

粘土固化浆液塑性强度 增长规律及其影响因素^①

王星华

(西南交通大学岩土所, 成都 610031)

摘 要 结构剂加量、水泥加量与粘土原浆粘度对粘土固化浆液的初凝时间都有影响, 它们的影响程度各不相同, 其中结构剂加量为 2% 时, 初凝时间最短, 仅几秒钟。粘土固化浆液塑性强度增长缓慢, 早期强度低, 后期强度(第 18 天的塑性强度)可达数兆帕, 调整水泥加量、结构剂加量与原浆粘度可调节浆液塑性强度值。

关键词 粘土固化浆液 初凝时间 塑性强度

注浆施工中, 由于水泥类浆液抗水稀释性差, 在地下水流速较大及溶洞、大裂隙条件下注浆时, 浆液流失量大, 造成注浆成本高, 堵水效率低。而粘土固化浆液(Clay Hardening Grouts, CHG)由于具有良好的抗水稀释性能和流变性能, 在流动的地下水条件下注浆时浆液流失量小, 注浆成功率高; 粘土固化浆液主要成分为粘土(可使用现场附近的粘土), 仅加入少量的水泥与结构剂, 因此材料成本很低。本文主要研究粘土固化浆液初凝时间与浆液塑性强度增长规律及其影响因素。

1 试验仪器、材料及浆液的配制

1.1 试验仪器

将维卡仪的试针换成锥体, 放在待测材料的表面。当锥体在重力作用下下降到一定深度 h 达到平衡时(图 1), 侧面上所受的剪切应力即为材料的极限剪切应力 f , 称之为材料的塑性强度(P_s), P_s 计算公式为:

$$P_s = K_a \times G/h^2 \quad (1)$$

$$\text{且 } K_a = \frac{1}{\pi} \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2)$$

式中 α —锥顶角, ($^\circ$); h —锥沉入深度, mm; G —锥总重量, g; P_s 是浆液粘塑性结体的抗剪切能力的大小。

1.2 试验材料

所用粘土为湖南东湖高岭土矿所产高岭土粉的洗泥(主要成分为高岭石 35.32%, 埃洛石 13.9%, 伊利石 13.47% 等), 水泥为湖南湘乡水泥厂生产的普通硅酸盐水泥, 标号为 425 号。

1.3 浆液的配制

为了使试验条件尽可能地一致, 首先将粘

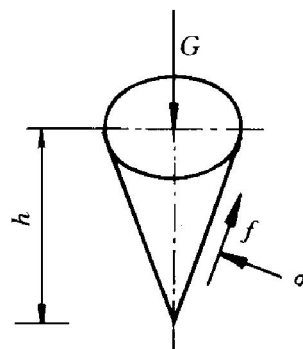


图 1 P_s 值计算原理图

① 国家教委博士点专项科研基金资助项目 收稿日期: 1996-06-02; 修回日期: 1996-12-11
王星华, 39 岁, 副教授

土浸入水中浸泡两天以上,然后用搅拌机搅拌一天以上,并调节其漏斗粘度值达到规定要求,然后按比例(粘土泥浆体积与水泥重量的体积重量比,下同)加入水泥并搅拌 5 min,最后按比例加入结构剂(Constructional Agent, CA),搅拌 10 s 左右即制成粘土固化浆液。

2 粘土固化浆液初凝时间及影响因素

在注浆施工中浆液的初凝时间是一个非常重要的性能指标,它关系到浆液在地层中扩散范围的大小及注浆效果的好坏,然而影响浆液初凝时间的因素很多,根据注浆施工实际情况,本文主要研究结构剂加量,水泥加量及原浆粘度的影响。

2.1 结构剂加量的影响

在加入结构剂之前,粘土-水泥浆液初凝时间较长,达数小时至数十小时以上,而加入结构剂后,由于结构剂与水泥、粘土、水之间的快速化学反应使得浆液初凝时间大大缩短为数秒至数十分钟。从图 2 可知:加入结构剂后浆液初凝时间大幅度降低,仅为数十分钟,当结构剂加量由 1% 增加到 2% 时,浆液初凝时间

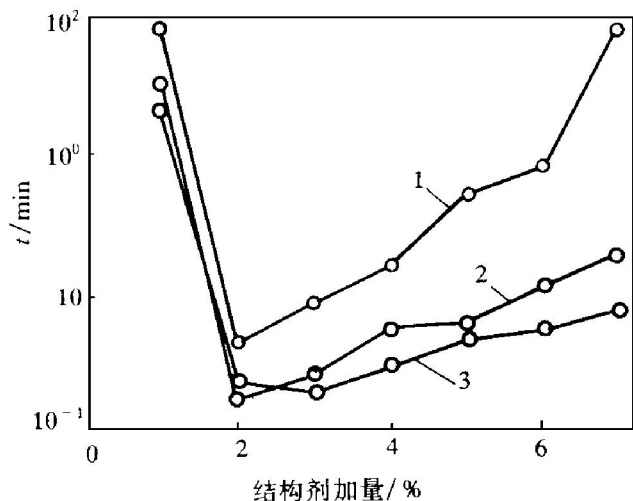


图 2 粘土固化浆液初凝时间曲线(原浆粘度 36.5 s)

