

带式输送机通廊设计

DAISHI SHUSONGJI TONGLANG SHEJI

杨九龙 嵇德春 杨洁 姜蔼如 编著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

带式输送机通廊设计

DAISHI SHUSONGJI TONGLANG SHEJI

杨九龙 嵇德春 杨洁 姜蔼如 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2019

内 容 提 要

本书主要结合最新国家标准、冶金行业的通廊设计规范和工程实践,介绍了常用钢桁架通廊和支架的设计和计算,尤其是结合工程实例,详尽地介绍了管式通廊的结构分析计算和构造要求。全书共分10章,包括绪论、基本规定、荷载和作用、通廊布置方案、结构分析和杆件设计、管式通廊结构分析和构造要求、抗震设计、安全防护和环保及实例等。

本书可供土建结构设计人员、施工人员及其他相关的工程技术人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

带式输送机通廊设计/杨九龙等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2019. 4

ISBN 978-7-5024-8042-4

I. ①带… II. ①杨… III. ①带式输送机—设计
IV. ①TH222

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 049305 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 夏小雪 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-8042-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2019年4月第1版,2019年4月第1次印刷

148mm×210mm; 4.125印张; 122千字; 124页

39.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

带式输送机通廊是冶金工业、化工工业、建筑材料工业等工程中常用的构筑物。我们参照《带式输送机设计手册》《钢铁企业胶带机钢结构通廊设计规范》(YB 3458—2013)和前苏联的《带式输送机通廊设计手册》(建筑标准与规则 2.09.03—85)等文献并结合自己的设计经验编撰了本书,供建筑结构设计人员、施工人员及其他相关人员参考使用。书中主要讲述了带式输送机通廊的布置方案、荷载与作用、材料选用、结构分析和杆件设计、构造要求、抗震设计、安全规定等。

在我国大跨度通廊的跨间结构(廊身)以前都采用钢桁架结构。1986年,在首钢老厂区二炼钢厂建设中首次采用管式通廊。在设计过程中我们经调查研究提出了管式通廊的结构分析方法并用于实际工程中,实践证明效果很好。“管式通廊”项目在1993年获中华人民共和国冶金工业部“科学技术进步奖”。随后我们又为包钢设计了一条跨度59.5m、直径3300mm、管壁厚6.3mm的通廊;为河北新兴厂高炉工程设计了跨度40m、直径3300mm、壁厚6mm的通廊。这些工程都已建成使用多年,充分证明了管式通廊具有集围护结构、承重结构于一身、节省钢材、造价低廉、制作安装快捷、建筑体型美观流畅的优点。为此,本书也详细地介绍了

管式通廊的结构分析方法，各部构件的构造，并以工程实例加以说明。

本书由许传银、刘巍同志审核。由于编写人员水平有限，书中不当之处在所难免，望广大读者批评指正。

编著者

2018年11月30日

目 录

1 绪论	1
1.1 工程术语	1
1.2 通廊的组成	1
1.3 通廊设计应遵守的国家规范	1
2 基本规定	3
2.1 设计原则	3
2.2 承重结构所用钢材	5
2.3 连接材料	6
2.4 钢筋混凝土承重结构的材料	8
2.5 围护结构材料	9
3 荷载和作用	10
3.1 荷载和作用的分类	10
3.2 工艺荷载	10
3.3 通廊自重	13
3.4 电缆和管道荷载	13
3.5 风荷载	14
3.6 积雪荷载	15
3.7 覆冰荷载	15
3.8 屋面积灰荷载	15
3.9 均布可变荷载	16
3.10 温度作用	17
3.11 摩擦力	18
3.12 地震作用	19

4	通廊布置方案	20
4.1	一般规定	20
4.2	结构形式	34
5	结构分析和杆件设计	44
5.1	结构分析	44
5.2	杆件设计	45
6	管式通廊设计	48
6.1	廊身的组成	48
6.2	结构分析	49
6.3	管托设计	52
6.4	跨中加固圈设计	55
6.5	管壁的焊接要求	58
7	构造要求	59
7.1	支座设计	59
7.2	杆件和节点	64
8	抗震设计	67
8.1	一般规定	67
8.2	计算要点	68
8.3	抗震构造措施	74
9	安全、防护和环保	78
9.1	防火	78
9.2	通道	79
9.3	栏杆	82
9.4	钢结构的防锈	83
9.5	防雷	83

