

Research on Confecting the Mixed-Mud in Underground Continuous Wall

Haiming Peng¹, Aitao Li², Rui Yang¹, Hao Li²

¹Guangdong University of Technology, Guangzhou

²Guangzhou Haojiang Building Services Co., Ltd., Guangzhou

Email: phm1987@126.com

Received: Dec. 11th, 2012; revised: Jan. 3rd, 2013; accepted: Jan. 12th, 2013

Abstract: Based on the construction of the complicated problem of underground continuous wall of mud parameter, which controlled and adjusted to achieve superior performance of the proportion, used assignment parameter applied to the mud weight calculation formula, it got about water-dilution proportion of experience formula. At the same time, it used the Ma-An-Shan park station of underground continuous wall field mud to do the test of verify the feasibility of the empirical formula and the adding of Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) on viscosity influence the general rule. Guided the mud to achieve a superior performance, that is similar to engineering practice had certain reference and guidance.

Keywords: Underground Continuous Wall; Mud; Specific Gravity; Viscosity

地下连续墙施工中泥浆的调配研究

彭海铭¹, 李爱涛², 杨锐¹, 李豪²

¹广东工业大学, 广州

²广州市豪江建筑劳务有限公司, 广州

Email: phm1987@126.com

收稿日期: 2012年12月11日; 修回日期: 2013年1月3日; 录用日期: 2013年1月12日

摘要: 针对地下连续墙施工中对泥浆指标参数的控制调整而使现场泥浆达到较优性能的配比的复杂问题, 采用赋值参数应用到泥浆比重的计算公式, 得到关于加水稀释比重的经验公式。同时, 使用马鞍山公园站地下连续墙现场泥浆做试验, 以验证此经验公式的可行性及添加羧甲基纤维素(CMC)对粘度影响的一般规律。从而引导泥浆以达到较优性能, 对类似工程实践具有一定的借鉴和指导意义。

关键词: 地下连续墙; 泥浆; 比重; 粘度

1. 引言

近年来我国施工技术的提高, 新建建筑物与已有建筑物的距离大大拉近, 为避免施工对相邻建筑物的影响, 可采用地下连续墙施工。因为地下连续墙能够紧邻建筑物开挖深、大基坑, 沉降及位移控制容易, 距离现有建筑物1 m 就能进行施工并地下连续墙为整体连续结构, 防渗性能较好^[1]。但在连续墙施工中要注意的问题^[2-6]有很多, 例如槽壁垂直度, 地下连续墙

接头处理, 钢筋笼的吊装、护壁泥浆质量控制等。针对护壁泥浆质量问题, 肖怀全^[7]学者指出: 在有效护壁的前提下, 泥浆比重小, 夹泥和窝泥少, 泥浆比重大时, 夹泥严重。

通过所收集有关资料^[8]显示: 泥浆在成槽施工中受到污染是泥浆指标参数“不符合”或“欠符合”的重要原因之一; 并发现较多现场施工中存在一个通病: 施工人员已经确知泥浆在“不符合”或“欠符合”

的参数下不知道如何调整泥浆的配比下,致使泥浆并非出于较优性能情况下进行连续墙施工。究其存在这一通病主要原因,认为是施工现场没有可操作的较简单的可行方法来指导施工人员如何应对循环泥浆的参数调节量。为解决这一问题以达到在施工应用中达到指导作用,通过简单的配比计算,借助计算公式结合泥浆使用的控制区间参数,然后根据参数要求赋值于公式,从而得到简单的经验公式以达到简单的配比经验;通过试验查找添加羧甲基纤维素(CMC)对粘度影响的一般规律。

2. 泥浆性能

护壁泥浆是由膨润土、纯碱、羧甲基纤维素(CMC)及分散剂等材料按一定比例组合加水搅拌而成的悬浮液体。泥浆的性能是泥浆的组成以及其各组分间相互物理化学作用的宏观反映。泥浆的主要性能有泥浆的比重、含沙率、酸碱性、失水量等。在施工现场中主要控制泥浆的比重、含沙率和粘度这三个指标。

2.1. 比重

泥浆的比重是指泥浆的重量与同体积水的重量之比。泥浆比重的大小主要取决于泥浆中固相的重量,而泥浆中固相的重量则是造浆粘土重量及钻屑的重量之和。在有加重剂等其他固相物质加入的时候,加重剂等物质的重量也须计入。故在调整比重可以通过添加加重剂量或者注水稀释的方式进行,一般循环泥浆比重是偏大的,即采用的方式为注水稀释。

