

高等學校教材用書

礦井提昇機的 計算和設計

苏联 布·勒·達維道夫著

煤炭工業出版社

高 等 学 校 教 学 用 书

礦 井 提 昇 机 的 計 算 和 設 計

苏联工學博士 布·勒·達維道夫教授著

北京礦業學院礦山機械設備教研組譯

苏联高等教育部審定作为高等礦業学校机电專業教材

煤 炭 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書闡述了提昇機傳動裝置的構件——制動器、絞筒、离合器和主軸承——的計算和設計問題。作者對制動器、絞筒輪幅和鋼繩多層纏繞時的絞筒外殼等的計算所作的論斷是第一次以總結方式出現於出版物中的。

本書可作為高等礦業學校機電專業教材，並可供提昇運輸機製造工廠和礦山機器製造工廠設計師的參考。

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

В. Л. ДАВЫДОВ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社1949年莫斯科第一版翻譯

書 號 278

礦井提昇機的計算和設計

北京礦業學院礦山機械設備教研組譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京圖書刊出登記證出字第084號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯：景建中 魏維益 校對：戴佩瑛 陳楓

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 13 $\frac{1}{2}$ 印張 * 307千字 * 定價(8)2.12元

一九五六年二月北京第一版第一次印刷(1—2,100冊)

前 言

苏联恢復和繼續發展國民經濟的战後五年計劃中向苏联煤炭工業提出了一个明確的任务——在五年計劃的最後一年中，煤的年產量要達到2億5千万噸的水平。煤炭工業進一步發展的远景，已由斯大林同志於1946年2月9日在莫斯科城斯大林選區選民大会的演說中指出，在最近15—20年內，煤的年產量必須達到5億噸。

要完成这个偉大的任务，需要建設幾十个規模宏大的礦井；而要从地下宝藏中把煤提出來，則需要生產幾百台提昇机。

其他的探礦工業部門：如金屬礦、岩鹽礦、非金屬礦等等也提出需要不少的提昇机。

製造礦井提昇机乃是苏联机器製造業新的領域。革命前的俄國是不知道生產礦井提昇机的。在那个時候，从深度不大和生產率較小的礦井內提出有益礦物是利用蒸汽絞車。蒸汽絞車在規模上和保險、保護綜合裝備的完善上都是不能与電動提昇机作任何比拟的。纏繞鋼繩的絞筒直徑不大，很少遇到絞筒直徑大於3米的提昇机。

僅僅在斯大林五年計劃的年代裏，在苏联才開始安排生產礦井提昇机。在1935年，以斯大林命名的新克拉馬托爾斯基工廠出產了裝備着新型压气制動器的、絞筒直徑為5米的第一台礦井提昇机。从这个時候起，礦井提昇机的生產開始有了巨大的增長。許多工廠都轉到礦井提昇机的生產上來。苏联提昇机在迅速地改善和愈加完美。在它生產的头幾年裏就已大大地超过國外較好的製品。

政府对掌握國產礦井電動提昇机的巨大關懷和在这条戰綫上

的工作人員的重大成就，其最好的証明就是最近幾年內苏联提昇机的創造者們曾兩次榮獲了斯大林獎金。

本書是根据以斯大林命名的新克拉馬托爾斯基工廠、以頓巴斯共青团十五周年命名的斯大林工廠和國家煤礦机械設計院頓巴斯分院等从事於提昇机設計、恢復和生產的主要机關的經驗而寫成的。在本書中所敘述的計算方法在恢復被德國侵略者所破坏的頓巴斯各礦提昇机中經過了驗證。

作者甚為希望：這本書對於在提昇机設計部門工作的設計師們以及對於高等學校的採礦業和机器製造業的學生們將有所助益。

作 者 的 話

本書是由作者自1940年以來在以赫魯曉夫命名的頓涅茨工業學院煤礦機械製造專業課程的講義整理出來的，它是闡述礦井提昇機的計算和設計等一系列根本問題。

任何礦井提昇機，甚至絞筒直徑為4—5米的中型提昇機，都是重達120—150噸的巨型聯動機。在設計這種機器的時候，由於提昇設備的特殊工作條件而引起特殊困難。若沒有關於設計提昇機的一套有系統的知識，那常常會導致嚴重的錯誤，由此而減低了制動工作的可靠性，使絞筒變為非常龐大或者是不夠堅牢等。同時，提昇機的特殊零件，例如絞筒外殼等，在計算時不能限於一般機械零件課程中所陳述的方法，而不得不採用建築力學和应用力學的特殊方法。

