

# 高寒地区混凝土井塔快速施工关键技术的研究

吴春杰, 程正觉, 国重宽, 刘 慧

(中煤第七十二工程处, 安徽宿州 234000)

[摘要] 在西北高寒地区钢筋混凝土井塔施工中,通过对桩基范围人工冻土的快速解冻技术和高寒地区冬期井塔快速施工成套技术的研究应用,确保了工程质量,加快了井塔桩基和冬期井塔主体的施工速度,缩短了井塔施工工期,解决了高寒地区煤矿建设周期长的施工技术瓶颈问题。

[关键词] 西北高寒地区;钢筋混凝土井塔;人工冻融土;快速解冻;冬期;井塔冬期快速施工成套技术

[中图分类号] U455 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)11-0072-09

## 1 前言

在西北高寒地区施工的土建工程,由于受到气候环境的影响,存在每年施工时间短、冬季施工质量风险大和成本高的特点,因此多数土建工程在冬季停工,造成了项目建设周期长。在西北地区采用立井的煤矿,因考虑环境因素,地面通常采用钢筋混凝土井塔。主副井是矿建、土建、安装工程三方交叉的施工点,因此主副井(包括矿建、土建、安装工程)施工时间决定了整个煤矿的建设周期。而井塔范围人工冻融地基的解冻和井塔土建工程冬期施工慢或停工成为导致煤矿建设周期长的瓶颈问题。随着我国煤炭基地逐渐向西北转移,研究和应用技术措施、缩短人工冻融土解冻和井塔冬期施工时间成为目前急需解决的问题。

人工冻融土如果采取自然解冻方法、钢筋混凝土井塔冬季停工或采用暖棚法施工,都存在速度慢和工期长的问题。针对桩基有限范围的人工冻融土的快速解冻技术和井塔冬期快速施工成套技术具有可靠性高、技术先进、操作简单的特点,较好地解决了上述问题,在实际应用中表现出速度快、成本低特性,是目前较为合适的技术解决方案。

## 2 项目概况

灵东矿地处于内蒙古满洲里市,属于典型的西

北高寒地区。按常规,地面土建工程每年10月5日进入冬期施工,10月20日进入冬季休工期。由历史气象数据得知,10月平均最低温度为 $-10^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度为 $-24^{\circ}\text{C}$ ;11月平均最低温度为 $-18^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度为 $-36^{\circ}\text{C}$ ;12月平均最低气温为 $-26^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度为 $-39^{\circ}\text{C}$ 。冬季常有连续间歇式寒潮,短时间急剧降温并伴有大风,天气状况极端恶劣。灵东矿主副井井筒采用冻结法施工,地面上为钢筋混凝土井塔,井塔采用桩筏复合基础,桩基为钻孔混凝土灌注摩擦桩,部分灌注桩位于井筒人工冻融土内。井塔为内框外筒结构,地面以上共7层。因条件所限,为了保证安装,给予井塔土建施工的时间非常短,而且必须在冬季施工主体。

## 3 关键技术解决方案的选择

要跨越冬季并在短期内完成井塔结构施工关键取决于3个方面的技术解决方案,即井塔范围内人工冻融土的解冻方案、井塔的施工工艺和高寒地区冬期施工技术。此3个技术解决方案一直也是我国西北高寒地区煤矿建设中在研究探索的问题。

### 3.1 人工冻融土技术解冻方案的研究

如果在冻融土上直接施工桩基,可能导致两种后果:一是冻土在桩基施工过程中因快速解冻土质结构受到破坏而产生塌孔,导致使无法成孔;二是地

[收稿日期] 2011-08-30

[作者简介] 吴春杰(1971—),男,安徽明光市人,高级工程师,主要研究方向为土建工程施工技术;E-mail:zm72mzlxmb@yahoo.com.cn

基土因冻融而产生变化,造成地基承载力和桩基承载力下降。应该说先解冻后建设是一种稳妥的方案。目前解冻技术方案有两种,一种是自然解冻的方案,该方案的优点是安全可靠且对地基影响较小,缺点是解冻往往需要2~3年时间才能完成;另外一种是在冻结壁全范围快速解冻方案,即利用原有冻结系统注入热水循环,进行人工强制解冻,优点是解冻时间短,一般需要4个月左右的时间或与冻结时间大致相当,缺点是会导致桩基承载力损失。目前,国内外对人工冻融土的研究较少,对于在快速解冻的冻融土上建设较大型工程的案例,只有新集集团在安徽淮南刘庄煤矿的主井井塔建设中首次立项进行了研究应用。

