

**编者按**

团体标准是标准化改革发展中的创新。新的《标准化法》在法律上明确了团体标准的地位和作用。国家鼓励学会、协会、商会、联合会、产业技术联盟等社会团体协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的团体标准。

为落实上述改革精神,推动水利行业自主创新和科技进步,满足行业发展需要,提升行业竞争力,2016年8月,协会发布管理办法和工作细则,启动了团体标准工作。几年来,这项工作得到了行业内外专家的大力支持,受到会员的广泛关注,取得了一定成效。目前已发布《压密注浆桩技术规范》等7项团体标准。

为了帮助广大会员更好地了解、准确地实施这些标准,本刊开辟了“团体标准专题”,选择部分标准请有关专家进行解读,文章将在专题中陆续刊登。

本期刊登《压密注浆桩技术规范》解读(三)。

## 压密注浆设备与机具要点解读\*

### ——《压密注浆桩技术规范》解读(三)

杨东升 赵铁军

(湖南宏禹工程集团有限公司,湖南长沙 410117)

#### 一、标准要求

5.1.2 注浆材料称量装置,其称量误差宜在 $\pm 1\%$ 以内。

5.2.1 注浆采用的柱塞式注浆泵应符合下列要求:

- 1 注浆泵技术性能应与灌注浆体相适应。
- 2 注浆泵额定工作压力宜大于设计最大注浆压力的3.0倍。

3 单次排浆量宜为10~15L,泵送最大粒径应大于15mm。

5.2.2 注浆泵应具有卸压功能。

5.3.2 输浆管路应采用无缝耐高压、耐磨钢管和

高压软管,接头宜采用螺纹连接、法兰连接或快速管卡。注浆管路连接弯头最小转弯半径应大于200mm。

5.3.4 孔内注浆管应采用无缝钢管,锥螺纹连接,注浆管外径应一致。

5.3.6 提拔孔内注浆管的拔管机,起拔力不应小于250kN。

#### 二、标准要点解读

压密注浆桩的注浆材料黏稠,骨料含量较多,为低坍落度浆材,对于制浆设备及注浆设备均有较高的要求。配制满足要求的浆材,具有满足施工能力的制浆设备、注浆设备及其他辅助设备是能够成功进行压密注浆桩施工的前提条件。

收稿日期:2019-05-16

基金项目:长沙市科技计划项目——长沙市注浆工程技术研究中心(kh1801132)

作者简介:杨东升(1989—),男,硕士,主要从事水利工程基础处理工作。

## 1 制 浆

### 1.1 材料称量

注浆施工过程中,材料的称量需准确快速。通常采用人工上料,速度慢,材料掺入量误差大。因压密注浆浆材稠度大、坍落度低,材料配比的误差会导致浆材的流动性能及力学性能变化,不能满足压密注浆施工的要求,所以需快速准确确定各种材料的掺入量,提高施工效率、保证制浆质量。一般在施工过程中,均采用自动配料称量系统,在施工前按照设计配比设置好技术参数,可提高效率及保证施工质量。

### 1.2 投料顺序及搅拌时间

为使注浆材料满足压密注浆桩技术要求,在浆材配制过程中,材料掺入搅拌桶的过程需严格控制。投料顺序的不同,可能引起浆材搅拌不均、搅拌时间过长或浆材结块等问题,从而导致注浆管路及注浆泵压力陡增,严重的可发生设备损坏、管路堵管等事故。因此,在浆材的配制过程中,应先将称量好的固体材料分别投入搅拌机内,充分搅拌,让不同材料先均匀分散。

搅拌时间是材料能够均匀分散的重要影响因素之一。时间太短,搅拌不充分,材料未均匀分散,加水后搅拌易出现结块;理论上讲,干料搅拌时间越长混合越均匀,但考虑到施工效率问题,搅拌时间不宜太长;经测试,一般压密注浆干料搅拌 3min 能够基本均匀分散。施工时可根据现场干料情况的差异性,对搅拌时间进行调整,但不宜小于 3min。

当固体材料充分拌匀后,加入水搅拌,再随着搅拌机的转动逐渐加入外加剂。外加剂必须在前料搅拌均匀后加入,加入时不可集中,否则不能均匀分散,导致浆材不合格,搅拌时间不宜过短,需等所有材料充分均匀后方可开始泵送灌注。经现场试验测得,加入外加剂后搅拌时间不宜小于 2min,应用时可根据实际情况适当增加搅拌时间。

## 2 注浆泵的选择

### 2.1 应与灌注浆体相适应

压密注浆泵与常规的水泥基材料注浆泵不同。常

规的注浆泵灌注浆液流动性较好,注浆活塞等直径较小。叶片式、齿轮式注浆泵限于自身的结构型式,不适用于塑性细石混凝土的泵送施工。压密注浆采用的注浆泵应能够完成干密性浆体的推动,同时因浆材中含有骨料,会对机械内部结构造成磨损。因此,选择的注浆泵还应具有高压耐磨的特点。

### 2.2 泵送流量可调

在施工过程中,注浆泵的单次排浆量及单位时间泵送频次对压密注浆桩的成桩质量影响较大。单次快速泵送量大于 10L 时,形成的压密桩体效果较好。因低坍落度浆体稠度大、骨料含量多、泵送压力较大的特点,需采用高压耐磨的柱塞泵,同时还需具有可调泵速及泵量的功能。此外,要求最大可泵送不小于 15mm 粒径的骨料。