在本書所研究的問題中，我想首先指出下列幾點：

1) 利用阿戈里達-金涅吉原理(теорема Арнольда-Кеннеди; 即為三心定理——譯者註)來保證一副閘瓦在制動輪上的壓力達到相等的方法；

2) 在考慮到絞筒的載荷與外殼本身彈性的關係時對絞筒外殼進行計算，以及在鋼繩多層纏繞時對外殼進行與此有關的計算；

3) 在考慮到自重和閘瓦作用而產生的應力時對絞筒輪輻的計算；

4) 齒輪式離合機構中齒的強度計算。

減速器的計算是同以斯大林命名的新克拉馬托爾斯基工廠所採用的一樣，但是，有很多方面是以工程師 А. И. 彼得魯舍維奇的補充數據所校正的。為了簡化起見，主要是為了可能按照定出的力矩預先確定嚙合模數，所以我們把他的計算公式稍加改造。

應該指出：在以斯大林命名的新克拉馬托爾斯基工廠和彼得魯舍維奇工程師的方法中是按照預先定出的模數而確定產生的應力。事實證明，這並不是永遠適宜的。

在本書中，我們不研究關於提昇機絞筒外殼的穩定性問題，這是由於絞筒外殼的穩定性需要特殊理論的研究。因為按照絞筒外殼的構造和載荷特性來說，都不能認為它是承受着水靜壓力的厚度不變的圓筒外殼。對於提昇機絞筒外殼，至少存在着三個特殊的條件：

1. 由於絞筒上的外壓力與外殼的彈性有關，鋼繩的壓力如在第五章所研究，並不類似於水靜壓力。

2. 如果有加強外殼徑向剛度的木襯，便使提昇機外殼的穩定性問題變為在每個垂直方向有不同剛度的外殼穩定性問題。

3. 因為在絞筒上的外載荷是由纏繞鋼繩造成的，所以穩定性的失去，即外殼的變形，祇可與纏繞在絞筒上的鋼繩一起發生。而鋼繩的剛度亦影響到外殼穩定性的增加。

這些條件對保持絞筒外殼的穩定形狀具有決定性的意義，這是很好為實踐所証實的。儘管有許多礦井提昇機，其絞筒在大多數情形下外殼總共才有10—14毫米，而在非常大的拉力下運轉，但是絞筒外殼失去穩定性的情形尚未見過。在頓涅茨煤田的提昇機運轉實踐中的任一情況亦屬於此。在外殼一些部分由於應力被提高到屈服限而使局部凹陷的情形是見過的（在木襯磨損時，即在木襯厚度小時）；然而，由於外殼穩定性的消失而使絞筒破壞則未見過。

這個情況給了我們一種權利在計算外殼時不以「穩定性」為準則。至少在考慮到所有被指出的因素而對外殼的穩定性進行研究以前是可以的。

還要指出：根據我們自己的經驗，在計算外殼時，避免用外殼圓筒剛度的概念，而用單位寬度的慣性矩來代替它。雖然在

这种替换中破坏了截面惯性矩的通常因次。但既然这种破坏僅僅帶來形式上的特徵，我們不認為它是本質上的破坏。为了不失掉惯性矩的物理意义，對於外殼的單位寬度我們引用惯性矩的因次

