

# 煤矿专用设备设计计算

提升容器及窄轨运输设备

煤炭工业出版社

# 煤矿专用设备设计计算

## 提升容器及窄轨运输设备

主 编 王志勇 夏琴芬

编写人 赵喜龙 钱寿明 刘振岩 刘玉华 张守武  
夏迪楠 方宗仁 张乐元 郭德民 黄大卫  
何家寿 陈正斌 夏琴芬 王清贤 邵裕生  
成一之 李春茹 杨玉芳 李肇夫 徐必勤  
刘勤福 邢菊珍 张广义 刘芝群 薛贵发  
廖乐君 徐明君 敖明万 林国校 陈增仁  
胡凤魁 张天岩 邵文阁 (按章次为序)

煤炭工业出版社



B188912

## 内 容 简 介

本书着重介绍煤矿提升容器、窄轨运输与煤炭装卸载等设备的主要结构与计算方法。其中包括天轮、矿车、立井罐笼、箕斗与装载设备、防坠器和翻车机等20个品种。所述内容与计算实例均取材于近年来所编的标准(通用)设计文件。在箕斗与罐笼计算部分还适当介绍了国外某设计公司的计算实例。

本书可供煤矿机械设计专业人员使用,也可供煤矿、煤矿机械厂有关技术人员、工人与煤矿大、中专院校机械专业的师生参考。其他矿山专业人员也可参照应用。

责任编辑:刘庆韶 顾建中

## 煤 矿 专 用 设 备 设 计 计 算 提 升 容 器 及 窄 轨 运 输 设 备

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$  印张46

字数1,103千字 印数1—3,920

1984年11月第1版 1984年11月第1次印刷

书号15035·2605 定价7.00元

## 前 言

为适应煤矿新井建设和老井改扩建的需要，我们在1975和1981年分别选编了《煤矿专用设备图册》和《煤矿专用设备图册》(续一)(技术标准出版社)。为和《图册》配套使用，更好地总结交流设计经验，进一步了解煤矿专用设备的设计构思和计算原理，尽快掌握设计计算技术，从而提高设计工效和技术水平，特组织煤炭系统各设计院(处)的有关人员编写了《煤矿专用设备设计计算》。该书所列各种计算方法及实例，均取自煤矿专用设备标准(通用)设计计算资料，并选编了国外某公司关于箕斗和罐笼的计算方法，具有一定的先进性和实用性。

本书是在煤炭部规划设计院谢全安同志领导下组织编写的，参加编写单位有：煤炭部沈阳、武汉、兖州、西安、重庆、邯郸等煤矿设计院，煤炭部规划设计院，兰州煤矿设计院，煤炭科学研究院抚顺研究所和淮北矿务局设计处等10个单位。参加审阅的有：王自正、黄大卫、李肇夫、黄常烈、张璜锐等同志，书稿最后乃由谢全安、王志勇、夏琴芬三同志审定。

