

浅圆仓施工综合技术改进的研究与设计*

娄晓斌,张亦江,陈申钢,王逸飞

(浙江省三建建设集团有限公司,浙江 杭州 310016)

[摘要] 传统浅圆仓施工中,仓壁、仓顶等的施工方式已固化,虽然工艺较为成熟、高效便捷、安全可靠,但存在一些不足。随着近年来我国粮库建设项目进程不断加快,对于这类保障性建筑施工质量要求越来越高,监管部门也提出了更加严格要求。以杭州市仁和粮食储备库建设工程浅圆仓结构施工为例,对传统施工方式薄弱点进行分析。通过不断计算、试验和实践,对仓壁滑模施工增加了钢筋保护层控制装置,改进创新了仓顶结构施工贝雷钢桁架支撑体系,研究一种仓顶外挂架基座装置,使粮库浅圆仓施工工艺得到了改进提升,既确保了施工质量、安全,又大大减少了施工成本,整体应用效果良好。

[关键词] 粮库;浅圆仓;钢桁架;支撑体系;外挂架;施工技术

[中图分类号] TU755

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2023)08-0108-05

Research and Design on Comprehensive Technical Improvement of Shallow Silo Construction

LOU Xiaobin, ZHANG Yijiang, CHEN Shengang, WANG Yifei

(Zhejiang Province Sanjian Construction Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310016, China)

Abstract: In the traditional construction of shallow silos, the construction methods of silo walls and roofs have been fixed. Although the technology is relatively mature, efficient, convenient, safe and reliable, there are still some shortcomings. With the continuous acceleration of the construction of grain depots in China in recent years, the construction quality requirements for this kind of indemnificatory buildings are becoming higher and higher, the regulatory authorities have also put forward stricter requirements. Taking the construction of shallow silos in the construction project of Renhe Grain Reserve in Hangzhou as an example, the weak points of the traditional construction method are analyzed. Through continuous calculation, test and practice, the control device of the reinforcement protection layer is added to the sliding form construction of the silo wall, the Bailey steel truss support system for the construction of the silo top structure is improved and innovated, and a kind of external hanging frame base device for the silo top is researched, which improves the construction technology of the shallow silo of the grain depot, not only ensures the construction quality and safety, but also greatly reduces the construction cost, the overall application effect is good.

Keywords: grain depot; shallow silo; steel trusses; support system; external hanger; construction

0 引言

随着现阶段我国粮食储备库工程的不断开展,对于粮库浅圆仓施工综合技术应用越来越多,而此类施工具有结构施工质量要求高、安全管控难、穿插作业复杂等问题,目前浅圆仓最主要工序为:仓壁滑模清水混凝土结构施工、仓顶结构支撑体系施

工、仓顶装饰装修施工、脚手架施工、吊篮施工作业等。针对目前传统浅圆仓结构施工工艺总结及走访调查,发现目前在各道工序上存在一定不足,如滑模施工清水混凝土钢筋保护层厚度偏差造成结构耐久性不足等的影响,采用传统仓顶整体支撑体系进度受搭设高度过大或受设备数量限制较大,仓顶结构等施工采用传统落地脚手架经济性差、危险性高等问题,不仅会对后续结构质量造成不同程度影响,同时也会存在系列安全隐患。

* 浙江省建设科研和推广项目(2020K195)

[作者简介] 娄晓斌,工程师,E-mail: louxiaobin@vip.qq.com

[收稿日期] 2022-12-10

本文对粮库浅圆仓施工全过程技术改进做相关阐述和分析,然后详细探究改进技术措施的研究与设计,形成对应技术成果。

1 工程概况

杭州市仁和粮食储备库建设工程总建筑面积为 23 561m²,主要建设内容为 20 个浅圆仓、4 座提升塔、提升塔架空连廊等(见图 1),其中浅圆仓混凝土仓壁内径约为 26m,装量高度 25.7m,建筑总高度 41.5m,结构设计使用年限为 50 年,抗震设防烈度为 6 度。浅圆仓仓壁采用滑模施工,滑模施工从 4.100m 标高开始,滑升至 31.500m 结束,仓顶为锥形结构,仓锥板厚 150~200mm,直径 26m 锥板标高为 31.500~36.500m,最大高差为 5m。

