

砂砾石帷幕灌浆施工技术研究

成 祥 宋亚航 张 博

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 650000

摘 要: 砂砾石帷幕灌浆施工技术是一项关键的地下工程方法,广泛应用于隧道、地下空间和基础工程中。这项技术的有效应用有助于确保地下结构的稳定性和安全性,同时提供了环保和经济高效的地下固结和防水解决方案。本文旨在深入研究砂砾石帷幕灌浆施工技术,探讨该技术在工程中的施工布置、施工程序、施工方法等,以帮助工作人员更好地规划、执行和管理地下工程项目,从而确保工程的安全性和可持续性。

关键词: 砂砾石;帷幕灌浆;施工方法;灌浆材料

引言

地下工程在现代建设中发挥着至关重要的作用,包括地下隧道、地下停车场、地下仓库等。在这些工程中,为了确保地下结构的安全和稳定,砂砾石帷幕灌浆施工技术已经成为一种不可或缺的方法。这项技术通过在地下空间中注入浆液,形成帷幕结构,增加土体的强度和密实度,同时提供有效的防水屏障。砂砾石帷幕灌浆施工技术不仅在土木工程中具有广泛应用,还在矿业、水利工程和环境保护领域得到成功的应用。本文将深入研究砂砾石帷幕灌浆施工技术,着重讨论其原理、施工过程中的关键步骤,以及如何有效地控制施工质量。

1 工程概况

大河滩水库位于青海省大通回族土族自治县县城东北部的桦林乡境内的瓜拉河上,是一座以大通县城及周边农村供水和灌溉为主,兼顾防洪的小型水利工程,工程距大通县城公路里程约30km,距西宁市公路里程约65km。河床基底基岩面形态为“U”形。岩性为长城系石英岩,河床砂砾石层渗透系数平均 $K = 3.72 \times 10^{-2} \text{cm/s}$,为强透水层,承载力特征值 $f_{ak} = 450 \sim 500 \text{KPa}$,变形模量 $E_0 = 35 \sim 40 \text{Mpa}$ 。下部为砂卵砾石层,厚12m~23m,局部夹有粗砂(含砾砂)透镜体,承载力特征值 $f_{ak} = 350 \text{KPa} \sim 400 \text{KPa}$,变形模量 $E_0 = 25 \text{Mpa} \sim 30 \text{Mpa}$,渗透系数 $K = 5.19 \times 10^{-3} \text{cm/s}$,强透水,饱和固结快剪强度指标 $\varphi = 20^\circ$, $C = 0.02 \text{Mpa}$,慢剪强度指标 $\varphi' = 23.5^\circ$, $C' = 15 \text{Kpa}$ 。其下基岩面高程为2824.0m~2825.0m,岩性为石英岩,坚硬岩,岩体比较完整,透水率 $5Lu \leq q < 10Lu$,弱透水。

2 砂砾石帷幕灌浆施工技术

2.1 灌浆材料原材料检测

本次帷幕灌浆浆液为纯水泥浆液,采用水泥为PO42.5普通硅酸盐水泥(袋装),未加入其他外加剂。

水泥进场后按照国家和行业规定,对每批次水泥进行取样检测。本工程用水源自瓜拉河河水,经蓄水池沉淀后使用,用水符合SL 677-2014《水工混凝土施工规范》拌制混凝土用水要求^[1]。