$$\text{为} \left[\frac{\text{厘米}^4}{\text{厘米}} \right]。$$

本書的篇幅有限，不能考查一系列的問題，如制動樑和制動器零件的強度計算，提昇機的制動測量裝置和保護裝置的構造等等。

由於初次嘗試以及關於礦井提昇機的計算和設計問題的新穎，本書缺點畢竟在所難免。關於本書的一切指教，著者均將衷心感謝地接受。

Б. Л. 達維道夫教授

中文版序言

作者所著「礦井提昇機的計算和設計」一書，可作為礦業學院學生的參考書，也可作為重型機械製造廠設計師們設計礦井提昇機的參考書。

現今的中國工業也已掌握了礦井提昇機的製造技術。因此，著者認為本書中文版的印行對於中國的設計師們和學生們是有所助益的。

自從本書俄文版印行(1949年)以來的一段時間內，在礦井提昇機設計領域中的技術，的確為一系列的新內容豐富了。然而，這些革新主要地祇涉及到制動器傳動機、控制測量裝置和保護裝置等的構造。至於提昇機的主要部分：如制動器、絞筒、軸等，和這些部分的計算方法，基本上並沒有改變，完全可為中國的專家們所採用。

北京礦業學院助教夏榮海同志不僅把本書譯成中文，並且非常深入和細心地校對了所有公式和改正了俄文版中存在的一些缺點和刊誤，著者衷心地對他表示感謝。

Б. Л. 達維道夫教授

ПРЕДИСЛОВИЕ К КИТАЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Книга "Расчет и конструирование шахтных подъемных машин" написана автором, как учебное пособие для студентов горных вузов и как пособие по проектированию шахтных подъемных машин для конструкторов заводов тяжелого машиностроения.

В настоящее время китайская промышленность также освоила изготовление шахтных подъемных машин, вследствие чего автор полагает, что издание этой книги на китайском языке окажется полезным для китайских конструкторов и студентов.

За время, прошедшее от момента издания этой книги на русском языке (1949 г.) техника в области конструирования шахтных подъемных машин, конечно, обогатилась целым рядом новшеств. Однако, эти новшества коснулись, главным образом, конструкций тормозных приводов, контрольно-измерительной и защитной аппаратуры, что же касается коренной части подъемных машин и методов расчета прочности таких ее элементов, как тормоза, барабаны валы и т. д., то они, в основном, остались без изменения, и могут быть полностью использованы китайскими специалистами.

Автор считает своим долгом выразить благодарность ассистенту Пекинского Горного Института тов. Ша Жун-хаю, который не только взял на себе труд перевести эту

книгу на китайский язык, но и с большой глубиной и тщательностью проверил вывод всех формул и устранил те неточности и опечатки, которые имелись в русском издании.

Проф. Давыдов.

譯 者 的 話

正如原著者在中文版的序言上所指出的一樣，「礦井提昇機的計算和設計」一書中文版的印行，對於我國正在以蘇聯先進經驗為指導來進行的社會主義建設是有其意義的。本書的材料是蘇聯社會主義建設的先進經驗積累起來的成果，材料是新穎的，帶有創造性的，而且又是實際的。因此，對於從事於礦井提昇機設計的工程師們是切實可用的。本書在本教研組對礦山機械製造專業所開的「礦井提昇機械」這一課程中，就起了重大的作用，幫助我們解決了教學改革中缺乏教材的困難。

在翻譯的過程中，曾經得到原著者，即在本院工作的蘇聯專家達維道夫教授的關懷與指導，解決了翻譯過程中所遇到的很多困難問題，使翻譯工作得以順利地進行和完成。專家並在百忙中抽空為中文版書寫序言，這是本教研組應當感謝的。

本書由本教研組夏榮海同志翻譯，並經李隆華同志校閱，但由於出版時間比較匆促，特別是校譯者的俄文和業務水平有限，謬誤在所難免。有關對譯文的意見，請逕寄本教研組，以便修正，不勝感謝。