采用冻结壁全范围的快速解冻方案解冻仍需要4个月的时间,而且时间上还不能满足要求,因此在冻结壁全范围解冻方案的基础上,增加局部针对桩基有限范围人工冻融土的快速解冻措施,以进一步加快解冻速度。基本思路是在制定冻结方案时即考虑解冻需求,布冻结管时加布短管,在完成上部井筒施工后即开始冻结壁全范围人工冻融土的解冻。在矿建施工撤出工作面后,针对桩基另加设强制解冻系统,一般在7d左右即可满足桩基施工,同时采取后注浆法提高桩基承载力。

### 3.2 井塔施工工艺方案的研究

井塔施工工艺目前国内主要有普通倒模、爬打结合、滑打结合3种工艺,这3种工艺各有优缺点。普通倒模工艺优点是简单易操作、造价低,缺点是工艺专业性差、机械化程度低、人工投入大、速度慢。爬打结合工艺为外墙采取爬模,内部采取脚手架支撑施工水平向结构。因爬模结构较为笨重,对于高度较低的工程不适用,又衍生出外墙施工采取爬架和大模板施工且内部采用普通支模的工艺。优点是质量好,缺点是造价高、爬模安拆时间长。滑打结合工艺是外墙采用滑模施工,水平梁板结构采用脚手架做为架体的支撑体系,通常采取“滑一打一”的组织方式。但在国内,也有些施工单位采取连续滑升的方式,在滑升过程中完成内柱和水平向主梁施工,然后从上向下吊模施工其他水平向结构。优点是速度快、机械化程度高、投入人工少、无需搭设外架和受环境影响小,缺点是外墙外观质量较差,但采用大模板代替原有小模板作为滑模模板后,大大提高了外墙外观质量。从时间和从西北地区冬季恶劣环境对施工干扰方面综合考虑,选用滑打结合工

艺是西北高寒地区冬季井塔施工最为适宜的工艺。

### 3.3 井塔混凝土冬期施工技术方案的研究

本工程冬期施工主要为解决井塔外墙混凝土结构的施工,通常可选用的解决方案有加热和不加热两种。加热法施工多采用暖棚法,不加热法施工多采用蓄热法。暖棚法施工是北方冬期最常用的施工方法,做法是在工程四周搭设暖棚,设热源使棚内保持正温。优点是混凝土的质量保证性高,缺点是对于井塔来说,在寒冷多风的西北地区冬季搭设暖棚难度大、速度慢,施工存在不确定性。

外界气温不太低时,厚大混凝土构件采用蓄热养护施工法是可以保证质量的,但井塔外墙厚度一般为250~350mm,采取蓄热法施工很难保证混凝土质量。考虑井塔外墙采用滑模工艺,用负温混凝土冬期施工技术是合适的解决方案。其基本原理是在混凝土内掺加防冻剂,降低混凝土中的液相冰点,加热原材料,保证出机入模温度,采取措施在成型后的混凝土外形成外保温和防失水防护,使混凝土在低温养护期间不断增长强度,并最终达到设计强度。缺点是对施工技术要求高,存在一定的风险,但与滑模工艺配套使用可形成快速施工。因为井塔主要施工工艺和冬期施工技术是紧密关联的,在这里把两者合并称为井塔冬期快速施工成套技术。

## 4 快速解冻人工冻融土技术

### 4.1 技术研究

目前我国对快速解冻人工冻融土的研究较少。2005年,为了建设新集集团刘庄矿特大型井塔,由新集集团组织对快速解冻的人工冻融地基上建设大型井塔进行了立项研究,首次在工程建设上、理论上、学术上对人工冻融土进行了较为全面细致的研究和评价,项目研究和实施的基本情况如下:

1)对人工冻融土的研究。通过系列的试验、在人工冻融土地基上建设特大型井塔的模拟试验以及相应的荷载试验和监测工作,揭示了人工冻融土的物理力学性质、化学矿物成分、微结构的变化规律以及与工程性质之间的关系,建立了部分数学模型和计算,论证了在快速解冻的人工冻融土上搭建井塔的可行性。进一步提出在工程的前期设计阶段应进行优化设计,桩基完成后应采用后注浆法提高桩基实际承载力。

2)桩基范围内全面解冻。刘庄矿井塔桩基平均桩长为45.0m,基础埋深5.0m。为保证桩基质

量,解冻深度为 60.0 m。具体方法是在冻结管内布置聚乙烯塑料软管作供液管,在地面设置盐水箱,对箱内盐水加热,用盐水泵把热盐水送入冻结孔内的回路分配器,对冻结孔进行加热循环,直至冻结土融

化。解冻范围为自然地面下 60 m,解冻孔为间隔布置(见图 1)。自 2005 年 3 月 15 日开始解冻,2005 年 7 月 31 日停止解冻,累计解冻时间为 138 d<sup>[1]</sup>。