9.6 环境保护	83
10 实例	85
10.1 33m 跨度通廊廊身结构图	85
10.2 60m 跨度通廊廊身结构图	88
10.3 管式通廊	91
附录	115
附录 A 环形截面几何特性计算公式	115
附录 B 耐候钢及其焊缝强度设计值	116
附录 C 局部稳定的临界应力	118
附录 D 管梁跨中加固圈截面特性、间距、许用外加荷载值 及弯矩系数	119
附录 E 焊接圆筒截面轴心受压稳定系数 ϕ	123
参考文献	124

1 绪 论

1.1 工程术语

带式输送机：利用托辊支承、依靠传动滚筒与输送胶带间摩擦力传递牵引力，连续运送松散物料（块、粒、粉）的带式输送设备。

带式输送机通廊：供支承安装带式输送机用的构筑物，简称“通廊”。

管式通廊：以大口径钢管做跨间结构（廊身）的通廊。

通道：通廊中的走道、跨机桥、平台、钢梯。

固定铰支座：不能平动，能转动，不传递弯矩，能传递廊身其他反力的约束节点。

滑动支座：横向不能平动，不传递弯矩，能传递廊身其他反力，接触面可保持不变地进行有限纵向位移的约束节点。

滚动支座：横向不能平动，不传递弯矩，能传递廊身其他反力，接触面可不断改变地进行有限纵向位移的约束节点。

1.2 通廊的组成

通廊由跨间结构（廊身）和支承结构（支架）组成。

1.3 通廊设计应遵守的国家规范

通廊设计应遵守的国家规范有：

《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153)。

《钢结构设计规范》(GB 50017)。

《建筑结构荷载规范》(GB 50009)。

《混凝土结构设计规范》(GB 50010)。

《建筑抗震设计规范》(GB 50011)。

《构筑物抗震设计规范》(GB 50191)。

《建筑设计防火规范》(GB 50016)。

《钢铁冶金企业设计防火规范》(GB 50141)。

《钢铁冶金企业胶带机钢结构通廊设计规范》(YB 4358)。

《高耸结构设计规范》(GB 50135)。

2 基本规定

2.1 设计原则

通廊设计采用以概率论为基础的极限状态设计方法。应根据通廊在使用过程中可能出现的最不利荷载效应组合,按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。用分项系数设计表达式进行计算,包括:整体结构、单个构件和节点的强度、稳定性及变形。

荷载效应组合除应符合国家现行标准的有关规定外,还应满足下列要求:

(1) 敞开式通廊的通道、半封闭和封闭式通廊的屋面均布可变荷载和雪荷载不应同时组合,应取二者较大者与灰荷载同时组合。

(2) 通道和胶带机支腿下面的均布可变荷载与安装检修荷载不应同时组合,应取二者的较大值。

(3) 风荷载与地震荷载同时组合,且风荷载起控制作用时,其组合值系数应采用 0.2。

按承载能力极限状态设计通廊时,应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011)的规定,采用荷载效应基本组合及地震作用组合。必要时还应考虑荷载效应的偶然组合。

其组合表达式、设计值和相关参数应符合下列要求:

(1) 无地震作用基本组合:

$$\gamma_0 S_a \leq R_a \quad (2-1)$$

(2) 有地震作用基本组合:

$$S_a \leq \frac{R_a}{\gamma_{RE}} \quad (2-2)$$

式中 γ_0 ——重要性系数,一般通廊取 1;

- S_a ——荷载效应组合设计值；
 R_a ——结构构件抗力设计值；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，应符合表 2-1 的要求。

表 2-1 承载力抗震调整系数

材 料	结 构 构 件	受 力 状 态	γ_{RE}
钢材	柱、梁、支撑、节点板、螺栓、焊缝	强度	0.75
	柱、支撑	稳定	0.80
混凝土	梁	受弯	0.75
	轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75
	轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80

按承载能力极限状态设计通廊时，偶然作用的代表值不乘以分项系数。

承载能力极限状态荷载效应组合的分项系数和组合值系数应符合《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 的规定。永久荷载的分项系数的取值应符合如下规定：