编 者

一九八三·四·

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第一章 天轮</b> .....     | 1   |
| 第一节 天轮的分类与结构 .....      | 1   |
| 一、固定天轮 .....            | 1   |
| 二、游动天轮 .....            | 5   |
| 第二节 固定天轮计算 .....        | 9   |
| 一、轮体 .....              | 10  |
| 二、轴 .....               | 13  |
| 三、滚动轴承选择计算 .....        | 14  |
| 四、计算举例 .....            | 15  |
| 第三节 游动天轮计算 .....        | 21  |
| 一、游动距离 .....            | 21  |
| 二、轴 .....               | 22  |
| 三、滚动轴承选择计算 .....        | 23  |
| 四、轴套 .....              | 24  |
| 五、计算举例 .....            | 24  |
| <b>第二章 矿车</b> .....     | 28  |
| 第一节 概述 .....            | 28  |
| 一、用途及分类 .....           | 28  |
| 二、设计要求 .....            | 28  |
| 三、主要部件介绍 .....          | 29  |
| 第二节 强度计算举例 .....        | 33  |
| 一、缓冲器弹簧计算 .....         | 34  |
| 二、车梁的强度计算 .....         | 35  |
| 三、车梁铆钉强度计算 .....        | 37  |
| 四、车轮与钢轨接触的轮压计算 .....    | 39  |
| 五、车轴的强度计算 .....         | 40  |
| 六、轴承容量验算 .....          | 42  |
| 七、链环的强度计算 .....         | 45  |
| 八、插销强度计算 .....          | 45  |
| 第三节 矿车特性计算举例 .....      | 46  |
| 第四节 底卸式矿车卸载站 .....      | 54  |
| 一、卸载时矿车底门最大开启角度 .....   | 54  |
| 二、单辆重车卸载时的最大水平推力 .....  | 54  |
| 三、卸载段曲轨强度计算 .....       | 56  |
| <b>第三章 电动翻车机</b> .....  | 58  |
| 第一节 电动翻车机的结构与品种 .....   | 58  |
| 一、电动翻车机的结构 .....        | 58  |
| 二、电动翻车机的品种 .....        | 60  |
| 第二节 电动翻车机的计算 .....      | 66  |
| 一、回转摩擦阻力矩计算 .....       | 66  |
| 二、静不平衡力矩计算 .....        | 69  |
| 三、总阻力矩计算 .....          | 70  |
| 四、传动滚轮对滚筒的滑转验算 .....    | 71  |
| 五、电动机的选择计算 .....        | 72  |
| 六、翻卸次数与生产能力计算 .....     | 73  |
| 七、滚轮与滚圈接触强度验算 .....     | 75  |
| 八、传动轴的计算 .....          | 75  |
| 九、阻车器的计算 .....          | 76  |
| <b>第四章 列车推车机</b> .....  | 84  |
| 第一节 概述 .....            | 84  |
| 一、板链列车推车机 .....         | 84  |
| 二、钢丝绳列车推车机 .....        | 84  |
| 三、圆环链列车推车机 .....        | 86  |
| 第二节 圆环链列车推车机的结构 .....   | 86  |
| 一、传动装置 .....            | 86  |
| 二、牵引链 .....             | 88  |
| 三、传动轮 .....             | 88  |
| 四、拉紧装置 .....            | 88  |
| 五、推爪小车 .....            | 90  |
| 第三节 圆环链列车推车机的计算 .....   | 90  |
| 一、阻力与功率计算 .....         | 91  |
| 二、计算举例 .....            | 94  |
| <b>第五章 线路阻车器</b> .....  | 101 |
| 第一节 概述 .....            | 101 |
| 一、阻车器的用途及种类 .....       | 101 |
| 二、阻车器的型式 .....          | 101 |
| 三、阻车器设计的基本原则 .....      | 102 |
| 四、ZD、ZF系列阻车器的设计特点 ..... | 103 |
| 第二节 阻车器设计计算 .....       | 107 |
| 一、设计条件 .....            | 107 |
| 二、动能及弹簧计算 .....         | 107 |
| 三、气缸推、拉力计算 .....        | 111 |
| 四、主要零件强度计算 .....        | 114 |
| <b>第六章 爬车机</b> .....    | 118 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第一节 概述 .....                   | 118 |
| 一、爬车机的用途 .....                 | 118 |
| 二、爬车机的型式 .....                 | 118 |
| 三、PH系列爬车机的特点 .....             | 120 |
| 四、PH系列爬车机品种简介 .....            | 122 |
| 第二节 爬车机设计计算 .....              | 124 |
| 一、设计条件 .....                   | 124 |
| 二、爬车机的爬车能力计算 .....             | 125 |
| 三、爬车机运行阻力和功率计算 .....           | 125 |
| 四、驱动装置 .....                   | 128 |
| 第七章 立井罐笼 .....                 | 137 |
| 第一节 概述 .....                   | 137 |
| 一、罐笼的用途和分类 .....               | 137 |
| 二、罐笼的构造 .....                  | 137 |
| 三、设计罐笼的条件及注意事项 .....           | 140 |
| 第二节 罐体计算 .....                 | 141 |
| 一、罐体的计算情况 .....                | 141 |
| 二、罐体的计算方法 .....                | 142 |
| 三、罐体计算步骤及实例 .....              | 145 |
| 附：国外某公司计算罐体强度实例 .....          | 222 |
| 第八章 防坠器 .....                  | 236 |
| 第一节 概述 .....                   | 236 |
| 一、防坠器简介 .....                  | 236 |
| 二、防坠器的分类 .....                 | 236 |
| 三、防坠器设计的基本技术要求 .....           | 237 |
| 四、防坠器抓捕过程的动力学 .....            | 237 |
| 五、负加速度 .....                   | 240 |
| 第二节 木罐道防坠器 .....               | 241 |
| 一、木罐道和罐道木的切割阻力 .....           | 241 |
| 二、建井型防坠器结构与计算 .....            | 242 |
| 第三节 FS型防坠器 .....               | 250 |
| 一、主要部分结构介绍 .....               | 251 |
| 二、FS型防坠器设计计算 .....             | 260 |
| 第四节 GS型防坠器 .....               | 270 |
| 一、结构介绍 .....                   | 270 |
| 二、设计计算 .....                   | 270 |
| 第五节 BF型防坠器 .....               | 281 |
| 一、BF型防坠器简介 .....               | 281 |
| 二、设计计算 .....                   | 284 |
| 第九章 装罐推车机 .....                | 296 |
| 第一节 概述 .....                   | 296 |
| 第二节 电动链式装罐推车机系列及<br>技术特征 ..... | 296 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第三节 电动链式装罐推车机的<br>结构设计 .....   | 298 |
| 一、传动装置 .....                   | 298 |
| 二、推车器 .....                    | 299 |
| 三、滑道 .....                     | 300 |
| 四、其他 .....                     | 300 |
| 第四节 计算实例 .....                 | 301 |
| 一、阻力和功率计算 .....                | 301 |
| 二、链轮轴计算 .....                  | 303 |
| 三、推车器强度计算 .....                | 306 |
| 四、安全联轴器验算 .....                | 308 |
| 五、传动轴强度与刚度验算 .....             | 309 |
| 第十章 承罐装置 .....                 | 311 |
| 第一节 概述 .....                   | 311 |
| 一、摇台 .....                     | 311 |
| 二、支罐机 .....                    | 311 |
| 三、罐座 .....                     | 312 |
| 四、补偿高度 .....                   | 314 |
| 第二节 摇台设计计算 .....               | 315 |
| 一、摇台的结构设计 .....                | 315 |
| 二、摇台的技术特征 .....                | 316 |
| 三、摇台设计计算 .....                 | 319 |
| 第十一章 立井箕斗与装载设备 .....           | 329 |
| 第一节 多绳箕斗 .....                 | 329 |
| 一、概述 .....                     | 329 |
| 二、多绳箕斗设计计算 .....               | 354 |
| 第二节 单绳箕斗 .....                 | 389 |
| 一、概述 .....                     | 389 |
| 二、单绳箕斗设计计算 .....               | 392 |
| 第三节 箕斗装载设备 .....               | 404 |
| 一、概述 .....                     | 404 |
| 二、计算实例 .....                   | 412 |
| 三、箕斗计量装载设备主要数据<br>计算结果 .....   | 417 |
| 附：国外某公司32.5吨箕斗静力计算<br>实例 ..... | 420 |
| 第十二章 钢丝绳罐道装置 .....             | 430 |
| 第一节 概述 .....                   | 430 |
| 一、螺旋拉紧方式 .....                 | 430 |
| 二、弹簧拉紧方式 .....                 | 430 |
| 三、重锤拉紧方式 .....                 | 430 |
| 四、液压螺杆拉紧方式 .....               | 432 |
| 第二节 罐道绳的选择及拉紧力计算 .....         | 432 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 一、罐道绳的选择 .....                                                  | 432 |
| 二、罐道绳拉紧力的计算 .....                                               | 432 |
| 三、例题 .....                                                      | 433 |
| 第三节 重锤式钢丝绳罐道装置 .....                                            | 434 |
| 一、结构简述 .....                                                    | 434 |
| 二、例题 .....                                                      | 434 |
| 第四节 液压螺杆式钢丝绳罐道装置 .....                                          | 443 |
| 一、结构简述 .....                                                    | 443 |
| 二、强度计算 .....                                                    | 444 |
| <b>第十三章 斜井提煤箕斗与箕斗装载设备</b> .....                                 | 452 |
| 第一节 斜井提煤箕斗 .....                                                | 452 |
| 一、概述 .....                                                      | 452 |
| 二、计算实例 .....                                                    | 455 |
| 三、卸载曲轨几何曲线的计算 .....                                             | 469 |
| 四、斜井箕斗与卸载曲轨几何曲线<br>主要数据计算结果 .....                               | 470 |
| 第二节 斜井提煤箕斗装载设备 .....                                            | 475 |
| 一、概述 .....                                                      | 475 |
| 二、计算实例 .....                                                    | 475 |
| 三、箕斗装载设备主要数据计算<br>结果 .....                                      | 481 |
| <b>第十四章 闸门</b> .....                                            | 483 |
| 第一节 概述 .....                                                    | 483 |
| 一、用途及类型 .....                                                   | 483 |
| 二、计算范围 .....                                                    | 483 |
| 第二节 贮料压力和基本计算公式 .....                                           | 483 |
| 一、贮料作用于仓口的垂直单位静<br>压力 .....                                     | 483 |
| 二、侧压系数 $K$ .....                                                | 484 |
| 三、在贮料顶面以下, 深度 $y$ 处, 与<br>水平面成 $\alpha$ 倾角斜面上的法向单位<br>静压力 ..... | 485 |
| 第三节 铁路煤仓电动闸门(防寒型)<br>计算 .....                                   | 485 |
| 一、结构概述 .....                                                    | 485 |
| 二、扇形闸门开闭阻力及主要构件<br>受力分析 .....                                   | 485 |
| 三、扇形闸门驱动装置计算 .....                                              | 488 |
| 四、装车溜槽驱动装置计算 .....                                              | 489 |
| 五、零件强度计算 .....                                                  | 491 |
| 第四节 铁路煤仓电动闸门(不防寒<br>型) 计算 .....                                 | 493 |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 一、结构概述 .....                               | 493 |
| 二、驱动装置计算 .....                             | 494 |
| <b>第十五章 立风井防爆门</b> .....                   | 496 |
| 第一节 概述 .....                               | 496 |
| 第二节 结构简介 .....                             | 496 |
| 一、门体结构 .....                               | 496 |
| 二、重锤部分 .....                               | 496 |
| 三、返风装置 .....                               | 496 |
| 四、注油小井 .....                               | 497 |
| 第三节 壳体计算 .....                             | 498 |
| 第四节 举例 .....                               | 498 |
| 一、壳体计算 .....                               | 498 |
| 二、顶盖计算 .....                               | 499 |
| 三、重锤架计算 .....                              | 500 |
| 附: 球壳逼近法 .....                             | 501 |
| 一、几何尺寸计算 .....                             | 502 |
| 二、壳体计算 .....                               | 502 |
| <b>第十六章 防水闸门</b> .....                     | 506 |
| 第一节 概述 .....                               | 506 |
| 第二节 防水闸门结构 .....                           | 506 |
| 一、平板防水闸门的结构 .....                          | 506 |
| 二、薄壳防水闸门的结构 .....                          | 507 |
| 第三节 防水闸门的密封 .....                          | 509 |
| 第四节 防水闸门计算 .....                           | 510 |
| 一、平板防水闸门的计算 .....                          | 510 |
| 二、例题 .....                                 | 512 |
| <b>第十七章 排矸设备</b> .....                     | 522 |
| 第一节 箕斗排矸设备 .....                           | 522 |
| 一、1.5米 <sup>3</sup> 矸石箕斗设计计算 .....         | 523 |
| 二、1.5米 <sup>3</sup> 矸石箕斗装载设备设计<br>计算 ..... | 547 |
| 三、1.5米 <sup>3</sup> 矸石箕斗卸载架设计<br>原则 .....  | 553 |
| 第二节 三面翻矸车 .....                            | 556 |
| 一、斗箱容量 .....                               | 558 |
| 二、主要部件强度验算 .....                           | 560 |
| 三、性能计算 .....                               | 562 |
| <b>第十八章 铸石槽箱刮板输送机</b> .....                | 569 |
| 第一节 概述 .....                               | 569 |
| 一、适用范围 .....                               | 569 |
| 二、结构形式及部件介绍 .....                          | 569 |
| 三、基本参数和主要技术特征 .....                        | 570 |
| 四、系列型号 .....                               | 571 |

