

171578

长途电信机件设计

К. П. 耶戈罗夫 著
苏联 Г. П. 吉汉诺夫
潘 英 楊亞恩 譯

人民邮电出版社

長途電信機件設計

著者 K. П. 耶戈羅夫 Г. П. 吉汶諾夫

譯者 潘 葵 楊 亞 恩

人民郵電出版社

К. П. ЕГОРОВ и Г. П. ТИХАНОВ

КОНСТРУИРОВАНИЕ

АППАРАТУРЫ

ДАЛЬНОЙ СВЯЗИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1955

內 容 提 要

本書較有系統地分析了長途電信機件的設計、結構及製造等問題，第一章論述長途電信機件的發展過程。第二至十章，詳細地分析了各種元件的特性、要求、結構及製造方法，包括熱敏電阻、鍍金電線圈、晶體諧振器、干式整流器等。第十一章專門敘述換接零件。第十二和十三章介紹機件結構總體設計，第十四章論述屏蔽和接地問題，第十五章介紹機件內部布線的方法，第十六章和附錄提供了機件設計的必要參考資料。本書對長途電信機械製造、設計部門的工程技術人員極為有用，對於維護使用部門的工程技術人員也是重要的參考資料，對高等學校通信專業的学生也有參考價值。

長 途 電 信 機 件 設 計

著 者：蘇聯 К. П. 耶戈羅夫 Г. П. 吉漢諾夫

譯 者：潘 瑛 楊 亞 恩

校 者：蔣 家 仁 陳 偉 燕

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北 京 東 四 條 13 號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第0四八號)

印 刷 者：北 京 市 印 刷 一 廠

發 行 者：新 華 書 店

開本 850×1168 毫米

印張 13 張 頁 214

印 數 350,000 冊

印 價 1.15 元

1958年5月北京第一版

1958年5月北京第一次印刷

號 251 15045 • 總 713 4139

定價 (10 2.30 元)

引 言

目前已經出版了許多关于有綫長途通信問題及多路載波系統的書籍。苏联作者亦写了許多專論和教本，詳細地討論了長途通信系統構成的基本理論和各种机件的电气計算。但关于長途通信机件的設計問題，情形并不如此。通常在講述电气計算时，对这类問題只順便提一下，并且有許多問題在文献中一般是不講的。

苏联共产党第十九次代表大会決議所規定的大力發展長途有綫通信裝置和多路無綫电綫路乃是各个相应通信工業和运用部門進一步發展的前提。將苏联工程师們在長途通信机件設計方面所累积的經驗加以总结和系統化的需要，已是刻不容緩了。据作者所知，本書还是这方面的第一个嘗試。因此，关于本書缺点的任何意見都是非常欢迎的。

本書講述長途通信机件中各种配件和部件以及整个机件的設計方面的基本知識。这些知識不仅对長途通信系統制造部門的电气設計师和电工技术員極為有用，并且对長途通信系統使用部門的維護工程师和檢修工程师等亦非常需要。

本書的对象是有关技术部門的工程师和电工技术員，但对一般技术人員和电气工程学院及大学电工專業的高年級学生也有一定的参考价值。

为了在实际工作中更方便地应用本書起見，書末还附有包括相当丰富的查考資料的附录。

第1,4,5,6,7,8,9,10和14章是 K.П. 耶戈罗夫写的，第2,3,11,15和16章是 Г.П. 吉汉諾夫写的，第12和13章則是兩人合写的。

本書材料的編纂則由 К.П. 耶戈羅夫擔任。

在寫作過程中，作者接受了 Н.Н. 舒爾茲， Т.С. 郭路卡契娃，
В.М. 沙洛金， Б.С. 克雷朋諾夫， Я.И. 維利金 和 Л.И. 拉布金等
所提的許多寶貴意見。作者也得到 П.П. 阿凡林， Я.Ф. 魯謝寧和 Д.А.
叶莫拉耶夫的幫助。И.В. 吉傑孟在整理手稿方面做了大量的工作。