北京礦業學院

礦山機械設備教研組

目 錄

前言

作者的話

中文版序言

譯者的話

第一章 礦井提昇機的機構及用途	11
§ 1. 提昇設備的工作條件及特性	11
§ 2. 提昇機的機構	14
§ 3. 提昇機的选择	26
§ 4. 提昇機計算的基本原理	27
第二章 制動器	32
§ 5. 制動器的機構及用途	32
§ 6. 對制動器的各項要求	40
§ 7. 閘瓦的理論	51
§ 8. 角度移動式閘瓦的理論	57
§ 9. 制動系統免除自制的條件	61
§ 10. 角度移動式制動器閘解分析計算法	62
§ 11. 平行移動式制動器的使用條件	65
§ 12. 平行移動式制動器的理論	69
§ 13. 提昇機的新型制動器	81
第三章 絞筒	81
§ 14. 圓柱形絞筒的構造	81
§ 15. 在鋼繩單層纏繞時作用於圓柱形絞筒外殼的外力 (近似解法)	98
§ 16. 由捲上(捲下)絞筒的鋼繩所造成的筒殼的彎曲及扭轉	107
第四章 圓柱形絞筒外殼的計算	109
§ 17. 絞筒外殼的微分方程式	109

§ 18. 外殼方程的積分	121
§ 19. 沿軸方向廣義力的確定	125
§ 20. 支環對絞筒外殼強度的影響	127
§ 21. 絞筒外殼及木襯應力的確定	134
§ 22. 斜撐對絞筒外殼強度的影響	137
§ 23. 絞筒外殼計算例題	143
第五章 在鋼繩多層纏繞的情況下絞筒外殼計算的特點	154
§ 24. 為外殼彈性的函數的絞筒外載荷	154
§ 25. 在鋼繩多層纏繞的情況下絞筒外殼的計算	163
§ 26. 當考慮纏在絞筒上的鋼繩的拉力與外殼本身的彈性間的相互關係時絞筒外殼的計算例題	170
a) 在鋼繩單層纏繞的情況下外殼的計算	170
b) 在鋼繩雙層纏繞的情況下外殼的計算	175
第六章 纏繞機構的輪輻的計算	177
§ 27. 圓柱形絞筒輪輻的載荷	177
§ 28. 絞筒自重、纏繞在絞筒上的鋼繩和鋼繩的拉力在輪輻上所 造成的應力	179
§ 29. 由於纏繞在絞筒上的鋼繩使外殼壓縮而在輪緣及輪輻中產 生的應力	183
§ 30. 由於閘瓦的作用而在輪輻中發生的作用力	189
§ 31. 由絞筒上的扭轉力矩所造成的輪輻的彎曲和這個力矩在絞 筒的兩排輪輻間的分佈	194
a) 雙絞筒提昇機	199
b) 單絞筒提昇機	203
§ 32. 輪輻中總應力的確定(例算)	209
§ 33. 絞筒支輪的輪緣計算	213
第七章 主軸	224
§ 34. 軸的構造	224
§ 35. 軸承	234
§ 36. 主軸的正常載荷	236

§ 37. 主軸的非常載荷	244
§ 38. 彎曲力矩、撓度和支座反作用力的確定	248
§ 39. 主軸的強度	251
§ 40. 主軸計算例題	270
第八章 提昇機的減速器	291
§ 41. 減速器的機構及用途	291
§ 42. 減速器的設計	304
a) 傳動類型	304
б) 齒的螺旋角	303
в) 齒形	307
г) 齒輪寬度的選擇	308
д) 傳動齒數及模數的選擇	303
е) 嚙合的修正	310
ж) 傳速比的選擇	310
з) 精度等級的選擇和齒的尺寸與公差的確定	310
и) 齒輪材料和熱處理的選擇	313
§ 43. 計算載荷的確定	314
§ 44. 輪齒的計算	321
a) 齒中應力的確定	321
б) 許用應力的選擇	331
§ 45. 齒輪的尺寸	333
§ 46. 減速器的潤滑	333
§ 47. 齒輪傳動的例算	343
第九章 提昇機的离合器機構	349
§ 48. 离合器的構造	349
§ 49. 离合器的載荷	353
§ 50. 扇型齒輪离合器的計算法	357
§ 51. 离合器齒的強度計算	373
a) 齒型离合器的齒的計算	373
б) 扇型离合器的齒的計算	382
§ 52. 摩擦离合器的計算	383