|                        |     |                            |     |
|------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 第二节 设计计算 .....         | 572 | 的计算 .....                  | 619 |
| 一、运行阻力计算 .....         | 572 | 三、辙叉及护轨主要参数的计算 .....       | 623 |
| 二、功率计算 .....           | 572 | 四、直线尖轨单开道岔总图的计算 .....      | 628 |
| 三、铺设长度计算 .....         | 574 | 五、曲线尖轨单开道岔总图的计算 .....      | 632 |
| 四、刮板链强度验算 .....        | 574 | 六、单开道岔总图岔枕的布置 .....        | 634 |
| 五、主要参数选择 .....         | 575 | 七、绘制单开道岔总图 .....           | 635 |
| 第三节 计算举例 .....         | 576 | 八、单开道岔设计计算举例 .....         | 635 |
| 一、单机长度为210米时 .....     | 577 | 九、窄轨道岔主要零件结构及设计            |     |
| 二、单机长度为400米时 .....     | 578 | 内容 .....                   | 642 |
| <b>第十九章 窄轨道岔</b> ..... | 580 | 十、单开道岔直线尖轨转辙部件的            |     |
| 第一节 概述 .....           | 580 | 结构及计算 .....                | 645 |
| 一、煤矿常用窄轨道岔类型 .....     | 580 | 十一、辙叉及护轨的结构和计算 .....       | 659 |
| 二、窄轨道岔的组成 .....        | 582 | <b>第四节 对称、渡线及特种道岔设计</b>    |     |
| 三、煤矿窄轨道岔号码 .....       | 584 | 计算 .....                   | 679 |
| 四、煤矿窄轨道岔系列划分与标准        |     | 一、对称道岔设计计算 .....           | 679 |
| 系列 .....               | 585 | 二、渡线道岔总图计算 .....           | 690 |
| 五、窄轨道岔各部构件名称及代表        |     | 三、交叉渡线道岔总图布置及计算 .....      | 691 |
| 符号 .....               | 594 | 四、特种道岔总图计算 .....           | 699 |
| 六、道岔设计的主要内容、要求及        |     | <b>第二十章 溜槽及螺旋溜槽</b> .....  | 705 |
| 依据 .....               | 597 | 第一节 溜槽 .....               | 705 |
| 第二节 窄轨道岔设计主要技术参数 ..... | 599 | 一、溜槽断面 .....               | 705 |
| 一、窄轨道岔钢轨的选型及铺设 .....   | 599 | 二、溜槽倾角 .....               | 706 |
| 二、道岔钢轨的允许磨耗 .....      | 600 | 三、溜槽的线路选择 .....            | 708 |
| 三、钢轨加工件有关参数的规定 .....   | 601 | 四、溜槽几何尺寸计算 .....           | 708 |
| 四、机车车辆与窄轨道岔的轮轨         |     | 第二节 螺旋溜槽 .....             | 714 |
| 关系 .....               | 603 | 一、直底板螺旋溜槽外螺旋角的             |     |
| 五、窄轨道岔曲线半径 .....       | 607 | 确定 .....                   | 715 |
| 六、窄轨道岔曲线轨距 .....       | 610 | 二、斜底板螺旋溜槽外螺旋角 $\alpha_1$ 与 |     |
| 七、窄轨道岔转辙角 .....        | 614 | 底板斜角 $\varphi$ 的确定 .....   | 716 |
| 第三节 单开道岔设计计算 .....     | 616 | 三、螺旋溜槽几何图形计算 .....         | 718 |
| 一、直线尖轨转辙部件主要参数         |     | 四、斜底板螺旋溜槽计算实例 .....        | 722 |
| 的计算 .....              | 617 | <b>参考资料</b> .....          | 724 |
| 二、曲线尖轨转辙部件主要参数         |     |                            |     |