(1) 当永久荷载效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合应取 1.2，对由永久荷载效应控制的组合取 1.35。

(2) 当永久荷载效应对结构有利时，不应大于 1.0。

按正常使用极限状态设计通廊时，应根据不同的要求采用荷载效应标准组合和准永久组合。动荷载不乘动力系数。

变形的计算值不应超过相应的规定限值。按正常使用极限状态设计公式 (2-3) 进行。

$$S_a \leq C \quad (2-3)$$

式中 S_a ——荷载标准组合效应的组合设计值。

C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值，如变形、裂缝等限值。

通廊设计应避免通廊结构与大型胶带机发生共振。两者的自振周期不应接近或重合。胶带机的振动是由上托辊的制作偏差造成的。其平均振动频率是根据胶带的运行速度和上托辊的直径计算确定的。必要时，通廊承载能力极限状态和正常使用极限状态计算还应包括振动

分析。

在共振条件下，结构构件应力增加不大于 15%~20%。在计算极限状态时，有一系列同时考虑的安全系数。因此，在设计通廊时可以不进行共振计算。^①

通廊的变形应符合下列规定：

- (1) 跨间结构（桁架或主梁）最大竖向挠度应控制在通廊跨度的 1/500 以内，最大横向挠度应控制在通廊跨度的 1/400 以内。
 - (2) 支架顶部的最大横向位移值应小于其高度的 1/350。
 - (3) 固定支架顶部的最大纵向位移值应小于其高度的 1/500。
 - (4) 跨度大于 24m 的通廊桁架宜预先起拱，起拱值可取永久荷载标准值作用下的通廊挠度值。
 - (5) 钢筋混凝土结构裂缝宽度控制在 0.2mm 以内。
- 混凝土梁的挠度限值，见表 2-2。

表 2-2 混凝土梁的挠度限值

构件类别		挠度限值
屋盖，楼盖	当 $L_0 < 7\text{m}$ 时	$L_0/200$ ($L_0/250$)
	当 $7\text{m} \leq L_0 \leq 9\text{m}$ 时	$L_0/250$ ($L_0/300$)
	当 $L_0 > 9\text{m}$ 时	$L_0/300$ ($L_0/400$)

注：1. 表中 L_0 为构件的计算跨度；

2. 表中括号内的数值适用于使用上对挠度要求较高的构件。

在作通廊施工方案时，应验算结构构件运输、安装过程中出现不利于结构的强度、稳定的情况，并采取有效措施避免事故发生。

2.2 承重结构所用钢材

通廊钢材的选用应符合下列要求：

- (1) 可选用牌号 Q235 或牌号 Q345 的钢材，亦可选用牌号 Q390

① 根据前苏联的《带式输送机通廊设计手册》。

或等级更高的低合金高强度结构钢。

(2) 处在大气潮湿条件下或属中等腐蚀环境中的通廊可选用牌号为 Q235NH、Q295NH、Q355NH 的钢材。另外，管式通廊的外表面面积较大，也宜采用耐候钢板。^①

(3) 非强度控制的构件，如平台板、跨机桥和钢梯等宜选用牌号为 Q235B 的钢材。

(4) 焊接结构不宜选用牌号为 Q235A、Q345A、Q395A 等 A 级结构钢材。

钢材 Q235 的质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700) 的有关规定，Q345 和 Q390 或等级更高的低合金高强度结构钢质量应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591) 的规定。Q235NH、Q295NH 和 Q355NH 的质量应符合现行国家标准《耐候结构钢》(GB/T 4171) 的有关规定，其强度设计值见本书附录 B。

钢材的强度设计值和物理性能指标应符合《钢结构设计规范》(GB 50017) 的相关规定。

关于低温冷脆问题，设计人员应予以重视。在设计严寒和寒冷地区（我国的东北、华北、西北和西藏都属于这类地区）的通廊时应慎重选择与环境相适应的不同级别钢材冲击韧性，防止“冷脆”现象发生。

2.3 连接材料

通廊的设计文件应明确对焊材的要求，其化学成分、力学性能等要符合国家标准的规定，且熔敷金属力学性能不应低于相应母材标准规定的下限值。

焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117) 或《低合金钢焊条》(GB/T 5118) 的有关规定。