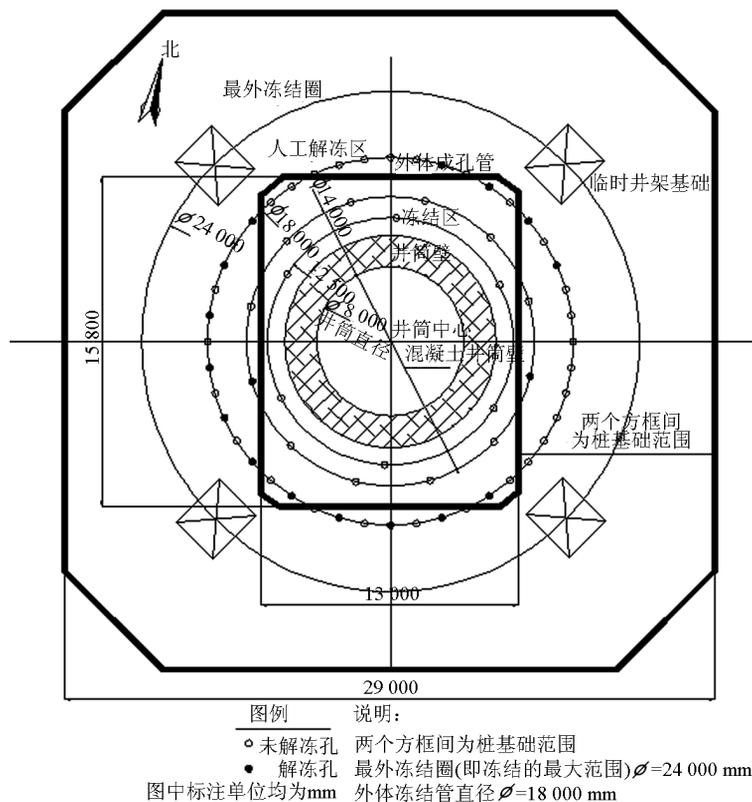


图 1 冻结孔及解冻孔平面位置图

Fig. 1 The plane layout of freezing hole and thawing hole

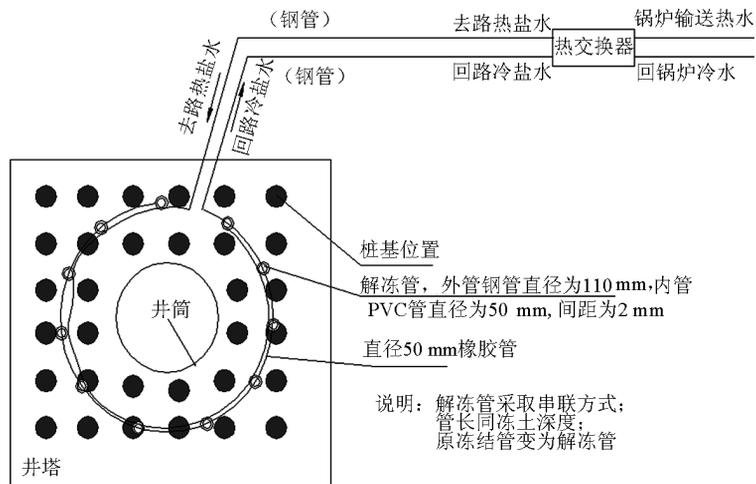
3) 对人工冻融土的试验、监测和分析研究表明,在人工快速解冻的人工冻融土地基上建设特大型井塔是可行和安全的。同时应用后压浆技术在快速解冻的人工冻融土中的效果良好,可提高桩基摩擦阻力 30%~40%。但从目前来说,对快速解冻人工冻融土的研究也仅在新集集团刘庄矿进行了较为完整和系统的研究,建议继续推动此项研究,以取得准确的数据和结论<sup>[1]</sup>。

#### 4.2 针对桩基有限范围的快速解冻施工技术要点

本项目厂区内地下水较少,土质较刘庄矿好,可以在快速解冻的人工冻融土上建井塔。借鉴刘庄矿的研究,在本项目采取快速解冻技术方案是可行的。但如果采取冻结壁范围全面解冻方式,解冻时间要 4 个月,无法满足时间上的要求,因此增加桩基有限范围快速解冻的措施,即在矿建施工后期即进行全面解冻,并在矿建施工结束后对桩位直接进行热融

解冻。此种方案针对性强、解冻时间短、效果明显,且设备安装简单,拼装迅速。具体施工流程为放线→定孔位→制解冻管→钻孔→下解冻管→循环热水拔管→完成解冻,实施如下:

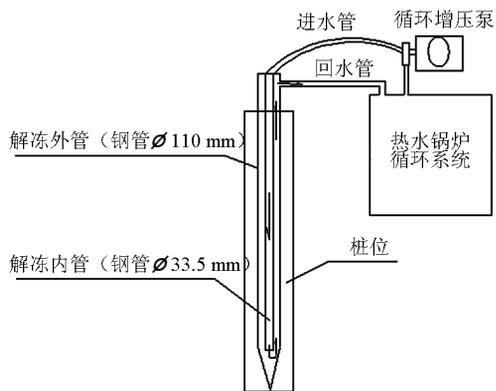
- 1) 桩基解冻管布置。图 2 为针对桩基解冻管的布置图。
- 2) 解冻管系统图。图 3 为单桩解冻管系统图。
- 3) 解冻管的施工。解冻管由外管和内管两部分组成,外管采用外径  $\phi 110$  mm 钢管,内管采用  $\phi 33.5$  mm 钢管,套入外管内,下端至外管底部。上端作为进水口,与外管间焊接封堵,解冻管长度同钻孔深度,钻孔直径大于解冻管的外径 50~100 mm,钻孔深度同需解冻的冻土深度。在确定解冻管无渗漏后将其放入钻好的孔内,直至达到设定的深度后固定。最后将内管上端与热水系统的进水管连接,外管出水口与热水系统的回水管连接。



注: PVC 为聚氯乙烯 (polyvinylchloride)

图2 针对桩基解冻管布置图

Fig. 2 The layout of pile foundation thaw tube



说明: 多个冻孔解冻管可进行串联

图3 单桩解冻管系统图

Fig. 3 Diagram of single pile thaw tube system

4) 循环热水解冻。当解冻管与热水循环系统的连接检查合格后,利用循环增压泵将温度为 70 ~ 80 °C 的热水从进水管注入,通过解冻内管注到解冻管底部,自下而上循环,开始解冻,再通过解冻外管的出水口和回水管重新循环到热水系统,如此通过热水的循环,吸收冻土的冷量,使冻土解冻。

5) 拔管。循环热水解冻 5 ~ 6 d 后,桩基直径范围内的冻土即解冻合格,停止通热水,拔出解冻管的内外管,即可进行下一道工序即桩基施工。

自 2008 年 5 月 15 日开始解冻,2008 年 7 月 31 日停止解冻,累计解冻时间为 76 d。实际在矿建施工结束后 15 d 左右即进行了桩基施工。

### 4.3 后压浆施工技术

1) 由于土层经过冻融后,其物理力学指标有所降低,为保证灌注桩承载力满足上部荷载要求,采用后压浆技术进行处理。钻孔灌注桩后压浆技术是通过预埋的后压浆管路对钻孔灌注桩的桩侧压入水泥浆液,通过浆液的渗扩、挤密和劈裂等方式,改善桩土界面,使桩侧泥皮及桩周以内的土体物理力学性能得以明显改善,桩周一定范围内的土体得到加固,土体强度增加,增大桩侧摩擦阻力和减少沉降量,从而提高钻孔灌注桩的承载力。

2) 后压浆技术设计。桩侧压浆器分别距桩顶 10 m、20 m 和 40 m 3 个断面环向布置,压浆器采用铝塑花管,在其表面套置具有一定弹性的材料,侧壁压浆导管选用内径  $\phi 20$  mm 的镀锌钢管。所有压浆管路均采用丝扣和隔水带严密连接,浆液配制为 P. O. 32.5 级水泥,水灰比 0.5 : 1 (质量比)。主要设备选用 BW-150 型高压注浆泵,其最大工作压力为 7 MPa,泵的排量为 50 ~ 300 L/min<sup>[1]</sup>。

3) 后压浆施工。将桩侧压浆导管底接上三通和短节,以便与压浆器铝塑花管相连,并绑扎在相应位置的钢筋笼外侧。压浆管件下入应随钢筋笼下置同时进行,压浆施工在桩身混凝土养护 7 d 后进行,先压稀浆再逐渐加浓。注浆量根据现场试注情况确定,桩头出现返浆,可停止高压注浆,24 h 后补注浆一次。

4) 后压浆施工检查与评价。桩侧压水泥浆液使水泥浆液在桩四周土体劈裂,充填孔隙,挤推泥

皮,桩周物理力学性质改善,桩周土密实,桩与桩周土的粘结力加强,从而极大地提高了钻孔灌注桩的承载力。对钻孔桩桩头开挖检测发现,通过后压浆处理的钻孔灌注桩,桩周出现水泥浆泡,水泥浆液在桩周扩散,达到了预期的目的。

#### 4.4 应力应变监测

由于目前国内外对冻融土研究甚少,各种地基土的物理力学指标的选取具有一定的不准确性,可能使钻孔灌注桩承载力达不到设计要求,这将严重影响到整个工程的安全使用,造成极大的经济损失和社会影响。为此,必须在工程建设和使用过程中对钻孔灌注桩及其地基土进行应力应变以及冻融土温度变化等方面的原位测试,为建筑物的安全使用提供准确的评价分析数据。

