

低温冷库超平地坪施工技术

单勤，李建新，王锦华，陈利君
(中交一航局第四工程有限公司，天津 300456)

摘要：大型低温冷库超平地坪一般长期处于低温工作环境，由于高货架的使用，叉车作业处于高重心工况，为保证叉车长期反复的在地面上安全作业，对地坪平整度、水平度有极高要求。通过合理安排施工顺序、调整和完善施工收面工序、使用定型模板、片状传力杆应用、埋入式传力杆应用、高平整度钢钢刮平尺应用和特殊细部处理，并制定一套完善的施工流程和控制方法，很好地解决了施工难点。经过实际项目验证，低温冷库地坪平整度、水平度完全满足设计及使用要求。

关键词：超平地坪；传力片系统；埋入式传力杆；钢钢刮平尺

中图分类号：U655.4 文献标志码：B 文章编号：2095-7874(2017)10-0065-05

doi:10.7640/zggwjs201710014

Construction technique of superflat floor for low temperature refrigerated warehouse

SHAN Qin, LI Jian-xin, WANG Jin-hua, CHEN Li-jun
(No.4 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbour Engineering Co., Ltd., Tianjin 300456, China)

Abstract: The superflat floor of large low temperature warehouses usually works in low temperature environment. The forklift is always in high centre of gravity operating condition because of the use of high shelf. It has to meet the high degree of flatness and levelness tolerances that are necessary for forklift to work long-term safely and repeatedly on the ground. In this paper, to solve the difficulties by arranging reasonable construction sequences, adjustment and improving construction finishing, using the setting model and flaky dowel bar, embedded dowel bar, high flatness indium steel leveling ruler, special detail treatment, making a perfect construction process and controlling method. After verifying the practical project, the degree of flatness and levelness tolerances for the low temperature warehouse floor meets the demands of design and function.

Key words: superflat floor; steel tape system; embedded dowel bar; indium steel leveling ruler

0 引言

大型低温冷库超平地坪对地面平整度和水平度有着苛刻的要求；同时叉车长期在低温工况下运行，复杂应力变化对地面结构的强度、刚度及耐久性有着很高的要求。采用普通的混凝土地面施工工艺根本无法满足上述冷库使用要求，且地坪混凝土在保温板上施工，对侧面模板的固定及平整度控制带来很大的困难。

在充分考虑地面平整度水平度要求、施工条

件、现场特点和目前普通地面施工工艺方法的基础上，进一步优化了施工工艺、创新应用定型模板、传力杆系统、高平整度刮平尺，很好的解决了大型冷库地坪平整度、水平度达不到使用要求的问题。施工完成后，经过独立第三方检测，完全能够满足设计使用要求，为公司在同类型项目施工中积累成熟的施工经验。

1 工程概况

天津港首农食品进出口项目位于天津市滨海新区东疆港保税港区陕西道南侧，澳洲路与非洲路之间，其中冷库建筑面积为 12 617 m²，建筑高度 18.90 m，为单层钢筋混凝土基础、主体结构为

门式钢架，制冷机房附跨部分为二层钢筋混凝土框架结构，库内地面为超平地坪。

2 超平地坪及施工要求

冷库超平地坪一般是按照货架高度来划分地坪类型，共分为特级超平地坪、超平地坪、1类地坪、2类地坪、3类地坪共5个类别，且每个类别都有两项质量控制指标，即平整度值(F_F)和水平度值(F_L)要求^[1]，具体见表1。

表1 冷库地坪标准参考表

Table 1 Standard reference table of refrigerated warehouse superflat floor

| 地坪类别 | 货架高度 H/m | (F-数据) | | 3 m 靠尺 落差/mm |
|--------|------------------|------------|------------|-----------------|
| | | F_F 平整度 | F_L 水平度 | |
| 特级超平地坪 | $H>50$ | ≥ 150 | ≥ 100 | ≤ 1.0 |
| 超平地坪 | $13 < H \leq 50$ | ≥ 100 | ≥ 60 | ≤ 1.6 |
| 1类地坪 | $8 < H \leq 13$ | ≥ 50 | ≥ 35 | ≤ 3.0 |
| 2类地坪 | $6 < H \leq 8$ | ≥ 35 | ≥ 25 | ≤ 5.0 |
| 2类地坪 | $H \leq 6$ | ≥ 25 | ≥ 18 | ≤ 6.0 |

