

# 铝电解系列两种临时短路母线方案的对比分析

李广彬

(沈阳铝镁设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110001)

**[摘要]** 本文对通廊内临时短路母线和工区间临时短路母线进行了综合对比分析。通廊内临时短路母线适用于新建项目,可实现系列分区启动及分区停槽;工区间临时短路母线可应用于在产项目,尤其针对停槽位置位于工区中间的情况,具有良好的适应性;两种方案可单独配置,也可同时配置。两种临时短路母线都具有很好的经济性,投资回收期短,尤其通廊内临时短路母线经济效益非常可观。两种临时短路母线都具有很好的安全性及可操作性,技术可靠。工区间临时短路母线除了具备良好的经济效益,还可降低电能消耗,缓解企业的用电压力,对现有生产系统的影响小。

**[关键词]** 铝电解;通廊内临时短路母线;工区间临时短路母线;分区启动;节能降耗

**[中图分类号]** TF821 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)04-0037-04

**DOI:**10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.04.008

## 0 前言

铝电解系列通常由几百台预焙阳极电解槽串联组成<sup>[1]</sup>,这些电解槽分别布置在两个相互平行的电解车间,电解车间通常由中间通廊分为多个工作区,正常生产时整个系列所有电解槽基本处于生产状态,或有少数电解槽处于大修状态。

随着国家碳达峰、碳中和“3060”战略目标<sup>[2]</sup>的提出和逐步实施,电解铝行业所面临的“能耗双控”<sup>[3]</sup>压力愈发加大,各地相继出台限电或产能限制等政策,部分企业不得不将部分电解槽停槽短路,减少电解系列的运行槽数。当系列停槽位置位于工区末端时,可应用设置在中间通廊下的临时短路母线实现系列的分区投产或退出生产;当停槽位置位于工区中间时,该工区开始停用的电解槽至工区末端之间的全部电解槽将长期处于停槽短路状态,此时立柱母线短路口长期处于连通工作状态,存在一定的安全隐患。

在停槽短路情况下,根据不同的电解槽母线设计停槽与实际生产的短路口的压接状态,通常短路停槽电压降为230~310 mV,部分电解槽甚至高达

300~400 mV<sup>[4-5]</sup>,这部分电压产生的电耗属于空耗,尤其在传统的母线布置情况下,系列电流必须通过停用的短路电解槽才可形成回路,因此这部分电力消耗不可避免被浪费了。如何采取有效的措施避免这部分停用短路电解槽的电压空耗,对企业节能降耗具有重要的意义。

## 1 临时短路母线方案

### 1.1 传统通廊内临时短路母线

传统通廊内临时短路母线位于电解车间中间通廊下,两端分别与位于两个厂房通廊中间过道母线连接,每组临时短路母线中间设有至少一处操作短路口。临时短路母线适用于电解系列分区停产或分区启动的情况。目前,通廊内临时短路母线已成为电解系列设计的标准配置。图1为采用通廊内临时短路母线的停槽断路槽示意图。

传统通廊内临时短路母线全部位于车间通廊下(电解车间一层平面),该区域除中间过道母线外基本无其他生产设施,不会发生与生产区域相互交叉的情况,且该区域位于电解车间内,系统的绝缘以及防护等设施设置成熟可靠。

由于限电政策的影响,当系列停槽的位置位于电解分区中间时,如采用该临时短路母线或端头母线,开始停用的电解槽至该区末端的电解槽全部处于短路连接状态,与该区末端的端头母线或临时短路母线形成回路电流。以划分为8个工区的电解系