作者特別指出，本書評閱者 Г.Г. 鮑羅特秀克及編輯 И. С. 斯
吉伯谷夫曾提出了珍貴的意見。

最後，作者向以上所提的各人表示衷心的感激。

作 者

目 录

引 言

第 一 章	長途通信机械	1
1.1	史实	1
1.2	概述	2
第 二 章	电阻	6
2.1	概述	6
2.2	繞繞电阻	12
2.3	碳質电阻	25
2.4	MJT 型金屬噴敷耐熱电阻	30
2.5	KJB 型和 KJM 型漆皮电阻	32
2.6	碳質可調电阻	32
2.7	鎮流电阻	35
2.8	热敏电阻	37
2.9	MMT 型銅錳热电阻	39
第 三 章	电 容 器	41
3.1	概述	41
3.2	紙質电容器	51
3.3	云母电容器	60
3.4	聚苯乙烯电容器	68
3.5	陶瓷电容器	71
3.6	电解电容器	74
3.7	空气可变电容器	78
第 四 章	电感綫圈	82
第 五 章	無鉄心綫圈	87
5.1	單層圓柱形綫組	87
5.2	多層圓柱形綫組	88
5.3	蜂房式綫組	94
5.4	环形綫組	95

5.5	电感的計算	96
5.6	繞圈固有电容	98
5.7	导綫的选择, 尺寸的影响	101
5.8	繞圈的屏蔽	111
5.9	繞圈的稳定性	115
5.10	电感的調整	119
第 六 章	鉄淪氧磁体和磁介鉄磁心繞圈	120
6.1	基本結構	120
6.2	鉄磁心的基本特性	125
6.3	鉄磁心繞圈的計算	148
6.4	繞圈的稳定性	163
6.5	繞圈的調整	168
第 七 章	片狀鉄磁材料鉄心的繞圈	170
7.1	概述	170
7.2	基本結構	187
7.3	繞圈的計算	192
7.4	非綫性繞圈	195
第 八 章	变量器	197
8.1	概述	197
8.2	电感的計算	198
8.3	鉄心材料的选择	200
8.4	繞組的电容	203
8.5	漏电感的計算	204
8.6	差接繞組	207
8.7	稳定性的保証	209
8.8	变量器及其繞組的屏蔽	211
8.9	变量器中的非綫性失真	212
第 九 章	压电諧振器	215
第 十 章	干式整流器	220

第十一章	換接零件	224
11.1	概述	224
11.2	供回路永久性換接用的零件	225
11.3	控制用的換接零件	231
11.4	保險器與避雷器	244
11.5	電磁繼電器	248
第十二章	機件結構綜述	251
第十三章	機件的設計	271
13.1	設計程序	271
13.2	電子管電路的結構形式	275
13.3	無源四端網絡（濾波器及均衡器）的結構形式	278
13.4	防潮問題	283
13.5	機件、輔助元件的結構形式	286
第十四章	屏蔽和接地	289
14.1	概述	289
14.2	靜電屏蔽	292
14.3	地綫	304
14.4	磁屏蔽	307
14.5	電磁屏蔽	309
第十五章	佈綫	312
15.1	概述	312
15.2	機件部件的硬佈綫	312
15.3	機件部件的軟佈綫	314
15.4	機盤間的接綫電纜	318
15.5	機架間的接綫電纜	320
第十六章	設計機件時所必需的電路文件	321
16.1	方框圖（骨干圖）	321
16.2	原理圖	323
16.3	電氣佈綫圖	324
文獻		331
附錄		334

第一章 長途通信机械

1.1 史 实

長途多路通信主要是在蘇維埃時代發展起來的，現在已成為國民經濟中的一個重要部門。黨和政府非常關注長途通信的發展及其相應機械的生產。

蘇聯長途通信工業的創立應追溯到第一個五年計劃的年代。早期的長途通信系統的創造者和發起人，即是第一批為長途通信設備生產開辟寬闊前途的設計者和科學家。其中首先要提到的是В.И.郭瓦林柯夫，他遠在1919—1922年就發明了第一部蘇聯的音頻增音機，再有А.Ф.蕭林，在他的領導下，工程師В.Н.里斯托夫、М.Н.伏斯托可夫和В.А.嘉可夫創造了載波電話通信及音頻電報通信系統的工業樣機。此外，還應提到М.Г.齊姆巴利斯蒂，他是研究測試裝置而著名的。為了實現長途通信系統的大批生產，工程師М.С.伏翁斯基做出了許多貢獻。