通过查找相关资料^[9,10],随着泥浆比重的增加,特别是比重在 1.15 以上,轻者会阻碍连续墙混凝土浇筑时置换泥浆,重者会使泥浆参入混凝土结构中,造成质量缺陷。从查阅《施工手册》得知地下连续墙施工对泥浆的比重使用要求详见表 1。

新配制的泥浆一般都符合初次使用的指标要求,但经过使用后(称为循环泥浆),抽回泥浆池内与新配制的搅拌后仍然达不到使用的最优指标参数。循环泥浆应进行调整到需要的指标,与新鲜泥浆混合循环使

Table 1. The mud in underground continuous wall of specific gravity for use requirement

表 1. 地下连续墙施工对泥浆的比重使用要求

泥浆性能	新配制	循环泥浆
比重(g/m ³)	1.04~1.08	<1.15

用。泥浆调整再生及废弃标准见表 2。

2.2. 含沙率

泥浆的含砂量指泥浆中砂粒占的重量或体积百分数,即指大于 0.74 mm(不能通过 200 目筛网)的非粘土颗粒占质量的百分数。泥浆护壁中,含砂率过大,增加沉渣厚度,容易磨损泥浆泵和钻具并且增加泥浆的重度,造成泥皮松散,护壁性能减弱^[8]。由此连续墙施工中槽段内要降低含砂率可以通过增加清孔时间。一般泥浆的含沙率控制在 6%以内,大于 6%不仅会泥浆携渣效率,并且还会使机器磨损严重,大大降低机器的使用寿命。

2.3. 粘度

泥浆的粘度是衡量泥浆流动难易程度的指标,它反映泥浆流动时其内部摩阻力的大小。地下连续墙的泥浆粘度一般是根据不同的土层而确定的。例如一般新制备的泥浆粘度控制于 18~24 s 间,而对于砂层的则控制于 25~30 s 间。当然,优质的泥浆一般都是粘度高,因为粘度高相应的胶体率大,提高护壁能力。

除上所述 3 个基本指标外,失水量和 pH 值也是泥浆的主要控制性能指标。泥浆一般在碱性范围内比较稳定,否则会引起泥浆粘度、静切力和失水量等的性能的变化。若 pH 值过大,泥浆虑液将渗到槽壁两侧的粘土中,槽壁的表面软化,此时粘土颗粒之间的凝聚力减弱,会造成裂解而使槽壁坍塌。失水量又叫失水率或渗透量,是泥浆在钻孔内受内外水头压力差的作用在一定时间内渗入地层的水量。泥浆的失水率越小,则它的胶体率越大。失水率小的泥浆有利于巩固槽壁;失水量过大的泥浆,在泥岩地层易造成其遇水软化,地层膨胀坍塌,故泥浆的失水率越小越好。

3. 试验测试分析及调整

在多年的地下连续墙施工中积累的经验 and 查找的文件,以表 3 列出近几年所完成的项目中初次使用的循环泥浆的指标参数。

Table 2. The mud adjustment regeneration and abandoned standard

表 2. 泥浆调整再生及废弃标准

泥浆性能	调整后可用	需要调整	废弃浆
比重(g/m ³)	1.15以下	>1.15	>1.25

Table 3. The mud circulation index parameter
表 3. 循环泥浆的指标参数

项目 比重	珠江新城 项目	乐从 项目	深圳岗 厦项目	花都马鞍 山项目
新鲜泥浆	1.05	1.04	1.05	1.05
成槽时泥浆	1.14	1.15	1.13	1.15
回收后泥浆	1.18	1.17	1.20	1.22

注：回收后泥浆是指在已经使用的泥浆从槽内为再次使用而泵送到泥浆池内测得的比重。

通过观察上表回收后泥浆，若不经再调整的情况下而应用在施工中，回收后泥浆比重是有较多不符合使用的性能指标要求的，例如深圳岗厦项目和马鞍山项目都达到 1.20 以上。换言之，要使用满足要求的比重必须通过调整，以上项目都是经过再调整后的指标均能达到参数的控制要求，并在施工中发挥较优的作用，但在调整过程中计算的工作较多，大大降低了调整效率。再值得注意一点，泥浆处理一般用机械处理和重力沉淀相结合的方法。总结上述项目工作中所遇到的问题，为提高效率，取用广州市花都马鞍山公园站项目现场的搅拌均匀的泥浆作为研究的试样，进行配比研究。

3.1. 工程概况

马鞍山公园站是广州地铁九号线的花都广场站与清布站之间的站点，位于广州市花都区迎宾大道和百寿路 T 型交叉路口东南侧，线路走向为西北 - 东南向，西面为雅居乐商住小区，东面为饮食商业街，北面为村镇住宅，西南面为马鞍山公园。此站主体结构中地下连续墙厚 800 mm，周长 597 m，工程量约为 9000 m³，墙深约 18~19 米；附属结构中地下连续墙厚 600 mm，墙深约 15~17 米，工程量约 12,000 m³。地层岩性主要为：顶部为人工填土，上、中部为粗砂、中砂，下部为微风化灰岩。