# 第一章 天 轮

## 第一节 天轮的分类与结构

天轮是矿井提升系统中的关键设备之一，主要起支托提升机滚筒到提升容器间的钢丝绳和导向作用。

天轮按其轮体的运动方式可分为两类：

固定天轮轮体只作旋转运动，主要用于竖井提升及斜井箕斗提升。

游动天轮轮体除作旋转运动外，还可以轴向移动，主要用于斜井串车提升。

另外根据《煤矿安全规程》第365条规定，天轮绳槽底圆直径与钢丝绳直径之比，对于井上用的提升天轮，当围包角大于 $90^\circ$ 时不得小于80，当围包角小于 $90^\circ$ 时不得小于60；对凿井和井下用的提升天轮，当围包角大于 $90^\circ$ 时不得小于60，当围包角小于 $90^\circ$ 时不得小于40。固定天轮又分为井上固定天轮，凿井兼井下固定天轮。

### 一、固定天轮

固定天轮由轮体、轴及轴承三部分组成。

#### （一）轮体

轮体是个重要部件，要求强度高、重量轻、运转安全可靠、维护方便、使用寿命长，并能减轻对钢丝绳的磨损等。目前我国使用的天轮种类很多，但根据轮体结构基本上可归纳为四类：

1. 铸钢天轮 一般直径 $D \leq 3$ 米时，基本上采用整体铸造，见图1-11。结构比较简单，使用中绳槽表面光滑、耐磨，年磨损量约为1~2毫米，使用寿命可达十五年以上，运转安全可靠，不需要经常维护，但铸造质量不易保证。

2. 模压天轮 轮缘由数段模压钢板组成，轮毂采用铸钢制造，槽钢辐条一端用铆钉与轮缘联结而另一端用精制螺栓与轮毂固定，其结构如图1-12所示。直径 $D \geq 4$ 米的天轮大多数采用此种结构。这种天轮使用性能较好，绳槽表面耐磨，年磨损量大约1毫米左右，使用寿命可达二十年以上，但结构复杂，制造成本较高，且因自重较大，使用中发现个别铆钉有松动现象，故须定期检查维护。

3. 铸铁天轮 直径 $D \geq 1.6 \sim 3$ 米天轮多采用铸造辐条式结构，即圆钢辐条成放射状，浇铸在铸铁的轮缘和轮毂内，见图1-1。直径 $D < 1.6$ 米采用整体铸铁结构。铸铁轮体重量较轻，结构简单，容易加工制造，成本较低，但绳槽易于磨损，寿命较短，一般只用一年左右。使用中绳槽断面形状很快改变，并常常被磨成和绳股捻距相似的沟痕，这就加剧了绳与轮缘的磨损，有时还可能出现夹持钢丝绳现象；同时磨下的铁屑也易于嵌入绳股内，形成研磨剂研磨钢丝绳，从而缩短了钢丝绳的使用寿命，故应尽量少采用铸铁天轮。

4. 带衬天轮 这类天轮的主要特征是绳槽中镶有衬垫。衬垫的断面多制成梯形，由轮缘侧面开口装入，其材料用木材、成型橡胶、成型塑料或软金属等制成。木材衬垫

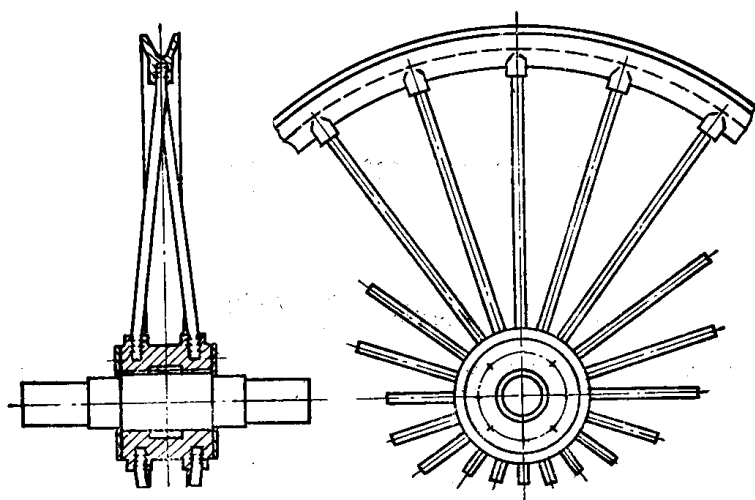


图 1-1 铸造辐条式铸铁天轮

极易磨损，一般只用1~3个月，而且磨损不均匀，易于压碎，故已很少采用。软金属衬垫耐用，但重量较重，价格较贵。塑料衬垫比较耐磨，一般可用一年多，价格也不高，是比较理想的衬垫材料。目前我国不少矿山采用废橡胶运输带做衬垫，因其取材方便，制作容易，使用寿命可达一年左右。带衬绳槽同铸铁绳槽相比，具有保护钢丝绳的作用，并且只须更换衬垫而不必更换天轮，但使得轮缘结构复杂，重量增加，天轮惯性加大，同时衬垫磨损较快，而且不均匀，须经常检查维护，定期更换。

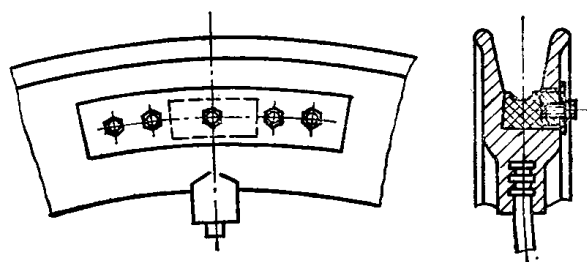


图 1-2 带衬天轮轮缘

钢丝绳在天轮上的磨损并不是引起钢丝绳损坏的决定性因素，造成钢丝绳损坏的原因很多，除弯曲疲劳和磨损外，还有提升机衬木不良，司机操作不熟练以及对钢丝绳维护不当，经常受腐蚀等。竖井提升用的钢丝绳损坏的主要原因是腐蚀和弯曲疲劳产生的断丝；斜井提升用的钢丝绳损坏的主要原因是腐蚀和在地滚及巷道底板上的磨损。实践证明使用到带衬天轮上的

的钢丝绳的寿命并不高于无衬的铸钢天轮和模压天轮的钢丝绳寿命。

由于铸铁天轮寿命太短，带衬天轮的衬垫须经常维护更换，消耗的衬垫材料较多，因此在煤炭工业部天轮标准设计中，直径 $D \leq 3$ 米的轮体采用整体铸钢结构，直径 $D \geq 3.5$ 米的轮体采用模压结构。

铸钢天轮过去也有采用铸造辐条式结构的，即圆钢辐条成放射状浇铸在铸钢的轮缘和轮毂内。这种结构的轮体重量较轻，但由于铸钢浇铸温度较高，浇铸时圆钢辐条端部表面易于熔蚀，因此辐条与轮缘、轮毂的联结不够牢靠，在天轮运转中可能松动。另外对于重要铸钢件，一般须进行退火处理，以使钢的晶粒细化，消除残留的内应力，从而提高机械性能。此种结构轮体铸造后，由于不能退火，故现在很少采用。