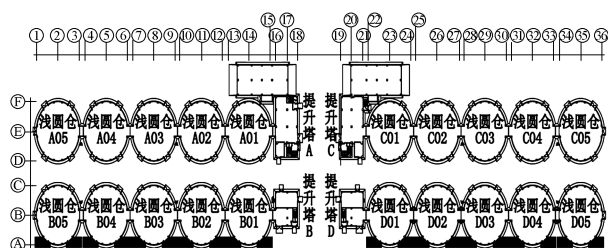


图 1 浅圆仓平面布置

Fig.1 Plan layout of shallow silo

2 传统浅圆仓施工工艺难点

1) 仓壁钢筋保护层控制不足 通过对浅圆仓仓壁滑模施工过程调查分析,发现绝大部分浅圆仓仓壁混凝土均要求为清水混凝土,施工过程对滑模施工结构一次成型质量要求极高,但在实际施工中,由于无法在滑模和钢筋间有效设置保护垫块,往往存在钢筋偏位引起的混凝土保护层厚度不足或过厚,保护层达不到要求,易引起仓壁结构表面裂缝、钢筋过早锈蚀等缺陷,会降低结构强度、耐久性引起不可估量损失,故本工程在应用传统滑模施工中如何做好滑模提升过程钢筋保护层厚度控制尤为关键。

2) 仓锥顶板结构施工高度大、难度大 目前仓锥结构板施工多采用搭设满堂支撑架、地面组装钢桁架后随滑模整体提升工艺两种,均存在不足之处。满堂支撑架搭设高度大、成本高且安全风险大,局部省市更要求采用工具式架体,筒仓圆形平面严重制约架体搭设;地面组装钢桁架后随滑模整体提升工艺中,钢桁架支撑体系须由滑模设备整体拖带提升至预定高度并固定在结构壁上(见图 2),且仓顶结构施工周期较长,在筒仓数量多、进度紧情况下,每组滑模设备必须配备多组钢桁架方可满足施工进度要求,大大增加了成本,经济效益差,故

创新一种安拆便捷的新型仓锥结构板支撑体系对项目开展显得尤为迫切。

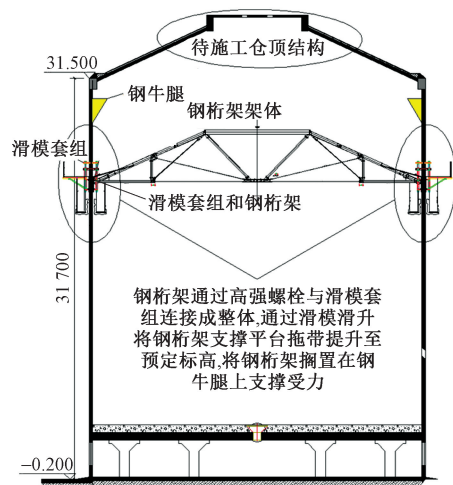


图 2 传统滑模整体拖带提升钢桁架示意

Fig.2 Traditional sliding mode integral towing lifting steel truss

3) 仓顶施工作业高度大、结构特殊、传统脚手架效率低 通过对类似浅圆仓顶部区域施工作业外脚手架调查研究发现,常规做法为搭设落地脚手架,此方法中下部立杆受力大,为薄弱区域,易引起变形失稳风险,同时下部架体在施工过程中均为无施工用途区域,大大增加了材料及人工成本,增加施工周期,架体拉结点对仓壁清水混凝土强度等方面造成破坏。同时由于筒仓结构特殊性,无法采用搁置式悬挑架(内侧为 65°斜板)、钢拉杆式悬挑架(受力拉杆在结构上部无有效拉结点且首步架体无钢拉杆拉结时底部无回顶措施)。若无法改变这一问题,会严重制约现场实际施工管控,影响整体施工进度,安全风险大,总体成本投入大。

3 滑模施工钢筋保护层控制技术研究与设计

滑模施工钢筋保护层控制技术创新是在现有滑模体系仓壁两侧钢模板内侧上部,等间距对应布置 7 字形圆钢保护杆,保护杆呈 90°弯折,弯折水平部分焊接固定在滑模支架上,竖直部分沿钢模板壁向下设置长度为 28cm,保护杆直径根据不同施工对钢筋保护层厚度要求可进行动态调整,保护层控制装置设置如图 3,4 所示。