#### 4.5 桩基检测

在桩基检测中,打破了常规抽检的方法,对每根桩都进行了低应变测试,以确定工程桩的桩身完整性。经检测,所有桩满足设计要求。对12#、29#、31#桩进行了单桩竖向抗压静载试验测试,3根工程桩的单桩竖向抗压承载力特征值均不小于4 400 kN,满足设计要求。对40#、61#桩进行单桩水平静载试验,受检的工程桩单桩水平承载力特征值均不小于280 kN(取水平临界荷载值的0.8倍),均满足设计要求。

### 5 井塔冬期快速施工成套技术

#### 5.1 冬期快速施工成套技术的核心问题

质量和速度是本成套技术需要解决的主要问题,在技术方案研究和建立的过程中,应重点考虑井塔施工工艺和冬期施工技术有机高效的结合。成套施工技术主要考虑因素包括:滑模装置既要考虑满足滑模施工和抗偏斜、扭转的需要,同时又要兼顾水平向结构施工的方便;混凝土冬期施工技术的核心是负温混凝土的配制、混凝土出罐入模温度的保证以及出模后混凝土的保温、防风和保水;传统使用的“滑一打一”的组织方式施工速度慢,在保证安全的前提下,改变组织方式提高施工速度是关键。

#### 5.2 滑模施工技术

1)滑模装置的设计。国内的滑模技术应用已很成熟,且广泛地应用在各类工程上,但主要应用在筒仓、井塔等类型工程上。按操作平台的形式,可分为刚性(桁架式)滑模装置和柔性(挑架式)滑模装置。本工程滑模装置设计时因要考虑水平向结构施

工,需在滑模平台中间留置足够大的吊料孔。刚性满工作面的滑模装置形式不合适,同时单体方仓滑模极易发生扭转。如果发生偏斜、扭转,则直接影响井筒罐笼安装和井塔外观质量,滑模装置必须要有足够的抗扭刚度。综合上述因素,滑模平台采用三角挑架和桁架组合的结构形式;模板采用6 mm厚的大模板,异型处单独加工;用 $\phi 48 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 的钢管、YKT-80 液压控制台和GYD-60型千斤顶组成液压提升系统。滑模装置的平面图如图4所示。

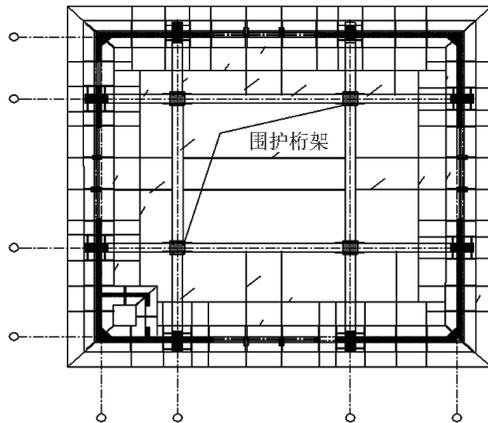


图4 滑模平面图

Fig. 4 Plane graph of sliding mode

2)模板滑升施工。主要包括滑模装置的组装、初滑、正常滑升和末升4个阶段的施工。滑模工程可以说是“三分技术,七分管理”,标准化、精细化管理在施工中尤为重要。滑模装置安装的精度要保证,这对于整体滑模质量至关重要;在初滑阶段应做到分层(每层300 mm高)浇筑混凝土,严禁一次浇筑高度过高,造成较大的初变形;正常滑升阶段按正反间隔的顺序浇筑混凝土,组织管理到位,确保施工连续有序;在末升阶段做好标高控制,确保最后浇筑的混凝土标高一致,做好模板和混凝土的脱模工作。

3)滑模精度控制和调整。滑模施工一直处在一种动态施工状态,因千斤顶的不同步等多方面原因易出现偏斜和扭转。施工中在井塔四角设置了观测点,每滑升600 mm做一次水平控制和偏扭观测工作。施工中尽量保持操作平台上的荷载对称均衡,混凝土按正反圈间隔浇筑,并兼顾风力、阳光等影响因素,保持滑模平台各千斤顶滑升同步和标高一致。即使如此,在滑模过程中还是会出现偏斜和扭转,传统理念一般是纠偏、纠扭,即在出现较大偏差后采取措施,使滑模装置返回原位。在本项目的施工中,通过使用控偏、控扭的措施,即在偏扭较小

且未达到规范规定时,通过调整部分千斤顶的斜度消除存在的偏扭情况和发展趋势,保证精度,使混凝土的外观质量特别是外突出构件(如外壁柱等)质量得到进一步提高。偏扭调整示意图如图5所示。