最近几年国外的天轮有采用焊接结构的，其轮缘用特殊型钢制成，轮毂为铸钢结构，轮辐一般是用型钢（U型、T型或角钢）制造，也有采用钢板制成封闭的圆盘结构型式

的。这类天轮结构比较先进，使用性能较好，但制造工艺比较复杂，目前国内制造尚有些困难，故未推广。

## (二) 轴及轴与轮毂的连接

天轮轴一般为阶段形轴，其材料多用45号优质炭素结构钢锻造。由于天轮轴在变应力状态下工作，应尽量降低轴上的应力集中，力求避免轴的剖面尺寸及刚度发生急剧变化，轴肩圆角半径亦要适当加大，各轴段表面光洁度应不低于 $\nabla 5$ 。轴须经调质处理，并进行探伤检查，不得有裂纹、夹层、疏松、气孔等缺陷，且不允许修补。

轴与轮毂一般采用楔键连接，因为楔键连接比较可靠。平键对中性好，但在运转中容易松动，因此最好不用。个别矿井有采用两对切向键的（间隔 $120^\circ \sim 135^\circ$ 配置），连接可靠，但对轴的削弱严重，键槽加工也比较困难。在部标准设计中，轴与轮毂采用普通楔键连接，为了减轻对轴的削弱，只将轴与键的接合面削平而不开键槽。装配时，键的斜面和轮毂键槽底面应完全贴服，楔键打入长度不得大于轮毂宽度，也不得小于轮毂宽度的 $\frac{7}{10}$ 。

轮毂的轴向定位采用挡板，固定挡板的螺栓拧紧后，应用无扭伤的镀锌钢丝串联锁紧，见图1-3。

在个别矿井出现过轴与轮毂的连接有松动现象，这主要是因为轴与轮毂的配合较松，键或键槽加工不精确以及轴承润滑不良，起动阻力较大等原因引起的。由于天轮处于频繁起动、反复变向、变速及紧急制动等工作状态中，配合较松就容易使轮毂相对于轴产生微小的滑动，因此轴与轮毂不宜采用间隙配合，一般可选用过渡配合中的 $\frac{H_8}{K_7}$ 。

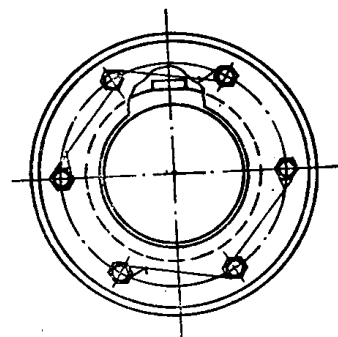


图 1-3 串联钢丝防松

## (三) 轴承

过去我国天轮大部分采用剖分式滑动轴承，滑动轴承具有承受冲击能力强，制造容易，价格较低等优点。图1-4为常用的天轮轴承结构，油环2固定在轴上，随轴一起转动，油环带上的油被刮油板5刮下，流经斜向注油孔进入润滑表面。该轴承的轴瓦分为四半，由于制造和安装的误差，致使两半下轴瓦受力不均，同时刮油板刮下的油量较小，进油孔也小，油不易进入润滑表面，密封也不够理想，漏油进水现象比较普遍，因此常常出现研瓦、烧瓦事故。另外，下轴瓦采用铝铁青铜材料制造，与之配合的轴颈一般均未进行表面淬火，故轴颈与轴瓦表面硬度差较小，轴颈容易磨损。图1-5为改进后的滑动轴承结构，带油轮2固定在轴端，下轴瓦为整瓦，改善了轴瓦受力情况，采用轴承合金作轴衬，有利于保护轴颈，也缩短了安装后试运转的跑合时间，密封为迷宫加皮碗式，使用比较可靠。

滑动轴承如果结构合理，经常维护，使用情况一般良好。但天轮系低速重载，间歇工作，双向转动，滑动轴承起动摩擦阻力较大，运转中油膜不易形成。同时由于我国南北方及季节不同温度变化较大，气温高时油变稀，油环带油量小，气温低时油流动性较差，不易进入摩擦副。如果润滑油选择不当，有时会出现缺油现象，因此采用油环作为润滑装置不够可靠，故滑动轴承常出事故，需经常检查加油，及时更换轴瓦，维修工作量较大。天轮安装在高达数十米的井架上，工人上下很不方便，这就大大增加了工人的劳动强度。另外润滑油消耗也较多。

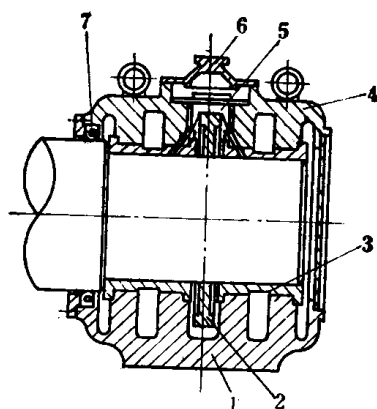


图 1-4 滑动轴承

1—轴承底座；2—油环；3—轴瓦；4—轴承盖；5—刮油板；6—顶盖；7—橡胶油封

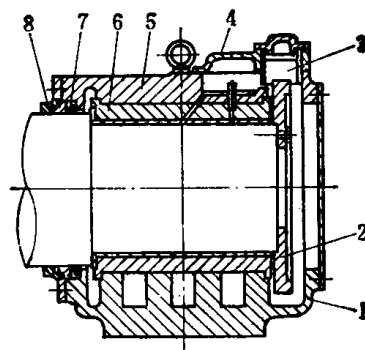


图 1-5 滑动轴承

1—轴承底座；2—带油轮；3—刮油板；4—顶盖；5—轴承盖；6—轴瓦；7—橡胶油封；8—密封环

近几年有些矿井采用了滚动轴承。滚动轴承起动摩擦阻力较小，适用于低速及经常起动。采用润滑脂润滑，密封简单，润滑可靠，不需经常维护，润滑剂消耗也较少。在部标准设计中，全部采用滚动轴承，其结构如图1-6所示。由于天轮安装条件较差，井架受力后难免有些变形，加之轴承座的制造，安装不够精确，很难保证两轴承同心，因此选用双列向心球面滚子轴承。轴承座主要参照标准轴承座Q/ZB91-73，Q/ZB92-73进行设计，其材料采用HT25-47灰铸铁，密封采用迷宫式。为了适应轴和天轮平台不同热胀的影响，装配时，应使其中一个滚动轴承的轴向完全紧固，而另一个则通过纸垫调整，使其两侧压盖各与外圈保持1~2毫米间隙，成为游动支承，以防止因轴的伸长或收缩引起的卡死现象。