滑模施工套组由主支架、液压系统、钢模板等组成,主支架呈开字形结构,在主支架两边按仓壁结构尺寸固定钢模板,千斤顶加设在主支架上并进行有效固定,爬升过程由千斤顶组带动升降,由于滑模滑升过程无法在仓壁钢筋与钢模板间设置保护垫块,易造成仓壁钢筋保护层厚度不均匀(一侧

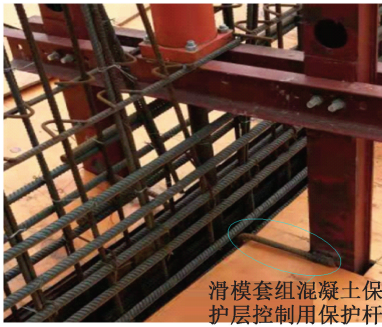


图 3 钢筋保护层控制装置实景

Fig.3 Real scene of control device of reinforcement protective layer

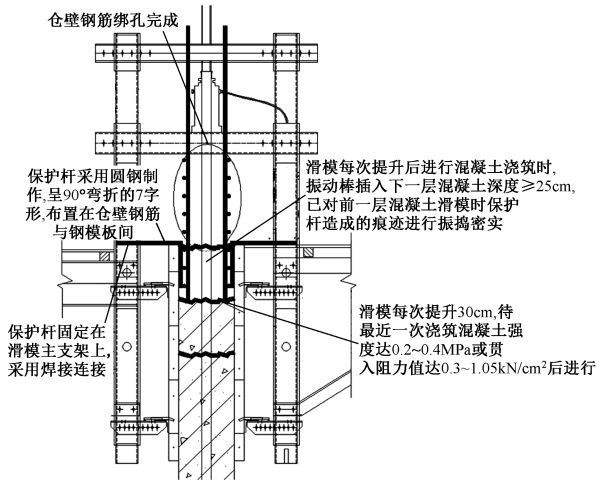


图 4 钢筋保护层控制装置

Fig.4 Control device of reinforcement protective layer

过大、一侧过小)引起质量隐患,项目在滑模套组钢模板内侧与钢筋间加设 1 根保护杆(保护杆根据保护层厚度选择对应直径圆钢),保护杆呈 90°弯折的 7 字形,上部水平部分焊接连接在主支架上,竖直部分沿钢模板内壁竖直向下布置在墙板最外侧水平分布筋与钢模板间形成固定保护层,现场滑模施工在前一层混凝土浇筑完成后随即施工下一施工段钢筋绑扎,仓壁钢筋绑扎完成后尺寸固定,在施工过程中随着滑模提升带动保护杆向上滑动,能在全过程有效起到隔离钢筋与钢模板作用,以确保图纸及规范要求的钢筋保护层且厚度均匀一致。

滑模施工为 24h 不间断施工,滑模每次提升高度为 30cm,在前一层混凝土强度达到 0.2~0.4MPa 或混凝土贯入阻力值在 0.3~1.05kN/cm² 后方可进行滑升,且每次在进行后一施工段混凝土浇筑时,振动棒必须插入前一道混凝土≥20cm,故滑升过程对未达到初凝的混凝土产生的痕迹在下一层混凝土施工振捣时能得到很好解决。

4 贝雷梁钢平台支撑体系技术与设计

4.1 方案设计及荷载计算

浅圆仓仓顶施工贝雷梁钢平台支撑体系主要由中心立柱结构、水平贝雷梁钢桁架结构、上下环梁等构件组成稳定的空间结构(见图 5),通过机械连接形成可靠牢固的支撑体系,通过在空中搭设钢结构支撑平台,解决了仓顶结构支撑架体搭设高度大及现场整体拖带提升支撑架套组数量受限的缺点,同时利用组合贝雷梁将上部荷载传递至中心立柱和仓壁结构,合理利用了浅圆仓结构自身承载力,节约资源,确保安全性。