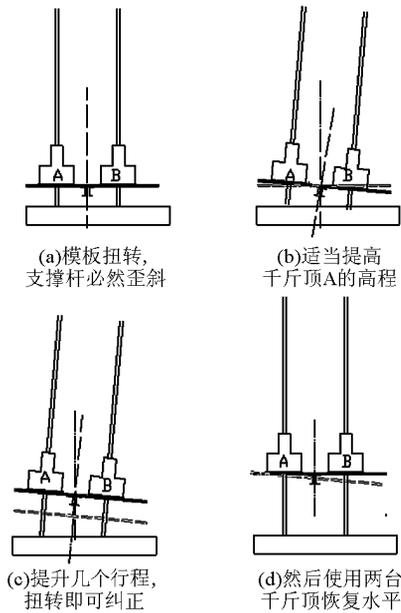


图5 利用千斤顶控制滑模精度图

Fig. 5 The graph of controlling sliding mode using jack control

### 5.3 高寒地区冬期混凝土施工技术

本井塔采用的是滑模工艺,采用非暖棚冬期施工法,井塔外墙混凝土成型出模后处在自然环境里,因此混凝土冬期施工技术是以负温混凝土冬期施工为基础建立的,至于应用别的一些冬期施工技术,只是辅助使用,这是此项技术实施的基本原则。

#### 5.3.1 负温混凝土配制技术

满洲里从10月到12月温度变化较大,根据对历史气象资料和近几年气候情况的分析,把施工环境的最低温度定为 $-30^{\circ}\text{C}$ ,这既是负温混凝土配制的基准,也是外墙混凝土施工的限制条件。配制负温混凝土选用防冻剂是关键,宜选用早强防冻复合型外加剂,水泥宜选用硅酸盐或普通硅酸盐水泥。在外加剂的选用上,必须要评估外加剂对混凝土和钢筋性能的影响。完成负温混凝土初步设计后,模拟施工环境拌制、养护试块,经试压达到要求方可进入下一步施工,否则不断循环以上工作直至满足要求。除了做混凝土试配试压工作,还应对外加剂的物理、化学性能进行必要的试验。一般来说,负温混凝土对原材和养护都有一定的技术要求,本工程配

制的负温混凝土的技术要求是:混凝土出机温度不低于 $10^{\circ}\text{C}$ ,入模温度不低于 $6^{\circ}\text{C}$ ,混凝土浇筑完成后,表面应覆盖两层塑料薄膜和三层草袋。

#### 5.3.2 混凝土的搅拌运输

根据负温混凝土对混凝土出罐、入模温度的技术要求,在施工中设置暖棚存放水泥、砂、石等原材料,暖棚内设热源提高和保持棚内的环境温度。在砂、石料底部设地热管进行加热,另外开罐前在砂堆中再插入蒸汽管进行加热。热水搅拌是提高混凝土出机入模温度的有效措施,在现场通过蒸汽加热搅拌用水,并设置自动控制系统来保证搅拌用水的水温处于 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。控制混凝土运输入模时间,对超过规定时间的混凝土禁止使用,对混凝土的运输设施进行保温,必要时进行加热。通过以上系列技术措施的实施,可保证混凝土的出机、入模温度达到要求。

#### 5.3.3 混凝土的养护

混凝土入模后的养护分两阶段实施,第一阶段混凝土处在滑升的模板内,持续时间为 $12\sim 14.4\text{h}$ ,采用热模养护技术,即在模板外设置蒸汽管和EPS(可发性聚苯乙烯板, expanded polystyrene board)防火保温层,确保模板内环境温度保持正温。按规定混凝土出模后应达到不低于两层塑料薄膜和三层草袋的保温、防风 and 保水的技术要求,具体做法是在井塔混凝土墙外设混凝土复合保温墙,从外向内构造分别为 $50\text{mm}$ 厚的混凝土保护层和 $100\text{mm}$ 厚的保温材料,复合保温墙在模板滑升过程中随井塔外墙一起施工。为了保证复合保温墙 $50\text{mm}$ 厚的混凝土保护层在进入自然环境前达到抗冻临界强度,利用薄壁结构在红外线照射下强度增长快的特点,在滑模装置的模板下挂设红外加热仪对其进行养护,以加快强度增长。为了进一步改善出模后的混凝土养护环境,另外还采取了在混凝土外刷养护液、设置挡风帆布的措施。井塔滑升后,基本在井塔内部形成较为封闭的环境,通过在井塔内部设置临时暖气系统和临时热源,保持井塔内的环境处于正温(见图6)。