3.2. 比重的调整

泥浆的比重调整是地下连续墙施工中泥浆配比调整控制首要参数。一般泥浆护壁比重在华南地区控制在 1.15 左右是发挥最好的护壁作用；但在循环泥浆中如果不经过处理，比重是超过 1.15 的标准。其原因是已使用的泥浆中在清槽时带有槽里的较大颗粒，尽管使用先进的机器(本项目采用黑旋风)进行筛选后，其比重仍然达不到再使用的要求。经过对马鞍山公园

的实测经筛除较大颗粒后的泥浆比重还比 1.15 还大，有时甚至达到 1.22。故要获得 1.15 的泥浆现场一般采用注水稀释，即加清水混合降低比重法，理论加水量计算如下。

设有单位体积 v_1 的泥浆，即式子中取 1；测得其比重为 r_1 ；增加水的体积为 v_2 ，一般取水的比重 r_w 为 1。则有：

$$r = \frac{r_1 v_1 + r_w v_2}{v_1 + v_2} \quad (1)$$

由(1)化简可推得：

$$v_2 = \frac{r_1 - r}{r - 1} \quad (2)$$

r ——需经调整后的泥浆比重值或项目需要所获得的泥浆比重值；

r_1 ——未经调整后的池内泥浆比重实测值。

若当 r_1 不大于 1.15 时，泥浆可直接选用不进行调整；否则要进行调整。在调整过程中，为便于施工工人操作计量，控制在 1.15 内，尝试通过赋值法赋予给值，大大减少工人的计算过程。赋值法即赋予给所得到的公式当量值，得到一个简单的计算式。在推得公式(2)后，结合泥浆使用区间参数，把已知参数(如水的重度取 1)替换到公式中，赋予当量值 $r = 1.15$ 时，所得到公式(3)关于 r_1 和 v_2 的一维线性关系。

$$v_2 = \frac{20r_1 - 23}{3} \quad (3)$$

通过公式(3)可以较快较准确地确定到相应一体积内需要配制比重为 1.15 的泥浆需要添加多少的量即可。只要现场测得泥浆的比重，代入经验公式(3)，然后把所计算得值再乘以泥浆池内的泥浆体积可得到加水量。

3.3. 试验数据的论证

通过上述的理论分析，得到经验公式(3)，为论证其可行性，通过取用马鞍山地铁站现场泥浆做了论证试验，试验记录见表 4 表 5。

通过上述数据表 4 和表 5 的比较分析此经验计量是可行的，均能达到施工参数要求。另外通过增加水量后对其他泥浆性能指标对比影响中，加水降低比重会影响泥浆的粘度和含砂率，可以降低含砂率，但也

Table 4. The mud performance measurement
表 4. 原泥浆性能指标测定

序号	实测泥浆比重 γ	粘度值	含砂率	pH值
样品1	1.24	25	2%	8.7
样品2	1.20	18	3%	8.4

注: 1) pH 值用精密 pH 试纸测量; 2) 测量含砂率是采用含砂量测定器, 测试方法: 取一定量泥浆, 测试其不能通过 200 号筛孔(直径 0.074 mm)的砂子所占泥浆体积的百分数。

Table 5. The adjusted mud performance measurement
表 5. 调整后泥浆性能指标测定

序号	计算或线性插入增加水量 v_2 ml	增加水量后的泥浆比重 r	粘度值	含砂率	pH值
样品1	0.6	1.15	18	0.8%	8.2
样品2	0.33	1.14	17	1%	8.1

注: 1) pH 值用精密 pH 试纸测量; 2) 测量含砂率是采用含砂量测定器, 测试方法: 取一定量泥浆, 测试其不能通过 200 号筛孔(直径 0.074 mm)的砂子所占泥浆体积的百分数。

会降低粘度值, 特别是在砂土应用的泥浆, 对黏度有较高的要求时, 这就要通过其他的添加剂进行提高粘度的。对于 pH 值的影响, 由于所使用的泥浆是偏碱性的($\text{pH} > 7$), 水是中性的($\text{pH} = 7$), 加水稀释后会降低 pH 值, 但其变化幅度不大, 总处于 7~9 间变化。

3.4. 泥浆粘度的调整

泥浆粘度调整所需 CMC 的量总的来看, 处理剂在泥浆中的加量较少, 按体积含量计一般只占泥浆总体积的 0.1%~0.5%。值得注意的是要澄清处理剂的加量单位, 粉剂一般是以单位体积泥浆中加入的重量来计, 而液剂则是以单位体积泥浆中加入的体积量来计。