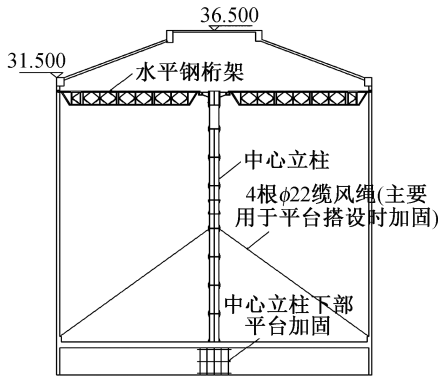


图 5 贝雷梁钢平台支撑体系设计

Fig.5 Design of support system for Bailey beam steel platform

采用有限元软件进行贝雷梁钢平台支撑体系在施工工况下的受力计算分析,主要对塔架底部与基础、塔架与环梁连接点、环梁分段连接点、钢桁架与环梁连接点、钢桁架与仓壁支座连接点进行验算,如图 6 所示(圆圈表示支座,数字为节点号),最终确认方案各项计算满足要求。

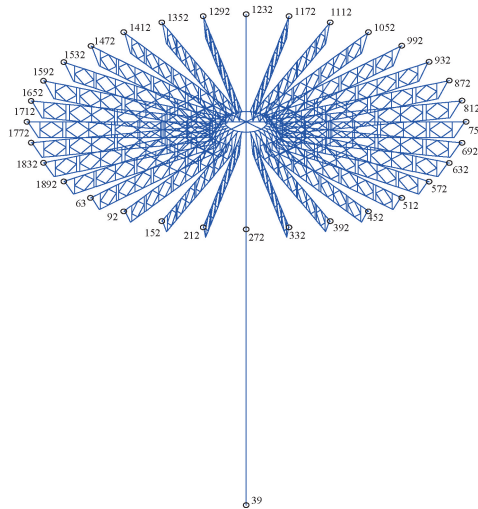


图 6 计算简图

Fig.6 Calculation diagram

4.2 贝雷梁钢平台支撑体系施工工艺

4.2.1 施工工艺流程

贝雷梁钢平台施工工艺流程为:中心立柱组对安装→安装顶部中心筒→组合贝雷梁组对、安装→利用支撑平台搭设支模架及仓顶结构施工→支撑体系拆除。

4.2.2 操作要点

1)中心立柱组对 根据贝雷梁支撑平台设计要求,现场将每段高3m、直径800mm、壁厚16mm钢筒端部的法兰盘对接,采用16个高强螺栓连接,紧固力矩 $\geq 360\text{N}\cdot\text{m}$,在浅圆仓结构面层中心位置组装至预定高度。现场安装采用塔式起重机吊装,安装过程中监测垂直度要控制在2mm以内,最终安装完成后,整体垂直度偏差应控制在40mm以内。

2)安装顶部中心筒 顶部中心筒托盘分为4段,在地面采用M20×60高强螺栓组装连接,紧固力矩不得小于 $720\text{N}\cdot\text{m}$ 。采用塔式起重机吊装至指定高度位置进行托盘就位,现场采用M20×65高强螺栓与中心立柱连接,紧固力矩 $\geq 720\text{N}\cdot\text{m}$ 。

3)组合钢桁架组对、安装(见图7) 组合钢桁架共32榀,每榀组合钢桁架两端为三角架,中间由3m长钢桁架标准节通过插销在地面连接拼装。通过塔式起重机将组队完成的每榀钢桁架吊运至指定位置,一端与顶部中心筒托盘进行插销连接,另一端锚入仓壁施工预留洞口内,锚入深度应 $\geq 100\text{mm}$,每榀钢桁架对称安装,安装完成后平整度 $\leq 5\text{mm}$,相邻高差 $\leq 5\text{mm}$ 。

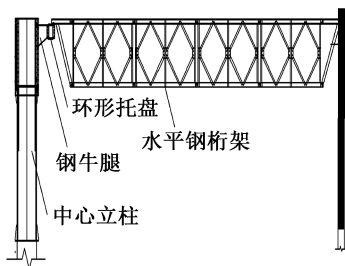


图7 每榀钢桁架组队、安装立面

Fig.7 Team formation and installation elevation of each steel truss

4)利用支撑平台搭设支模架 支模架按品茗安全计算软件计算参数要求进行搭设(立杆支撑点根据立杆布置参数在支撑平台上对应铺设工字钢或平台板),然后进行模板、钢筋、混凝土工程施工,严格按国家、地方法律法规规范标准要求实施。

