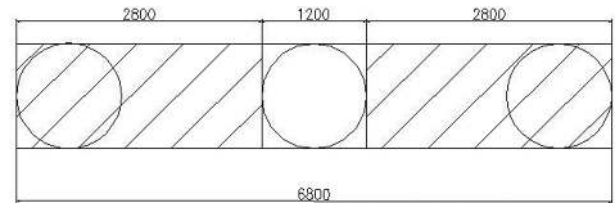
施工过程中对引孔处于刀架的不同位置进行了尝试,根据不同引孔位置双轮铣成槽效率来确定最佳的引孔方案:

①第一种是每槽两孔,每一刀引一个 1200mm 的孔,孔中心位于刀架两个铣轮中心线。



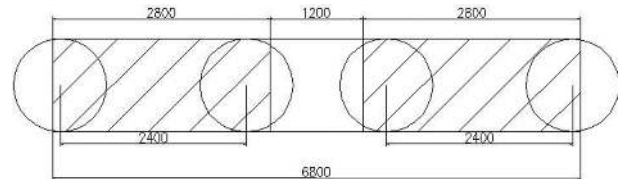
每槽两孔

②第二是每槽三孔,两个分别与槽段两端相切,一个位于槽段中心,即第一、二刀处于一边临空状态。



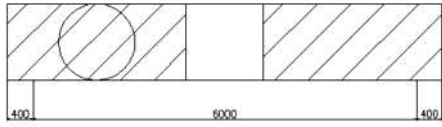
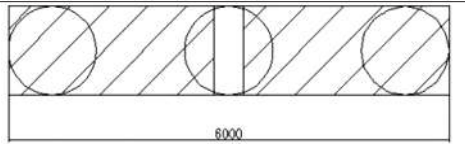
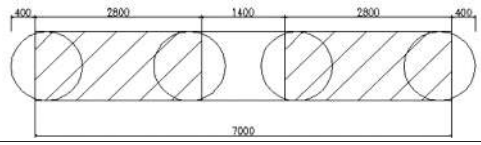
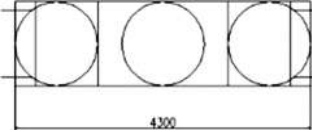
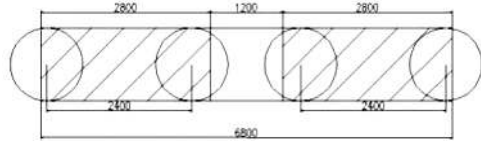
每槽三孔

③第三种是每槽四孔,每一刀引两个 1200mm 的孔,孔中心分别位于刀架外边缘,即刀架两侧处于临空状态。



每槽四孔

以下是几幅试验槽段的作业时长和锥齿损耗统计数据统计,有效作业时长只记录铣槽时间,剔除了机械故障维修时间。

槽段编号	连续墙深度(米)	抓斗施工深度(米)	有效作业时间		锥齿损耗数量(个)	引孔位置示意图
Q163	31.96	14	第一刀	38 小时 29 分	375	
		14	第二刀	43 小时 23 分	321	
		14	第三刀	7 小时 20 分	69	
Q105	31.92	13	第一刀	32 小时 15 分	164	无引孔
			第二刀	37 小时 55 分	382	
			第三刀	8 小时 15 分	99	
Q155	36.6	0	第一刀	15 小时 40 分	66	
			第二刀	22 小时 15 分	83	
Q151	36.6	17	第一刀	3 小时 13 分	0	
		10	第二刀	9 小时 16 分	143	
		0	第三刀	14 小时 33 分	91	
Q161	31.9	14	第一刀	8 小时 35 分	61	
			第二刀	6 小时 18 分	14	
Q158	31.9	13.5	第一刀	3 小时 24 分	7	
		13	第二刀	4 小时 58 分	11	
		0	第三刀	7 小时 14 分	6	

数据显示,每槽四孔或者是每一刀两孔且刀架两侧处于临空状态的引孔方式铣削成槽的工效最高,Q158槽段第一第二刀平均用时最短,且锥齿损耗较无引孔槽段减少90%。Q151槽段用时稍长原因是槽段深度较大。两侧临空状态槽段第三刀统计用时较多,原因是统计了清孔时间。

实践表明,刀架在两侧临空的状态下,中间处于刀架范围的铣削岩石宽度要处于0.8~1.4米,才可以为刀架提供足够的平衡。铣削岩石宽度大于1.4米,往往会造成刀架晃动明显,在岩面形成跳跃,没有形成对岩石的抓取力,达不到很好的铣削效果;铣削岩石宽度小于0.8米,刀架往往会发生向一边倾倒的现象。