2.2 浆液制备和输送

2.2.1 浆液配合比

本次帷幕灌浆施工所用的水灰比共有5级,分别为3:1、2:1、1:1、0.7:1、0.5:1,按照规范规定配制各类比级水泥浆液。

2.2.2 制浆材料称量

浆液制备采用ZD-1000自动制浆系统进行制备,该系统配备自动计量器计量,称重传感器已经第三方检测单位认证,称量误差小于5%。

2.2.3 浆液搅拌输送

第一,浆液搅拌均匀和参数记录。在开始制备浆液之前,确保原材料充分混合,以保证浆液的均匀性,可以通过使用适当的设备(例如搅拌机)进行搅拌来实现。在输浆之前,应测定浆液的密度等参数,以确保其符合施工要求,并将这些参数记录下来以备将来参考。第二,制浆搅拌时间。制浆搅拌的时间不应少于30秒,以确保充分混合和均匀性,确保浆液的质量,以便在施工中获得一致的结果。第三,浆液储存时间。浆液应在制备后的时间内使用,这一时间限制通常应不超过4小时,过长的储存时间可能会导致浆液的性能下降,因此应在规定时间内用完。第四,制浆站配制。在集中制浆站,应按照规定的水灰比(0.5:1)配制纯水泥浆液,运用输浆泵将制备好的浆液输送至各施工机组,确保不同施工机组获得相同的浆液质量。第五,来浆密度的调整,每个施工机组都应测定来浆密度,如果密度不符合要求,必须进行相应的调整以获得所需的比级浆液,可以通过添加适量的水或水泥来实现^[2]。第六,浆液温度控

制。浆液的温度应保持在5°C到40°C的范围内。浆液的温度对其性能和流动性具有重要影响,因此需要控制温度以确保施工质量。如果浆液的温度低于5°C或超过40°C,它被视为废浆,应按规定进行废弃处理,以避免对施工产生不利影响^[1]。

2.3 施工布置

2.3.1 泥浆系统

本次帷幕灌浆钻孔采用膨润土泥浆护壁,泥浆比重:1.1~1.3,塑性指标宜大于25,黏粒含量大于50%,含沙量小于5%,有机物含量不宜大于3%。在灌区下游适当位置设置一个泥浆池和沉淀池,采用砖砌围挡,底部浇筑3cm混凝土,侧壁采用砂浆抹面和涂刷沥青防渗。污水、废水在沉淀池中进行沉淀和处理,达到排放标准,经水泵抽排至水车内用于植物浇灌。钻孔产生石渣等,人工及时进行清理,并运输至指定渣场按照规划进行弃渣^[4]。

2.3.2 制浆系统

灌浆主要采取集中制浆、供浆方式。在灌区下游适当位置设置集中制浆站制备原浆,通过输浆管送0.5:1的水泥浆至灌浆点,灌浆点根据不同需要调制使用。灌浆用普通硅酸盐水泥,普通硅酸盐水泥标号不低于42.5MPa级。

2.3.3 施工排水

施工排水采用现场布置废弃污水槽,灌浆施工废水排至槽内,待沉淀后,水罐车利用其进行路面洒水,沉淀泥浆清运至弃渣场。

2.4 施工程序

2.4.1 施工程序

本次帷幕灌浆造孔位于深厚砂砾石覆盖层上,利用泥浆护壁回转钻机进行钻孔。采用孔口封闭,自上而下分段循环式灌浆法灌至帷幕终灌高程。

2.4.2 灌浆方法

本次砂砾石灌浆法采用金刚石钻头或风动冲击钻,进行套管护壁钻孔,钻至起灌线时停钻。然后在套管的保护作用下,下入内套管,然后抽掉外侧护壁套管,对内套管外环注入浓浆,并对孔口管顶部采用水泥封闭,待凝48h后,开始自上而下钻孔灌浆。具体施工工艺如下:套管护壁钻孔→下入内套管→拔出外侧护壁套管→内套管外环注浆→孔口管顶部封闭→待凝→如此循环处理下一个孔→待凝结束→钻孔→拔管→清孔→压水→灌浆,重复上述钻灌工序,灌注至设计终灌线^[5]。

2.4.3 施工技术要点

第一,套管护壁钻孔至起灌线后停钻。第二,在护壁套管内下入内套管后,进行内套管外环注浆。第二,孔口管顶部封闭。采用这种施工方法,钻孔时,有外套

管护壁,消除了塌孔之虑;灌浆时,采用孔口封闭,浆液全孔循环,或在内套管下入水压塞分段灌浆。两种方法均适用,且灌浆质量有保证。此外,使用本灌浆方法可在上一孔待凝期间进行下一孔钻孔(待凝),大大缩减了钻灌工艺之间的等待时间,有利于工期节约。