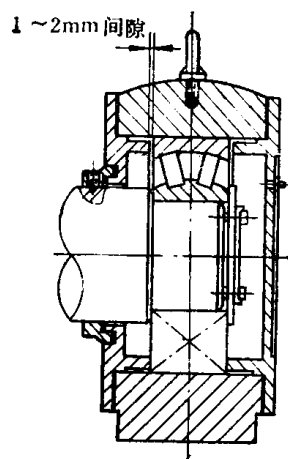


图 1-6 滚动轴承

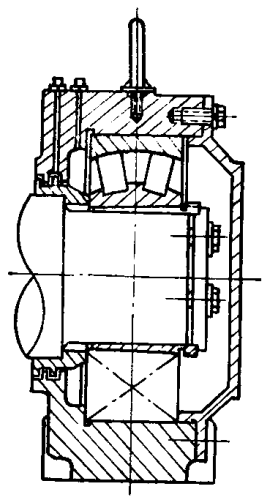
图 1-7  $\phi 5$ 米天轮滚动轴承

图1-7为 $\phi 5$ 米天轮的轴承结构，该轴承是根据天轮的具体工作条件设计的。由于天轮安装在很高的井架上，滚动轴承尺寸较大，更换不太方便，因此采用了具有圆锥内孔的双列向心球面滚子轴承，轴与轴承间安装有退卸套，通过旋紧轴端螺栓将滚动轴承固定在轴上，控制螺栓的旋转力矩，可以调节滚动轴承的径向游隙。退卸套的一端带有螺纹，拆卸时，旋转螺母（工具螺母）可将退卸套拉出，滚动轴承即可拆下。

## 二、游动天轮

提升钢丝绳在提升机滚筒上缠绕或放开时沿滚筒宽度方向摆动, 为保证钢丝绳正常缠绕, 并减轻钢丝绳与天轮轮缘的磨损, 《煤矿安全规程》第367条规定: 天轮到滚筒上的钢丝绳, 最大内外偏角不得超过1度30分, 当钢丝绳作两层或多层缠绕时, 一般取1度10分为宜, 以减轻咬绳现象。

斜井提升采用固定天轮时, 其提升机与天轮的布置应满足下列条件:

单钩提升时 (图1-8)

$$L \geq \frac{B}{2\operatorname{tg}\alpha} \quad (1-1)$$

双钩提升时 (图1-9)

$$L \geq \frac{2B + a - l}{2\operatorname{tg}\alpha_1} \quad (1-2)$$

$$L \geq \frac{l - a}{2\operatorname{tg}\alpha_2} \quad (1-3)$$

式中  $L$ ——提升机滚筒到天轮间的钢丝绳弦长, 串车提升时, 由于天轮架较矮, 可取提升机滚筒中心到天轮架的水平距离, mm;  
 $B$ ——提升机滚筒宽度, mm;  
 $a$ ——两滚筒之间的间隙, mm;  
 $l$ ——井筒轨道中心距, mm;  
 $\alpha$ ——允许的最大绳偏角, 可取  $1^\circ 10'$ ;  
 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——钢丝绳外、内偏角, 取  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1^\circ 10'$ 。

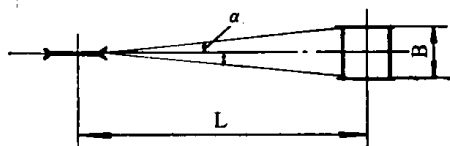


图 1-8 单钩提升

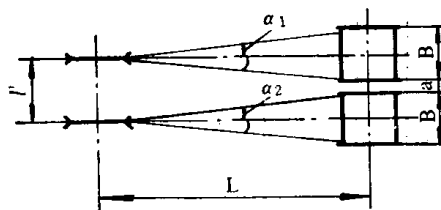


图 1-9 双钩提升

如果不能满足上述条件, 则应采用游动天轮。对于串车提升, 因受条件限制 (如井下), 并考虑摘挂钩方便等因素, 车场布置一般都要求提升机至天轮架间的距离不宜过长, 同时天轮架也较矮, 故大多数都采用游动天轮。

过去游动天轮多数采用固定轴的类型, 见图1-10, 由于轮毂中油腔存不住油, 因此经常缺油, 形成干摩擦, 灰尘进入摩擦表面后, 轴与轴套很快被磨损。轮体采用铸铁制造, 使用寿命也很短。部标准设计中轮体采用铸钢结构, 轴端安装有滚动轴承, 见图1-13, 轮体主要是随轴一起转动, 也能在轴上滑动, 改善了润滑条件, 减小了摩擦阻力, 有利于减轻钢丝绳在绳槽上的磨损。

游动天轮的钢丝绳围包角一般较小, 大多数在  $30^\circ$  以下, 并常常用于暗斜井, 因受提升系统的条件限制, 轮体直径不宜过大, 同时直径大、惯性也大, 起动与制动时容易出现钢

钢丝绳打滑现象，轮体游动也困难。在斜井提升中，钢丝绳主要是由于在巷道底板和地滚上的磨损与腐蚀而报废，弯曲疲劳并不突出，因此，游动天轮可按轮体最小底圆直径与钢丝绳直径之比大于或等于40倍进行设计。