从Q163的用时和锥齿损耗看,在坚硬岩层,每刀引孔一个,无助于提高铣槽效率。从施工现场表现看,第一刀施工时,铣轮中间临空,在深度24米左右,引起刀架向左侧有20cm左右偏孔,且多次纠偏无果,遂暂停施工转而施工第二刀,等第二、第三刀施工至24米使底部出处于同一深度时,再回头施工第一刀。

3 施工中出现的问题及处理措施

3.1 成槽垂直度控制及引孔工艺

在硬岩层成槽,由于铣轮需要通过大扭矩铣削岩石,一旦存在铣轮两侧软硬程度不同,或者引孔时位置偏差,造成刀架受力不均衡,很容易形成偏孔。在硬岩中很难通过纠偏板达到纠偏效果,因为纠偏推板所处位置比铣轮高,纠偏板伸出所顶住的位置往往处在土层或者强度不高的全风化层,难以抵抗刀架在硬岩中偏斜的趋势。

在操作中,进入强风化层,需要严格控制刀架的垂直度,并且降低铣轮下降速度,刀架开挖负荷保持在100KN以下,使刀架处在半悬吊状态以保证在进入硬岩层时不偏孔,至少有5~6米在强风化层及中风化层,纠偏板位置不再处在土层或全风化层,才逐步增加刀架压力,使得即便偏孔,也有纠偏条件。

冲孔桩机引孔在坚硬花岗岩层成孔效率低,平均单孔成孔时间在10~13天,要为铣槽机提供每天一幅槽的引孔条件,需要配置大量冲孔桩机,给项目施工用电和现场管理带来很大压力。

采用大直径潜孔锤引孔在施工中取得满意的效果,孔深32米入岩20米的槽段,单孔3~4小时可以完成。

大直径潜孔锤配置 $\Phi 1000\text{mm}$ 钻头,在钻进过

程中,高压空气驱动冲击器内的活塞作高频往复运动,并将该运动所产生的动能源源不断的传递到钻头上,使钻头获得一定的冲击功。钻头在该冲击功的作用下,连续的对孔底岩石施行冲击。岩石在该冲击功的作用下,形成体积破碎。同时,空压机产生的压缩空气也兼作洗孔介质,将潜孔锤破碎的岩屑携出孔内。一台大直径潜孔锤完全能达到每天完成一个槽段的引孔施工效率。

3.2 泥浆质量控制

由于番禺广场站连续墙入岩深度大,岩石成分主要为石英,次为斜长石,岩石风化石英含量高,硬岩在铣削破碎后,又有较多的石英砂沉积,成槽过程中泥浆含砂率快速升高,粘度不足,泥浆经筛分后,粘度基本已经达不到护壁要求。同时,泥浆含砂率高,对筛分系统的管道和旋流器等也有较大伤害,番禺广场站泥浆管道及弯头、法兰、旋流器内衬等的使用寿命平均比泥岩地层缩短四分之一。因此在施工中需要有足够新鲜泥浆补充,以保证泥浆粘度,确保泥浆的护壁效果、携渣能力和减少对泥浆管道的磨损。

3.3 双轮铣开挖负荷选择

双轮铣在岩层铣削作业时,开挖负荷的大小决定了铣轮铣削岩石的能力,但开挖负荷的大小要跟切割马达的扭矩和刀架结构承受能力相匹配。一般情况,软岩地层开挖负荷在80~100KN之间,中等硬度岩层开挖负荷选择在100~150KN之间,在坚硬岩层180~200KN。

开挖负荷加大,虽然对岩石的铣削速度加快,但相应也有负面影响,首先是垂直度偏差较大导致反复纠偏,耗时较多;其次是过大的扭矩导致刀架横杆开裂,需要停机提升刀架补焊;第三是扭矩过大,容易导致液压系统油封漏油、油管爆管等一系列问题。从总体的施工组织工效看,过大的开挖负荷相应导致机械设备的故障增多,设备维修占用时间过长,从而降低了整体的施工效率。

4 结语

在连续墙在嵌入岩层深度大的情况下,双轮铣在坚硬花岗岩层中的成槽施工,要根据坚硬岩层的强度特点、花岗岩岩石的成分特点,采取刀架两侧临空且铣岩间距在0.8~1.4米的引孔方式,配合大直径潜孔锤成孔,同时要加强泥浆质量管控和施工负荷控制,有助于提高成槽效率和降低锥齿损耗。