在孜孜不倦和創造性的勞動過程中，許許多多的設計幹部都在戰前各個五年計劃的年代中建立的工廠和研究機構中成長起來了。1939年我們年青的工程師幹部就在蘇聯建築了一條世界上最長的載波長途通信綫路。在這個通信綫路所需機械的設計者中間，特別有成績的要算工程師В.Г.切爾涅、Г.Г.鮑羅特秀克、И.А.巴賓柯、В.Н.阿馬拉托夫和Г.В.斯達里津。

在偉大的衛國戰爭中，長途通信工業以自己的高額生產量來支援戰勝德國法西斯侵略者的勝利事業。許多設計師們都獲得了斯大林獎金。

長途通信設備在戰後的發展，與高頻電纜通信網的大量增長有關，這便在生产通信設備的設計者面前提出了更高的要求。產品名目增多了，頻率範圍加寬了，對各種零件和部件的質量也就規定了

不同的和非常嚴格的要求。在這些條件下，蘇聯的設計師們創造了許多新型的機件，反映出祖國技術的發展有着高度的水平。

1.2 概 述

有綫長途通信機可以分成有人維護的和無人維護的兩大類。有人維護的機安裝在長途電話局和電報局的機綫室內，並需要經常有熟練的維護人員值班。在所有干綫的終端站和一部分增音站內所裝設的都是這一類的機械。但為了維護的簡便和降低成本起見，近來還在很多增音站中裝置一種不需要經常維護和不需要值班人員的機件。

在這兩類機件的工作條件間不可能嚴格地劃分界綫。這是因為有一部分無人維護增音機是放置在一個和普通機綫室非常相像的地方，僅有幾種變相型式才放置在地下或特殊棚舍的盒箱內。

現在討論一下運用長途通信機時的气候條件。

根據現行的技術條件，機綫室內的機件應該按 15 到 35—40°C 的溫度範圍設計，在這溫度範圍內機件的各种電氣特性都應嚴格地符合規定。這個溫度範圍可以認為完全適用於蘇聯全境，因為我們可以用供暖設備或設法避免陽光的直接影響來調節溫度。

機械周圍的氣溫很值得注意，這不僅是因為它直接影響到機件元件的溫度，並且還因為它影響空氣容許的相對濕度。

所有通信機的制造經驗證明，潮氣對通信系統的正常工有很大的危害。潮氣加上溫度的影響可使絕緣電阻減小，介質損耗增大，使綫圈、電容器、非綫性元件等的電氣參數不穩定，使金屬腐蝕和接點的接觸不良，並促進各种能破壞機件的有機體的滋長。

在物理學中，空氣濕度有兩個概念：絕對濕度和相對濕度。絕對濕度即是 1 立方厘米空氣中水蒸氣的克數：

$$q = \frac{M}{V} \text{ [克/立方厘米]} \quad (1.1)$$

式中 M 為 V 立方厘米空氣中水蒸氣的克數。

絕對湿度的大小并不能告訴我們某处空气中水蒸气的饱和程度如何。例如，在热的时候，虽然絕對湿度相当大，但空气好像仍然是干燥的，因为高温度可使空气中的所有物体迅速干燥。反过来說，在冷的时候，即使很少一些湿空气也好像是饱和的，霧的情况就是很好的例子。

为了确定某处的空气究竟和饱和状态相差多少，我們引用相对湿度 a 这一概念，它的定义是

$$a = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

式中 q ——按(1.1)式計算所得的絕對湿度；

Q ——在給定温度下1立方米空气饱和时之水蒸气克数（可从物理学或热工学的手册中查得）。

利用通常測量室内湿度的仪器（称謂的湿度計），可以很簡單地測出相对湿度的大小。因此，在使用机件的各种技术条件中，常常定出最大容許相对湿度的数值。这数据确定了各配件机械表面上結露与湿润的可能性。

在确定潮气腐蝕作用的程度时，以及在已知配件的吸水性的情况下确定潮气滲入配件的深度时，必須知道絕對湿度。絕對湿度可根据相对湿度和一般技术条件中給出的温度范围来計算。还有一个因素也必須考虑到，即水蒸气分子的体积非常小，因而它有很大的扩散作用，所以，即使金屬零件的表面并没有結露（水气未凝結），但水气仍能够滲入質料不够紧密的零件里。