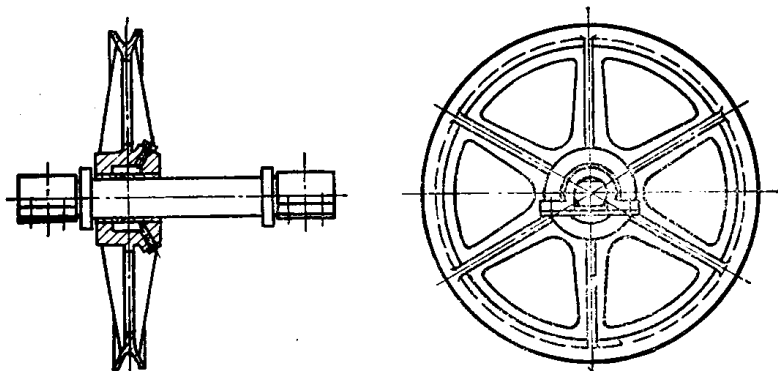


图 1-10 游动天轮

煤炭工业部标准设计中的井上固定天轮、凿井兼井下固定天轮、游动天轮的系列、基本参数与尺寸见图1-11、图1-12、表1-1、表1-2、图1-13、表1-3。

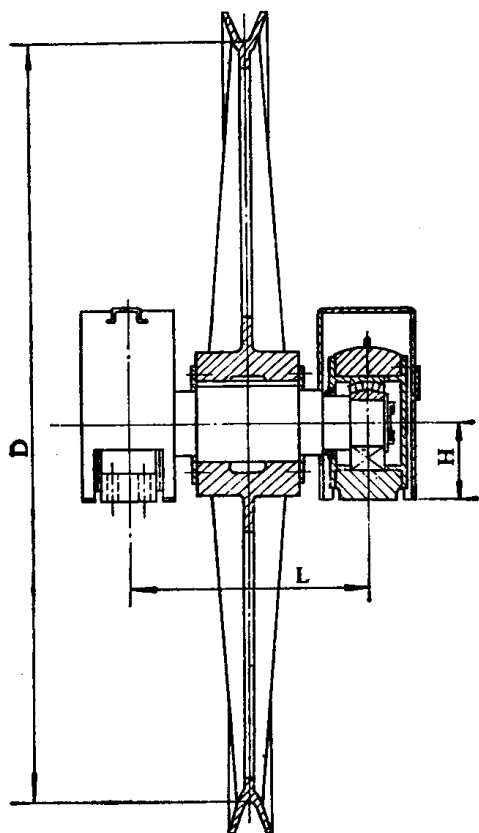


图 1-11 铸钢天轮

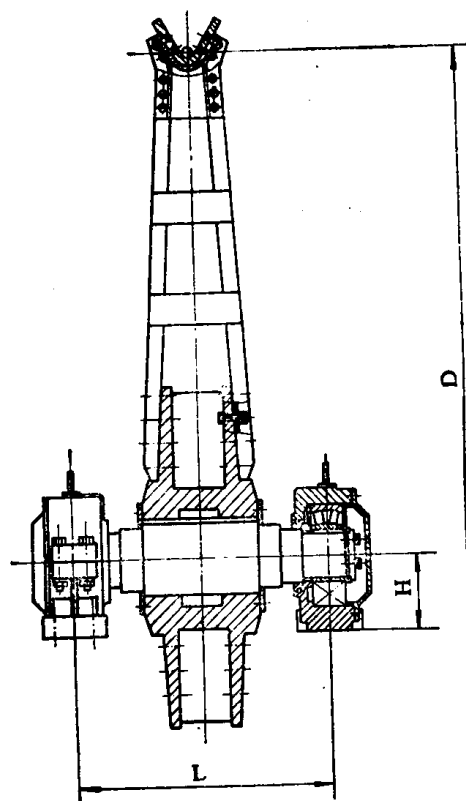


图 1-12 模压天轮

为了适应不同的井筒深度和提升重量，规定了每种直径的固定天轮可以使用几种不同的钢丝绳直径范围。

适用的最大钢丝绳直径主要是根据《煤矿安全规程》规定的天轮的最小底圆直径同钢丝绳直径之比值确定的：

井上固定天轮:  $d_K \leq \frac{D}{80}$  (D为天轮直径,  $d_K$ 为适用的最大钢丝绳直径);

凿井兼井下固定天轮  $d_K \leq \frac{D}{60}$ ;

游动天轮  $d_K \leq \frac{D}{40}$ 。

表 1-1 井上固定天轮基本参数与尺寸

| 序号 | 型号                      | 名义直径<br>D | 绳槽半径<br>R | 适用钢丝绳直径范围 | 允许的钢丝绳破断拉力总和 | 两轴承中心距<br>L | 轴承中心高<br>H | 轴承型号   | 地脚螺栓孔尺寸 |     |                |   | 变位质量 | 质量   |
|----|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|------------|--------|---------|-----|----------------|---|------|------|
|    |                         | D         | R         |           |              |             |            |        | A       | B   | d <sub>1</sub> | n |      |      |
|    |                         | mm        |           |           | kgf          | mm          |            |        | mm      |     |                | 个 | kg   | kg   |
| 1  | TSG $\frac{1600}{9.5}$  |           | 9.5       | 15~17     |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 2  | TSG $\frac{1600}{10}$   | 1600      | 10        | >17~18.5  | 30450        | 600         | 140        | 3616   | 340     | 60  | 22             | 8 | 222  | 593  |
| 3  | TSG $\frac{1600}{11}$   |           | 11        | >18.5~20  |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 4  | TSG $\frac{2000}{12}$   |           | 12        | >20~21.5  |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 5  | TSG $\frac{2000}{12.5}$ | 2000      | 12.5      | >21.5~23  | 45850        | 700         | 180        | 3620   | 460     | 80  | 32             | 8 | 307  | 841  |
| 6  | TSG $\frac{2000}{13.5}$ |           | 13.5      | >23~24.5  |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 7  | TSG $\frac{2500}{15}$   |           | 15        | >24.5~27  |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 8  | TSG $\frac{2500}{16}$   | 2500      | 16        | >27~29    | 66150        | 800         | 200        | 3624   | 485     | 80  | 32             | 8 | 550  | 1512 |
| 9  | TSG $\frac{2500}{17}$   |           | 17        | >29~31    |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 10 | TSG $\frac{3000}{18}$   |           | 18        | >31~33    |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 11 | TSG $\frac{3000}{19}$   | 3000      | 19        | >33~35    | 101000       | 950         | 240        | 3630   | 600     | 92  | 40             | 8 | 781  | 2466 |
| 12 | TSG $\frac{3000}{20}$   |           | 20        | >35~37    |              |             |            |        |         |     |                |   |      |      |
| 13 | TSM $\frac{3500}{23.5}$ | 3500      | 23.5      | >37~43    | 142000       | 1000        | 275        | 3632   | 680     | 108 | 46             | 8 | 1133 | 3737 |
| 14 | TSM $\frac{4000}{25}$   | 4000      | 25        | >43~46.5  | 148000       | 1030        | 280        | 113636 | 680     | 130 | 40             | 8 | 2030 | 5295 |
| 15 | TSM $\frac{5000}{29}$   | 5000      | 29        | >46.5~52  | 181500       | 1030        | 300        | 113640 | 740     | 150 | 46             | 8 | 2700 | 7239 |