2.5 施工方法

2.5.1 开孔

帷幕灌浆钻孔采用泥浆护壁回转钻机,采用金刚石钻头或风动冲击钻钻孔。钻孔时, $\phi 110\text{mm}$ 套管及时跟进,防止塌孔。钻孔至相应孔起灌线位置后停钻,并下入 $\phi 89\text{mm}$ 内套管。

2.5.2 内套管外环注浆

$\Phi 89\text{mm}$ 内套管下入后,拔出外侧护壁套管,并向内套管外环内注入浓浆,并进行孔口管顶部封闭,然后进入待凝48h。待凝时,钻机可移位,按照上述方法处理下一个孔,为待凝结束后灌浆创造一个快速通道。采用金刚石钻头或风动冲击钻,进行套管护壁钻孔,钻至起灌线时停钻。然后在套管的保护作用下,下入内套管,然后抽掉外侧护壁套管,对内套管外环注入浓浆,并对孔口管顶部采用水泥封闭,待凝48h后,开始自上而下钻孔灌浆,灌浆工艺同坝基主帷幕。

2.5.3 正常钻灌

为确保施工质量在设计要求的标准内,分段进行孔斜测量,孔底偏距不大于下表规定,如钻孔孔偏斜值超过规定,及时采取补救措施。钻进过程中重点控制孔深20m以内的偏距。

(1) 洗孔

在砂砾石帷幕灌浆施工技术中,洗孔是一个重要的步骤,需要按照监理工程师的指示进行,以确保孔洞的清洁和灌浆的顺利进行。①冲洗方式。根据监理工程师的指示,采用全孔风水联合一次冲洗。冲洗方向是从孔底向孔外进行,以确保泥浆和污物被有效地排出。首先,使用大流量清水进行洗孔,以将杂质和泥浆冲洗出孔洞。然后,采用脉动冲洗,持续20分钟至30分钟,以确保彻底清洗孔洞内的残留物。②冲洗压力。冲洗水压力应为灌浆压力的80%。如果水压力超过1MPa,则应将水压力限制在1MPa以内;如果采用风水联合冲洗,冲洗风压应为灌浆压力的50%;如果风压力超过0.5MPa,则应将风压力限制在0.5MPa以内^[6]。③冲洗时间。冲洗后,孔洞内应继续冲洗10分钟,以确保孔洞内不再有残留物,单个孔的冲洗时间应控制在20分钟至30分钟之间。④冲洗合格标准。冲洗后的孔内不应有厚度超过20厘米的沉积物,这是冲洗合格的标准。⑤冲洗与灌浆的连续

性。冲洗后,立即进行该孔的连续灌浆作业,以确保洗净孔道,如果中断时间超过24小时,需要在进行灌浆作业之前重新进行冲洗,以确保孔道的清洁度。

(2) 灌浆

①灌浆前准备。钻进套管保护墙孔直至设计深度,直至达到终孔,接下来,在套管内下入灌浆管,直至达到孔底段^[7]。②灌浆分段。将套管慢慢拔起,直至套管底部与第一灌浆段段顶平齐,在这个段落的顶部安装灌浆塞,以便进行灌浆操作。随后,逐段地自下而上提起套管和灌浆管,对每个段落进行灌浆。③水灰比。灌浆的水灰比可以根据需要采用不同比例,包括3:1、2:1、1:1、0.7:1和0.5:1。开始灌浆时,建议使用3:1水泥浆液,但可以根据现场地质条件进行必要的调整。④稀浆开灌。在开始灌浆时,应采用稀浆,以确保灌浆材料能够充分填充孔洞,达到更好的浆液分布和质量,稀浆有助于减小空隙和气泡,提高灌浆的效果。