实验証明，机件的金屬部分如果不塗防腐塗料，則該机件只有安装在相对湿度不超过 65% 的室内才不会發生腐蝕的現象。目前大多数的技术条件中都采用这一数字。对苏联国境内大部分的机械室來說，这个数字是适合的，但对南部和东部的某些地区应用的机件，或对出口到热带国家的机件，則应再規定更严格的要求。所以最好再确定一个所謂“热带气候”的概念。这种气候的特点是：白天温度高，夜間温度比較低，同时空气的絕對湿度很高。如果夜間温

度降低到 20°C 以下，則絕對濕度 11 克/立方米就相當於上述被認為是絕對濕度的最高容許值 65% 了。

根據這個計算，如果一年之中至少有 180 天（6 個月）絕對濕度超過 11 克/立方米，則氣候可認為是熱帶性；如果一年之中至少有 90 天是這樣，則氣候可認為是半熱帶性。設計用於這些氣候條件下的機件，應該採取特殊的防潮措施；在個別情況下，如果該處有空氣調節設備，也可以採用按非熱帶性氣候設計的機件。從改善維護人員的工作條件上來看，這樣來解決問題亦有其一定的意義。

無人維護增音站的機綫室多半都有取暖和通風設備，這些設備由與機械本身不相關的技術人員來維護。由於有了取暖和通風設備，所以機件的工作條件實際上與有人維護的機綫室的工作條件無甚區別。

對於裝在地下箱內或地面棚舍內的無人維護增音站的機件來說，情形就要複雜些了。這種機件會受到相當低的溫度的影響，但是在不大的封閉裝置內有電子管的存在，這就能以肯定，即使溫度降到零度以下也未必可怕。可是從濕度影響上來看，這情形就非常嚴重了，因為零度時只要 4.9 克水蒸氣就能使 1 立方米的空氣飽和，此時相對濕度常常會超過 65%；因此機械就需要塗有強力的防腐塗層，而各個部件亦應密封，或者在無人維護增音站的热絕緣方面採取一些特殊的措施。

在設計機件時，不僅須要考慮到機件的固定運用的條件，也還需考慮到運輸的條件。尺寸比較大的長途通信機在運輸時常常限制採用氣候防護措施（如箱子密封，採用潮劑等）。因此對於任何一種機件，其結構都應該保證機件運輸中遭受到短暫的低溫和高濕度的影響後，仍能保持不變的機件性能和電氣特性。

除了天氣條件外，長途通信機的工作在很大程度上還受所在地點的塵土的影響。設計時應該採取一定的措施來預防塵土滲入裝置內部，特別是接觸系統（如果氣候很熱很潮濕，還應估計到有可能出現發霉、微生物和小蟲等）。適當的修整機綫室是防塵的重要方

法；按照現行標準，牆壁和天花板都應塗油漆，而地板應鋪漆布或用嵌木地板。此外，如果相對濕度低於50%時，可在機械所在地放置一些水桶，以提高濕度從而減少飛塵。潤濕空氣同時還能使布綫的絕緣物不致變脆。

長途通信機在電氣制作技術方面具有下列固有的特點：

1) 頻帶比較寬，這對組成長途通信通路的四端網絡，大部分都有此一特點；

2) 同一回路的各通路中同類型的四端網絡的數量很大；

3) 通信機必須能晝夜不停地工作。

有綫長途通信是一門寬頻帶的技術。這一點使濾波器、修正網絡、放大器中級間耦合等的電路都變得極為複雜，同時亦要求在計算和製造這些電路中的元件時有高度的準確性。

長途通信的通路里包括有許多同類型的四端網絡，為了避免失真，這些四端網絡的電氣特性應該非常均勻和時間上非常穩定。例如，在1萬公里的高頻電纜通信中可能有200個增音機，每個增音機的輸入端和輸出端都接有轉續綫圈；因此，變量器的數目要有四百個。顯然，對於這種變量器所介入的各種失真程度的要求，以及對其特性穩定性的要求，自然比無綫電接收機中的變量器的要求高得多。這一點也影響到變量器的結構和材料的選擇。所以也可以說，長途通信技術是一門高度準確的高頻技術。