**[收稿日期]** 2022-03-02

**[作者简介]** 李广彬(1987—),男,内蒙古赤峰人,硕士,工程师,主要从事铝电解工程设计与研发工作。

**[引用格式]** 李广彬. 铝电解系列两种临时短路母线方案的对比分析[J]. 有色冶金节能,2022,38(4):37-40.

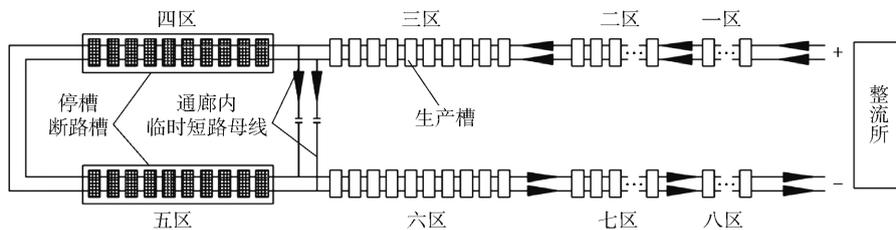


图1 采用通廊内临时短路母线的停槽断路器示意图

列为例,若停槽位置位于三、六分区,使用通廊内临时短路母线的短路槽及停槽断路器示意图如图2所

示。由图2可以看出,短路槽的短路电耗不可避免地被浪费,且短路槽的数量越多,被浪费的电耗也越

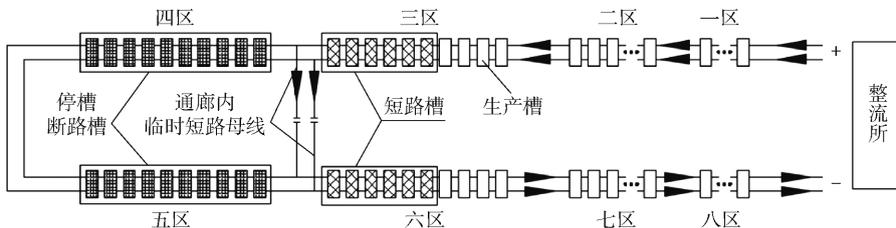


图2 采用通廊内临时短路母线的短路槽及停槽断路器示意图

多,增加企业的运行成本。

### 1.2 电解工区间临时短路母线

电解工区间临时短路母线可根据生产需要设置在电解区中间的任意位置,将需要停用的电解槽从运行的电解系列中断开,有效避免上述电能浪费。

以图2的电解系列为例,若采用电解工区间临时短路母线,电解槽的电流走向如图3所示。从图3可以看出,电解工区间临时短路母线直接将两厂房系列电流连接,电流无需通过后续电解槽,从而减少短路电解槽的短路电耗。

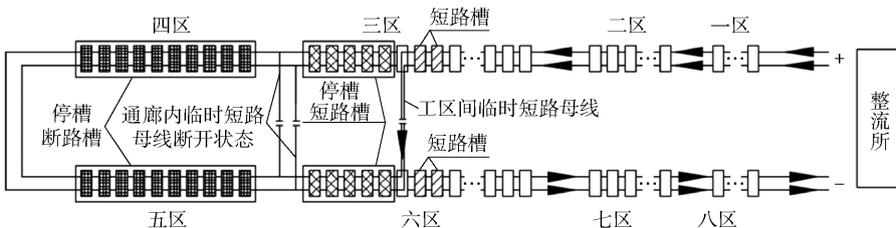


图3 采用工区间临时母线后的短路槽及停槽断路器示意图

## 2 两种临时母线的经济性分析对比

### 2.1 投资

以一个典型 500 kA 的电解系列为例,厂房间距

按 60 m 计,对两种临时短路母线的投资费用进行了初步估算,主要投资情况见表 1。

根据表 1,工区间临时短路母线的总费用合计约为 1 122.0 万元,较通廊内临时短路的总投资高

表 1 两种临时短路母线投资情况表

母线类型	铝母线/万元	绝缘设施/万元	钢结构支撑/万元	土建/万元	施工安装/万元	合计/万元
通廊内临时短路母线	838.0	8.1	5.5	90	94.2	1 035.8
工区间临时短路母线	915.9	10.6	11.5	82	102.0	1 122.0

注:1)两种临时短路母线的电流密度按相同考虑;2)表中不含工程建设其他费用以及基本预备费;3)材料价格以当前的材料价格计算

约 86.2 万元。工区间临时短路母线按与立柱母线压接连接考虑,出厂房后下降至地面,因此母线量、母线支撑的材料量较通廊内临时母线方案大。此外,工区间临时短路母线布置在室外时,绝缘设施的