### 2.3 较高泵送压力

压密注浆桩是通过注浆设备将低坍落度浆体通过压力挤入地层的施工工艺。由于浆体稠度大,与管路摩擦阻力大,一方面需克服管路压力损失以及管路连接段的阻力,另一方面需要提供足够大的推力挤压地层内的原始岩土体,因此注浆设备要求有较高的工作压力。

由于灌注施工过程中可能出现浆材泌水结块、浆材早凝等问题,此时注浆会产生憋泵高压,因而注浆泵的额定工作压力需远大于注浆压力。经现场试验,当设备额定工作压力达到注浆压力的 3 倍时,能够克服管路压力损失,可对地层起到挤压作用且能处理早期轻微堵管。

### 2.4 卸压功能

压密注浆桩采用的是纯压式注浆施工。在本段灌注达到结束标准时,输浆管路内充满了带压浆体。在下一段注浆施工时,一方面来自地层的应力反压浆体,一方面来自输浆管路内的浆体压力,在拆卸输浆管路时会因为压力释放而喷出浆体,可能导致施工人员受伤,危险性较大。所以压密注浆桩选用的注浆泵需具备卸压功能,在施工完上段注浆后准备下一段注浆拆管时应先卸压,保证施工人员的安全。

### 3 输浆管路及注浆管

#### 3.1 输浆管路

a. 输浆管路长度要求。输浆管路连接着注浆泵与孔内注浆管,浆材通过输浆管路在注浆泵的压力作用下向前移动。因压密注浆材料内含有较多的骨料、稠度大、与管路内壁的摩擦力较大,其压力损失也大。理论上在满足施工场地的前提下,输浆管路越短压力损失越小。但考虑到施工效率以及可实施性,输浆管路不宜太短。根据大量工程经验,输浆管路的长度不宜超过 50m。榆林香水水库在压密注浆施工时进行了注浆管路长度与压力损失的简易试验,结果见表 1。

表 1 榆林香水管路长度与压力损失关系

管路长度/m	泵压/MPa	孔口压力/MPa	压力损失/%
81	3.0	1.5	50
51	3.0	2.5	16
30	3.0	2.6	13
21	3.0	2.7	10

注:注浆泵采用细石泵(最大工作压力 30MPa),输浆管路采用内径 65mm 无缝钢管,法兰盘连接,单根输浆管长度为 3.0m。

b. 输浆管路耐压要求。在施工过程中,浆材难以做到完全搅拌均匀。输浆时浆材里的骨料因团聚效应,管路内浆材压力很大,常规的输浆管路难以满足压力要求,易出现爆浆现象。所以要求输浆管路抗压能力为注浆压力的 2 倍以上。可采用无缝耐高压、耐磨钢管,接头采用法兰盘连接;输浆管路与注浆管采用高压软管螺纹丝扣连接,既能随着灌浆管高度变化,并满足多个孔之间的摆动要求,又能满足抗高压的要求。

c. 输浆管直径要求。因压密注浆材料中掺入的骨料颗粒粒径可达 10mm,输浆管直径过小时,浆材在输送过程中易出现颗粒团聚效应导致堵管或造成浆材在孔内地层出浆口的压力严重衰减。为了减少堵管现象,减小压力损失,输浆管路内径应大于 55mm。

d. 输浆管路密封性要求。压密注浆施工时,因管路较长、接头多,在高压推动浆材的过程中接头处容易产生泌水渗漏。随着泌水渗漏现象的出现,易产生局部压滤效应,浆材因失水而发生结块、团聚凝结,导致

管路堵塞。所以输浆管的接头密封性应良好,并具有足够强度。

#### 3.2 注浆管

a. 注浆管耐压要求。注浆管放置在钻孔内,将输浆管送来的浆材送达需要处理的地层部位。注浆管一方面需满足泵送高压及耐磨要求,另一方面,注浆管受侧向压力较大,因而需采用高强度的无缝钢管,内径大于最大骨料粒径的 5 倍,耐压能力一般可满足要求。

b. 注浆管加工要求。压密注浆桩施工时先将注浆管下入孔内,采用细砂石等材料将孔壁与注浆管之间的环隙填充,封闭孔内环隙,防止浆材在压力作用下向上返串。施工时,随着浆材的注入利用拔管设备将注浆管逐渐上提。由于受注浆管自重、注浆管与孔壁间的摩擦力以及注浆材料对注浆管的握裹力等,起拔过程中下部注浆管受到的拉力较大,若采用一般材质的注浆管容易拉断。因此,注浆管需采用强韧性较高的优质无缝钢管,同时采用锥丝螺纹连接,一般可采用 6~10mm 厚的无缝钢管,丝扣的长度应能满足对起拔拉力的抗拉应力要求。

管路内壁须平顺。若管壁内部有台阶,不但大大增加浆材在注浆管内的阻力,而且易造成堵管现象。因此,内部平顺一方面可减少注浆压力损失,另一方面可减小堵管的可能性。

注浆管以多段连接的方式组成,管外壁接口段若形成台阶,在拔管过程中会大幅增加拔管力。因此,为了减小拔管过程中的起拔力,注浆管外部连接段也需平顺。

### 4 拔管设备

当孔深较深或地层为砂土层时,注浆材料对注浆管的握裹力、孔壁对注浆管的摩擦力、注浆管自身的重量等叠加造成起拔力较大。一般拔管机或自带起拔装置的机械设备,其起拔力应大于 250kN 方能满足要求。当孔深较大、地层较复杂时,要求设备起拔能力也能相应地增加,应根据施工中注浆孔深度及地层情况确定适宜的注浆拔管机械。◆