長途通信通路中所包括的部件數量之眾多和現代通信綫路的高度可靠性，都要求對通信機工作的可靠性問題有完全獨特的解決辦法。通信應是晝夜不間斷地工作的，並且整修機械的間隔時期應尽可能長。在這些條件下，就不應該使用那些不能多年可靠地工作的機械元件。機件中唯一允許經常更換和有備份的元件乃是電子管，當然對這些電子管也規定了專門的技術條件，以保證有相當長的使用期限。

第二章 電 阻

2.1 概 述

电阻是属于所有長途通信机中应用最广的半成品之一。根据电阻用途的不同，对它所提出的要求也不一样。这些要求主要是电阻所容許消耗的功率、电感及电容、時間上的稳定性以及温度系数。对于特殊型式的电阻，还在电阻的大小对电流或所加电压的关系上提出要求。

要滿足以上每一个要求，可以采用适当的材料去制成电阻，或者在其結構形狀上想办法。在設計制造电阻时，通常所采用的措施是希望电阻的額定值与流經此电阻的电流無关或关系極小。这样才能保証电阻是綫性关系。又为了保証具有純电阻特性，附加电抗分量也应使之為最小。

实际做电阻时，电阻的材料应根据能符合 标准 的要求进行选择。長途通信机中所采用的电阻有各种不同的額定值，佔据很寬的范围，实际上可自数欧至数十兆欧。显而易见，在这样寬的范围內只用一种材料去制造多种額定值的电阻，而又要考虑到以上所述的各种要求，这是不可能的。此外，选择电阻的材料和决定它的結構时，考虑如何尽可能准确地实现所給定的电阻值也是極为重要的。

制造电阻的主要材料是高电阻率的金屬綫、碳和薄的金屬膜。由这些材料制成的电阻，無論在电气特性上或者在結構上都是極不相同的。

由合金电阻絲繞成的电阻叫做綫繞电阻，而以碳或薄的金屬膜作为导电材料的电阻則叫做非綫繞电阻。这两种型式的电阻，無論在直流或交流回路中都可应用。如果电阻用在直流回路中，則对它所提出的主要要求是稳定性和容許消耗功率的大小，后者亦就是按照周圍的介質能容許电阻的温升程度。

在机件的各种装置和部件中，电阻的额定温升在 40 到 60°C 之间，依部件结构的冷却条件而定。当电阻工作在交流回路中时，还要对它的电抗分量提出要求。这要求的严格程度，将视电阻所工作的回路内的交流电流频率而定。

这一个具有一定的几何尺寸的电阻，在原理上讲都有其固有的电感和电容，同时还有对地的电容。选择适当的构造形式，可以将电感和电容的数值减小一些，但却不能完全将它们消除掉。

图 2.1 表示一个额定值为 R 的电阻的等效电路。电容 C_x 代表电阻的固有电容（没有考虑对地电容）。为了以后分析方便起见，虽然这电容是按某种方式分布在

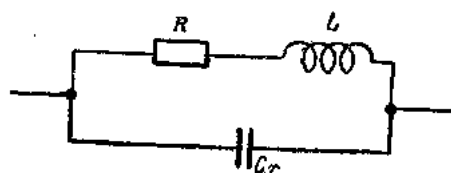


图 2.1

电阻上，但我们仍假定它是集中的。电感 L 代表电阻的固有电感。

图 2.1 电路对于角频率为 ω 的交流电流所呈现的阻抗等于

$$Z = \frac{R + j\omega L}{1 - \omega^2 LC_x + j\omega C_x R},$$

或

$$Z = R \frac{1 + j\omega \left(\frac{L}{R} - C_x R - \frac{L}{R} \omega^2 LC_x \right)}{(1 - \omega^2 LC_x)^2 + \omega^2 C_x^2 R^2}. \quad (2.1)$$

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_x}}$ 是谐振频率，只有在图 2.1 的回路中满足引起固有振盪的条件时才可能产生此谐振频率。

如果工作频率比频率 $\frac{\omega_0}{2\pi}$ 低 10 倍，则

$$\omega^2 LC_x < 0.01.$$

实际上这个假定是完全正确的。此时

$$Z \approx R \left[1 + j\omega \left(\frac{L}{R} - C_x R \right) \right] = R(1 + j\omega\tau), \quad (2.2)$$