气体保护焊使用的焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》

^① 我国目前耐候钢材供货充足，仅首钢一家就年产优质的耐候钢板百万吨以上，其中包括 5~6mm 厚的板材。

(GB/T 14957)、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T 8110)、《碳钢药芯焊丝》(GB/T 10045) 或《低合金钢药芯焊丝》(GB/T 17493) 的规定。

埋弧焊使用的焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》(GB/T 5293) 和《埋弧焊用低合金焊丝和焊剂》(GB/T 12470) 的有关规定。

气体保护焊使用的氩气应符合现行国家标准《氩》(GB/T 4842) 的有关规定。二氧化碳应符合现行国家标准《焊接用二氧化碳》(HG/T 2537) 的有关规定。

两种不同强度的钢材焊在一起时, 宜采用设计强度低的钢材匹配的焊条或焊丝和焊剂。

通廊设计文件应明确焊接材料的型号, 常用的钢材与焊接材料的匹配应符合表 2-3 的规定。

表 2-3 通廊常用的钢材与焊接材料匹配表

母 材	焊 接 材 料			
	焊条电弧焊 (SMAW)	实芯焊丝气体 保护焊 (GMAW)	药芯焊丝气体 保护焊 (FCAW)	埋弧焊 (SAW)
GB/T 700、 GB/T 1591 和 GB/T 4171 标 准规定的钢材				
Q235 Q235NH Q295NH	GB/T 5117 规定焊条: E43XX	GB/T 8110 规定焊丝: ER49-X ER50-X	GB/T 10045 规定焊丝: E43XT-X E50XT-XX	GB/T 5293 规定焊剂 和焊丝: F4XX-H08A
Q345 Q355NH	GB/T 5117、 GB/T 5118 规定焊条: E50XX 或 E50XX-X	GB/T 8110 规定焊丝: ER50-X	GB/T 17493 规定焊丝: E50XTX-X	GB/T 5293 和 GB/T 12470 规定焊剂和焊丝: F5XX-H08MnA 或 F48XX-H08MnA

续表 2-3

母 材	焊 接 材 料			
Q390	GB/T 5118 规定焊条： E55XX	GB/T 8110 规定焊丝： ER55-X	GB/T 17493 规定焊丝： E55XTX-X	GB/T 5293 和 GB/T 12470 规定焊剂和焊丝： F50XX-H08MnA 或 F50XX-H10Mn2

注：1. 当设计或被焊接母材有抗冲击韧性要求时，熔敷金属的冲击吸收功不低于设计规定或国家现行标准对母材的有关规定；

2. 当所焊接的接头板厚不小于 25mm 时，焊条电弧焊应采用低氢型焊条焊接；

3. 表中 XX、-X、X 为对应焊材标准中的焊材类别。

焊缝的强度设计值应符合现行国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017) 的规定。

六角头螺栓连接副应符合现行国家标准《六角头螺栓》(GB/T 5782)、《六角头螺栓 C 级》(GB/T 5780)、《六角头螺母 C 级》(GB/T 41) 和《平垫圈 C 级》(GB/T 95) 的有关规定。

高强度螺栓连接副应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》(GB/T 1228)、《钢结构用高强度大六角头螺母》(GB/T 1229)、《钢结构用高强度垫圈》(GB/T 1230)、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231) 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632) 的有关规定。

六角头螺栓和高强度螺栓的强度设计值应符合《钢结构设计规范》(GB 50017) 的规定。

2.4 钢筋混凝土承重结构的材料

混凝土的强度等级不应低于 C30。

梁柱的纵向普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋。

箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300。

钢筋和混凝土的强度设计值应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010) 的要求。

2.5 围护结构材料

半封闭、封闭式通廊的墙面。钢筋混凝土结构的通廊可采用加气混凝土板和钢筋混凝土板。钢结构通廊宜采用压型钢板，其质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》(GB/T 12755)、行业标准《压型金属板设计施工规程》(YBJ 216)及《金属压型板应用技术规范》的相关规定。

封闭通廊的屋面和墙面可采用玻璃窗采光，亦可采用阻燃型玻璃纤维增强聚酯采光板（玻璃钢采光板）采光。