1—水泥加量 5%; 2—水泥加量 10%;
3—水泥加量 15%

进一步大幅度降低,降至数秒至数十秒钟。当结构剂加量继续增加时,浆液初凝时间又有所延长,通常为几分钟,结构剂加量为 2% 时,浆液初凝时间最短,仅数秒至数十秒钟。

2.2 水泥加量的影响

从图 2 中可知,当水泥加量增加时,使得浆液初凝时间缩短,结构剂加量越高时,这种缩短就越明显。当结构剂加量为 7% 时,水泥加量由 5% 增加到 15%,初凝时间由 75 min 缩短为 45 s;而结构剂加量为 1% 时,同样的水泥加量的初凝时间由 75 min 缩短为 20 s。

2.3 原浆粘度的影响

随着原浆粘度(粘土泥浆的粘度用漏斗粘度计测量)的增加,浆液初凝时间也随之缩短,但原浆粘度对初凝时间缩短幅度的影响不如水泥加量与结构剂加量那么大。

从以上分析可知:为了使粘土固化浆液尽快凝结,结构剂加量有一最佳值,大约为 2% 左右,水泥加量以 10% 左右为最好。

3 粘土固化浆液塑性强度增长规律及影响因素

粘土固化浆液在加入结构剂后,凝结迅速,但其塑性强度增长较慢,早期强度较低。浆液的流动过程是浆液在外力(泵压)的作用下克服浆液内部阻力而发生的剪切变形。浆液流动性能好,表示浆液内部阻力小,易于流动;反之就不易流动。浆液的塑性强度就是浆液内部抵抗变形与流动能力大小的一种度量值。因此,研究浆液塑性强度变化规律也就是了解了浆液的流变性能;此外,在注浆过程中,浆液流动性能的好坏直接决定着注浆量、浆液在地层中扩散范围的大小以及注浆效果的高低,因此有必要研究浆液在加入结构剂与水泥后塑性强度的变化规律。

3.1 塑性强度 P_s 与时间的关系

粘土固化浆液在加入水泥与结构剂之前,不管其原浆粘度多大,都不会随着时间的延长

而固化, 而只会随着时间的延长而沉积析水; 一旦加入水泥与结构剂之后, 浆液内部开始发生化学反应(主要是水泥颗粒及结构剂与粘土矿物及水之间的化学反应), 使浆液逐渐稠化, 最后固化成结石体。因此, 浆液表现出塑性强度(P_s)值随着时间而增大。从图 3 中可知, 浆液 P_s 值随时间增加而增加, 但在前两小时内增加不多, 两小时后 P_s 值开始快速增加, 但增加幅度与结构剂加量、水泥加量及原浆粘度有关。结构剂加量、水泥加量及原浆粘度越大, P_s 值随时间增加幅度就越大。粘土固化浆液结石体前几天的 P_s 值总的说来比较小, 在前两天(或四天)内, P_s 值增长也比较缓慢, 两天(或四天)后, P_s 值开始急剧增加, 第 19 天(或 18 天)的最终 P_s 值可达第 1 天的 P_s 值的数倍、数十倍乃至数百倍(图 4)。且第 4 天后的 P_s 值增加幅度随结构剂加量增加而增加。

3.2 结构剂加量对 P_s 值的影响

从图 3, 4 中可知, 增加结构剂加量, 将使 P_s 值增长速度加快。在原浆粘度较低, 水泥加量较低时(5%), 结构剂增加, P_s 值增加速度较缓慢; 当水泥加量较高时(15%), 结构剂加量最佳值为 3%~5% 左右, 此时第 18 天期的 P_s 值最高, 达数 MPa。