为了加大绳槽对钢丝绳的支承面, 限制并减小钢丝绳断面形状在绳槽中的变化, 以便减轻钢丝绳股中的内摩擦, 部标准中的铸钢天轮轮缘绳槽夹角采用40°。

天轮轮缘的设计应符合《煤矿安全规程》第371条规定: 通过天轮的钢丝绳必须低于天

表 1-2 凿井兼井下固定天轮基本参数与尺寸

| 序<br>号 | 型<br>号                  | 名义<br>直径 | 绳槽<br>半径 | 适用钢<br>丝绳直<br>径范围 | 允许的<br>钢丝破<br>断拉力<br>总 | 两轴承<br>中心距<br>L | 轴承中<br>心 高<br>H | 轴<br>承<br>型<br>号 | 地 脚 螺 栓 孔 寸 |     |                |   | 变<br>位<br>质<br>量<br><br>kg | 质<br>量<br><br>kg |
|--------|-------------------------|----------|----------|-------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|-----|----------------|---|----------------------------|------------------|
|        |                         | D        | R        |                   |                        |                 |                 |                  | A           | B   | d <sub>1</sub> | n |                            |                  |
|        |                         | mm       |          |                   | kgf                    | mm              | mm              |                  |             | 个   |                |   |                            |                  |
| 1      | TXG $\frac{1200}{8.5}$  |          | 8.5      | 13~15             |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 2      | TXG $\frac{1200}{9.5}$  | 1200     | 9.5      | >15~17.5          | 26850                  | 550             | 140             | 3616             | 340         | 60  | 22             | 8 | 152                        | 470              |
| 3      | TXG $\frac{1200}{10.5}$ |          | 10.5     | >17.5~19.5        |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 4      | TXG $\frac{1600}{12}$   |          | 12       | >19.5~22          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 5      | TXG $\frac{1600}{13}$   | 1600     | 13       | >22~24            | 46750                  | 600             | 180             | 3620             | 460         | 80  | 32             | 8 | 245                        | 741              |
| 6      | TXG $\frac{1600}{14}$   |          | 14       | >24~26            |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 7      | TXG $\frac{2000}{15.5}$ |          | 15.5     | >26~28.5          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 8      | TXG $\frac{2000}{16.5}$ | 2000     | 16.5     | >28.5~30.5        | 72100                  | 700             | 200             | 3624             | 485         | 80  | 32             | 8 | 363                        | 1150             |
| 9      | TXG $\frac{2000}{18}$   |          | 18       | >30.5~32.5        |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 10     | TXG $\frac{2500}{19}$   |          | 19       | >32.5~35          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 11     | TXG $\frac{2500}{21}$   | 2500     | 21       | >35~37.5          | 111000                 | 800             | 240             | 3630             | 600         | 92  | 40             | 8 | 695                        | 2089             |
| 12     | TXG $\frac{2500}{22}$   |          | 22       | >37.5~40          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 13     | TXG $\frac{3000}{23}$   |          | 23       | >40~42.5          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |
| 14     | TXG $\frac{3000}{25}$   | 3000     | 25       | >42.5~45.5        | 173500                 | 950             | 300             | 3636             | 770         | 128 | 54             | 8 | 1100                       | 3580             |
| 15     | TXG $\frac{3000}{26}$   |          | 26       | >45.5~48          |                        |                 |                 |                  |             |     |                |   |                            |                  |

表 1-3 游动天轮基本参数与尺寸

| 序<br>号 | 型<br>号                     | 名义直径 | 绳槽半径 | 适用钢丝绳直径范围 | 作用在轴上的最大力 | 最大游动距离 | 轴承中心距 | 轴承中心高 | 轴承型号 | 地脚螺栓孔尺寸 |    |                |   | 质<br>量<br><br>kg |
|--------|----------------------------|------|------|-----------|-----------|--------|-------|-------|------|---------|----|----------------|---|------------------|
|        |                            | D    | R    |           |           | S      | L     | H     |      | A       | B  | d <sub>1</sub> | n |                  |
|        |                            | mm   |      |           | kgf       | mm     |       |       |      | mm      |    |                | 个 |                  |
| 1      | TD $\frac{600}{300}$       | 600  | 8.5  | 14~15.5   | 7380      | 300    | 670   | 95    | 3610 | 260     | —  | 17             | 4 | 131              |
| 2      | TD $\frac{800}{700}$       | 800  | 10.5 | >15.5~19  | 10710     | 700    | 1100  | 95    | 3610 | 280     | —  | 17             | 4 | 214              |
| 3      | TD $\frac{1000}{800}$      | 1000 | 13.5 | >19~25    | 18380     | 800    | 1250  | 130   | 3613 | 350     | —  | 26             | 4 | 424              |
| 4      | TD $\frac{1400}{740}$ (1)  | 1400 | 17   | >25~31    | 31277     | 740    | 1300  | 140   | 3616 | 340     | 60 | 22             | 8 | 673              |
| 5      | TD $\frac{1400}{1350}$ (2) |      |      |           |           | 1350   | 1900  |       |      |         |    |                |   | 850              |

注：天轮代号 T—天轮；S—井上固定；X—井下固定；D—游动；G—铸钢结构；M—模压结构。



轮的轮缘，其高差不得小于钢丝绳直径的1.5倍。轮缘绳槽半径一般可按  $R > \frac{d_K}{2} (1 + 0.08)$  选取。

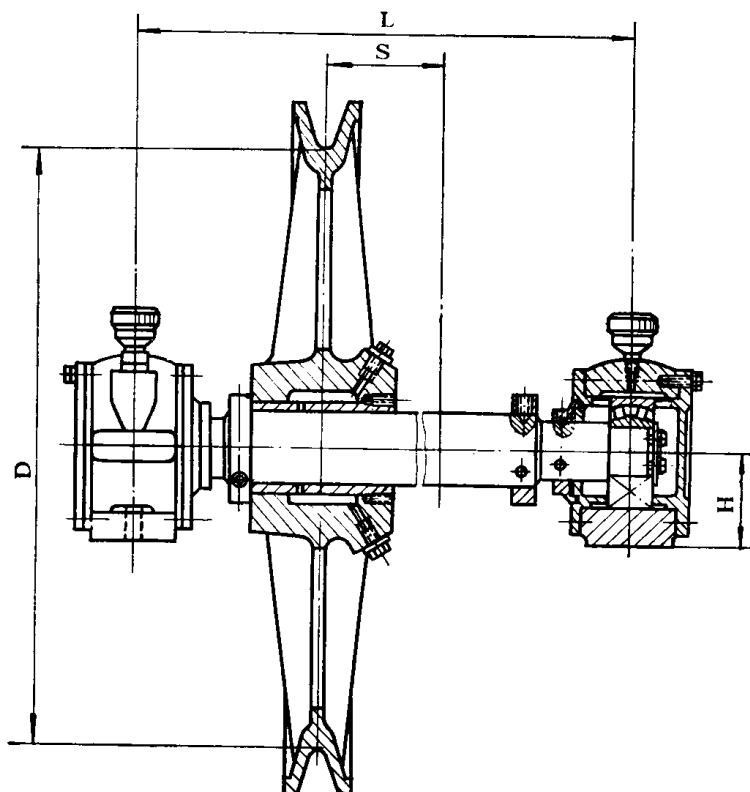


图 1-13 游动天轮

选用天轮主要根据提升钢丝绳直径和《煤矿安全规程》有关规定选取。一般用于地面立井提升的选用井上固定天轮（通常天轮直径等于提升机滚筒直径）；用于凿井或井下立井提升的选用凿井兼井下固定天轮；对于斜井提升，因钢丝绳围包角一般都小于  $90^\circ$ ，故可选用凿井兼井下固定天轮或游动天轮。

## 第二节 固定天轮计算

固定天轮计算主要包括对轮体和轴的强度计算以及滚动轴承选择计算等。

天轮强度计算是在钢丝绳破断时，天轮各构件不产生残余变形或损坏的条件下进行的。钢丝绳的实际破断力小于钢丝绳钢丝破断拉力总和，因为钢丝绳受力后，其张力不是在每根钢丝上均等分布，每根钢丝所受的磨损和腐蚀程度也不一样，因此全部钢丝同时被拉断的情况实际上是不存在的，但计算天轮强度应以上极限为依据，故取钢丝绳破断拉力总和作为计算载荷。

天轮计算的原始条件：

天轮名义直径；

适用的最大钢丝绳直径；

钢丝绳全部钢丝破断拉力总和；