#### 5.3.4 混凝土冬期施工工艺流程

图7为混凝土冬期施工流程图。

### 5.4 井塔冬期快速施工组织 and 施工技术

#### 5.4.1 “滑多打一”施工组织技术

传统“滑一打一”的组织方式使施工始终处于一个工作面的状态,浪费空间,其结果是速度慢、时

间长,同时因停滑次数多,也增加了施工时间。按照“空间换时间”的施工组织理念,创造多工作面同时作业是加快速度、缩短工期的有效途径。采取“滑多打一”组织方式后,最多时创造3个工作面同时作业,达到了“时间上连续,空间上尽量占满”的状

态。“滑二打一”或“滑三打一”的选择还应根据当地的气候情况而定,满洲里地区冬季一般每隔5 d左右有一次寒潮,寒潮来时急剧降温并伴有大风,持续时间在3 d左右,因此每次连续滑升高度控制在12.5 m左右。

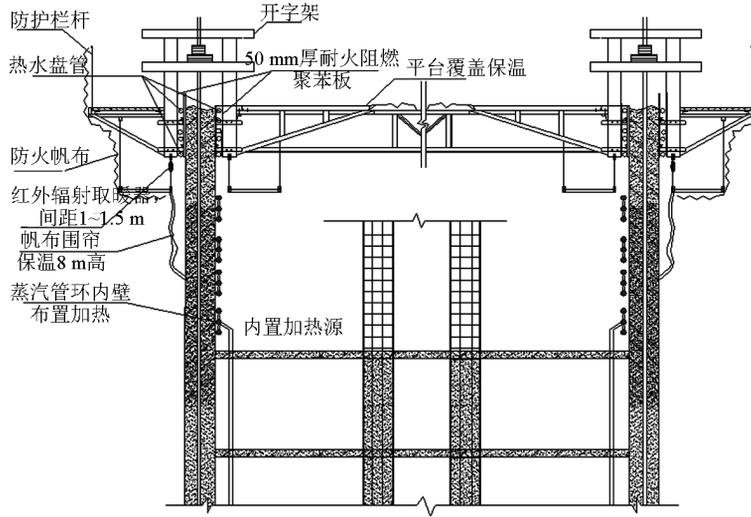


图6 井塔外墙混凝土养护示意图

Fig. 6 The concrete curing diagram of exterior walls

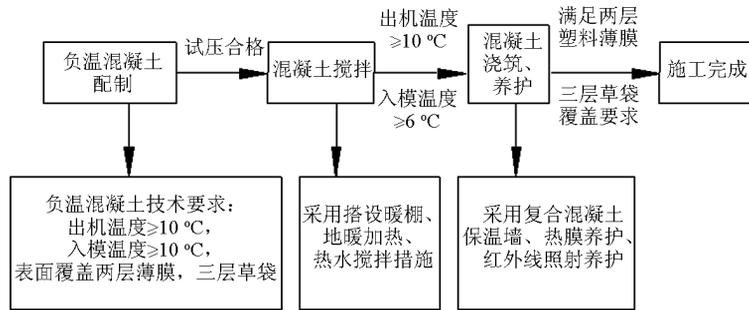


图7 混凝土冬期施工流程

Fig. 7 Concrete construction process in winter

#### 5.4.2 空滑加固技术

当采取“滑多打一”的组织方式时需要空滑,空滑的高度为1~2层,最高空滑高度达到14 m。根据对结构杆件的受力分析,采取加固措施可保证结构的稳定性,具体做法为:a. 在中柱的支承杆焊接成格构式结构,并用钢筋或扣件与柱四周满堂脚手架连成整体结构,增加其稳定性;b. 空滑处的边柱和框架梁位置支承杆采用钢筋进行格构式焊接加固,将支承杆和四周的柱主筋等焊接连接,加设斜撑,保证支承杆的整体稳定性。

#### 5.4.3 高支撑、大跨度结构的大梁模板支撑体系的施工技术

井塔绞车大厅的大梁下为罐笼提升孔,尺寸为12.4 m×8.4 m,通过计算,在防撞梁层的下一层的提升孔上设置45<sup>#</sup>工字钢支撑大梁施工荷载。工字钢中间间距为1.2 m。模板脚手架立杆间距为1.2 m,绞车大厅大梁截面尺寸为400 mm×2 500 mm,沿大梁断面横向设置两根碗扣脚手管,脚手管间距不大于400 mm,大梁长度方向支撑脚手管排距不大于450 mm。横竖方向设置剪刀撑,大梁

模板支撑架体与其他模板支撑架体形成整体。

## 6 实施效果

### 6.1 人工冻融地基的快速解冻

1) 井筒四周的冻结土层自然解冻要 2~3 年时间,用冻结壁全范围快速解冻法解冻井筒的冻结土要 138 d,而用增加针对桩基有限范围人工冻融土的快速解冻技术后,桩基解冻时间为 76 d,矿建施工结束后 15 d 左右即进行了桩基施工。