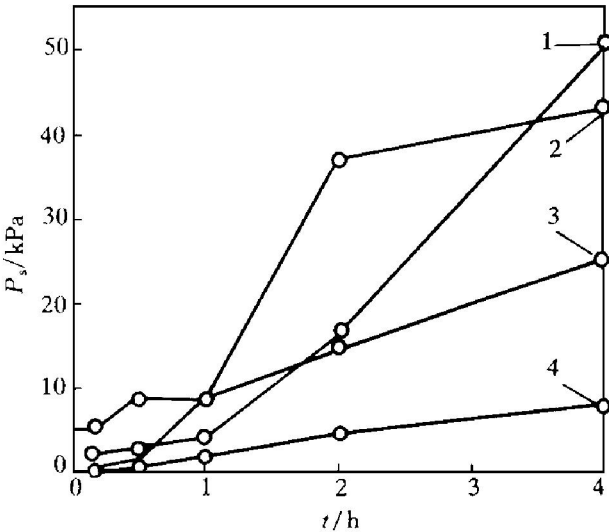


图 3 P_s 值与时间的关系曲线

原浆粘度, 36 s, 水泥加量 15%
1—结构剂加量 5%; 2—结构剂加量 3%;
3—结构剂加量 7%; 4—结构剂加量 1%

3.3 水泥加量对 P_s 值的影响

水泥作为结构剂的一种而加入浆液中, 它与水、结构剂、粘土起化学反应。因此, 水泥加量必将影响到浆液内部的化学反应速度, 从而表现出其对浆液 P_s 值的增加有较大的影响。从图中可知, 水泥加量增加将引起 P_s 值的增加; 但在原浆粘度及结构剂加量不同时, 水泥加量将使第 19 天期 P_s 值的增长幅度发生变化。

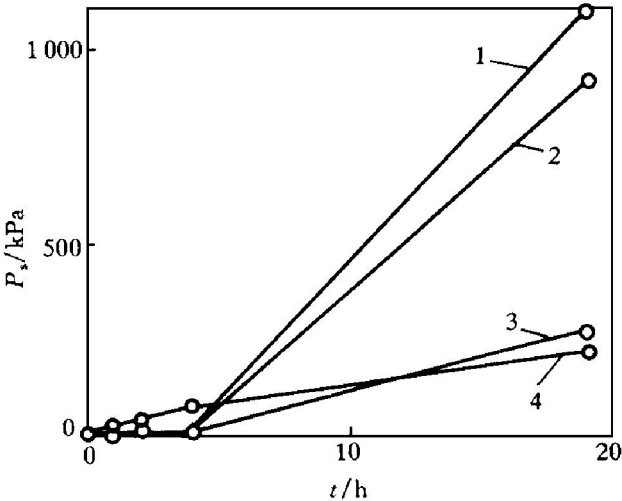


图 4 P_s 值与时间的关系曲线

原浆粘度 36 s, 水泥加量 5%
1—结构剂加量 1%; 2—结构剂加量 3%;
3—结构剂加量 5%; 4—结构剂加量 7%

3.4 原浆粘度对 P_s 值的影响

原浆粘度是原浆固相含量的一个度量值, 原浆粘度大, 则原浆中固相含量多, 形成结石体的骨架材料就多, 其结石体强度就高。原浆粘度对注浆堵水效果也有很大的影响, 特别是在具有流动性地下水的大裂隙、溶洞的岩溶地区注浆, 原浆粘度的大小决定了注浆量及其扩散半径的大小。原浆粘度越大, 就越不易被水稀释、冲走, 扩散半径就越小, 达到同样堵水效果的注浆量就少, 注浆压力就易建立起来。

4 结论

从以上分析可得下述结论:
(1) 粘土水泥浆液加入结构剂后成为粘土

固化浆液,而具有一些特殊的性能。结构剂与水泥、粘土发生剧烈化学反应,使浆液凝结迅速并固结形成结石体。所以结构剂加量对浆液初凝时间、塑性强度都有很大的影响。对初凝时间,结构剂加量为2%时,初凝时间最短,为数十秒钟;对塑性强度,结构剂增加,能提高结石体第18天期的 P_s 值,原浆粘度较小时,结构剂加量最佳值为2%~5%,此时,第18天期的 P_s 值最大。

(2) 增加水泥加量能缩短粘土固化浆液的初凝时间,提高结石体塑性强度。

(3) 提高原浆粘度有利于缩短浆液初凝时间及提高结石体塑性强度,并有利于流动地下水条件下注浆及减少浆液流失量。

参考文献

- 1 王星华. 博士学位论文. 长沙: 中南工业大学, 1995.
- 2 曾祥熹, 王星华等. 中国有色工业总公司科技项目鉴定技术报告, 长沙, 1993: 12.
- 3 王星华, 曾祥熹. 矿冶工程, 1994, 14(Suppl. 3): 12.
- 4 王星华, 曾祥熹. 矿冶工程, 1994, 14(Suppl. 3): 14.

EFFECT FACTORS AND INCREASING LAW OF PLASTIC STRENGTH (P_s) OF CLAY HARDENING GROUTS

Wang Xinghua

Geotechnical Engineering Institute, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031

ABSTRACT Gelling time of the Clay Hardening Grouts (CHG) can be adjusted from some dozens minutes to seconds by adding cement and constructure agent and adjusting the viscosity of the mud. Constructional agent being 2%, gel time is the shortest, about seconds. Content of cement and viscosity of clay mud will, also, affect the gelling time, but their effects are not the same. The increasing rate of plastic strength (P_s) of the grouts is slow, the early P_s is lower, the later P_s may be 1~2 MPa. After 18th day, P_s of the grouts may be some MPa by adjusting the content of cement, structural agent and viscosity of clay mud.

Key words clay hardening grouts gelling time plastic strength

(编辑 何学锋)