5)拆除重复利用 首先进行支模体系拆除,然后进行贝雷梁钢桁架支撑体系拆除,借用仓顶预留洞布设卷扬机进行操作,卷扬机预留洞对应每榀钢

桁架位置在仓壁、中心位置设置。

拆除过程中要注意高空防护,在地面设置警戒线严禁人员出入,对称拆除组合钢桁架、顶部中心筒托盘和中心立柱(见图8)。

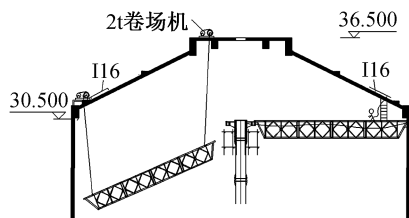


图8 拆除示意

Fig.8 The demolition

5 仓顶施工外挂架基座装置研究与设计

5.1 方案设计及相关要点介绍

仓顶施工外挂架施工技术主要创新设计为三角挂架基座装置,此装置由多段槽钢、工字钢组合焊接而成,上部结构呈挂钩状设计,挂在施工完成的仓壁,下部为三角形设计结构,架体通过高强螺栓与仓壁上预埋螺栓套筒连接,同时在水平支撑工字钢上按上部架体立杆间距设置可调节安装柱作为定位措施,三角挂架基座按浅圆仓外架计算立杆横距,上部搭设外脚手架。

本装置在仓壁混凝土施工完成后随着滑模套组设施的拆除同步进行安装,每拆除1块滑模装置随即进行对应部位挂架基座安装工作,提高了现场施工效率,随着滑模套组拆除完毕,挂架在仓壁已完成整体安装工作,现场可达到流水作业,基本不占用工期。同时本技术创新整体稳固可靠、可重复利用、安全性高、经济适用。

5.2 三角挂架基座装置制作工艺

三角挂架基座装置主要由上部挂耳、竖向挂杆、水平支承杆、可调节定位桩($\phi 20$ 圆钢)、斜向支撑杆、带螺栓孔安装板组成,除水平支撑杆为I16外,其余均由[12制作,整体加工连接采用焊接连接。上部挂耳部位宽度与仓壁同厚,使挂耳两侧竖向杆紧贴仓壁,能有效保证其稳定性;水平支承杆(I16)长度为1.3m,与较长竖向挂杆呈 90° 焊接连接,并在其悬挑端下部设置斜向支撑杆,以 45° 分别与较长竖向挂杆和水平支承杆焊接连接,同时在挂耳顶部向下50cm处设置12mm厚带螺栓孔安装板与挂架焊接连接,用于与仓壁进行螺栓连接,增加其安装后的整体稳定性。

三角挂架在厂家按图纸制作,制作完成后必须对所有焊缝进行检验验收,并经现场各方验收合格后方可进场。现场挂架施工在仓壁滑模施工完成

后进行,在滑模套组拆除时同步进行安装挂架。三角挂架基座设计与结构关系如图 9 所示。

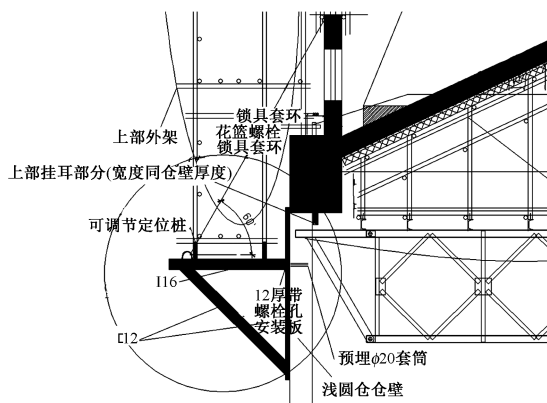


图 9 三角挂架基座设计与结构关系

Fig.9 Design and structural relationship of triangle hanger base

5.3 仓顶外挂架施工工艺

5.3.1 施工工艺流程

施工工艺流程为:仓壁结构滑模施工预埋连接套筒→三角挂架基座装置安装固定→搭设上部脚手架→拆除重复利用。

5.3.2 操作要点

1) 仓壁结构滑模施工预埋连接套筒 在浅圆仓仓壁滑模施工至顶部既定标高时,在仓壁外侧按仓顶外架计算设计的立杆横向间距设置预埋件,预埋件与结构钢筋焊接连接,有效固定位置,防止仓壁滑模结构施工时产生偏位,为防止套筒浇筑时被混凝土污染,预埋套筒前将螺栓拧紧于预埋套筒内,同时在螺栓表面用油布或塑料布包裹,防止施工过程中被破坏。