(3) 灌浆段长、压力

灌浆时,岩石内灌段与覆盖层砂砾石灌段分开灌浆。即灌浆分段参照地质工程师判定的地质情况进行划分,参考SLT 62-2020《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》执行,具体可视现场实际情况进行调整。

灌浆压力为0.8~1.0MPa,具体可视现场实际地质、水文条件进行调整。

(4) 浆液变换原则

①在相同的注浆压力下,注水量不断减小,或者在注浆速率恒定的情况下,浆液的水灰比不变。②在一定比例级浆液的注入量超过1000-1500升,或者在30分钟内,注浆压力和注浆量没有变化或变化不大的情况下,可采用一次浓灰比注浆。③在注入量超过30 L/min的情况下,可以改为浓一级。

(5) 灌浆结束标准(达到下列条件之一即可)

①当灌浆达到最大压力时,注入率应逐渐减小至不大于2升/分钟,以确保灌浆质量。同时,应进行20分钟的屏浆操作,这有助于浆液的固结和分布。在屏浆期间,平均注入率不应超过2升/分钟,以确保浆液在孔内均匀分布和固结。②单位注入量是以工程实际为依据,经计算或实地测试确定的。一般情况下,边排孔的单位注入量不应大于3吨/立方米。对于中间排孔,采用与第一种结束标准相同的条件,即在最大压力下,注入率不大于2升/分钟,屏浆20分钟,屏浆期间平均注入率不大于2升/分钟。

(6) 封孔

达到灌浆封孔高程时,灌浆孔灌浆结束后向孔内注入水泥砂浆进行封孔。

2.6 特殊情况处理

砂砾石帷幕灌浆施工技术中的特殊情况处理涉及解决在施工过程中可能出现的一些问题和挑战。例如,在灌浆过程中,发现冒浆、漏浆。当在灌浆过程中发现冒浆(浆液从孔外渗出)或漏浆(浆液从孔内泄漏)时,需要根据具体情况采取适当的措施来处理。可能的处理方法包括:嵌缝,填充孔道中的裂缝或漏洞,以防止浆液泄漏;表面封堵,在孔口周围施加封堵物,防止浆液外泄;低压,减小灌浆压力,以减少浆液的泄漏;浓浆,使用更浓的浆液,以提高填充效果;限流,限制浆液的流动速度,以减少泄漏;限量,减少浆液的注入量,以减轻压力和泄漏;间歇灌浆,采用间歇的方式进行灌浆,以控制浆液的流动。

结论:砂砾石帷幕灌浆施工技术的研究和应用对地下工程的进步和创新具有重要意义。通过深入了解其原理和施工过程,可以更好地应对地质条件的多样性,提高工程质量和效率。不仅如此,该技术还为环境保护、水资源管理和基础设施建设提供了可行的解决方案,有助于满足不断增长的城市化和工业化需求。在未来,期待更多的研究和实践,以拓展砂砾石帷幕灌浆施工技术的应用领域,解决更多的地下工程问题,同时不断提高环保水平,促进生态环境的可持续性发展。

参考文献

- [1]张程.云南省某水库帷幕灌浆施工及效果分析[J].海河水利,2023(08): 60-63.
- [2]张剑.深厚覆盖层坝基帷幕灌浆技术及工程应用研究[J].工程与建设,2023,37(04): 1299-1302.
- [3]熊小林.浅议可控挤入复合膏浆灌浆技术在砂砾石层防渗施工中的应用[J].湖南水利水电,2022(02): 71-72.
- [4]刘再军.浅析阿不都拉水库基础帷幕灌浆施工技术[J].水利科学与寒区工程,2021,4(04): 115-117.
- [5]钱俊良,范长选,崔永祥.砂砾石层帷幕灌浆施工技术研究与应用[J].云南水力发电,2021,37(02): 43-46.
- [6]蒋聪,江雪.砂砾石层帷幕灌浆施工技术研究与应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(4): 2.
- [7]张中棚.水利工程大坝基础帷幕灌浆施工技术[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(9): 2.