本项目冷库内货架高度在13.5 m以上，地坪施工及质量验收规范要求采用美国混凝土协会(American Concrete Institute 117)，即ACI 117标准控制(详见表1)。本项目冷库室内地坪分为两部分。

1) 冷库内叉车通道区域为超平地坪。主要做法(详见图1)，面层设计为掺加特殊矿物骨料耐磨面层(撒布5 kg/m²石英砂耐磨骨料)，表面涂刷混凝土液态密封固化剂，并抛光处理。

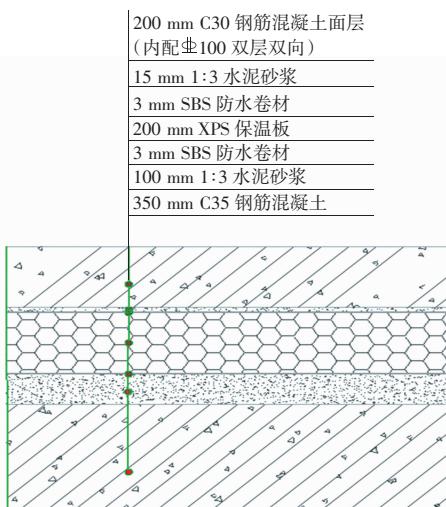


图1 冷库地坪断面

Fig. 1 Refrigerated warehouse superflat floor section

2) 货架区域及穿堂区域为2类地坪标准。主要做法同叉车通道区域。

3 施工整体布置

地坪施工共分4个区，每个区施工布置一样，施工顺序为第①条到第⑨条，采用跳仓浇筑施工设计。施工部署详见图2。

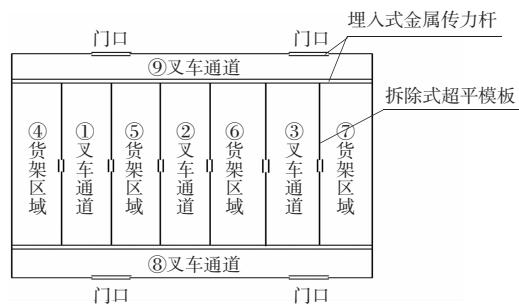


图2 冷库超平地坪一区施工平面布置图

Fig. 2 Construction layout of refrigerated warehouse superflat floor 1 area

4 超平地坪施工难点

1) 冷库内货架高度在13.5 m以上，属于高位货架，运营后需采用高位叉车进行货物存放取卸作业，由于高位叉车作业时重心高且属于动态作业，存在较高的倾覆风险，因此对叉车通道区域地坪的平整度、水平度有非常高的要求，是工程施工中的最大难点。

2) 采用国家标准和普通的混凝土地面施工工艺根本无法满足上述冷库使用要求。而且地面混凝土侧面模板放置在200 mm XPS保温板上，对模板的固定及平整度控制带来很大的困难。

3) 高位叉车通道区域超平地坪施工缝处理及后期填缝施工的质量好坏也是超平地坪施工的一大难点。

4) 在200 mm厚XPS保温板上施工超平地坪，在保证平整度、水平度前提下，不出现结构裂缝同样是一个难点。

5 工艺改进

5.1 模板及固定

货架下地坪施工缝模板采用普通型钢和角钢制作(详见图3)，模板下部为10号槽钢，上部采用∠50 mm × 50 mm × 6 mm角钢，槽钢和角钢中间用螺栓连接，方便调节标高，在角钢外侧焊接薄钢板，用于封堵槽钢和角钢之间的空隙，防止漏浆。

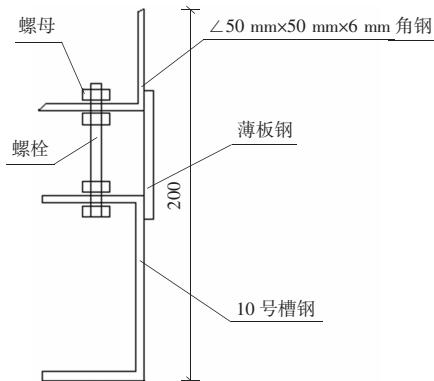


图3 货架下施工缝模板

Fig. 3 Construction joint formwork under shelf

粗平后将两侧模板用螺栓对拉固定(详见图4), 然后用水准仪、水平尺进行模板上表面标高和水平度测量, 通过微调上下两部分模板连接螺栓来保证模板上表面平整, 使其与地坪标高一致^[2]。