2) 三角挂架基座装置安装固定 浅圆仓仓壁滑模清水混凝土结构施工完成且结构强度达 80% 以上后,现场进行三角挂架基座装置安装作业,首先在仓壁外侧确定并清理仓壁结构施工时预埋螺栓位置套筒,然后采用塔式起重机将三角挂架基座装置吊装至指定高度及位置(预埋螺栓处),将挂架挂耳钩挂在顶部仓壁,挂架基座装置的安装板与仓壁预埋螺栓套筒采用高强螺栓连接固定,同时调整挂耳下部空间的封堵,采用木楔塞紧的措施并同步调整挂架垂直度,最后再次紧固螺栓,依次安装所有仓壁三角挂架基座装置。

3) 搭设上部脚手架 搭设上部架体前,根据浅圆仓仓壁弧度调整大横杆弧度,其余搭设按规范、方案要求进行常规施工作业。

4) 拆除重复利用 架体拆除按普通外架拆除工序等要求进行,三角挂架基座装置拆除与仓壁螺

栓连接后采用塔式起重机整体吊运,用以后续仓体重复利用。

为保持挂架面外稳定性,外架搭设及拆除工作必须逐层进行,相邻挂架基座间外架步距 ≤ 1 步,确保整体连接稳定性,同时加强对基座与仓壁螺栓连接部位的日常检查工作,确保螺栓紧固有效。

6 结语

1) 通过对滑模套组装置增加钢筋保护层控制装置,很好地解决了滑模施工过程钢筋保护层的有效控制,确保了清水混凝土更好的施工质量,为粮仓结构施工密闭性及耐久性要求增加了保障。

2) 通过仓顶结构贝雷梁钢平台支撑体系的设计,很好地解决了仓顶锥板结构施工中传统支模架搭设高度大、危险性大、经济效益差的问题,大大提升了浅圆仓仓顶支撑体系施工难、危险大、成本高的问题,为浅圆仓建设过程提供新技术保障。

3) 利用新型三角挂架基座装置,解决了浅圆仓仓顶施工传统落地脚手架成本高、安全性差、普通悬挑架受浅圆仓结构特殊影响而不适用情况下的难题,很好地保证仓顶幕墙等施工作业,确保安全。

参考文献:

- [1] 王元成,蒋雪全.高墩滑模的施工质量控制[J].企业技术开发,2015,34(18):144-145.
WANG Y C, JIANG X L. Construction quality control of high pier slipform [J]. Enterprise technology development, 2015, 34 (18): 144-145.
- [2] 徐全德.浅谈钢筋混凝土筒仓滑模施工质量控制要点[J].西部探矿工程,2007(12):228-229.
XU Q D. Talking about the key points of quality control for the slipform construction of reinforced concrete silo [J]. Western exploration engineering, 2007(12): 228-229.
- [3] 彭辉,王昊.超高长悬挑桁架支撑系统设计及结构影响性分析[J].施工技术,2021,50(8):124-127.
PENG H, WANG H. Design and structural impact analysis of super-high long cantilever steel truss support system [J]. Construction technology, 2021, 50(8): 124-127.
- [4] 金泽,许峰,吴应强.浅圆仓仓顶钢桁架支撑体系的设计与施工[J].建筑施工,2020,42(7):1200-1203.
JIN Z, XU F, WU Y Q. Design and construction of steel truss support system on the top of shallow round warehouse [J]. Building construction, 2020, 42(7): 1200-1203.
- [5] 蒋卫,张位清,戴超虎,等.贝雷方柱支撑体系在大跨度钢结构中的应用[J].建筑施工,2021,43(9):1819-1821.
JIANG W, ZHANG W Q, DAI C H, et al. Application of Bailey square column support system in large-span steel structures [J]. Building construction, 2021, 43(9): 1819-1821.
- [6] 何建升.高耸筒体整体液压提升翻模施工技术[J].施工技术(中英文),2021,50(16):18-21.
HE J S. Construction technology of integral hydraulic lifting and turnover formwork of towering cylinder [J]. Construction technology, 2021, 50(16): 18-21.