第一章 礦井提昇機的機構及用途

§ 1. 提昇設備的工作條件及特性

在現代礦井設備的各種機械與機構中，提昇設備佔有特別重要的地位，因為它是地下巷道與地面連接的唯一環節。

所有運上地面及下放到礦井裏的重物如有益礦物（煤，礦石，鹽及其他），矸石，人員，設備（截煤機，水泵，電機車，礦車等），支柱及爆破材料等都非經礦井提昇機運送不可。因此，提昇設備長期的停工及修理，將會使全礦的工作陷於停頓。現代礦井，照例地最少安設有兩套提昇設備——箕斗的及罐籠的；前者僅適用於運送有益礦物，而後者根據其提昇能力則主要為了完成輔助作業。因此，即使一套提昇設備發生事故也會大大地影響全礦工作的正常進行。

為了保證能夠不間斷地工作，在礦井安設一套重複的提昇設備，例如：安設兩套箕斗提昇，其中一套永遠地作為備用，這是不合理的。因為提昇機、井架及其他設備都很貴，並且為了備用的提昇設備需有獨立的井筒及井底車場，從經濟上來看，這是不合算的。

由此，提昇設備應當這樣設計和計算，以期保證其工作的高度可靠性。在半年以內，一晝夜連續停工無需5—6小時以上，在運轉20—25年中，六個月內連續停工無需超過兩晝夜。25年應視作下限。已知有提昇設備在35—40年內或更長久的時期內無間歇地工作的情形（除去為日常修理及更換自然磨損的部件以外）。

大型礦井提昇設備每天可運送4000—6000噸有益重物，一晝夜消耗的能量達20 000瓩小時。

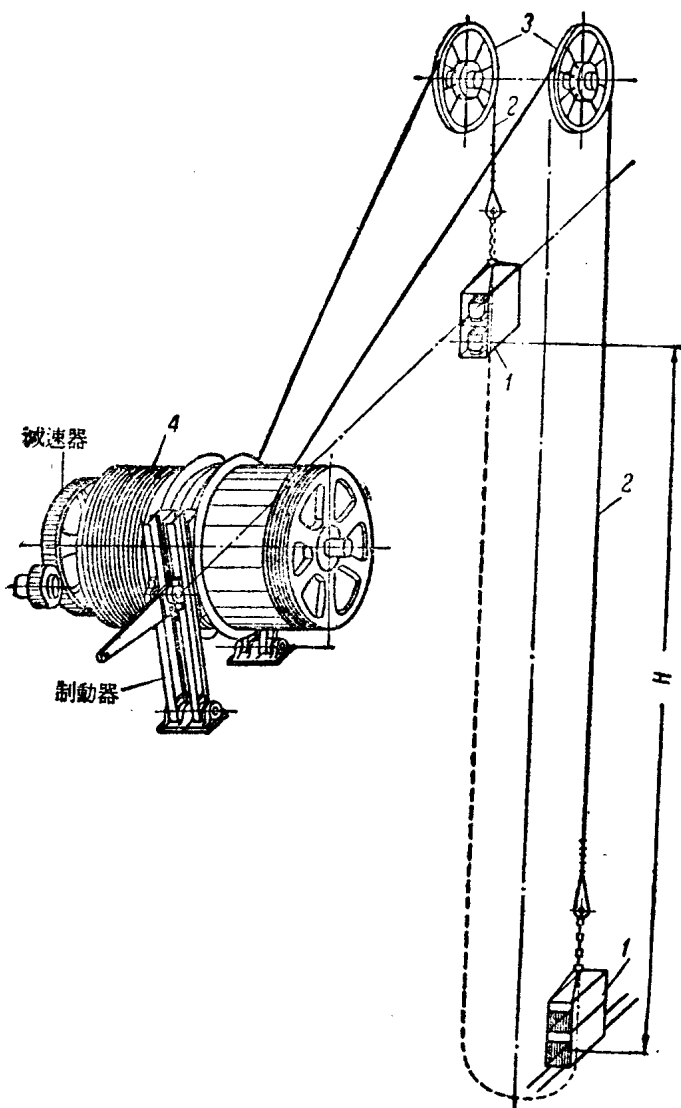


圖 1 提昇設備系統圖