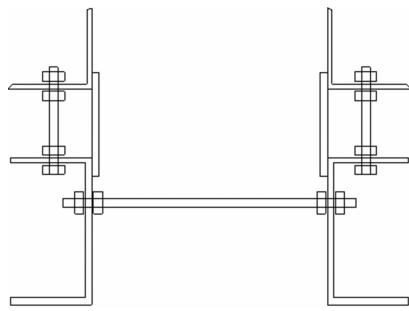


图4 模板组装与固定

Fig. 4 Formwork assembly and fixing

通过优化模板设计, 采用分节拼装组合可微调模板, 两侧模板通长对拉固定, 解决了普通钢模、木模板上表面平整度无法满足要求的问题。

5.2 片状传力杆(传力片)系统

由于叉车通道区域动荷载产生的应力应变与货架区所受静荷载差异较大, 参考以往冷库项目, 采用片状传力杆能更好保证本工程中施工缝两侧区域应力的良好传递, 防止板块间沉降, 采用塑料套壳内插钢板组合传力片, 在槽钢模板上间距30~50 cm 安装塑料套壳和传力片, 并用自攻螺丝紧固, 塑料套壳在浇筑时预埋入混凝土中, 模板拆除后, 塑料套壳预留的洞口, 插入传力片。

采用传力片代替普通传力杆施工, 解决了由于在200 mm厚XPS保温板上超平地坪施工缝两侧沉降错台及边角裂缝出现问题。

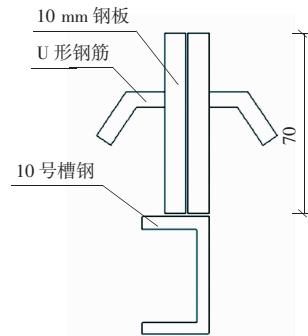
5.3 埋入式金属传力杆

过道与通道连接处, 由于使用频率较高, 所以此处安装埋入式金属传力杆与传力片系统(详见

图5), 埋入式金属传力杆规格: 高度70 mm, 宽度单边为10 mm, 由2片钢板用铆钉锚固而成(在冷库投入使用进入负温环境后由于两侧混凝土收缩将2片钢板拉开, 形成规则缝隙), 施工时将埋入式传力杆焊接固定在10号槽钢上面, 同时用水准仪调整传力杆上表面标高, 使其与地坪标高一致, 槽钢上安装传力片系统^[3]。其作用是防止叉车通道区域施工缝部位由于厂房内叉车等机械行走引起的混凝土棱角处碎裂、混凝土收缩而缝隙不规则、两侧错台等问题。



(a) 实物图



(b) 结构示意图

图5 埋入式金属传力杆系统示意图

Fig. 5 Embedded metal dowel bar system

5.4 高平整度钢钢刮平尺

要保证地坪质量符合超平地坪要求, 普通混凝土地面施工所采用的刮平尺平整度根本无法满足使用要求。为此, 本项目共采用了3种高平整度的刮平尺, 初平阶段采用双人手持式刮平尺; 收面阶段采用带长把单人操作的弧面钢钢刮平尺, 收面精平阶段采用单人操作方形钢钢刮平尺。

5.5 施工过程中的平整度控制

在施工过程中需要经过4次标高复核来保证超平地坪的平整度和水平度^[4-5]。

- 1) 超平模板安装完成后, 浇筑施工之前, 第

1次对超平模板进行标高的复核，以确保浇筑前的模板平整度无问题；

2) 地坪混凝土浇筑完成、振动梁整平完成后，第2次对超平模板的标高进行复核，以调整振动梁施工对模板造成的振动误差（利用模板上的微调螺栓调整），为双人操作刮平尺的刮平做好准备；

3) 在双人刮平尺刮平以后，第3次对模板标高进行复核，以确保完成的面层平整度，如果测量有误差，马上进行调整；

4) 混凝土面抹光过程中，第4次对模板标高进行复核，最终确定超平地坪的平整度。

6 施工工艺流程

施工工艺流程为：现场勘踏→标高校对→安装超平模板→振动梁及整平尺整平→检查调整模板标高→整平尺整平→抹光→干撒耐磨骨料→整平直至抛光→液态硬化剂施工→灌胶。

7 施工过程控制

7.1 撒播耐磨骨料、收面刮平、抹光

混凝土浇筑完成后6~8 h（视混凝土凝结情况确定），混凝土初凝后终凝前，表面初平后人工撒播耐磨材料（保持均匀撒播），本工程耐磨材料选用BASF的Master100石英砂矿物骨料，掺入量为5 kg/m²。

