

浅谈井筒冻结法在矿建工程中的应用

Discussion on the Application of Wellbore Freezing Method in Mine Construction Engineering

王健

Jian Wang

唐山开滦建设(集团)有限责任公司,中国·河北 唐山 063000

Tangshan Kailuan Construction (Group) Co, Ltd, Tangshan, Hebei, 063000, China

【摘要】矿建施工由于其复杂的施工环境,常规施工技术往往无法有效满足其施工要求,而井筒冻结法在应用时很少受到环境的限制,因而在矿建工程中得到了较为广泛的应用。基于此,论文首先介绍了井筒冻结法的原理和冻结方式,然后分析了冻结法在矿建工程中的应用,最后讨论了井筒冻结法应用时的注意事项,希望对中国矿建施工水平的提升有所帮助。

【Abstract】Due to its complicated construction environment, the conventional construction technology often cannot meet the construction requirements effectively. However, the wellbore freezing method is rarely restricted by the environment when it is applied, so it has been widely used in mining construction projects. Based on this, the paper first introduces the principle and freezing method of the wellbore freezing method, and then analyzes the application of the freezing method in the mining construction project. At the end of this paper, the precautions for the application of the wellbore freezing method are discussed, and it is hoped that it will help to improve the level of mine construction in China.

【关键词】井筒冻结法;矿建工程;应用

【Keywords】Wellbore freezing method; mining construction project; application

【DOI】<https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v3i1.1412>

1 引言

冻结法施工技术的灵感来源于天然冻结方式,并且随着人工制冷技术的不断发展,在地下空间施工任务中得到了广泛的应用。在矿建工程施工方面,中国对井筒冻结法有着较为成熟的应用,且多用于立井开凿过程,并且具有隔绝地下水、布置灵活、无污染等优势,并且能够与桩基施工等其他工艺平行作业,应用优势十分显著。

2 井筒冻结法的原理及冻结方式

2.1 原理

冻结法的原理就是在人工制冷技术的基础上,通过将低温冷媒送到软弱地层中,并且要求软弱地层中还要含有一定

量的水,并且该部分水具有一定的流速,此时,在低温冷媒作用下,地层中的水会与周围岩土冻结在一起,形成冻结壁^[1]。冻结法的实质是利用人工制冷临时改变岩土性质以固结地层,其所形成的冻结壁是一种临时支护结构,能够在一定程度上提升周围土体的强度和稳定性;同时,冻结壁具有较强的抗渗性,能够有效隔绝地下水与地下工程,并且达到保护井筒或其他掘砌工程的顺利实施的目的。

2.2 冻结方式

2.2.1 差异冻结

这种方式也叫做长短管的冻结方式。它是按照不一样的深度地层特征来根据冻结要求形成的差异化冻结方式。以冲积层以下的厚基岩风化带为例,该风化带围岩稳定性较好,当

其下部赋存含水层时,或井筒内积聚了多层的含水层。这个时候利用一般的方法不能够实现。所以,要利用差异冻结法进行施工。在具体应用时,要求长冻结管穿过含水层,并且进入稳定基岩;而短冻结管则需要穿过强风化带。此时,若想要保证冻结的厚度,要对长孔的间距进行控制,间距最大需要小于4.5米。只有这样才能确保短孔的底部的时候,长孔的地位冻结壁和要求相适应。此外,为时长管下面的冻结壁可以按期实现。一帮是要对其提前进行开挖,接着从长管冻结处开始。

2.2.2 局部冻结

局部冻结法应用的前提是施工区域内存在稳定土层,并且可以采用普通法通过,依然以冲积层为例,若冲积层上部较为稳定,而中部或下部存在不稳定含水层;或冲积层中部较为稳定,其上部或下部存在不稳定含水层;又或井筒上部进行过施工,其下部发生事故导致失稳,这些情况都可以应用局部冻结法。较其他冻结处理方式而言,局部冻结法不仅耗冷量少,冻结所需时间也相对较短,能够有效节省施工成本。在具体应用中,局部的冻结方式分为两类,分别为井下局部的冻结和地面的局部冻结。地面局部冻结和次全的深的冻结差不多。

2.2.3 分期冻结

分期冻结是指在条件允许时,利用冻结器,根据实际施工情况,将井筒冻结施工分为若干阶段,通常为三个冻结期,其中,第一冻结期又被称为上段冻结期,只需按照相关规范控制冻结壁厚进行;第二冻结期和下段的冻结期。这个时候要维护上段的冻结期;第三冻结期是当井筒挖掘通过上段进入下段后进行的。这时候要求冻结壁达到标准要求,然后才转入深层维护冻结^[4]。分期冻结方式的应用需要满足相应的施工条件,即井筒上下段之间存在含水量大且含水厚度不小于10m的土层,并将其作为隔水垫子,防止下方涌水。

3 井筒冻结法在矿建工程中的应用

3.1 冻结钻孔

冻结孔是指矿山建设时,为形成冻结壁,在待掘井筒周围钻凿的若干个用来安装冻结器供冻结媒介液(比如盐水)循环的钻孔。在具体施工时,冻结孔的间距将直接影响到冻结壁的形成效率和平均温度,因此需要对其加以控制。对于浅井冻结,一般取开孔间距为1.1~1.2m,且钻孔偏斜率 $<0.5\%$;对于深井冻结,其开孔间距较浅井冻结略大一些,取1.2~1.4m,而钻孔偏斜率则更严格一些, $<0.3\%$ 。其施工要点如下:

①检查钻孔。钻孔冻结首先需要对钻孔的位置、深度以及数目等进行检查,确保钻孔与井筒的间隔 $<25m$,其深度大于井筒设计深度;

②水文观察。一般水文观察的位置选择在距离井筒中心

1m的位置,并且配置1~3个观察孔,同时要求该位置不会影响到吊桶的升降。水文观测孔应进入冲积层最下部的的主要含水层,其含水层下部应有隔水层,孔深不得穿过冲积层;

③测温。根据施工需求,温度测量一般选择3~5个孔,并且要求其偏斜率与冻结孔保持一致;

④冻结。冻结法钻孔主要用于输送盐水,以便冻结周围岩土层。按照冻结的深度确定冻结孔的圈数。对于浅井冻结,一般采用单圈冻结即可,而对于深井冻结,则需要采用双圈或三圈冻结方式。此外,由于钻孔弯曲会影响到经纬仪的测量精度,因此需要进行冻结孔测斜作用,当前常见测斜方法包括灯光法和陀螺法。

3.2 冻结掘进

根据土层性质的差异,井筒冻结主要有三种掘进方式,分别为分区分段掘进法、全断面一次掘进法以及短台阶式掘进法。需要注意的是,根据施工现场的实际情况,不同掘进方式的冻结稳定性也有所差异。冻结掘进的关键在于掘砌段高的合理确定。具体来说,在冻结壁发展不进入掘进断面时,取段高1.0m;在冻结壁发展进入掘进断面时,取段高2.0~4.0m;在是强膨胀性黏土时,段高 $\leq 2.5m$,并应该加快掘进速度,循环时间应控制在20h以内,最大不超过24h。

3.3 冻结砌壁

上文介绍了冻结井筒掘砌段高的大致范围,但在实际施工时,还需要根据现场冻结深度、岩层性质、冻结管偏斜、冻结壁裸露实践以及支护形式等多方面的因素共同决定。并且在实际施工时,施工技术人员需要严格遵循《矿山井巷工程施工及验收规范》内的相关内容进行操作。冻结井壁普遍采用钢筋混凝土浇筑而成,砌筑工艺因井壁结构形式的不同而有一定差异。对于双层井壁、柔性井壁等复合井壁而言,其外侧井壁需要注意与掘进作业交替进行;而起内侧井壁,则需要利用液压滑升钢模板或小块钢模板按照自下而上的连续进行连续浇筑。常规工程项目施工的混凝土强度等级一般控制在C35~C55之间,而深井冻结则要求混凝土强度等级达到C55~C75。浅井混凝土普遍采用溜灰管下料,但对C40以上高强混凝土则采用底卸式吊桶下料。此外,为改善冻结环境下混凝土性能,技术人员需要根据现场实际情况,适当添加外加剂,确保混凝土的和易性。

4 矿建工程中应用井筒冻结法的注意事项

4.1 冻结管断裂

冻结管断裂是井筒冻结施工时较为常见的问题之一,尤其是近几年,由于矿山采掘深度的不断增加,挖掘时遇到的黏土层厚度越来越大,冻结管断裂现象也愈加严重。要解决这个问题,首先需要对其冻结孔布置圈直径进行合理控制,避免由于

布置圈过大或过小而导致井壁变形。因此需要确定布置圈直径,以此保证冻结壁有足够的厚度防止井壁变形;其次,冻结管多选用无缝钢管和优质碳钢等材质,为确保冻结管质量,在施工时应使用丝扣连接其外箍,以此避免断裂。

4.2 井壁破裂

井壁破裂是井筒冻结法施工中另一常见问题,导致该问题产生的原因主要包括以下两方面:第一,地层中含有膨胀性矿物;第二,由于施工不均匀等问题导致的冻结壁形状不规则、厚度不均匀,造成冻结壁受力不均。该问题的解决可以从以下四方面入手:第一,在正式施工之前,首先要弄清施工区域土层的性质和力学性质,然后针对施工需要专门设置的井检孔,穿过比较厚重的土层时,还需保证取样完整,精确测定其物理力学参数,尤其是和土体膨胀相关参数;

第二,尽可能延长冻结时间。一般情况下,冻结法施工要求冻结层温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$,施工人员在此基础上继续降低冻结问题。同时,施工人员还需要在混凝土中添加外加剂,以延长冻结土强度,防止井壁破裂;

第三,施工人员可以在外壁和冻结壁之间设置一定厚度的泡沫塑料板,以此改善二者夹层的保温功能、延缓压力;

第四,施工单位需要切实加强对井筒冻结施工质量的监督和管理,这是最有效的改善井壁质量、减少井壁破裂发生的解决方案。对此,要求施工单位科学制定冻结方案,确保井壁开挖时间合适,不能为了赶工期,在各方面都不符合要求的条件下贸然开挖。

5 结语

总而言之,冻结法应用至今,已有百余年历史,不仅在矿建施工中,在地铁等复杂地下空间建设工程中也有着广泛的应用,应用优势十分显著。同时,随着社会经济发展,社会生产对资源的需求量不断增大,促使煤矿矿井开采深度不断增加,为有效保障冻结法的应用效果,相关技术人员需要根据施工的实际情况,正确认识冻结法应用过程中存在的问题,并且不断对其改进和完善,以此缓解资源开采压力。

参考文献

- [1]李朝阳,杨海萍.浅谈井筒冻结法矿建施工技术[J].建筑工程技术与设计,2016(20).
- [2]韩福来.井筒冻结法在矿建工程施工中的技术应用[J].低碳地产,2016,2(10).