连续墙的泥浆护壁所需的粘度视土质情况而定的。一般在现场中拌制泥浆的粘度在 18~24 s 间, 而对于砂层的则控制于 25~30 s 间。

通过测定未添加 CMC 量泥浆粘度 N 值, 再测定掺加 CMC 量 w 所得的泥浆粘度 N' , 根据 CMC 量的值与粘度差值 ΔN 的比较。其数据记录如表 6。

本试验 CMC 参加量液剂是以单位体积泥浆中加入的体积量来计。通过表 6 的数据进行分析, 按 0.1% 增加粘度 ΔN 在 2~3 s 范围内。为此针对马鞍山公园站土质中有较厚的砂层, 为获得较好的护壁功能, 防止坍塌, 控制粘度指标在 30 s 左右。而现场通过加水

Table 6. CMC addition amount of viscosity test record
表 6. CMC 参加量的粘度试验记录

序号	未加 CMC 粘度	添加 CMC 粘度	粘度差值 ΔN	添加 CMC 量 w	pH 值	含砂率
样品3	18	21	3	0.1%	8.8	1.1%
样品3	18	22	4	0.2%	8.8	1.1%
样品4	17	19	2	0.1%	8.8	0.8%
样品4	17	21	4	0.2%	8.9	0.8%
样品5	20	22	2	0.1%	8.4	1.6%
样品5	20	23	3	0.2%	8.4	1.6%

注: 1) pH 值用精密 pH 试纸测量; 2) 掺加 CMC 的试样是取用加水稀释比重控制在 1.15 时所取的; 3) 测量含砂率是采用含砂量测定器, 测试方法: 取一定量泥浆, 测试其不能通过 200 号筛孔(直径 0.074 mm)的砂子所占泥浆体积的百分数。

稀释后的粘度在 18 s 左右, 通过比较可以则需要添加 0.4%~0.6% 的 CMC 量。在添加量 0.4% 后实测得泥浆粘度为 28, 添加 0.5% 可以达到 30 s。由此, 可知道按 0.1% 增加粘度 ΔN 在 2~3 s 的线性叠加虽然不准确, 但是应用到施工中, 其精度可以满足指数指标的精度需求。另外, 从添加微量 CMC 对 pH 值影响不大, 如就只有样品 4 中 pH 值提高了 0.1, 其余都保持恒定, 对此认为此原因是 CMC 溶液显中性或微碱性。

4. 结语

综上所述, 可总结出以下 3 点结论:

- 1) 从泥浆的比重调整角度入手, 提出了通过增加水量降低泥浆比重的经验公式。工程实践表明, 该公式计算简便、可操作性强, 对类似工程有指导意义。
- 2) 由试验结果可知, 加水稀释泥浆后, 将使泥浆的粘度和含砂率降低; 但泥浆粘度不足, 可通过添加羧甲基纤维素进行调整。
- 3) 添加 CMC 对粘度影响的一般规律: CMC 按 0.1% 量比情况下提高粘度 ΔN 在 2~3 s 范围, 并可忽略添加少量的 CMC 对泥浆的 pH 值、含砂率的影响。

参考文献 (References)

[1] 莫秀菊. 地下连续墙施工中的泥浆质量控制等技术问题[J]. 科技与企业, 2011, 13: 43.
[2] 吴祥祖, 朱小龙, 王慧康. 地下连续墙施工中常见问题及控制措施[J]. 施工技术, 2005, 34(6): 51-53.

地下连续墙施工中泥浆的调配研究

- [3] 赵建, 黄力平. 地下连续墙施工中的常见事故及对策[J]. 现代隧道技术, 2001, 38(4): 37-39, 47.
- [4] 张瑞云, 张志民. 地下连续墙施工中泥浆质量控制探讨[J]. 石家庄铁道学院学报, 2003, 16(4): 42-46.
- [5] 刘亚南. 地下连续墙施工的常见问题分析[J]. 中国科技财富, 2010, 14: 151.
- [6] 聂拥军. 地下连续墙施工技术难点及对策[J]. 湖南水利水电, 2009, 3: 13-14.
- [7] 肖怀全. 地下连续墙施工常见问题简析[J]. 岩土工程界, 2008, 11(7): 43-47.
- [8] 丛嵩森. 地下连续墙的设计施工与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
- [9] 罗云峰. 地下连续墙成槽施工中的泥浆性能研究和探讨[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(增刊 2): 447-450.
- [10] 袁振. 泥浆性能指标对槽壁稳定的影响[J]. 建筑施工, 2010, 32(4): 328-329.