布置更复杂,费用也较通廊内临时短路母线方案高。

### 2.2 收益

#### 2.2.1 通廊内临时短路母线

采用通廊内临时短路母线,可以保证前期建设

的电解槽投产运行,且不会影响后续电解槽的施工安装。电解系列提前投产带来的经济效益与槽台数及分区都有关。以一个50万t/a电解系列为例,根据国内某铝厂的实际运行情况,采用通廊内临时短

路母线,从二通廊临时短路母线通电到整个系列全部投产约需5个月,这段时间内提前投产电解槽的产铝量至少可达到8.9万t(表2),按吨铝利润0.2万元计,可产生经济效益1.78亿元以上。

表2 通廊内临时短路母线收益计算参数

参数	系列槽数/台	系列分区数/个	单槽日产原铝量/(t·槽·天)	日启动槽数/台	临时短路母线数量/套	合计产铝量/万t
数值	372	3	3.74	4	2	8.9

按50万t/a电解系列测算(表3),采用两套通廊内临时短路母线的投资回收时间仅为0.11a,回收周期短,经济效益非常明显。

表3 采用通廊内临时短路母线的投资收益表

参数	投资/(万元/套)	临时短路 母线数量/套	总投资/ 万元	收益/ 亿元	成本回收 时间/a
数值	1 035.8	2	2 071.6	1.78	0.11

## 2.2.2 工区间临时短路母线

采用工区间临时短路母线,停用电解槽至工区末端之间的所有电解槽全部处于断路状态,可降低停槽短路的电压降,节约短路压降产生的能耗。采用工区间临时母线的单台短路电解槽的节电情况见表4。由表4可知,该临时短路母线投资约1122万元,以一年的回收期考虑,19台槽节电收益即可实现,且随着电解槽停用数量的增加,该回收期会进一步缩短,节电的收益将更可观。

表4 工区间临时短路母线节能收益表

节能 项目	单槽节 电压/ mV	电费/ (元/kW·h)	单槽日 节电量/ (kW·h/槽/天)	单槽年节 电费/ (万元/槽)
短路槽	270	0.5	3 240	59.13

综上所述,通廊内临时短路母线和工区内临时短路母线的投资均较低,经济效益明显。在当前节能要求严格的情势下,工区间临时短路母线实现节能降耗的社会意义尤为重大,不仅降低电能消耗,缓解企业用电压力,也具有很好的社会效益。

## 3 安全性对比

工区间临时短路母线的设计与通廊内临时母线的电气原理基本相同,均为通过连接两厂房间的母线将系列电流连通。通廊内临时短路母线的安全性已经得到很多电解系列印证,目前基本所有新建电解系列都配置有通廊内临时短路母线,并且已经形

成规范的操作流程。临时母线短路口的断开与闭合均在系列断电的情况下完成,操作的安全性得到保证。此外,临时短路母线两两之间设置绝缘隔离及固定设施,避免互相连通,保证临时短路母线在运行及非运行状态下均具备良好的安全性。

与传统通廊内临时母线相比,工区间临时短路母线布置时需额外考虑以下因素:

1)工区间临时短路母线的布置需根据现场的实际情况穿过电解车间的电解槽区域及厂房烟道端,需结合现有车间的空间布置,设置在合适的位置。穿过两厂房间的净化区域时,需预留车辆的通行通道,避开净化区域的设备及管路支撑,不得影响净化区域的正常生产操作。

2)为避免工区间临时短路母线影响现有生产槽的磁场,需要通过模拟手段对短路母线位置、短路母线旁电解槽的周围母线布置进行相关优化。

3)要考虑工区间临时短路母线露天布置在车间外时采用的绝缘设施,以及其与周围生产系统的隔离设施。

4)此外,还要考虑工区间临时短路母线与现有电解槽周围母线的连接形式及连接位置、方案实施的便捷性。

因此,相较传统通廊内临时短路母线,工区间临时短路母线结构形式复杂,需要考虑的因素更多,需紧密结合现场现有设施的实际情况,在避免临时母线影响现有生产系统的情况下实现节能降耗的目的。