2) 快速解冻冻融地基上建筑物的安全性情况。为较为准确地掌握建筑物沉降情况,在满洲里灵东矿副井井塔周围共设置 4 个沉降观测点(沉降观测从 2008 年 10 月 11 日开始进行,1<sup>#</sup>~4<sup>#</sup>沉降观测曲线见图 8),沉降点从第一层施工时即开始埋设,主井井塔竣工使用后的沉降观测资料表明,主井井塔竣工后沉降量为 8 mm,且沉降差小于 10 mm,即小于规范要求。

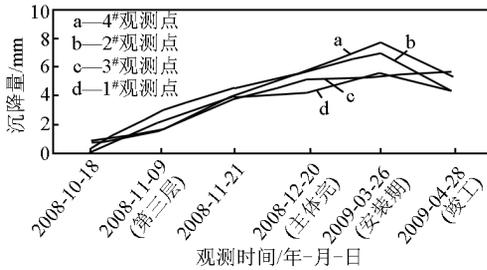


图 8 1<sup>#</sup>~4<sup>#</sup>沉降观测曲线图

Fig. 8 The settlement observation curve of 1<sup>#</sup>~4<sup>#</sup>

通过对人工冻融土的试验、监测和分析研究再次表明,用快速解冻的人工冻融土在地基上建设大型井塔是可行和安全的。

### 6.2 高寒地区钢筋混凝土井塔冬期快速施工成套技术

1) 在施工方面,冬季(2008 年 10—12 月)采用

此成套技术进行钢筋混凝土井塔施工,仅用 66 d 时间完成了副井井塔主体施工并按要求交付安装,创造了全国施工新纪录。

2) 通过对同条件混凝土试块的检测(见图 9),副井井塔的混凝土施工质量在冬期达到了预期目标,工程质量达到了预期要求。

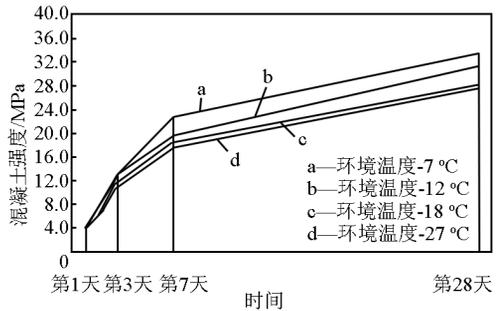


图 9 混凝土强度增长曲线图

Fig. 9 Growth curve of concrete strength

工程竣工后,对井塔结构混凝土的同条件养护试块强度报告和混凝土回弹强度报告进行统计评定,可以判定本施工技术达到了预期目标,混凝土的质量达到了设计要求。

## 7 结语

作为煤矿建设主要时间节点工程的主副井塔工程,在我国西北严寒地区施工,因受气候环境影响,导致项目建设工期延长、投资成本增大,通过研究应用快速解冻技术和高寒地区混凝土井塔冬期施工成套技术,很好地解决了我国西北严寒地区井塔施工周期长的难题,创造了显著效益。

### 参考文献

- [1] 刘 谊,郑高升,闫红新,等.刘庄煤矿特大型主井井塔人工冻融土地基基础综合研究报告[R].合肥,2006.

# Key technology of concrete headframe construction in alpine areas

Wu Chunjie, Cheng Zhengjue, Guo Zhongkuan, Liu Hui

(China Coal No.72 Engineering Division, Suzhou, Anhui 234000, China)

[**Abstract**] During the reinforced concrete headframe construction in alpine areas in Northwest China, by the research and application of rapid thawing technology in pile foundation range and rapid headframe construction technology in winter, the project quality can be ensured; the construction speed of headframe pile foundation and headframe body in winter was accelerated; the time of headframe construction was shortened and the bottleneck problems of coal mine construction in alpine areas were solved.

[**Key words**] alpine areas in Northwest China; reinforced concrete headframe; artificial frost-thawed soil; quick freezing; in winter; tower rapid construction technology in winter

---

(上接 71 页)

## Optimization transformation of complicated ventilation system in integration of mine

Zhang Futao

(China Coal Import and Export Corporation, Beijing 100011, China)

[**Abstract**] As a resource integration mine, there were many problems in Tangshangou Mine such as complex ventilation system and much hidden danger. By determining the ventilation resistance and fan performance test and reasonable evaluation of mine ventilation system, the problems of original mine ventilation system were found out and analyzed, and an optimizing and transforming scheme for ventilation system was proposed. The results showed that the resistance of mine ventilation system was reduced and the stability and ability of fighting against natural calamities of mine ventilation network were improved.

[**Key words**] integration of mine; complicated ventilation system; optimization transformation