耐磨材料撒播完成后用圆盘进行抹光压实一遍，使其充分渗透后进入收面阶段，先用单人手持式钢钢尺进行三次刮平施工，然后用带有超平专用圆盘的单盘抹光机抹面，再用带有超平专用圆盘的双盘抹光机抹面，最后再用单人手持式钢钢尺进行纵、横向两次刮平施工。

刮平施工完成后约1~2 h，用带有钢刀片的单、双盘打磨机抹光各一遍，最后再用带塑料刀片的双盘抹光机终抹完成。

7.2 液态固化剂施工

地坪最终抹光完成后养护14 d以后，可进行液态固化剂施工，同时也可起到后期密封保养混凝土的作用^[6]。液态混凝土固化剂使用量为0.15~0.2 L/m²，用喷雾器均匀喷洒在做好的地面上（一般在收面施工完成14~21 d进行），用拖布等工具将固化剂推匀，然后让其自然渗透，4~5 h后开始用带织物软垫的磨光机进行抛光处理，起到密封固化地坪混凝土耐磨面层的作用（耐磨面层不可避免的会出现表面龟裂缝），同时使得地坪看上去

更加平整光亮。

7.3 金属施工缝处理

冷库内超平叉车通道内的埋入式传力杆施工缝在冷库打冷后温度骤降到-25°（冷库设计温度），混凝土本身会慢慢收缩，导致埋入式金属（带组合传力片系统）施工缝两片钢板被拉开，缝隙变宽。而高位叉车行走过程中，施工缝太宽会对叉车行走造成较大的影响，存在安全隐患，在长期运营过程中施工缝内会积累一些灰尘、杂物颗粒等难以清理，对冷库的清洁产生不利影响，所以必须进行填缝处理。

考虑到冷库环境下，使用耐久性等影响，综合比选，采用高分子聚脲材料进行填缝，一般在冷库使用后1个月左右进行填缝。聚脲材料具有耐候性好，优异的防水、耐磨性能，凝胶时间和颜色可调，无污染，绿色环保，非常适合冷库地坪填缝。

8 超平地坪检测

超平地坪施工完成，平整度、水平度检测由独立的第三方国际认证专业机构检测，并提供检测报告。

平整度、水平度检测共分2次进行，第1次检测是在典型施工阶段，即按照施工工艺流程及各项保证措施先做典型施工（本项目选取2条分仓超平通道作为典型段）。典型段超平地坪施工完成养护14 d后联系第三方专业检测机构进行平整度测试，以确保施工方法及施工条件能够满足超平地坪施工的要求。检测合格后继续施工；如检测不合格，查找原因，调整施工方法和工艺，问题解决后，方可继续进行施工。

第2次检测是在26条超平叉车通道全部施工完成，满足养护期后进行最终的平整度、水平度检测。检测时将混凝土表面覆盖层、灰尘颗粒全部清理干净后，方可进行检测。

本项目经检测，26条超平地坪平整度、水平度全部满足设计 $F_F \geq 100$, $F_L \geq 60$ 的要求，见表2。

表2 检测结果值

Table 2 Test results

| 部位 | 检测结果 | | 设计要求 |
|----|-----------|-----------|---------------------------------|
| | 平整度 F_F | 水平度 F_L | |
| 一区 | 139.97 | 130.71 | $F_F \geq 100$ $F_L \geq 60$ |
| 二区 | 139.38 | 157.30 | |
| 三区 | 123.29 | 122.62 | |
| 四区 | 175.44 | 151.40 | |

9 结语

冷库超平地坪是为装卸货物的高位叉车提供通道而设计, 以“高平整度、水平度要求及追求精细”著称, 同时地坪还要具备低温耐久性、叉车运输效率等功能, 对施工工艺及各项措施的保证提出很高的要求, 通过本项目的实施总结如下:

1) 组合式模板的应用, 组合式模板通过微调上下两部分模板连接螺栓来保证模板上表面平整, 最终达到超平地坪要求。

2) 片状传力杆(传力片)系统的应用, 使相邻两块混凝土板块共同均匀的受力, 减少了超平地坪施工缝两侧沉降错台等问题的出现。

3) 埋入式金属传力杆应用, 解决了厂房内叉车等机械行走引起的混凝土棱角处碎裂、混凝土收缩而缝隙不规则、两侧错台等问题。

4) 高平整度钢钢刮平尺应用, 确保了冷库地坪达到超平质量要求。

参考文献:

- [1] ACI 117-10, 混凝土建筑和材料公差规范[S].
ACI 117-10, Specification for tolerances for concrete construction