综上,无论是施工、安装、生产状态下,还是断开、闭合等操作过程,在设计充分考虑各方面安全因素的情况下,严格按照设计要求、相关规程及操作制度执行,两种临时短路母线均可保证良好的安全性。

## 4 可操作性对比

1)通廊内临时短路母线的安装在建设期完成,工区间临时短路母线可于电解系列在产情况下进行安装。两种临时短路母线仅在连通时需要短暂停

电,最大限度地减少对现场生产的影响。

2) 通廊内临时短路母线通常与中间过道母线连接,而工区间临时短路母线可根据客户诉求及现场的实际调整连接形式,与槽周围母线或立柱母线连通,可采用压接形式或焊接形式,选择性强。

3) 两种临时短路母线的安装和拆卸方便,操作空间大,具备很好的操作便携性。

4) 两种临时短路母线的操作过程中可设置相应的绝缘设施及防护设置,保证施工、安装等操作过程的安全性。

综上,两种临时短路母线都具备很好的可操作性。

## 5 实际应用

通廊内临时短路母线的应用在国内电解铝系列从 200 kA 至 600 kA 基本实现全覆盖,作为新设计电解系列的标准配置,其应用情况已经非常成熟和广泛。

工区间临时短路母线在现场成功实施的项目现场有:青海分公司 200 kA 系列加槽子项目;黄河鑫业 350 kA、400 kA 系列加槽子项目;霍煤鸿骏 300 kA、350 kA、400 kA 系列加槽子项目等。

因此,两种临时短路母线都具备很好的技术成熟度和应用可靠性。

## 6 结论

通过对比分析前述两种临时短路母线,可得到

如下结论:

1) 通廊内临时短路母线适用于新建项目,可实现系列分区启动以及分区停槽;工区间临时短路母线可应用于在产项目,特别是针对停槽位置位于工区中间的情况具有良好的适应性。两种方案可根据不同的现场需求单独配置,也可同时配置。

2) 两种临时短路母线都具有很好的经济性,投资回收期短,尤其通廊内临时短路母线经济效益非常可观。两种临时短路母线都具有很好的安全性和可操作性,技术可靠,且都有成熟的应用案例。

3) 工区间临时短路母线除了具有良好的经济效益,还可以降低电能消耗,缓解企业用电压力,对现有生产系统的影响小,对企业应对限电政策实现节约电力消耗、降低运行成本具有重要的意义。

### [参考文献]

- [1] 邱竹贤等. 预焙槽炼铝[M]. 北京:冶金工业出版社, 2008.
- [2] 杜心,谢文俊,王世兴. 我国铝行业碳达峰碳中和路径研究[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(4): 1-4.
- [3] 佚名. 国家发展改革委完善电解铝行业阶梯电价政策[J]. 中国有色金属, 2021(18): 24.
- [4] 戚喜全. 降低停槽母线空耗的成功尝试[J]. 轻金属, 2018(2): 33-36.
- [5] 费建培,齐欣,聂荣辉,等. 降低电解槽空耗的生产实践[J]. 山东冶金, 2016(4): 77-80.

## A Comparison of Two Temporary Short-Circuiting Busbar Schemes for Aluminum Electrolysis

LI Guang-bin

**Abstract:** This article compared two temporary short-circuiting busbar schemes: busbar along the passage and across each cell section. Along the passage temporary short-circuiting busbars are suitable for new plants, and enables section-by-section start-up/shut-down; across-section busbars are suitable for operating plants, particularly adaptable to cases where the cells to be shutdown are located in the middle of a section; both schemes can be installed alone, and together as well. Both schemes also show good economic performance, with a short payback period. In particular, the along-the-passage scheme provides considerable benefits. Both schemes are also quite safe and highly operable, and reliable in their technology. Apart from sound economic performance, the across-sections scheme helps save electricity and mitigate the plant's power press, and has limited impact on the existing production system.

**Key words:** aluminum electrolysis; along-the-passage temporary short-circuiting busbar; across-sections temporary short-circuiting busbar; section-by-section start-up; energy-saving