式中

$$\tau = \frac{L}{R} - C_x R \quad (2.3)$$

即所謂的時間常數(單位為秒), 用它來估計電阻的電感和電容的影響很方便。

給定結構的電阻, 其固有電感和電容的大小決定着該電阻所能使用的頻率範圍。這種情況大大限制了繞線電阻可能應用的頻率上限。

碳質電阻的優點在於固有電感和電容的影響都非常小, 在現代的長途通信技術所使用的頻率範圍內, 可以認為這種電阻是純電阻性而與頻率無關。不過也應該考慮到, 在此頻率範圍的上限和高达以兆赫計的頻率時, 這種電阻對地電容也會有很大的影響。在此情況下, 具有直流額定值為 R 的電阻和對地的分佈電容 C_s 可看成一個四端網絡, 如圖 2.2a 或 b 所示(固有電感和固有電容的影響均略去不計)。

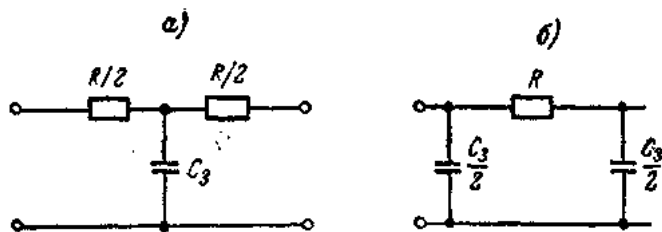


圖 2.2

我們討論圖 2.2, a 的電路。該電路的特性阻抗等於

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R}{j\omega C_s}}, \quad (2.4)$$

傳輸常數為

$$g = \sqrt{j\omega C_s R} \quad (2.5)$$

考慮碳質電阻對地電容的影響最有實際意義的情形乃是在電子管電路中所常常遇到的碳質電阻一端接地的情形。按照這種接法,

我們来計算圖 2·2, a 四端網絡的短接輸入阻抗 $Z_{\kappa 3}$:

$$Z_{\kappa 3} = Z_0 \operatorname{tgh} g = R_{\kappa 3} + jX_{\kappa 3}.$$

把 $\operatorname{tgh} g$ 展成級数

$$\operatorname{tgh} g = g \left(1 - \frac{g^2}{3} + \frac{2}{15}g^4 - \frac{17}{315}g^6 + \dots \right)$$

并只取級数中的前三項, 就得出輸入阻抗的电阻分量和电抗分量的表示式如下:

$$R_{\kappa 3} = \frac{R}{1 + \frac{\omega^2 C_s^2 R^2}{45}} \quad (2.6)$$

及

$$X_{\kappa 3} = \frac{3}{\omega C_s}. \quad (2.7)$$

圖 2·3 表示在各种不同 R 值(在直流时測得的)和 $C_s = 0.5 \times 10^{-12}$ 法情況下 $R_{\kappa 3}$ 和 $X_{\kappa 3}$ 的頻率特性曲綫。

如果把在电阻比其額定值低 10% 时之頻率作为电阻的最高使用頻率, 根据 (2.6) 式就可得出相应的角頻率

$$\omega_{np} = \frac{2.23}{C_s R}. \quad (2.8)$$

最高使用頻率亦可在圖 2·3 中曲綫上由某一条 $R_{\kappa 3}$ 頻率特性和一条由方程

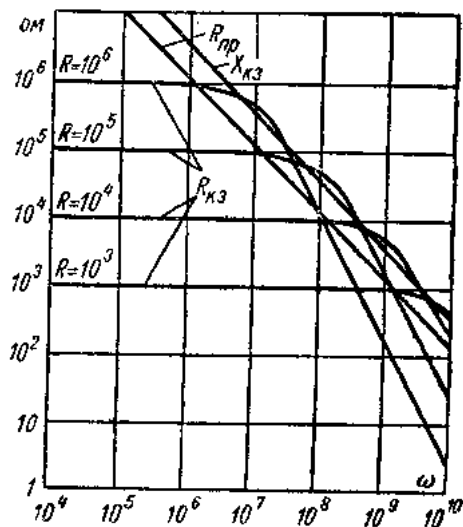


圖 2·3

$$R_{np} = \frac{2.23}{\omega_{np} C_s} \quad (2.9)$$