(上接第 59 页)

精密星历满足短临时 ZTD 计算, 可为 GNSS 服务短临时降水预报提供实时监测。

2) 台风强度的不同, 其影响距离及程度存在差异; 台风强度较大, 远距离 ZTD 影响显著, 充沛的外围水汽保证了 ZTD 保持在高值区时间较长, 升降幅度大; 台风强度较小时, 影响距离较短, ZTD 变化幅度也较小, 维持在高值区时间短。

3) 实际台风抗防中, 特别是双台风影响期间应该综合考虑各台风强度和移动距离变化, 利用项目区 GNSS 基准站实时监测数据计算短临时 ZTD 估值, 根据其演化特征判断天气变化, 直接为合理安排施工提供数据支撑。本文由于缺少双台风影响期间横沙地区的卫星云图及实时降水数据, 未能精确分析双台风影响半径等内容, 后续将继续探索。

参考文献:

- [1] BEVIS M, BUSINGER S, CHISWELL S, et al. GPS meteorology: mapping zenith wet delays onto precipitable water[J]. Journal of Applied Meteorology, 1994, 33(3): 379–386.
[2] 王勇, 闻德保, 刘严萍, 等. 雾霾天气对 GPS 天顶对流层延迟与可降水量影响研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2014(2):

and materials [S].

- [2] 费斯工业地坪技术咨询(上海)有限公司. 仓库地坪平整度规范[J]. 物流技术与应用, 2012, 17: 112–113.
Face Floor Consultants (Shanghai) Co., Ltd. Warehouse floor flatness code[J]. Logistics & Material Handling, 2012, 17: 112–113.
[3] 陈新喜, 史朋, 陈华, 等. 中国博览会会展综合体项目超大面积展厅地坪施工技术[J]. 施工技术, 2014(S2): 367–369.
CHEN Xin-xi, SHI Peng, CHEN Hua, et al. Construction technology for large area of the exhibition hall floor of China expo complex project[J]. Construction Technology, 2014(S2): 367–369.
[4] 栗学杰. 大面积超平地坪施工要点难点及控制方法[J]. 工程技术: 文摘版, 2016(7): 63.
LI Xue-jie. The key points, difficulties and controlling method of large area super-flat floor construction[J]. Engineering Technology: Abstracts, 2016(7): 63.
[5] 姜博昱, 姜雪岐, 曹阳, 等. 超平地坪施工技术[J]. 建筑技术, 2014, 45(7): 654–656.
JIANG Bo-yu, JIANG Xue-qi, CAO Yang, et al. Super-flat floor construction technique[J]. Architecture Technology, 2014, 45(7): 654–656.
[6] 陈洪毅, 侯志远, 彭瑞鸿, 等. 超薄耐磨地坪混凝土配合比的研究[J]. 混凝土, 2013(11): 150–151, 155.
CHEN Hong-yi, HOU Zhi-yuan, PENG Rui-hong, et al. Research on the proportion of ultra-thin and high wear-resistant concrete[J]. Concrete, 2013(11): 150–151, 155.

120–123, 127.

WANG Yong, WEN De-bao, LIU Yan-ping, et al. Effects of fog and haze weather on GPS zenith tropospheric delay and precipitable water vapor[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2014(2): 120–123, 127.

- [3] 陈于, 陈刚, 赵遐龄, 等. IGS 精密星历和钟差对天顶对流层延迟精度的影响[J]. 测绘科学, 2014(10): 13–16.
CHEN Yu, CHEN Gang, ZHAO Xia-ling, et al. Influence of IGS precise ephemeris and clock error on zenith tropospheric delay precision[J]. Science of Surveying and Mapping, 2014(10): 13–16.
[4] 叶其欣, 杨露华, 丁金才, 等. GPS/Pwv 资料在强对流天气系统中的特征分析[J]. 暴雨灾害, 2008(2): 141–148.
YE Qi-xin, YANG Lu-hua, DING Jin-cai, et al. Application of GPS/PWV data to forecast strong convection weather in Shanghai [J]. Torrential Rain and Disasters, 2008(2): 141–148.
[5] Department of Earth, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of technology. Document of Gamit GPS analysis software[R]. Release 10. 3. USA: MIT, 2002.
[6] 李征航, 张小红. 卫星导航定位新技术及高精度数据处理方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.
LI Zheng-hang, ZHANG Xiao-hong. New techniques and precise data processing methods of satellite navigation and positioning[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2009.